



BS 8414를 적용한 외단열시스템의 건축용접착제 연소확대에 관한 연구

Combustion Extension of Expansion Architectural Bond for EIFS with BS 8414

최지훈* · 조경숙** · 채승언***

Choi, Ji-Hun*, Cho, Kyung-suk**, and Chae, Seung-un***

Abstract

The flammable exterior material installed on the outer wall of a piloti structure is a major cause of fire spread because such fires are transferred in a short time, and they cannot be extinguished after ignition. An external insulation system is composed of various materials; hence, individual fire safety must be secured for each component. This study performed the cone calorimeter and real-scale fire tests of BS 8414 for the adhesives used in construction (e.g., adiabatic system). The heat release rate for the organic adhesive was 17.5 MJ/m², while that for the inorganic adhesive was 14.0 MJ/m². The obtained results showed that only the inorganic adhesive passed the tests.

Key words : Architectural Bond, External Insulation Finishing System, BS 8414, Fire Spread

요 지

필로티 구조의 외벽에 설치되는 가연성 외장재는 화재가 단시간에 전이되며 내부 착화 시 소화가 불가능하여 화재 확산의 주된 원인으로 대두되고 있다. 외단열시스템(EIFS) 경우 단일재료로 구성된 것이 아닌 다양한 자재들로 구성된 시스템인 만큼 각 구성요소 등에 대한 개별적인 화재안전성 확보가 이뤄져야 한다. 본 연구에서는 외단열시스템 등 건축용 접착제에 대하여 콘칼로리미터시험과 실대형 BS 8414의 비교시험을 실시하였다. 열방출률의 경우 유기접착제 17.5 MJ/m², 무기접착제 14.0 MJ/m²로 나타났으며, 실대형 외장재 시험 결과, 무기접착제만 시험기준을 통과하였다. 접착제의 구별에 따라 열방출률 및 화재확산에 차이가 있다는 것을 확인하였다.

핵심용어 : 건축용 접착제, 외단열 시스템, 외장재 실대형 시험, BS 8414, 연소확대

1. 서 론

최근 주거공간의 특징은 세대 각 구성원간의 자동차 사용이 대중화되고 이로 인한 자동차의 수요와 소비가 증가하면서 1층을 주차공간으로 사용하는 필로티구조가 주를 이루고 있다. 국토교통부의 “지역별 필로티 건축물 추정현황”에 따르면 필로티구조 건축물은 2017년 11월 기준 전체 710만

여동 중 3.3%인 23만 6,810동으로 나타났다(MOLIT, 2017). 또한 2017년 기준 전국 30층 이상 고층건축물은 총 2,315동이 며, 이 중 135동이 가연성 외장재를 사용한 것으로 전수조사 결과에 확인되었다(MOLIT & NFA, 2017).

필로티구조는 사방이 개방되어 있어 급격한 화재 확산으로 인해 대형화재로 이어질 가능성이 매우 높다. 최근 발생한 의정부 대봉그린아파트 화재(2015.1), 제천 스포츠센터 화재

*교신저자, 정회원, 한국건설기술연구원 화재안전연구소 연구원(Tel: +82-31-369-0530, Fax: +82-31-369-0540, E-mail: choijihun@kict.re.kr)

Corresponding Author, Member, Researcher, Fire Research Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**정회원, 한국건설기술연구원 화재안전연구소 수석연구원(E-mail: kscho@kict.re.kr)

Member, Senior Researcher, Fire Research Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

***정회원, 한국건설기술연구원 화재안전연구소 수석연구원(E-mail: seungun.chae@kict.re.kr)

Member, Senior Researcher, Fire Research Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

Table 1. Pilotis Building Presumptive Status by Region

City · Province	Whole	Pilotis Building Presumptive	Proportion	Pilotis Building Presumptive Status	
				Residential Buildings	Non-Residential Buildings
Nationwide	7,108,562	236,810	3.30%	200,588	36,222
seoul	612,345	46,608	7.60%	42,165	4,443
Busan	370,073	14,067	3.80%	10,622	3,445
Daegu	254,118	15,869	6.20%	14,286	1,583
Incheon	219,359	14,562	6.60%	12,206	2,356
Gwangji	141,642	5,754	4.10%	4,946	808
Daejeon	133,602	7,026	5.30%	6,153	873
Ulsan	135,314	10,712	7.90%	9,521	1,191
Sejong	33,480	1,303	3.90%	1,188	115
Gyeonggi	1,143,256	44,040	3.90%	36,559	7,481
Gangwon	401,350	5,353	1.30%	3,751	1,602
Chungbuk	381,976	6,751	1.80%	5,344	1,407
Chungnam	521,868	10,703	2.10%	8,826	1,877
Jeonbuk	444,066	9,127	2.10%	7,619	1,508
Jeonnam	635,312	4,817	0.80%	3,338	1,479
Gyeongbuk	802,961	18,583	2.30%	16,078	2,505
Gyeongnam	708,605	17,395	2.50%	14,561	2,834
Jeju	169,235	4,140	2.40%	3,425	715

(2017.12), 오산 다가구주택 화재(2018.4)가 모두 필로티구조에 해당된다. 필로티구조 화재 중 주된 원인으로 건물 외벽에 설치되는 가연성외장재가 대두되고 있다. 이는 화재로 인해 단시간에 전이되며 내부 착화 시 소화가 불가능하여 더 큰 피해를 초래하는 위험성이 있다.

이에 국내법에서는 의정부 대봉그린아파트 화재 이후 범위를 확대하여 6층 이상의 건축물에 가연성 외부 마감재료 사용을 제한하고 있으며, 추후에 3층 이상 건축물과 피난에 불리한 이용자들이 이용하는 건축물로 기준을 대폭 강화하는 방안을 고려중이다.

건축물의 마감재료에 대한 기준은 “건축물의 피난·방화 구조 등의 기준에 관한 규칙”에서 정하고 있으며 단열재, 도장 등 코팅재료 및 그 밖에 마감재료를 구성하는 모든 재료를 포함하고 있다.

그러나 외단열시스템(External Insulation Finishing System, EIFS)의 경우 단일재료로 구성된 것이 아닌 구조체, 단열재, 유리섬유(메쉬), 접착제, 마감재 등 다양한 자재들로 구성된 시스템이다. 이런 각 구성요소 등이 화재확산 위험요소가 될 수 있기 때문에 개별적인 화재안전성 확보가 이뤄져야 한다고 판단된다.

외단열시스템에서 단열재 및 유리섬유를 부착하기 위해 사용되는 접착제는 유기와 무기로 나뉜다. 접착제의 접착성, 경제성, 시공성 등의 이유로 유기접착제가 보편적으로 사용되고 있다. 하지만 국내법에서는 마감재료에 대한 규정은

명시하고 있지만, 단열재 및 유리섬유 시공 시 필수적으로 사용되는 접착제에 대한 규정은 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 외단열시스템 중 건축용 접착제에 대한 연소확대 위험성을 판단하고자 시험을 실시하고자 한다. 국내법에서 규정하는 마감재료에 대한 난연등급 분류 방법에 의한 콘칼로리미터시험(KS F ISO 5660-1, 2018)과 국내에는 아직 기준하고 있지 않은 실대형 외장재 시험인 BS 8414시험을 통하여 결과를 비교하였다.

2. 건축용 접착제 화재확산 성능 평가

2.1 연구 동향

국내법에 따라 건축물의 마감재료는 3단계의 난연등급으로 구분하고 있으며, 콘칼로리미터(KS F ISO 5660-1)를 통한 소형시험(100 × 100 mm)의 열방출률을 이용하여 난연재료 등급을 분류하고 있다. 최근까지 콘칼로리미터를 이용한 다양한 재료의 연구가 진행되었다.

Kim et al. (2013)은 현재 건축물 외장재로 널리 쓰이는 복합 패널을 종류별로 구분하고 널리 사용되는 접착제를 5가지 선정하여 NES 713에 따른 독성가스 분석을 수행하였다.

Kim et al. (2017)은 단열재를 통한 연쇄반응 속도와 규모 등 연소형상을 판단하기 위해 연소실험체트를 제작하여 진행하였다. 또한, 유기·무기접착제에 대한 한계산소지수 및 콘칼로리미터를 진행하였으며, 접착제의 도포방식에 따

른 연소형태를 살펴보기 위한 실험을 진행하였다.

Park and Cho (2017)는 현장에서 사용되는 유기·무기 단열재를 이용하여 콘칼로리미터시험과 가스유해성시험을 진행하였다. 또한, 각각의 시험방법에 따라 시편의 천공 유무가 다르게 적용되고 있는 점을 고려하여 복합자재의 형태로 시험한 경우와 패널천공으로 심재 노출을 통한 가열 시험의 위험성을 비교 평가하고 평가 방안을 제시하고자 하였다.

Cho et al. (2017)은 외장재를 통한 화재 확산의 위험성을 평가할 수 있는 제도적인 기준 미흡을 지적하며, 국외에서 시행하고 있는 외장재의 실대형 시험 방법 등을 비교하여 실험을 진행하였다. 이를 통해 시험체의 크기, 화원의 크기 등에 있어 차이가 발생하였고, 시험 결과값에 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

2.2 콘칼로리미터 시험(KS F ISO 5660-1)

국내 건축법에서 규정하는 건축물 마감재료의 난연등급은 난연, 준불연 및 불연 3가지로 구분된다. 국토부 고시(2016-744호)에 따라 가로 100 mm, 세로 100 mm, 두께 50 mm의 소형시편으로 이뤄지는 콘칼로리미터법은 실제 화재 조건을 가장 잘 묘사한 시험방법이다. 재료의 착화성, 열방출률, 화염전파 및 연소가스의 유해성을 평가할 수 있는 단일재료에 대한 효과적인 평가방법이다. 콘시험의 특징은 산소소모율법의 원리를 이용하여 열방출률을 계산하는 것이다. 콘 형태의 히터를 이용하여 50 kW/m²의 열유속으로 복사열을 가하고, 전기 점화원을 이용하여 시편에서 발생하는 가연성 기체에 화염을 착화시키는 방식이다. 다음 Fig. 1은 KS F ISO 5660-1 시험에 사용된 콘칼로리미터 장비이다.



Fig. 1. KS F ISO 5660-1 Cone Calorimeter Apparatus

2.3 외부 마감재 실대형 시험

현재 국내에서는 가연성 외장재 실물화재시험에 대한 규정이 부재한 실정이다. 이에 외장재의 화재 확산을 평가할

수 있는 국외 규격을 조사하였으며, 이 중 영국 기준인 BS 8414-1 (2017)을 통하여 시험을 진행하였다.

BS 8414-1 Fire performance of external cladding systems Part 1: Test method for non-loadbearing external cladding systems applied to the masonry face of a building의 시험장치는 연소실과 두 개의 Wall (main face, wing)로 구성되어있다. Fire source는 Timber crib(50 mm × 50 mm × 1000 mm 150 sticks, 50 mm × 50 mm × 1500 mm, 100 sticks)을 이용하여 화재의 크기를 재현하였으며, 점화는 헵탄을 이용하여 착화를 진행하였다. 외벽 마감 시스템의 평가기준은 영국의 화재시험 기관 Building Research Establishment (BRE)에서 발행한 BR 135 Fire Performance of External Thermal Insulation for Walls of Multistorey buildings에 따라 평가하였다. 점화 후 30분까지 시험을 진행 후 시험체에 손상이 가지 않는 범위내에서 연소실(combustion chamber)부위만 소화가 이루어지고 이후 30분 동안 시험체의 상태를 관찰하여 총 60분 동안 시험을 진행하였다.

3. 소형시편 및 실대형 시험 계획

3.1 시험체 제작 및 설치

접착제를 제외한 동일한 단열재, 유리섬유망, 표면 마감재로 시험체를 제작하여 소형시편과 실대형 방식의 시험을 진행하였으며 이들 결과값을 비교하였다.

3.1.1 콘칼로리미터 시험체 제작 및 평가 방법

시공방법은 준불연등급을 획득한 PF board 위에 유기·무기접착제를 각각 바른 후 유리 섬유망을 보강하고 표면 마감재로 구성하였다. 시험방법은 KS F ISO 5660-1에 따라 10분간 시험체를 가열하여 총열방출량(THR)이 8 MJ/m² 이하이고, 최대열방출률(Peak HRR)이 10초 이상 연속으로 200 kW/m²를 초과하지 않고, 시험체에 구멍이 생기지 않는 조건에서 합격여부가 판단된다. 시험에 사용된 시편의 크기는 Table 2와 같으며, Fig. 2는 외단열시스템에 동일한 공법으로 적용되었으며, 콘칼로리미터 시험기준에 맞게 제작한 소형시편이다.

Table 2. Material Size

Devision		Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	Weight (g)
EDT Bond	1	100.7	101.5	55.8	69.0
	2	101.7	102.5	56.1	66.2
	3	101.6	103.3	55.9	69.2
ISO Bond	1	101.9	101.6	55.0	60.0
	2	101.0	102.1	55.4	58.4
	3	103.6	101.2	56.5	62.6



Fig. 2. KS F ISO 5660-1 Test Specimen

3.1.2 외단열시스템 시험체 제작 및 평가 방법

시험체는 Fig. 3과 같이 바탕재를 설치 후 단열재(PF board)를 유기·무기 접착제를 각각 이용하여 부착하였으며, 그 위에 유리섬유를 전면에 부착시킨 후 마지막으로 표면 마감재를 이용하여 제작하였다.

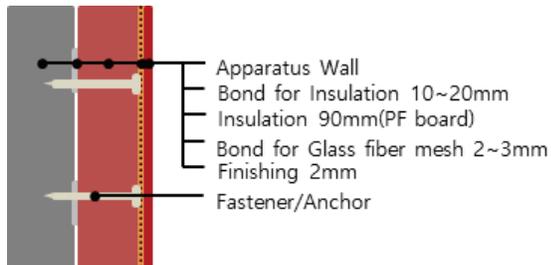


Fig. 3. Schematic for PF Board with EDT Bond



Fig. 4. BS 8414 Test Specimen

동일한 단열재에 각각의 접착제를 BS 8414 규격에 맞게 시험체를 제작하였으며, 이는 Fig. 4와 같다. BS 8414에서 규정하는 위치에 따라 층별로 각각 8개의 열전대를 설치하였다. Level 1은 개구부 상단에서 2,500 mm 위치에서 main wall 5 포인트와 wing 3 포인트, Level 2는 개구부 상단에서 5,000 mm 위치에서 내·외부 각각 8 포인트를 측정하였다. BR 135에 따라 시험 시작 후 Level 1에서 200 °C에 도달하는 시점을 화염이 개구부 상단으로 출화된 것으로 판단하여

시간 측정을 시작한다. 이후 Level 2에서 600 °C에 도달하는 시간이 15분을 경과하는 경우 화재 확산이 이루어지지 않은 것으로 판단한다.

3.1.3 유기 및 무기 접착제 물성

건축용 접착제로 많이 사용되는 유기·무기 접착제를 각각 선정하였으며 접착제 별 조성비는 다음과 같다. Table 3을 살펴보면 유기접착제(EDT)의 주성분은 백운석과 이산화규소의 광물성분이 높은 비율을 차지하며 접착력 강화를 위해 16~18% 플라스틱 계열의 에멀전수지가 사용되었다. 반면에 Table 4에서는 무기접착제(ISO)의 주성분은 포틀랜드 시멘트와 이산화규소로 구성되었으며 마찬가지로 접착력 강화를 위해 8~11% VAE가 함유되었음을 나타내고 있다.

Table 3. Material Composition and Content of EDT Bond

Material Composition	Content (wt%)
Water	6-9
Acryl Emulsion	16-18
Rutile (TiO ₂)	0-1
Limestone	8-10
Dolomite	40-45
Silicon Dioxide	15-18
etc	1-5

Table 4. Material Composition and Content of ISO Bond

Material Composition	Content (wt%)
Water	9-12
VAE (Vinyl Acetate-Ethylene Emulsion)	8-11
Silicon Dioxide	45-50
Portland Cement	25-10
etc	1-5

4. 시험 결과

4.1 콘칼로리미터 시험

Table 5는 PF board에 유기접착제(EDT), PF board에 무기접착제(ISO)의 시험결과이다. 유기접착제의 경우 시작 직후 약 38초에 화염이 발생하였으며 약 6분 이내에 소멸하였다. 무기접착제의 경우 시작 직후 50초 내에 화염이 발생하였으며, 약 6분 이내에 화염이 소멸하였다.

Figs. 5 and 6은 유기·무기 접착제의 HRR 및 THR을 측정한 그래프이다. 두 시편 모두 10분 이내에 8 MJ/m²을 초과하였고, 유기접착제는 17.5 MJ/m², 무기접착제가 14.0 MJ/m²로 준불연성기준을 통과하지 못한 것으로 나타났다. 이 차이는 초기 화재가 연소실에서 출화하여 상부로 확산될 때 걸리는 시간에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되며, 접착제의 종류에 따라 열방출률 및 총열방출량의 차이를 확인하였다.

Table 5. The Result of Cone Calorimeter Test

Test Sample		Cone Calorimeter Test Result			Fire Class
		Ignitoin (sec)	Flame out (sec)	THR (MJ/m ²)	
					10 min
PF board with EDT Bond	1	49	274	14.9	Ordinary (Combustible)
	2	34	323	12.8	
	3	33	272	14.4	
PF board with ISO Bond	1	48	273	19.0	Ordinary (Combustible)
	2	43	364	15.4	
	3	48	275	18.1	



Fig. 5. HRR & THR Graph of PF Board with EDT Bond

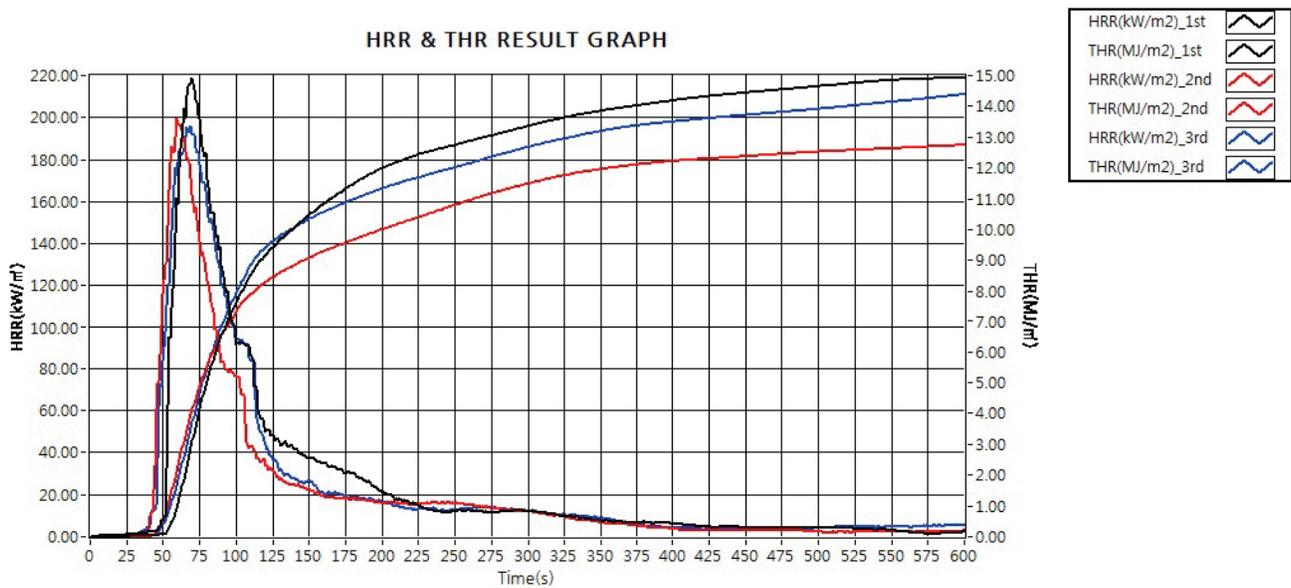


Fig. 6. HRR & THR Graph of PF Board with ISO Bond

4.2 외장재 실험

BS 8414-1의 시험방법에 따라 설치된 두 시험체는 동일한 단열재에 접착제의 차이를 두어 제작하였으며, BR 135의 평가기준에 따라 외단열시스템의 내·외부의 화재확산을 평가하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다. 시험 전 시험체 별로 5분동안 시작 온도(Start Temp)의 평균값을 산출하였으며, 점화 후 Level 1에서 시작 온도를 초과하여 200 °C를 30초 동안 유지한 시작 시간(Start Time)을 측정하였다.

Table 6. Test Results According to BR 135

Performance Criteria	PF board with EDT Bond	PF board with ISO Bond
Start Temp. (Ts, °C)	27.7	24.5
Start Time (ts, min)	3:10	3:47
Internal Fire Spread Time	4:15	pass
External Fire Spread Time	7:25	pass

유기접착제(EDT)의 경우 점화 후 3분 10초에서 229.3 °C를 초과하고, 30초 동안 유지하며 시험이 시작되었다. 무기접착제(ISO)는 3분 47초에 시작 온도 224.2 °C에 도달하여 시작하였다. 두 접착제 모두 4분 내의 시간에서 시작 온도에 도달하였다.

시작온도 도달 후 15분 이내에 Level 2에서 600 °C를 넘어가는 경우 화재 확산으로 판단하며 시험은 불합격으로 판단한다. 유기접착제(EDT)는 7분 50초에 600 °C에 도달하였고, 급격한 외부 화염확산으로 실험실 내부의 위험 발생을

우려하여 시험을 조기에 종료하며, 내부 단열재의 화재 확산을 확인하지 못하였다. 무기접착제(ISO)는 시작온도 도달 후 시험이 진행되는 15분간 600 °C를 초과하지 않았으며, 내·외부 화염 확산이 이루어지지 않은 것으로 판단하였다. 다음 Table 6은 접착제의 종류에 따라 진행된 실험 외장재 시험결과이다.

Fig. 7은 시간 경과에 따른 시험체별 연소상태를 나타낸 것이다. 유기접착제를 사용하였을 때 Level 2의 온도가 600 °C에 도달 시 화염의 크기는 시험체 전체 높이에 닿을 만큼 화염이 확산되었고, 이때의 시간은 7분 25초이다. 이에 반해 무기접착제를 사용한 시험체의 경우 약 19분이 경과함에도 불구하고 Level 2까지 화염이 전파되었을 뿐 급격한 온도 변화는 나타나지 않았다. 이 같은 차이점은 PF보드와 유리섬유망의 접착성능을 높이기 위해 사용한 유기접착제(EDT)가 빠르게 연소함으로 인해 외부 화재 확산이 이루어졌기 때문이다.

반면에 무기접착제(ISO)의 경우 포틀랜드 시멘트 및 규사 등 광물 성분의 무기화합물이 사용됨으로써 외부 연소 확대가 지연된 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 최근 증가하는 필로티구조의 외벽에 설치되는 드라이비트 외장재에서 단열재 및 유리섬유 시공 시 필수적으로 사용되는 접착제에 대한 연소확대를 파악하고자 하였다. 국내법에서 규정하는 콘칼로리미터시험과 실험형 외장재 시험인 BS 8414의 비교시험을 통하여 화재위험성을 파악하였고 결과는 다음과 같다.

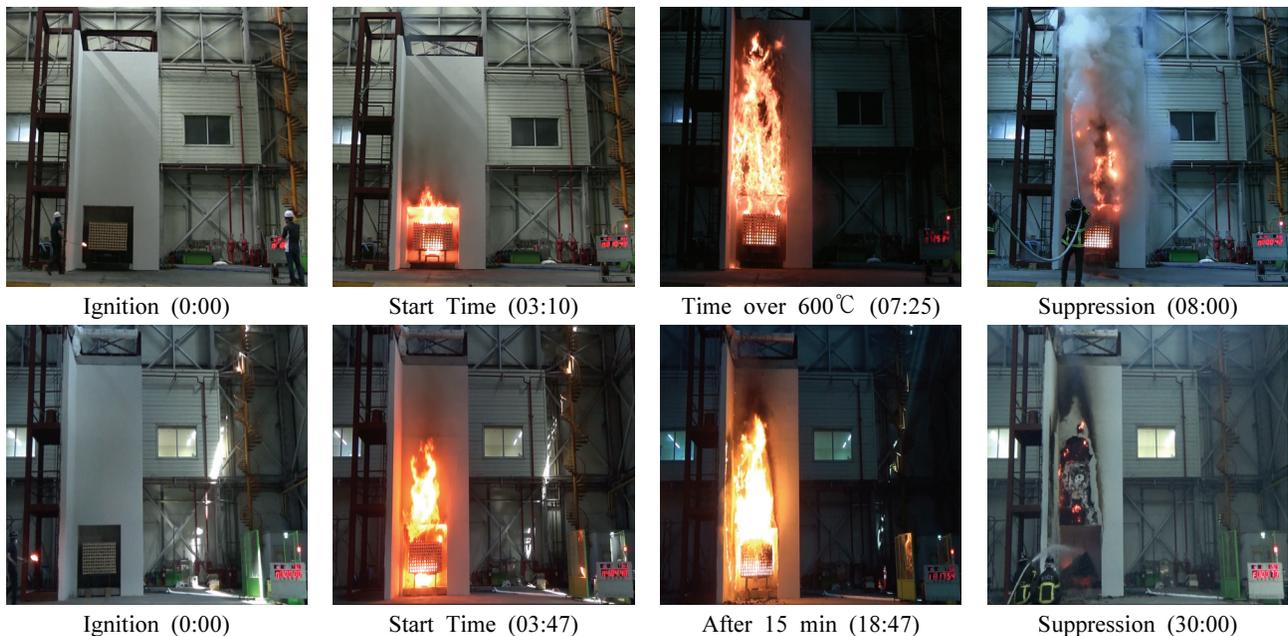


Fig. 7. Test of EIFS with EDT & ISO Bond

- (1) 콘칼로리미터 시험 결과, 동일한 PF board 단열재에 유기접착제와 무기접착제를 이용하여 시편을 제작하였고, 두 시편 모두 준불연 시험기준에 미달되었다. 유기접착제는 17.5 MJ/m², 무기접착제가 14.0 MJ/m²로 나타났으며, 이 차이는 초기 화재가 연소실에서 출화하여 상부로 확산될 때 걸리는 시간에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 접착제의 종류에 따라 열방출률 및 총열방출량에 차이가 있다는 것을 확인하였다.
- (2) 실대형 외장재 시험 결과, 유기접착제는 7분 50초에 600 °C에 도달하였고, 8분경에 급격한 화염 전파로 내부화염확산을 확인하지 못하고 소화작업을 시행하였다. 무기접착제는 시작온도 200 °C에 도달 후 시험이 진행되는 15분간 600 °C를 초과하지 않았으며, 내·외부 화염 확산이 이루어지지 않은 것으로 판단하였다.
- (3) 현행 건축법에서는 마감재료에 대한 규정은 명시하고 있지만, 단열재 시공에 필수재료인 접착제에 대한 규정은 없는 실정이다. 접착제의 경우 외장재 내부에서 연소 확대가 시작되며 소방관의 소화 작업 시 물이 내부로 침투하지 않기 때문에 소화에 큰 어려움이 있다. 따라서, 마감재료 중 건축용 접착제의 별도의 난연등급 판정기준이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원 (18AUDP-B100356-04)에 의해 수행되었습니다.

References

BS 8414-1:2015+A1:2017. (2017). *Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems applied to the masonry face of a building*. British Standards Institution.

BS 8414-2:2015+A1:2017. (2017). *Fire performance of*

external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems fixed to and supported by a structural steel frame. British Standards Institution.

Cho, K.S, Chae, S.U, Choi, J.H., and Kim, H.Y. (2017). A study on comparison test for application of a full-scale fire spread test method of external cladding system of building. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 17, No. 3, pp. 1-10.

Kim, W.J., Park, Y.J., Lee, H.P., Lim, S.H., and Kim, J.I. (2013). A study on the toxicity analysis of combustion gases of architectural surface materials and architectural adhesives. *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 28, No. 4, pp. 48-52.

Kim, M.G, Heo, J.P, Choi, W.S., and Lee, J.S. (2017). Effects on combustion of extruded polystyrene by organic and inorganic adhesives. *Journal of Fire Investigation Society of Korea*, Vol. 8, No. 3, pp. 35-51.

KS F ISO 5660-1. (2018). 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).

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2017) *Pilotis building presumptive status by region*.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) & National Fire Agency (NFA). (2017). *High-rise building fire safety measures*.

Park, J.W., and Cho, N.W. (2017). A study on the cone calorimeter evaluation method of sandwich panels. *Fire Science and Engineering*, Vol. 31, No. 6, pp. 74-82.

<i>Received</i>	November 19, 2018
<i>Revised</i>	November 23, 2018
<i>Accepted</i>	November 30, 2018