랙크식 창고의 화재감지 및 진압설비 설치 기준 개선에 관한 연구

A Study on Improvement of Installation Provision for Fire Detection and Suppression System in Rack-Type Warehouse

최기옥* · 최돈묵**

Choi, Ki-Ok*, and Choi, Don-Mook**

Abstract

A rack-type warehouse is a warehouse in which racks are installed vertically and the commodities are stacked vertically in a rack. In the rack-type warehouse, when the storage height is high and the commodities are stacked in layers, the fire detection is delayed because it is not sensing the heat and smoke by the stored commodities. In addition, the water sprayed by the sprinkler equipment penetrates to the fire point. Also in the fire detector and suppression system installed according to installation provision of Korea, it is difficult to detect and suppress the fire of Rack-Type Warehouse. For this reason, this study analyzes the fire cases of the rack-type warehouses occurred in Korea, and proposes the improvement directions of the fire detection and fire-fighting provisions related to the fire detection and fire extinguishing facilities according to comparing and examining the domestic and overseas related standards.

Key words : Rack-Type, Warehouse, Fire Safety Code, Fire Detection, Sprinkler Head

요 지

랙크식 창고는 수직으로 랙크를 설치하고, 물품을 랙크의 선반에 적재하는 형태의 창고이다. 랙크식 창고는 저장높이가 높고, 물품이 단별로 층층이 적재되어 있어 화재가 발생하는 경우 저장된 물품에 의해 열기 및 연기의 감지가 지연될 뿐만 아니라 스프링클러설비에 의해 분사되는 물이 화재발생 지점까지 침투하는데 한계가 있다. 게다가 국내 소화설비 규정에 따라 설치된 화재감지기 및 소화설비로는 랙크식 창고에서 발생한 화재를 초기에 감지하여 진화하기 힘든 상황이다. 이에 본 연구에서는 국내에서 발생한 랙크식 창고의 화재사례를 분석하고, 국내 및 해외 관련기준을 비교·검토하여 화재감지 및 소화설비와 관련된 소방시설의 기준의 개선방향을 제안하고자 한다.

핵심용어 : 랙크, 창고, 화재안전기준, 화재감지, 스프링클러 헤드

1. 서 론

현대사회에서 산업이 신속화 되고 다양한 상품의 수요가 증가함에 따라 물류 네트워크의 중요성이 강조되고 있으며, 특히 지방 대도시와 수도권을 중심으로 물류의 양이 증가함에 따라 랙크식 물류창고의 수도 증가하고 있다. 랙크식 창고는 층고가 높은 공간에 랙크를 설치하고, 랙크의 위에

물품을 적층하여 입체적이고 효율적으로 보관하는 창고를 말한다. 이러한 랙크식 창고는 많은 양의 물품을 효율적이고 수납이 용이하게 보관하는 장점 때문에 수도권을 중심으로 급격히 증가하는 추세이다. 그러나 이러한 랙크식 창고의 내부에는 대부분 목재 또는 플라스틱과 같은 가연성 물품이 상당히 높은 위치까지 수직으로 적층 보관되고 있으며, 보관 된 물품들이 매우 근접하게 배치되어 있어 화재발생 시

*정회원, 방재시험연구원 선임연구원(E-mail: kochoi@kfpa.or.kr)

Member, Senior Researcher, Fire Insurers Laboratories of Korea

**교신저자, 정회원, 가천대학교 설비·소방공학과 교수(Tel: +82-31-750-5716, Fax: +82-31-750-8749, E-mail: fire@gachon.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Building Equipment System & Fire Protection Engineering, Gachon University

연소과정에서 열과 연기가 다량 발생되나 적재된 물품으로 인해 천장에 설치된 화재감지기가 신속하게 화재를 감지하기가 어렵다. 또한 스프링클러헤드는 일정 높이별로 설치하도록 하는 규정에 따라 랙크 높이의 4 m ~ 6 m 사이에 설치되어 있어 화재로 인한 열에 의해 스프링클러설비가 작동되어도 소화수가 발화지점까지 침투하여 효과적으로 소화하는데 어려움이 있어 실제로 한번 화재가 발생되면 대형화재로 진행되는 경우가 많다(Kim, 2014).

이에 본 연구에서는 국내에서 발생된 랙크식 창고의 화재 사례를 분석하고, 국내·외 소방시설 관련 기준을 비교 검토하여 화재감지 및 진압설비와 관련된 기준의 문제점을 제시하고 그에 대한 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 물류창고 화재사례

2.1 아모레 퍼시픽

아모레퍼시픽 화재는 대표적인 랙크식 창고의 화재사례이다. 2014년 4월 28일 목요일 14시 50분경 대전광역시 대덕구에 위치한 아모레퍼시픽 매스코스메틱 사업장에서 화재가 발생하여 보관 중이던 물품과 건물이 전소되는 화재 사고가 발생하였으며, 이 사고로 인명피해는 없었지만 소방서 추산 약 47억 5천만 원의 경제적 손해가 발생되었다. 아모레퍼시픽은 면적 4,400 m², 높이 27 m의 철골조 샌드위치패널 구조의 건물로 건물 내에 랙크를 설치하고 물품을 수직으로 적재하는 일반적인 랙크식 창고이다.

화재는 창고의 출고 측 랙크 상부에서 최초 발생된 것으로 조사되었으며, 출고 측 근무자가 화염을 발견하고 소화전을 이용하여 초기진화를 시도하였으나, 급격한 화염 확산 및 연소되어 소라된 물품에 의해 화재가 급격히 확대되어 초기진화에 실패하였다. 화재사고 당일 건물의 내부에서 용접 등 화기사용 작업이 없었던 것으로 확인되었으며, 최근 크레인 보수공사가 있었으나 직접적인 화재원인은 파악되지 않았다.

아모레퍼시픽 창고의 내부에는 준비작동식 밸브 2차 측이 공기로 채워진 상태에서 감지기 교차회로의 작동에 의해 소화수가 공급되는 준비작동식 스프링클러설비가 설치되어 있었으며, 본 스프링클러설비의 헤드는 표준형으로 설치된 것으로 확인되었다. 헤드는 물품의 보관형태와 랙크 각 단의 높이는 고려하지 않은 채 설치되어 있었으며, 창고 내 스프링클러설비 가지배관 15개 중 13개가 단관 되어 있어 화재발생 당시 관리상의 문제점도 발견되었다(Kim, 2014). 또한, 창고의 높이가 27 m이나 창고의 천장에 연기감지기가 설치되어 창고 높이에 대한 적응성이 없었으며, 랙크의 각 단에 물품이 뺄뺄이 적재되어 있어 천장에 설치된 연기감지기가 화재로 인한 연기를 초기에 감지하기엔 어려움이 있었다.

2.2 한국타이어

대전 대덕구에 소재한 한국타이어 대전공장에서 2014년

9월 30일 20시 55분경 화재가 발생하였다. 한국타이어 대전 공장은 크게 1공장과 2공장으로 구성되며, 1공장은 지하1층, 지상3층, 면적 124,106.19 m² 철골조 샌드위치패널 구조의 건물로서 승용차용 타이어를 수직으로 설치된 랙크에 보관하는 전형적인 자동화 랙크식 창고이다. 1공장은 타이어를 생산하는 작업장과 생산된 타이어를 보관하는 PCR (Passenger Car Tire)창고, LTR (Light Truck Tire)창고로 구분되어 있다. 최초 화재 목격자가 1공장의 LTR창고 출하장에서 지게차를 이용하여 트럭용 타이어를 운반하던 중 1공장의 PCR창고 출고측 스택크레인(Stacker Crane)에서 화염을 목격했다는 설명과 PCR창고의 연소정도가 심한 상태로 볼 때 화재는 1공장의 랙크식 창고인 PCR창고에서 발생된 것으로 보이며, PCR창고에서 타이어의 출고작업은 하지 않았다는 설명이 있으나, 직접적인 화재원인은 파악되지 않았다. PCR창고는 화재하중이 높은 타이어가 랙크에 수직으로 다량 보관되어 있어 화재가 수직으로 빠르게 확산될 수 있었으며, 창고 내에는 스택크레인 등이 조밀하게 설치되어 있고, 평상시 모터 등에 전원이 공급되고 있어 상시 화재 위험이 있는 상태이다. 소방시설 측면에서 PCR창고 내에 설치된 준비작동식 스프링클러설비가 설치되어 있었으나, 천장에 설치된 감지기에 의한 화재감지 및 헤드 개방에 따른 살수까지 상당한 시간이 소요되어 화재발생 시 초기소화에 어려움이 있는 상태였다. 또한 PCR창고는 층고가 높고, 창고 내부에 소화를 위한 통로가 확보되지 않아 소화전 등 수동식 소화설비를 이용하여 소화하기도 어려운 것으로 조사되었다.

3. 랙크식 창고 관련 소방시설 기준

3.1 국내 기준

국내의 랙크식 창고는 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 별표 5에 따라 내부에 설치되는 소방시설의 종류가 결정되며, 창고의 면적 또는 용도에 따라 일정규모 이상인 경우 옥내소화전설비, 스프링클러설비 등의 소화설비와 비상방송설비, 자동화재탐지설비 등의 정보설비가 설치되어야 한다. 랙크식 창고 중 천장 또는 반자의 높이가 10 m를 넘는 랙크식 창고로서 바닥면적의 합계가 1,500 m² 이상인 것은 자동식소화설비로서 스프링클러설비가 설치되어야 한다. 화재 시 자동으로 화재를 감지하고 소화하는 자동화재탐지설비와 스프링클러설비는 자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 국가화재안전기준(NFSC 203)과 스프링클러의 화재안전기준(NFSC 103)에 기술되어 있다(NEMA, 2017a, 2017c).

NFSC 203에 따르면 건물의 용도와는 무관하게 부착높이와 면적에 따라 적응성 있는 감지기를 설치하도록 규정하고 있다. Table 1에서 보는 것과 같이 연기감지기로써 대표적인 광전식 스포트형 감지기의 경우 20 m 미만의 장소에 적응성이

있도록 규정하고 있으며, 차동식 스포트형 감지기의 경우 8 m 미만인 장소에 설치 가능하도록 규정하고 있으나, 이러한 스포트형 감지기는 8 m 미만이라 하더라도 랙크식 창고의 천장 위치에 설치되는 경우 랙크에 적재된 물품으로 인해 화재 시 발생하는 열과 연기를 감지하기 위해서 상당한 시간이 걸려 조기감지측면에서 적합하지 않을 수 있다(Choi, 2017).

Table 1. Installable Detector According to Height (Choi, 2017)

Height	Detector type
Under 4 m	Rate of rise type(Spot type, Broad scope type)
	Mixture spot type
	Fixed temperature type(Spot type, Line type)
	Ionization type or Photoelectric type(Spot type, discrete type, Air sampling type)
	Heat combination type
	Smoke combination type
	Heat and smoke combination type
	Flame detector
4 m ~ 8 m	Rate of rise type(Spot type, Broad scope type)
	Mixture spot type
	Fixed temperature type(Spor type, Line type)
	special class or 1 class
	Ionization type 1 class or 2 class
	Photoelectric type(Spot type, Projected beam type, Air sampling type) 1 class or 2 class
	Heat combination type
	Smoke combination type
8 m ~ 15 m	Heat and smoke combination type
	Flame detector
	Rate of rise type(Broad scope type)
	Ionization type 1 class or 2 class
	Photoelectric type(Spot type, Projected beam type, Air sampling type) 1 class or 2 class
15 m ~ 20 m	Smoke combination type
	Flame detector
	Ionization type 1 class
	Photoelectric type(Spot type, Projected beam type, Air sampling type) 1 class
20 m or more	Smoke combination type
	Flame detector
	Analog style of Photoelectric type(Spot type, Projected beam type, Air sampling type)

Table 2에서 보는 것과 같이 연기감지기의 경우 설치되는 건물의 용도와 건물에 수용되는 가연물의 종류와는 무관하게 설치높이와 면적에 따라 설치 수량이 정해지도록 규정하고 있다. 1종과 2종 연기감지기의 경우 4 m 초과 20 m 미만의 높이에 설치되는 경우 랙크의 단과 가연물의 종류와 무관하게 75 m² 이내마다 설치하도록 규정하고 있으며, 4 m 미만의 높이에 설치되는 경우에도 150 m² 이내마다 설치하도록 규정하고 있다.

Table 2. Installation Area of Smoke Detector (Choi, 2017)
(Unit: m²)

Height	Detector type	
	1 class and 2 class	3 class
Under 4 m	150	50
4 m ~ 20 m	75	-

NFSC 103 제4조에 따르면 스프링클러설비의 수원은 장소별 스프링클러헤드의 기준개수를 정하고 기준개수에 1.6 m²를 곱한 양 이상이 되도록 규정하고 있다. 랙크식 창고를 포함한 창고의 경우 기준개수는 소방기본법 시행령 별표 2에서 규정하는 특수가연물을 저장 또는 취급하는 경우 30개, 그 밖의 것인 경우 20개로 정하고 있다. 스프링클러헤드의 경우 특수가연물을 저장 또는 취급하는 랙크식 창고 내에는 랙크 높이가 4 m 이하 마다, 그 밖의 것을 취급하는 것에 있어서는 랙크 높이 6 m 이하마다 설치하도록 규정하고 있다. 다만, 랙크식 창고의 천장높이가 13.7 m 이하로서 화재조기진압용 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103B)에 따라 설치하는 경우 천장에만 스프링클러헤드를 설치하도록 규정한다(NEMA, 2017b). 또한 일반적인 랙크식 창고의 경우 수평거리 2.5 m 이하 마다, 특수가연물을 저장 또는 취급하는 장소에 있어서는 1.7 m 이하 마다 스프링클러헤드를 설치하도록 하고 있다.

3.2 일본 기준

일본에서 랙크식 창고와 관련된 소방시설관련 기준은 소방법시행령에 따른다. 소방법시행령 별표 1 제14장 창고에 해당되는 것으로, 천장(천장이 없는 경우에는 지붕 아래면)의 높이가 10 m를 초과하고 연면적 700 m² 이상인 것은 스프링클러설비를 설치하도록 규정하고 있다(Kim, 2014). 다만, 주요구조부를 내화구조로 설치하고, 벽 및 천장의 실내에 면하는 부분의 재료에 따라 스프링클러설치 대상면적이 2배인 1,400 m²와 3배인 2,100 m²로 완화된다. 스프링클러헤드는 폐쇄형 스프링클러헤드 중 표준형(유효살수반경 2.3인 것에 한함)으로 설치해야 한다(Korea Institute of Fire Science & Engineering, 2014). 또한 랙크에 스프링클러헤드를 설치하는 경우 집열판을 설치한 헤드를 랙크의 각 부분에서 첫 번째 스프링클러헤드까지의 수평거리가 2.5 m 이하가 되도록 하고 있으며, 랙크에 저장되는 물품의 종류에 따라 지정가연물의 경우 높이 4 m 이내 마다, 기타의 것을 저장하는 경우 6 m 이하 마다 스프링클러헤드를 설치하도록 규정하고 있다(Korea Institute of Fire Science & Engineering, 2014).

수원의 경우 국내의 경우와 유사하게 창고 내에 저장되는 물품의 종류에 따라 지정가연물을 저장 또는 취급하는 경우 헤드의 동시 개방개수를 30개로 정하고, 그 외의 것은 20개로 정하여 1.6 m²를 곱한 양 이상을 저장하도록 하고 있다.

3.3 미국 기준

미국에서 랙크식 창고의 화재감지기와 관련된 기준은 NFPA¹⁾ 72에 따른다. NFPA 72에서는 높은 선반의 저장 구역에서의 가장 효과적인 화재의 감지는 감지기가 각 통로의 위 천장과 선반의 중간 레벨에 위치하는 경우라고 규정한다. 이는 화재가 발전하는 초기 단계에서 연기를 천장까지 이송할 열에너지가 충분히 방출되지 못하여 선반에 걸려있는 연기를 감지하는데 필요하기 때문이라고 규정하고 있다(NFPA, 2013b). 따라서 랙크식 창고에서 화재를 조기에 감지하기 위해서는 랙크 중간레벨에 화재감지기를 설치해야 하는 것을 알 수 있다. 스프링클러설비와 관련된 기준은 NFPA 13에 따른다. 이 기준은 저장 물품과 창고의 유형에 따라 일반적인 창고에 적용되는 기준과 특수한 물품에 적용되는 기준으로 구분되어 있다. 특히 이 기준은 시험연구원에서 수행한 화재시험을 바탕으로 스프링클러설비에 대한 전반적인 기준을 제시한다. 가연물하중과 연소특성 등을 근거로 창고의 유형에 따라 클래스 I ~ IV 물품, 플라스틱, 고무타이어, 면표, 두루마리 종이 그리고 기타 특수가연물로 분류하여 각 용도의 창고에 따라 적재 물품에 대한 방호기준을 차등 적용하고 있으며, 적재높이가 7.6 m 이하인 경우와 7.6 m 초과하는 경우로 구분하여 헤드의 배치, 방수량, 살수 밀도 등을 구분하여 적용하고 있다(NFPA, 2013a). 또한, 랙크의 천장에 설치된 스프링클러헤드가 화재 시 먼저 작동하는 경우 살수된 소화수에 의해 랙크에 설치된 스프링클러헤드가 작동되지 않는 것을 방지하기 위해서 랙크에 설치된 스프링클러헤드 직상부에 차수판을 설치하도록 규정하고 있다. NFPA 231C에서는 천장면 헤드의 감도를 낮추기 위해 천장면에 설치되는 헤드는 랙크 내에 설치되는 헤드의 작동 온도 보다 높은 온도에서 작동되는 헤드로 설치할 것을 권장하고 있다(Kim, 2014).

4. 기준 개선방안

4.1 화재감지 기준

아모레퍼시픽 화재, 한국타이어 화재 등과 같은 랙크식 창고의 화재의 사례를 볼 때, 국내의 자동화재탐지설비와 자동식스프링클러설비를 적용하여 설치된 랙크식 창고의 경우 화재발생 시 적절한 감지 및 소화가 어려운 것으로 나타났다. 우선 차동식 스포트형 감지기는 8 m 미만의 랙크식 창고라 하더라도 랙크가 2단 이상의 구조인 경우 바닥부분에서 발생한 화재의 열기를 감지하기에는 적응성이 없는 것으로 보인다. 또한, 광전식 스포트형 감지기는 20 m 미만의 랙크식 창고의 천장으로서 높은 위치에 설치되는 경우 랙크에 적재된 물품으로 인해 조기화재 감지면에서 적응성이 부족한 것으로 보인다. 마지막으로 랙크식 창고에 설치되는

연기감지기는 종별 및 부착높이별로 설치 개수를 정할 것이 아니라 실증실험을 통해 랙크의 1단 또는 2단별로 설치하여 화재를 조기에 감지하도록 규정할 필요가 있다.

4.2 화재진압설비 기준

랙크식 창고에 저장되는 물품은 그 종류가 매우 다양하고, 저장되는 물품의 종류에 따라 위험정도의 차이가 매우 크다. NFSC 103에 따르면 랙크에 설치되는 스프링클러 헤드는 소방기본법시행령 별표 2의 특수가연물의 저장 또는 취급 여부에 따라 랙크 높이 4 m 또는 6 m 이하마다 설치하도록 규정하고 있으나 랙크식 창고에 설치된 랙크의 단 높이와 물품의 위험도를 고려하여 수직거리에 대한 기준을 개선할 필요가 있다. 스프링클러헤드의 수평거리 또한 특수가연물의 저장 또는 취급 여부에 따라 1.7 m 또는 2.5 m 이하마다 설치하도록 규정하고 있으나 이 또한 랙크식 창고에 저장되는 물품의 위험등급을 세분화 하여 랙크의 물품을 적절히 소화할 수 있는 기준으로 개선이 필요하다.

5. 결 론

본 연구는 국내에서 발생된 랙크식 창고의 화재사례를 바탕으로 랙크식 창고의 소방시설 기준 중 자동화재탐지설비와 스프링클러설비 기준을 국외 기준과 비교하고 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 랙크식 창고에 저장 되는 물품의 종류에 따른 화재하중, 연소특성 및 랙크 각 단의 높이 등을 고려하여 랙크식 창고의 소방시설에 대한 기준을 마련할 필요가 있다.
- (2) 랙크식 창고의 조기 화재감지를 위해서는 스포트형 감지기를 종별 및 면적별 기준이 아닌 랙크의 높이 및 저장되는 물품의 위험도를 고려하여 랙크 중간레벨에 설치할 필요가 있다. 즉, 랙크 2단 또는 3단마다 스포트형 감지기를 설치해야 조기 화재감지 목표를 달성할 수 있을 것으로 사료된다.
- (3) 랙크식 창고에 설치되는 스프링클러헤드의 수평기준과 수직기준은 실제 랙크식 창고와 유사한 성능시험을 바탕으로 마련할 필요가 있다.

감사의 글

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

References

Choi, K.O. (2017) An Experimental Study on the Optimum

1) NFPA: National Fire Protection Association (국제 방화협회)

- Installation of Fire Detection for Early Stage Fire Detecting in Rack-Type Warehouses. *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 32, No. 2, pp. 38-45.
- Kim, E. (2014) Fire Cases in Logistics Warehouses. *Prevention of Disasters and Insurance*, Vol. 152, pp. 46-53
- Kim, W.H., and Lee, Y.J. (2014) An Improvement fo Fire Safety Code for Rack-Type Warehouse in Korea. *Fire Science and Engineering*, Vol. 28, No. 6, pp. 69-75.
- Korea Institute of Fire Science & Engineering (2014) *Development of Fire-fighting Facility Installation Standards*.
- NFPA (2013a) *NFPA 13: Standard for th Installation of Sprinkler System*. National Fire Protection Association.
- NFPA (2013b) *NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code*. National Fire Protection Association.
- NEMA (2017a) *NFSC 103: National Emergency Management Agency of Sprinkler System*.
- NEMA (2017b) *NFSC 103B: National Emergency Management Agency of Early Suppression Fast Response Sprinkler System*.
- NEMA (2017c) *NFSC 203: National Emergency Management Agency of Automatic Fire Alarm System and Visual Alarm Equipment*.

Received	March 21, 2018
Revised	March 26, 2018
Accepted	April 11, 2018