

[Research Paper]

## 랙크식 물류창고의 스프링클러설비 소화성능에 관한 실험연구

최기옥 · 최돈묵<sup>\*†</sup>

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원 선임연구원, \*가천대학교 설비·소방공학과 교수

## Experimental Study on the Suppression Performance of Sprinkler Systems in Rack-type Warehouses

Ki-Ok Choi · Don-Mook Choi<sup>\*†</sup>

Senior Researcher, Fire Insurers Laboratories of Korea

<sup>\*</sup>Professor, Dept. of Building Equipment System & Fire Protection Eng. Gachon Univ.

(Received February 25, 2019; Revised May 7, 2019; Accepted May 9, 2019)

### 요 약

랙크식 창고 내에는 화재하중이 높은 물품이 수직으로 조밀하게 적재되어 있어 창고의 내부에서 화재가 발생하는 경우 현재의 스프링클러설비에 의해 유효하게 소화되기 어렵다. 이에 본 연구에서는 실물 규모의 랙크 구조물을 구축하고, 구조물 내부의 스프링클러헤드 종류 및 배치에 따른 화재실험을 통해 스프링클러설비에 의한 소화유효성을 확인하였다. 본 연구를 통하여 랙크식 창고의 내부의 화재를 유효하게 진압하기 위해서는 방수량 115 LPM 이상의 스프링클러헤드를 사용해야 하며, 동 스프링클러헤드를 높이 기준이 아닌 랙크 각 단마다 설치해야하고, 각 단의 가연물더미의 대각선 모서리 위치에 설치될 필요가 있다는 것을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

In rack-type warehouses, it is difficult to extinguish fires effectively using sprinkler systems because high fire load commodities are stacked vertically and densely. In this study, an actual size rack structure was constructed and the effectiveness of the fire extinguished by the sprinkler system was confirmed through fire tests according to the type and arrangement of the sprinkler head in the rack structure. Through this study, to effectively suppress fires in rack-type warehouses, it is necessary to use sprinkler heads with a volume of more than 115 LPM and sprinkler heads need to be installed at the diagonal corner positions of the commodities of each rack.

**Keywords :** Rack-type, Warehouse, Sprinkler head, Sprinkler system, Fire extinguishing

### 1. 서 론

랙크식 창고란 창고 등의 건물 바닥에 수직으로 랙크를 설치하고, 랙크의 일정 높이 간격으로 선반을 설치한 상태에서 물건을 각각의 선반에 수직으로 적재하여 효율적이고 입체적으로 보관하는 형태의 창고를 말한다<sup>(1)</sup>. 현대사회에서 소비자 요구의 다양성과 신속성을 추구하는 경향이 증대됨에 따라 이러한 랙크식 창고의 수는 대도시와 주요 지방도시를 중심으로 빠르게 증가하고 있다<sup>(2)</sup>. 그러나 랙크식 창고의 내부에서는 플라스틱, 고무 등과 같은 화재하중이

높은 물품들이 수직으로 매우 조밀하고 근접하게 적재되어 있어 화재가 발생하는 경우 자동식 소화설비인 스프링클러설비가 국내 소방관련 규정에 적합하게 설치되어 있더라도 진화되지 못하는 경우가 대부분이다. 이러한 현상은 랙크식 창고의 내부에 설치된 스프링클러설비의 헤드가 국내 소방관련 규정에 적합하게 설치되어 있더라도 소화강도 부족으로 인해 화재 시 효과적으로 소화하지 못하기 때문이다.

랙크식 창고의 소방시설 개선에 관한 국내의 기존 논문은 랙크식 창고의 건축구조적 및 화재공학적 특성을 기존

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-Mail: [fire@gachon.ac.kr](mailto:fire@gachon.ac.kr). TEL: +82-82-31-750-5716, FAX: +82-31-750-8749

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

**Table 1.** Extinguishing System to be Equipped with Warehouses

Extinguishing System	Building	Scale
Sprinkler System	Warehouse (Except for Logistics Terminal)	All Floors above 5,000 m <sup>2</sup>
	Rack-type Warehouse	If the Height of the Ceiling or the Half is over 10 m, the Total Floor Area is 1,500 m <sup>2</sup> or More

**Table 2.** Sprinkler Horizontal Distance by Each Object

Fire Protection Objects		Horizontal Distance (m)
Stage Department, Storage or Disposal Place of Special Combustible Materials		Less Than 1.7
Rack-type Warehouse	Special Combustible Materials and Others	Less Than 2.5
	Special Combustible Materials	Less Than 1.7
Apartments		Less Than 3.2
Other fire Protection Objects	Non-fireproof Construction	Less Than 2.1
	Fireproof Construction	Less Than 2.3

문헌 등을 이용하여 분석하고 이에 적합한 소방시설의 문제점을 제시하거나 보관된 물품의 연소특성과 관련된 기초적인 실험연구가 대부분을 이루고 있다.

이에 본 연구에서는 FMDS 8-1 (Commodity classification) 에서 규정하고 있는 표준가연물의 연소특성을 분석하고, 소화실험에 사용할 모델가연물을 선택하였다. 다음으로 실 규모 랙크의 구조물을 구축하고, 표준가연물 중 가장 열방출률이 높은 CEP모델가연물을 사용하여 가연물을 적재한 후 착화시켜 각 랙크의 단에 설치되어 있는 스프링클러설비에 의한 소화유효성을 고찰하였다.

## 2. 스프링클러설비 설치규정

국내의 스프링클러설비 규정은 소방시설의 설치 대상 등을 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률에서 그 대상 규모를 규정하고 있다. 스프링클러설비는 창고시설에서 바닥면적의 합계가 5,000 m<sup>2</sup> 이상인 경우 모든 층에 설치하도록 규정하고 있으며, 랙크식 창고에서 천장 또는 반자의 높이가 10 m를 초과 시 바닥면적의 합계가 1,500 m<sup>2</sup> 이상 설치하도록 규정하고 있다<sup>3)</sup>. Table 1은 스프링클러설비를 갖추어야 할 창고건물의 규모를 나타낸 것이다.

스프링클러설비의 세부적인 설치 기준은 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103)에서 규정하고 있다. 스프링클러설비의 수원은 장소별 스프링클러헤드의 기준개수에 1.6 m<sup>3</sup>를 곱한 양 이상이 되도록 규정하고 있다. 공장 또는 창고는 특수가연물을 취급 또는 저장하는 경우 스프링클러헤드의 기준개수는 30개이며, 이 경우 48 m<sup>3</sup>의 수원을 확보해야 한다. 또한, 랙크식 창고로서 소방기본법시행령 별표2의 특수가연물을 저장 또는 취급하는 건물에 있어서는

랙크의 높이 4 m 이하마다, 그 밖의 것을 취급하는 경우 랙크 높이 6 m 이하마다 스프링클러헤드를 설치하도록 규정하고 있다<sup>4)</sup>. 이와 같이 랙크식 창고의 경우 랙크의 각 단의 높이와는 무관하게 일정 높이별로 스프링클러헤드를 설치하도록 규정하고 있어 실제 랙크식 창고의 내부의 스프링클러헤드가 랙크의 중간에 설치되기도 하며, 랙크의 2단 이상마다 설치되는 경우도 발생되고 있다. 그리고 랙크식 창고의 층고가 13.7 m 이하로서 화재조기진압용 스프링클러설비의 화재안전기준에 따라 설치하는 경우 천장에만 스프링클러헤드를 설치하도록 규정하고 있다. 이 규정은 실제 랙크식 창고에 저장되는 물품의 화재하중에 따른 위험성을 무시한 채 건물의 규모에 따라 소방설비를 적용토록 규정한 것이다<sup>4)</sup>. 또한, 랙크식 창고의 내부에 설치되는 스프링클러헤드는 특수가연물을 저장하는 경우에는 수평거리 1.7 m 이하마다, 특수가연물 외의 물품을 저장하는 경우에는 수평거리 2.5 m 이하마다 설치되도록 규정하고 있다<sup>4)</sup>. 하지만 이 규정에 적합하게 스프링클러헤드가 설치되어 있어도 적재된 가연물의 중간부분에 스프링클러헤드가 배치될 수도 있어 랙크에 저장되어 있는 가연물 사이의 바닥 부분에서 발화되는 경우 스프링클러헤드에서 방사되는 소화수에 의해 적절히 소화되지 않을 가능성이 높다고 할 수 있다. Table 2는 각 대상물에 따른 스프링클러설비의 수평거리를 나타낸 것이다.

## 3. 실험

본 실험은 자동식 소화설비인 스프링클러설비가 국내 소방관련 규정에 따라 적절히 설치된 경우에도 스프링클러설비에 의해 랙크식 창고에서 발생된 화재를 소화되기 어렵다는 가정에서 실험한 것으로서 랙크 구조물 내에서 해

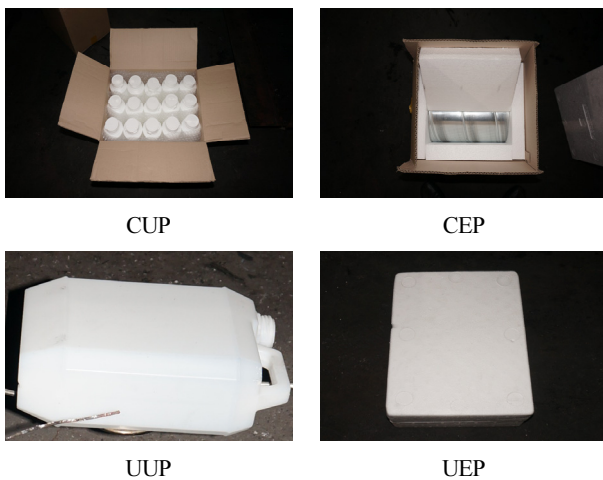


Figure 1. Standard combustibles in FMDS 8-1.

드의 종류 및 배치에 따라 개선된 소화 적절성을 분석한 실험이다. 이에 FMDS 8-1 (Commodity classification)에 규정된 수용물품 4가지에 대한 열방출률을 측정하고, 국내의 랙크식 창고에 실제로 설치되어 있는 랙크 구조물과 유사한 크기로 1단과 3단 랙크 구조물을 구축하여 소화성능 실험을 실시하였다. 1단 랙크 구조물에는 1단 랙크의 상부에 인랙 스프링클러헤드를 설치하고 3단 구조물에는 1단과 2단 랙크의 상부에 인랙 스프링클러헤드를 서로 교차하도록 설치한 후, 랙크 구조물의 1단, 2단 및 3단 선반에 표준 가연물인 CEP 가연물더미를 적재한 상태에서 1단 또는 1단과 2단에 설치된 스프링클러헤드의 배치에 따른 소화유효성을 분석하였다.

### 3.1 표준가연물 연소특성 실험

우선 FMDS 8-1 (Commodity classification)에 규정된 4가지 표준가연물에 대한 연소특성 실험을 수행하였으며, 4가지 표준가연물은 아래와 같다.

- 1) Cartoned unexpanded plastic (CUP, 포장된 비발포 플라스틱)
- 2) Cartoned expanded plastic (CEP, 포장된 발포 플라스틱)
- 3) Uncartoned unexpanded plastic (UUP, 비포장된 비발포 플라스틱)
- 4) Uncartoned expanded plastic (UEP, 비포장된 발포 플라스틱) :

FMDS 8-1에 규정된 표준가연물 4종에 대하여 IEEE 1202 수직화염전파시험장치를 이용하여 열방출률을 측정하였다. Figure 1은 FMDS 8-1에서 규정하고 있는 표준가연물을 나타낸 것이다.



CEP dummy of combustibles CEP unit combustible  
Figure 2. Cartoned expanded plastic (CEP) combustibles.

### 3.2 소화실험

본 연구에서 수행한 스프링클러설비의 소화유효성 확인 실험은 크게 1단 랙크 구조물 화재실험과 3단 랙크 구조물 화재실험으로 구분된다. 실험에 사용된 CEP 단위가연물은 가로, 세로 및 높이가 각각 30 cm, 40 cm, 30 cm 크기이며, 골판지박스의 내부에 발포플라스틱인 스티로폼을 약 5 cm 두께로 채운 후 스티로폼 내부에 불연재인 원통형 함석관을 채운 형태이다. 이 CEP 단위가연물 63개를 가로, 세로, 높이를 각각 120 cm, 120 cm, 210 cm의 7단 높이로 쌓아 랩을 씌운 형태의 가연물을 CEP 가연물더미라 하고 CEP 가연물더미를 랙크에 적재하여 실험을 수행하였다.

Figure 2는 CEP 단위가연물(CEP unit combustible)과 CEP 가연물더미(CEP dummy of combustibles)를 나타낸 것이다.

#### 3.2.1 1단 랙크 소화실험

다음으로 1단 랙크 화재실험에서는 가로, 세로, 높이가 각각 2.6 m, 3.1 m, 2.5 m 크기의 랙크를 구축하고, 랙크의 상단에 K-80 표준형 및 속동형 인랙 스프링클러헤드 그리고 K-115 표준형 및 속동형 인랙 스프링클러헤드를 총 5가지의 케이스별로 설치하고, CEP 가연물 사이의 하부에서 발화시킨 후 스프링클러설비에 의한 소화 유효성을 확인하였다.

본 실험에 사용된 스프링클러헤드의 방수압은 최소 방수압력인  $1 \text{ kg/cm}^2$ 으로 설정하였으며, 헤드와 가연물 사이의 거리는 가연물이 헤드의 근접한 위치까지 적재된 상태를 고려하여 약 15 cm로 설정하였다. Figure 3은 철재더미와 인랙 스프링클러 헤드의 설치상황을 나타낸 것이다.

본 실험에서는 5가지 종류의 실험을 수행하였으며, 그 중 Case 1은 1단 랙크 구조물의 중앙에 K-80 표준형 인랙 스프링클러헤드 1개를 설치하고, 1행의 좌측에 CEP 가연물더미와 철재더미를 각각 1개씩 적재하고, 2행에 철재더미를 2개 적재한 상태에서 1행에 적재된 CEP 가연물더미의 좌측 모서리 하부에서 발화시킨 후 스프링클러설비에 의한 소화유효성을 분석한 것이다. Case 2~4는 1단 랙크 구조물의 1행에 2개의 CEP 가연물더미를 적재하고 2행에 2개의 철재더미를 적재한 상태에서 K-115 조기 반응형 인

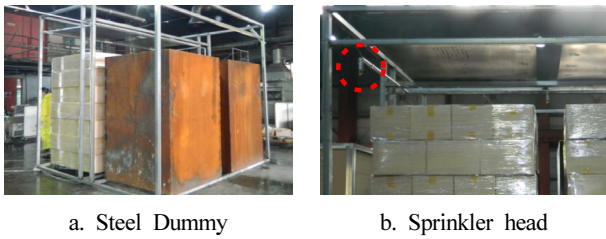


Figure 3. Installation of steel dummy and sprinkler head on 1-stage rack structure.

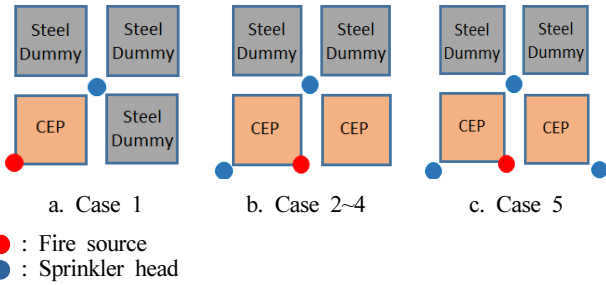


Figure 4. Arrangement of sprinkler head and fire source by case for 1-stage rack structure.

랙 스프링클러헤드, K-80 조기 반응형 인랙 스프링클러헤드 및 K-115 표준형 인랙 스프링클러헤드를 각각 2개씩 설치한 후 1열의 가연물 사이의 하부에서 발화되는 경우 스프링클러설비에 의한 소화유효성을 분석한 것이다. 마지막으로 Case 5는 1행과 2행에 각각 CEP 가연물더미와 2개의 철재더미를 적재하고, K-115 표준형 인랙 스프링클러헤드를 중앙에 1개, 좌측 전면 모서리에 1개 그리고 우측 전면 모서리에 1개를 설치한 후 가연물과 가연물 사이의 하부에서 발화되는 경우 스프링클러설비에 의한 소화유효성을 분석한 것이다. Figure 4는 각각의 Case 별로 가연물, 철재더미 그리고 스프링클러헤드의 배치 상태를 나타낸 것이다.

Table 3은 1단 랙크 구조물 화재실험에서 각각의 Case별로 헤드의 개수 및 배치위치, 헤드의 종류, CEP 가연물더미의 수를 나타낸 표이다.

3.2.2 3단 랙크 소화실험

두 번째 실험은 3단 랙크 구조물 화재실험이다. 3단 랙크 구조물 화재실험에서는 가로 4.2 m, 세로 2.6 m, 높이 5.3 m 크기의 3단 랙크 구조물을 구축하고, 1단과 2단의 1행에는 CEP 가연물더미를 적재하고, 2행에는 철재더미를 적재하며, 3단의 1행과 2행에는 1줄의 CEP 단위가연물을 적재한 상태에서 1단 1행의 우측 CEP 가연물더미 사이의 하부에서 발화되는 것을 시나리오로 설정하였다. 본 3단 랙크 구조물 화재실험에서는 2가지의 Case로 구분하여 실험을 실시하였으며, 그 중 Case 1은 2단의 랙크 구조물 상부에만 K-115 일제 살수식 인랙 스프링클러헤드 3개를 삼각형 모양으로 설치한 후 본 스프링클러설비에 의한 소화성능을 분석한 실험이며, Case 2는 1단과 2단 각각의 랙크

Table 3. Scenario of Fire Experiment for 1st Rack-type Structure

Case	Number of SP Head	Position of SP Head	SP Head Type	Number of CEP
1	1	Center	K-80 Standard Type	1
2	2	Center, Edge	K-115 ESFR Type	2
3	2	Center, Edge	K-80 ESFR Type	2
4	2	Center, Edge	K-115 Standard Type	2
5	3	Center, Edge 2ea	K-115 Standard Type	2

Table 4. Scenario of Fire Experiment with 3-Stage Rack Structure

Case	Number or SP Head	Position of SP Head		Head Type
1	3 ea	2 stack	Center, Both corners	K-115 open type
2	6 ea	1 stack	Center, Both corners	K-115 open type
		2 stack	Center, Both corners	

구조물 상부에 K-115 일제 살수식 인랙 스프링클러헤드를 지면과 수직한 부분에 서로 교차되지 않도록 삼각형 모양으로 설치한 후 스프링클러설비에 의한 소화성능을 분석한 실험이다. 본 실험에서 감지기의 감지시간, 스프링클러설비의 소화수 이동시간을 감안하여 발화 1 min 30 s 후에 스프링클러 헤드에서 소화수가 방사되도록 설정하였다. Table 4는 3단 랙크 구조물 화재실험에서 각 Case 별로 스프링클러헤드의 개수와 헤드의 설치위치 및 종류를 나타낸 것이다.

Figure 5는 3단 랙크 구조물 화재실험에서 사용된 랙크 구조물, CEP 가연물더미, 철재더미, 스프링클러헤드의 위치 그리고 화원의 위치를 나타낸 것이다. Figure 6은 3단 랙크 구조물에서 1단과 2단의 CEP 가연물더미, 철재더미의 배치위치 그리고 스프링클러 헤드의 설치상황을 나타낸 것이다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 표준가연물 연소특성실험

본 실험은 FMDS 8-1에서 규정하는 표준가연물 4종에 대하여 열방출률을 측정하기 위한 실험이다. CEP는 착화시킨 즉시 급격히 연소하여 93 s경과 시점에서 최대 열방출률인 112.51 kW까지 상승하였다. CUP는 실험시작 후 약 175 s경과 시점에서 최대 70.18 kW의 열방출률을 나타냈

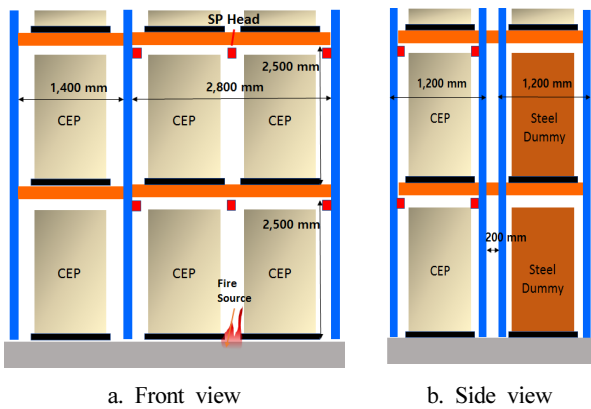


Figure 5. Arrangement of sprinkler head and fire source by case for 3-stage rack structure.

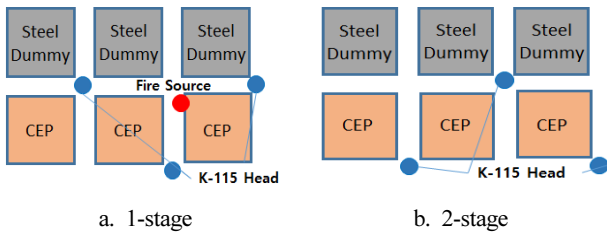


Figure 6. Arrangement of sprinkler head of 1-stage and 2-stage for 3-stage rack structure.

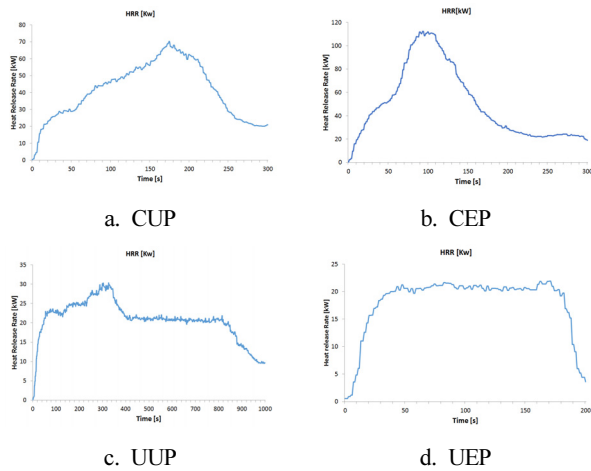


Figure 7. Heat release rate for four standard combustibles.

다. UUP와 UEP는 각각 30.35 kW와 21.2 kW의 최대 열방출률을 나타냈다. Figure 7은 4가지 표준가연물의 열방출률 그래프를 나타낸 것이다.

4.2 1단 실험

다음으로 1단 랙크 구조물의 화재실험은 총 5가지의 Case 별 실험이며, 그 중 Case 1의 실험에서 스프링클러헤드는 착화 후 약 5 min 10 s 후에 작동되었으나, 스프링클

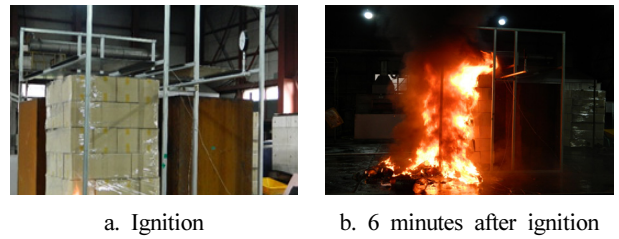


Figure 8. Fire test in case of K-80 standard type in-rack sprinkler head.

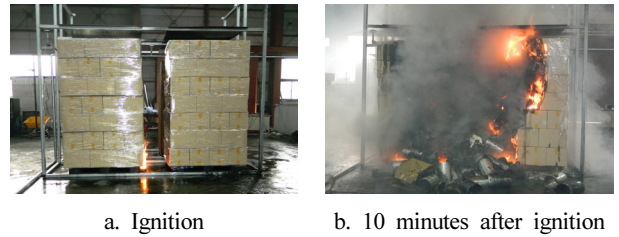


Figure 9. Fire test in case of K-115 Early response type in-rack sprinkler head.

러헤드에서 소화수가 방사될 당시 이미 CEP 가연물을 통해 화염이 최고조로 확대된 상태로 CEP 가연물더미의 화재를 제어하지 못하고 전소되었다. Case 1의 실험을 통해 K-80 표준형 인랙 스프링클러헤드 1개로 1개의 CEP 가연물더미의 화재를 진압하지 못하는 것으로 나타났다. Figure 8은 K-80 표준형 스프링클러헤드 1개에 의한 화재유효성 실험을 수행한 것이다.

Case 2에서 실험 중 1단 랙크 구조물의 중앙에 설치된 스프링클러헤드는 실험시작 약 4 min 8 s 후에 작동하였으며, 모서리에 설치된 헤드는 약 7 min 26 s 후에 작동하였다. 결과적으로 1단 랙크 구조물에 2개의 CEP 가연물더미가 적재된 상태에서 화재가 발생하는 경우 2개의 K-115 조기 반응형 헤드에서 방사되는 소화수에 의해 화재가 제어되는 것으로 나타났다. Figure 9는 Case 2의 실험상황을 나타낸 것이다.

Case 3의 경우 CEP 가연물이 착화된 후 랙크 중앙에 설치된 스프링클러헤드는 약 3 min 40 s 후에 작동되었으며, 모서리의 헤드는 약 5 min 46 s 후에 작동하였다. 스프링클러헤드의 작동시간은 Case 2에 비해 작동시간이 짧았음에도 불구하고 화재제어를 하지 못하였는데, 이는 K-80 헤드에서 방사되는 소화수의 양이 CEP 가연물더미의 화재를 소화하기에 부족했던 것으로 보인다. Figure 10은 Case 3의 실험상황을 나타낸 것이다.

Case 4에서 CEP 가연물더미가 착화된 후 랙크 중앙에 설치된 스프링클러헤드는 약 4 min 4 s 후에 작동되었으며, 모서리의 헤드는 약 5 min 20 s 후에 작동하였다. 본 실험에서 K-115 표준형 인랙 스프링클러헤드 2개에 의해 2개의 CEP 가연물더미의 화재는 제어되었으며, 급격히 화염이



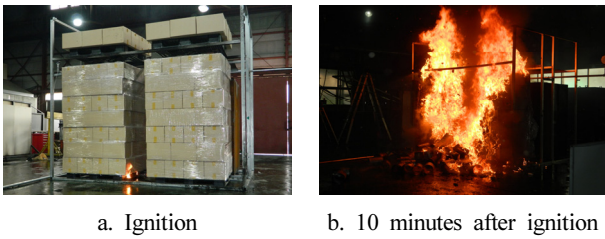


Figure 10. Fire test in case of K-80 early response type in-rack sprinkler head.

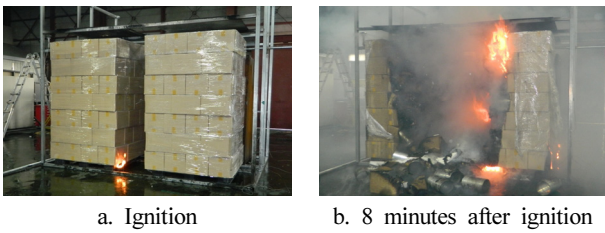


Figure 11. Fire test in case of K-115 standard type in-rack sprinkler head.

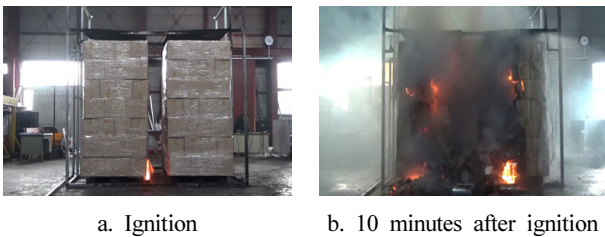


Figure 12. Fire test in case of K-115 standard type in-rack sprinkler head.

확산되는 화재의 경우 K-115 조기 반응형 인랙 스프링클러 헤드와 표준형 인랙 스프링클러헤드의 작동시간은 크게 차이 나지 않는 것으로 나타났다. Figure 11은 Case 4의 실험을 나타낸 것이다.

Case 5에서 K-115 표준형 인랙 스프링클러헤드를 중앙에 1개, 양 모서리에 1개씩 설치한 상태로 수행한 실험이다. 실험 시작 약 4 min 4 s 경과 후 중앙의 헤드가 작동하였으며, 우측 헤드와 좌측헤드가 각각 5 min 20 s와 6 min 8 s 경과한 시점에서 작동하였다. K-115 헤드 3개로 2개의 CEP 가연물 2개의 화재를 제어하기에 적합한 것으로 나타났다. Figure 12는 Case 5의 실험을 나타낸 것이다.

Table 5는 1단 랙크 화재실험의 결과를 나타낸 것이다. 본 실험의 결과에 의하면 1단 랙크에 적재된 CEP 가연물 더미의 소화가능성은 스프링클러 헤드의 민감도에는 크게 영향을 받지 않으며, 스프링클러 헤드의 방수량에 영향을 받는 것을 알 수 있다.

Table 5. Results for 1 Stage Fire Tests

Case	Location of SP Heads	Type of SP Heads	Whether of Suppression
1	Center	K-80 Standard	✗
2	Center, Edge	K-115 ESFR	○
3	Center, Edge	K-80 ESFR	✗
4	Center, Edge	K-115 Standard	○
5	Center, 2 Point of Edge	K-115 Standard	○

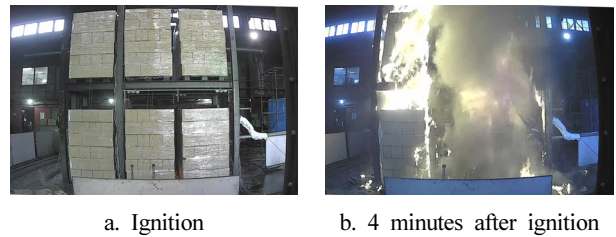


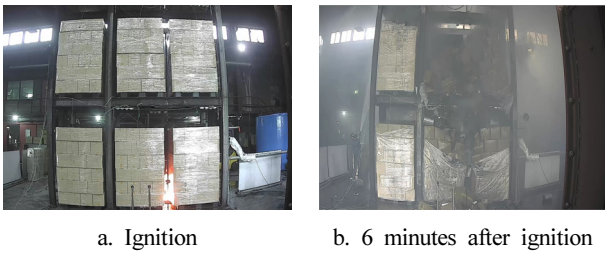
Figure 13. Fire test in case of K-115 deluge in-rack sprinkler head.

### 4.3 3단 실험

3단 랙크 구조물 화재실험은 총 2가지의 Case 별로 수행되었다. Case 1의 실험은 3단 랙크 구조물에서 각 단에 CEP 가연물더미가 적재된 상태에서 2단 상부에 설치된 3개의 K-115 일제 살수식 인랙 스프링클러헤드의 소화유효성을 확인하기 위한 실험이다. 1단에 적재된 CEP 가연물 더미에서 착화된 후 화염은 CEP 가연물더미 사이의 flue를 통해 2단에 적재된 가연물로 빠르게 확산되었으며, 실험 시작 후 약 4 min이 지난 시점에서 1단과 2단 CEP 가연물 더미의 대부분이 연소되어 화재진압에 실패하였다. 본 실험을 통해 랙크 구조물의 1단에서 발생한 화재는 2단에 설치된 K-115 일제 살수식 인랙 스프링클러헤드에 의해 소화되지 못하는 것을 알 수 있다. Figure 13은 3단 랙크 구조물 화재실험의 Case 1의 실험을 나타낸 것이다.

3단 랙크 구조물 화재실험의 Case 2는 3단 랙크 구조물에서 각 단에 CEP 가연물더미가 적재된 상태에서 1단과 2단 상부에 각각 K-115 일제 살수식 인랙 스프링클러헤드 3개씩 총 6개를 설치한 후 소화유효성을 확인한 실험이다. 1단에서 시작된 화재는 flue를 통해 2단에 적재된 가연물로 빠르게 확산되었으나, 1단과 2단에 설치된 K-115 헤드에서 방사된 소화수에 의해 실험시작 후 약 6 min 경과된 시점에서 화세가 제어되는 것을 확인할 수 있었다. 본 실험을 통해 랙크식 창고 화재의 경우 랙크 각 단에 스프링클러헤드를 설치해야 유효한 소화성능을 발휘하는 것으로 나타났다. Figure 14는 3단 랙크 구조물 화재실험의 Case 2의 실험을 나타낸 것이다.

Table 6은 3단 랙크 화재실험의 결과를 나타낸 것이다. 3



**Figure 14.** Fire test in case of K-115 deluge in-rack sprinkler head.

**Table 6.** Results for 3 Stage Fire Tests

Case	Location of SP Heads		Whether of Suppression
1	2 Stage	Center, 2 Point of Edge	<b>X</b>
2	1 Stage	Center, 2 Point of Edge	○
	2 Stage	Center, 2 Point of Edge	

단 랙크 구조물의 각 단계에 CEP 가연물더미가 적재되어 있고, 1단 바닥에서 발화되는 경우 K-115 인랙 스프링클러 헤드를 1단계와 2단계 모두 설치해야 적절한 소화가 가능함을 알 수 있다.

### 5. 결 론

본 연구는 국내의 랙크식 창고에 일반적으로 설치되어 있는 1단계와 3단계 랙크식 구조물에서 스프링클러헤드의 종류 및 배치에 따라 착화된 CEP 표준가연물의 소화유효성을 확인한 실험이며, 본 실험을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 가연성 물품이 수직으로 적재되는 랙크식 창고에서 자동식소화설비인 스프링클러설비가 국내 소방관련 규정에 적합하게 설치되어 있더라도 화재발생 시 설치된 스프링클러설비에 의해 소화되기 어렵다.
- 2) 랙크식 창고 내부에서 랙크 구조물에 적재된 CEP 표준가연물 이하의 화재하중을 갖는 가연물의 화재를 진압하기 위해서는 115 LPM 이상의 분당 방수량이 많은 스프링

클러헤드를 설치하여야 한다.

3) 랙크 구조물에 적재된 CEP 표준가연물 이상의 화재하중을 갖는 가연물 화재를 진압하기 위해서는 스프링클러헤드가 가연물더미의 대각선 모서리 위치 상부에 2개 또는 그 이상 설치되어야 한다.

4) 2단 이상의 랙크 구조물에 적재된 가연물에서 발생한 화재를 유효하게 소화하기 위해서는 스프링클러헤드가 일정 높이가 아닌 랙크 구조물의 각 단마다 설치되어야 한다.

### 후 기

본 연구는 소방청 현장중심형 소방활동지원 기술개발사업(MPSS-소방안전-2015-67)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### References

1. K. O. Choi, "A Study on Improvement of Installation Provision for Fire Detection and Suppression System in Rack-Type Warehouse", Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 18, No. 4, pp. 209-213 (2018).
2. K. O. Choi, "An Experimental Study on the Optimum Installation of Fire Detector for Early Stage Fire Detecting in Rack-Type Warehouses", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 32, pp. 38-45 (2017).
3. NFPA 13, "Standard for the Installation of Sprinkler System" (2013).
4. Y. S. Kim, "A Study on the Application of Fire Prevention Facilities to Increase Fire Responsiveness of Rack-type Warehouse", Master's Thesis, Pusan National University (2013).
5. National Fire Safety Code 103, "National Fire Safety Code for Sprinkler Systems" (2017).
6. National Fire Safety Code 103B, "National Fire Safety Code for ESFR Sprinkler Systems" (2017).
7. National Fire Safety Code 203, "National Fire Safety Code for Automatic Fire Alarm System" (2017).
8. Y. Kim, "Fire Cases in Logistics Warehouses", Disaster Prevention and Protection, pp. 46-53 (2014).