

[Research Paper]

## 건축물 외장재의 화재확대방지를 위한 보수구법 및 보수재료 검토에 관한 연구

이병흔 · 진승현 · 박성하\* · 권영진\*\*†

호서대학교 소방방재학과 대학원생, \*(주)융도엔지니어링 기업부설연구소 사원, \*\*호서대학교 소방방재학과 교수

## A Study on the Review of Repair Methods and Repair Materials for the Prevention of Fire spread of Building Exterior Materials

Byeong-Heun Lee · Seung-Hyeon Jin · Sung-Ha Park\* · Young-Jin Kwon\*\*†

Graduate Student, Dept. of Fire & Disaster Protection Engineering, Hoseo Univ.,

\*Employee, Yungdo Engineering & Consultatns, Inc.,

\*\*Professor, Dept. of Fire & Disaster Protection Engineering, Hoseo Univ.,

(Received January 28, 2019; Revised April 3, 2019; Accepted May 14, 2019)

### 요 약

국내의 경우 2018년도에 시행한 가연성 외장재 설치 건축물 현황조사결과 147,559동의 건축물이 이에 해당되는 것으로 조사되었으며, 상층부 및 인접건축물로의 화재확대사례는 연간 약 3,500건, 외장재에서 시작한 화재건수는 연간 약 1,500건 이상 발생하는 등 의정부 화재, 제천스포츠센터 화재와 같은 유사한 화재발생의 위험성이 내포되어 있다. 본 연구에서는 유사한 화재 재발방지를 위해 가연성 외장재가 시공된 건축물의 보수구법에 대해 조사하고 각각의 보수재료 성능검증을 실시하였다. 보수방법의 경우 기존의 건축물 마감재를 제거한 뒤 보수재료로 보강하는 방법과 기존 마감재를 제거하지 않고 면고르기를 실시한 뒤 보수재료를 부착하는 방법을 제안했다. 또한 드라이비트 및 보수재료로서 방화석고보드, 미네랄 울, 경질우레탄 폼, 세라믹보드, ALC 패널 등 6가지 재료를 대상으로 콘 칼로리미터 시험을 실시하고 해당 재료들에 대한 기초 연소 성능을 조사하였다.

### ABSTRACT

In Korea, the results of a field survey on the construction of flammable exterior materials implemented in 2018 revealed that 147,559 buildings belong to this category. It was found that the fire spreading cases in upper and adjacent constructions are about 3,500 per year, the fires of starting in flammable exterior material are about 1,500 per year. In this study, we investigated the repair method of buildings constructed by flammable exterior material and conducted performance verification of each repair materials for prevention of similar fire. In the case of the repair method, a method of reinforcing with a repair material after removing the existing building finishing material and a method of attaching the repair material after performing the face finishing are proposed. In addition, we conducted cone calorimeter tests of 6 materials such as fireproof gypsum board, mineral wool, hard urethane foam, ceramic board and ALC panel as dryvit and repairing materials, and investigated basic combustion performance of that materials.

**Keywords :** Fire safety, Combustible insulation, Fire spread prevention, KS F ISO 5660-1

### 1. 서 론

고도의 산업화와 도시의 인구밀집으로 인한 주택문제를 해결하기 위한 목적으로 2009년부터 도시형 생활주택을 공

급하고 있다. 도시형 생활주택은 저가에 공급되기 위해 안전 규제 완화, 주차장 확보 등의 일반 주택법에서 벗어난 법 규정을 적용하고 있다. 하지만 공동주택과 유사한 형태 이면서 소방시설 및 안전수준이 그에 미치지 못하고 있어

† Corresponding Author, E-Mail: [jungangman@naver.com](mailto:jungangman@naver.com). TEL: +82-41-540-5497, FAX: +82-41-540-5738

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

안전성이 우려된다. 현재 고층 건축물 등 일정규모 이상의 건물에는 성능위주 설계를 통하여 안전을 확보하고 있으나 오히려 그보다 작은 규모의 건축물의 경우 안전을 확보할 방법이 전무한 실정이다. 또한 ‘건축물의 에너지절약 설계기준(2008)’ 중 ‘에너지 성능지표’의 외단열공법 채택에 대한 기본 배점이 늘어남에 따라 국내의 외단열공법을 통한 시공이 폭발적으로 증가하였으며, 2015년 의정부화재, 2017년 제천스포츠화재, 2018년 오산원룸화재 등의 화재사태가 지속적으로 발생하고 있다. 또한, 가연성 외장재 사용 건축물 조사 현황 결과 전국 651,686동 중 23%에 해당하는 147,559동에 가연성 외장재가 시공되어 있는 것으로 조사<sup>(1)</sup>되며, 상층부 및 인접건축물로의 화재확대사태는 연간 약 3,500건, 외장재에서 시작한 화재건수는 연간 약 1,500건 이상<sup>(2)</sup> 발생하는 등 유사한 화재발생의 위험성이 내포되어 있다. 국내의 경우 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제 24조 6항에 의거하여 건축물의 외벽에 국토교통부령에 의거한 400 mm 이상의 화재확대방지구조를 통해 수직 스펀드럴을 설치하는 경우에는 건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준 7조에서 규정하고 있는 불연재료를 설치하고 이 때 건축물의 외벽에 난연재료를 사용할 수 있도록 규정함으로써 가연성 외장재를 설치한 건축물의 화재확대 방지 대책을 마련하고 있다.

하지만, 건축물에서의 화재확대방지를 위해서는 재료의 성능 검증에 관한 연구가 선행되어야 할 것으로 사료된다. 따라서, 본 연구에서는 분출화염을 통한 화재확대방지구법과 콘칼로리미터 시험을 통해 보수보강의 재료에 관한 기초적 자료를 확보하고자 한다.

## 2. 화재확대방지를 위한 보수보강구법

외벽을 통한 화재확산은 화원에서 발생한 화염이 중공층을 통해 외벽 전체로 확대 된다. 공기의 흐름은 고온에서 저온으로 이동하며, 넓은 통로에서 좁은 통로로 이동함에 따라 내부압력은 감소하고 공기의 유입속도는 증가하고 화염이 공기층을 따라 급속하게 확산된다<sup>(3-5)</sup>. 또한, 동시타설을 통한 경우에는 외장재에 직접적으로 착화되는 경우도 존재한다. 드라이비트의 보수방법은 Figure 1과 같이 표면재료의 제거유무에 따라 크게 2가지 방법으로 구분할 수 있다. Figure 1(a)는 건축물 마감재 및 가연성 단열재를 제거하고, 프라이머 및 화스너를 이용하여 단열재를 부착한 뒤 마감을 실시하는 방법이다. 단열재를 교체하는 방법의 경우 건축물 외장재의 화재확산에 있어 결정적인 역할을 하는 가연성 단열재자체를 교체하기 때문에 화재확산의 주요 원인을 제거할 수 있는 장점이 있다. 또한 건축물과 드라이비트 간에 공기층이 있을 경우 드라이비트를 제거하고 단열재를 교체함으로써 공기층을 막아 이로 인한 급격한 화재확산을 방지할 수 있다. 하지만 보강재의 단열성능이 부족할 경우 건축물 내부에 결로가 발생할 우려가 있다. 또

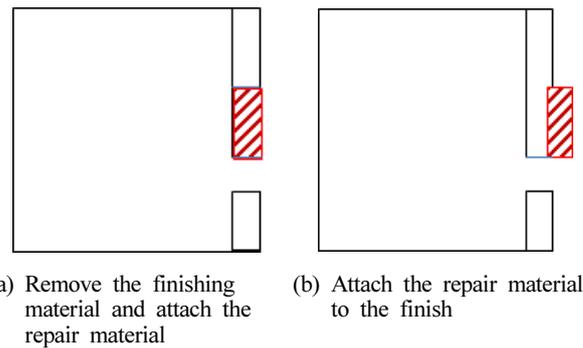


Figure 1. Repair reinforcement method.

한 최근 유행하는 외단열 동시타설공법으로 시공 시 단열재를 제거하기 매우 어렵기 때문에 해당 방법을 사용할 수 없을 수 있다. 만일 외장재를 교체하기 어려운 경우는 Figure 1(b)와 같이 표면을 제거하지 않고 기존의 건축물 외벽 바탕면을 시멘트 모르타르를 이용해 면고르기를 실시한 후 그 위에 보강재를 부착하는 방법을 사용할 수 있다. 이 경우 드라이비트를 제거하지 않기 때문에 시공 상의 장점이 있고, 단열재를 교체하는 경우에서 생길 수 있는 건축물 내부의 결로 등의 문제를 해결할 수 있다. 또한 외단열 동시타설공법으로 시공되었다 하더라도 보강을 실시할 수 있다. 하지만 외부에 부착된 보강재로 인한 미관상의 단점이 있고, 이로 인해 눈, 비 등으로 인해 이음새의 파손이 우려될 수 있다. 또한 기준에 시공된 드라이비트와 벽 사이에 공기층이 있다면 외부에 실시한 보강이 무력화 될 수 있을 위험성이 있다<sup>(6)</sup>.

국내의 경우는 ‘건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준(2015)’의 제 7조 화재확대방지구조에서 수직 화재확산 방지를 위해 외벽마감재와 지지구조 사이를 밀실하게 채우고 매 층마다 최소 400 mm 이상을 채웠을 때 화재확대방지구조로 정의하고 있다. 이에 대한 재료의 특성은 1. 한국산업표준 KS F 3504<sup>(7)</sup>(석고 보드 제품)에서 정하는 12.5 mm 이상의 방화 석고 보드, 2. 한국산업표준 KS L 5509<sup>(8)</sup>(석고 시멘트판)에서 정하는 석고 시멘트판 6 mm 이상인 것 또는 KS L 5114<sup>(9)</sup>(섬유강화 시멘트판)에서 정한 6 mm 이상 평형 시멘트판인 것, 3. 한국산업표준 KS L 9102<sup>(10)</sup>(인조 광물섬유 단열재)에서 정하는 미네랄울 보온판 2호 이상인 것, 4. 한국산업표준 KS F 2257-8<sup>(11)</sup>(건축 부재의 내화 시험 방법-수직 비내력 구획 부재의 성능 조건)에 따라 내화성능 시험한 결과 15분의 차염성능 및 이면온도가 120 K 이상 상승하지 않는 재료로 규정하고 있다.

또한, 2015년 10월 국토교통부고시 제2015-744호 ‘건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준’에서는 건축물의 화재발생시 재료에서의 유독가스 발생 및 화재 확산 등을 방지하여 인명 및 재산을 보호하기 위한 목적으로 마감재료의 난연성능 시험방법 및 성능기준, 화재 확산 방지구조의 기준을 명시하고 있다.

**Table 1.** Test Condition of the Cone Calorimeter

Test Method	Test Condition
Heating Method	Radiation, Mass Loss, Smoke Release, CO, CO <sub>2</sub>
Heating System	Cone Heater
Intensity of Radiation	50 kW/m <sup>2</sup>
Heating Time	32 Minutes After Continuous Combustion
Size (W × D × H)	100 × 100 × 50
Flow System	Dynamic (Flow) System
Exhaust Flow Rate	.024 ± .002 m <sup>3</sup> /s

**Table 2.** Characteristics of Various Samples

Division	Sample	Size [mm] (W × D × H)	Weight [g]	Thermal Conductivity [kW/m·K]
Finishing Materials	Dryvit	100 × 100 × 32	81.65	-
Repair Material	Gypsum plaster Board	100 × 100 × 12.5	108.41	.00048
	Mineral Wool	100 × 100 × 50	75.03	.00036
	Ceramic Board	100 × 100 × 32	344.14	.00024
	ALC Panel	100 × 100 × 50	265.61	.00036
	Hard Urethane Foam	100 × 100 × 50	25.47	.00032

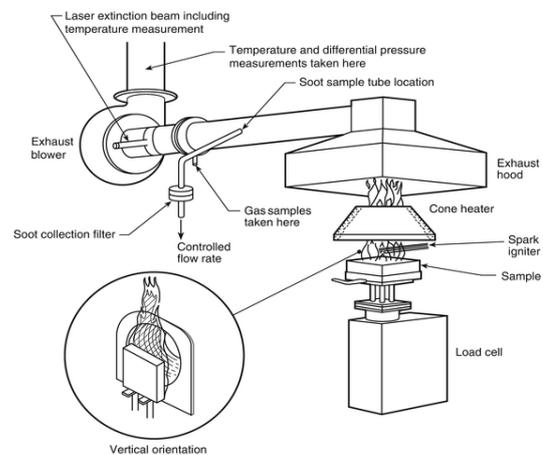
하지만, 대상 건축물의 공법을 고려해 실시하지 않는다면 화재확산 위험성은 낮아지지 않을 것이며 대상건축물의 공법에 따른 보수구법을 고려한 뒤 이에 따른 보수재료를 선정할 필요가 있다.

### 3. 보수보강 재료의 검토

#### 3.1 시험의 개요

본 장에서는 보수재료의 성능을 평가하기 위해 KS F ISO 5660-1[연소성능시험-열 방출, 연기 발생, 질량 감소율-제1부 : 열 방출률(콘칼로리미터법)]의 기준에 의거한 시험을 실시<sup>(12)</sup>하였다. 콘칼로리미터 시험은 실제 화재조건을 가장 잘 모사한 시험방법 중 하나로써 연소 중에 산소 1 kg이 소비되면 13.1 MJ의 열량이 방출된다는 관계를 기반으로 시료에 일정량의 공기를 공급하면서 재료의 연소성을 정확하게 평가할 수 있는 방법이다. 연소특성 시험은 KS F ISO 5660-1의 방법에 의해 Figure 2와 같이 Dual cone calorimeter<sup>(13)</sup> (Fire testing technology)를 이용하여 열유속(Heat flux) 50 kW/m<sup>2</sup> 조건에서 수행하였다.

시험조건은 Table 1과 같다. 온도 23 ± 2 °C, 상대습도 50 ± 5%에서 함량이 될 때까지 유지한 다음 알루미늄 호일로 비 노출면을 감싼다. 시험에 앞서 콘히터의 열량이 설정 값 ± 2% 이내, 산소분석기의 산소농도가 20.95 ± .01%가 되도록 교정하고 배출유량을 .024 ± .002 m<sup>3</sup>/s로 설정하였다.



**Figure 2.** Schematic apparatus of the cone calorimeter<sup>(13)</sup>.

시험편은 유리섬유를 이용하여 높이를 조절하였고, 시험 홀더로는 열전도율이 낮은 세라믹 판을 사용하였다.

또한 시험편의 밀도는 시험을 시작하기 전 부피와 질량을 측정하여 계산하였다. 연소 시험은 불꽃연소가 시작된 이후 1,800 s 경과 후에 종료하였으며, 추가로 120 s간의 데이터 수집시간을 부여하였다. 이외의 변수에 대해서는 KS F ISO 5660-1의 기준에 의거하여 진행하였다.

시험 대상은 Table 2와 같이 건축용 마감재인 드라이비트 및 드라이비트의 보수·보강재료로 규정하고 있는 ‘건축

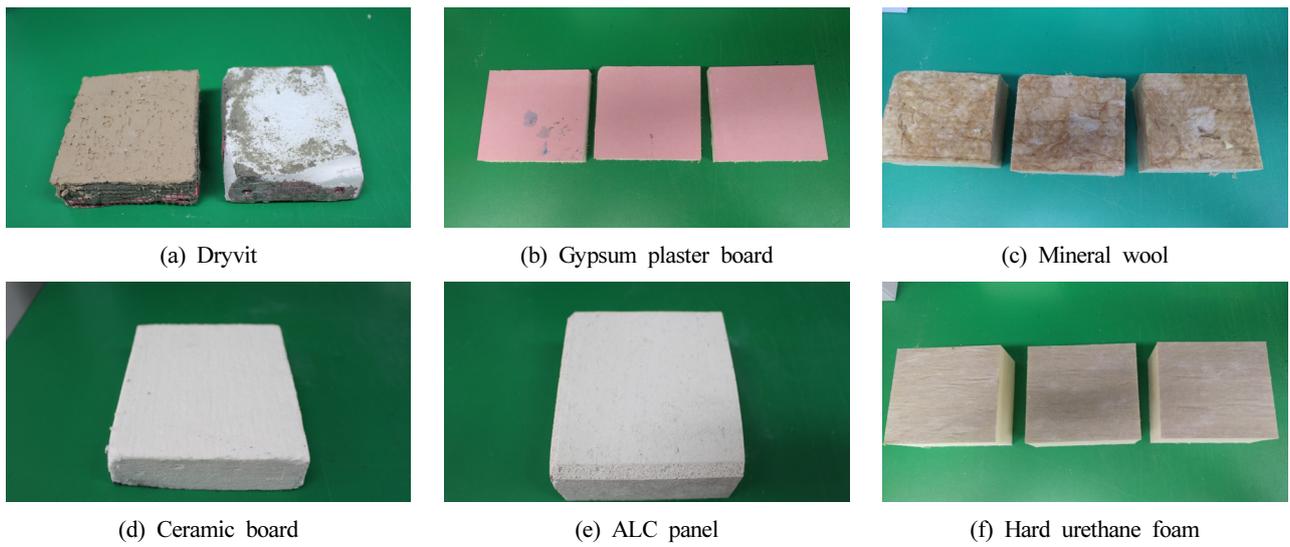


Figure 3. Test samples of cone calorimeter experiment.

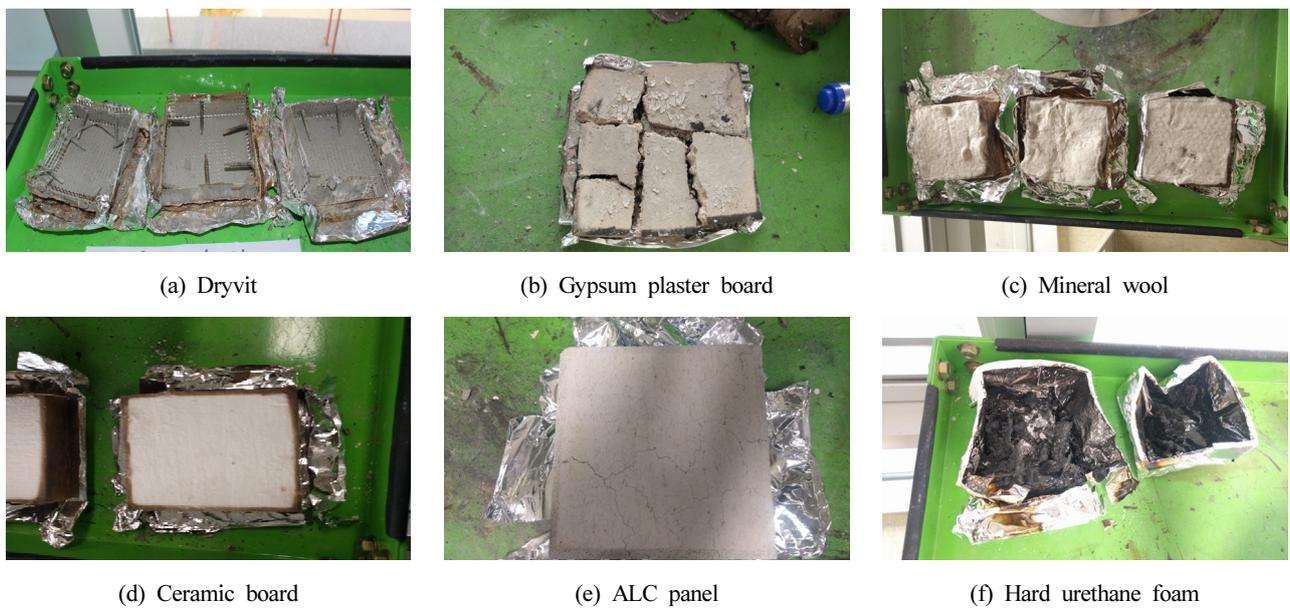


Figure 4. Results of cone calorimeter experiment.

물 마감재료의 난연성능 및 화재확산 방지구조' 제 7조 (화재확대방지구조)의 제 1항 12.5 mm의 방화석고보드와 제 3항의 미네랄울 보온판 2호 등 2개의 재료를 선정하였다.

그리고 추가적으로 시중에서 유통되고 있는 재료 중 단열성능 및 내열성능이 검증되어 있는 ALC 패널, 세라믹보드, 경질우레탄폼 등 3가지의 재료를 추가로 선정하여 같이 총 6 Case의 시험을 실시하였다.

이후 보수재료의 성능을 검증하기 위해 3회씩 시험을 실시하고 착화시간, 총 열방출량, 최대 열방출률, 총 질량 감소량 등에 대한 수치를 측정 한 뒤 이에 대한 평균을 산출하였다.

### 3.2 시험 결과

시험의 시험 전·후의 모습은 Figure 3, 4와 같다. 드라이비트의 경우 단열재가 용융되어 불연재인 유리섬유만 관찰되었다. 방화석고보드의 경우 법규 상 불연재료로 규정되어 있으나 열분해로 인해 작은 힘에도 부서지는 등 내력이 저하되는 현상을 관찰할 수 있었다. 미네랄울의 경우 착화는 발생하지 않았으나 열분해로 인해 재료의 사이에 간격이 발생한 것이 육안으로 관찰되었다. 세라믹보드의 경우 외관상에 특별한 변화가 관찰되지 않았다. ALC패널의 경우 시험 종료 후 균열이 발생하는 것이 육안으로 관찰되었다. 경질우레탄 폼의 경우 시험 종료 후 상당부분의 재료가

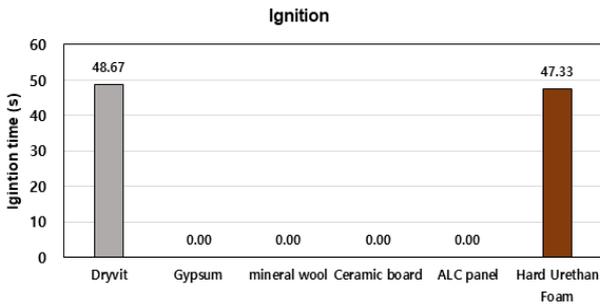


Figure 5. Results of cone calorimeter (ignition time).

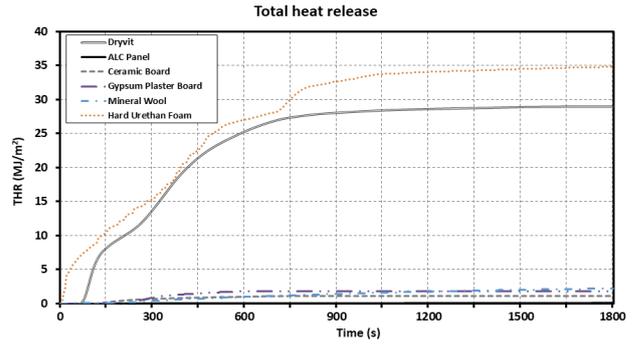


Figure 7. Results of cone calorimeter (THR).

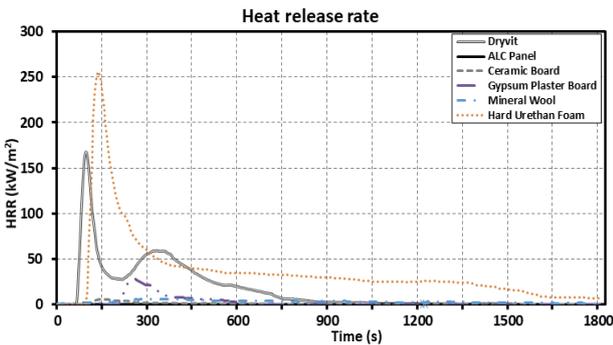


Figure 6. Results of cone calorimeter (HRR).

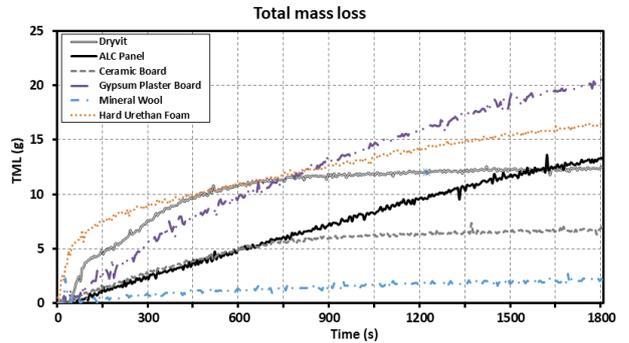


Figure 8. Results of cone calorimeter (TML).

연소되어 잔여물이 대부분 검은색으로 변색되어있는 것을 확인 할 수 있었다.

### 3.2.1 착화시간

드라이비트의 경우 시험시작 후 30 s가 지나자 검은색 연기가 발생하였고, 약 48 s가 지나자 착화되어 시편홀더를 둘러쌀 정도의 화염이 발생하였다. 내부 단열재인 폴리스티렌이 착화되어 발생하는 불꽃 및 연기 등을 고려하였을 때 보강재료는 재료자체의 난연성 이외에도 내부의 단열재의 용융을 방지할 수 있는 충분한 두께와 열전도율이 필요할 것으로 사료된다. 시험결과는 Figure 5와 같다. 드라이비트의 경우 약 48 s, 경질우레탄 폼의 경우 약 47 s에 착화가 발생하는 것으로 확인되었다. 드라이비트와 경질우레탄 폼을 제외한 모든 재료에서는 착화가 발생하지 않았다. 연소 시 착화시간 자체만으로는 큰 의미가 없으나 보수재료로서 검증에 의해 실시한 시험이므로 열방출률 및 질량감소량 등 전반적인 사항을 고려해서 검토할 필요가 있다.

### 3.2.2 열방출률 특성

시편의 단위면적당 열방출률 특성은 Figure 6와 같다. 최대 열방출률은 경질우레탄 폼이 가장 높은 255.89 kW/m<sup>2</sup>로 나타났으며, 드라이비트 183.12 kW/m<sup>2</sup>, 방화석고보드가 28.05 kW/m<sup>2</sup>, 미네랄울 6.65 kW/m<sup>2</sup>, 세라믹보드가 5.65 kW/m<sup>2</sup>, ALC 패널 .98 kW/m<sup>2</sup> 순으로 확인되었다. 경질우레탄 폼의 경우 착화시간에서 확인된 것과 같이 빠른 착화와 더불어

높은 열방출률이 발생하는 것을 통해 화재확대의 위험성이 높을 것으로 사료된다. 또한, 방화석고보드의 경우 착화가 없었음에도 비교적 높은 열방출률이 측정되었다.

총 열방출량의 결과는 Figure 7와 같다. 경질우레탄폼이 34.8 MJ/m<sup>2</sup>, 드라이비트가 29.02 MJ/m<sup>2</sup>, 미네랄울이 2.9 MJ/m<sup>2</sup>, 방화석고보드가 2.2 MJ/m<sup>2</sup>, 세라믹보드가 1.12 MJ/m<sup>2</sup>, ALC패널이 .07 MJ/m<sup>2</sup>로 측정되었다. 특히 경질우레탄 폼의 경우 드라이비트보다 비교적 가벼운 중량인 것으로 측정되었으나 열방출률 및 총 열방출량에서도 높은 수치가 확인되었으며 육안으로 관찰되는 화염의 측정 시간도 가장 길었다. 이외의 방화석고보드, 미네랄울, 세라믹보드, ALC 패널의 경우는 착화의 발생 없이 측정되었다.

### 3.2.3 총 질량 감소량

시편의 총 질량 감소량에 대한 결과는 Figure 8과 같다. 총 질량 감소량은 최초 시험이 종료되는 1,800 s를 기준으로 측정하였으며 시간에 따라 감소량을 그래프로 나타내었다. 측정 결과 방화석고보드 20.83 g, 경질우레탄 폼 16.77 g, ALC패널 13.83 g, 드라이비트 12.47 g, 세라믹보드 6.75 g, 미네랄울 2.8 g 순으로 총 질량 감소량이 측정되었다. 각각의 재료에 대해 살펴보면 초기의 질량감소가 큰 것은 착화가 발생했던 드라이비트와 경질우레탄 폼으로 나타났으며 이는 초기에 큰 열량을 방출하고 급격히 열 방출량이 감소하는 것을 나타낸 것이다. 하지만, 시간이 지남에 따라 미

**Table 3.** Comparison of Mass Reduction Ratio by Material

Sample	Size [mm] (W × D × H)	Weight [g]	Total Mass Loss [g]	Mass Reduction Ratio [%]
Dryvit	100 × 100 × 32	81.65	12.47	15.27
Gypsum Board	100 × 100 × 12.5	108.41	20.83	19.21
Mineral Wool	100 × 100 × 50	75.03	2.8	3.73
Ceramic Board	100 × 100 × 32	344.14	6.75	1.96
ALC Panel	100 × 100 × 50	265.61	13.83	5.21
Urethane Foam	100 × 100 × 50	25.47	16.77	65.84

**Table 4.** Comprehensive Results of Cone Calorimeter

Sample	Ignition Time [s]	Heat Release Rate [kW/m <sup>2</sup> ]	Total Heat Release [MJ/m <sup>2</sup> ]	Total Mass Loss [g]
Dryvit	48.67	183.12	29.02	12.47
Gypsum Board	-	28.05	2.2	20.83
Mineral Wool	-	6.65	2.9	2.8
Ceramic Board	-	5.65	1.12	6.75
ALC Panel	-	.98	.07	13.83
Urethane Foam	47.33	255.89	34.80	16.77

네탈을 제외한 방화석고보드, ALC패널, 세라믹보드의 질량 감소량이 늘어났다. 특히 방화석고보드와 ALC패널의 경우 시간과 관계없이 일정한 속도로 계속 질량 감소가 발생하는 것이 관찰되었다.

연소가 발생하면 열방출이 일어나고 동시에 질량이 감소하게 된다. 질량 감소량이 높은 물질은 그만큼 높은 열을 방출하거나 다량의 연기가 발생<sup>(14)</sup>하기 때문에 가연물의 성장 및 위험성에서 중요한 의미<sup>(15)</sup>를 가지게 된다. 방화석고보드의 경우 시험이 종료된 시점에 열분해로 인해 내력이 저하되어 쉽게 부취지는 모습이 관찰되었으며 ALC패널의 경우 외관부분에서 균열이 발생한 것을 확인할 수 있었다. 특히 이를 Table 3, 4와 같이 최초 중량에 따른 질량 감소량과 비교해보면 열방출률 및 총 열방출량과 별개로 내력의 저하가 발생하는 것을 확인할 수 있으며 열분해와 연기의 발생으로 감소했을 것이라고 추측할 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구는 건축물에서의 화재확대방지를 위한 보수보강 구법과 보수보강의 재료에 관한 기초적 자료를 확보하기 위해 구법에 대한 조사와 드라이비트 및 보수재료 등 6 종류의 시편을 대상으로 콘 칼로미터 시험을 실시하였다.

1. 건축물의 화재확대방지를 위한 보수방법의 경우 건축물 마감재 및 가연성 단열재를 제거하고, 프라이머 및 화스너를 이용하여 단열재를 부착한 뒤 마감을 실시하는 방법

과 표면을 제거하지 않고 기존의 건축물 외벽 바탕면을 시멘트 모르타르를 이용해 면고르기를 실시한 후 그 위에 보강재를 부착하는 방법과 같이 두 가지로 구분할 수 있다. 따라서, 해당 건축물의 기존 시공방법을 고려해 보수방법을 선정할 필요가 있다.

2. 착화시간의 경우 경질우레탄 폼에서 발생했으며 이외의 재료에서는 발생하지 않는 것으로 확인되었다. 열방출률 및 총 열방출량의 경우 역시 경질 우레탄 폼이 가장 높았으며 이후 범규상 불연재료로 규정되어 있는 방화석고보드, 미네랄 울 순으로 나타났다.

3. 방화석고보드의 경우 착화가 발생하지 않았음에도 비교적 높은 수치의 열 방출률이 측정되었으며 이는 질량 감소량 등을 고려해보았을 때 열분해 및 연기의 발생으로 인한 것으로 판단된다. 따라서 이에 대해서 KS F 2257-8(건축부재의 내화 시험 방법-수직 비내력 구획 부재의 성능 조건)을 통해 시험을 진행하고 추가적인 검증이 필요할 것으로 사료된다.

#### 후 기

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원(19AUDP-B100356-05)에 의해 수행되었습니다.

## References

1. Ministry of Land Infrastructure and Transport, "Current Status of Buildings Using Flammable External Materials (Report National Audit Data)" (2018).
2. National Fire Information System, "Combustion Spread Range", <https://www.nfds.go.kr/> (2017).
3. H. J. Ahn, "Fire Safety and External Insulation System in Domestic and Foreign Fire Cases", International Seminar on the Fire Risk and Safety Measures of High-rise Residential Building between Korea-Japan, pp. 97-108 (2017).
4. Y. J. Park and Y. P. Hong, "A Study on the Damaged Pattern of Dryvit by External Flame", The Korean Society of Safety, Vol. 30, No. 6, pp. 40-47 (2015).
5. J. W. Park and N. W. Cho, "A Study on the Cone Calorimeter Evaluation Method of Sandwich Panels", Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 6, pp. 74-82 (2017).
6. Y. J. Kwon, S. H. Jin, B. H. Lee, H. W. Kim, J. W. Han, "A Study on the Prevention of Fire Diffusion in the Rental Housing", Korean Institute of Fire Science & Engineering (2018).
7. KS F 3504, "Gypsum Boards" (2018).
8. KS L 5509, "Gypsum Cement Boards" (2016).
9. KS L 5514, "Fiber Reinforced Cement Boards" (2014).
10. KS L 9102, "Artificial Mineral Fiber Thermal Insulation Materials" (2014).
11. KS F 2257-8, "Method of Fire Resistance Test for Elements of Building Construction - Specific Requirements for Non-Loadbearing Vertical Separating Elements" (2015).
12. KS F ISO 5660-1, "Reaction to Fire Tests - Heat Release, Smoke Production and Mass Loss Rate - Part 1 : Heat Release (Cone Calorimeter Method)" (2008).
13. M. J. Hurley, D. T. Gottuk, J. R. Hall, Jr., K. Harada, E. D. Kuligowski, M. Puchovsky, J. L. Torero, J. M. Watts, Jr. and C. J. Wieczorek, "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 27. The Cone Calorimeter", Springer-Verlag New York, USA (2016).
14. J. W. Lee, B. W. Lee, S. P. Kwon, B. H. Lee, H. S. Kim and H. J. Kim, "Burning Behavior of Flooring Materials in the Cone Calorimeter and Evaluation of Toxic Smoke", Journal of the Korean Wood Science and Technology, Vol. 36, No. 1, pp. 45-53 (2008).
15. B. W. Lee, S. P. Kwon, J. W. Lee, B. H. Lee, H. S. Kim and H. J. Kim, "Evaluation of the Burning Properties of Various Carpet Samples by using the Cone Calorimeter and Gas Toxicity Test", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 23 No. 6 pp. 1-9 (2009).