

성능에 기반을 둔 목조건축물 화재안전기준 개선방안

오택흠* · 박찬석**

*서울소방재난본부 중랑소방서 · **우송정보대학교 소방안전관리과

Improvement of Performance based wooden building National Fire Safety Codes

Taek-Hum Oh* · Chan-Seok Park**

*Seoul Jungnang Fire Station · **Dept. of Fire Safety Management, WOOSONG College

Abstract

Because National Fire Safety Codes is mixed performance criteria and specification, and it defines the fire extinguish equipment type and standards that need to be installed in a building as one method. Therefore, to fully reflect the fire risk characteristics of the building, such as the wooden building there is a limit.

In this study, suggested to the performance criteria drawn methodologies through fire load of wooden buildings studies, theory on performance and performance analysis to fire extinguish equipment of the wooden buildings is installed according to current fire safety codes.

Keywords : National Fire Safety Codes, Derivation of performance criteria, Wooden buildings

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2008년 2월 “승례문 화재”를 계기로 문화재시설의 화재예방과 방화관리를 위하여 소화기에 한정되어 있던 중요 목조문화재에 물문무등소화설비, 옥외소화전설비, 자동화재속보설비 등 소방시설을 설치하도록 소방관계법령을 개정하였으나, 현행 화재안전기준은 내화구조의 건축물에 설계하는 것을 원칙으로 하는 기준으로서 목조건축물의 화재하중 등 화재위험특성을 반영하지 못하고 있다[1].

특히, 유적이라는 측면에서 중요 목조문화재의 역사적 의의는 매우 중요하기 때문에 화재안전성능을 고려

한 설계가 이루어져야 하는 것은 당연하다. 이에 목조문화재 소방시설 적용 시 성능적 관점에서의 검토가 절실함에도 일반적으로 내화구조의 신축 건축물 등에 초점을 맞추고 있는 현행 화재안전기준에 따라 목조건축물에 그대로 적용되고 있다. 이것은 화재안전기준이 사양중심의 법규라고 하는 틀 속에서 소방대상물별 설치할 소방시설의 종류 및 규격을 한가지방법으로만 규정하고 있기 때문이다.

결국, 현행 국가 주도형 사양중심의 정형화되고 획일적인 국가화재안전기준에 대하여 전문적이고 공정한 판단주체에 의하여 지속적으로 관리 및 개발되지 않는 한 목조 건축물과 같은 소방대상물의 화재특성을 충분히 반영하는 데에는 한계가 있을 수밖에 없다.

따라서 본 연구에서는 목조건축물의 화재하중 등 연

†Corresponding Author : Chan-Seok Park, Dept. of Fire Safety Management, WooSong College, E-mail: ppcwh@wsi.ac.kr

구자료, 성능검토 이론의 고찰 및 현행 화재안전기준에 맞게 설치된 목조건축물의 소방시설에 대한 성능적 검토를 통하여 성능기준의 도출 방법론을 제시하고자 하였다.

1.2 기존 연구의 동향

본 연구의 내용은 현행 화재안전기준에 맞게 설치된 목조건축물의 소방시설에 대한 성능적 검토를 통하여 성능기준의 도출 방법론을 제시하는 것이 연구의 중심이 된다. 이러한 이유로 목조건축물의 화재안전기준의 성능적 검토를 통한 기존의 연구사례는 많지 않다. 다만, 중요 목조문화재의 특성을 고려한 소방시설이 설치될 수 있는 기초자료의 제시, 목조건축물의 구성 요소별 화재하중 분석을 통한 화재위험성의 평가 및 스프링클러설비와 미분무소화설비의 소화성능 실험 등의 연구는 이루어져 왔다. 따라서 기존 연구사례의 조사 분석 및 목조건축물 소방시설의 적용사례 분석을 통해서 기존 연구와의 차별화된 연구방향을 설정하였다.

김경식(2012)은 화재로부터 목조문화재를 보호하기 위한 소화설비의 구축을 위하여 스프링클러설비와 미분무소화설비의 소화성능 실험을 실시하였다. 김수영(2010)은 강원도 영동지역의 사찰을 대상으로 구성 요소별 화재하중 분석을 통한 화재위험성을 평가하였다. 김태구(2014)는 목조문화재를 대상으로 연구한 자료를 토대로 중요 목조문화재의 특성을 고려한 소방시설이 설치될 수 있는 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 현행 소방시설 설치기준 현황 및 실태

2.1.1 소방시설 설치현황

승례문 화재를 계기로 소방방재청(현.국민안전처) 과 문화재청은 목조 문화재의 현실을 감안하여 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」을 개정하여 목조 문화재 소방시설 설치규정을 대폭 강화하였으며, 2급 소방안전관리자의 선임조항을 신설하여 소방 안전관리를 강화하였다. 또한 「문화재보호법」에서도 지정문화재의 화재예방시책과 관련하여 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률」에 따른 소방시설 설치 및 예산지원에 대하여 규정하고 있고, 승례문 화재 이후 문화재 방재관련 법규 정비를 추진하여 소방 시설 설치기준에 대하여 강화하고 있다.

<Table 1> Subjects of fire extinguish equipment apply

	type	Target
Fire fighting equipment	fire extinguisher	· national wooden buildings and Gas facility
	yard hydrant	· national wooden buildings
	Water spray	· That national safety destination Secretary determined in consultation with the Cultural Heritage Administration length
Warning equipment	Automatic fire and alarm equipment	· national wooden buildings
Water for fire-fighting equipment	Water supply purification water equipment	· If you installed to conform to the standards prescribed in the fire safety standards of the outdoor fire hydrant equipment

문화재청에서 2014년 9월까지 지정한 중요 목조문화재는 168개로서 국가가 직접 관리하는 문화재는 승례문을 포함하여 32개소이며 나머지 136개소는 지방자치단체에서 관리하고 있다. 이 중에서 국보로 지정된 중요 목조문화재 건축물은 24개동, 보물 148개동으로 총 172개동이 있다.

<Table 2> Status of national wooden buildings

Section	Sum	Temple	court	castle	Government office	Old house	Hyanggyo	Drawing room	pavilion	Etc
Sum	172	87	24	7	4	13	7	7	13	10
National treasure	24	15	4	1	3	-	-	-	-	1
treasure	148	72	20	6	1	13	7	7	13	9

정부에서는 2008년 국보 승례문이 화재로 소실된 것을 계기로 우리의 문화유산을 더 이상 화재로부터 잃어버리지 않기 위하여 궁, 능, 유적관리소 등 총 21개소에 방재시설을 구축하는 방재설계를 완료하였고, 서울 4대궁 내에 방재시설을 설치하여 더 이상 방화 등으로 우리의 소중한 문화유산이 소실되는 불상사를 방지하고자 노력하고 있다. 2014년 9월까지 문화재청에서 지정한 중요문화재 168개소에 대하여 다음과 같이 소방시설을 설치하였다.[2]

<Table 3> Status of fire extinguish equipment

Section	fire extinguisher	hydrant	Warning equipment	CCTV
Sum(168)	5,460	826	150	2,147
local governments(136)	3,983	642	118	1,614
State governments(32)	1,491	189	32	533

2.1.2 소방시설 적용원칙

문화재청은 여러 문화재 화재사건을 계기로 현재 문화재에 설치하는 소방 및 방재시설로는 발화지연을 위한 방염제의 도포, 화재발생 방지를 위한 전기시설의 정비 및 누전차단기 설치, 화재의 조기발견과 신속한 대응을 위한 자동화재속보설비, 자동화재탐지설비 및 CCTV의 설치, 화재발생 시 신속진압을 위한 소화기, 옥외소화전설비 및 방수총 그리고 일부에는 스프링클러설비, 수막설비를 설치하여 화재에 대응하고 있다.

중요 목조문화재에 대하여 소방시설을 설치하는 경우 원칙을 준수하여야 한다. 첫 번째, 문화재의 원형보존을 최우선으로 한다. 두 번째, 모든 시설의 배치는 문화재의 보존환경이나 관람환경에 지장이 없도록 설치하여야 하며, 문화재 경내 혹은 주변에 매장된 유구와 기존 시설물에 훼손 및 피해를 주지 않아야 한다. 특히, 사적지 내 매장문화재가 있을 것으로 예상되는 곳에서 터파기 등의 굴착작업을 할 경우에는 관계전문가 입회하에 실시하여야 한다. 세 번째, 경보설비는 개별 문화재의 특성에 맞는 설비로 하되, 문화재 훼손 등을 고려하여 개소, 수량, 성능 등을 검토하여 설치하여야 한다. 네 번째로 기존 목조건물 내부에 물분무등 소화설비의 설치하는 가급적 문화재의 원형보존을 고려하여 관계전문가의 자문을 받아 설치여부를 판단한다. 단 목조건물 해체 보수 시에는 노출이 최소화하는 범위 내에서 설치할 수 있다. 마지막으로 설계승인 요청 시에는 반드시 방재관련 전문가(1인 이상)의 자문 의견서를 첨부토록 하여야 하며, 소화설비의 설계도서에는 첫 번째, 설계기준서이다. 설계기준서는 설계적용법규 및 기준, 최대 소화유량, 수원의 용량, 소화펌프의 사양(펌프의 형식, 정격유량, 정격양정, 동력), 소방장비의 사양, 사용배관의 규격 및 사양(재질, 두께), 배관의 마찰손실 조도(roughness) C 값 등이 포함되어야 한다. 두 번째, 수리계산서이다. 수계 소화설비는 하이젠-윌리엄스(Hazen & William)의 공식을 이용한 수리계산 컴퓨터 프로그램을 사용하여 배관 각 구간의 구경 및 압력손실, 소화펌프의 소요 양정 및 각 소화장비의 유효 방수압력을 계산하여야 한다. 마지막으로 소방시설 설치에 대한 시방서, 계통도, 평면도, 상세도, 장비 운

전 및 보수 지침서를 포함하여야 한다.

2.2 성능검토 이론 및 방법

2.2.1 성능검토 이론

성능 중심적 접근(Performance Approach)에 대하여 Gibson은 「방법이 아닌 결과를 중심으로 한 사고 및 수행으로 건물 또는 건물 부위에 요구되는 성능을 고려하는 것이지 건물이 어떻게 건설되는지에 대해 정의하는 것이 아니다.」라고 정의하였다.[3] 이는 기존 재료의 형태와 품질을 설명하고 시공방법을 중심으로 시방서를 작성하는 사양적 접근 방식과는 반대되는 개념이다. 즉, 성능 중심적 접근이란 요구되는 성능 값이 사전에 결정되어 있지만 그것을 구현하는 재료·공법의 시방은 실험이나 계산을 근거로 자유롭게 선정하는 것을 말한다.

2005년 소방분야에서도 성능위주의 설계개념이 도입 운영되고 있으며 성능위주설계란(Performance-based design)란 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 및 그 하위법령과 화재안전기준 등에 따라 제도화된 설계를 대체하여 설계하되, 성능위주설계 대상이 되는 건축물에 대하여는 화재안전기준 등 법규에 따라 설계된 화재안전성능보다 동등 이상의 화재안전성능을 확보하도록 설계하여야 한다.」[4]라고 정의하고 있다. 이처럼 성능위주설계가 사양위주설계를 대체하고 보완하기 위한 목적으로 도입된 것으로써 법규에 따라 설계된 화재안전성능보다 높은 성능을 발휘하기 위해서는 설계자에게 전문성에 기초하여 많은 부분 재량을 인정하는 제도 도입에는 틀림이 없으나 이러한 성능위주설계 제도를 운영하기 위하여 최소한 보완되어야 하는 부분이 있다. 즉, 국가화재안전기준(NFSC) 요소의 성능확보이다.

국가화재안전기준 요소의 성능은 소방시설이 화재안전기준에 맞게 설치되었음에도 불구하고 화재발생 시 화재위험의 경감에 아무런 영향을 미치지 못하였다면 그 성능을 효과적으로 발휘하지 못한 것으로 평가된다. 따라서 화재안전기준 요소의 성능개선을 위한 방향으로의 변경이 요구된다. 예를 들어, 방화벽과 같은 수동식의 방화설비(Passive Protection System)의 성능은 관련 기준에 맞게 설치되어 있는 것만으로도 화재 시 100% 시스템이 정상적으로 작동하는 것으로 평가될 수 있으나 스프링클러설비와 같은 능동의 방화설비(Active Protection System)의 성능은 기존의 비슷한 장소의 사고사례자료(Historical Data)를 이용하여 구하는 방법, 모델링(Modeling)같은 공학적 분석 혹은 실험을 통한 엔지니어링 판단(Engineering

Judgments)에 의해 평가되어야 하며, 일반적으로 시스템의 성능을 구하는 방법은 다음과 같이 세 빈도수의 곱으로 평가될 수 있다.

$$P_S = P_{RE} \times P_{OLA} \times P_{OPR}$$

여기서

P_S : 시스템의 성능, P_{RE} : 대응 효율성

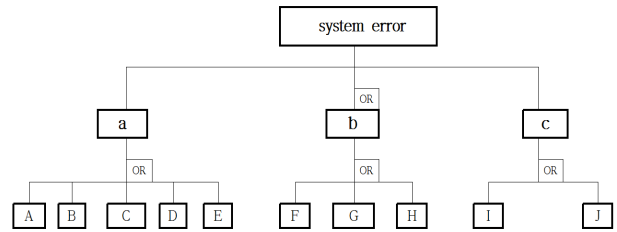
P_{OLA} : 시스템의 유효성, P_{OPR} : 시스템 운영의 신뢰성

몬테카를로 방법을 이용한 불확실성 분석을 수행할 시에는 특정한 결과 변수들의 다양성과 분포함수들을 평가하는 것이 바람직하다. 각 입력 값에 대한 불확실성은 수학적으로는 또는 개별적 분포에 의한 확률적 방법으로 표현된다. 다만, 본 연구에서는 시스템의 성능을 결정하는 성능기준에 대한 것이므로 불확실성의 평가는 생략하였으며 시스템의 성능을 구하는 방법론에 대해서 다루었다.

소방시설이 성능을 발휘하지 못하는 일반적인 조건으로는 첫 번째로, 대응효율성이다(Response Effectiveness, RE). 대응효율성은 화재 시 소방시설이 반응하지 않을 때를 말하는 것으로 예를 들어, 옥내소화전설비의 경우와 같이 수동식의 시스템인 경우 소화설비를 작동시키는 시간이 늦었을 때, 화재안전기준 요소의 성능결여로 본질적인 적용이 부적절했을 때, 소방시설이 부적절하게 설계되었을 때 및 소방시설의 용량이나 지속시간 등이 불충분할 때 등이 있다.

두 번째로, 시스템의 유효성이다(On-Line availability, OLA). 시스템의 유효성이란 소방시설이 작동하지 못하는 상황으로 예를 들어, 조사나 검사, 관리, 시험 등의 이유로 소방시설을 잠시 다운시켰을 때, 소방시설의 계획되지 않는 수리나 오작동 등이 발생하였을 때 및 추운 날씨에 의한 배관 동파 등 불가피한 외부환경에 의해 소방시설이 작동되지 않을 때 등이 있다.

세 번째로, 시스템 운영의 신뢰성이다(Operational Reliability, OPR). 이것은 소방시설 자체에 오류가 있는 것을 의미하며 예를 들어, 소방시설을 작동시키는 서브시스템이 고장이 나거나 기계적 결함이나 지진 등의 이유로 작동상의 문제가 발생하였을 경우이다.



[Figure 1] method of fire extinguish equipment performance analysis

즉, 시스템의 대응효율성, 효율성 및 신뢰성의 곱으로 소방시설의 성능 값을 구할 수 있으며, 여기서 “OR”의 계산법은 각기 하위 항목들의 값(Probability)의 합을 나타낸다. 예를 들어 “b(ORA)”의 경우에 있어서 F가 일어날 확률이 0.01, G가 0.02, H가 0.03일 경우, b(ORA)가 발생할 확률은 $0.01+0.02+0.03 = 0.06$ 이 된다. 만일, 실패할 확률이 아니라 발생하지 않을 확률이 각각, 0.99, 0.98, 0.97이라고 했을 때, 모두 발생하지 않아야 하므로 “OR”이 아닌 “AND”를 사용하여 $0.99 \times 0.98 \times 0.97 = 0.94$ 가 된다. 이와 같은 방법을 사용하여 시스템의 오작동 할 확률을 구할 수 있는 것이다. 그럼에도 “b(OLA)”와 “c(OPR)”의 오작동 확률이 0(Zero)라고 한다면 소방시설의 성능은 오로지 “a(RE)”에 의존됨을 알 수 있다. 이 경우에 있어서 국가화재안전기준 요소의 성능분석이 가능하다.

2.2.2 성능검토 방법

소화설비는 크게 옥외소화전 등 수동식의 소화설비와 스프링클러설비와 같은 자동식의 소화설비로 구분된다. 옥외소화전, 방수총 수동식의 소화설비는 화재발생 시 관계자 판단에 의해 조작되고 화재발생 장소에 주수하는 설비로 감지성능 및 작동면적·살수밀도 등이 조작자에 의해 결정되는 수동식의 시스템으로 조작자의 능력에 따라서 성능이 결정되며 스프링클러설비 등 자동식소화설비의 성능을 확보하기 위해서는 방호공간에서 예상되는 화재의 특성을 알고 있어야 하며, 화재특성에 따른 살수밀도와 설계면적이 결정된다. NFPA 13에서는 스프링클러설비의 설계를 위한 화재의 위험용도를 다섯 단계로 구분하여 설명하고 있으며 이러한 구분의 기준은 화재 시 예상되는 화재의 성장속도와 크기에 따른 것이며 화재가 일어날 확률이 높고 낮음이 기준이 되는 것은 아니다.

따라서 수동식의 소화설비는 잘 훈련된 조작자로서, 스프링클러설비는 자동식의 소화설비로서 시스템의 유효성(OLA)과 시스템 운영의 신뢰성(OPR)의 값은 0(Zero)로 보고 소방시설의 성능은 오로지 대응효율성

(RE)에 의존하는 것으로 보아 조사된 목조문화재 건축물의 화재하중 및 NFPA 13의 기준에서의 위험용도에 따른 수원의 양과 비교하여 화재안전기준 요소의 성능을 분석하였다.

2.3 소방시설 성능적 검토

2.3.1 소화기구

소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제9조 제1항 및 같은 법 시행령 제15조에 따라 소방시설의 종류 적용 기준 란 제1호 가의 규정에 따라 문화재시설에는 다음과 같이 소화기를 설치하도록 규정하고 있으며, 문화재청 지침인 시행기준[5]에는 목조 건축물의 용도에 대한 소화기의 적응성을 규정하고 있다.

<Table 4> Fire Safety Codes of fire extinguisher

National Fire Safety Codes	Performance criteria	· Installed in every 50 square meters floor area
	Details criteria	· Installed in each floor - small: Walking Distance 20m - large : Walking Distance 30m · Installed in more than 33㎡ Room
Cultural Heritage Administration	Performance criteria	· Powder and Clean extinguishing agent fire extinguishers
	Details criteria	· National Fire Safety Codes

소화기의 성능검토는 A급 화재의 소화능력시험은 건조한 소나무나 오리나무(3cm×3.5cm×76cm의 크기)를 가로 73cm ×세로 73cm 144개를 규격대로 쌓아놓고 연소대에는 3l의 휘발유를 붓고 실시하는데, 해당 소화기의 능력단위에 따라 모형의 배열은 3m 이상의 거리를 두고 실시한다. 소화시험 요령은 최초 모형에서부터 불을 차례로 붙이고 최초 모형에 불을 붙인 3분 후에 불을 붙인 순서대로 소화를 시작한다. 소화약제 방사 후 2분 이내에 다시 불붙지 않을 때 완전 소화로 하며 제1모형 완전소화의 경우 소화기의 능력단위 2단위가 된다.[7] 이와 같이 A급 화재의 소화능력 시험 재료가 건조한 소나무 또는 오리나무((3cm×3.5cm×76cm의 크기)를 가로 73cm ×세로 73cm 144개의 화재하중은 약 30kg/m²에 해당되며 조사된 문화재의 바닥면적 및 화재하중에 따른 소화기의 능력단위를 비교하면 다음과 같다.

<Table 5> Ability unit of floor space Vs fire load

Section	Floor area (m ²)	Capacity unit	Fire load (kg/m ²)	Capacity unit
The Yeung-Eun Temple's Dae-Ung-Bo-Jeon	80.22	2	571.63	12
The Yeung-Eun Temple's Palsangjeon	36.39	1	317.71	7
The Yeung-Eun Temple's chilsunggak	21.70	1	234.31	5

성능검토 결과, 문화재 시설의 경우 대부분이 1층이고, 바닥 면적이 적은 것을 감안하면 현행 화재안전기준에 따른 경우 소화기 1대이면 충분하다. 그러나 이를 화재하중 개념으로 능력단위를 산정하면 위의 표에서 화재하중에 따라 5단위 이상 비치해야 한다. 이는 화재하중 및 화재가속도의 개념은 건물 내의 가연물량이 많고 적음에 따라 화재의 크기를 산정하는데 반하여, 목조 건물의 경우 건물 내부뿐만 아니라 주 구조체도 가연물에 해당되므로 구조체를 포함한 화재하중으로 내화구조 건물에 비교하였을 때 화재하중이 큰 것은 당연한 것이다.

2.3.2 옥외소화전설비

소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제9조 제1항 및 같은법 시행령 제15조에 따라 소방시설의 종류 적용 기준 란 제1호 바의 규정에 따라 보물 또는 국보로 지정된 목조건축물에는 옥외소화전설비를 설치하여야 한다. 옥외소화전설비는 화재발생 시 관계자 또는 소방대의 판단에 의해 봉상, 적상 또는 무상으로 방수할 것인지 결정되고 화재발생 장소에 주수하는 설비로 감지성능 및 작동면적·살수밀도 등이 조작자에 의해 결정되므로 옥외소화전설비의 화재안전기준에서 성능기준은 수원의 양이 된다.

<Table 6> Fire Safety Codes of yard hydrant

National Fire Safety Codes	Performance criteria	<ul style="list-style-type: none"> • water : More than 7m³ • pressure : 0.25 MPa or more ~ 0.7 MPa below • Discharge rate : More than 350 l/min
	Details criteria	<ul style="list-style-type: none"> • Defined room pressure and pressurized water supply equipment to be able to derive the number of rooms, piping, digestion battleship, power supply, control panel, it has been described in detail for the installation criteria, such as wiring.
Cultural Heritage Administration	Performance criteria	<ul style="list-style-type: none"> • The amount of Suwon waterproof total, outdoor fire hydrant, is defined as during the installation of the hose reel hydrant, it can be used a number of all of the criteria at the same time.
	Details criteria	<ul style="list-style-type: none"> • It is applied mutatis mutandis the national fire safety codes

이와 같이 옥외소화전설비의 화재안전기준이 일반 건축물 화재위험특성에 대하여 최소한의 화재안전성을 요구하고 있는 기준이라면, 시행기준은 국가화재안전기준을 바탕으로 목조문화재의 현실을 고려하여 추가된 기술기준을 규정하고 있다. 예를 들어, 도심에 있는 문화재의 경우(서울 숭례문, 서울 흥인지문, 상주 양진당 등) 소화전 방식을 상수도에 직결하여 설치하는 경우도 있다. 이에 따라 수원의 양 확보 측면에서도 법정 유효수량인 지속시간 20분 용량보다 더욱 여유가 있다. 또한, 중요목조문화재, 민속 문화재 및 사적은 수도관경과 수도관 내 압력을 확인하여 상수도소화전을 우선 설치하도록 규정하고 있으며 부득이한 경우에 한하여 옥외소화전 설치규정을 두고 있다. 옥외소화전과 호스릴소화전을 겸용으로 설치할 수 있도록 하고 있으며, 호스릴소화전의 설치기준은 「옥내소화전설비의 화재안전기준」에서 정하고 있는 기준의 내용과 다르지 않다.

성능검토 결과, 옥외소화전설비의 각 소화전의 노즐 선단에서의 방수압력은 0.25 MPa 이상 ~ 0.7 MPa 이하, 방수량은 350 l/min 이상이 되는 성능의 것으로 하며 지속시간은 20분 이상으로 하고 있다. 이것은 화재하중 등 위험용도를 반영한 개념이 아니라 건물의 관계자가 화재 초기 20분 내에 화재진압을 하지 못하면 그 안에 소방대가 출동하여 본격적인 화재진압을 하는 개념이다. 미국의 경우 옥외소화전설비의 기준개수는 규정하고 있지 않으나 지속시간을 위험등급에 따라 30분에서 120분까지 다르게 적용함으로써 위험등급에 따라 소화설비의 가동시간이나 소화활동시간이 다를 수 있음을 반영하고 있다.

<Table 7> Water resources secure criteria of yard hydrant

Section	yard hydrant	duration	Water resources
Light Hazard Occupancy	100gpm	30min	11m ³
Ordinary Hazard Occupancy	250gpm	60-90min	23m ³ ~ 34m ³
Extra Hazard Occupancy	500gpm	90-120min	34m ³ ~ 45m ³

국가화재안전기준을 적용할 경우 최대 수원의 양은 14m³, 문화재청 지침을 적용할 경우에는 21m³이상이면 만족하지만, 문화재 시설의 화재하중 등 검토결과 상급 위험용도에 해당하므로 미국의 기준인 유효수량 45m³에 비하여 많이 부족하다. 이와 같은 문제점 개선을 위해서는 첫 번째, 문화재 내에 상수도가 인입을 반드시 고려하여 이의 활용을 적극 검토해야 한다. 다만 대부분의 상수도관의 직경이 50 mm 이하이기 때문에 100 mm 이상의 상수도를 인입할 수 있는지 검토한 후 불가능하다면 수조설치와 펌프를 이용한 설비를 계획하여야 한다. 또한 방수총 설비를 적용하는 경우에는 필요압력이 평균 0.7 Mpa 이상이므로 상수도압력이 필요압력에 미치지 못함에 따라 별도의 수조 및 가압송수장치를 설치하여야 한다. 두 번째, 옥외소화전설비는 문화재 주변 산불화재 시에도 사용가능하므로 배치 시 문화재뿐만 아니라 주변 산림을 고려하여 산불발생 시에도 사용이 가능하도록 하고, 화재 시 소방차 도착시간이 산림지역의 경우는 많이 지연될 수 있으므로 최소 120분 이상의 수원을 고려하는 것이 적합하며 옥외소화전설비의 수원 산정 시 기준개수를 2개가 아닌 실제 방호대상의 필요개수 및 문화재의 화재하중 등 화재위험성을 검토하여 산정하여야 한다. 세 번째, 문화재 내부화재 발생 시 개관 사이로 화염이 침투하게 되면 숭례문 화재와 같이 건물이 전소될 위험이 있으므로 신속한 진압을 위하여 호스릴 설비의 설치도 고려하여야 한다. 네 번째, 방수총 설비는 소방관계법령에서 규정하고 있지는 않지만 화재 시 그 필요성이 크므로 설치를 권장한다.

2.3.3 미분무소화설비

소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제9조 제1항 및 같은 법 시행령 제15조에 따라 소방시설의 종류 적용 기준 란 제1호 마의 규정에 따라 문화재보호법 상 지정문화재 중 국민안전처장관이 문화재청장과 협의하여 정하는 대상에는 물분무등 소화설비를 설치하여야 한다. 물분무등 소화설비의 한 종류로서 미분

무 소화설비는 가압된 물이 헤드 통과 후 미세한 입자로 분무됨으로써 소화성능을 가지는 설비로, 최소설계압력에서 헤드로부터 방출되는 물입자 중 99 %의 누적체적분포가 400 μm 이하로 분무되고 A, B, C급 화재에 적응성을 갖는 것으로서 점화원의 형태, 초기 점화되는 연료 유형, 화재 위치, 문과 창문의 초기상태(열림, 닫힘) 및 시간에 따른 변화상태, 공기조화설비, 문, 창문 등 개구부가 자동으로 열리는지의 여부 또는 내장재 유형 등을 고려하여 설계되어야 한다. 방사되는 압력에 따라 저압(최고사용압력이 1.2 MPa 이하), 중압(사용압력이 1.2 MPa을 초과하고 3.5 MPa 이하), 고압(최저사용압력이 3.5 MPa을 초과)을 구분할 수 있으며 미분무 소화설비에서의 수원의 양은 다음의 식을 이용하여 계산한 양 이상으로 하여야 한다.

$$Q = N \times D \times T \times S + V$$

여기서

Q : 수원의 양(m^3), N : 방호구역 내 헤드의 개수

D : 설계유량(m^3/min), T : 설계방수시간(min)

S : 안전율(1.2이상), V : 배관의 총 체적(m^3)

가압송수장치의 토출성능은 최저설계압력에서 설계유량(l/min) 이상의 방수성능을 가진 기준개수의 모든 헤드로부터의 방수성능을 충족시킬 수 있는 양 이상의 것으로 하여야 하며 설비에 사용되는 구성요소는 STS 304 이상의 재료를 사용하여야 한다. 배관은 스테인리스 강관(KS D 3576)이나 이와 동등 이상의 강도·내식성 및 내열성을 가진 것으로 하여야 하고, 용접할 경우 용접찌꺼기 등이 남아 있지 아니하여야 하며, 부식의 우려가 없는 용접방식으로 하여야 한다. 문화재청 지침에서는 미분무 소화설비에 대한 별도의 기준을 마련하고 있지 않으나, 국제해사기구(IMO)에서는 승선인원 35명을 초과하는 선박에 스프링클러설비의 설치를 의무화 하면서 소화성능을 높이면서 대체할 수 있고, 지구온난화 물질인 할론(Halon) 대체설비로서 관심이 증대되고 있는 소화설비이다. 승레문 화재이후 문화재 건축물에서도 화재 시 신속하게 초기대응 할 수 있는 소화설비 중 문화재 내부 훼손이 적고, 소화작업 후 소화약제로 인한 피해를 최소화하고, 일반화재는 물론 방화에 까지 적응성이 고려한 소화설비의 하나로 채택되어 현재 5대 궁(경복궁, 창덕궁, 창경궁, 덕수궁, 경희궁)에 설치되어 있다. 미분무 소화설비는 물분무소화설비보다 미립상태로 분무하는 설비로서 고압설비가 필요하나 스프링클러설비와 비교하여 전기 및 유류화재에도 적용이 가능한 장점이 있다.

2009년 2월 27일 건설기술연구원에서 문화재청 주관으로 실물화재시험[7]에 따른 성능검토 결과, 자동식 소화설비인 스프링클러설비와 미분무 소화설비를 비교 시험에서 양쪽 모두 화재진압은 이루어졌으나 미분무 소화설비는 A급 목재화재에서는 완전소화가 어려운 것으로 나타났다. 스프링클러설비의 소화력은 우수하나 배관의 하중, 미관, 소화용수량 등이 문제점으로 나타났으며 상대적으로 하중이 적고 사용수량이 적은 미분무 소화설비는 원래 소화능력은 질식소화가 주체이나 시험체에서는 냉각소화를 추체로 보고 시험한 결과이다.

<Table 8> Performance test results of automatic fire extinguish equipment

Section	Discharge time	Nozzle	discharged amount	discharged total amount	Fire fighters possibilities
Mist	3min 02sec	5 ea	11.2	168	possibilities
springklder	3min 01sec	2 ea	80	490	possibilities

김경식(2012)의 “목조문화재 소화설비 가이드 라인 구축에 관한 연구”에서도 미분무소화설비는 높이 2.5m 위치에서 화원의 규모가 0.5단위인 경우 소화효과가 있는 것으로 나타났으나, 화원의 규모가 1단위 이상이 되었을 때 소화성능이 현저히 떨어지고 화세의 제어는 어느 정도 가능하나 소화정도가 큰 것으로 분석되었다. 이와 같이 1단위 이상의 화원에서 미분무소화설비의 소화성능이 현저히 떨어졌다는 것은 소형 소화기의 성능에도 미치지 못하는 결과이다.

따라서 현행 화재안전기준에서 정하고 있는 미분무 소화설비를 중요목조문화재에 적용하기 위해서는 스프링클러설비와 동등이상의 냉각효과를 발휘할 수 있도록 첨가제 등의 개발이 시급하다. 이미 성능이 검증된 스프링클러설비의 경우 법정 소화설비가 아니다. 그것은 배관의 하중(荷重) 등에 따른 문화재의 훼손을 고려한 것인데, 화재안전기준에서 사양기준인 노출되는 배관의 설치방법이 배관용 탄소강관 또는 스테인리스 강관 등으로만 규정하고 있기 때문에 적용할 방법이 없기 때문이 가벼우면서도 성능이 우수한 소방용합성수지배관 등 기술개발이 이루어졌다 할지라도 적용할 수 없다.

2.3.4 자동화재속보설비

소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제9조 제1항 및 같은법 시행령 제15조에 따라 소방시설의 종류 적용 기준 란 제2호 마의 규정에 따라 보물 또는 국보로 지정된 목조건축물에는 자동화재속보설비를 설치하여야 한다. 자동화재속보설비는 화재신호를 통신망을 통하여 음성 등의 방법으로 소방관서에 통보하는 장치를 말하며 자동화재탐지설비 또는 감지기를 직접 연결하는 방식으로 하여 자동적으로 화재발생 상황을 소방관서에 전달되는 것으로 하여야 한다.

문화재청 지침인 시행기준에서 규정하고 있는 내용을 보면, 연기감지기를 설치하는 경우 천정 제일 높은 곳에 부착하고 배선은 문화재에 어울리게 해야 한다. 건물 높이가 바닥에서 8m 이상인 경우에는 불꽃감지기를 설치토록 하고 있으며, 내부에 설치하기 곤란한 경우에는 외부에 불꽃감지기를 설치하여야 한다.

설치하기 곤란함을 이유로 경내 전체에 대하여는 설치하고 있지 않다. 예를 들어, 해인사 팔만대장경판전의 경우 내부에 화재의 원인이 되는 전기시설의 인입을 극도로 꺼려 마곡사대웅전, 나주향교대성전, 불회사 대웅전, 청송 대적사 극락전, 청송대 전사 보광전, 창덕국 부용전 등 7개소에는 설치되어 있지 않았다. 부분적으로 설치된 자동화재탐지설비의 감지기 종류로는 연기감지기, 열감지기, 불꽃감지기 중에서 단독 또는 복합적으로 설치되어 있다. 외부에는 주로 불꽃감지기가 내부에는 연기감지기가 또는 열감지기가 설치되어 있다.

성능검토 결과, 자동화재탐지설비는 소방법상 설치대상에 포함되지 않으나 화재를 조기에 감지하기 위하여 필요한 설비로서 계획 시 검토하여야 할 사항은 다음과 같다.

첫 번째, 감지기 및 시스템의 구성이다. 대부분의 목조건축물로 이루어진 문화재의 특성을 감안하여 소방법규를 준용, 조기 화재경보, 원격감시 및 제어가 가능하도록 하여 화재 시 문화재의 피해를 최소화하도록 하여야 한다. 따라서 소방시스템은 조기 화재경보 및 원격감시제어가 가능하며 향후 추가될 수 있는 부분에 대한 수용이 용이한 R형 시스템을 검토하고 상시 모니터링에서 감시할 수 있어야 한다. 두 번째, 감지기는 공기흡입형 또는 불꽃감지기 등 특수형의 감지기의 적용을 검토하고 연소 확대가 우려되는 장소, 화재발생 우려가 큰 장소 위주로 하여 병행 설치를 적극 검토해야 한다.

<Table 9> Performance test results of fire detector

Kinds	Air Sampling Type	Flame Detector	Optical Sensor	optical smoke detector
smoldering	41sec	not	not	not
Flaming	16sec	15sec	18sec	18sec

2009년 2월 27일 건설기술연구원에서 문화재청 주관으로 실물화재시험을 실시한 결과에 따르면, 훈소화재 시에는 공기흡입형 감지기가 우수한 결과를 보였으며 유류화재 시에는 불꽃감지기가 우수한 결과를 보였다. 전기원인 등에 의한 훈소화재 시에는 공기흡입형 감지기가 적응성이 있으며, 방화를 중점으로 본다면 불꽃감지기가 다른 감지기가 적응성이 클 것으로 보인다.

2.3.5 수막설비

수막설비는 소방관계법령이나 문화재청 지침인 시행기준에도 규정하고 있지 않은 설비이나 일본의 고야산(高野山) 어영당과 부동당에 수막설비와 드렌처설비를 적용한 사례를 들어 낙산사 화재 이후 낙산사를 복원하면서 수막설비가 설치되었으며 이후 지방문화재 등에 설치되고 있다.

성능검토 결과, 일반적으로 설치된 수막노즐의 경우 방사각도는 상향으로 좌·우 $\pm 15^\circ$ 까지 조정할 수 있는 구조로 노즐 당 방수성능은 10lpm 이상, 노즐간격은 30cm 이내로 설치되어 산불 등의 피해가 우려되는 곳에 설치되고 있다. 유홍선 등(2008)이 실험한 “목조문화재 및 사찰용 수막노즐 개발 및 실증 화재 실험”에서는 복사열 및 점화원을 차단하기 위해 설치된 수막설비가 효과가 있음을 증명하였다. 화원(헵탄 1m×1m, 3.4MW 열량 발생)에서 2m 떨어진 합판(4.8m×6.5m)에 복사열로 인해 수막설비가 없을 때에는 약 147초 후에 목재에 점화되어 본격적으로 연소되기 시작하였으나 화원과 합판사이에 수막노즐(길이 3m, 간격 25cm) 12개를 설치하여 화재 점화 60초 후에 노즐을 작동시킨 결과 점화되지 않았으며 합판 표면에 설치된 열전대의 온도는 50℃ 정도에서 유지되는 것으로 나타났다.[8]

목재의 경우 산불화재 시 약 200℃ ~ 250℃에서 복사열로 인해 열분해가 지속적으로 발생하여 대형 목재 화재로 발전하므로 수막설비에 의한 수분의 지속적인 공급으로 복사열원에 노출된 목재의 탄화와 온도상승을 방지할 수 있을 것이다. 다만, 충분한 수원을 확보하여야 한다. 수막노즐 한 개당 방수량이 50 lpm,

설치개수가 100개에 1시간을 방수한다고 가정하면 300m³의 수원을 확보해야 하며 여기에 옥외소화전설비 등의 수원까지 합하면 상당한 양의 수원이 필요하게 된다.

송례문에는 자진설비로서 스프링클러설비가 반영되어 있다. 수원의 용량은 기준개수 10개가 동시에 개방되었을 경우 20분간 사용 가능하도록 설치되어 있어 최대 수원의 양은 16m³으로 목조문화재 시설의 화재하중 등 검토결과 상급위험용도에 해당하므로 미국의 화재안전기준에서 정하고 있는 수원의 지속시간 120분을 적용할 경우 72m³에 비하여 상당히 부족한 편이며, 수리계산방식에 의한 경우에는 254.7m³ 이상의 유효수량을 확보하여야 한다.

3. 결론 및 제언

이 장에서는 현행 화재안전기준에 맞게 설치된 목조 건축물의 소방시설에 대한 대응효율성 측면에서의 성능검토 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫 번째, 대응효율성 측면에서의 성능검토 결과, 소화기의 경우 화재하중을 고려하지 않고 바닥면적 50m²를 1단위로 산정함에 따라 소화기의 설치대수가 부족하였으며, 옥외소화전설비의 수원의 양에 있어서 문화재 시설의 화재하중 등 검토결과 상급위험용도에 해당하므로 미국의 기준인 유효수량 45m³에 비하여 많이 부족하다. 미분무소화설비는 A급 목재화재에서는 완전소화가 어려운 것으로 검토되었으며 자동화재탐지설비의 경우 훈소 및 방화 등에 따른 불꽃화재에 적응성이 있도록 공기흡입형 및 불꽃감지기의 병용설치를 적극 고려하여야 하는 것으로 검토되었다. 또한, 수막설비는 복사열의 차단에 효과성이 있는 것으로 검토되었으나 현행 화재안전기준에서는 규정하고 있지 않은 소화설비로 화재안전기준의 마련이 요구된다.

두 번째, 성능기준의 도출 방법론 제시와 관련된 이론으로서 대응효율성은 소방시설이 성능을 발휘하지 못하는 경우를 의미하는 것으로 화재안전기준 요소의 성능결여로 본질적인 적용이 부적절함에 따라 화재시 소방시설이 작동을 하지 못하였다면 소방시설의 대응효율성은 0(Zero)가 된다. 따라서 목조건축물 화재안전기준의 개선을 위해서는 화재하중, 위험용도, 살수밀도에 따른 소방시설 성능적 검토결과를 토대로 하여 현행 목적이나 적용범위 등의 화재안전 목표 그리고 요구기능과 요구 성능이 혼재되어 있는 구성되어 있는 국가화재안전기준의 기술방식에서 목적이나 내용이 명확한 것 및 이미 검증된 성능의 것을 성능기준으로 도

출하는 방법을 제시하고자 하며, 이에 규제방식의 전환 및 전문화된 조직의 마련이 선행되어야 한다.

현행 국가 주도형 사양중심의 정형화되고 획일적인 국가화재안전기준에 대하여 전문적이고 공정한 판단주체에 의하여 지속적으로 감시·평가되지 않는 한 목조건축물과 같은 소방대상물의 화재특성을 충분히 반영하는 데에는 한계가 있다. 이와 같은 이유로 규제방식의 전환이 필요하다. 이는 국가화재안전기준의 존재 형식을 근본적으로 탈피하여야 함을 의미한다. 즉, 성능기준과 사양기준이 혼재한 현행 국가화재안전기준을 내용이나 목적이 명확하거나 검증된 성능의 기준은 성능기준으로 도출하고 성능만족을 위한 구체적인 설치방법·수단 등을 정하는 기준 또는 기술이나 환경의 변화에 따라 바뀔 수 있는 것은 사양기준으로 하는 것이다. 규제 형식에 있어서 성능기준은 현행대로 고시의 형식을 유지하고, 사양기준은 타당성과 효과성을 증명할 수 있는 전문화된 조직으로부터의 개발할 수 있도록 하며, 최종 국민안전처장관의 승인을 거쳐 발간하는 시스템으로 사실상의 구속력을 실현하는 방안이다.

또한, 화재공학을 포함한 다양한 분야의 전문가들로 구성되고 다양한 기관들이 참여할 수 있는 전문화된 조직의 마련을 통해서 화재안전기준 제·개정 프로그램을 전체적으로 감독하고, 참여 위원들의 철저한 합의하에 기초하여 새로운 기준의 개발과 장기적인 방향설정 및 전략적 우선순위를 결정해야 할 것이다. 이로써 최소한의 요구기준이 아닌 최선의 화재안전기준의 마련이 가능할 것으로 판단되며 이를 위하여 화재전문가들이 선진국의 방재자료 등을 검토 및 취합하여 목적인 화재안전 성능에 대한 통합된 화재안전기준을 개발할 수 있을 것이다. 따라서 화재안전과 관련된 학계, 업계 및 유관단체의 전문가들로 구성된 화재안전기준 개발하고 관리할 수 있는 전문화된 별도의 전담기구를 운영하여야 한다. 국가화재안전기준의 제·개정을 전문화된 전담조직에서 담당하게 함으로써 화재안전기준 개발에 소요되는 시간을 줄이고 행정처리 절차 또한 간소화 할 수 있을 것으로 기대되며 특히, 성능기준으로부터 분리된 사양기준의 타당성과 효과성을 증명할 수 있는 전문화된 조직을 통하여 공학적이며 합리성에 근거한 화재안전기준의 마련으로 목조건축물 등 화재위험특성을 충분히 반영함으로써 성능에 기반을 둔 화재안전기준이 정착될 것으로 사료된다.

4. Reference

- [1] H.J. Park(2014), “The comment of H.J. Park, the member of Congress in the 2014 parliamentary audit”, Parliament proceedings of Republic of Korea. 11:2-3.
- [2] The Ministry of Cultural Heritage (2014), “Cultural Heritage Administration Statistics Book” . the report of the Ministry of Cultural Heritage. 1:23-24.
- [3] CIB(1982), “The Performance Concept and its Terminology” , CIB Report. 64:11-12.
- [4] The Ministry of Public Safety and Security, (2012), “ The criteria of PBD Methods of fire extinguish equipments” . the law of MPSS. 2:118.
- [5] The Ministry of Cultural Heritage (2014), “Guidelines of the cultural heritage disaster prevention system construction business” , The regulation of MCH, 4:12.
- [6] The Ministry of Public Safety and Security, (2010), “The technical criteria of manual fire extinguisher” . the law of MPSS. 13.
- [7] The Ministry of Cultural Heritage (2009), “A result of the real fire test for the construction of wooden cultural heritage optimum automatic fire extinguishing equipment” . the articles of the Ministry of Cultural Heritage. 1:10-15.
- [8] H.S. You, et al.(2008), “Development for the water curtain nozzle and an actual proof fire experiment on wooden building” , Fire Society convention Papers(South Korea), 4:37-43.
- [9] <http://www.nfds.go.kr>
- [10] NFPA(2013), “Standard for the Installation of Sprinkler Systems” , National Fire Protection Association, 2013 Edition:13.
- [11] NFPA(2013), “Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems” , National Fire Protection Association, 2013 Edition,:14.
- [12] NFPA(2013), “Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire National Fire Protection Association, 2013 Edition:15.
- [13] NFPA(2013), “National Fire Alarm and Signaling Code” National Fire Protection Association, 2013 Edition:72.
- [14] NFPA(2001), “Code for Fire Protection of Historic Structures, 2001 Edition:914.

저자 소개

오택흠



충북대학교 산업안전공학과를 졸업하고 동 대학원에서 석사를 마쳤으며 서울시립대학교 대학원 재난과학과 박사학위를 취득하였다. 현재는 서울소방재난본부 중량소방서에 근무 중이며, 소방기술사 및 소방시설관리를 보유하고 주요 저서로는 소방학개론이 있다.

박찬석



동국대학교 경찰행정학과 학사, 서울대학교 위기관리 석사, 서울시립대학교 재난과학 박사, 14기 소방간부후보생. 현재 우송정보대학 소방안전관리과 전임교수로 재직중이며, 관심분야는 화재 및 재난 소방법규, 화재안전기준, 화재과난시물레이션, 재난심리이다.