

# 목조문화재 건축물 구조에 따른 화재감지기 종류 선정에 관한 연구

노삼규 · 윤형욱\*<sup>†</sup>

광운대학교 건축학과, \*한국교육개발원 교육시설 · 환경연구센터

## Selection of a Fire Detector for Wood Cultural Property

Sam-Kew Roh · Hyung-Uk Yoon\*<sup>†</sup>

Dept. of Architecture, Kangwoon Univ.

\*EDUMAC, Korean Educational Development Institute

(Received July 20, 2016; Revised August 17, 2016; Accepted August 18, 2016)

### 요 약

2008년 승례문 화재사고 이후 국내 목조문화재에 설치된 화재감지기는 목조화재의 특성이나 구조에 대한 감지기 종류 선정기준을 가지고 있지 않다. 목조문화재 건축물은 일반건축물과 구조 및 화재특성이 달라 일반규정을 적용하기 어렵다. 따라서 목조문화재 건축물에 설치되어 있는 화재감지기의 문제점을 파악하기 위하여 건축물의 형태를 4가지로 분류하였고 현장조사 및 목조건축물의 구조 및 화재특성을 살펴보았다. 문제점으로는 화재감지기 설치 장소에 따른 적응성 부족 감지기 선택과 외부화재감지 누락이 나타났다. 문제점을 해결하기 위하여 폐쇄 및 개방된 공간의 실내화재감시에는 연기 감지기를 선택하고 외부화재감시를 위해서 불꽃감지기 또는 정온식 감지선형 감지기를 건물 유형에 적합한 종류를 선정 하였다.

### ABSTRACT

A fire detector installed in wood cultural properties has not have selected the detector type appropriate for the features of cultural properties and the structure of wood fire after the fire in Sungnyemun-Gate since 2008. Applying wooden cultural properties different from the general architecture of the structure and fire characteristics is difficult. Therefore, buildings were classified into four shape types and field survey and wooden architecture structure characteristics to identify the problems of the detectors installed on wooden cultural property buildings. The problems appeared to lack the adaptability to external fire detection sensor selection and missing fire detectors installed in accordance with the place. To solve the problem, the closed and open space of the rooms used a smoke detector, outdoor select flame or fixed temperature linear detector to solve the problem.

**Keywords :** Fire safety, Fire detector, Wooden cultural properties

## 1. 서 론

2008년 승례문 화재사건 등 대형화재의 증가로 문화재 안전관리에 대한 사회적 이슈화가 되고 있으며, 대체불가 능한 문화재의 특성에 따라 피해 최소화를 위한 초기대응의 중요성이 대두되고 있다. 초기대응에 있어 가장 중요한 부분은 화재의 조기 발견이다. 이를 위해 목조문화재 건축물에는 각종 화재감지기가 설치되고 있지만 목조문화재 건축물에 적합한 화재감지기의 종류를 선정하기 위한 설계 · 시공 상의 입지가 일반건축물과 다르며, 문화재라는 특수성이 있어 일반지침을 적용하기에는 어렵다. 또한 목조문화재 건축물은 일반건축물과 비교했을 경우 형태 및

규모 등 구조가 복잡하고 역사적, 예술적 문화적 가치가 높기 때문에 경관을 고려해야 한다. 따라서 본 연구에서는 목조문화재 건축물의 구조와 화재특성을 파악하여 이에 적합한 화재감지기의 종류선정방법을 제안하고자 한다.

## 2. 목조문화재의 구조적 특징 및 화재특성

목조문화재 건축물은 사용목적에 따라 궁궐 및 사찰, 민가 등의 유형으로 분류되며 그 구조는 목조가구식 구조로 이루어져 있다. 목조문화재 건축물은 가공이 유리한 목재를 사용하였으며, 벽체는 내부에 나뭇가지를 이용하여 뼈대를 구성하고 흙으로 채운 다음 종이로 마감한 심벽구조

<sup>†</sup>Corresponding Author, E-Mail: hyounguk2@nate.com  
TEL: +82-2-3460-0606, FAX: +82-2-3461-0236

ISSN: 1738-7167  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2016.30.4.088>

이다. 재료는 기와로 된 지붕과 석재로 만든 기단을 제외하고는 주로 목재를 사용하고 있다.

이처럼 목조문화재 건축물은 화재저항성이 매우 취약한 나무 등의 가연재료를 사용하고 있으며, 오랜 세월이 경과되어 목재가 건조된 상태에 있으므로 작은 화원에 의하여 착화될 가능성이 매우 크다<sup>(1)</sup>. 그리고 목조문화재 건축물에 사용되고 있는 목재의 종류는 주로 침엽수재(소나무)를 사용하고 있어 활엽수재보다 높은 발열량을 가지고 있다. 보통목재의 발열량은 5,000 kcal/kg 이하이지만, 침엽수재의 경우 송진을 지니고 있어 발열량이 8,500 kcal/kg로 보통목재보다 발열량이 높아 화재에 매우 취약하다. 또한 일반건축물 보다 개구부가 많이 설치되어있어 공기 유통이 원활하여 단기간에 최성기에 도달한다. 따라서 목조문화재 건축물의 화재특성은 고온-단기형으로 화재를 초기에 감

지하여 대응하는 것이 피해를 최소화 할 수 있다<sup>(3)</sup>.

화재를 초기 감지하기 위해서 목조건축물의 화재 진행 과정을 살펴보아야 한다. 화재 진행과정은 화재의 원인 → 무염착화 → 발염착화 → 발화 → 최성기 → 연소낙화로<sup>(2)</sup> 이루어지며, 무염착화에서 발염착화 사이에서 가연물 내의 수분증발 이후 수소, 일산화탄소 등의 연기·열가 발생되다가 탄화가 종료되면 발화가 시작되므로 화재조기 감지를 위해서는 무염착화에서 발염착화 사이에 발생하는 연기와 열을 감지할 수 있는 설비를 선정해야 할 것이다<sup>(6)</sup>.

### 3. 현황조사 및 문제점

#### 3.1 목조문화재 건축물 유형 분류

목조문화재 건축물 구조 및 화재특성에 적합한 화재감

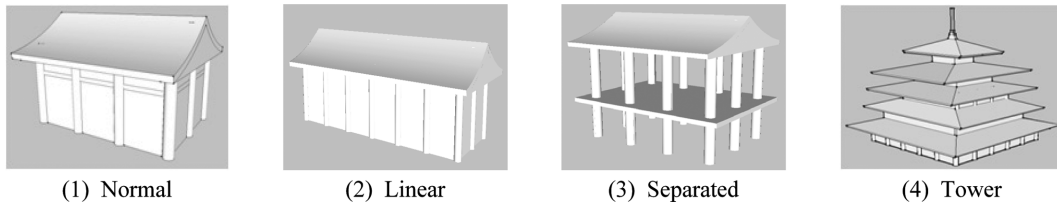


Figure 1. Wooden cultural property type classification.

Table 1. Cultural Properties Survey Detector Installation

Division	Cultural Properties	Building Form	Ceiling Height [m]	Building Space Type	Detector Installation	
					Indoor	Outdoor
Palace/ Royal Tomb	Gyeongbokgung Geunjeongjeon	Normal	About 22	Closing	- Smoke	- Flame
	Jong-Myo Jung-Jun (Royal Shrine)	Linear	About 10	Closing	- Smoke - Flame	-
Temple	Bongjeongsa Geuckrackjeon	Normal	About 4.8	Closing	- Smoke	- Flame
	Bongjeongsa Daeungjeon	Normal	About 7	Closing	- Smoke	- Flame
	Beopjusa Daeungbojeon	Normal	About 14	Closing	- Smoke	- Flame
	Beopjusa Palsangjeonin	Tower	About 15	Closing	- Smoke - Flame	-
	Seonunsa Daeungjeon	Normal	About 6	Closing	- Smoke	- Flame
	Janggoksa Daeungjeon (up)	Normal	About 7	Closing	- Smoke	-
	Janggoksa Daeungjeon (down)	Normal	About 7	Closing	- Smoke	-
Magoksa Daegangbojeon	Normal	About 8	Closing	- Smoke	-	
Tradition Korean Housing	Byeoldang Villa to Head House of Yecheon Gwon Clan	Normal Separated	About 2.4	Closing	- Smoke - Flame	-
	Chunghyodang in Hahoe Village	Normal	About 2.6	Closing	- Smoke	-
	Mucheomdang in Yangdong Village	Normal	About 2.2	Closing	- Smoke	- Flame
Nu-Jeong	Gyeongbokgung Gyeonghoeru	Separated	About 4.3	Open	- Smoke - Flame	-
	Jungeup pihyangjeong	Separated	About 4.2	Open	- Smoke	- Flame
Confucian School	Dosanseowon Jeongyodang	Normal	About 3.6	Closing	- Smoke	-

지기 선정방법을 제안하기 위하여 목조문화재의 유형을 분류하였다. 목조문화재 건축물 형태의 분류 기준은 건축물의 구조, 화재감지기의 적응성 등을 고려하여 분류하였다. 화재감지기는 감지방식에 따라서 종류가 다양하며, 설치장소도 다르다. 따라서 목조문화재 건축물을 화재감지기 설치장소의 개방공간과 폐쇄공간으로 구분하여 건축물의 형태를 분류한 결과 아래 Figure 1과 같이 일반형, 선형, 분리형, 탑형으로 구분하였다.

**3.2 목조문화재 감지기 설치 사례 조사**

현재 목조문화재 건축물에는 화재의 조기감지를 위해 화재감지기가 설치되어 있다. 본 연구에서는 목조문화재 건축물에 설치된 화재감지기의 종류 및 설치위치의 적합성을 파악하고자 현장조사를 실시하였다. 현장조사는 목조문화재 건축물의 유형에 따라 개/폐, 건축물의 형태를 분류하고 설치된 화재감지기의 종류 및 천장의 높이를 아래 Table 1과 같이 조사하였다.

목조문화재 건축물은 일반적으로 폐쇄구조의 일반형 형태로 나타났다. 개방구조의 경우 분리형 형태에서 나타나며, 일부 고가와 같이 방과 대청마루가 설치되어 있는 경우 일반형과 분리형이 함께 나타났다. 천장의 높이는 주로 4 m 이상이었으며, 주거시설인 고가에서는 3 m 이하로 나타났다. 목조문화재에 설치된 화재감지는 외부보다 실내에

비교적 잘 설치되어져 있는 것으로 나타났다. 실내의 경우 주로 연기감지기가 설치되었고, 대형 궁 또는 대형사찰의 경우 불꽃감지기와 겸용설치된 것으로 나타났다. 그러나 외부의 경우 화재감지기가 대부분 설치되지 않았으며, 일부 건축물에 외부화재감시를 위하여 불꽃감지기가 설치되어 있는 것으로 나타났다.

**3.3 목조문화재 화재감지기 설치 문제점 분석**

**3.3.1 목조문화재 구조에 따른 감지기의 적응성 부족**

화재감지기는 화재 시 나타나는 열·연기·불꽃 등의 연소생성물을 감지하는 설비이다. 그러므로 감지기를 설치할 경우 설치장소의 연소특성과 감지기 종류에 따른 화재감지특성을 동시에 고려해야 한다. 예컨대 연기감지기는 공기의 유동량이 적은 폐쇄된 공간에 적합한 화재감지설비로 Figure 2와 같이 개방된 공간구조에서는 적응성이 낮아진다. 개방된 공간구조에서는 외풍에 의해 쉽게 공기의 유동량이 많아지므로 발생한 연기의 농도가 공기 중에 희석되어지고, 따라서 연기감지기는 응답속도가 늦어지기 때문에 화재를 조기에 감지하기 어렵다.

**3.3.2 외부화재 감지누락**

목조문화재 건축물의 화재발생 현황 및 원인을 살펴보면 Table 2와 같다. 일반건축물의 주요 화재 원인은 전기화재인



Figure 2. Inadequate detection performance in junguep pihyangjeong.

Table 2. Fire Status of Wooden Cultural Properties

Occurrence Date	Cultural Properties	Damage Substance	Cause of a Fire
2005.04.26	Naksansa	16 Buildings Burned	Forest Fire
2006.04.26	Changgyeonggung Munjungjeon	Munjungjeon Door Burned	Arson
2006.05.01	Suwon Hwaseong seojangdae	Second Floor Disappear of Nu-Gak	Arson
2008.02.10	Sungnvemun Gate	Second Floor Burn Down of Nu-Gak	Arson
2009.04.05	Samgaheon House of Dalseong	Main building Disappear	Arson Electric shock
2010.05.22	Gosung-Wanggok Village	Main Building of Hamchigyun House and Attach House Damage	Accidental
2010.06.04	Andong Hahoe Village	Main Building of Beonnam gotaek Damage	Electric Overheat
2012.10.05	Gurye Hwaeomsa Gakhwangjeon	Portion of Door Burned	Arson
2012.10.31	Jeongeup naejangsa	Daeungeon Burn Down	Electric shock

반면 목조문화재 건축물은 방화에 의한 화재발생이 크다는 것을 알 수 있다. 방화에 의한 화재는 발화원이 고의적인 요소가 상당부분 작용하여 급격하게 진행되므로 건축물 외부 화재감지가 필요하나 대부분 외부화재 감지설비를 구축하지 않아 발생한 피해사례는 Table 2에서 보여주고 있다.

외부화재의 원인은 방화뿐만 아니라 산불비화로 발생하기도 한다. 2005년 발생한 낙산사 화재는 산불에 의한 화재사고의 대표적인 사례라고 볼 수 있으며, 이 화재로 문화재 6점 및 원통보전 등 경내 전각 16개동이 소실되는 큰 피해를 입었다. 산불은 2012년 197건, 2013년 296건 전국적으로 매년 발생되고 있으며, 목조문화재 건축물의 경우 산악지역에 40%로 배치되어 있어 산불확산 및 비화에 의한 화재로 문화재 소실의 위험성이 높다.

### 4. 대체방안

#### 4.1 내부화재

목조문화재 건축물의 주재료는 대부분 가연성의 재질로 구성되며, 초기 화재현상은 훈소형태로서 연소특성상 불완전연소로 인한 다량의 연기가 생성하는 화재이므로 화재 감지설비로는 연기농도 검출을 목적으로 사용하는 연기감지기를 선정하는 것이 적합하다.

일반형태의 목조문화재 건축물의 경우 천장높이가 4 m 이하부터 20 m 미만까지 설치 가능한 광전식 스포트형 연기감지기를 선정하여 설치하여야 한다. 직선형 형태의 목조문화재 건축물에는 광전식 스포트형 연기감지기 보다는 광전식 분리형 감지기 선정하여 설치하는 것이 유리하다. 화재안전기준(NFSC 203)에서는 화재감지기의 부착높이에 적합한 바닥면적당 설치개수를 규정하고 있어 선형형태의 건축물에 설치할 경우 아래 Figure 3의 (1)과 같이 다수의 스포트형 연기감지기가 설치되어 목조문화재의 경

관에 영향을 주게 된다. 그러나 광전식 분리형 감지기는 송광부와 수광부 세트는 5~100 m의 범위를 감지할 수 있어 아래 Figure 3의 (2)와 같이 1세트만 설치하여도 화재를 감지하여 문화재의 훼손을 방지할 수 있다.

건축구조가 탑형인 경우 천장 높이가 20 m 이상이며 상부로 올라갈수록 연기 농도가 공기 중에 희석되어지므로 화재를 조기에 감지하기 어려우므로 연기농도 측정이 가능한 아날로그식 연기감지기를 선정하는 것이 적합하다. 화재안전기준(NFSC 203)에서는 설치 높이가 20 m 이상일 경우 불꽃감지기도 설치 가능하도록 규정하고 있지만 탑형의 경우 내부의 구조가 복잡하여 사각이 많이 발생되어 많은 수량의 감지기를 설치해야 함으로 경관에 영향을 주므로 부적합하다고 볼 수 있다. 아날로그식 연기감지기는 일반감지기에 주소(Address)와 감지농도 등을 저장한 반도체를 삽입한 감지기로써 통신라인을 통해 일정한 전자신호를 발생하고 수신기에서 신호를 해석하여 화재를 감지하며, 감지농도는 관리자가 공간특성에 적합하게 설정할 수 있고, 일반감지기보다 미세한 연기까지 감지할 수 있으므로 천장이 높은 장소인 탑형에 적합한 감지기이다.

폐쇄된 내부공간에서는 위와 같이 연기감지기를 선정하는 것이 용이하나 개방된 공간에서는 공기의 유동으로 인해 화재가 발생하여도 Figure 4의 (1)과 같이 초기에 연기층 생성이 어려우므로 화재 조기감지가 어렵다. 그리고 개방된 공간에서는 신선한 공기의 유입이 많아 화재의 진행이 빨라 불꽃이 나타나는 화재가 일반적으로 나타나므로 Figure 4의 (2)와 같이 개방된 내부공간에서는 불꽃감지기를 선정하는 것이 적합하다.

#### 4.2 외부화재

목조건축물의 외부화재는 주로 방화나 산불 확산으로 나타나며, 건축의 구조 및 재질 측면에서 화염을 동반한

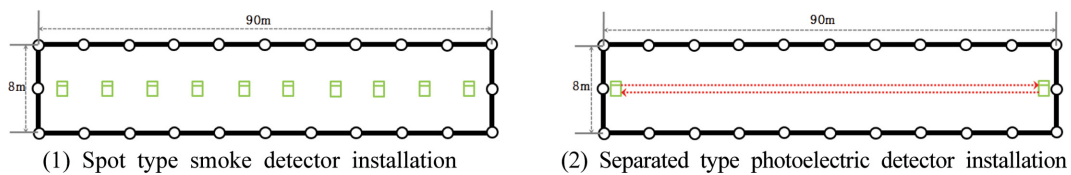


Figure 3. Installed the difference between spot type smoke and separated type photoelectric detector.

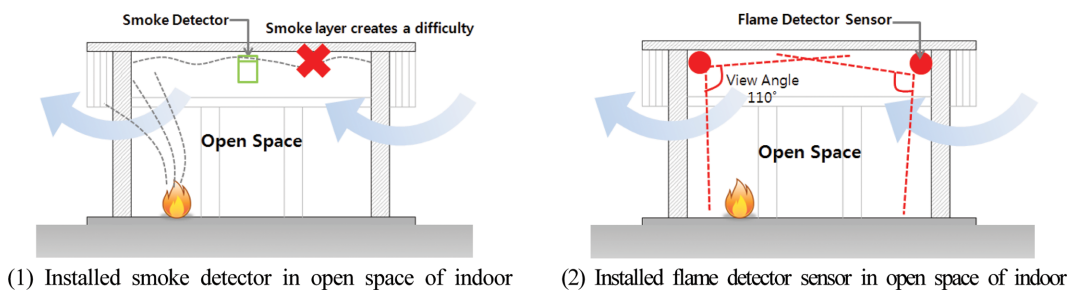


Figure 4. How to selected detector type in open space.

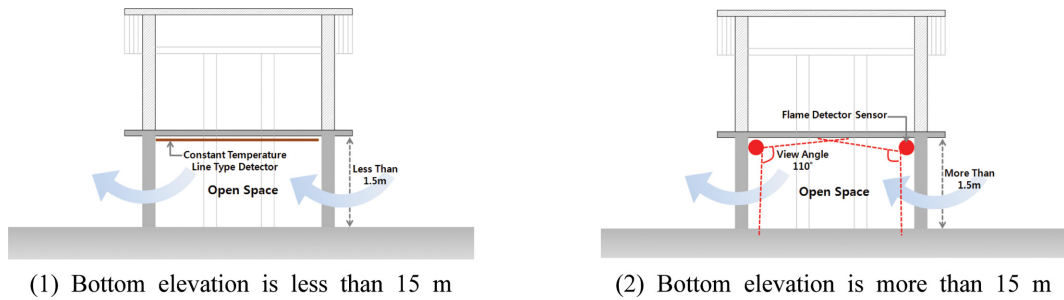


Figure 5. How to install the sensor opening form.

불꽃화재의 형태로 단기에 고온으로 성장하여 전소 등 피해형태가 크게 나타난다. 따라서 외부화재의 역학적 특성을 감지할 수 있는 화재감지기를 설치해야 한다. 외부공간에서 발생하는 화재는 외기의 영향으로 연기 및 열을 감지하기 어려우므로 불꽃화재에 대한 응답속도가 가장 빠른 불꽃감지기를 선정하여 설치하는 것이 적합하다. 불꽃감지기의 경우 화재에서 발생하는 자외선 또는 적외선 영역의 특정 파장을 검출하여 화재를 인식하므로 외부공간 화재감지에 적합한 설비이기 때문이다. 따라서 일반형, 선형, 탐형태의 건축물 외부에 불꽃감지기를 선정하여 화재를 감시해야 한다.

누정형태 또는 대청마루가 설치된 목조문화재 건축물의 경우 하단부가 지상과 분리되어 있어 방화의 위험성이 높다. 이와 같이 분리형태일 경우 그 높이가 Figure 5의 (1)과 같이 높이가 1.5 m 이하일 경우 불꽃감지기보다 정온식 감지선형 감지기 선정하여 설치할 경우 경관 훼손을 방지할 수 있을 것이다. 정온식 감지선형 감지기의 경우 주위 온도가 일정 온도 이상일 경우 강선이 단락되어 화재신호를 발하는 감지기로서 Figure 5의 (1)과 같이 낮은 위치에 설치 시 경관을 훼손하지 않고 화재를 감지할 수 있기 때문이다. 그리고 이와 같은 공간은 기둥이 많이 배치되어 있어 사각이 많이 발생되므로 불꽃감지기를 설치할 경우 설치비용 증가 및 경관에 영향을 줄 수 있다. 그러나 Figure 5의 (2)와 같이 지상으로부터 하단부의 높이가 1.5 m 이상일 경우 열전달의 시간이 지체되어 조기감지가 어려우므로 불꽃감지기를 선정하는 것이 화재감지에 유리하다.

## 5. 결 론

본 연구는 목조문화재 건축물 구조에 적합한 화재감지기의 종류를 선정방법을 제안하기 위하여 목조문화재 건축물의 화재특성을 파악하였고, 건축물의 구조 및 감지기의 적응성을 고려하여 일반형과 직선형, 분리형, 탐형의 4가지 형태로 구분하였다. 그리고 현재 설치되어 있는 화재감지기의 종류 및 설치위치의 적합성을 파악하고자 현장 조사를 실시한 결과 건축물의 공간구조에 따른 감지기의 적응성이 부족하였으며, 외부화재를 감지할 수 있는 감지

기가 누락되어 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 목조문화재의 내부와 실외로 구분하여 화재감지기 종류 선정방법을 제시하였다.

(1) 목조문화재 건축물의 주재료는 목재이므로 훈소 형태의 화재가 발생하므로 실내의 폐쇄된 구조에서는 광전식 스포트형 연기감지를 선정하며, 직선형 형태일 경우 광전식 분리형 감지기를 선정한다. 그리고 탐형의 경우 공간특성에 적합한 감지농도를 설정할 수 있는 아날로그식 감지기를 선정하는 것이 적합하다. 그러나 실내의 개방된 구조에서는 신선한 공기의 유입이 많아 화재의 진행이 빨라 불꽃이 나타나는 화재가 일반적으로 나타나므로 불꽃감지기를 선정하는 것이 적합하다.

(2) 산불 확산이나 방화로 나타나는 외부화재는 건축의 구조 및 재질 측면에서 화염과 열을 동반한 불꽃화재의 형태로 나기 때문에 외부화재를 감시하기 위해서는 불꽃감지기 또는 정온식 감지선형 감지기를 선정하는 것이 적합하다. 따라서 목조문화재 건축물의 일반형 및 선형, 분리형, 탐형 형태의 외부화재를 감시하기 위해서는 불꽃감지기를 선정한다. 그리고 누정 또는 대청마루가 있어 하단부와 지상이 떨어져 있는 분리형 형태일 경우에 지상과 하단부가 분리되어 있는 부분의 높이가 1.5 m 미만일 경우 정온식 감지선형 감지기를 선정하며, 하단부의 높이가 1.5 m 이상일 때에는 불꽃감지기를 선정하여 외부화재 감시해야 한다.

목조문화재 건축물을 화재로부터 현행 수준보다 더욱 안전하게 보호하기 위하여 건축물의 형상에 따른 화재특성을 정립하고 이에 적응성 있는 화재감지기를 선정하기 위한 실험연구가 지속적으로 이루어져야 할 필요가 있다.

## 감사의 글

이 논문은 2014년도 광운대학교 연구년 지원사업에 의하여 연구되었음을 알려드립니다.

## References

1. S. K. Roh, E. G. Ham and J. S. Kim, "A Study on the

- Combustion Characteristics and Fire Behavior of the Wooden Cultural Properties”, Proceedings of 2009 Spring Annual Conference, Korea Institute of Fire Science & Engineering, pp. 454-459 (2009).
2. S. K. Roh, E. G. Ham, D. C. Kim, H. U. Yoon, Y. D. Kim and C. H. Ji, “Study of Prepare Cultural Properties Safety and Maintenance Standards”, Cultural Heritage Administration (2013).
  3. S. K. Roh, E. G. Ham, Y. U. Lee, K. S. Kim, J. S. Kim, D. C. Kim, H. J. Kim, et al., “Development of Fire Equipment Establishment Model For the Preservation of Korea Architecture of Wood”, National Emergency Management Agency (2011).
  4. M. S. Choi, S. H. Hong, S. H. Lee and S. T. Park, “A Experimental Study on the Response Characteristics for Fire Detector by Combustibles”, Proceedings of 2011 Autumn Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 514-517 (2011).
  5. C. U. Lee, Publisher of Uijea “Fire Protection Engineering” (2000).
  6. Korea Land & Housing Corporation, Mechanical design destination, “Gas Handbook” (2005).
  7. NFSC 203, “National Fire Safety Code for Automatic Fire Detection System” (2013).
  8. NFPA 72 “National Fire Protection Association for National Fire Alarm and Signaling Code” (2010).