원전 구조물의 마감재 화재안전설계기준(안) 개발

Development of Fire Safety Guidelines (Draft) on Finishing Materials for Nuclear Power Plants

권인규*

Kwon, Inkyu*

Abstract

In general, finishing materials used in nuclear power plants and auxiliary buildings are designed in accordance with NRC documents, in terms of their design, construction, and fire safety. However, only a few finishing materials produced in Korea have been certified relative to their fire-retardant performance, based on fire laboratory testing in the USA. In this study, to establish fire safety guidelines on finishing materials, designed in Korea, for nuclear power plants, related building regulations have been compared with codes, fire testing has been performed in Korea and the USA on the same specimens, and the fire safety guidelines have been established for the finishing materials.

Key words : Nuclear Power Plant, Finishing Materials, Combustion Performance, Fire Safety Guideline

요 지

원전 주요 구조물과 부속건축물에 적용되는 마감재의 설계, 시공 및 화재 안전성 평가는 미국의 원전설계기준에 준하여 실시되는 것이 통상적이나, 국내의 원전 관련 시설물에 적용된 마감재의 연소성능은 매우 제한적으로 미국 성능평가 결과를 활용한 정도이다. 국내 설계의 원전 구조물에서의 마감재 화재안전성 확보는 국내기준 적용과 제한적인 미국 기준 적용의 혼재로 인하여 화재 안전성의 신뢰성 및 향후 원전산업의 국외 수출 시 검증한계 등의 문제점이 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 국내 생산 건축 마감재를 대상으로 국내 및 미국의 마감재 연소성능 기준, 요구성능 및 성능평가 등을 수행하였고, 적용 마감재별 화재안전 설계기준(안)을 도출하였다.

핵심용어 : 원전 구조물, 마감재료, 연소성능, 화재안전 설계기준

1. 서 론

1.1 연구의 목적

풍요로운 삶과 산업 생산의 필수적인 요소인 전력은 다양한 방식으로 생산되고 있으나, 청정 자연환경 유지 및 경제성 효율성 측면에서 원자력 발전은 우수한 것으로 평가되고 있다. 우리나라는 원전 설계, 운전 및 유지관리 기술 개발 등을 통해 독자적인 운영체계를 구축하여 국내 및 UAE 등에 원전을 설계, 시공 및 운영 중에 있다.

원전에 적용되는 마감재 관련 설계는 미국 원자력규제위원회에 의해 수행되고 있으나 마감재 항목별

명확한 설계기준이 제시되어 있지 않고, 국내 생산 건축 마감재의 원전 구조물 적용을 위한 성능평가 및 확인에 많은 비용이 소요되고 있는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 Kwon and Woo (2019)와 Kwon (2000)이 제시한 국내 원전 적용 마감재 설계현황, 국내의 마감재 관련 화재 규정, 연소성능시험 결과를 토대로 화재 발생 시 인명피해와 재산 손실을 최소화할 수 있는 원전 마감재의 설계기준(안) 도출을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위

원전 구조물에 적용되는 마감재의 화재 안전에 필요한

*교신저자, 정회원, 강원대학교 소방방재공학전공 교수(Tel: +82-33-570-6433, Fax: +82-33-570-6819, E-mail: kwonik@kangwon.ac.kr)
Corresponding Author, Member, Professor, Department of Fire Protection Engineering, Kangwon National University

성능을 만족시키기 위한 마감재 설계기준(안) 개발을 위한 연구 범위는 다음과 같다.

국내 원전에 적용된 대표적인 마감재의 국내 및 미국에서의 화재성능시험 결과를 토대로 각 시험방법의 유사성을 평가하고, 각 마감재의 화재성능을 비교·분석함으로써 원전 관련 규제지침(KINS, 2016) 등에서 제시된 국외 화재시험 규격을 국내 화재시험 규격으로 대체 가능한지에 대해 확인한다.

다만 마감재 화재성능평가의 목적은 건축물 내부에서의 화재 발생 시 인접구획으로의 화재 확산방지 및 유독성 가스 발생 억제를 통하여 재실자 및 이용자의 원활한 피난을 도모하기 위함이므로 화재성능 설계기준 수립 대상은 원전 구조물의 내부에 적용되는 마감재로 한정한다.

2. 원전 적용 마감재 현황 및 국내외 화재성능 개요

국내 원전에 적용되는 천장, 벽체, 바닥 및 도장의 대표적인 내부 마감재는 Table 1과 같다. 일반 건축물에 적용되는 내부 마감재와 큰 차이는 없고, 격납건물 내외부 및 일반 중방식 도장방식이 포함되어 있다.

2.1 국내외 마감재 화재성능 개요

2.1.1 국내 화재성능 요구조건

건축법 및 동법 시행령, 건축물의 피난방화 구조 등의 기준에 관한 규칙에 따르면 시행령에서 정하는 용도 및 규모의 건축물은 벽 및 반자의 실내에 접하는 부분의 마감은 불연재료, 준불연재료 또는 난연재료로 하여야 하며, 지상으로 통하는 주된 복도, 계단, 기타 통로의 벽 및 반자의 실내에 접하는 부분의 마감은 불연재료 또는 준불연재료로 하여야 한다고 규정되어 있다(KMGL, 2019). 불연재료, 준불연재료 및 난연재료는 건축물 마감재료의 난연성능 및 화재확산 방지구조 기준에서 규정한 한국산업규격(KS) 관련 화재성능시험을 통해 인정받아야 한다(KSA, 2010, 2015, 2016).

2.1.2 미국 화재성능 요구조건

미국의 화재성능 요구조건은 NRC의 화재방호 규제지침(NRC, 2009)과 미국의 모든 주(States)에서 빌딩코드로 적용되고 있는 IBC (2014) 및 이와 동등한 수준으로 널리 인정되고 있는 NFPA (2014)의 보편적인 화재 요건이 제시되어 있다.

NRC 화재방호 규제지침 1.189에서는 내부마감재(Interior Finishes)에 대해 불연성재료(Non-Combustible Materials)를 사용하여야 한다고 규정하고 있으며, 마감재를 불연성재료로 인정받기 위해서는 ASTM 및 NFPA에서 제시하는 관련 화재성능시험 요건을 만족하여야 하며, 경험적으로 화재성능이 충분히 입증된 일부 재료에 대해 시험이나 공인된

Table 1. Finishing Materials at each Part

Parts	Finishing Constructions
Ceiling	- Suspended Acoustical Tile Ceiling
Wall	- Gypsum Dry Wall - Plaster Wall
Floor	- Vinyl Composition Tile - Vinyl Sheet Flooring - Chemical Resistant Floor Finish
Coating	- Service Level I & II Coating - Industrial and Architectural Coating

시험기관의 승인 없이 내부 마감재로 사용할 수 있도록 예외규정을 두고 있다.

IBC에서는 건설재료의 불연성 확인을 위해 기초 재료 및 복합 재료로 구분하여 관련 화재성능시험 요건을 제시하고 있다. 벽 및 천장의 내부마감재는 ASTM E84/UL 723에 따라 화염확산(Flame Spread) 및 연기발생(Smoke Developed) 지수를 측정하고 시공형태 및 실의 조건에 따라 Class A, B, C로 구분하여 적용한다. 또한, 대체 시험으로 실내 화재 상황을 모사하여 실증시험 형태로 수행되는 Room Corner Test (NFPA 286, 2015)도 인정하고 있다. 다만, 예외사항으로 벽 및 천장 표면에 직접 시공되는 두께 0.036 inch (0.9 mm) 미만의 마감재에 대해서는 별도 시험 없이 사용할 수 있도록 허용하고 있다. 바닥의 내부마감재는 NFPA 253에 따라 임계방출열속(Critical Radiant Flux)을 측정하고 건설 형태 및 실의 조건에 따라 Class I, II로 구분하여 적용한다. 다만 섬유재(Fibers)를 함유하지 않는 목재, 비닐, 리놀리움, 또는 테라조 및 탄성바닥재 등 상용화된 바닥마감재는 예외로 시험 없이 사용할 수 있도록 허용하고 있다. NFPA에서는 건설재료의 불연성 확인을 위해 불연성재료 및 난연성재료(Limited-Combustible Materials)¹⁾로 구분하여 관련 연소성능시험 요건을 제시하고 있다. NFPA에서도 내부 마감재를 위한 화재 관련 요건을 별도 제시하고 있으며 이는 상기 IBC에서 제시하고 있는 내부 마감재의 요건과 일부 예외사항을 제외하고는 유사한 수준이다.

3. 국내외 마감재 연소성능 개요

국내 건축 관련 법규에는 미국의 빌딩코드에서 요구하는 마감재의 화염확산 특성을 평가하기 위한 시험방법이 없으며, 건축법 시행령으로 정하는 용도 및 규모의 건축물은 벽 및 반자의 실내에 접하는 부분의 마감에 불연재료, 준불연재료 또는 난연재료가 사용되어야 한다고 규정하고 있고,

1) NFPA의 난연성재료(Limited-Combustible Materials)는 우리나라의 난연재료와는 다른 요구조건과 성능을 가지고 있으나, 새로운 용어의 사용은 혼란을 야기할 우려가 있으므로 난연성 재료로 표현하였음.

Table 2. Standards for Non-Combustible Finishing Materials at Both Sides

Classification	Standards	Remarks
KS	KS F ISO 1182	Non-combustible
	KS F 2271	Gas toxicity
	KS F ISO 5660-1	Cone calorie
ASTM NFPA	ASTM E 136	Non-combustible
	ASTM E84	Flame spread
	NFPA 253	Floor, Flame
	NFPA 259	Potential heat

바닥 마감재에 대한 규정은 불분명하다. KS와 미국 빌딩코드의 불연성 시험규격은 Table 2와 같다.

불연성 시험은 국내와 미국시험의 환경조건은 유사한 수준으로 판단되나, 승인기준의 경우 국내시험은 가열로 내의 온도만 측정하는 반면 미국시험은 시편의 내부 및 표면 온도를 측정하는 등의 차이가 있다. Kwon and Woo (2019)의 시험에서 국내 불연성 시험을 만족하는 재료(천장재, 석고보드)가 미국 불연성 시험에서 표면온도는 만족하나, 내부 온도를 초과하는 결과를 보였다.

국내의 콘칼로리미터 시험과 미국의 잠재열량 시험은 모두 재료의 열량을 측정하는 시험이다. 그러나 국내의 콘칼로리미터 시험은 재료의 최종 설치 상태에서 단위면적 및 시간당 표면에서 방출되는 열량을 측정하는 시험인 반면 미국의 잠재열량 시험은 재료 자체가 가지고 있는 단위 질량당 잠재열량을 측정하는 시험이다. 이에 따라 특정형태의 재료에 대한 화재 시 시간대 별 실제 화재부하 열량 산정에는 국내의 콘칼로리미터 시험이 적정하고, 일반적 재료의 전체적인 가연성 화재부하 열량의 산정에는 미국의 잠재열량 시험이 유용할 수 있다. 이렇듯 국내의 콘칼로리미터 시험과 미국의 잠재열량 시험은 그 사용 용도가 다르므로 직접적인 상관관계를 확인할 수는 없었다.

국내의 가스유해성 시험은 화재 시 발생하는 연기로 인한 인체 유해성을 확인하는 시험으로 미국에서는 유사한 시험을 요구하지 않는 것으로 나타났다.

미국의 화염확산 시험 및 바닥 임계방출열속 시험은 각각 벽/천장 및 바닥 마감재의 화염확산 특성을 측정하는 시험으로 국내에서는 유사한 시험을 요구하지 않으며, Room Corner 시험은 실내의 마감재 설치를 그대로 모사하여 화염확산에 불리한 모서리(Corner) 부위에 화재 열원을 설치함으로써 마감재의 화재성능을 확인하는 실증시험으로 국내에서는 요구되지 않는다.

Kwon and Woo (2019)와 Kwon (2000)의 연구결과, 원전 적용 벽 및 천장 마감재의 경우 국내의 불연·준불연·난연재 성능기준은 만족하나, 미국의 불연성재료 성능기준 (ASTM E136, 2016)은 만족하지 않으나, 벽 및 천장 마감재에

요구되는 표면연소 시험 기준(ASTM E84, 2017) 및 잠재열량 시험 기준(NFPA 259, 2012)은 만족하는 것으로 확인되었다.

원전 적용 바닥 마감재 및 도장재의 경우 국내의 불연·준불연·난연재 성능기준을 만족하지 않으나 바닥 마감재의 임계방출열속 시험 기준(NFPA 253, 2000)은 만족하는 것으로 확인되었다.

전술한 바와 같이 마감재에 대한 국내 및 미국의 시험 기준은 시험의 종류 및 적용 목적에 직접적인 상관관계가 없고, 비교 시험 결과에서도 국내의 시험의 보수성 수준을 비교할 수가 없으므로 규제지침에서 규정하는 시험기준을 국내 기준으로 대체하는 것은 현실적으로 어려운 것으로 사료된다. 다만, 국내 불연성시험도 극소량의 유기질 성분만 포함되어야 통과할 수 있을 정도로 만족이 어려운 재료 시험이다. 국내 기준에 따른 불연성재료의 경우 통상 유기질 성분이 다수 포함된 마감재의 화염확산 특성을 측정하는 미국의 ASTM E84 및 NFPA 253 시험은 충분히 만족 가능한 것으로 판단된다. 이에 따라 국내 기준을 만족하는 불연성재료는 추가 시험없이 원전 적용이 가능한 것으로 판단된다.

4. 원전 적용 마감재 설계기준(안)

원전 화재방호 규제지침 및 미국 빌딩코드에 대한 상세검토와 마감재 시험 결과를 토대로 보편적으로 적용될 수 있는 설치위치별 마감재 설계기준 그리고 현재 국내에서 건설 중이거나 향후 건설 예정인 원전에 적용되는 마감재 종류별 설계기준(안)을 제시하고자 한다.

4.1 부위별 설계기준

일반적으로 수직방향으로 화재가 확산되는 실내 화재의 특성을 고려하면 벽 및 천장 마감재는 화재확산 통로의 역할을 하게 된다. 이에 따라 벽 및 천장 마감재의 경우 대부분 엄격한 화재성능기준이 요구된다. 바닥 마감재는 화재확산에 기여하는 수준이 낮고, 일반 실에 사용되는 바닥 마감재의 경우 다른 실로의 화재확산에 거의 영향이 없으며, 거주 편의성을 위해 다양한 바닥 마감재가 사용되기 때문에 보다 완화된 화재성능기준이 적용될 필요가 있다.

이에 따라 벽 및 천장 마감재와 바닥 마감재의 화재 설계기준은 다르게 적용되는 것이 적정한 것으로 판단되며, 이는 원전에 이미 사용되고 있는 마감재뿐만 아니라 향후 사용가능한 마감재에도 보편적으로 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

4.1.1 벽, 천장 마감재 설계기준

벽 및 천장 마감재는 원전 규제지침과 미국 빌딩코드에서 모두 제시되고 있는 표면연소 시험인 ASTM E84 (또는 UL 723)에 따라 성능이 검증되어야 하며, 승인기준은 원전 규제지침에서 제시된 바와 같이 Class A (화염확산지수 25 이하, 연기발생지수 450 이하)를 만족하여야 한다.

대체시험으로 Room Corner Test의 적용도 추천된다. NFPA 5000에서는 다음과 같이 벽 및 천장 마감재는 Room Corner Test인 NFPA 286에 따라 성능이 검증되어야 하며, 승인기준은 NFPA에서 제시하고 있는 요구 사항을 만족하여야 한다.

4.1.2 바닥 마감재 설계기준

바닥 마감재는 원전 규제지침과 미국 빌딩코드에서 모두 제시되고 있는 바닥재 임계방출열속 시험인 NFPA 253 (또는 ASTM E648)에 따라 성능이 검증되어야 한다.

NFPA 253 본문에서 제시하고 있는 시험의 목적과 미국 빌딩코드의 적용사례를 고려하면 NFPA 253 시험 대상은 계단실 및 램프실, 외부 통로, 복도, 벽체에 의해 복도와 완전히 분리되지 않는 공간의 바닥 마감재로 제한되며 승인기준은 Class I (0.45 W/cm^2 이상)을 만족하여야 한다. 필요한 경우 상기 이외의 실에는 최소 승인기준인 0.1 W/cm^2 이상이 적용되어야 하며, 화염확산 평가를 통해 시험이 면제될 수 있다.

4.2 마감재별 설계기준

본 절에서는 원전 적용 마감재 목록을 기준으로 신규로 건설될 원전의 마감재에 적용될 수 있는 각 마감재에 대한 설계기준을 제시하고자 한다.

본 절에서 제시하는 설계기준은 국내외 화재 관련 법규, 규제지침, 빌딩코드 및 비교 시험 등의 검토결과를 종합적으로 고려하여 보수성에 입각한 합리적 설계기준의 제시를 목표로 하였으나 원전 특성상 원전 화재방호 규제지침에서 제시하는 3가지 검증시험(ASTM E84, 2017; NFPA 253, 2000; NFPA 259, 2012) 이외의 시험에 대한 설계기준 적용은 안전성 분석보고서와 같은 인허가 약정에 포함이 요구될 수 있다. 단, 원전 적용 마감재 중 경험적으로 불연재로 인정되는 Ceramic Tile, Granite 등은 설계기준 수립 대상에서 제외하였다.

4.2.1 천장재

인정된 불연성재료 사용 및 ASTM E136 시험에 따른 승인기준 만족, 또는 ASTM E84 또는 UL 723 (2010)에 따른 Class A 만족, 또는 NFPA 286 시험에 따른 승인기준 만족이 필요하다. 현재 원전 적용재료를 고려하여 다음의 설계기준이 적용될 수 있다.

a. 미네랄 울 보드

- 관련 KS 규격에 따른 불연재 사용

ASTM E84 시험결과, 화염확산지수 및 연기발생지수는 0, NFPA 259 시험결과 잠재열량 454.0 Btu/lb 로 NFPA 5000의 난연성재료에 해당한다. 미네랄 울은 무기질인 불연성분으로 관련 KS 규격에 따라 품질관리가 될 경우 상기 일반 설계기준은 충분히 만족할 것으로 판단된다.

b. 석고시멘트 보드

- 관련 KS 규격에 따른 불연재 사용

석고보드는 규제지침(RG 1.189)에서 시험 없이 사용하도록 인정하는 재료이다. 무기질인 시멘트 성분이 포함되어도 불연성에 영향이 없으며, 관련 KS 규격에 따라 품질관리가 될 경우, 상기 일반 설계기준은 충분히 만족할 것으로 판단된다.

4.2.2 석고보드 건식 벽체(Gypsum Dry Wall)

ASTM E136 시험에 따른 승인기준 만족, 또는 ASTM E84 또는 UL 723에 따른 Class A 만족, 또는 NFPA 286 시험에 따른 승인기준 만족이 필요하다. 현재 원전 적용재료를 고려하여 다음의 설계기준이 적용될 수 있다.

- 관련 KS 규격에 따른 불연재 및 준불연재 사용

석고보드는 규제지침(RG 1.189)에서 시험 없이 사용하도록 인정하는 재료이다. ASTM E84 시험결과 화염확산지수 및 연기발생지수는 0, NFPA 259 시험결과 잠재열량 -289.1 Btu/lb 로 NFPA 5000의 난연성 재료에 해당한다. 관련 KS 규격에 따라 품질관리가 될 경우 상기 일반 설계기준은 충분히 만족할 것으로 판단된다.

4.2.3 미장 벽체(Plaster Wall)

- 별도 요건 불필요

건조 시멘트 모르타르를 사용하는 Plaster는 규제지침(RG 1.189)에서 시험 없이 사용하도록 인정하는 재료이고, 국내 건축 관련 법규에서도 시험 없이 불연재로 인정하는 재료이다.

4.2.4 비닐 합성타일(Vinyl Composition Tile) 및 시트 바닥재(Vinyl Sheet Flooring)

NFPA 253 또는 ASTM E648 (2015) 시험에 따른 Class I 만족이 필요하다. 현재 원전 적용재료를 고려하여 다음의 설계기준이 적용될 수 있다.

- 관련 KS 규격에 따라 제작된 경우 별도 요건 불필요

비닐 합성타일은 규제지침(RG 1.189)에서 시험 없이 사용하도록 인정하는 재료이고, IBC에서도 비닐계열의 바닥재는 시험 없이 사용하도록 인정하는 재료이다. NFPA 253 시험결과, 임계방출열속 0.77 W/cm^2 으로 Class I 기준(0.45 W/cm^2)을 충분히 상회함이 확인되었다. 관련 KS 규격에 따라 품질관리가 될 경우 상기 일반 설계기준은 충분히 만족할 것으로 판단된다.

4.2.5 중방식 및 건축용 도장재(Industrial and Architectural Coating)

- 별도 요건 불필요

원전에 적용되는 도장재는 불연성재료인 콘크리트 및 철재에 적용되며, 규제지침(RG 1.189)에서는 불연성재료에 적용되는 도장재는 시험없이 사용하도록 인정하

고 있다. 또한, 도장재의 두께가 0.9 mm 이하이므로 미국 빌딩코드(IBC 및 NFPA)에서 시험이 면제될 수 있는 벽 및 천장 마감재에 해당한다. 바닥 도장재의 경우 에폭시 계열로 상기 서비스 레벨 I 및 II 도장재와 동일한 종류이며 최대 두께는 절반 수준임을 고려하면 NFPA 253 시험결과도 동등 수준일 것으로 예상된다. 다만, 건축용 도장재 중 Textured Coating은 원전 기술규격서에 두께 요건이 없으므로 두께를 0.9 mm 이하로 제한할 필요가 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 마감재의 화재방호 관련 국내외 관계 법규, 규제지침 및 산업규격 등을 검토, 원전 적용 대표적 마감재에 대한 연소시험 수행 결과를 토대로 원전 구조물에 적용되는 마감재의 화재 안전에 필요한 성능을 만족시키기 위한 마감재 설계기준(안) 수립을 목적으로 하고 있으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 마감재는 화재 특성상 설치위치 별(벽/천장, 바닥)로 구분하여 일반적으로 적용될 수 있는 설계기준을 제시하였다.
2. 벽 및 천장 마감재는 표면연소 시험인 ASTM E84 (또는 UL 723)에 따라 성능이 검증되어야 하며, 승인 기준은 Class A (화염확산지수 25 이하, 연기발생지수 450 이하)를 만족하여야 하고, 대체시험으로 Room Corner Test가 적용될 수 있다.
3. 바닥 마감재는 임계방출열속 시험인 NFPA 253 (또는 ASTM E648)에 따라 성능이 검증되어야 하며, 승인 기준은 Class I (0.45 W/cm^2 이상)을 만족하여야 한다. 시험 대상은 계단실 및 램프실, 외부 통로, 복도, 벽체에 의해 복도와 완전히 분리되지 않는 공간의 바닥 마감재로 제한된다.
4. KS의 불연재를 포함하여 불연성을 확인할 수 있는 시험(ASTM E136, 2016)이나 규제지침 등에서 규정한 불연재의 정의를 만족할 수 있는 재료는 마감재 시험이 불필요한 것으로 확인되었다.
5. 개발된 마감재 설계기준(안)은 국내의 원전뿐만 아니라 해외의 수출을 목적으로 개발하고 있는 원전에도 보편적으로 적용될 수 있을 것으로 기대되며, 기존 운영 중인 가동원전의 마감재 관련 화재성능 평가에도 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20161510400110).

References

- ASTM E136. (2016). *Standard Test Method for Behavior of Materials in a Vertical Furnace at 750 °C*.
- ASTM E648. (2015). *Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source*.
- ASTM E84. (2017). *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials*.
- IBC. (2014). *International Building Code*.
- KINS. (2016). *KINS/RG-N10.06*.
- KMGL. (2019). *Building Act, Building Regulation*.
- KSA. (2010). *Test Method of Non-Combustibility of Building Products*.
- KSA. (2015). *Reaction to Fire Tests - Heat Release, Smoke Production and Mass Loss Rate - Part 1 : Heat Release Rate (Cone Calorimeter Method) and Smoke Production Rate (Dynamic Measurement)*.
- KSA. (2016). *Testing Methods for Gas Toxicity of Finish Materials of Buildings*.
- Kwon, I.K. (2000). Combustible performance of floor finishing materials and coating applied to the nuclear power plants. *J. Korean Soc. of Hazard Mitig.*, Vol. 20, No. 4, pp. 139-144.
- Kwon, I.K., and Woo, A.S. (2019). Basic study on combustible performance of finishing materials for nuclear power plants. *J. Korean Soc. of Hazard Mitig.*, Vol. 19, No. 7, pp. 269-273.
- NFPA 253. (2000). *Standard Test Method for Critical Radiation Linearity of Floor Coating System Using Radiant Heat Energy Source*.
- NFPA 259. (2012). *Standard Test Method for Potential Heat of Building Materials*.
- NFPA 286. (2015). *Standard Methods of Fire Tests for Evaluating Contribution of Wall and Ceiling Interior Finish to Room Fire Growth*.
- NFPA. (2014). *Building Construction and Safety Code NFPA5000*.
- NRC. (2009). *RG 1.189, Fire Protection for Nuclear Power Plants*.
- UL 723. (2010). *Standard for Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials*.

Received	October 20, 2021
Revised	October 21, 2021
Accepted	November 16, 2021