

외단열시스템에 적용한 드렌처설비의 화재성능에 관한 실험연구

An Experimental Study for the Fire Performance of EIFS with a Drencher System

최지훈* · 최수환** · 조경숙*** · 채승언****

Choi, Jihun*, Choi, Suhwan**, Cho, Kyungsuk***, and Chae, Seungun****

Abstract

The exterior insulation finish system, in which insulation is installed on the outer wall of the building, is widely used due to its ease of construction and the effect of a shorter working period. However, the combustible insulation installed in the external insulation system is vulnerable to fire due to the sudden flame propagation in the event of a fire. For this reason, the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport is carrying out support projects to strengthen the fire stability for buildings vulnerable to fire. In this study, the performance of the drencher system was evaluated through a large-scale exterior material experiment in a building equipped with a drench system. When a flammable insulation material was used as EPS, the fire spread to the inside and outer side of EPS after 530 s and 540 s of ignition, respectively, and the results of this experiment did not meet the performance evaluation criteria. When the drencher system was installed under the same conditions as stated above, the fire spread to the outside after 266 s of ignition, and this experiment satisfied the performance evaluation criteria.

Key words : Exterior Insulation Finish System, Fire Safety Performance Retrofit, Drencher System

요 지

건물 외벽에 단열재가 시공되는 외단열시스템은 시공의 용이성 및 공사기간 단축 효과로 인해 널리 사용되는 공법이다. 그러나 외단열시스템에 설치되는 가연성 단열재는 화재 시 급격한 화염전파의 특성 상 화재에 취약하다. 이러한 이유로 국토교통부에서는 화재취약요인을 갖춘 기존건축물의 화재안전성능강화를 위하여 지원 사업을 실시하고 있다. 본 연구에서는 제시된 보강공법 중에서 드렌처설비의 성능을 확인하고자 실험형 외장재 실험을 통해 검증하였다. 일반 EPS의 경우 점화시간을 기준으로 503초에 화염이 EPS 내부로 확산되었고, 540초에 마감재 외부로 화재 확산이 이루어지며 성능평가기준에 미달되었다. 동일한 조건에 드렌처설비를 설치한 경우 266초에 시작시간에 도달하였으며, 성능평가기준에 만족하였다.

핵심용어 : 외단열시스템, 화재안전성능보강, 드렌처설비

1. 서 론

건물의 외벽에 단열재를 시공하는 외단열시스템(Exterior Insulation Finish System, EIFS)은 널리 사용되고 있는 공법

중 하나이다. 외단열 방식은 내단열에 비해 면적산출에 유리하여 면적 확보에 효율적이며, 공사기간 단축과 원가 절감에 효과가 있다. 또한 열교를 차단하여 결로로 인한 곰팡이 억제와 단열효과 증대에 따른 에너지 절감도 본

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

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

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

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

****교신저자, 정회원, 한국건설기술연구원 화재안전연구소 수석연구원(Tel: +82-31-369-0549, Fax: +82-31-369-0540, E-mail: seungun.chae@kict.re.kr)

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

시스템의 특징이다.

그러나 외단열 방식을 위해 사용되는 가연성 단열재는 화재 시 빠르게 외벽을 통해 화염이 확산되므로 화재에 취약하다. 이러한 문제점 보완을 위해 외벽방호용 드렌처설비의 중요성이 두각 되고 있다. 드렌처설비란 방화지구 내 건축물 외벽 창문 등에 설치하여 인접건물간의 화재확산 방지조치를 위해 사용되는 설비를 말한다(Kim, 1994).

건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙에 따르면 2015년 의정부 대봉그린아파트 화재 이후 대상 범위를 확대하여 6층 이상의 건축물에 가연성 외부 마감재료 사용을 제한하였다. 이후 건축물 화재안전기준은 지속적으로 강화되었으며, 그 범위를 확대하여 3층 이상 건축물로 규정하는 방안이 통과되어 2020년 시행예정에 있다(Choi et al., 2019).

최근 대형 화재 피해 사고는 대부분 기준강화 이전의 건축물에서 발생함에 따라, 국토교통부에서는 기존 건축물의 화재안전성능강화를 위하여 지원 사업을 시행하고 있다. 기준강화 이전의 기존건축물 중 화재에 취약한 건축물을 대상으로 화재 취약정도, 이용자 특성, 건물의 노후도, 수용 규모, 공법의 타당성, 공사비의 적정성을 평가하여 선정하고 있다. 선정된 건축물은 구조형태에 따라 화재안전성능 보강 공법 등이 적용되며 항목은 다음 Table 1과 같다.

이에 본 연구에서는 화재취약요인을 갖춘 기존 건축물의 화재안전성능 향상을 위해 국토교통부에서 제시하고 있는 보강공법 중 드렌처설비의 화재 진압 및 제어 성능을 실험형 실험검증 방법인 BS 8414-1을 통하여 검증하고자 한다.

2. 드렌처설비의 구성

2.1 드렌처설비 작동 방식

드렌처설비는 Fig. 1과 같이 외부로 배관을 설치하여 헤드를 노출시키기도 하는데 대부분 외관상의 이유로 내부에 배관을 설치하고 외부에는 헤드만 노출시키도록 하고 있다. 설비 방식은 스프링클러설비 또는 물분부소화설비와 동일한 방식을 사용하고 있으며, 일반적으로 준비작동식 및 일제 개방밸브의 기동방법과 동일한 형태를 갖는다.

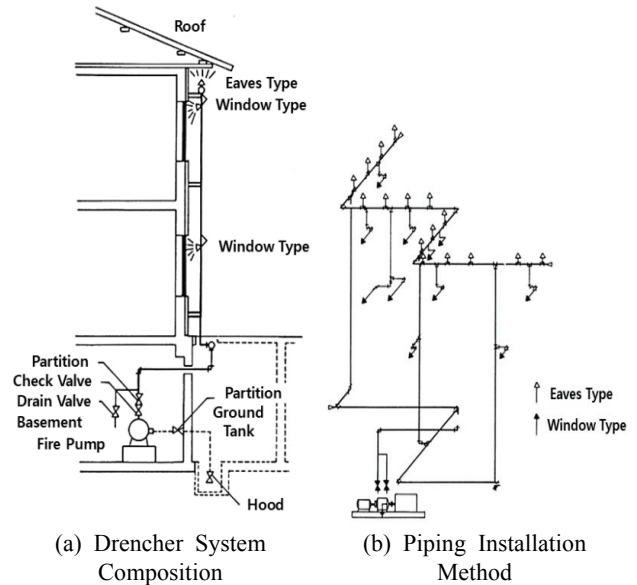


Fig. 1. Schematic of the Drencher System

Table 1. Fire Safety Performance Retrofit Method

Division		Note	
Mandatory	First-floor Piloti Open Parking Garage Structure Building	First-floor Piloti Open Parking Garage Ceiling Reinforcement	Normal
		(Upper on the first floor) Application of Type Horizontal Flame Barrier Cantilever (0.8 m)	Choice 1 Required
		(Upper on the first floor) Application of Vertical Flame Barrier (Rock Wool 2.5 m)	
		(All floors) Application of External Wall Semi-Non-Combustible Material	
		(All floors) Application of Fire Spread Prevention Structure (Resistance to Flame Finish + Noncombustible Material zone)	
	Roof Drencher System		
General Building	Installation of a Simple Sprinkler System	Applicable Use	
Applicable		Installation of a Simple Sprinkler System	Required Selection of Non-pilotis General Building
		Installation of An External Exit Stair	All Floors
		Installation of A Fire Door	
		Installation of A Top-Down Emergency Exit	

외벽에 개방형 드렌처헤드를 설치할 경우 일제개방밸브를 사용하기 때문에 오작동으로 인한 수손피해를 고려하여 교차회로 방식의 화재감지시스템과 연동되도록 설치되는 것이 일반적이다. 화재 발생 시 교차회로 감지기 작동 또는 수동 조작으로 수신반에 신호가 전달되어 작동하게 되며 작동 순서는 Fig. 2와 같다(Min et al., 2012).

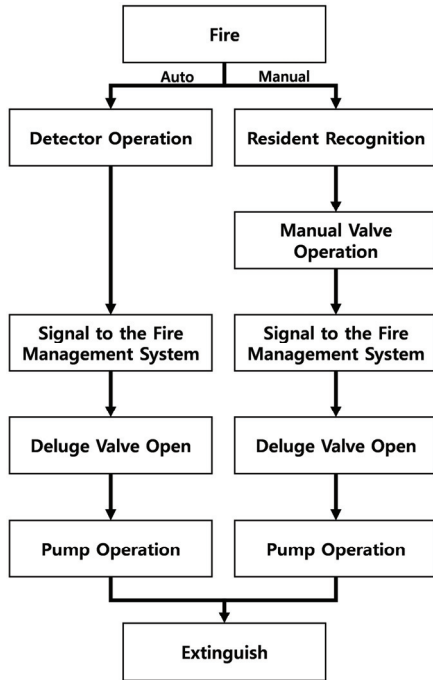


Fig. 2. Flow Chart

2.2 선행 연구 고찰

국내의 드렌처설비에 대한 기준은 건축법과 소방법에서 다루고 있으며 방화지구 내 인접건물간의 화재확산 방지 조치를 위해 연소할 우려가 있는 개구부에 설치하도록 하고 있다. 헤드설치 높이, 수원, 방수량 및 방수압 등을 제시하고 있지만 실질적으로 현장에 적용하여 사용함에 있어 드렌처설비의 상세기준은 미흡한 실정이다.

스프링클러의 화재안전기준(NFSC 103) 제 15조에 따르면 드렌처 헤드는 개구부 위측에 2.5 m 이내마다 1개를 설치하도록 규정하고 있지만 이는 건물 내부 및 외부 설치에 대한 정확한 제시가 없으므로 현장에 혼선을 줄 수 있다.

Mun (2018)은 드렌처설비가 적용된 현장설치 사례 조사와 소방종사자를 대상으로 한 설문조사를 실시하였으며, 국·내외 법 규정 검토 및 선행연구 분석을 실시하였다. 종사분야별 드렌처 헤드의 적정 설치위치로 건물의 외벽에 설치하는 방안의 찬성여부 조사에 따르면 168명 중 58%에 해당하는 94명은 외벽 설치에 찬성하였으며 14%에 해당하는 23명은 점검유지관리 및 제품의 수명 등의 이유로 외벽설치를 반대하였다.

Choi and Cho (2016)은 재래시장을 대상으로 좁은 간격으

로 설치되어 있는 점포의 화재확산을 방지하기 위하여 수막설비의 소화능력을 감안한 수막설비의 설치 지침을 제시하였다. 재래시장에 대한 정보수집(화재하중, 점포배열, 점포 크기 등), 헤드수의 계산, 수적과 감쇠율과의 관계파악, 헤드배열 및 설치의 순으로 제안하였다. 제시한 수막설비 설치지침에 의하여 헤드를 배열한 경우, 복사 감쇠율은 50% 이상으로 확인되었다.

Min et al. (2012)은 건축물 외장재 화재 시 수직화재에 대해 화염의 수직 확산 방지 및 지연을 위한 외벽방호 스프링클러 설비 구성에 관하여 연구하였다. 외벽방호 스프링클러설비의 유용성 평가를 위해 실험실실험을 실시하여 외벽의 냉각효과와 화재의 지연을 확인하였다.

상기와 같은 논문을 살펴본 결과 드렌처설비를 실대형 건축물의 외벽에 적용하여 드렌처설비의 화재진압성능을 실험적으로 규명한 논문은 없는 실정이다.

3. 드렌처설비의 실대형 실험

3.1 기준 및 장치

3.1.1 실험기준

본 연구에서는 기존건축물을 재현하기 위하여 건축법에 제한되지 않은 일반 EPS를 사용한 경우와 화재확산방지 보강공법의 일환으로 드렌처설비를 설치한 경우를 비교하였다. 두 실험체 모두 기존건축물의 외장재 설치 방식과 동일한 형태로 설치하였다. 실험방법으로는 외벽 마감 시스템의 화재안전성을 평가하는 BS 8414-1을 사용하였으며 실험장치는 Fig. 3과 같다(Choi et al., 2019).



Fig. 3. BS 8414 Test Specimen

3.1.2 성능 평가 기준

실험장소의 주변온도를 나타내는 시작온도(Start Temperature, T_s)를 측정하기 위하여 점화 전 5분간 Level 1 8개 열전대의 평균온도를 측정하였다. 시작시간(Start Time, t_s)은 시작온도 (T_s)+ 200 °C 이상 유지하는 시점을 기준으로 하였다. 시작시간 이후 15분 이내에 Level 2의 어느 한 지점에서 열전대의 온도가 600 °C 이상에 도달하면 외부 화재 확산이 이루어진 것으로 판단한다. 내부열전대도 마찬가지로 600 °C 이상 도달되는 시점을 기준으로 내부 화재 확산을 판단한다.

3.1.3 온도 측정

온도 측정을 위하여 K-type 열전대를 사용하였으며, BS 8414-1의 실험법에 의거하여 건물의 약 1층 높이(연소실 상부 끝단에서 2,500 mm)에 해당되는 Level 1과 건물의 약 2층 높이(연소실 상부 끝단에서 5,000 mm)에 해당되는 Level 2에 열전대가 설치된다. 다음 Fig. 4에 표시한 바와 같이 각 열전대는 일정 간격을 두어 설치된다. Level 1은 Main wall 5곳, Wing 3곳으로 총 8개소에 설치되며 실험체 외부 표면 온도를 측정한다. Level 2는 외부 및 내부에 설치되며 외부는 Level 1과 동일하고 내부는 단열재의 중앙부에 설치된다.

3.2 실험 방법

3.2.1 기존건축물의 외단열시스템 화재실험

기존강화 이전의 기존건축물을 재현하기 위하여 건축법에 제한되지 않은 일반 EPS를 단열재로 사용하였으며, 실험체 단면은 Fig. 5와 같다. 단열 기준 또한 기존 건축물의 열관류율을 기준(2017년 개정 이전)으로 125 mm를 적용하였다(Choi et al., 2019).

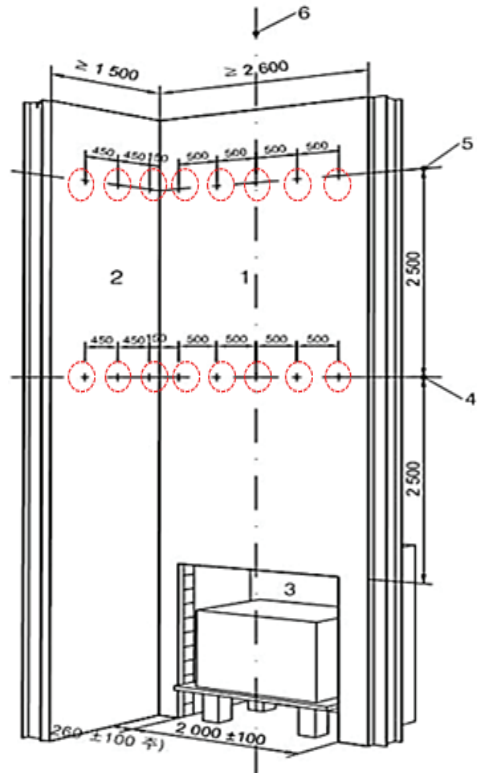


Fig. 4. Location of Thermocouples

3.2.2 드렌처설비를 적용한 외단열시스템 화재실험

기존건축물의 외단열시스템과 비교하여 드렌처설비의 화재확산방지 성능을 확인하기 위해 다음 Fig. 6과 같이 드렌처설비를 설치하였다. 3.2.1의 실험과 동일한 조건으로 EPS 단열재를 시공하고 Main Wall과 Wing의 상부에 드렌처설비의 전용 헤드를 설치하였다. 실험에 사용된 드렌처설비의 경우 스프링클러의 화재안전기준(NFSC 103)에 따라 설치하였다.

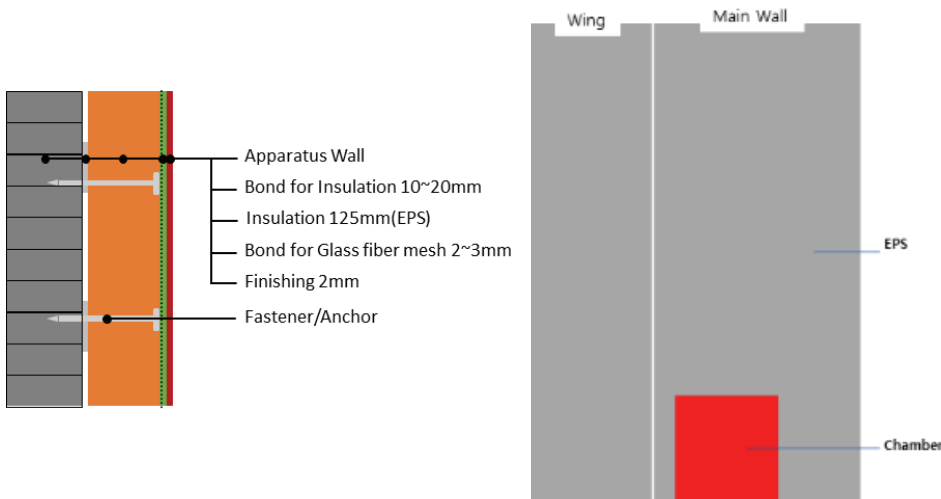
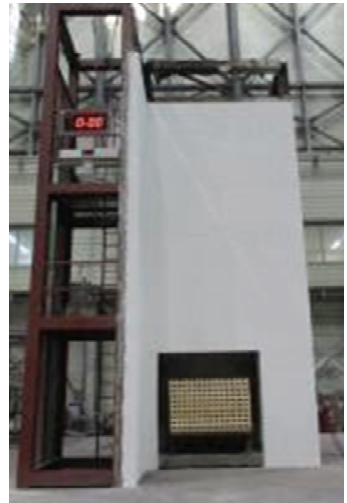


Fig. 5. Section & Elevation of EIFS



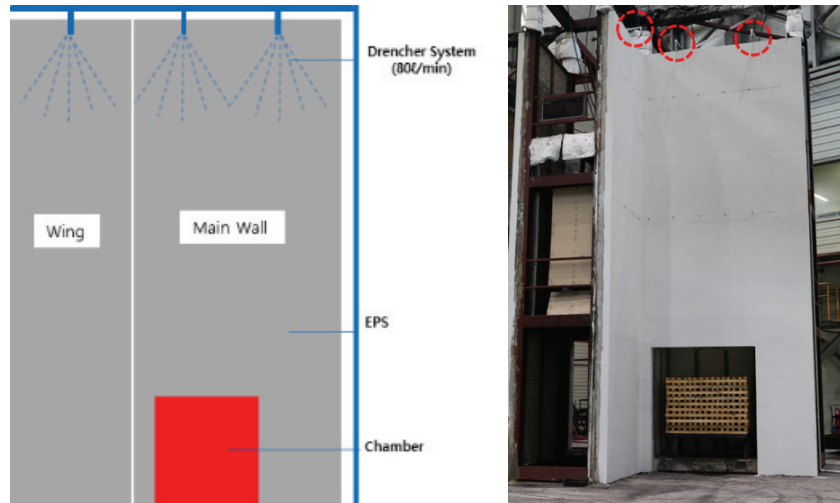


Fig. 6. Section & Elevation of EIFS with Drencher System

헤드는 드렌처 전용헤드를 사용하였으며, 헤드가이격거리 기준에 따라 개구부 위측 2.5 m 이내 마다 1개를 설치하는 기준에 맞춰 Main Wall (2.6 m)에 2개, Wing (1.5 m)에 1개를 설치하여 NFSC 103에 제시하고 있는 기준을 적용하였다. 방수량의 경우 80 ℓ/min으로 실험을 진행하였으며, 드렌처설비의 수원 수량은 스프링클러 적정 저수량에 함께 사용됨으로 작동 후 20분 후 저수량 한계의 조건으로 45 ℓ/min으로 감소하여 작동하였다. 방수압의 경우 NFSC 103에 의거하여 0.1 MPa 이상으로 발수하였고, 실험 20분 경과 시점에서 저수위 한계를 가정하여 0.05 MPa로 분무량 조절한 후 실험을 진행하였다. 다음 기준에 따라 Fig. 6과 같이 드렌처설비를 적용하여 실험체를 제작하였다.

3.3 결과 및 검토

3.3.1 기존건축물의 외단열시스템

기존건축물의 외단열시스템은 점화 후 111초에 200 °C로 시작시간(t_s)에 도달하였으며, 이를 기준으로 419초, 점화시간을 기준으로 530초에 600 °C를 초과하며 내부 화재확산이 이루어졌다. 540초에는 외부 화재 확산이 이루어져 소화를 진행하며 실험을 종료하였다. 점화 시간을 기준으로 270초에 266 °C를 초과하며 Wing으로 화염이 확산되었고, 321초에 600 °C를 초과하며 외부 확산이 이루어졌다. 약 380초에 표면마감재가 탈락하기 시작하였으며 402초에 실험체 최상부로 화염이 확대되면서 내부 단열재의 연소로 인해 검은 연기가 다량 발생하였다.

Figs. 7, 8에 나타낸 바와 같이 Level 2에 설치된 내·외부 열전대 확인 결과, 점화 후 360초까지 지속적으로 온도가 상승하여 약 400 °C를 초과하다 상부로 불꽃이 출화된 시점에 온도는 전체적으로 떨어지는 현상이 나타났다(Cho et al., 2020).

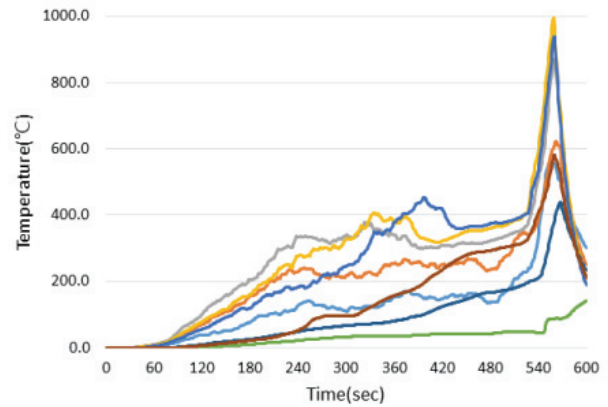


Fig. 7. External Temperature Elevation at Level 2 EIFS 1

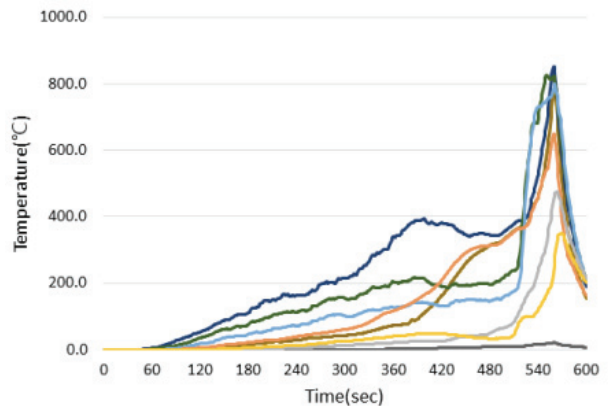


Fig. 8. Internal Temperature Elevation at Level 2 of EIFS 1

이러한 온도변화 현상은 Figs. 9, 10에서 보이는 바와 같이 실험체 최상부에서 화염이 분출되는 시점에 내부단열재가 용융되어 생긴 천공을 통하여 화염이 분출되면서 내부의 온도가 감소된 것으로 판단된다. 감소하던 온도는 약 2분 후에 단열재 전체로 확대된 화염으로 인하여 급격

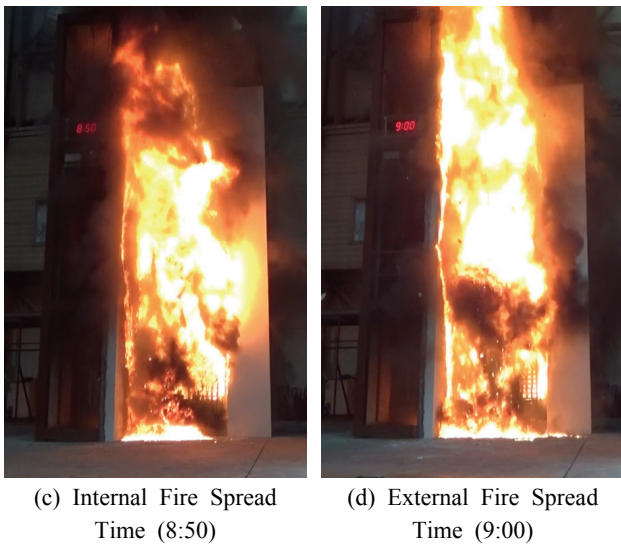
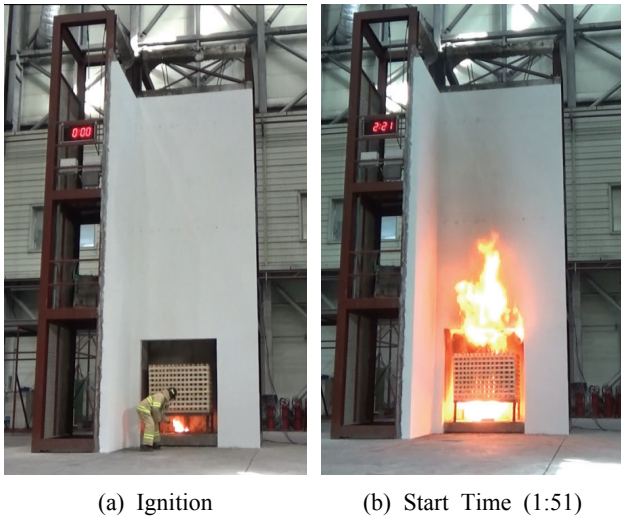


Fig. 9. Test results of EIFS 1

하게 온도가 상승하게 되며 내·외부로 화재확산이 이루어졌다.

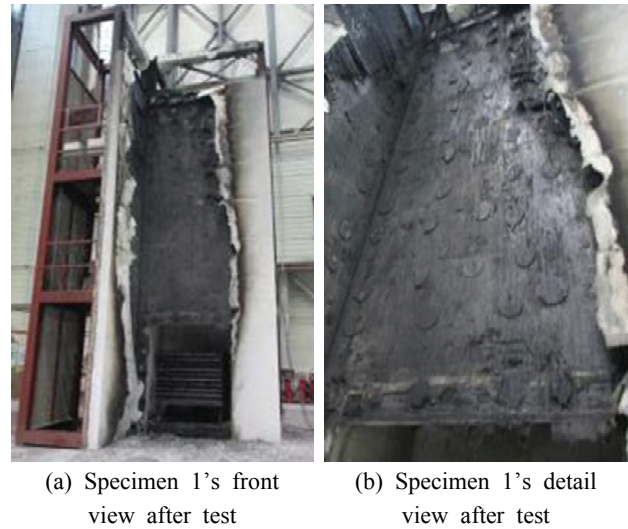


Fig. 10. EIFS Damaged Figure After Test

3.3.2 드렌처설비를 적용한 외단열시스템

드렌처설비를 적용한 외단열시스템은 점화 후 236초에 시작시간(t_s)에 도달하였으며, 드렌처설비 작동시점은 점화 기준 200 °C에 도달한 후 60초 후 296초에 작동하는 것으로 가정하였다. 시작시간에 도달하는 시간에서 60초 더하였으며, Figs. 11, 12에 나타난 데이터의 시작시간과 실험체에 설치된 현장측정 시간과는 다소 차이가 발생하였다.

방수량 80 l/min에서 20분간 작동한 후 수위 저수위의 한계를 가정으로 45 l/min으로 줄여서 작동하도록 설정하였다. 실제로 현장에서 드렌처설비의 경우 스프링클러설비와 동일한 수위를 사용하기 때문에 저수위 경보는 드렌처설비의 단점으로 지적되고 있다. 저수위 경보로 인한 방수압 감소 기준은 NFPA 13 (2019)에 따라 헤드의 방수압을 최소 0.5 bar (0.05 MPa) 이상의 규정을 적용하였다.

Min (2012)은 실물 실험을 통하여 0.05 MPa로 방수압을 낮춤으로서 헤드에서의 방사 시 소화수가 외벽을 타고 용이

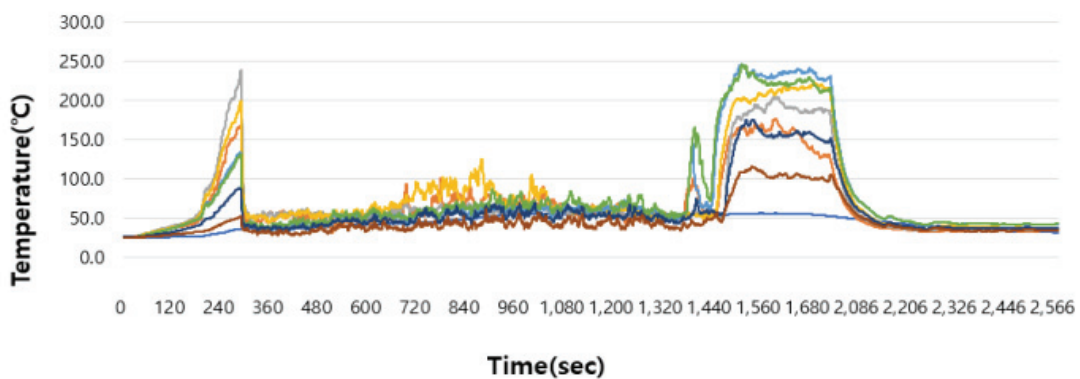


Fig. 11. External Temperature Elevation at Level 2 of EIFS with Drencher System

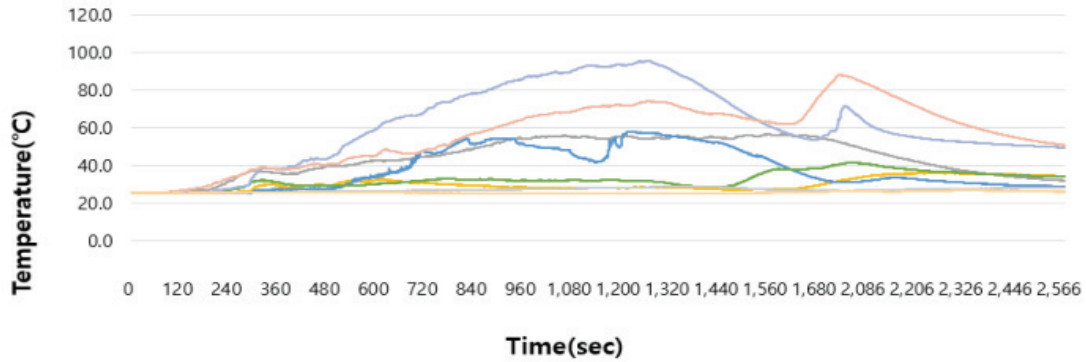


Fig. 12. Internal Temperature Elevation at Level 2 of EIFS with Drencher System

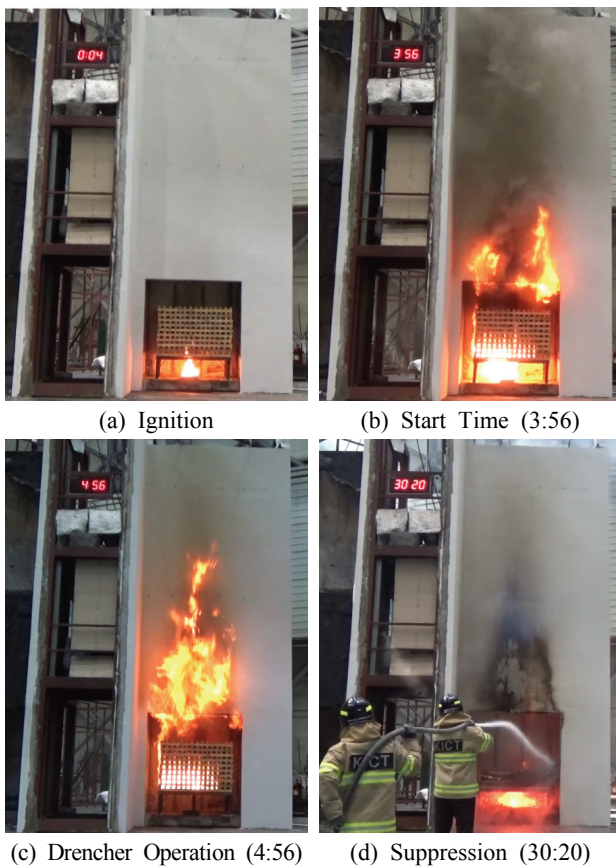


Fig. 13. Test Results According to Time of EIFS with Drencher

하게 흘러내리는 것을 확인하였다. 저수위 한계를 가정으로 분무량을 조절한 후 다소 온도가 상승하였으나 약 250 °C로 높지 않았으며 실험 종료시점까지 비슷한 온도를 유지하다가 점화 후 30분경과 시점에서 성능 평가 기준을 만족하며 실험이 종료되었다.

상승하던 온도는 드렌처설비의 작동 이후 100 °C 이하로 감소하였으며 저수위 경보시점까지 온도변화는 나타나지 않았다. 본 실험을 통하여 드렌처설비가 외벽에 냉각효과를 나타내며 화재안전성능강화에 효과가 있는 것으로 확인하였다.

실험 종료 후 Figs. 13, 14에서 보는 바와 같이 Level 1 하단으로 외부 마감재가 불에 의해 다소 소훼된 것을 확인할 수 있으며, 드렌처 헤드를 통해 발수된 물로 인하여 내부 마감재까지 화염이 번지지 않은 것을 확인하였다.

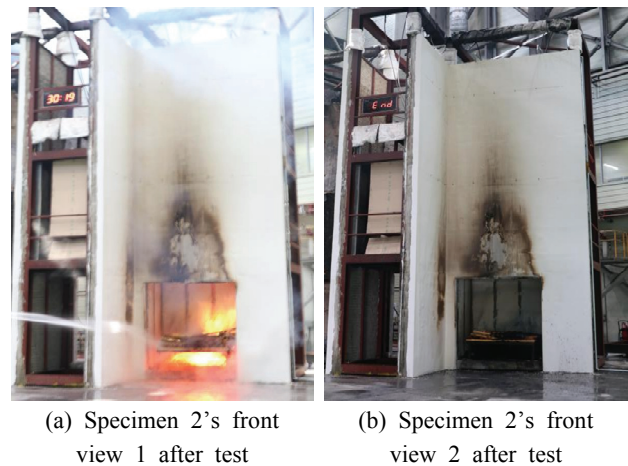


Fig. 14. EIFS with Drencher Damaged Figure After Test

4. 결론

기존 건축물의 가연성 외부 마감재 화재 확산 방지를 위한 보강공법 중 드렌처설비의 화재 확산 지연 효과를 실험을 통해 확인하였으며 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 비교 실험을 통하여 건축법 규제에 벗어나는 기존 건축물의 난연 등급 외 단열재가 적용된 외단열시스템은 화재에 매우 취약한 것을 확인하였다.

둘째, 저수위 경보로 인하여 방수압을 0.05 MPa로 조절한 경우 0.1 MPa과 비교하였을 때 충분한 냉각효과를 확인하였다. 현재 드렌처설비 사용함에 있어 수원 확보 문제를 해결하기 위하여 현장 조건에 맞게 방수압을 감소하여 작동하는 방안도 고려할 수 있다.

셋째, 드렌처설비가 저수위 경보로 인하여 방수량이 저감

되었을 때 약 250 °C까지 온도가 소폭 상승하였지만 외벽을 타고 흐른 소화수에 의해 다시 온도가 상승하는 것을 막아주는 것으로 확인하였다. 즉, 드렌처설비를 적용한 경우 기존건 축물의 외단열시스템과 비교해 냉각효과와 화재 확산 지연 효과가 있는 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원 (20AUDP-B100365-06)에 의해 수행되었습니다.

References

Choi, J.H., Cho, K.S., and Chae, S.U. (2019). Combustion extension of expansion architectural bond for EIFS with BS 8414. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 19, No. 1, pp. 153-159.

Choi, J.U., and Cho, S.W. (2016). The water curtain installation guideline for fire spread prevention in market. *Korean Journal of Air-Conditioning and*

Refrigeration Engineering, Vol. 28, No. 7, pp. 269-274.

Kim, J.J. (1994). *The encyclopedia of construction plan (上)*. Korea Dictionary Research Publishing.

Min, S.H., Yun, J.E., Sun, J.S., Jeong, S.H., Chea, C.H., and Kim, S.J. (2012). Research for the configuration of the outside sprinkler system. *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 26, No. 1, pp. 102-112.

Mun, C.H. (2018). *A research study to improve drencher equipment to prevent fire related combustion from spreading to nearby buildings in fire prevention zones*. Master's thesis, Pukyong National University.

NFPA 13. (2019). *Standard for the installation of sprinkler systems*. National Fire Protection Association.

Received	March 24, 2020
Revised	March 25, 2020
Accepted	April 22, 2020