

[Technical Paper]

설계도서 전수조사를 통한 소방시설분야 성능위주설계 현황조사

전은구 · 배영훈 · 안성호* · 황철홍** · 홍원화*** · 최준호****†

경북대학교 대학원 대학원생, *해운대소방서 행정담당, **대전대학교 소방방재학과 교수,

경북대학교 건설환경에너지공학부 교수, *부경대학교 소방공학과 교수

A Survey on the Performance-based Design Status of Fire-fighting Facilities through the Whole Design Drawings and Specifications

Eun-Goo Jeon · Young-Hoon Bae · Sung-Ho An* · Cheol-Hong Hwang** ·
Won-Hwa Hong*** · Jun-Ho Choi****†

Graduate Student, Graduate School, Kyungpook National University,

*Chief of Administrative Affairs, Haeundae Fire Station,

**Professor, Department of Fire & Disaster Prevention, Daejeon University,

***Professor, School of Architectural, Civil, Environmental and Energy Engineering, Kyungpook National University,

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

(Received August 19, 2019; Revised October 21, 2019; Accepted October 21, 2019)

요 약

우리나라에서는 건축물의 화재안전을 확보하기 위해 관련 법령을 개정하여 2011년 이후 대규모 특정소방대상물을 대상으로 성능위주설계를 시행하고 있다. 하지만 아직 우리나라 성능위주설계는 기존의 방식과 비교해보았을 때 화재·피난 시뮬레이션을 통한 인명안전성평가가 추가된 수준에 그치고 있다. 성능위주설계 의무화 이전부터 관련 연구 또한 지속적으로 이루어져 왔으나 주로 행정·제도적 개선방안이나 컴퓨터 시뮬레이션에 치우쳐 소방시설의 설계나 시공 등과 관련된 내용에 대해서는 상대적으로 아쉬움이 큰 것도 사실이다. 이에 본 연구에서는 실제 시행 초기단계인 2016년까지 전국적으로 수행된 91편의 성능위주설계 사전심의도서를 수집하여 소방시설에 대한 성능위주설계 현황을 분석하여 문제점을 도출하였다. 그 결과, 소화설비를 제외한 소방시설들은 성능위주설계가 제대로 이루어지지 않고 있었고, 설계자들은 기존의 법규위주설계에 비해 추가적으로 해당설비를 더 설치하거나 업그레이드된 성능을 가진 상위설비를 설치하면 성능위주설계를 수행하였다는 판단을 하고 있는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

In Korea, the relevant laws and regulations for fire safety in buildings have been revised. Since 2011, Performance-based Design has been conducted for large-scale or high-rise buildings. However, the Korea's performance-based design is still at a level where life safety evaluation using fire and evacuation simulation tools is compared with existing methods. Although related studies have been conducted continuously for the mandatory performance-based design, the fact that it is relatively unsatisfactory for design and construction of fire-fighting facilities as it mainly focuses on administrative and institutional improvement measures or computer simulation. This study collected 91 performance-based design documents that were carried out nationwide at the initial stage of implementation until 2016 to analyze the status of performance-based design of fire-fighting facilities. As a result, fire-fighting facilities, except for fire extinguish system facilities, were not properly designed for performance. Furthermore, the designers found that if corresponding facilities or higher-level equipment with upgraded performance is additionally installed, the performance-based design fared well compared to the existing the prescriptive-based design.

Keywords : Performance-based design, Performance-oriented design, Fire-fighting systems, Fire protection equipment

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

© 2019 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

1. 서 론

우리나라에서는 2011년 이후 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」(이하 약칭: 소방시설법)에 의거하여 건축물의 화재안전을 보장하기 위해 해당 특정소방대상물을 대상으로 성능위주설계(Performance based design)의 시행을 의무화하고 있다. 성능위주설계는 제도화된 설계를 대체하여 과학적이고 수리적인 계산을 통해 건축물의 화재 안전을 확보하기 위한 최적설계방식을 의미한다⁽¹⁾.

하지만 현재까지 수행된 성능위주설계와 관련된 국내 선행연구들은 국외기준과의 비교, 실험을 통한 화재·피난 시뮬레이션 툴로의 입력요소 도출, 모델링을 통한 컴퓨터 시뮬레이션 서브모델 개발과 관련된 연구가 대부분으로 나타났다. 서울시⁽²⁾와 부산시⁽³⁾에서 제공하고 있는 성능위주설계 가이드라인의 경우에도 화재·피난 시뮬레이션 관련 내용이 대부분을 차지하고 있는데, 이는 현재 국내 성능위주설계가 화재·피난 시뮬레이션에 초점을 두고 있으며, 건물 내 안전을 책임지는데 매우 중요한 요소 중 하나인 소방시설의 성능확보나 설계방안에 대한 공학적 접근은 상대적으로 부족하다는 것을 의미하기도 한다. 뿐만 아니라 지금까지 학계에서 수행된 성능위주설계를 위한 소방시설 관련 연구 자체도 매우 드문 것으로 조사되었다. 그런데 소방시설과 관련된 선행연구들의 경우에도 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 설비 자체성능에 대한 검증, 새로운 소방시설 개발 및 제안, 소방시설 미작동과 관련된 화재 사고사례 분석 등에 그치고 있는 것으로 나타나 성능위주설계 시 소방시설분야에 대한 연구가 아직 본격적으로 시도되지 않고 있는 것으로 나타났다.

한편, Jeong 등⁽⁴⁾의 연구결과에 따르면, 전문가들이 요구한 성능위주설계 개선필요사항 19건 가운데 소방시설분야와 관련된 내용이 4건으로 전체의 약 21%를 차지하는 것으로 나타났는데, 이는 소방시설의 선택이나 배치 및 설치계획, 규격이나 용량 산정 등을 통한 성능개선 노력 및 경제성까지도 고려한 최적설계 등과 관련된 연구가 더욱 필요하다라는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 소방시설의 성능위주설계와 관련된 기초자료의 수집 및 분석을 위해 실제 국내 전 지역에서 골고루 수행된 사전심의단계의 성능위주설계도서 91편⁽⁵⁾을 수집하고 카테고리별로 분류하여 현행 성능위주설계 시 소방시설관련 내용의 현황을 분석하였다. 이 때, 현황 분석은 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」에 따라 설계자가 설계도서에 명시한 항목과 근거들을 토대로 이루어졌다.

2. 성능위주설계의 개요 및 소방시설분야 선행연구 고찰

2.1 성능위주설계의 개요와 소방시설분야 강제조항

「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」에 따르면,

“성능위주설계는 소방시설법과 동법 시행령·시행규칙 및 화재안전기준 등에 따라 제도화된 설계를 대체하여 설계하는 경우를 말한다. 이 경우 성능위주설계 대상이 되는 건축물에 대하여는 화재안전기준 등 법규에 따라 설계된 화재안전성능 보다 동등 이상의 화재안전성능을 확보하도록 설계하여야 한다.”라고 정의·정리하고 있다. 성능위주설계는 최초 「소방시설공사업법」 시행령에 따라 2009년 1월 1일 이후 건축허가 신청 건부터 적용되었고, 「성능위주설계 방법 및 기준에 대한 고시」의 제정에 따라 2011년 7월 이후 대상건축물은 반드시 성능위주설계를 실시하도록 규정되었다.

「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 제 4조와 5조에 따라 설계자는 건축위원회에 건축심의를 신청하기 전에 「소방시설법시행령」 별표1의 ‘소방시설’에 대한 ‘소방시설 설치계획 및 설계 설명서’를 제출해야 하고, 건축허가를 신청하기 전에 ‘화재안전기준과 성능위주설계에 따라 소방시설을 설치하였을 경우의 화재안전성능 비교표’, 「소방시설법시행령」 별표1의 ‘소방시설’에 대한 ‘소방시설의 설치계획 및 설계 설명서’, ‘소방시설 계획 및 설계도면’, ‘소방시설에 대한 부하 및 용량계산서’ 등을 제출해야 한다.

2.2 소방시설 성능위주설계 관련 선행연구 분석

본 연구에서는 소방시설에 대한 성능위주설계에 관한 연구동향을 분석하기 위해 최근 5년간 소방시설과 성능위주설계에 대한 선행연구 고찰을 실시하였다. 성능위주설계와 관련된 선행연구는 크게 국외 기준조사를 통한 개선방안 관련 내용과 화재·피난 시뮬레이션 측면에서의 개선방안, 화재·피난시뮬레이션 수행 시 소방시설의 시나리오 적용 및 입력값 산정을 위한 실험이나 로데이터 수집 및 모델링 관련 내용 등으로 구분할 수 있었다.

Koo 등⁽⁶⁾은 우리나라에서 화재·피난시뮬레이션을 이용한 피난안전검증 시 나타난 문제점의 개선방안을 해외기준과의 비교를 통해 법체계, 시뮬레이션 방법, 소방시스템의 관련성 문제로 각각 구분하여 제시하였다. Jeong 등⁽⁴⁾은 전문가를 대상으로 한 설문조사를 통해 성능위주설계의 문제점을 도출한 후 국외의 기준 및 코드와의 비교분석을 통해 성능위주설계의 개선방향을 제시하였다.

Jang과 Nam⁽⁷⁾은 판매시설 가연물 중 플라스틱으로만 이루어진 제품을 대상으로 화재의 성장 및 거동을 조사하여 화재특성을 데이터베이스화하였다. Seo 등⁽¹⁾은 성능위주설계도서 분석을 통해 화재시나리오 유형 및 시나리오별 입력조건 현황을 파악하여 화재·피난시뮬레이션의 기술적 가이드라인을 제시하고자 하였다. Koo 등⁽⁸⁾과 Wang⁽⁹⁾은 화재·피난시뮬레이션의 커플링 여부(논커플링방식, 세미커플링방식, 커플링방식)에 따른 시뮬레이션 결과비교를 통해 시뮬레이션 수행기준의 보완을 제시한바 있다. 또한, An 등^(10,11)은 2011~2016년 간 시행된 실제 성능위주설계도서의 화재·피난시뮬레이션 시나리오 및 기술적 수행방법을

Table 1. Classification of Use for the Designed Buildings

Use of Building	Multi-family Housing	Factory	Accommodation	Business	Hospital	Sales	Total
	33	2	14	37	1	4	91

Table 2. Regional Classification of the Designed Buildings

Regional Area	Gyeonggi-do	Seoul	Incheon	Busan	Total
	39	27	9	16	91

Table 3. Performance Year Classification of the Designed Buildings

Years	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
	5	7	9	9	38	23	91

Table 4. Design Company Classification of the Designed Buildings

Company	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Total
	7	4	6	12	1	2	7	3	4	13	18	4	10	91

중심으로 발생한 여러 가지 문제점을 도출하였고, Choi 등(12-20)은 다양한 인간행동실험을 통하여 피난시물레이션의 신뢰도를 한층 업그레이드 시켜 성능위주설계 시 인명안전설계의 정확성을 높이려 노력해왔다.

한편, 소방시설과 관련된 선행연구들은 화재·피난시물레이션을 통한 설비 성능의 검증, 새로운 설비의 개발과 관련된 연구가 대부분인 것으로 조사되었다. 이 중 Choi 등(21)은 수행한 노인관련시설 스프링클러 설치유무와 종류에 따라 연기층 및 공기층의 온도변화와 연기층의 높이변화를 분석하여 설계자에게 가이드라인을 제시하였고, Jang과 Hwang(22)은 FDS 기반의 연기감지기 수치모델에서 요구되는 입력인자의 정확도를 높이고자 화재감지기 시험 장치를 개선하는 연구를 진행하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 현재까지 성능위주설계와 관련된 선행연구는 해외 기준과의 비교, 화재실험을 통한 입력요소 도출, 화재·피난시물레이션과 관련된 모델링 등을 주제로 수행되고 있는 것으로 나타났을 뿐, 성능위주설계 시 반드시 고려되어야 하는 사양설계 대비 화재안전성능의 상호비교연구나 소방시설 부하 및 용량계산을 통한 최적설계안 등에 대한 연구는 드문 편으로 나타났다. ‘성능위주설계’와 ‘소방시설’에 대한 연구는 그동안 각각 별개로 이루어져 왔는데, 성능위주설계 시 소방시설의 성능향상방안이나 설치위치나 배치 등을 통해 최대성능을 이끌어내는 최적설계 등과 관련된 연구는 성능위주설계의 도입취지와도 직결함에도 불구하고 아직 소수에 그치고 있는 실정이다.

3. 설계도서 전수조사를 통한 소방시설 대상 성능위주설계 실태조사

3.1 성능위주설계도서의 개요

본 연구에서는 성능위주설계 시 소방시설분야에 대한 수행실태를 조사하기 위해, 2016년까지 성능위주설계 시행 건수가 많은 상위 4개 광역자치체에서 13개 소방설계업체가 수행한 총 91편의 건축허가 신청 전 단계의 설계도서를 전수조사하였다. 건축허가 신청 전 단계의 설계도서를 선정 한 이유(1)는 평가위원단의 의견이 반영되어있지 않은 최초의 설계안으로 설계자의 판단을 직접적으로 확인할 수 있기 때문이었다. 이 때, 91편의 설계도서의 건축물의 용도, 설계지역1), 설계연도, 설계업체에 대한 현황은 Table 1-Table 4와 같다. 2016년까지 13개의 설계업체에서 설계된 91편의 설계도서 중 공동주택과 업무 용도로 작성된 설계도서의 비율이 가장 높게 나타났으며, 서울·경기권의 설계도서가 전체의 72.5%를 차지하였다.

3.2 실제 성능위주설계도서에 나타난 소방시설의 종류

본 연구에서 수집한 91편의 성능위주설계도서 내에서 소방시설에 대한 내용을 조사한 결과, Figure 12)과 같이 모든 설계도서에서 소방시설에 대해 현행 화재안전기준에서 제시하고 있는 요구성능 이상을 제시하고 있는 것으로 나타났다. 아래 Figure 1은 각 설계도서 내에서 설계자가 작성한 화재안전성능 비교표의 예시로 실제 수집한 설계도서에서 랜덤으로 인용한 것이다. 이 표는 소방시설법령에 따라 설계자가 건축법과 화재안전기준, 소방시설법 등에 의

1) 본 연구에서 각 지역별 설계도서 비교는 연구목적에 부합하지 않다고 판단하여 수행하지 않았음.
2) 설계도서에서 캡처, 재인용한 원문이므로 영문으로 번역하지 않았음.

3.4 성능위주설계 적용요소

법적기준설계(건축법 또는 화재안전기준)와 성능위주설계에 대한 비교를 다음 표와 같이 나타낼 수 있음.

3.4.1 건축방재분야

설계요소	법규기준설계		성능위주설계	화재안전성능	적용
	건축법	화재안전기준			
피난계획	○		○	피난성능강화	• 공동주택 계단 폭 120cm 이상 확보
방화구획	○		○	방화성능강화	• 상하층 스프링클러 12m 용간방화구획 내화충진
내화구조	○				
방재선택 계획	○		○	소방활동공간 강화	• 초고층 특별법 적용 면적 31.3㎡ 이상
피난안전송 계획	○		○	피난안전성 강화	• 법적설치기준 이상 면적확보
피난용승강기 계획	○				
비상용승강기 계획	○				

3.4.2 소방시설분야

설계요소	법규기준설계		성능위주설계	화재안전성능	적용
	건축법	화재안전기준			
부속실제연		○	○	피난안전성 향상	• 무지향성 탭퍼설치
옥내소화전		○			
스프링클러설비		○	○	상층연소확대 방지	• 외벽창가에 연소확대 방지용 헤드설치 • 업무시설 진동에 조기반응형헤드 설치 • 더블인더록 방식의 준비작동식별부 설치
소방펌프시스템		○			
연결수관설비		○			
소화수 입상관 시스템		○	○	시스템 안전성 향상	• 업무시설 고기수조에 의한 낙차방지 적용
소화 수원량		○	○	시스템 안전성 향상	• 공동주택 옥상수원량 법정수원량 이상확보
비상콘센트설비		○			
무선통신보조설비		○			

◆ 화재안전성능 비교표

설계요소	법규기준		성능개선(성능설계)	화재안전성능적용	비고
	건축법	소방법			
계단 폭	●		●	• 재실자밀도 기준의 국제기준 준용, 시뮬레이션결과 반영(피난안전성 강화) • 지하층 특별피난계단의 계단폭 1,420mm 확보	15 Page
계단 간 이격거리			●	• NFPA 101기준에 따라 장변길이의 1/3 이격	16 Page
보행거리	●		●	• 지하주차장은 NFPA 101에 따라 60m 적용	16 Page
주차장내 비상구			●	• 주차장 램프 방화사타 주위 3미터 이내 방화문 설치	18 Page
거실에서의 출구계획			●	• 다중이용업 및 50명 이상의 재실자 수용시설의 출구는 2개소 이상으로 계획	18 Page
피난계단의 출입문 형식			●	• 지하층 피난계단 출입문 패닉바 적용	7 Page
방화구획	●		●	• 건축법에 따른 중간/면적별 방화구획 • 화재확산방지를 위해 NFPA 101기준에 따른 위험용도별 방화구획(지하1층 등 중이용시설)	28 Page 29 Page
연소 확대방지			●	• 화재확산방지를 위해 커튼월 구조의 타워 및 방화셔터 주위 스프링클러 근접 배치(1.8m간격으로 30cm이내)	33 Page
방재선택타	●		●	• 각 용도별 방재선택타 외 지하1층에 종합 방재선택타 설치	36 Page 37 Page
침수대응계획		서울시 건축심의 기준	●	• 지상1층 배수펌프 전동 비상발전기설치	44 Page
호스릴 옥내소화전			●	• 운동시설 내 호스릴 옥내소화전을 설치하여 사용성 강화	33 Page
조기반응형헤드			●	• 문화 및 집회시설 등 공연장 및 컨벤션 내 조기 반응형 헤드 설치	34 Page
소화수원용량			●	• 법적 기준을 초과하는 40분 용량의 수원 확보	32 Page
소화배관			●	• 펌프 토출측 및 지하주차장 메인 펌프 배관의 루프화 • 층수가 19층 이하의 건축물이나 저층부 다중이용시설은 옥내 및 스프링클러설비의 펌프 및 배관관리(일상포함)	32 Page 33 Page

Figure 1. A example image of the comparative table concerning fire safety performance between prescriptive-based design and performance-based design according to the act on fire prevention and installation, maintenance and safety control of fire-fighting systems.

Table 5. Distribution of Fire-fighting Systems in PBD Reports

Equipment	Fire-fighting	Escape and Rescue	Alarming	Fire-fighting Water	Other for Fire-Fighting Activities
Number (n)	90	10	1	0	0
Probability (%)	99	11	1	0	0

거한 법규/코드위주 설계와 설계자 본인이 직접 수행한 성능위주설계 항목을 비교한 것으로 법규/코드위주 설계에 비해 성능이 보다 개선되거나 향상된 설계요소를 정리해서 보여주고 있다.

Table 5는 수집한 성능위주설계도서 91편에 대해 성능위주설계 수행여부를 소방시설의 종류에 따라 다시 분류한 것인데, 소화설비의 경우 90편(99%)의 설계도서에서, 피난구조설비의 경우 10편(11%)의 설계도서에서, 특히, 경보설비의 경우 단 1편(1%)의 설계도서에서만 관련 설계내용이 언급되었다. 이상에서 알 수 있듯이 대부분의 설계자들은 소방시설 중에서는 소화설비에만 초점을 두고 있는 것으로 나타났으며 피난구조설비, 경보설비는 그 도서 상에서 내용이 미흡하였을 뿐만 아니라 소화용수설비, 소화활동설비에 대해 언급한 설계도서는 단 1편도 없었던 것으로 조사되었다.

소화설비에서는 스프링클러설비, 옥내소화전설비, 물분

무등소화설비, 자동소화설비 그리고 소화수원에 대해 성능위주설계가 적용되고 있는 것으로 조사되었다. 경보설비에서는 특히 시각경보기에 대해 성능위주설계를 적용하고 있었고, 피난구조설비에서는 유도등, 인명구조기구, 비상조명 등에 대해 성능위주설계를 적용하고 있었다.

Figure 1과 같이 설계자들이 작성한 성능비교표를 토대로 각각의 설비들에 적용된 성능위주설계의 대표적인 사례의 특징은 ① 수직연소확대를 방지하기 위하여 창문 등 개구부에 인접하여 스프링클러를 추가로 설치하는 등 소방시설법령이나 화재안전기준에 나타난 각 설비의 최소설치기준에 대해 추가적으로 해당설비를 설치하는 것(이하 ‘추가설치’)과 ② 지하주차장에 스프링클러 대신 물분무등소화설비를 설치하는 등 해당설비보다 성능이 더 우수한 시설로 업그레이드하여 설치하는 것으로 구분될 수 있었다(이하 ‘고성능확보’).

Table 6. Building Use vs. Fire-Fighting Equipment

Building Use		Multi-Family Housing	Factory	Accommodation	Business	Hospital	Sales	Total	
Fire-Fighting Equipment	Sprinkler System	1-A	5	0	3	6	0	1	15
		1-B	32	2	14	36	1	4	89
	Indoor Hydrant Facility	1-C	4	0	2	1	0	1	8
	Water Spray Extinguishing Equipment	1-D	6	0	0	3	0	2	11
	Automatic Extinguisher	1-E	1	0	0	0	0	0	1
	Extinguishing Water	1-F	18	0	10	23	1	3	51

4. 설계도서 조사를 통한 소방시설분야 성능위주설계 현황 분석

4.1 소화설비분야 설계현황 분석

앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서 수집한 설계도서 가운데 성능위주설계가 적용된 소화설비는 스프링클러설비, 옥내소화전설비, 물분무등소화설비, 자동소화설비 등이 있었으며, 특히 옥내소화전과 스프링클러의 소화수원에 대해 설계자들은 성능위주설계를 실시한 것으로 제시하였다. 각각의 설비들에 적용된 성능위주설계를 분석한 결과는 Table 6과 같은데 소화설비와 관련된 성능위주설계는 총 5개의 소화설비와 6개의 설계요소들로 구분되었다.

한편, 스프링클러설비와 관련하여 설계도서에 적용된 성능위주설계 내용은 ‘추가설치’와 관련된 ‘윈도우 스프링클러 (1-A) 추가설치’와 ‘고성능확보’와 관련된 ‘옥내소화전 및 스프링클러 배관분리(1-B)’가 있었다. ‘윈도우 스프링클러 추가설치’의 경우 설계도서상에서 “30층 이상의 건축물 상층부 연소방지를 위해 윈도우 스프링클러 설치함”으로 명시되어 있었는데 현재 윈도우 스프링클러의 설치와 관련해서는 국내법령이나 화재안전기준으로 정해진 내용이 없는 실정이다. 수집된 91편의 설계도서 가운데, 유리창의 파괴에 따른 급격한 화재 확산을 방지하기 위해 설치되는 윈도우 스프링클러의 설치건수는 총 15편으로 전체 91편의 설계도서 가운데 약 16%의 비중을 차지하고 있었다. 그러나 어느 설계도서에서도 윈도우 스프링클러의 성능에 대한 과학적이고 수리적인 계산을 통한 설계 근거는 제시되어 있지 않았다.

또한 ‘고성능확보’와 관련된 내용으로, ‘옥내소화전 및 스프링클러 배관분리’의 경우, 전체 91편의 설계도서 중 공동주택과 업무용도의 건축물에서 한편씩을 제외한 총 89편 (98%)의 설계도서에서 제시되어 있었는데 그 근거로는 “스프링클러설비 및 옥내소화전은 주 배관 및 시스템을 분리하여 안정화를 도모하였음.”으로 일괄적으로 명시되어 있었다. 하지만 NFSC 102와 103에 의하면 스프링클러설비와

옥내소화전의 배관은 전용으로 하는 것을 원칙으로 하고, 예외조항을 두어 성능에 지장이 없는 경우에는 다른 설비와 겸용할 수 있다고 규정하고 있다. 따라서 이 경우 예외조항에 따라 법규에서 규정하고 있는 성능 이상을 제시하고 있으나 예외조항이 아닌 원래 기준을 적용하는 수준에 그치는 것으로 판단하였다. 또한, 89편의 설계도서 중 이 설계요소만을 소방시설의 성능위주설계를 수행한 것으로 제시한 도서가 전체의 총 21편(24%)으로 조사되었다.

‘옥내소화전설비’와 관련하여 설계도서에 적용된 성능위주설계는 “재해약자 등도 쉽게 취급 및 작동시킬 수 있도록 옥내소화전의 방사압력을 낮게 조절(1-C)”으로 성능변경으로 구분된다. 이 옥내소화전설비의 경우 조사된 13편의 설계도서 가운데 오직 1편의 설계도서에서만 발견되었으며, 전체 91편의 설계도서 중에서는 8개의 설계도서에서만 나타났다. 이 때, 적용 근거로 “옥내소화전은 재해약자 등도 쉽게 취급 및 작동시킬 수 있도록 비교적 낮은 방사압력으로 한다.”라고 동일하게 명시되어 있었다.

“주차장에 스프링클러 대신 물분무등소화설비 설치 (1-D)”라는 근거 작성 문구에서 물분무소화설비 관련 ‘고성능확보’ 사례를 확인할 수 있었다. 이와 동일한 설계 사례는 총 11편의 다른 설계도서에도 적용되고 있었는데, 그 설치근거를 “주차용도로 사용되는 부분에 설치”로 작성하고 있었다. 하지만 「소방시설법」 시행령 별표 5에 의하면 바닥면적이 200 m² 이상인 주차장에서는 물분무등소화설비를 설치하도록 규정하고 있으며, 별표 6에 그 예외조항으로 스프링클러설비를 화재안전기준에 적합하게 설치할 경우 그 유효범위에 대해 물분무소화설비의 설치를 면제하고 있으므로, 이 설계요소의 경우 설계자는 법규에서 규정하고 있는 성능 이상을 제시하고 있으나 예외조항이 아닌 원 기준을 적용하고 있었다.

자동소화설비의 경우 “주방용 자동소화장치 추가설치 (1-E)”라는 설계자의 작성 문구에서 성능위주설계가 수행되었다는 것을 확인할 수 있었는데, 수집한 설계도서 중에

Table 7. Building Usage vs. Escape and Rescue Equipment

Fire-Fighting System		Multi-Family Housing	Factory	Accommodation	Business	Hospital	Sales	Total
Escape and Rescue Equipment	Exit Sign	2-A	3	0	3	0	0	6
	Life Saving Facility	2-B	3	0	0	0	0	3
	Emergency Light System	2-C	2	0	0	1	0	3

서는 동일한 설계업체의 공동주택에서만 적용되어 있었다. 주방용 자동소화장치의 경우 「소방시설법」 시행령 별표 5에서 아파트등 및 30층 이상 오피스텔의 모든 층에 설치하도록 규정되어 있는데, 이 장치의 설치가 반영된 설계도서는 모두 3편이었다. 그러나 법적 설치의무가 없는 사례는 27층의 공동주택 용도의 대상물에 적용된 설계안 서 1편에 불과하여 설계자들이 주장한 3건의 주방용 자동소화장치 ‘고성능확보’ 성능위주설계 사례 중 2건은 법적 기준을 그대로 적용한 것으로 나타났다.

유일한 수리계산 관련 항목이었던 “수리계산을 통한 소화수원 확대 적용(1-F)” 성능위주설계 수행 근거 문구는 해당 설비의 성능을 향상한 것으로 조사되었는데, 그 근거로 “소화수원의 급수 지속시간은 NFSC 103에서 20분(층수가 30층 이상 49층 이하는 40분, 50층 이상은 60분)으로 요구하고 있지만, 본 건축물에는 초고층을 고려하여 60분 용량으로 한다.” 라고 명시하고 있었다. 수집한 설계도서 가운데 55편의 설계도서에서 이 설계요소를 적용하고 있는 것으로 조사되었으나, 4편의 설계도서는 법규에서 명시한 기준과 동일한 기준을 따르고 있는 것으로 나타났고, 51편의 설계도서는 법규에서 명시된 기준 이상을 적용하여 설계자들이 성능위주설계 ‘고성능확보’ 사례로 제시하고 있었다.

그러나 이상 사례들에서 확인한 바와 같이, 성능위주설계의 정의와 취지에 맞게 과학적이고 수리적인 계산을 통해 설비의 성능을 변경시키거나 설비를 추가한 사례는 1개(1-F)에 불과하였고, 현재 소화설비의 성능위주설계는 현행 국내기준에 비해 ‘고성능확보’를 위한 법규의 예외조항만을 적용하고 있는 수준으로 확인할 수 있었다.

4.2 피난구조설비분야 설계현황 분석

수집된 설계도서 상에서, 피난구조설비에서 성능위주설계가 적용된 대상은 Table 7와 같이 총 3개의 피난구조설비(유도등, 인명구조기구, 휴대용 비상조명등)와 3개의 설계요소들로 구분되었다. 이 때, 모든 설계요소들은 추가설치를 고려하고 있었을 뿐, ‘고성능확보’를 위한 설계변경은 없는 것으로 조사되었다.

‘유도등’의 성능위주설계에 대한 사례로는 “피난유도선 추가설치(2-A)”가 있었다. 이 경우 설계도서에서는 근거가 따로 명시되어 있지 않았으며, 총 8편의 설계도서에서 설계자가 성능위주설계를 실시한 것으로 명시하였다. 피난유도

선의 경우 「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법」 시행령 별표 1의 2에서 “다중이용업소 영업장 내부 피난통로 또는 복도가 있는 영업장에만 설치한다.”라고 근거를 두고 있는데, 적용된 총 7편의 설계도서 중 다중이용업소에 포함되는 판매시설 1편을 제외한 6편(공동주택 3편, 숙박 3편)에서 설계자가 성능위주설계로 적용하고 있는 것으로 조사되었다.

‘인명구조기구’와 관련해서는 설계자가 성능위주설계 실시에 대한 근거로 “공기호흡기 추가설치(3-B)”에 대해 명시하고 있었다. 공기호흡기는 「소방시설법」 별표 5에서 “지하층을 포함하는 층수가 7층 이상인 관광호텔 또는 지하층을 포함하는 층수가 5층 이상인 병원, 수용인원 100명 이상인 문화 및 집회시설 중 영화상영관, 판매시설 중 대규모점포, 운수시설 중 지하철역사, 지하가 중 지하상가에 설치하여야 한다.”라고 설치 근거를 두고 있다. 그러나 설계자의 주장에 따라 인명구조기구의 성능위주설계가 적용된 설계도서는 총 5편이었으나 이 가운데 2건은 의무설치대상 건축물에 포함되는 것으로 이 2편을 제외한 실질적으로 3편의 공동주택 설계도서에서 설계자가 인명구조기구에 대한 ‘추가설치’ 성능위주설계를 실시한 것으로 조사되었다.

수집된 설계도서 가운데 ‘비상조명등’을 대상으로 한 성능위주설계 실시 근거로는 “휴대용 비상조명등 추가설치(3-C)”라고 적힌 설계자의 의견을 들 수 있다. 휴대용 비상조명등은 소방시설법 별표 5에서 “숙박시설, 수용인원 100명 이상의 영화상영관, 판매시설 중 대규모 점포, 철도 및 도시철도 시설 중 지하철역사, 지하가 중 지하상가에 설치하여야 한다.”라고 설치 근거를 두고 있는데, 비상조명등이 반영된 총 4편의 설계도서 중 의무설치대상 건축물에 포함되는 1편을 제외한 3편(공동주택 2편, 업무시설 1편)의 설계도서에서 설계자가 ‘추가설치’ 성능위주설계를 수행한 것으로 판단하고 있었다.

피난구조설비와 관련하여 설계자들이 성능위주설계를 수행한 것으로 제시한 사례나 근거들은 모두 법정기준보다 추가적으로 설치한 것을 바탕으로 간주하고 있었다. 하지만 위에서 언급한 모든 설비들이 전부 법규에서 규정하고 있는 기준수량보다 산술적인 ‘추가설치’를 통해서만 성능위주설계의 수행을 주장할 뿐 추가설치 용량이나 성능개선, 최적설계기법 등의 근거에 대한 과학적이고 수리적인 증명이나 계산내용은 전혀 나타나 있지 않았다.

Table 8. Building Usage vs. Alarming Equipment

Building Usage			Multi-Family Housing	Factory	Accommodation	Business	Hospital	Sales	Total
Alarming Equipment	Strobe Light System	3-A	1	0	0	0	0	0	1

4.3 경보설비분야 설계현황 분석

Table 8에서 볼 수 있듯이, 설계자가 경보설비를 대상으로 성능위주설계가 적용하였다고 제시한 사례는 단 1편으로 확인되었는데 이는 시각경보기의 설치를 제시한 것으로 조사되었다. 시각경보기의 경우 추가설치에 대한 내용으로 “재해약자의 피난을 고려하여 시각경보기 전층 추가설치(3-A)”라 기술되어 있었다. 시각경보기는 「소방시설법」 시행령 별표 5에서 그 설치대상 건축물을 명시하고 있으며, 그 설치대상건축물에서 제외되는 공동주택 설계안 1건에서 성능위주설계로 적용되고 있는 것으로 나타났다. 시각경보기의 경우 수집된 설계도서 가운데 설계자들이 8편에서 성능위주설계로 명시하고 있으나, 이 중 7건은 법적설치의무 대상에 속하고 법규에서 명시하는 기준 이상을 제시한 ‘추가설치’ 설계도서는 공동주택 용도의 설계도서 단 1편으로만 조사되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 2011년부터 2016년까지 성능위주설계 시행 초기단계에서 4개 광역지자체를 대상으로 실제 성능위주설계가 수행된 총 91편의 설계도서를 수집하여 소방시설분야 성능위주설계에 대한 수행실태를 조사하였다. 이 때 설계자들이 성능위주설계를 수행한 근거는 소방시설법령과 소방청 고시에 의거, 설계자가 직접 작성하여 제출하는 ‘소방시설 설치계획 및 설계 설명서’, 화재안전기준과 성능위주설계에 따라 소방시설을 설치하였을 경우의 ‘화재안전성능 비교표’, ‘소방시설의 설치계획 및 설계 설명서’, ‘소방시설 계획 및 설계도면’, ‘소방시설에 대한 부하 및 용량계산서’ 등이었다.

1) 설계자의 설계의도와 주장대로 총 91편의 설계도서에 대해 적용된 소방시설분야의 설계 건수를 살펴보면, 소방시설 카테고리별로 소화설비(90편), 피난구조설비(10편), 경보설비(1편) 등으로 나타났다. 그러나 소화용수설비 또는 소화활동설비에 대한 성능위주설계 반영실적은 전무하였다. 또한 91편의 설계도서에서 각 카테고리에 속하는 하위설비들 중 총 9개 설비에서 10가지의 세부 설계요소를 발견할 수 있었는데, 설계자가 성능위주설계 수행근거를 제시한 건수는 총 188가지로 나타났다. 또한, 법적 설치의무가 있는 설비임에도 불구하고 이를 성능위주설계의 대상으로 간주한 잘못된 사례가 다수 발견되었는데 이 때에도 이에 추가적 근거가 될 수 있는 과학적이거나 수리적, 경제적 해석은 제시되지 않았으므로 이는 성능위주설계의 수행 사례라 볼 수 없다고 판단된다.

2) 일반적으로 성능위주설계는 과학적이고 수리적인 계산은 물론 경제성까지도 고려하여 건축물의 화재안전을 확보하기 위한 설계법으로 정의된다. 이 때에도 과학적 근거나 연구결과, 수리계산 등 수치해석 결과 등을 제시하면 기존 관련 법이나 기준은 따르지 않아도 된다. 하지만 소방시설의 성능위주설계가 적용된 10개의 세부 설계요소 중 과학적이고 수리적인 계산을 통해 설비의 추가설치 또는 성능변경을 적용한 세부항목은 ‘수리계산을 통한 소화수원 확보’ 사례 단 1개에 그치고 있었다. 이는 설계자들이 성능위주설계를 기존 사양위주설계안에 비해 추가적으로 설비를 더 설치하거나 「소방시설법」의 특례조항처럼 업그레이드된 성능을 가진 상위개념의 설비를 설치하면 해당 특정소방대상물의 화재안전요구성능을 만족함은 물론, 성능위주설계를 수행한 것으로 판단하고 있는 것으로 조사되었다.

본 연구는 국내 4개 지역에서 실제 수행된 성능위주설계도서를 수집하여 소방시설의 성능위주설계 실태를 분석하였는데 그 의의를 가진다. 하지만 현재 발생한 문제점에 대한 개선방안을 제시하지 못한다는 한계점을 가지며 향후 전문가 설문, 국외 사례분석, 해당설비의 요구성능에 대한 수리적 검증 등 추가적인 연구와 건축허가동의단계에서 수정된 설계도서를 통해 추적조사하는 등의 후속연구가 뒤따라야 한다.

후 기

이 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. NRF2018R1A2B3005951)을 받아 수행된 연구임. 또한 본 연구는 11th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology 국제학술발표대회에서 발표한 원고(포스터)⁽²³⁾를 보완, 발전시켜 작성되었음.

References

1. M. J. Seo, Y. J. Lee, S. H. An, C. H. Hwang and J. H. Choi, “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”, Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 4, pp. 80-85 (2017).
2. Seoul Metropolitan Government, “Seoul Performance-Based Design Guideline” (2018).
3. Busan Metropolitan Government “Busan Performance-Based

- Design Guideline” (2018).
4. H. M. Jeong, W. H. Hong, J. Y. Son and G. Y. Jeon, “A Study on Establishment of Performance-Based Design Direction through Analysis of Expert Survey”, Journal of Architectural Institute of Korea Planning % Design, Vol. 34, No. 2, pp. 23-31 (2018).
 5. S. -H. An, S. -Y. Mun, I. -H. Ryu, J. -H. Choi and C. -H. Hwang, “Analysis on the Implementation Status of Domestic PBD (Performance Based Design) - Focusing on the Fire Scenario and Simulation”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 32, No. 5, pp. 32-40 (2017).
 6. T. Y. Koo, B. H. Lee and Y. J. Kwon, “The Investigation of Each Country Criteria for Improvement of PBD in Korea”, Proceedings of 2017 Spring Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 49-50 (2017).
 7. H. Y. Jang and D. G. Nam, “Measurements of the Heat Release Rate and Fire Growth Rate of Combustibles for the Performance-Based Design - Focusing on the Plastic Fire of Commercial Building”, Fire Science and Engineering, Vol. 32, No. 6, pp. 55-62 (2018).
 8. H. M. Koo, R. S. Oh, S. H. An, C. H. Hwang and J. H. Choi, “A Study on Comparison of Life Safety Assessment Results according to Three Coupling Methods of Fire and Evacuation Simulation”, Fire Science and Engineering, Vol. 33, No. 1, pp. 121-129 (2019).
 9. Z. Wang, F. Jia, E. R. Galea and J. H. Choi, “A Forensic Analysis of a Fatal Fire in an Indoor Shooting Range using Coupled Fire and Evacuation Modelling Tools”, Fire Safety Journal, Vol. 91, pp. 892-900 (2017).
 10. S. H. An, “Study on the Improvement of Performance-Based Design (PBD) through the Analysis of the whole PBDs”, Ph. D. Dissertaion, the Graduate School of Daejeon University (2018).
 11. S. H. An, S. Y. Mun, I. H. Ryu, J. H. Choi and C. H. Hwang, “Analysis on the Implementation Status of Domestic PBD (Performance Based Design) - Focusing on the Fire Scenario and Simulation”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 32, No. 5, pp. 32-40 (2017).
 12. S. Bae, J. H. Choi, C. Kim, W. H. Hong and H. S. Ryou, “Development of New Evacuation Model (BR-radiation Model) through the Experiment”, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 30, No. 7, pp. 3379-3391 (2016).
 13. C. Kim, M. Hur, Y. Oh, J. H. Choi and J. J. Jeong, “The Effect of the Running-Man Emergency Exit Sign and its Installed Location on Human Directional Choice”, Applied Cognitive Psychology, Vo. 30, No. 6, pp. 1014-1019 (2016).
 14. S. Baek, J. H. Choi, W. H. Hong and J. J. Jeong, “A Study on Required Safe Egress Time (RSET) Comparison and Error Calculation in Relation to Fire Room Range Set Conditions of Performance Based Fire Safety Designers”, Fire Sci. Eng., Vol. 30, No. 3, pp. pp.73-78 (2016).
 15. S. H. Lee, G. Y. Jeon, J. H. Choi, W. J. Na and W. H. Hong, “Study on Effect Size of Walking Speed According to Corridor Shape”, Indian Journal of Science & Technology, Vol. 9, No. 24, pp. 2-7 (2016).
 16. J. H. Choi, S. H. Lee and W. H. Hong, “A Study on Reliability Assessment of Evacuation Simulation Models with respect to Full-scale Experiment vs. Egress Simulation Results from the High-rise Building Data-set, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 31, No. 2, pp. 269-276 (2015).
 17. J. H. Choi, E. R. Galea and W. H. Hong, “Individual Stair Ascent and Descent Walk Speeds Measured in a Korean High-rise Building”, Fire Technology, Vol. 50, No. 2, pp. 267-295 (2014).
 18. J. H. Choi and W. H. Hong, “Two-way Evacuation Modelling and Human Behaviour Analysis from a Full-scale High-rise Apartment Data-set”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 29, No. 9, pp. 233-240 (2013).
 19. J. H. Choi and W. H. Hong, “A Suggestion on a New Correction Coefficient for SIMULEX Egress Model to Predict Agent’s Stair Slope Travel Time in a High-rise Building”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 29, No. 3, pp. 285-292 (2013).
 20. J. H. Choi and W. H. Hong, “A Development of Occupant’s Vertical Travel Time Prediction Model from High-rise Building’s Experimental Data”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 28, No. 11, pp. 375-382 (2012).
 21. Y. S. Choi, Y. R. Gong and H. S. Kong, “Evaluation of Early Suppression-Fast Response (ESFR) Sprinklers in Facilities and Residences for Elderly People”, Fire Science and Engineering, Vol. 29, No. 4, pp. 15-20 (2015).
 22. H. Y. Jang and C. H. Hwang, “Revision of the Input Parameters for the Prediction Models of Smoke Detectors Based on the FDS”, Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 2, pp. 44-51 (2107).
 23. E. G. Jeon, Y. H. Bae, J. H. Choi and W. H. Hong, “A Study on the Problems of Performance-based Design in Design Specifications Focusing on Fire-fighting Systems”, 11th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, Fire Safety Design Poster, p. 42 (2018).