

ARTICLE

문화재 건축물 관련 내부 마감재료에 대한 해외 화재성능기준에 관한 고찰

최동호* · 김대회**

A Study on the Foreign Fire Performance Regulations of Internal Finishing Materials for Cultural Heritage Buildings

Choi, Dongho* · Kim, Dae Hoi**

요 지

본 논문에서는 문화재 건축물의 화재안전과 관련하여 건축자재 중 실내에 시공되는 내부 마감재료에 대한 해외 국가들에서 규정하는 화재성능기준에 대하여 고찰하고자 하였다. 미국 등 해외 국가들의 경우 건물 용도나 건물내 특정공간별 또는 시험데이터 등에 대한 내용을 반영하여 국가별 또는 지방정부별로 기준 또는 Code에 내부 마감재료의 화재성능을 규정하고 있어 우리나라와는 차이를 보인다. 이에 본 논문에서는 이러한 내용을 고찰하여 문화재 건축물의 리모델링, 수선 등에 적용될 수 있는 화재안전과 관련된 기초자료를 제시하고자 하였다.

핵심용어: 문화재 건축물, 건축자재, 내부 마감재료, 화재성능기준, 화재안전

Abstract

In this paper, we intended to consider fire performance standards prescribed by foreign countries for Internal finishing materials constructed indoors among building materials related to fire safety of cultural heritage buildings. In the case of foreign countries, such as the United States, the fire performance of internal finishing materials is stipulated in standards or codes for each country or local government by reflecting the contents of the building use, specific space within the building, or test data, which is different from Korea. Therefore, this paper intends to present basic data related to fire safety that can be applied to the remodeling and repair of cultural properties buildings by considering these contents.

Keywords: Cultural heritage buildings, building materials, Internal finishing materials, Fire performance standards, Fire safety

* 교신저자, 정회원, 한국화재보험협회부설 방재시험연구원 수석연구위원(E-mail: cdh1118@hanmail.net)

Corresponding Author, Member, Chief Researcher, Fire Insurers Laboratories of Korea

** 정회원, 한국화재보험협회부설 방재시험연구원 수석연구위원(E-mail: dhkim@kfpa.or.kr)

Member, Principal Researcher, Fire Insurers Laboratories of Korea

Received | August 13, 2021 Revised | August 23, 2021 Accepted | August 27, 2021



1. 서론

건축물의 증가와 함께 관련된 대형 화재사고도 빈번히 발생되고 있으며, 이러한 화재의 원인에는 건축자재의 영향도 큰 비중을 차지하고 있다.

건축자재 중 실내에 시공되는 내부 마감재료의 경우 과거와는 다른 재료에 대한 적용이 증가하면서 이러한 재료들의 특성과 용도에 대한 화재성능기준, 시험에 의한 분석 데이터의 부족 등에 기인한 화재사고로 많은 피해가 발생되고 있으며, 특히 가연성 내부 마감재를 사용한 건축물은 항시 화재의 위험성에 노출되므로 이에 대한 화재안전성에 대한 고려가 필요하다.

현재 국내에서는 건축법상 건축물의 내부 마감재료는 방화구획내 천장, 벽의 내장, 연소의 우려가 있는 외벽 등 재료로 불연, 준불연, 난연재료를 일률적으로 사용하도록 규정하고 있으나 미국 등 해외 국가들의 경우 건물 용도나 건물내 특정 공간별 또는 재료별 시험데이터 등을 반영하여 국가별 또는 지방정부별로 기준 또는 Code에 내부 마감재료의 화재성능을 규정하고 있다.

이에 본 논문에서는 내부 마감재료 관련 주요 해외 화재성능기준에 대한 내용을 고찰하여 문화재 건축물에 적용될 수 있는 화재안전과 관련된 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 해외 건축물 내부 마감재료 화재성능규정

2.1 미국

미국의 건축기준(building code)들은 주로 지방과 지역별로 개발되어 왔으며, 이에 따라 지방자치단체들은 자체로 건축기준을 채택할 수 있다. 이에 따른 미국의 주요 건축기준 3개는 다음과 같다.

- ① 서부 : ICBO(International Conference of Building Officials)의 Uniform Building Code(CBC)
- ② 중서부와 북동부 : Building Officials and Code Administrators International, Inc.의 BOCA National Building Code
- ③ 남부 : SBCCI(Southern Building Code Congress International, Inc.)의 Standard Building Code

화재에 대한 규정은 위의 건축기준에서 포괄적으로 다루어지는데, 이들 기준의 화재 표준은 대부분 미국재료시험학회(ASTM)에서 발행한 것이며, 또한 화재에 대해서는 NFPA(National Fire Protection Association, 미국 방화협회)의 NFPA 101 인명안전코드(Life Safety Code), NFPA 5000도 널리 적용되고 있다.

1994년 BOCA, ICBO 및 SBCCI는 위의 건축기준 3개의 기술적 차이에 대한 통일성을 높이기 위하여 International Code Council(ICC)을 설립하고 2000년 단일 기준인 International Building Code(IBC)를 발행하였는데, IBC의 경우 법률적 의무사항은 아니나 현재 미국내에서 폭넓게 적용되고 있다.

미국에서는 건축자재의 화재성능에 대하여 건축자재나 재료(내부 마감재료 포함)에 적용하고 있으며, 요구되는 등급이나 분류는 건축물의 용도에 따라 NFPA 5000 등에서 규정하고 있고 이에 대한 시험방법은 주로 ASTM E 84, ASTM E 119에 따르고 있다.

일례로 International Building Code(IBC) 26장 2603조에 내부 마감재료 중 발포 플라스틱 단열재에 대하여 규정하고 있으며, 이에 따른 요건은 ASTM E 84의 시험방법에 따라 최대 두께에서 시험시 발포 플라스틱 단열재 및 발포 플라스틱 심재가 화염확산지수 75 이하, 연기발생지수 450 이하로 규정하고 있다.

2.2 유럽

유럽에서는 유럽 경제 구역(EEA)내 건축자재의 단일 시장을 형성하고자 내부 마감재료를 포함한 건축자재(CPD-Construction Products Directive, 89/106/EEC) 규정을 채택하고 있으며, 이에 따라 특정 회원국에서 건축자재를 판매할 경우, 제품에 기술 규격의 적합성을 인증하는 CE 인증마크를 의무화하고 있다.

유럽 건축자재 분류 등에 따른 화재성능을 규정하는 Euroclass(2000)에서는 건축자재의 화재성능 분류 기준을 EN 13501-1에서 규정하고 있다.

EN 13501-1에서는 건축자재에 대한 화재등급을 A1, A2, B, C, D, E 및 F의 7등급으로 분류하고 있으며, 이외에 추가 되는 성능등급들은 연기 발생 및 불꽃 파편 발생 여부 등이 있다. EN 13501-1에 포함된 등급에 대한 시험방법은 대규모 시험에 의한 화재 반응을 토대로 설계되었으며, 특히, EN 13823(SBI), EN 13501-1의 주요 시험방법과 표면 라이닝 제품에 대한 실물크기 시험실 시험인 ISO 9705/EN 14390과의 상관관계가 파악되었다.

EN 13501-1에 의한 시험시 B급은 기준실 시험에서 플래시오버가 발생하지 않는 소재에 해당하는 반면, C급-E급은 기준실 시험에서 특정 시간 후 플래시오버가 발생된다. A1급과 A2급은 최고 등급이며 기준실과 명백한 연관성이 없고 대신 제품의 다양한 연소성에 해당한다. 또한 F급은 아무런 화재 반응이 판단되지 않았음을 나타낸다.

Table 1. Euroclass criteria for fire class of building materials

등급	시험 방법	분류 기준	추가 분류
A1	EN ISO 1182 (1); and	$T \leq 30^{\circ}\text{C}$; and $m \leq 50\%$; and $tf = 0$ (즉, 지속된 연소 없음)	-
	EN ISO 1716	$\text{PCS} \leq 2.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ (1); and $\text{PCS} \leq 2.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ (2) (2a); and $\text{PCS} \leq 1.4 \text{ MJ.m}^{-2}$ (3); and $\text{PCS} \leq 2.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ (4)	-
A2	EN ISO 1182 (1); or	$T \leq 50^{\circ}\text{C}$; and $M \leq 50\%$; and $tf \leq 20\text{s}$	-
	EN ISO 1716; and	$\text{PCS} \leq 3.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ (1); and $\text{PCS} \leq 4.0 \text{ MJ.m}^{-2}$ (2); and $\text{PCS} \leq 4.0 \text{ MJ.m}^{-2}$ (3); and $\text{PCS} \leq 3.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ (4)	-
	EN 13823 (SBI)	$\text{FIGRA} \leq 120 \text{ W.s}^{-1}$; and $\text{LFS} < \text{시료 가장자리}$; and $\text{THR600s} \leq 7.5 \text{ MJ}$	연기 발생(5)과 불꽃 파편/입자 (6)
B	EN 13823 (SBI); and	$\text{FIGRA} \leq 120 \text{ W.s}^{-1}$; and $\text{LFS} < \text{시료 가장자리}$; and $\text{THR600s} \leq 7.5 \text{ MJ}$	연기 발생(5)과 불꽃 파편/입자 (6)
	EN ISO 11925-2(8): 노출 = 30초	$F_s \leq 60\text{초 내 } 150 \text{ mm}$	
C	EN 13823 (SBI); And	$\text{FIGRA} \leq 250 \text{ W.s}^{-1}$; and $\text{LFS} < \text{시료 가장자리}$; and $\text{THR600s} \leq 15 \text{ MJ}$	연기 발생(5)과 불꽃 파편/입자 (6)
	EN ISO 11925-2(8): 노출 = 30초	$F_s \leq 60\text{초 내 } 150 \text{ mm}$	
D	EN 13823 (SBI); And	$\text{FIGRA} \leq 750 \text{ W.s}^{-1}$	연기 발생(5)과 불꽃 파편/입자 (6)
	EN ISO 11925-2(8): 노출 = 30초	$F_s \leq 60\text{초 내 } 150 \text{ mm}$	

Table 1. Euroclass criteria for fire class of building materials (continued)

등급	시험 방법	분류 기준	추가 분류
E	EN ISO 11925-2(8): 노출 = 15초	$F_s \leq 20$ 초 내 150 mm	불꽃 파편/입자 (7)
F	성능이 판단되지 않음		

- (*) 선형 제품(파이프, 덕트, 케이블 등) 등은 제외
 (1) 동질적 제품 및 비동질적 제품의 실질적 구성재.
 (2) 비동질적 제품의 외부 비실질적 구성재.
 (2a) 대신 $PCS \leq 2.0 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 인 외부 비실질적 구성재. 단, 제품이 EN 13823(SBI)의 다음 기준 만족시 : $FIGRA \leq 20 \text{ W}\cdot\text{s}^{-1}$; and $LFS <$ 시료 가장자리, $THR600s \leq 4.0 \text{ MJ}$; $s1$; and $d0$.
 (3) 비동질적 제품의 내부 비실질적 구성재.
 (4) 제품 전체.
 (5) $s1 = \text{SMOGRA} \leq 30 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ and $\text{TSP600s} \leq 50 \text{ m}^2$; $s2 = \text{SMOGRA} \leq 180 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ and $\text{TSP600s} \leq 200 \text{ m}^2$; $s3 = \text{not } s1 \text{ or } s2$.
 (6) $d0 = \text{EN13823 (SBI)}$ 에서 600초내 불꽃 파편/입자 없음; $d1 = \text{EN13823 (SBI)}$ 에서 600초내 불꽃 파편/입자가 10초 이상 잔류하지 않음; $d2 = \text{not } d0 \text{ or } d1$; EN ISO 11925-2에서 종이 발화하면 $d2$ 분류가 된다.
 (7) 합격 = 종이 발화하지 않음 (비분류); 불합격 = 종이 발화 ($d2$ 분류).
 (8) 표면 화염 공격 조건에서와 제품의 최종사용 용도에 적절할 경우, 가장자리 화염 공격.

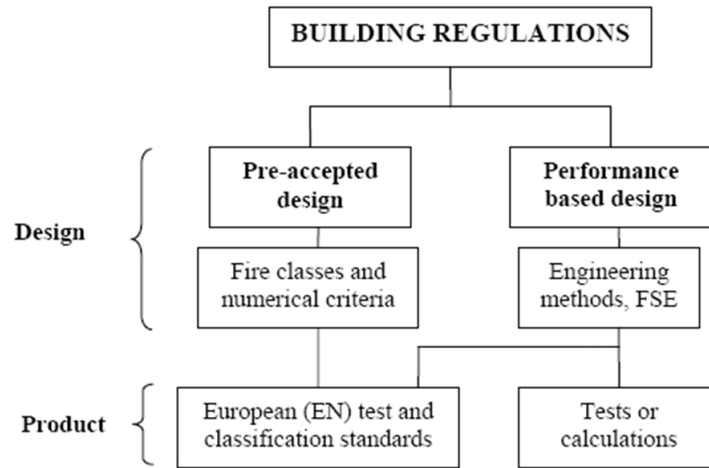


Fig. 1. Nordic council fire performance system

북유럽(스웨덴, 덴마크, 핀란드, 노르웨이, 아이슬란드 등)에서는 Euroclass내에서 별도로 NKB(Nordic Committee for Building Regulations)에 의하여 건축재료의 화재성능 시험방법 및 분류체계를 대체하고 있으나 현재 화재시의 시험 방법 및 필수 요건만 통일되었으며, 설계 레벨에서는 각 국가들 간에 많은 차이가 있다. 또한 화재 반응 분류의 경우, Euroclass 체계에 따라 EN 13501-1이 모든 북유럽 국가에서 기본 분류 기준으로 적용되고 있다.

Table 2. Nordic council criteria for fire class of building materials

건축 부위	화재 시험	등급
재료	NT 001 Non-combustibility test(난연성 시험)	Non-combustible/combustible
벽, 천장	NT 003 마감재에 대한 방화성능	K0 / K1 / K2
내부 마감	NT 002 Ignitability test(가연성 시험)	In 1 / In 2 / In 3
외부 마감	NT 004 Heat release and smoke generation test (열 방출 및 연기 발생 테스트)	Ut 1 / Ut 2
지붕재	NT 006 지붕 화재 확산	Ta 1 / Ta 2
바닥 마감	NT 007 바닥재 화재 확산, 연기 발생	G / L

2.3 영국

영국은 잉글랜드, 웨일즈, 스코틀랜드, 북아일랜드로 이루어져 있으며, 각자 건축 법규를 규정하고 어느 건축 법규를 채택할지 자율적으로 규정하고 있으나 영국의 이 네 지역에서 요구되는 건축 규정은 대체로 동일하다.

건축 재료 및 자재의 사용과 화재성능에 대한 기술적 규정은 건축 법규의 보충서류(예: 잉글랜드와 웨일즈의 경우, Approved document B)에서 규정하는데, 잉글랜드와 웨일즈, 북아일랜드의 기술 규정은 사실상 동일하며, 스코틀랜드의 경우는 약간의 차이가 있다. 단 Approved document B에 있는 규정들도 지침일 뿐이며 해당되는 규정이나 법규를 충분히 만족할 수 있으면 그 방법에 따를 의무가 없다.

건물 내부 마감재료 등에 대한 영국의 시험규격으로는 BS 476, part 6 및 part 7 등이 있으며, 이들 시험에 의하여 Class 1에서 4까지 4등급으로 건축 재료 및 자재의 등급을 부여한다. 이에 따라 내부 마감재를 건물 전체에 일률적으로 적용하는 우리나라와는 달리 영국의 경우 일반 주거용 건축의 거실 공간은 Class 1, 공동 주택의 공용 부분을 포함한 공간은 Class 2, 주거용 건물의 4m² 이하 거실 또는 비주거용 건물의 3m² 이하 거실은 Class 3의 내부 마감재료 등급을 규정하고 있다.

영국의 경우 일반적으로 화재성능에 관한 법률 규정은 벽 및 천장의 표면과 관련되므로 단열재가 피복된 경우에는 별도의 요건을 정하지 않고 있으나 불연 단열재만 허용되는 특정 용도들이 있어 이러한 용도에서는 PS foam은 허가되지 않는다.

2.4 프랑스

프랑스에서는 NF P 92의 시험방법에 따라 내부 마감재료를 포함한 건축 재료 및 자재의 화재반응을 평가하여 5개의 범주(M0 - M4)로 건축 재료 및 자재의 등급을 부여한다.

각 재료 및 자재에 적용하는 특정 표준은 사용 용도에 따라 달라지는데, 예를 들어 불연재료에 해당하는 M0등급은 M1 등급의 요건이 충족되고 연소열(NF P 92-510) 2,500kJ/kg을 초과하지 않을 경우(콘크리트, 블래스터, 미네랄 기반 제품)이다.

프랑스의 경우 건물내 천장은 불연재(M0, M1)를 사용하는 것이 일반적이며, 벽체 마감의 경우 M2, 바닥은 M3 또는 M4를 규정하고 있어 차이를 나타낸다.

2.5 독일

독일은 건축재료 및 자재에 대한 화재 반응 요건을 Euroclass 체계와 병행 적용하고 있으며, 건축자재에 대한 비공식 제품인증 제도“Ü-마크”를 운영하고 있다.

건축자재 내부 마감재료 등에 대한 화재성능 및 이에 대한 평가는 DIN 4102에 따르며, 건축재료 및 자재를 다음과 같은 5개 등급으로 분류하여 규정하고 있다.

- ① A1·A2 : Non-flammable(Furnace test 750°C, Brandschacht, Smoke density DIN E 53436/37, Toxicity DIN 53436, Calorific potential DIN 51900-2, Heat release DIN 4102 Part 8의 시험에 의함)
- ② B1 : Low flammability(Brandschacht and small burner test, Radiant panel test에 의함)
- ③ B2 : Moderately flammable(Small burner test)
- ④ B3 : High flammability

2.6 캐나다

캐나다의 건축 법규는 주정부와 준주정부에서 규정하며, 이에 따라 10개 주와 3개 준주에서 각각 자체적으로 건축기준을 규정하고 있다. 단 이들 건축기준들은 모두 National Building Code of Canada(NBC)를 토대로 하고 있다.

NBC는 건물 신축이나 기존 건물 개보수에 대한 최소한의 화재안전 기준을 수립하기 위한 것이며, NBC 적용에 대하여는 각 주나 준주 정부의 판단에 따른다.

내부 마감재료를 포함한 건축자재 및 재료에 대한 시험방법은: CAN/ULC-S124“Test for the Evaluation of Protective Coverings for Foamed Plastic”과 CAN/ULC-S101, “Fire Endurance Tests of Building Construction and Materials”에서 규정하는데 이들 시험방법에서 정하는 성능기준은 건물용도에 좌우되며, 이에 따른 화염확산 등급은 25 이하에서부터 500의 범위에서 정해진다.

캐나다에서 일반적으로 단독주택 같은 작은 건물의 내부 마감재료 중 발포 플라스틱 단열재는 난연성을 확보해야 한다는 명백한 규정은 없으나, 화염확산 등급 25를 요구하는 등 난연성이 요구되는 것은 분명하다.

2.7 호주

호주는 6개 주(New South Wales, Queensland, South Australia, Tasmania, Victoria, and Western Australia)와 2개 준주(수도 캔버라가 있는 호주수도 준주와 노던 준주)로 구성되어 있으며, 주와 준주의 건축 법규는 Building Code of Australia(BCA)를 적용하고 있다.

건축 재료 및 자재에 대한 성능 요건은 건물 유형에 맞게 화재 성능을 확보하고 연기, 열 및 유독가스의 발생을 제한해야 한다는 것에 초점을 맞추고 있으며, 별도의 시험없이 성능요건을 충족하는 것으로 간주되는 사양위주 건축 설계도 포함하고 있다.

호주의 화재규정은 단독주택, 아파트, 호텔 및 하숙집, 기타 건물에 대한 단층 관리건물, 사무실, 상점, 주차장 및 창고, 공장, 의료 및 집회 건물, 부속 건물의 건물 분류를 토대로 하며 이들 건축물에 대하여 1~10급의 화재성능기준을 규정하고 있다.

호주에서 대부분 요구되는 화재성능기준은 2~9급에 집중되며, 1급 및 10급에 대한 요건은 주택 내부 단열재 사용과 관련된 소비자 규제외에는 거의 없다.

화재안전에 대한 등급 2~9급에 해당하는 건축물의 재료나 구성재가 ABCB의 성능기준을 충족하는지 확인하기 위한 시험방법은 AS 1530.1(가연성 시험), AS 1530.2(인화성 시험), AS 1530.4, (내화 시험), AS ISO 9705 (room corner 시험), AS/NZS 3837 (콘칼로리미터 시험), AS ISO 9239 (바닥재 복사패널 시험) 및 AS/NZS 1530.3(조기 화재 위험성 시험) 등이다.

건축물의 벽 및 천장 마감재에 대한 화재성능평가는 AS ISO 9705와 AS/NZS 3837의 시험을 적용하며, 바닥재에 대한 화재성능평가는 AS ISO 9239의 시험을 적용한다. 또한 AS/NZS 1530-3(조기 화재 위험성 시험)은 얇은 연질 소재 이외의 모든 다른 건축 재료 및 자재에 적용된다.

3. 결론

국내의 경우 건축법에 건축물 내부 마감재료를 불연재료, 준불연재료, 난연재료로 구분하고 이에 대한 성능기준과 시험방법을 일률적으로 규정하고 있으나, 미국 등 해외 국가들에서는 내부 마감재료의 화재성능에 대하여 건물 용도나 건물 내에서 마감재가 적용되는 부위 및 특정공간별 또는 재료별 시험데이터 등을 반영하여 최대 5개 등급까지로 분류된 성능기준을 국가별 또는 지방별로 선택하여 적용하고 있다. 또한 이러한 화재성능을 평가하기 위한 시험도 열 방출, 연기 발생량 및 비율, 화재 확산율 등 우리나라보다는 다양하게 평가하고 있다.

본 논문에서는 내부 마감재료와 관련한 위와 같은 해외 화재성능기준에 대한 내용을 고찰하여 문화재 건축물에 적용될 수 있는 기초자료를 제시하고자 하였으며, 향후 관련 연구진행시 참고에 도움이 되고자 하였다.

References

- Building Code of Australia. J. Koo, W.H. Building Code of Australia (BCA).
EN13501-1_A1, 2009.
- IBC International Building Code.
- National Building Code of Canada.
- NFPA 5000, Building Construction and Safety Code.

