

[Research Paper]

B도시지역 고층 주상복합건축물 성능위주설계도서 분석을 통한 화재 시뮬레이션 분야 개선방안에 관한 연구

서민지 · 이양주 · 안성호* · 황철홍** · 최준호***†

부경대학교 대학원, *대전대학교 대학원, **대전대학교 소방방재학과, ***부경대학교 소방공학과

A Study on Improvement Way of Fire Simulation Modelling Field through Analysis of Performance-Based Design Reports of High-rise Residential Complex Building in B Metropolitan City

Min-Ji Seo · Yang-Ju Lee · Sung-Ho An* · Cheol-Hong Hwang** · Jun-Ho Choi***†

Graduate School, Pukyong National University, *Graduate School, Daejeon University,

**Department of Fire and Disaster Prevention, Daejeon University,

***Department of Fire Protection Engineering, Pukyong National University

(Received August 7, 2017; Revised August 18, 2017; Accepted August 18, 2017)

요 약

최근 우리나라에서는 초고층 건축물의 신축이 급증하고 있어 화재 발생 시 인명 및 재산피해를 최소화하기 위해 현행 법규와 동등 이상의 성능을 요구하는 ‘성능위주설계’를 의무적으로 시행하고 있다. 그러나 성능위주설계에서 큰 비중을 차지하고 있는 화재 및 피난 시뮬레이션 분야는 아직 세부적인 기술적 가이드라인이 제정되지 않아 설계자들이 앞서 수행했던 여러 설계도서들을 참고하여 그와 유사하게 진행하고 있는 실정이다. 그 중에서도 화재시뮬레이션의 경우에는 설계자의 판단에 따라 시나리오 유형을 선정하고 임의로 입력값을 설정하고 있어 같은 용도의 건축물이라 하더라도 누가 어떻게 설계했느냐에 따라 다른 결과가 도출되고 있는 것도 사실이다. 이에 본 논문에서는 실제 B도시지역에 접수된 성능위주설계(건축심의 전 단계) 도서 7건을 무작위로 조사하여 화재시나리오 유형과 시나리오별 입력조건 현황을 파악하고 합리적인 화재시뮬레이션의 수행을 위한 개선방안을 제시하여 기술적 가이드라인 제정에 대한 초석을 다지고자 한다.

ABSTRACT

Recently, in Korea, construction of high-rise buildings has been rapidly increasing. Therefore, in order to minimize the loss of life and property in the event of a fire, “performance-based design” which requires performance equal to or better than current regulations is obligatorily required. However, in the field of fire and evacuation simulation, which occupies a large part in the performance-based design, detailed technical guidelines have not yet been established. Therefore, various designers are proceeding with the computer simulation modelling by referring to the design report book previously performed. Especially, in the case of the fire simulation, according to the judgment of a designer the scenario type is selected and the input values is set. Even if the building is used for the same purpose, it is true that the result can be different depending on how and who designed it. Therefore, in this paper, we have investigated the fire scenarios type and scenarios input values by randomly examining 7 preliminary reports of performance-based design in B metropolitan city. We also propose the improvement strategy for fire simulation and lay the groundwork for establishment of technical guidelines for fire simulation for performance-based design.

Keywords : Performance Based Design (PBD), FDS, Fire Simulation, Fire Scenario, High-rise Building

1. 서 론

최근 도시공간의 효율적 이용과 랜드마크로서의 자산가

치 등을 이유로 도심지에 (초)고층 건축물의 신축이 증가하고 있다. 이에 따라 지난 2011년 이후 지금까지 지하층 포함 30층 이상인 특정소방대상물에서는 「화재예방, 소방시

† Corresponding Author, E-Mail: jchoi@pknu.ac.kr, TEL: +82-51-129-7830, FAX: +82-51-629-7078

© 2017 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」(이하 ‘소방시설법’)에 의거하여 화재 등 재난상황이 발생하였을 때, 대규모 인명피해 및 재산피해를 최소화하기 위해 ‘성능위주설계(Performance Based Design, PBD)’의 시행이 의무화 되었다. 국민안전처 고시 제2016-30호(시행 2016.1.21.) 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」에 따르면 성능위주설계 시 대상 건축물의 화재 성상을 예측하고 화재 안전 효과성을 평가하기 위해 별표 1의 시나리오에 따라 화재 및 피난 시뮬레이션을 수행해야 한다.

그러나 이 화재 시나리오를 설정할 때 설계자의 배경지식이나 경험 등 개인의 판단에 따라 다른 시나리오나 화재 시뮬레이션 모델 내 정량적 입력값을 설정하고 있어 설계자마다 동일 대상물을 토대로 설계를 하더라도 다른 결과가 도출될 가능성이 크다. 이는 화재 시뮬레이션을 수행할 때 반드시 고려되어야 하는 필수요소인 발화물질, 연소물질 등의 물성치와 구체적인 시나리오 유형 설정방식 등에 관한 기술적 기준이 명확하지 않기 때문이다. 특히, 각종 가구나 마감재 등에 대한 물성치를 알기 위해 매번 고비용의 연소실험을 할 수도 없을뿐더러, 그만큼 그 결과값들을 공개 또는 공유하지도 않고 있어 사실상 현실과 거리가 먼 시나리오를 토대로 화재 시뮬레이션들이 수행되고 있다.

김혜진⁽¹⁾의 연구에 따르면, 위의 이유들로 설계자의 판단에 따라 동일한 특정소방대상물이라 할지라도 다른 결과값을 도출할 수 밖에 없어 화재 및 피난시뮬레이션의 신뢰성에 대한 문제가 제기되고 있다. 물론 모든 시뮬레이션 설계안이 반드시 동일할 필요는 없다. 그러나 객관적이고 표준화된 과학적이고 정량적 기준이 없는 상태에서, 화재 및 피난 시뮬레이션에 대한 전문지식을 가진 설계자 또한 드물어 천차만별적인 컴퓨터 시뮬레이션 수행기준 정립부터가 시급한 실정이다.

본 연구에서는 성능위주설계 의무화 이후 B도시의 소방안전본부에 제출된 성능위주설계 도서 7건을 무작위로 선정하고 화재 시뮬레이션 분야에 대해 검토하여 시나리오 유형의 적정성과 컴퓨터 시뮬레이션 입력값 등을 분석하여 성능위주설계 시 화재시뮬레이션 분야의 문제점과 개선방안을 제시하였다.

2. 성능위주설계와 화재시뮬레이션

2.1 성능위주설계의 정의와 개요

성능위주설계는 「소방시설법」에 따라 제도화된 설계를 대체하여 과학적이고 수학적 계산을 통해 건축물의 화재안전을 확보하기 위한 최적설계법을 일컫는다. 호주나 구미(歐美) 등 해외에서 사용되고 있는 개념이나 국내에 도입될 당시 취지와는 조금 거리가 있으나, 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」에 따르면 성능위주설계 대상물에 대해 소방시설법이나 화재안전기준에 따른 설계보다 동등 이상의 안전성을 확보하도록 그 정의를 명확히 하고 있다. 우리나라의 성능위

주설계는 법이나 규정 중심의 사양위주 소방설계에서 더 나아가 화재 및 피난 시뮬레이션 등의 공학적인 모델을 이용하여 심층적인 설계를 실시하도록 유도하고 있는 편이다.

2.2 성능위주설계와 화재시뮬레이션

일반적으로 수학적 계산을 토대로 하는 성능위주설계에서는 그만큼 화재 및 피난 시뮬레이션의 비중 또한 큰 편이다. 국내에서 사용하고 있는 화재 시뮬레이션 소프트웨어는 ‘Fire Dynamics Simulation (FDS)’와 그 모델러인 Thunderhead Engineering사의 ‘Pyrosim’, University of Greenwich의 ‘Smartfire’ 등이 대표적인데, 그 중에서도 미국 표준기술연구소(National Institute of Standard Technology, NIST)의 빌딩화재연구소(Building and Fire Research Laboratory, BFRL)에서 개발하고 무료배포하고 있는 FDS가 가장 널리 사용되고 있다. 화재현상을 해석하기 위해 열과 연기 등 유체의 흐름을 계산하는 비정상상태 해석 전용 Computational Fluid Dynamics (CFD) 코드를 기반으로 하고 있으며, Mixture Fraction Model에 의한 화재해석으로 화염면과 연기층을 구분하고 있으며 화염의 전파를 고려할 수 있어, 보다 실질적인 화재 문제를 해석하고 동시에 근본적인 화재역학과 연소에 관한 연구가 가능하다.

2.3 화재시뮬레이션 관련 기준

실제 성능위주설계 시 대상지의 건축심의 이전단계부터 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 화재안전성과 피난안전성에 관한 평가가 이루어지게 된다. 이 때 설계자는 화재 및 피난 시뮬레이션을 포함하고 있는 성능위주 설계도서에 대한 인명안전성평가 관련 내용을 평가받게 된다.

성능위주설계 시 쓰이는 화재 및 피난 시뮬레이션의 시나리오는 국민안전처에서 고시한 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」의 [별표 1] ‘화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성 기준’에 나타난 7개의 시나리오 중 최소 3개 이상을 선택하여 작성되어야 한다. 그러나 수없이 다양한 형태의 대상 건축물과 재질자의 특성을 7가지 시나리오로 단순화시켜 놓았기 때문에 이들 시나리오의 선택과 그 의미에 대한 해석은 전적으로 설계자들의 판단에 의존하고 있는 실정이다. 또한 설계자들이 설정한 시나리오에 맞게 화재 시뮬레이션의 입력요소들이 제대로 반영되고 있는지, 각 화재모델들의 기술적인 알고리즘과 한계는 무엇인지 정확하게 이해하고 있는 설계자가 과연 얼마나 될 것인지는 의문시되고 있어 기술적 가이드라인 제시가 시급한 상황이다.

3. 성능위주설계도서 조사와 분석

3.1 성능위주 설계도서 개요

본 연구에서는 2011년 성능위주설계 시행 후 2014년까지 B도시의 소방안전본부에서 실시된 총 17건의 성능위주설계도서 중 사업이 완료된 주상복합아파트의 7건에 대한 사전심의단계 설계도서들의 화재시뮬레이션 관련 내용을

Table 1. PBD Designer, Building Details and Fire Scenario Cases

Designer	Number of Scenarios	Number of Floors
A	4 cases	Building A·B 84 floors Building C 101 floors Podium 7 floors (Underground 5 floors)
	4 cases	Ground 69 floors (Underground 6 floors)
	3 cases	Ground 33 floors (Underground 5 floors)
	4 cases	Ground 69 floors (Underground 6 floors)
B	4 cases	Ground 33 floors (Underground 5 floors)
C	3 cases	Ground 52 floors (Underground 4 floors)
D	3 cases	Ground 28 floors (Underground 4 floors)

조사, 분석하였다. 무작위로 선택된 7건의 설계안들은 4곳의 업체에서 설계를 수행하였으며 Table 1과 같이 각 설계사마다 평균적으로 3.8건의 화재시뮬레이션을 수행하였다. 여기서 건축심의 전 단계의 보고서를 채택한 이유는 성능위주설계 평가위원단의 심의를 거치지 않은 최초의 설계안으로 설계자의 판단이 고스란히 반영되어 있기 때문이었다.

3.2 성능위주설계 화재시뮬레이션 입력요소 구분

화재시뮬레이션 입력값을 설정 시 화재가 어떤 장소에서 어떤 물질로 인해 발화할 수 있을 것인지 판단해야 하는데, 이 때 결정해야 하는 요소는 시나리오 유형, 발화원, 발화위치 등이 있다. 또한 화재가 일어난 장소에서 다른 공간으로 얼마나 빠르게 연소가 확대되는지 결정하기 위해서는 화원의 크기와 화재성장속도 또한 중요하다. 따라서 성능위주설계자들은 이러한 각각의 요소들의 상관관계를 잘 파악하여 시나리오에 대한 시뮬레이션 틀 내 입력값을 설정해야 한다.

Table 2. Fire Simulation Input Data

Design Project	Building Use	Ignition Location	Scenario Type	Ignition Material	Burning Substance	Fire Size (MW)	Mesh Size (m)
A	Banquet Hall	Kitchen	#6	Refrigerator	Polystyrene	3.1	-
	Apartment	Room	#1	Sofa	Polyurethane	3.5	-
	Accommodation	Room	#1	Sofa	Polyurethane	3.5	-
	Observatory	Lobby	#3	Christmas Tree	Red Oak	5.0	-
B	Apartment	Kitchen	#1	Sink	Red Oak	2.4	-
	Apartment	Room	#3	Closet	Red Oak	1.8	-
	Apartment	Room	#1	Mattress	Polyurethane	2.0	-
	Movie Theater	Seat	#6	Chair	Polyurethane	3.5	-
C	Automobile Facilities	Vehicle	#3	Car	Polyester-1	3.4	0.2×0.2×0.2
	Sales Facilities	Shopping Mall	#5	Cloth	Polyester-1	7.9	0.2×0.2×0.2
	Apartment	Kitchen	#1	Sink	Red Oak	2.4	0.1×0.1×0.1
D	Automobile Facilities	Vehicle	#3	Car	Polyurethane forms_GM29	8.5	0.3×0.3×0.1
	Sales Facilities	Furniture Store	#5	Sofa	Polyurethane	3.5	0.2×0.2×0.1
	Apartment	Kitchen	#1	Refrigerator	Polyurethane	3.1	0.2×0.2×0.1
	Accommodation	Kitchen	#6	Mattress	Polyurethane	2.0	0.2×0.2×0.1
E	Apartment	Room	#1	Bed	Polyurethane	1.0	-
	Officetel	Room	#1	Bed	Polyurethane	1.0	-
	Neighborhood Facilities	Kitchen	#1	Electronics	Polyurethane	1.5	-
	Automobile Facilities	Vehicle	#3	Car	Polyurethane	2.5	-
F	Apartment	Kitchen	#1	Sink	Red oak	2.4	-
	Apartment	Kitchen	#6	Refrigerator	Polyurethane forms_GM21	3.0	-
	Officetel	Room	#2	Sofa	Polyurethane forms_GM21	3.0	-
G	Apartment	Room	#1	Mattress	Polyurethane	2.0	0.1×0.1×0.1
	Sales Facilities	Shopping Mall	#6	Cloth	Polyurethane	5.0	0.2×0.2×0.2
	Automobile Facilities	Vehicle	#6	Car	Polyurethane	10.0	0.2×0.2×0.2

이에 본 연구에서는 각 프로젝트별로 화재시나리오 유형, 발화 위치, 발화물질, 연소물질, 화원크기, 격자크기 등과 화재하중, 연소확대, 플래시오버, 화재실 출입문 및 방화문 개폐여부, 소방설비 작동 고려여부, 연돌효과 등에 대해 조사, 분석하였다.

4. 성능위주설계시 화재시뮬레이션 수행결과의 문제점 및 개선방안

4.1 성능위주설계 화재시뮬레이션 문제점 도출

앞 장에서 선정한 총 7건의 설계안에서 반영한 화재 시뮬레이션 시나리오에 대해 분석한 결과, Table 2와 같이 총 6가지의 문제점들을 도출할 수 있었다.

4.1.1 화재발생장소

화재가 발생한 장소를 살펴보면 공동주택이 40%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 화재시나리오는 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」의 [별표 1] ‘화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성 기준’에 나타난 7개의 시나리오 중 유형1이 44%, 유형6이 24%, 유형3이 20%를 차지하고 있었으나, 유형4와 유형7은 한 건도 화재시나리오에 반영되지 않은 것으로 나타났다.

같은 용도의 건축물에서 발생한 화재라도 발화 위치가 다르면 발화물질의 종류 및 양, 연소물질 등의 화원의 특성이 달라진다. 즉, 화원의 특성에 따라 화재하중을 다르게 설정해야 하며 화재하중에 따라 열방출률은 차이를 보이게 된다. 그러나 화재시나리오는 건축물의 용도 및 화원의 특성을 고려하여 시나리오 유형을 설정하기보다 설계자의 편의에 따라 시뮬레이션을 수행할 때 큰 어려움이 없는 무난한 화재시나리오 유형으로 편중되어 있었다.

4.1.2 발화원의 종류

가장 케이스가 많았던 공동주택 화재시나리오 발화원의 종류의 경우 ‘싱크대’ 30%, ‘매트리스’ 20%, ‘냉장고’ 20% 순서였으며 싱크대, 매트리스, 냉장고의 연소물질은 ‘polyurethane’과 ‘red oak’가 각각 43%로 편중되어 있었다. 전 프로젝트에서 56%의 시나리오가 polyurethane을 사용하여 화재시뮬레이션을 시행하였다. 최근 10년간 화재통계를 살펴보면 공동주택에서 화재 발생 시 40%가 음식물 조리 중 부주의에 의한 화재였으나 실제 화재시나리오 중 12%만이 화재통계와 일치하는 것을 알 수 있었다. 또한 실제 싱크대나 매트리스, 냉장고의 재질이 polyurethane이나 red oak가 아님에도 불구하고 대부분 폴리우레탄으로 설정하고 있었다.

4.1.3 화재 시뮬레이션 FDS의 격자크기 설정

한편, 조사한 모든 설계안에서 화재 시뮬레이션 툴로 FDS만을 사용하였다. 이 때, 격자크기를 제시한 경우에는 격자 민감도에 따라 격자크기를 적절하게 선정하였으나 격

자크기를 제시하지 않은 경우 또한 60%나 차지하였다. 대규모 건축물의 경우에는 X, Y, Z 방향 격자크기 비율을 건축물의 규모에 맞게 설정해야 하고, 초고층 건축물의 경우 수직공간해석이 중요하기 때문에 X, Y와 Z방향의 격자크기를 다르게 설정해야 한다. FDS User’s Guide에는 가장 짧은 격자길이와 가장 긴 격자길이의 비가 2~3 이내일 때 합리적인 시뮬레이션이 가능하다고 한다. 그러나 7건의 프로젝트 중 단 1건의 프로젝트만이 종횡비(Aspect Ratio)를 고려한 것으로 나타났다.

4.1.4 플래시오버 발생여부, 개구부 개폐여부, 소방시설 작동 여부

구획실 내부 연소가 급격히 진행되어 플래시 오버가 발생하면 화원 특성과 환기 조건에 영향을 받아 열방출율이 감소하게 되는데, 조사한 모든 프로젝트의 화재시나리오에서는 가연물이 연소되어 소실됨이 없고 내부 기류속도를 0 m/s 로 두어 최대 열방출율이 지속되는 것으로 가정하였다. 일반적으로 열방출율은 내부에서 배출되고 외부로부터 유입되는 공기의 양에 의해 결정되는 만큼 화재실의 위치 및 화재실 출입문 크기가 또한 열방출율을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 연소 확대에 큰 영향을 미치는 화재실의 출입문 개폐여부 및 소방시설 작동여부에도 1건의 프로젝트 설계도서에서만 고려되었다.

4.1.5 연돌효과 및 연소 수직확대 고려여부

초고층 건축물 화재에서 발생한 연기의 유동은 인명안전에 큰 영향을 미친다. 특히 기압차로 인해 연돌효과가 더욱 심하게 발생하는 초고층 건축물에서는 발화지점에서 상당히 떨어진 지점이나 상층부에 이르기까지 순식간에 연기가 확산될 수 있기 때문에 단위층을 벗어나 전 층에 이르기까지 화재 및 피난 시뮬레이션을 수행할 필요가 있다.

하지만 조사 대상지의 모든 설계자들은 특별피난계단 출입문을 폐쇄하고 단일 층에서만 시뮬레이션을 수행하고 있었다. 이는 아파트나 상가에서 개구부를 개방하며 화재 시뮬레이션을 수행하는 것과는 모순되는 바이며, 과거 초고층건축물에 성능위주설계 도입 필요성을 강조할 때 항상 근거로 제시되던 초고층 건축물의 연돌효과와 연소의 수직확대 가능성을 무시하는 처사라 할 수 있다.

덧붙여 초고층 건축물 화재 특성을 반영하기 위해 고가 사다리가 닿지 않는 상부층이나 피난안전구역의 위치 등을 고려하여 발화층을 결정해야 하지만 단순히 단위층의 평면만 제시하고 발화층 위치에 대해 언급하지 않은 설계안이 전체 시나리오들의 40%에 육박하였다. 게다가 25건의 시나리오 중 단위층이 아닌 전 층을 대상으로 시뮬레이션을 수행한 사례는 단 한 건도 없었다.

4.1.6 화재 시뮬레이션 수행 가이드라인의 부재

성능위주설계를 수행하는 설계자는 주로 소방기술사인

데 아직 구체적인 설계 매뉴얼이나 기술적 가이드라인이 없어 설계자 직관적인 판단으로 화재시나리오를 설정한 후 시뮬레이션을 수행하고 있어 설계자마다 판이한 결과 값을 도출해내고 있는 근본적인 문제점이 대두되었다.

4.2 성능위주설계 화재시뮬레이션 개선방안

본 연구에서는 지금까지 화재 시뮬레이션 수행과 관련한 여러 가지 문제점을 도출하였다.

4.2.1 시뮬레이션 자격인증제 및 교육프로그램 이수제도 설치 필요성

설계자의 편익에 따라 화재 시뮬레이션 툴의 입력조건들이 설계도서에 누락되어 있다는 점 또한 확인할 수 있었는데, 이는 화재시뮬레이션의 신뢰성 문제와 직결되므로 필수적으로 명시해야 함을 규정화할 필요가 있다. 특히 컴퓨터 시뮬레이션의 경우 지배방정식 등에 대한 설계자의 지식수준이나 시뮬레이션 툴의 알고리즘과 한계에 대한 이해도가 그 결과에 결정적인 영향을 미치는 만큼 성능위주 설계 시 화재 및 피난 시뮬레이션 수행 관련 공식 자격인증제 도입과 다양한 이론과 시뮬레이션 툴을 바탕으로 한 시뮬레이션 교육과정 의무이수제도 우선시 되어야 할 것으로 판단된다.

4.2.2 화재시나리오 설정기준의 재검토 및 구체화

화재 시뮬레이션에서는 건축물 내부의 출입문들이 모두 개방되어 있는 상황에서 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」의 [별표 1] ‘화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성 기준’의 시나리오 유형1과 유형2를 모두 반영한 시나리오 하나를 의무 수행할 필요가 있다. 최악의 상황을 고려한 시나리오와 빈번한 상황을 고려한 시나리오를 각각 하나씩 설정해야 하며 하나의 건축물에 여러 용도가 혼재해 있는 경우에는 용도별로 시뮬레이션을 수행하여 화재안전성을 검증해야 할 필요가 있다.

그리고 화재시뮬레이션에서 최악의 시나리오와 빈번한 시나리오에 따라 다른 입력 값을 설정해야 한다. 실제 화재 발생 시 스프링클러 설비와 방화문 또는 방화셔터가 작동하는 경우가 대부분인 만큼 소방시설이 정상 작동하는 시나리오를 추가적으로 수행하여야 한다. 또한 스프링클러 작동시점에서 감소된 열방출률이 유지되는 상황을 설정해야 하고 방화문 또는 방화셔터가 작동하는 상황을 설정하여 화재시뮬레이션을 수행해야 한다. 화재 시 소방시설이 정상작동 할 때 화재실의 출입문이 열려있는 경우와 출입문이 닫혀있어 구획실 내의 온도가 높아지는 최악의 시나리오를 추가적으로 수행해야 한다.

4.2.3 발화물질 특성 데이터베이스 구축 및 공개

다음으로, 자주 사용되는 건축물의 특성(주거시설, 판매 시설, 업무시설, 차량 등)에 맞는 발화원의 종류를 설정해

야 한다. 빈번한 화재상황을 가정한 시나리오의 발화원 종류를 설정할 때에는 최근 화재통계를 분석하여 발화원의 종류 및 발화 관련 기기를 설정한 후 국내외 전문학술논문이나 NFPA, SFPE, 실물실험에 관한 논문 등을 참고할 수도 있지만, 소방청에서 주도하여 일정 주기마다 주요 발화원의 물성치와 연소특성을 공표하는 것이 신뢰성을 확보함에 있어서 더욱 필수적이라 판단된다.

4.2.4 화재하중 설정 필요성

그리고 최악의 상황을 가정한 시나리오에서는 발화원의 종류 및 화재하중을 고려하여 열방출율의 크기가 가장 큰 위치에 화원을 설정해야 한다. 이때, 화원의 크기와 특성을 설정할 때 화재하중 계산식을 사용하여 용도별 적재 가연물을 통해 화재하중을 설정해야 할 필요가 있다.

4.2.5 수직공간에 대한 시뮬레이션 해석 기준 및 격자 민감도, 고가사다리차 도달 높이와 피난안전구역 설정의 필요성

한편, 초고층 건축물에서 계단실과 같은 수직 공간을 심도 있게 해석하기 위해 대상물에 적합한 민감도를 가지고 있는 격자크기로 설정해야 한다. 대규모 건축물인 경우에는 수평방향 격자크기를 크게, 초고층 건축물인 경우에는 수직방향으로도 격자크기를 크게 설정하여 시뮬레이션을 효율적으로 수행해야 한다. 수직해석을 대상으로 하는 계단실 시뮬레이션의 경우에는 연기로 인한 피해가 발생할 수 있는 최하층까지는 높은 민감도를 가진 격자크기로 시뮬레이션을 수행하여야 한다. 결과 해석 시 3~5층 단위로 DEVC 값을 설정하여 연기유동을 확인한 다음 1층 간격으로 DEVC값을 설정해야 할 필요가 있다.

계다가 수직공간에 대한 정량적 해석을 위해 화재시나리오 중 적어도 1개 이상의 시나리오는 화재발생 층을 기준으로 최상층까지 계단실을 생성하여 연기유동을 확인할 수 있는 시뮬레이션을 수행해야 한다. 일반적으로는 화재발생 층이 2층 이상인 경우 발화층 및 직상층, 1층인 경우 지하층 및 1~2층, 지하층의 경우 발화층 및 직상층 및 기타 지하층에서 화재시뮬레이션을 수행해야 한다. 이 때, 최소한 대상지 관할 소방서에서 보유한 고가사다리차가 닿지 않는 층에서 화재시나리오를 작성하고 피난안전구역이 있는 경우 그 위치를 고려하여 화재시나리오를 작성할 필요가 있다.

4.2.6 전문가 양성교육 프로그램 구축 필요성

끝으로, 성능위주 설계에서 필요한 요소가 상호 유기적으로 연결되어 있어 모든 분야에 능통한 전문가가 필요하다. 특히, 시뮬레이션 분야는 정규 교육과정이나 공식 교육기관이 드문 만큼 화재·피난 시뮬레이션 자격제도나 필수 교육이수제도를 실시해야 한다.

5. 결 론

성능위주 설계에서는 컴퓨터를 이용한 화재 시뮬레이션을 사용하는데, 이는 화재의 성상을 예측하여 건축물의 화재안전성능을 합리적으로 평가할 수 있지만 설계자에 따라 다른 입력값으로 인한 상이한 결과 값이 도출되는 오류를 범하고 있기도 한다. 이에 본 연구에서는 현행 성능위주 설계 시 화재시뮬레이션 수행의 문제점과 개선방안을 제시하기 위해 B도시의 소방본부에서 평가한 주상복합아파트 성능위주 설계도서 7건을 무작위로 입수하여 화재시뮬레이션 시나리오 유형의 적정성과 입력 요소를 분석하였다.

본 논문에서는 성능위주 설계 시 제도의 허점으로 인하여 자주 발생하는 오류를 해결하기 위해 대안을 제시하였으나 추후 화재 시뮬레이션 시나리오 유형을 통합하고 건축물의 용도별로 구체적인 시나리오 개선안 자체는 제시하지 못하고 있다. 후속연구에서는 다양한 실험실험을 통해 적용 가능한 입력 값을 반영한 기술적 가이드라인을 구축해야 하며, 화재 모델링 소프트웨어에 대한 이론적인 지배방정식을 이해하고 프로그램 구동능력까지 갖춘 전문가의 육성 또한 시급하다.

감사의 글

이 논문은 국민안전처가 출연하는 소방안전및119구조·구급기술연구개발사업(과제번호: NEMA-차세대-2014-53)의 연구비 및 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행되었음(과제번호: NRF-2013R1A1A1010798).

후 기

본 논문은 2015년 (사)한국화재소방학회 학술발표대회 및

아시아도시환경학회(AIUE)에서 발표되었던 선행연구^(2,4)를 토대로 일부 수정, 보완하여 작성하였음.

References

1. H. J. Kim, "A Study on Evacuation Simulation Scenario Evaluation of High-rise Apartment", Master's Thesis, Kyungpook National University (2014).
2. M. J. Seo, Y. H. Bae, J. H. Choi and W. H. Hong, "A Study on the Way of Improving for Performing Fire Simulation Based on the analysis of Performance-based Design Reports", Proceedings of 2015 Fall Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 91-92 (2015).
3. M. J. Seo, J. H. Choi, Y. H. Bae and W. H. Hong, "A Study on the Way of Improving Fire Simulation Modelling Based on the Analysis of Performance-Based Design Report", Conference Proceeding of Asia Institute of Urban Environment (AIUE) 2015, pp. 411-416 (2015).
4. E. B. Park, J. H. Choi, S. H. Lee and W. H. Hong, "A Study on Systematic Improvement Plans for High-rise Apartment Buildings in Busan as an Object of Performance Based Design by Investigating FPE's Fire and Evacuation Simulation Scenario Choice Pattern", Proceedings of 2015 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 51-52 (2015).
5. H. J. Shin, J. H. Choi and W. H. Hong, "Guidelines on Performance-based Egress Design Criteria Considering the Risk Factors of a High-rise Building", Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 25, No. 7, pp. 139-148 (2009).