

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.4.869>

JCCT 2021-11-106

노후 아파트 화재 시 직통계단의 방화문 설치 여부에 따른 위험성 분석

Risk Analysis According to the Installation of Fire Doors on Direct Stairs in the Event of a Fire in an Old Apartment

이상임*, 공하성**

Sang Im, Lee*, Ha-Sung, Kong**

요약 이 연구는 2003년 12월 30일 사업승인을 받은 11층 이하의 건축관계법령이 소급 적용되지 않는 노후된 아파트가 연구 대상이며, 화재 시 인명피해가 증가되고 있는 11층 이하의 아파트에 대해 Fire Dynamics Simulator(FDS) 프로그램을 통해 위험성을 분석한 연구이다. 직통계단 입구에 방화문이 미설치된 기존 상황을 기본시나리오1로 방화문이 설치된 것으로 가정한 개선시나리오2~4의 방화문 설치 여부에 따른 위험성 분석 결과, 기본시나리오1은 연기확산으로 인한 직통계단 입구까지의 가시거리는 260초로 나타났다. 방화문이 설치된 개선시나리오3~4는 화재를 인지한 뒤 300초 후에 개방되고 직통계단 입구에 30분 방화문이 설치된 경우 직통계단 입구까지의 가시거리는 600초 한계 미도달로 나타났다. 이 경우 가시거리는 방화문 설치 시 600초로 시나리오1에 비해 시나리오 3~4는 56.6% 증가되어 피난 위험성이 50%이상 낮아지는 것으로 나타났다. 연기확산의 위험성을 증가시키는 직통계단 미설치의 위험성을 제거하기 위해 법 개정을 통해 소방법령과 같이 건축관련법령이 소급 적용되어 직통계단 입구에 방화문을 설치하거나 발코니의 접이식 피난시스템 등 동등이상의 성능을 가진 시설물을 설치해야 한다. 방화문 설치에 따른 개선으로 피난 시 방화문의 필요성을 수치적으로 증명하였고 방화문은 폐쇄 상태로의 유지에 대한 중요성을 파악할 수 있다.

주요어 : 아파트, 직통계단, 방화문, 화재 시뮬레이션

Abstract This study is a study on 11-story apartments that increase the event of fires in old apartments where building-related laws and regulations are not retroactively applied. As a result of analyzing the risk of installing fire doors in Improvement Scenario 2-4, assuming that fire doors are installed as basic scenario 1 in the existing situation where fire doors are not installed at the entrance of direct stairs. In basic scenario 1, the visible distance to the entrance of the direct staircase due to the spread of smoke was 260 seconds. Improvement scenarios 3 to 4 with fire doors installed open 300 seconds after the fire was recognized, and when the fire doors were installed at the entrance of the direct stairs, the visibility to the entrance of the statistics team was less than 600 seconds. In this case, the visibility was 600 seconds at the time of installation of the fire door, and scenarios 3 to 4 increased 56.6% compared to scenario 1, lowering the risk of evacuation by more than 50%. In order to eliminate the risk of non-installation of direct statistical groups that increase the risk of smoke spread, building-related laws such as the Fire Fighting Act shall be retroactively applied when installing a direct stairway entrance or balcony folding evacuation system. The improvement caused by the installation of fire doors has numerically proven the necessity of fire doors during evacuation, and the importance of maintaining fire doors can be grasped.

Key words : Apartment, Direct Stairs, Fire Door, Fire Dynamics Simulator(FDS)

*정회원, (주) 동우개발 소속 관리소장 (제1저자)

**정회원, 우석대학교 소방방재학과 교수 (교신저자)

접수일: 2021년 11월 1일, 수정완료일: 2021년 11월 3일

게재확정일: 2021년 11월 8일

Received: November 1, 2021 / Revised: November 3, 2021

Accepted: November 8, 2021

*Corresponding Author: 119wsu@naver.com

Dept. of Fire and Disaster Prevention, Woosuk Univ, Korea

I. 서 론

2003년 12월 30일 사업승인을 받은 11층 이하의 아파트의 경우에는 모든 층에 방화문과 스프링클러설비가 설치되어 있지 않다. 건축관계법령[1]이 소급 적용되지 않아 건축당시의 법 적용을 받는 아파트는 방화문이 설치되지 않아 세대 내 화재 발생 시 초기 진화 가능성이 희박하고 직통계단을 통한 연기와 유독가스의 빠른 유입으로 피난 시 인명 피해의 위험성이 높다. 특히 노후된 아파트에서는 비화재보의 잦은 발생으로 인해 입주주민들은 안전불감증에 노출된 상태이며, 실제 화재 시 화재경보가 울려도 비화재보로 판단하고 대피를 하지 않아 피난개시시간이 지연되는 사례가 발생될 수 있고, 피난 시간 지연과 함께 방화문이 미설치된 직통계단을 통해 확산되는 열, 연기, 유독가스 등의 위험 요인이 빨리 악화됨에 따라 허용피난시간(Available Safe Egress Time, ASET)이 감소할 경우, 인명 피해 위험성이 높아 질 수 있다. 또한 ○○아파트 화재로 경보기 안울리고, 스프링클러설비도 없어” 최소 12명 사망했다는 내용이 보도되었고[2], 쌍문동 화재 아파트 “스프링클러설비 없어 피해를 키웠고, 화재당시 비상벨은 울렸지만 지난 1993년에 지어졌을 당시 스프링클러설비를 의무적으로 설치하도록 한 소방법 적용을 받지 않았기 때문”이라는 내용이 보도되었다.[3] 실제 2005년 이전에 지어진 11층이하 아파트의 화재 시 방화문이 미설치된 아파트의 직통계단으로 유동하며 확산되는 열, 연기, 유독가스 등 화재시의 높은 위험성을 확인하기 위한 방법으로 FDS(Fire Dynamics Simulator)와 같은 화재시물레이션을 활용하여 화재의 성장 과정과 이로 인해 발생한 연기의 확산을 예측할 수 있으며, 화재시 발생하는 CO, CO₂ 뿐만 아니라 가시거리, 표면온도, 복사열 등을 시간에 따라 시각적 및 정량적으로 평가하고 확인할 수 있으므로, 유독가스 및 온도 등의 화재 위험요소로부터 재실자 및 대피자에게 미치는 위험성을 평가하여 소방대책의 수립에 반영될 수 있도록 할 필요가 있다.

아파트 화재에 관한 기존 연구로 Yoon 외(2010)[4]는 피난 시물레이션을 통해 초고층 아파트의 계단실을 통한 연기확산에 대해 40층 건물을 20층으로 단순화하여 지상 5층을 기준으로 방화문을 개방한 상태로 실험하였으며, 굴뚝효과에 의한 연기는 상향으로 유동함에

따라 고층부로의 계단실을 통한 연기확산과 압력차 및 CO, CO₂, O₂의 농도를 예측하였다. Kang외(2011)[5]는 실험을 통해 초고층 주상복합 아파트 피난계단실의 연기유입시 시야장애에 따른 피난 시 보행속도 변화 추이 실험에서 연기층이 있는 구간은 없는 구간에 비해 속도가 20배 가량 낮아졌다는 결과를 얻었지만 유독가스로 인한 호흡 방해는 배제된 실험이었다. Han(2009)[6]은 화재시물레이션을 이용하여 화재원인과 피해정도를 명확히 하기위해 아파트화재를 실험대상으로 선정하여 소방시설의 작동상황 여부와 감기지의 작동되어 연소확대를 저지하였음을 검증하는 분석의 용도로 활용되었다. Park(2019)[7]은 사망자가 발생한 화재의 현황과 특성 중 아파트 64.4%, 다세대 24%, 연립주택 10%로 아파트의 사망률이 가장 높은 것으로 연구되었다. 선행 연구에 따르면 FDS를 이용하여 고층 아파트를 대상으로 한 화재 시의 연기확산으로 인한 가시거리, 유독가스, CO, CO₂, O₂의 농도를 예측한 연구 및 화재 검증 분석 용도로 활용되는 경우가 대다수이고, 2003년 12월 30일 이전 사업승인을 받은 11층 이하의 노후된 아파트와 같이 건축관련법령이 소급 적용되지 않아 화재시 인명피해 최소화를 위해 초기 진화에 필요한 스프링클러설비와 직통계단 입구에 방화문의 미설치로 직통계단을 통해 빠르게 유동하는 연기확산에 의한 인명 피해가 지속적으로 발생하는 높은 위험성에도 불구하고, 방화문이 미설치된 상황을 기준으로 급속한 연기확산으로 인한 가시거리, 유독가스, CO, CO₂, O₂의 농도를 예측 할 수 있는 노후된 11층이하 아파트를 대상으로 한 화재 시물레이션은 찾아보기 어렵다.

따라서 이 연구는 방화문이 없는 11층 이하 노후된 아파트의 화재 시 세대 방화문의 개방 여부 및 직통계단에 미설치된 방화문의 설치 여부를 통해 유동하는 연기확산, 유독가스, CO, CO₂, O₂의 농도 변화, 가시거리 등 화재시 방화문 설치 여부에 따른 아파트 직통계단 입구 연기확산에 따른 위험성을 분석하고자 한다.

II. 화재 시물레이션

이 연구에서 시물레이션 프로그램은 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)의 FDS(Fire Dynamics Simulator)를 활용하여 화재로 인한

영향 및 해석을 검토하였으며, 성능위주설계방법에서는 화재 안정성 평가방법을 위험론적 분석방법(Risk-Based Analysis)과 결정론적 분석방법(Deterministic Analysis)으로 구분하고 있으며, 화재 안전성을 평가하기 위해서 ‘소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준’의 별표1에서 정하는 ‘3. 시나리오 적용 기준’ 중 ‘가. 인명안전 기준’은 Table 1과 같다. 그 외 구체적인 평가방법에 대해서는 SFPE(미국소방기술사회, Society of Fire Protection Engineers)에서 제시하는 기준을 활용하였으며, 시뮬레이션을 통해 화재 시 연기 확산의 위험성 및 CO, CO₂, O₂의 농도를 Smokeview를 통해 Device 정보와 그래프로 분석 및 해석 할 수 있다.

2.1 화재 시뮬레이션 입력조건

2.1.1 시뮬레이션 모델 및 분석방법

OO시 OO구에 위치한 OO아파트는 사업승인일이 2003년 12월 30일이며 총625세대, 10개동으로 구성되었다. 5개동은 지하2층~19층 이하로서 15층 이상이고, 5개동은 지하2층~15층 미만 11층 이하로 구성된 아파트 단지이다. 이 연구에서는 10개동 중 지하2층 ~ 지상11층으로 세대 입주민이 거주하는 OO동의 아파트를 대상으로 정하였고, 세대 내에 스프링클러설비가 설치되지 않아 화재 시 초기 진화에 어려움이 있는 아파트로서 1개층에 4세대씩 거주하며, 직통계단으로 바로 연결되는 구조이고 1개의 출입구와 1개의 직통계단이 있는 구조이다. 분석방법은 Table 1과 같고, 아파트의 세대 타입별 설계도면은 Figure 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 모델링 및 분석방법

Table 1. Simulation modeling and analysis method

구분	설 명		
분석 방법	- “소방시설등의 성능위주 설계 방법 및 기준 시행령 별표1”에서 제시된 재실자 인명안전기준에 의거 해당 성능기준에 도달하였을 경우 위험한 것으로 판단		
	- 화재실 출입구의 CO 01*, CO ₂ 01, O ₂ 01 농도 분석 및 피난구 직통계단 입구의 CO 03, CO ₂ 03, O ₂ 03의 농도 분석, 온도(Temperature), 가시거리(Visibility) 분석		
분석 한계 기준	CO	CO ₂	O ₂
	1,400ppm	5%	15%
	온도	허용 가시거리	
	60℃	5m[8]	

*CO 01:화재실 출입구, 02:복도, 03:직통계단 출입구



그림 1. OO아파트 모델링 타입별 설계도면

Figure 1. Design drawings by OO apartment modeling type

2.1.2 시뮬레이션 설정

화재세대의 화재위치는 2개층 8세대 중 2층 1세대의 출입구 쪽 침실의 침대 화재 시의 피난구인 방화문 근접실 내부 전기누전으로 인한 인접 침대 화재로 Table 2와 같이 가정하였다.

표 2. 시뮬레이션 설정

Table 2. Simulation settings

구 분	내 용	
해석 격자수	63,405개 Multiple mesh (27×25×15 +21×25×15+21×49×15+27×25×15+27×49×15)	
화재 위치	세대 피난구 근접실 내부 전기누전으로 인한 인접 침대 화재	
화재성상 및 설정		
열 방출율	최대 열방출율	화재 표면적
	1,088.889kW	2.4m ²
	단위면적당 최대 열방출율	453.70375kW/m ²
발화물질	폴리우레탄[10](CH _{1.800} 3N0.0 ₅)	
CO 발생분율	0.010 kg/kg[10]	
연기 발생분율	0.131 kg/kg[10]	
내부물질	Concrete[11], Steel[11], Glass[12]	

2.1.3 시뮬레이션 시나리오의 구성

통상 보수적인 측면에서 최악의 화재조건으로 설정하기 위하여 소방시설이 작동하지 않는 것으로 하나, 연구 대상 아파트의 경우 직통계단 입구에 방화문이 미설치 상태이고, 각 세대마다 소방시설인 스프링클러헤드가 미설치 상태로서 화재 발생 시 소방시설이 작동하지 않는 최악의 화재조건을 이미 갖춘 상태이므로, 화재 세대 출입구 방화문의 개방여부와 피난 통로인 직통계단 입구 방화문의 미설치 상황을 개방 상태로하여 시나리오1로 설정하고, 직통계단 입구 방화문을 설치 상태로 시나리오 2~4로 가정하여 방화문의 작동 여부에 따라 평가하는 것으로 Table 3과 같이 설정하였다.

시나리오 1의 경우 여름철 화재 세대의 문이 개방되어 있는 상태이고 직통계단 입구의 방화문이 없어 개방된 경우로 설정하였다.

시나리오 2의 경우 화재 세대의 문이 화재를 인지한 뒤 300초 뒤에 개방되고 직통계단 입구의 방화문을 입주민이 환기를 위해 고의적으로 개방해 놓은 경우로 설정하였다.

시나리오 3의 경우 화재 세대의 문이 화재를 인지한 뒤 300초 뒤에 개방되고 직통계단 입구의 방화문이 정상 폐쇄된 경우로 설정하였다.

시나리오 4의 경우 화재 세대의 문이 폐쇄되고 직통계단 입구의 방화문이 정상 폐쇄된 경우로 설정하였다.

표 3. 화재 시나리오 조건
Table 3. Fire Scenario Conditions

시나리오	방화문	화재 발생	직통계단 입구
1	미설치	개방	개방
2	설치	개방(300s 후)	임의개방
3		개방(300s 후)	폐쇄
4		폐쇄	폐쇄

2.2 화재 시뮬레이션 평가 기준

화재시뮬레이션의 결과 값을 분석하기 위한 척도로써 Table 4의 성능기준은 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준의 별표1에서 인명안전 성능기준의 범위에 관한 내용들을 정리한 것이다. 아파트는 기타시설로서 다음에 따른 기준을 적용하였다. 연기밀도에 대한 척도로써 자립피난능력에 영향을 주는 독성가스인 CO, CO₂, O₂ 연기의 확산형태인 가시거리 및 온도분포를 3D Slices 및 2D Slices를 이용하여 분석 및 평가하였다.

표 4. 인명안전 성능기준
Table 4. Performance standards for life safety

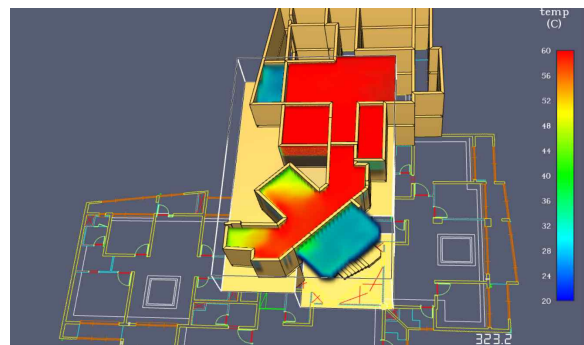
구 분	성 능 기 준
CO	1,400ppm
CO ₂	5% 이하
O ₂	15% 이상
허용 가시거리	5m

III. 결과 및 고찰

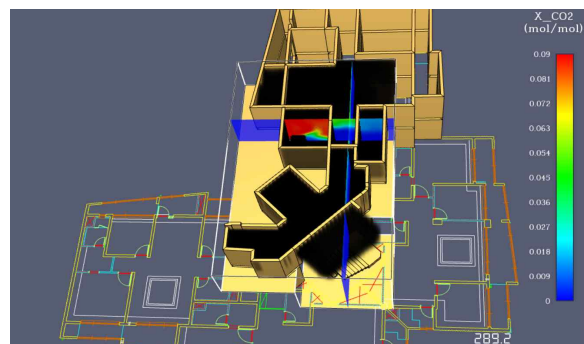
3.1 시나리오별 화재 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 대상 아파트의 화재 발생 시 화재실 내부에 연기 확산으로 인한 CO, CO₂, O₂의 독성과 온도를 감지하고, 직통계단 입구에서의 가시거리 및 연기 확산으로 인한 CO, CO₂, O₂의 독성에 대한 시뮬레이션 결과를 확인 할 수 있는 Device를 설치하여 확인한 각 시나리오별 시뮬레이션 결과는 Figure 2부터 Figure 13과 같다.

Figure 2 (a)에서 시나리오1의 시뮬레이션 대상 아파트에 거주하는 입주자들이 피난하는 동안 노출되는 온도 한계는 60°C 기준으로 3D Temperature의 시뮬레이션을 통해 화재 후 323.2초의 온도 변화를 확인할 수 있었다.



(a) 3D Temperature



(b) 3D Smoke

그림 2. 시나리오 1
Figure 2. Scenario 1

Figure 2 (b)는 3D Smoke 시뮬레이션을 통해 직통 계단 출입구까지 연기의 확산 시간은 289.2초임을 확인할 수 있었다. 연기 확산으로 인한 독성의 측정값인 일산화탄소의 농도를 1,400ppm을 기준으로 하였다. 화재 시 시나리오1의 화재 세대 입구 개방 및 직통계단 입구 개방 결과, 직통계단 입구의 산소 농도를 제외하고는 모든 지점에서 시뮬레이션 설정 600초 동안 일산화탄소 및 이산화탄소는 허용농도 한계까지 노출되는 것을 확인할 수 있었다.

3.2 시나리오별1~4 화재 발생 후 시간에 따른 위험 요인 중 CO, CO₂, O₂ 농도 변화

Figure 3은 화재 시 피난 위험성 측정을 위한 화재 세대 출입구 및 직통계단 입구의 CO, CO₂, O₂ Device 설치 위치를 나타내고 있다.

화재실 내부 및 직통계단 입구에 설치된 CO, CO₂, O₂의 Device는 2D Slice상에서는 시나리오 1~4의 2D Slice 결과가 동일하게 출력되나, Plot Device Results상의 그래프의 결과는 다르게 변화됨을 확인할 수 있다.

CO, CO₂, O₂ 등의 농도는 시뮬레이션 시간인 300초 동안 위험수준에 도달하지 않는 것으로 나타났다. 화재 시 시나리오별 유독가스 및 가시거리의 위험요인에 따른 위험도를 분석한 과는 Table 5와 같다.

Figure 5는 화재실의 유독가스 중 일산화탄소의 2D Slices 변화량을 나타내고 있다. Figure 5 (a)는 직통계단 입구에 방화문 미설치 시 200초에, Figure 4 (b)는 250초에 한계에 도달하여 급격하게 농도가 올라갔다.

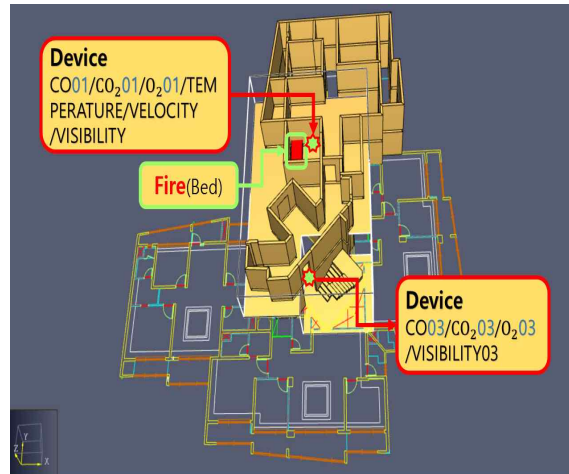


그림 3. 화재 지점 및 화재 시 피난 위험성 측정 지점
 Figure 3. A fire point and a point to measure the risk of evacuation in the event of a fire

Figure 5 (c)는 300초에 급격하게 농도가 올라갔지만 1,375ppm으로 한계에는 미도달 하였다.

Figure 5 (d)의 일산화탄소 농도는 직통계단 입구에 방화문 설치 후 방화문 폐쇄 시 0ppm으로 한계에 미도달 상태를 알 수 있는 일산화탄소 농도의 변화량을 그래프로 나타낸 것이다.

Figure 6은 화재실의 유독가스 중 이산화탄소의 2D Slices 변화량을 나타내고 있다.

Figure 7 (a)의 이산화탄소 농도는 직통계단 입구에 방화문 미설치 시 220초에, Figure 7 (b)는 270초에, Figure 7 (c)는 375초에 한계에 도달하여 급격하게 농도가 올라갔고, Figure 7 (d)의 이산화탄소 농도는 직통계단 입구에 방화문 설치 후 방화문 폐쇄 시 5%이하

표 5. 화재 시 유독가스 및 가시거리의 분석결과

Table 5. In the event of a fire, the results of analysis of toxic gases and visible distances

구 분			CO 농도	CO ₂ 농도	O ₂ 농도	온도	가시거리
			1,400ppm	5%	15%	60	5m
시나리오 1(기본)	P01	화재세대 출입구	200초	220초	220초	195초	180초
	P03	직통 계단입구	250초	270초	한계 미도달 (18.5%)	한계 미도달 (60℃ 이하)	260초
시나리오 2(개선)	P01	화재세대 출입구	200초	220초	220초	195초	180초
	P03	직통 계단입구	한계 미도달 (137.5ppm)	375초	한계 미도달 (18.9%)	한계 미도달 (60℃ 이하)	330초
시나리오 3(개선)	P01	화재세대 출입구	200초	220초	220초	195초	180초
	P03	직통 계단입구	한계 미도달 (0ppm)	한계 미도달 (5%)	한계 미도달 (21%)	한계 미도달 (60℃ 이하)	한계 미도달 (5m)
시나리오 4(개선)	P01	화재세대 출입구	200초	220초	220초	195초	180초
	P03	직통 계단입구	한계 미도달 (0ppm)	한계 미도달 (5%)	한계 미도달 (21%)	한계 미도달 (60℃ 이하)	한계 미도달 (5m)

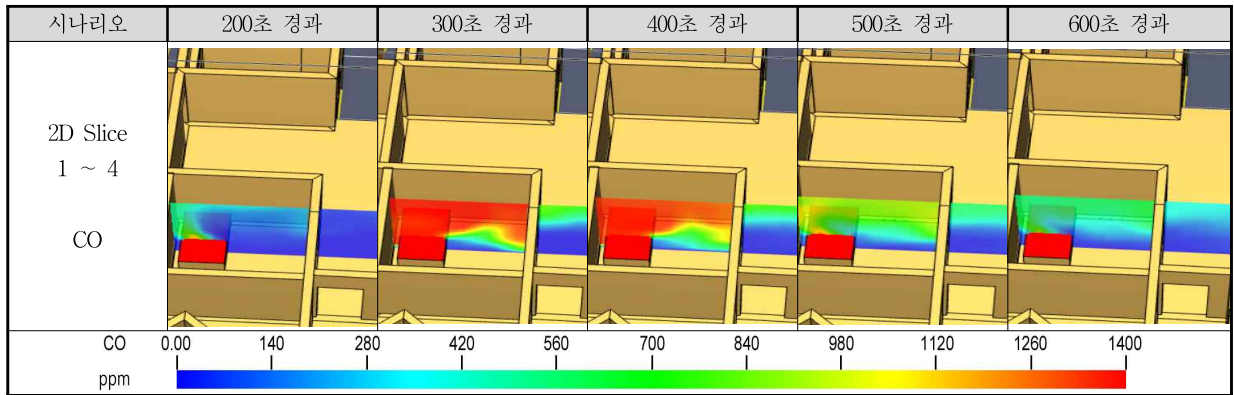


그림 4. 시나리오 1~4의 일산화탄소의 2D Slices의 변화량
 Figure 4. The amount of change in 2D Slices of carbon monoxide in scenarios 1 to 4

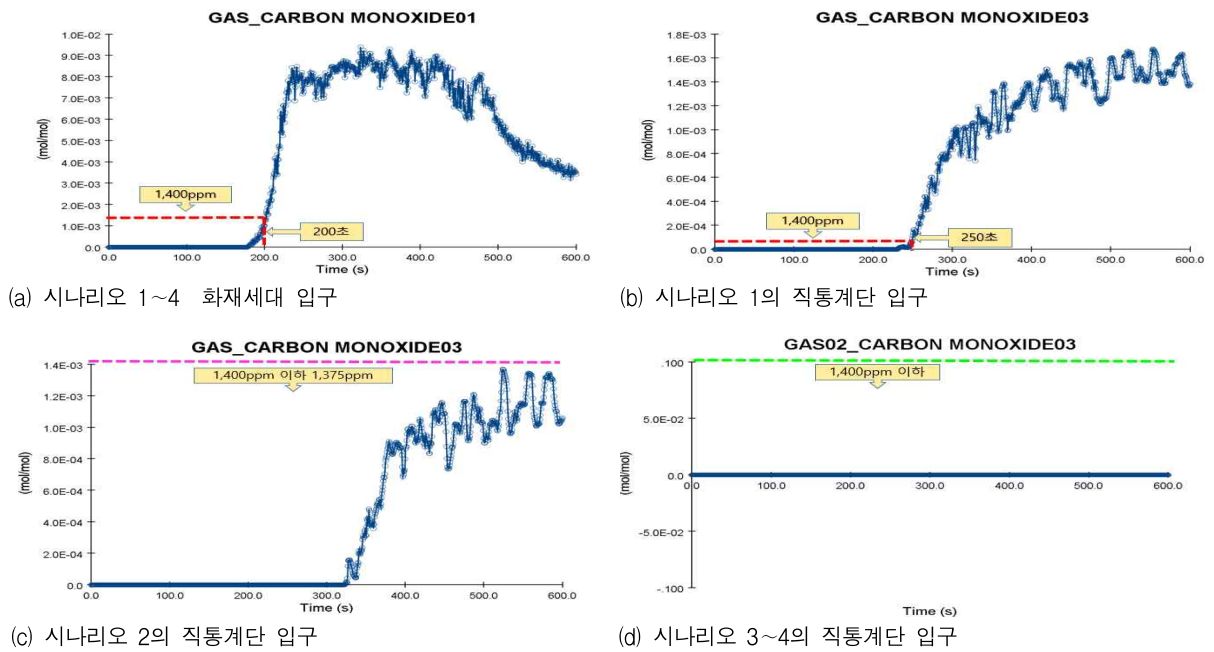


그림 5. 시나리오 1~4의 일산화탄소의 변화에 대한 그래프
 Figure 5. Graphs of changes in carbon monoxide in scenarios 1 to 4.

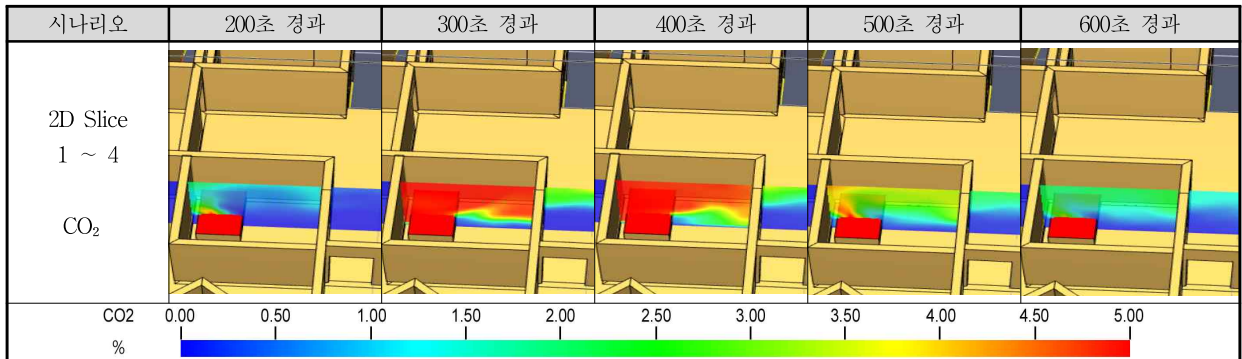


그림 6. 시나리오 1~4의 이산화탄소의 2D Slices의 변화량
 Figure 6. The amount of change in 2D Slices of carbon dioxide in scenarios 1 to 4

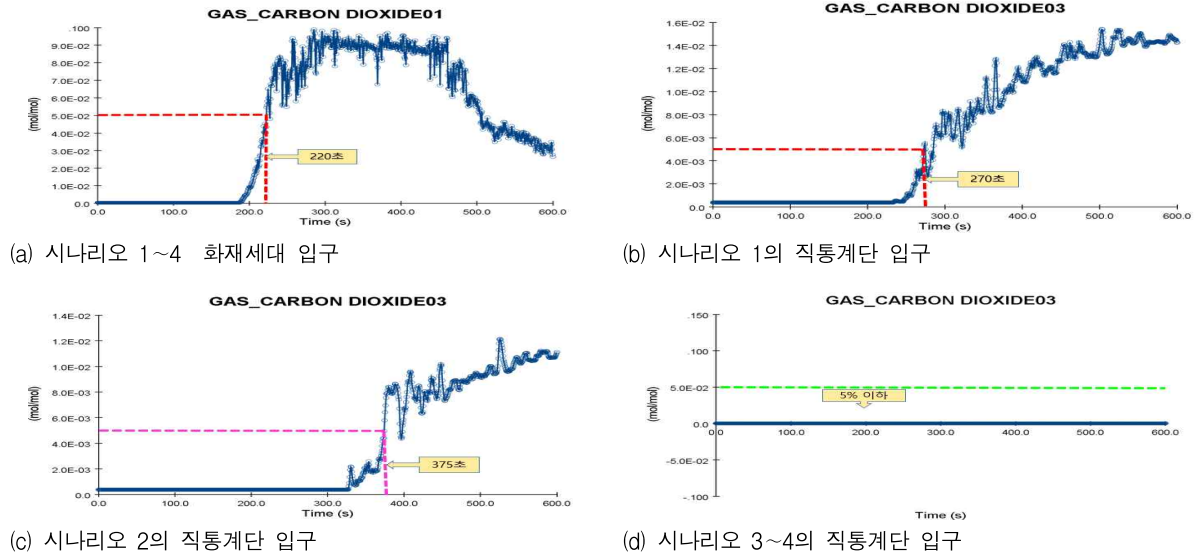


그림 7. 시나리오 1~4의 이산화탄소의 변화에 대한 그래프
 Figure 7. Graphs of carbon dioxide changes in scenarios 1 to 4

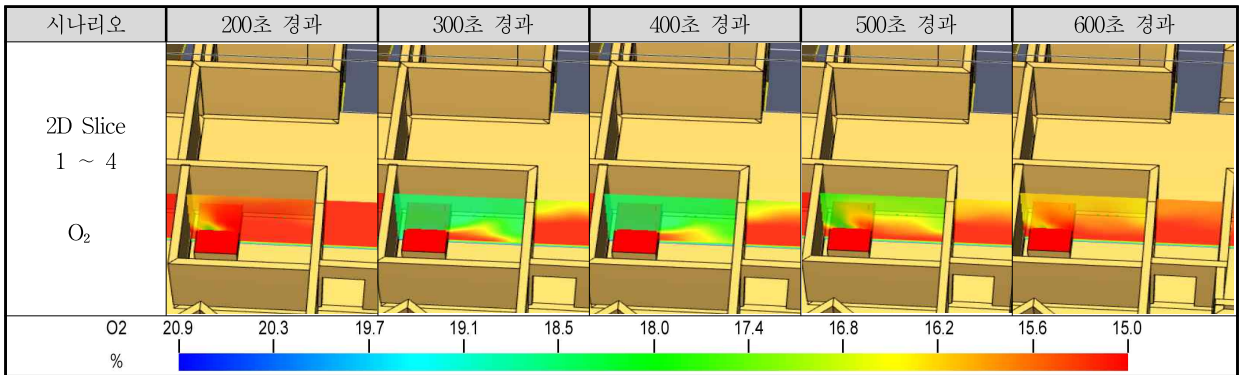


그림 8. 시나리오 1~4의 산소의 2D Slices의 변화량
 Figure 8. The amount of change in 2D Slices of oxygen in scenarios 1 to 4

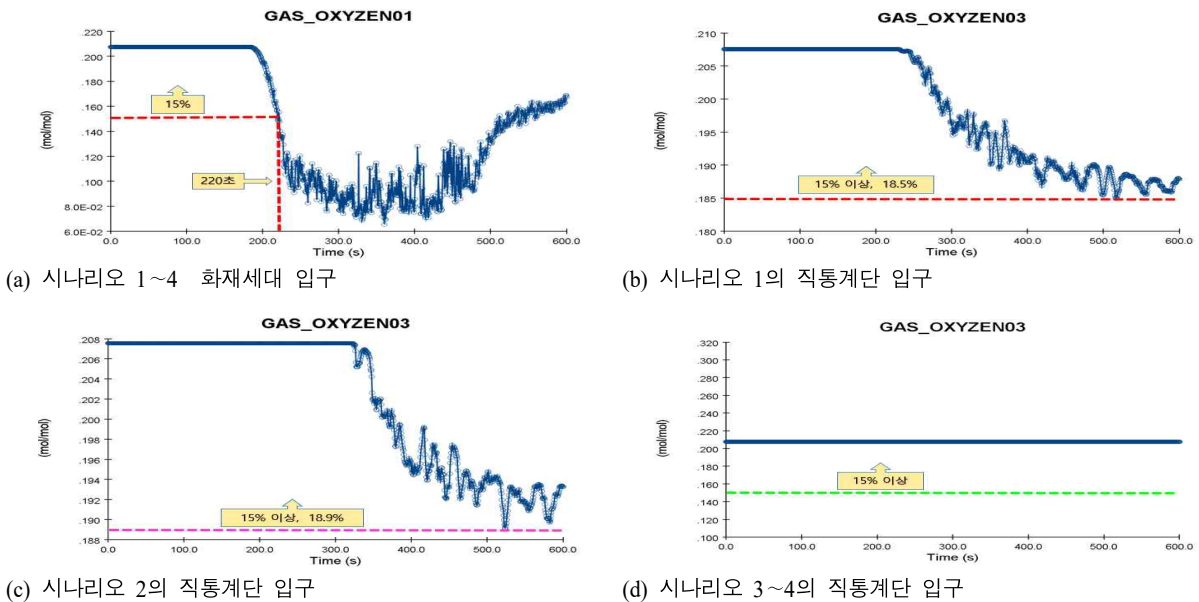


그림 9. 시나리오 1~4의 산소의 변화에 대한 그래프
 Figure 9. Graph of oxygen changes in scenarios 1 to 4

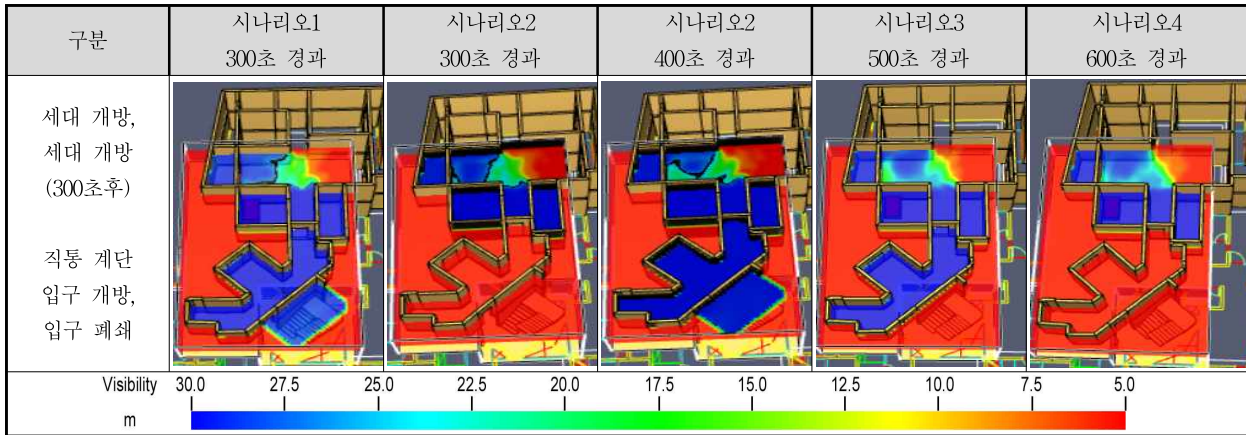


그림 10. 시나리오 1~4의 가시거리의 3D Slices의 변화량
Figure 10. The amount of change in 3D Slices at the visible distance in scenarios 1 to 4

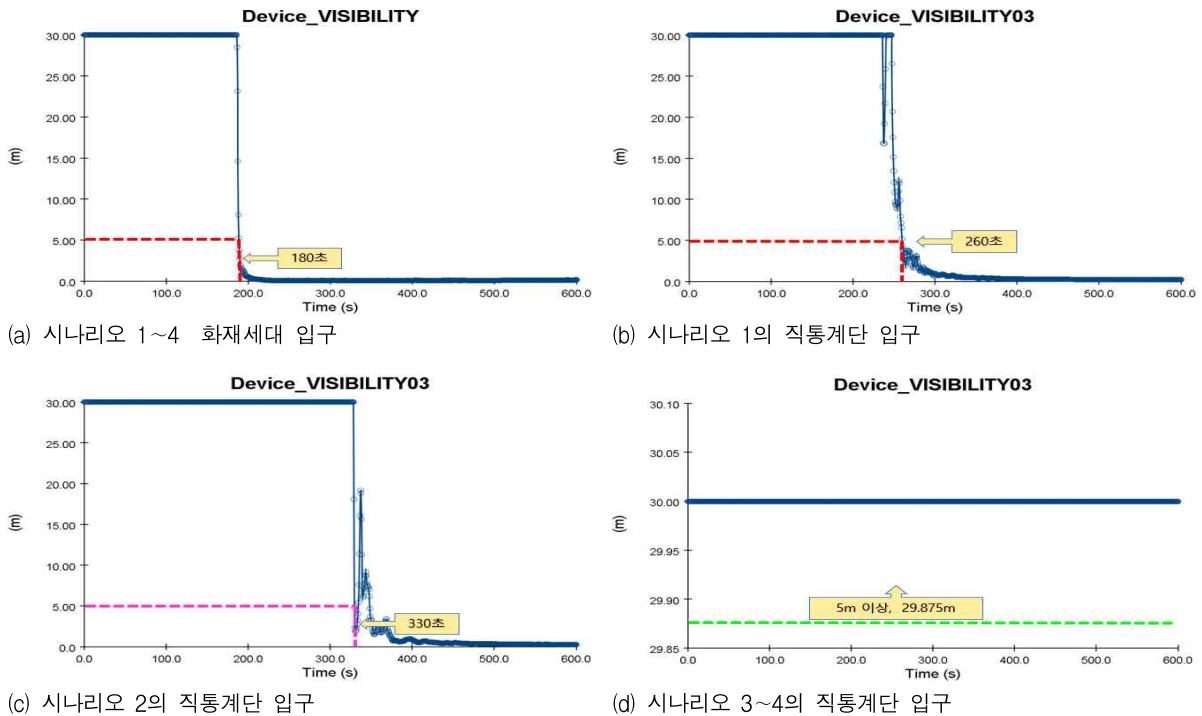


그림 11. 시나리오 1~4의 가시거리의 변화에 대한 그래프
Figure 11. Graph of the change in viewing distance in scenarios 1 to 4

0%로 유지되면서 한계 미도달 상태를 알 수 있는 일산화탄소 농도의 변화량을 그래프로 나타낸 것이다.

Figure 8은 화재실의 유독가스 중 산소의 2D Slices 변화량을 나타내고 있다. Figure 9 (a)의 산소 농도는 직통계단 입구에 방화문 미설치 시 220초에 한계에 도달하여 급격하게 농도가 내려갔다.

Figure 9 (b), (c)는 화재실 출입구의 방화문 미설치 시 직통계단 입구의 산소는 서서히 감소되었고, Figure 9 (d)도 직통계단 입구의 방화문 폐쇄 시에도 한계 미

도달 상태를 알 수 있다.

Figure 10는 화재실의 연기확산의 가시거리(Visibility) 변화에 대한 3D Slices 변화량을 나타내고 있다. Figure 11 (a)는 방화문 미설치로 개방되어 가시거리는 화재 시 연기확산에 의해 180초에, Figure 11 (b)는 직통계단 입구는 260초에, Figure 11 (c)는 330초에 급격하게 낮아졌지만. Figure 11 (d)는 방화문 설치 시 직통계단 입구의 방화문 폐쇄로 연기확산이 차단되어 한계 미도달 상태를 알 수 있다.

3.3 시나리오별 화재 발생 후 화재실의 온도 변화 (3D TEMPERATURE)

Figure 12는 시나리오별 화재 발생 후 화재실의 3D TEMPERATURE 변화로서 시나리오 1은 300초 이내에, 시나리오 2는 400초이내에 직통계단 입구까지 온도 변화가 확산되지만, 방화문이 설치되어 폐쇄된 상태인 시나리오3과 4는 직통계단 입구로 온도변화가 확산되지 않았다.

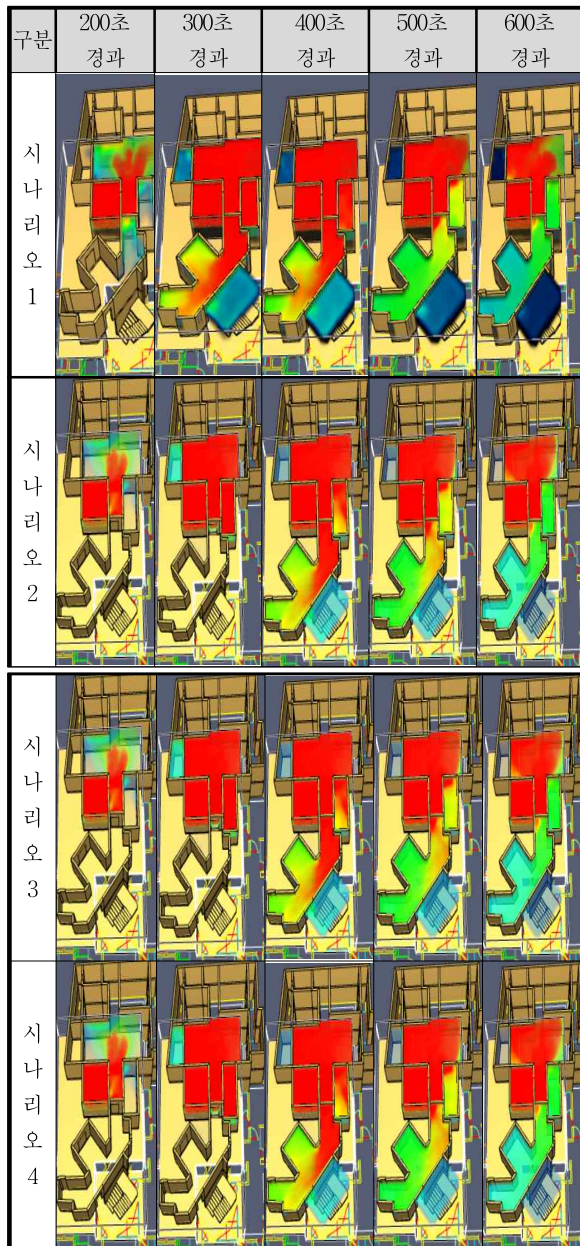


그림 12. 온도 변화
 Figure 12. Temperature change

IV. 결론

이 연구에서는 그동안 연구되지 않았던 2003년 12월 30일 사업승인을 받은 11층 이하의 건축관계법령이 소급 적용되지 않는 노후된 아파트가 연구 대상이며, 화재 시 인명피해가 증가되고 있는 11층 아파트에 대한 연구이다.

특히, 노후된 아파트는 세대내 스프링클러설비와 직통계단 입구에 방화문이 설치되지 않아 세대 내 화재 발생 시 초기 진화 가능성이 희박하고 유일한 피난로인 직통계단을 통한 연기와 유독가스의 빠른 유입으로 피난 시 가지거리가 확보되지 않는 심각한 문제점으로 인명 피해의 위험성이 매우 높으므로, 직통계단 입구를 통해 화재 발생 시 시나리오의 조건에 따라 연기의 확산에 따른 유독가스의 농도 및 가지거리가 어느 시점에서 최고의 위험성이 있는지를 분석하였고, 이러한 위험성 개선을 위해 노후된 아파트의 유일한 피난로인 직통계단 입구에 방화문 설치의 필요성과 방화문 미설치 시의 피난 위험성을 파악할 수 있었다.

화재 세대 방화문과 직통계단 입구의 방화문 미설치로 인한 방화문 개방 여부에 따른 시나리오1의 일산화탄소, 이산화탄소, 가지거리는 시물레이션 600초 기준 화재세대 입구 개방 시에는 200초, 220초, 180초에 한계에 도달했으며, 직통계단 입구 개방 시에는 250초, 270초, 260초에 한계에 도달했으며, 시나리오1에 비해 시나리오 3~4는 600초 증가되는 것으로 나타났다. 즉, 직통계단 입구의 방화문이 미설치된 기존시나리오1과 방화문 설치로 개선한 개선시나리오의 피난 성능은 기본시나리오 1에 비해 개선시나리오 3~4는 56.6% 향상되어 가지거리로 인한 피난 위험성이 50%이상 낮아지는 것으로 분석되었다.

(1) 일산화탄소 농도는 직통계단 입구에 방화문 미설치 시 250초에 한계에 도달하여 급격하게 농도가 올라가는 것을 알 수 있었다.

(2) 이산화탄소의 농도는 직통계단 입구에 방화문 미설치 시 270초에 한계에 도달하여 급격하게 농도가 올라가는 것을 알 수 있었다.

(3) 산소의 농도는 직통계단 입구에 방화문 미설치 시 한계에 도달하지 못하였으나, 서서히 농도가 내려가는 것을 알 수 있었다.

(4) 가지거리는 직통계단 입구에 방화문 미설치 260초에 한계에 도달하여 급격하게 가지거리가 낮아지는 것을 알 수 있었다.

향후 연구 과제로 방화문 설치가 법적으로 가능하도록 추가적인 연구가 필요하며, 화재시뮬레이션 프로그램을 통해 발코니의 접이식 피난시스템 설치 또는 동등 이상의 성능을 가진 피난 시설물 설치 등 직통계단 입구의 방화문 미설치를 대체할 수 있는 다양하고 효율적인 피난 방안에 관한 연구가 필요하다.

88-3752)

[12]www.engineeringtoolbox.com

References

- [1] National Law Information Center, 「Rules on Standards for Evacuation, Fire Protection, etc. of Buildings」 Article 14, Paragraph 2, 2019.8.6.
- [2] MBN News, 2017.6.15. <https://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LPOD&mid=tvh&oid=057&aid=0001136028>
- [3] YTN News, 2016.9.25. <https://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LPOD&mid=tvh&oid=052&aid=0000908244>
- [4] J. S. Yoon, G. S. Jung and B. K. Lee, “Analysis of High-rise Apartment Fire and Smoke Diffusion through Stairwell”, J. of Ind Sci. and Tech. Institute, Vol.24 No.1, p.27, p.10, (2010).
- [5] J. H. Kang, J. H. Choi, S. H. Lee and W. H. Hong, “Analysis on the Changes of Evacuee’s Vertical Walking Speed when Smoke Flowing into the Staircase of Hise-rise Apartment Housing”, The Korean Housing Association, pp.83-86, (2011).
- [6] H. J. Hwan, “Focusing on the case of fire reproduction experiment-apartment fire using fire simulation”, Fire Investigation Society of Korea, 1:2, pp.123-129, (2009).
- [7] J. S. Park, “A Study on the Current Status and Characteristics of Fire in the Context of Deaths in Apartment Houses”, J. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng. Vol. 19, No. 7, pp.253-260. (2019).
- [8] National Law Information Center, A Separate Mark 1 of performance-based design method and criteria including fire protection facility, (2017).
- [9] Heat Release Rates of Burning Items in Fires, Hyeong-Jin Kim and David G. Lilley, AIAA 2000-0722, 38th Aerospace Sciences Meeting & Exhibit, 10-13 January, Reno, NV. (2000).
- [10]The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th edition
- [11]An Experimental Data Set for the Accuracy Assessment of Room Fire Models (NIST, NBSIR