일반재와 난연재 알루미늄복합패널의 수직화재 성상분석을 위한 실대형시험(ISO 13785-2)에 관한 연구

최취경 · 민세홍^{*†}

가천대학교 건축대학 건축공학과, *가천대학교 공과대학 소방방재공학과

A Study on the Large Experiments (ISO 13785-2) for Vertical Fire Behavior Analysis of Aluminum Composite Panels in General and Flame-retardant Material

Chui-Kyung Choi · Se-Hong Min^{*†}

Dept. of Architectural Engineering, Gachon Univ.

^{*}Dept. of Fire & Disaster Protection Engineering, Gachon Univ.

(Received October 22, 2012; Revised December 7, 2012; Accepted December 7, 2012)

요 약

본 연구에서는 건축 외장재로 많이 사용되고 있는 알루미늄복합패널의 일반재와 난연재에 대한 실제 화재에서의 화재 성상을 분석하기 위하여 실대형 시험(ISO 13785-2)을 수행하였다. 시험결과, 일반재인 경우 최고 온도가 210초에 1,021 °C가 측정되었으며, 난연재는 약 1,200초에 1,190 °C가 측정되었다. 화재성상은 알루미늄복합패널 중 난연재의 경우 착화가 더디게 진행되었으며, 일반재의 알루미늄복합패널은 연소착화와 동시에 화재가 빠르게 확산되었다. 일반재와 난연재의 알루미늄복합패널은 연소착화하는데는 분명한 차이를 보였지만, 일단 착화된 이후에는 수직화염의 확산의 연소형태는 일반재나 난연재 모두 빠르게 수직확산되는 비슷한 양상을 보였다. 이에 본 연구결과, 알루미늄복합패널에 대한 화재위험성을 줄이기 위해서는 난연재 사용을 적극적으로 유도하도록 하며, 또한, 일단 착화 후에는 이를 진압할 외장재 전용 소화설비의 적용이 시급함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this sturdy, large experimental (ISO 13785-2) was performed to analyze the building materials used in fire retardant materials for aluminum composite panel and in general properties. As a results, maximum temperature in the case of the general materials was measured in 210 seconds 1,021 °C, the retardant materials was measured in 1,200 seconds early 1,190 °C. The retardant material of aluminum composite panel, Fire behavior if the ignition is slow and the general materials in aluminum composite panel, fire ignition and combustion at the same time was growing rapidly. The general materials and flame-retardant material of aluminum composite panel was an obvious difference to the combustion ignition but after ignition combustion mode showed a similar pattern of the rapidly vertical spread of flame. The results of this study, in order to reduce the risk of aluminum composite panels for fire and the retardant materials used for ignition the slow should be actively encouraging. Also after the ignition, there is an urgent need to put out a fire in exterior materials for extinguishing facilities.

Keywords : Exterior fire, Vertical flame, Aluminum composite panel, ISO 13785-2

1. 서 론

최근 경제성장과 더불어 다양한 기능을 갖춘 건축물이 증가하고 있다. 특히 다양한 종류의 외장재를 사용함으로써 미관성이 뛰어난 건축물을 선호하는 추세이다. 이에 건축 외장재 중에서도 알루미늄복합패널을 적용한 건축물을

도심지에서 쉽게 찾아볼 수 있다. 건축물 내장재는 건축물 실내마감재료의 난연성능평가 방법 및 기준에 의해서 규제되어지고 있다. 하지만 외장재는 내장재와 같은 평가 기준이 없이 부분별하게 건축물에 적용하고 있다^(1,2,11). 이와 관련하여 외장재에 의한 수직화재의 위험성과 진압방법 등에 대해 이전의 연구를 통해 규명한 바 있다⁽³⁻⁶⁾.

[†]Corresponding Author, E-Mail: shmin@gachon.ac.kr
TEL: +82-10-3735-8159, FAX: +82-31-750-8749

ISSN: 1738-7167
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2012.26.6.092>

현재 국내에서는 건축물의 내·외장재로 알루미늄복합패널이 가장 많이 사용되고 있다. 알루미늄복합패널은 일반재와 난연재 등 2가지 종류로 생산되고 있는데, 일반재는 알루미늄 박판(0.5 mm) 사이에 폴리에틸렌(3 mm)을 내장하고 있으며, 난연재는 미네랄울(3 mm)을 내장한 구조이다^(8,9). 알루미늄은 건축법상 불연재이며, 폴리에틸렌 수지는 에틸렌($\text{CH}_2=\text{CH}_2$)을 중합시켜 얻은 열가소성 수지이다. 폴리에틸렌은 목재와 같은 일반적인 가연성 재료보다 열방출률이 약 3~5배 높아 상대적으로 화재위험도가 매우 높다^(1,2).

일반재와 난연재 알루미늄복합패널은 시공비가 약 5% 차이가 있는데, 대부분이 일반재 알루미늄복합패널로 시공되었고 또한 시공되고 있는 실정이다. 이에 대한 위험성을 규명하고자 콘칼로리미터와 SBI(Single Burning Item)에 의한 중소형시험을 진행하여 열방출률, 총방출열량(THR), 화재확산지수(FIGRA), 최대열방출률(PHRR), 총연기생성률(TSP)과 연기발생지수(SMOGA) 등 연소특성을 비교·분석한 바 있다⁽⁷⁾.

이에 따라 본 연구에서는 중소형시험에서 분석된 결과를 알루미늄복합패널 외장재가 실제 시공되어 설치된 상태에서 화재 시 수직화재확산 등의 실제 화재성상에 국한하여, 알루미늄복합패널의 일반재와 난연재를 건물의 외장재 외벽에 대한 화재 반응 시험(ISO 13785-2)인 실험시험으로 수직화재성상을 비교·분석하였다⁽¹⁰⁾.

2. ISO 13785-2 시험장치

ISO 13785-2 시험은 ISO 9705를 사용하는 평가에 적합하지 않은 외벽 또는 외장 재료를 평가하는 시험방법이다. 건물 외관에 대한 화재 반응 시험 장치로서 창문 통로 및 건물 외관에 직접적 영향을 통하여 나타나는 화염과 내부 구획 화재로부터의 열과 화염에 노출되었을 때의 건물 외관의 외장재료 및 건조물의 화재에 대한 반응을 시험하는 장비이다. 본 장치는 가천대학교 화재·소방과학연구센터가 주관연구기관, 한국건설기술연구원과 한국건설생활환경시험연구원이 협동연구기관으로 참여한 국가 R&D사업인 소방방재청 2010년 차세대핵심소방안전기술개발사업 중 ‘건축물 외장재의 수직화재 확산방지 기술개발’ 과제에 대한 연구 수행 중 외장재 실험장치로 개발하여 제작한 시험장치를 본 연구에 적용하였다.

2.1 화재시험 장치

Figure 1은 외장재 화재시험장치의 구성도이며 Figure 2는 시험장치 사진이다. 구성요소는 주벽시편(메인외관), 측벽 시편(날개), 연소실, 개구부 및 버너(Pipe 4개, 100 mm의 직경 및 3,700 mm, 25 mm 두께의 세라믹 단열섬유로 감싸진 천공된 강철 파이프)로 구성된다. Figure 1에서 1, 2, 3, 4, 5는 각각, 주벽 시편, 측벽 시편, 연소실, 개구부, 가스파이프라인을 의미한다.

Figure 1. ISO 13785-2 diagram.

Figure 2. ISO 13785-2 experimental.

2.2 화원

본 시험에서 사용된 연료원은 프로판이고 연료 유량은 최대 120 g/s이며, 화원의 온도는 800 °C이다. 연소실은 연소를 위한 공기를 허용하고 외관에 화염을 내보내는 메인 외관에서 하나의 구멍만을 가지게 하였다.

2.3 시험체

Figure 3은 본 시험과 관련된 시험체이다. 주벽시편(메인외관)의 크기는 3,000 mm×2,400 mm이고 측벽 시편(날개)의 크기는 1,200 mm×2,400 mm이다.

시험체는 심재가 폴리에틸렌인 일반 알루미늄복합패널과 난연 알루미늄복합패널 2가지 종류의 알루미늄복합패널을 적용하였다. 특히 본 시험에 큰 영향을 미칠 외장재

Figure 3. ISO 13875-2 specimens.

Table 1. Information of Specimens

Type	Materials of inside	Size [mm] (Wide×High)
Aluminum Composite Panels (General)	Polyethylene	3,000×2,400 1,200×2,400
Aluminum Composite Panels (Retardant)	Polyethylene containing flame retardants	3,000×2,400 1,200×2,400

의 설치에 실제 공사현장에서 시공하는 동일한 방법에 의해 시공하였으며, 이를 위해 외장재 시공에 노하우를 보유하고 있는 외장재 시공전문회사의 엔지니어가 직접 시공하도록 하였다. Table 1에 적용한 시험체의 사양을 나타내었다.

3. 시 험

3.1 시험방법

ISO 13875-2를 이용하여 연소시험을 진행하였으며 건축 외장재로 사용되고 있는 알루미늄복합패널에 의한 화재의 위험성을 평가하고자 알루미늄복합패널의 심재를 일반재와 난연재로 나뉘어서 시험을 진행하였다. 시험은 Figure 4의 위치(T₁~T₇)에 열전대 7개를 설치하여 온도분포와 화재성상에 대해 분석하였다. 이때, 연소실의 가스버너에 의해 발생된 화재가 시험장치의 전면 개구부를 통해 분출되는데, 개구부 상단에 설치된 3개의 열전대(T₁, T₂, T₃)에 의해 약 930 °C(조정가능)로 보정(Calibration)하여 플래시오버(Flash over)를 구현하였다.

3.2 시험결과 및 고찰

3.2.1 일반재 알루미늄복합패널의 실험형 연소시험

ISO 13875-2 기준에 의해서 시험을 진행하였으며, Figure

Figure 4. ISO 13875-2 thermocouple point.

5에서는 일반소재 알루미늄복합패널의 시험 진행과정을 나타내었다. 시험은 버너의 작동 후 25분에 시험을 종료하였으며, Figure 5에서 확인할 수 있듯이 약 40초에서 알루미늄복합패널이 표면이 오그라졌다. 그리고 약 100초에서 착화가 이루어졌으며, 착화 후 화염은 수직 연소하여 약 280초에서 화염이 급속히 확산되었다. 시험 시작 후 370초 만에 플래시오버(Flash over)가 발생하여 화염이 대형 콘 중앙까지 치솟았다. 시험 종료 전까지 화염을 알루미늄복합패널 외장재 전체로 확산되면서 외장재 내부 단열재인 폴리에틸렌까지 완전히 전소하였다. 화재시험에 의해 수평 화재 확산은 쉽게 이뤄지지 않지만 수직 화재 확산의 경우 빠르게 진행됨을 알 수 있었다. 또한, 시편의 높이가 4 m 인 점을 고려했을 경우, 실제 건축물에서의 수직화재 확산은 시험결과보다 더 빠르게 진행될 수 있을 것으로 판단된다. 지난 2010년 10월 2일 발생한 부산 우신골든스위트 화재^(3,4)에서 확인한 알루미늄복합패널의 수직화재성상을 본 연구로 증명할 수 있었다. 이러한 시험은 화재조사의

Figure 5. Fire behavior of ISO 13785-2 (aluminum composite panels-general).

Figure 6. Fire behavior of ISO 13785-2 (aluminum composite panels-retardant).

Figure 7. Results of temperature measurements [aluminum composite panel].

재현에 크게 기여할 것이라고 판단된다.

3.2.2 난연재 알루미늄복합패널의 연소시험

ISO 13785-2 기준에 의해서 시험을 진행하였으며, Figure 6의 시험 진행과정을 나타내었다.

난연재 시험도 일반재 시험과 동일하게 25분에 시험을 종료하였다. 가스버너 화염에 의해 약 100초에서 알루미늄복합패널의 표면이 오그라졌다.

그리고 약 280초에서 알루미늄복합패널 외장재 표면에 착화되었다. 일반재와 난연재는 약 180초 정도 늦게 착화되었다. 또한 착화 후 일반재와 동일하게 화염이 급격하게 수직연소하면서 800초에 최성기에 도달하였다.

난연재 알루미늄복합패널의 경우 프로판 버너의 유량이 최대가 되어 외부 화염출화가 최성기에 도달하기 이전에는 급속한 수직화재 확산이 나타나지 않았지만, 그 시점에서 서부터 외부로 출화되는 화염에 의해 연소 반응이 진행되어 수직화재 확산이 진행되었다. 난연재 알루미늄복합패널의 경우 시험 종료 이전에 시험체 상부로 화염이 수직 확대 되었지만 일반재 알루미늄복합패널보다는 화염 전파 속도가 지연되었다.

3.2.3 온도분포

Figure 7은 일반재 알루미늄복합패널과 난연재 알루미늄복합패널의 화재온도곡선을 나타내고 있다. 일반재 알루미늄복합패널의 최고 온도는 하부에 있는 T1 위치에서 210초에 1,021 °C가 측정되었다. T4는 전반적으로 T1에 비하면 온도가 낮게 측정되었는데 그 이유는 화염이 사선으로 연소되면서 T4가 위치한 곳에는 화염의 영향 적어 발생된 결과로 판단된다. 일반재 알루미늄복합패널에서는 외부 화염 출화 시 급속하게 온도가 증가하는 모습을 나타내고 있으며 이 후 시편이 연소된 이후 감소되고 있다. 이는 일정한 연소 확대의 방지 능력이 없이 수직화재 확산이 급속히 진행됨을 나타낸다. 또한, 난연재 알루미늄복합패널의 화재온도곡선에서 최고온도는 일반재와 다르게 T2 위치의 열전대에서 약 1,200초에 1,190 °C가 측정되었다. 난연재 알루미늄복합패널은 일반재 알루미늄복합패널에 비해 낮은 온도값 및 성장률을 보이고 있다.

3.2.4 화재성상

Figure 8과 Figure 9는 시험종료 후 이미지로 일반재와 난연재 알루미늄복합패널 외장재 표면의 연소상태를 파악

Figure 8. Experimental result (aluminum composite panels-general).

할 수 있다.

일반재의 경우 알루미늄복합패널의 연소면적이 난연재보다 넓게 전소됨을 확인할 수 있다. 외장재 표면이 시험체의 상부까지 수직연소하였다. 연소 후 시험체는 화염의 강도에 의해 내부 철골을 제외한 단열재까지 모두 전소한 것으로 판단된다. 난연재인 경우는 일반재와 비교하여 하부쪽 표면은 일반재와 유사하게 전소된 형태를 볼 수 있지만 상부까지는 연소되지 않았다. 이는 일반재보다 난연재의 난연 성분으로 인하여 화염이 확산되는 것을 방지한 것으로 판단된다.

4. 실험대형시험과 중소형시험과의 비교

한국화재소방학회 제26권 제2호에 게재된 ‘난연소재와

Figure 9. Experimental result (aluminum composite panels-retardant).

일반소재 알루미늄복합패널의 연소특성 비교에 관한 실험적 연구’의 결과에서 언급한 바와 같이 콘칼로리미터와 SBI(Single Burning Item) 등 중소형시험으로 각 소재별 연소특성을 비교하여 중소형시험 연구결과에서 열방출률과 화재성장지수 결과로 일반재와 난연재 알루미늄복합패널의 화재위험성을 분명히 밝힌 바 있다⁽⁷⁾. 본 연구인 실험대형시험에서도 앞서 연구한 중소형시험 결과와 같은 화재위험성을 실증하였다. 특히, 실제 건축물 외장재 화재를 현실 그대로 재현했다는 데 큰 의의가 있다고 판단된다. 하지만 본 연구의 결과로 중소형시험에서는 확인할 수 없었던 큰 문제점을 발견하였다. 난연재 알루미늄복합패널은 일반재에 비해 착화가 지연되는 것은 분명하나, 일단 착화 후에는 수직화재의 특성상 화재성상이 일반재 알루미늄복

합패널과 거의 유사하게 빠르게 수직확산된다는 것이다. 제도적으로 난연재 알루미늄복합패널을 적용하도록 함이 화재의 위험성에서 벗어날 수 있는 최선의 방법임을 강조한다.

5. 결 론

본 연구에서는 실험(ISO 13785-2)을 통해 알루미늄복합패널의 일반재와 난연재에 대한 화재성상을 비교·분석하였다. 본 연구를 통해 도출된 결과는 다음과 같다.

(1) 알루미늄복합패널의 열전대에서 측정된 온도를 분석한 결과, 일반재의 경우 최고 온도는 210초에 1,021 °C가 측정되었으며, 난연재는 약 1,200초에 1,190 °C가 측정되었다. 알루미늄복합패널 외장재는 착화 후 연소가 시작되면 1,000 °C 이상의 고온의 화염이 발생하였다.

(2) 중소형시험에서도 확인한 바대로⁽⁷⁾ 실험대형시험에서도 알루미늄복합패널 난연재가 일반재에 비해 착화가 지연됨을 확인할 수 있었다.

(3) 그러나, 일단 착화된 후에는 일반재와 난연재 모두 빠르게 수직연소 확대됨을 확인하였다. 그리고 시험체의 알루미늄복합패널이 연소하면서 발생한 고온의 화염으로 인해 내부 단열재 및 외부 알루미늄 재질이 모두 전소하였다.

(4) 알루미늄복합패널에 대한 화재위험성을 줄이기 위해서는 착화가 더딘 난연재 사용을 적극적으로 유도하도록 관련 법규가 보강되어야 하며, 또한, 일단 착화된 후에 이를 진압할 외장재 전용 소화설비⁽⁶⁾의 적용이 시급함을 알 수 있었다.

(5) 본 연구로 지난 2010년 10월 2일 발생한 부산 우신골든스위트 화재에 대한 일반재 알루미늄복합패널의 수직 화재성상을 재현하여 증명할 수 있었다. 이러한 시험은 앞으로 화재조사에 크게 기여할 것이라고 판단된다.

감사의 글

이 논문은 가천대학교 교내과제(GCU-2012-R194)에 의해 연구된 결과임.

참고문헌

1. S. H. Min and J. E. Yun, "A Study on the Modeling Vertical Spread Fire of Exterior Panel by Fire Dynamic Simulation (FDS)", Journal of the Korea Safety Management & Science, Vol. 11 No. 2, pp. 77-85 (2009).
2. S. H. Min, J. E. Yun, M. S. Kim and S. B. Choi, "A Study on the Fire Characteristics of Aluminum Composite Panel by Large Scale Calorimeter", Journal of Korea Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 24, No. 2, pp. 89-96 (2009).
3. S. H. Min and J. M. Lee, "A Study on Concurrent Fire Appearance through Openings", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 2, pp. 90-96 (2012).
4. S. H. Min, "A Study on the Evacuation Risk of Simultaneous Fires from Exterior", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 4, pp. 48-54 (2012).
5. S. H. Min, M. S. Kim, Y. J. Jang, J. C. Sa, Y. J. Bae and J. M. Lee, "A Study on the Development of a Head for Prevent the Fire Spread Exterior", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 113-119 (2012).
6. S. H. Min, J. E. Yun, J. S. Sun, S. H. Jeong, C. H. Chea and S. J. Kim, "Research for the Configuration of the Outside Sprinkler System", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 102-112 (2012).
7. S. H. Min, J. E. Yun and M. S. Kim, "An Experimental Study on Combustion Characteristics of Aluminum Composite Panels for Flame Retardant and General Materials", Journal of Korea Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 2, pp. 105-111 (2012).
8. J. E. Yun, "A Study on the Upper Combustion Expansion of Aluminum Composite Panel by Fire", Kyungwon University of Master's thesis (2009).
9. S. H. Min and M. S. Kim, "A Study on the Fire Risk Assessment of EIFS by Cone Calorimeter Test & Single Burning Item Test", Journal of the Korea Safety Management & Science, Vol. 12, No. 1, pp. 1-9 (2010).
10. K. W. Park and H. S. Im, etc., "Study on Correlation between Flashover and Smoke Production Rate in Real Scale Reaction-to-fire Test", Journal of Korea Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 23, No. 2, pp. 289-296 (2009).
11. O. S. Kweon, Y. H. Yoo, H. Y. Kim and S. H. Min, "An Experimental Study on Fire Safety Performance of Glass Wool Sandwich Panel", Journal of Korea Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 5, pp. 21-27 (2012).