

국내 랙크식 창고 수용물품 등급분류를 위한 현장조사

김운형 · 이영재*[†]

경민대학교 소방안전관리과, *한밭대학교 설비공학과

A Field Survey of Rack-Type Warehouse for Commodity Classification System in Korea

Woon-Hyung Kim · Young-Jae Lee*[†]

Department of Safety Management Kyungmin Univ.

*Department of Building and Plant Engineering Hanbat National Univ.

(Received March 22, 2016; Revised April 4, 2016; Accepted April 11, 2016)

요 약

물류창고 화재위험성은 보관물품, 포장재 및 팔렛 등의 가연성과 화재하중 그리고 창고 내부 천장높이, 랙크 등의 저장높이와 배치, 통로 폭 등에 따라 결정된다. 물류창고의 소화 또는 진압대책은 이러한 주요 인자를 고려한 가연물 등급분류기준을 마련하고 스프링클러설비 설계기준을 적용해야 한다. 본 연구는 국내 물류창고의 자동식스프링클러 적용을 위한 첫 단계로서 경기도 소재 5개 물류단지 내 28개 창고 등을 대상으로 수용물품의 분포 및 창고 공간특성을 현장 조사하였다. 아울러 미국 유럽 및 일본의 물품 분류기준을 분석하였으며 이를 통하여 물류창고 수용물품의 등급분류기준 마련을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

ABSTRACT

A fire risk assessment in rack-type warehouse is typically determined based on the following factors: 1. flammability and fire loads for storage of goods, packing materials, and pallet, 2. a ceiling height of warehouse indoor spaces, and 3. height, arrangement, and spacing for storage racks. For appropriately extinguishing and protecting the fire in warehouses, therefore, it is necessary to classify combustibles considering the previously mentioned factors and to develop design Standards for sprinkler system. As the first step to apply automatic sprinkler system to domestic warehouses, this study investigated characteristics for commodity distribution and warehouse configuration using 28 warehouses in five distribution complexes located in Gyeonggi-do, South Korea. In addition, this study analyzed Standards for commodity distribution adopted in USA, Europe, and Japan. Using the field survey analysis, this study was aimed to provide baseline data to prepare for Commodity Classification Standard for warehouses in South Korea.

Keywords : Rack-type warehouse, Classification of combustibles, Commodity distribution, Field survey

1. 서 론

물류창고의 자동식 소화시스템은 초기에 작동하여 화재를 제어 또는 진압하는 것이 필수적이다. 그러나 최근 발생한 물류창고 화재사례는 현재 설치된 자동식 소화설비로서는 가연물의 화재강도를 억제하거나 진압할 수 없음을 잘 보여 주고 있다. 물류 창고 내에 보관되는 다양한 물품의 양과 종류, 그리고 천장 및 랙크 등 선반의 저장높이와 배치, 통로 폭 등은 연소 시 화재위험성을 결정하는 주요 인자가 된다. 물류창고의 소화 또는 진압대책은 이러한 주요 인자를 고려하여 가연물의 화재위험등급을 분류하고 이를 기반으로 자

동식 소화설비의 설계요소를 결정하는 프로세스가 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 가장 화재위험도가 높은 배치형태로 알려진 랙크식 창고를 중심으로 현장조사를 수행하고 미국, 유럽 및 일본의 등급분류기준을 조사 분석하여 수용물품의 등급분류기준을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 수용물품 실태조사

2.1 조사 개요

2.1.1 조사대상 창고

국내 랙크식 창고의 수용물품 분류등급기준 및 자동식

[†]Corresponding Author, E-Mail: leeyj@hanbat.ac.kr
TEL: +82-42-821-1180, FAX: +82-42-821-1175

ISSN: 1738-7167
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2016.30.2.098>

스프링클러설비의 설계기준을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 전국에서 물류창고가 가장 밀집되어 있는 경기도 5개 도시 물류단지 내 26개 창고 동을 대상으로 2015년 08월부터 2016년 1월 사이에 현장조사를 수행하였다⁽¹⁾. 현장조사는 사전 교육된 조사요원의 직접방문을 통하여 창고 내부와 외부의 실태 확보를 위해 3개조로 나누어 조사를 시행하였다.

2.1.2 조사내용 및 방법

현장조사는 적재물품과 창고공간의 특성을 중심으로 진행하였다. 창고의 면적과 규모 및 천정높이, 랙의 폭, 랙과 랙 사이의 간격, 랙의 길이, 랙의 최고 저장 높이, 랙 한단

의 높이 등을 측정하였다. 수용물품은 내부재료, 외부포장재, 파렛(pallet) 등으로 구분하여 조사하였다.

2.2 조사 결과

2.2.1 가연물 특성 조사

조사대상 대부분이 임대형 창고로서 업체에 따라 보관되는 주물품의 종류와 양은 Table 1과 같이 매우 다양하며 수시로 변동함을 확인하였다. 창고별 대표가연물 조사결과, 식품, 주류, 의약품, 의류, 전자기기, 서적 등 그 분포가 매우 다양하게 나타났으며 대다수 물품이 비닐포장과 플라스틱 파렛을 사용하고 있어서 가연성과 화재하중을 증대시키는 요인이 되고 있다. 외부포장재의 경우, 경제적이고

Table 1. Distribution Status of Combustible Commodities

<Gimpo>	Commodity	Exterior Packing Material	Pallet Material
1	Electronic Equipment Food	1,3,4	Plastic Wood
2	Furniture Mattress	1,2,3	Plastic Wood
3	Liquor Food	1,3,6,7	Plastic
4	Water (Plastic Bottle 1.5 L)	2	Plastic
5	High density polyethylene Paper Ion Exchange Resin	1,2,3,4,6	Plastic Wood
6	Beverage Food	1,6	Plastic
7	Medical Supplies	1,3,6	Plastic
8	Medical Supplies	1,3,6	Plastic
9	Medical Supplies Grain	1,2,4	Plastic Wood
10	Vehicle Part Paint	1,6,8	Plastic Wood
11	Vehicle Part	1	Plastic Wood
12	Clothes	1,2,3,8	Plastic Wood Steel
<Gwangju>	Commodity	Exterior Packing Material	Pallet Material
1	Book	1,3	Plastic Wood
2	Clothes	1,3,5	Plastic Wood
3	Low-temperature Non-conforming Article Industrial Products	1,3	Plastic Wood

<Yongin>	Commodity	Exterior Packing Material	Pallet Material
1	Clothes	1,2,6	Plastic
2	Clothes	1,2,6	Plastic
3	Clothes	1,2,6	Plastic
4	Clothes	1,2,6	Plastic
5	Clothes	1	Wood
6	Clothes	1	Wood
<Paju>	Commodity	Exterior Packing Material	Pallet Material
1	Book	1,3	Plastic Wood
2	Book	1,3	Plastic Wood
3	Book	1,3	Plastic Wood
4	Personal Moving Supplies	1,3	Plastic Wood
5	Personal Moving Supplies	1,3	Plastic Wood
6	Personal Moving Supplies	1,3	Plastic Wood
<Gunpo>	Commodity	Exterior Packing Material	Pallet Material
1	Electronic Equipment	1,3	Plastic Wood

<Exterior Packing Material> 1. Paper Box, 2. Vinyl, 3. Paper Box+Vinyl, 4. Burlap Bag, 5. Burlap Bag+Vinyl, 6. Plastic, 7. Wood, 8. Steel.

물품의 크기별 적용이 용이한 종이박스와 비닐이 대부분을 차지하고 있으며 액체류는 강도가 우수하고 성형이 쉬운 플라스틱 재질을 사용한다. 파렛은 대부분 1.1 m × 1.1 m × 0.12 m 규격으로 약 70%가 플라스틱, 20%가 나무재질, 그리고 9%가 종이, 철재 1% 내외로 특히 플라스틱의 사용비율이 매우 높게 나타났다. 아울러 창고 내부에 미사용되는 파렛이 적재되거나 지게차에 사용하는 충전기,

연료 등이 보관되고 있어 유지관리상 문제점을 보여주고 있다.

2.2.2 공간특성 조사

조사대상 창고의 동별 층별 높이는 Table 2와 같이 건축 단면형식에 따라서 최저 2.6 m(적층식), 최고 15.5 m(랙크식)이며 5 m 이하가 10개, 10 m 이하가 23개, 10 m 이상

Table2. Space Configuration and Loading Type for Various Warehouses

<Gimpo>	Warehouse Height (m)	Storage Height (m)	Rack Spacing (m)	Rack Length (m)	Loading Type
1	9.8	7.2	3.1	9.3	1+3+4
2	9.8	Rack - 7.2	1.2	3.1	1+2+3+4
3	15.5	Food - 2.2 Liquor - 1.8	-	-	1
4	15.5	1	-	-	1
5	15.5	12	2	50	1+3+4
6	15.5	6.1	1.7	20	1+3+4
7	4	6.6	1.8	20	1+3+4
8	4	2.2	1.5	16.6/11	1+3+4
9	4	2.2	2	20	1+3+4
10	5.7	4	3.3	12/15	1+3+4
11	6.5	5.6	3.2	21	1+3+4
12	5.7	5.6	3.3	38	1+3+4
<Gwangju>	Warehouse Height (m)	Storable Height (m)	Rack Spacing (m)	Rack Length (m)	Loading Type
1	12.4	7.5	3.4	31	1+3+4
2	7.5	7.5	-	-	1+2
3	10	-	-	-	1+3+4
<Yongin>	Warehouse Height (m)	Storable Height (m)	Rack Spacing (m)	Rack Length (m)	Loading Type
1	2.7	Deck-Type	-	-	1+3+4
2	2.7	Deck-Type	-	-	1+3+4
3	3.6	Deck-Type	-	-	1+3+4
4	2.6	Deck-Type	-	-	1+3+4
5	5.3	33.9 (Automated Load)	-	46.78 (Automated Load) 5 (Regular Load)	1+3+6
6	5.3	33.9 (Automated Load)	3.3	46.78 (Automated Load) 5 (Regular Load)	1+3+4+6 +Rotating Rack
<Paju>	Warehouse Height (m)	Storable Height (m)	Rack Spacing (m)	Rack Length (m)	Loading Type
1	4.2	2.5	0.8/1.6	6.5	1+3+4
2	3.3	2.2 (Ground-Type)	-	-	1
3	3.3	2.2	-	5.5	1+3
4	7.8	4.5	4.27	14	1+3+4
5	9.2	8.5	10	20	1+3+4
6	9.2	7	4	20	1+3+4
<Gunpo>	Warehouse Height (m)	Storable Height (m)	Rack Spacing (m)	Rack Length (m)	Loading Type
1	7.65	5.6	3.5	19	1+3+4

<Loading Type> 1. Ground, 2. Deck, 3. Insulated Rack, 4. Double row rack 5. Shelf Load, 6. Automatic Loading Rack.



Figure 1. Deck-type loading warehouse.



Figure 2. Ground-type loading warehouse.

16 m 이하가 5개로 나타나 10 m 이하가 60%를 차지하고 있으며 특히 자동 적재식의 경우는 33.9 m로 조사되었다. 최상부 랙크 위에 물품을 기준으로 최고 저장높이를 측정 한 결과, 수용물품의 적재방식에 따라서 1 m~2.2 m(바닥 적재방식), 4 m~9 m(랙크식)의 분포를 보였다. 랙크 사이의 이격거리는 2 m 이하가 7개, 4 m 이하가 15개, 4 m 이

상이 2개로 조사되었다. 조사대상 창고의 대부분은 물품유형 및 임대매장별로 랙크 적재와 바닥 적재가 혼용되어 있으며 창고규모에 따라서 랙크식의 경우도 단일 랙크와 이중열 랙크를 동시에 사용하는 경우가 대부분이었다. 일부 창고는 자동식 또는 회전식 랙크를 사용하고 있었다. 특히 Figure 1과 같이 최대 적재공간 확보를 위한 다층구조의 덱식 방식은 물품의 종류가 많고 입·출고 등 관리가 편리한 의류 창고에서 많이 볼 수 있으며 건축법상 층수 산정에서 제외되기 위한 층간 관통부분으로 인하여 유사시 화재확산 및 연기제어에 심각한 문제를 제기하고 있음을 알 수 있다.

3. 각국의 수용물품 분류기준

대형물류창고의 재산피해를 최소화하기 위한 자동식 소화설비시스템의 적용을 위하여 물품의 연소특성 및 내부공간의 적재형태 등을 고려한 미국 유럽 및 일본의 수용물품 화재위험 등급분류 기준을 조사, 분석하였다.

3.1 미국 분류기준

미국의 FMDS, NFPA 13 및 개별보험회사의 경우, 그룹 A Single Cartoned, Unexpanded Plastic 시험을 기준으로 수용품의 열 하중을 7개의 세부 그룹으로 분류하여 스프링클러설계에 적용하고 있다⁽³⁾. NFPA의 경우, 일반등급은 Class I-IV의 4가지에 특수그룹(플라스틱, 고무 탄성 중합체)을 더하여 7가지로 구분한다. FM의 경우, 일반등급은 동일하며 특수등급(플라스틱)을 더하여 5가지로 구분한다. 플라스틱은 판지포장 및 발포성 여부에 따라 4가지로 세분된다. FMDS 8-1 물품분류기준에 따르면 기본적으로 저장물품과 외부포장, 내부포장 및 운반취급제품(파렛)으로 구분하고 이 모든 요소를 종합적으로 고려하여 평가한다. 내부재료 및 포장재는 플라스틱의 비율, 포장재의 중량비

Table 3. Comparison of Classification Categories for Major Commodities in USA and Europe

Commodity	EN	FM	NFPA
Alcoholic Beverage	Beer Cat I Beer in wood crates - Cat II	Beer/Wine < 20% alcohol - Class 1	< 20% alcohol Class I < 20% alcohol in wood container - Class II
Batteries	Wet cell - Cat II	Wet cell - Class 1	Automobile - Class I
Electrical Appliance	< 5% plastic by mass - Cat III	With plastic Class 3	No appreciable plastic - Class I
Meat	Chilled/frozen - Cat II	Frozen w/plastic trays - Class 2	Frozen w/wax or plastic - Class II
Textiles	Natural fiber - Cat II	Natural fiber - Class 3	Natural fiber - Class III
Paper Products Books, Mags, Stationary	Office materials - Cat III	Class 3	Class III
Tobacco Products	Leaf & finished goods - Cat II	In cartons - Class 3	In cartons - Class III

및 용적비를 고려하며 혼합재료는 별도로 분류한다. 외부 포장재는 골판지, 상자, 금속, 플라스틱, 용기 등으로 구분하며 파렛은 재질에 따라 목재, 플라스틱, 종이 등으로 구분한다.

다만 IFC의 경우, 등급 I에서 등급 IV까지는 동일하지만 그룹 A 대신 고위험도(High Hazard)로 분류한다. 미국과 유럽의 대표적인 수용물품 등급분류를 비교한 결과는 Table 3과 같다.

3.2 유럽 분류기준

미국 Factory Mutual의 열방출 비율 칼로리미터를 사용한 물품분류기준방법을 준용한 Nordtest 시험방법(NT FIRE 049, 가연성물품: 수용물품분류-화재시험절차 1995-05)을 근거로 스웨덴의 SP연구소의 초안에 따라서 현재 유럽표준 규격 EN 12845;2015(고정식소화시스템, 자동식 스프링클러시스템, 설계 시공 및 유지관리, 2015)를 적용하고 있다. 물품의 가연성과 화재하중을 근거로 상급(HH) 중급(OH) 하급(LH)의 3가지로 구분하며 가장 위험한 상급은 공정(HHP)과 저장(HHS) 별로 각각 4가지로 세분된다. 물류창고는 HSS에 해당하며 4개의 세 분류로 구분하여 적용한다. 창고의 위험도분류는 수용물품의 가연성과 포장재 및 창고의 배치형상(Storage configuration)으로 결정한다. 창고의 형상은 기둥, 보의 유무, 단일 다열 및 선반 폭에 따라서 ST1~ST6의 6가지로 구분한다. 아울러 재료구성요소(Material factor)는 재료의 물성, 플라스틱재료의 팽창수준, 포장재 및 파렛 등 가연물의 재질에 따른 연소특성을 반영하여 MF1, 2, 3, 4의 4가지로 구분한다. 이것은 수용물품의 저장형태에 따른 7가지 경우를 결합하여 Table 4와 같이 최종적으로 4가지 분류등급 즉 가장 위험도가 낮은 등급 I부터 가장 위험도 높은 등급 IV까지를 적용하고 있다.

3.3 일본 분류기준

1995년 동양제관화재 등 일련의 대형화재를 계기로 미국의 NFC231C 규정을 참고하여 1998년 물류창고 가이드라인을 권장사항으로 마련하고 1999년 4월 이후 설치되는

창고에 대하여 적용하고 있다. 주요내용으로는 단순히 지정가연물과 지정가연물 외의 것으로 구분하던 것을 화재 하중과 연소성상 등을 결정하는 수용물품의 발열량과 수납용기의 재질, 포장재의 특성을 포함하여 규정수량 및 창고의 보관물품수량을 근거로 등급 I부터 등급 IV까지 4그룹으로 분류, 시행하고 있다.

3.4 한국 분류기준

현행 NFSC 103기준은 일본의 구 규정을 답습한 것으로 단순히 특수가연물과 그 밖의 것으로 물품을 구분하고 각각 스프링클러 헤드의 수직거리만 4미터 또는 6미터로, 설치반경은 각각 1.7미터와 2.5미터로 제시하고 있다. 따라서 플라스틱제품의 확대, 고 천정화 추세, 자동화창고의 증대 등에 따른 다양한 수용물품의 화재 및 연소위험성을 반영한 세분화된 등급분류기준이 필요하다.

4. 등급분류와 자동식스프링클러 적용

4.1 자동식 스프링클러 설비 기준

물류창고의 방화대책은 화재예방 또는 화재 발생 이후의 소화 또는 진압으로 구분할 수 있으며 화재예방의 한계를 고려할 때 현재의 자동식 스프링클러설비의 설치기준은 미국 유럽 등의 선진국 기준과 같이 가연물의 특성과 공간특성을 고려한 연소 및 화재위험성에 근거하여 보완되어야 한다.

미국의 경우, 물류창고에 수용되는 물품은 화재 시 연소비율, 화염확산비율, 발화시간, 기화온도 등을 기준으로 상대적인 화재 위험도를 분류하여 이에 따른 소화대책을 진행한다. 여기서 연소비율은 스프링클러의 제어 또는 진압효과를 결정하는 주요한 요소가 되며 제품의 발화여부는 임계복사플럭스와 발화시간에 의해 결정된다. 미국의 FMDS, NFPA 13 및 개별보험회사의 경우, 그룹A Single Cartoned, Unexpanded Plastic 시험을 기준으로 수용품의 열 하중을 7개의 세부 그룹으로 분류하여 스프링클러설계에 적용하고 있다. NFPA 13의 면적-밀도곡선은 이러한 표준수용품을 사용한 실대화재 실험을 통하여 스프링클러의 성능확

Table 4. Classification Categories in Europe (BS EN 12845)

Storage configuration	Material Factor			
	1	2	3	4
Exposed plastic container with non-combustible contents	Cat. I, II, II	Cat. I, II, II	Cat. I, II, II	Cat. IV
Exposed plastic surface - unexpanded	Cat. III	Cat. III	Cat. III	Cat. IV
Exposed plastic surface - expanded	Cat. IV	Cat. IV	Cat. IV	Cat. IV
Open structure	Cat. II	Cat. II	Cat. III	Cat. IV
Solid block material	Cat. I	Cat. I	Cat. II	Cat. IV
Granular or powered material	Cat. I	Cat. II	Cat. II	Cat. IV
No special configuration	Cat. I	Cat. II	Cat. III	Cat. IV

Table 5. Sprinkler Installation Standards by Classification in Japan

	I	II	III	IV
Vertical Length for Head	Every height of 4 m			Every height of 6 m
Water Quantity (Using $\tau = 50$)	102.6 m ³ (114 l/min × 20 min × 30 heads × 1.5)		68.40 m ³ (114 × 20 × 30 heads)	45.60 m ³ (114 × 20 × 20 heads)
Water Quantity (Using $\tau = 100$)	82.08 m ³ (114 × 20 × 24 heads × 1.5)		54.72 m ³ (114 × 20 × 24 heads)	36.48 m ³ (114 × 20 × 16 heads)
Waterproof Anti-fire τ Plate (Horizontal Pad) from Upper Head	Within every height of 4 m	Within every height of 8 m	Within every height of 8 m ^(*)	Within every height of 12 m ^(*)
			(*) Not required if water quantity is determined using 1.5 times of normal water quantity	

보를 요구하고 있으나 제정 당시의 물품을 고려하여 플라스틱이 제외되고 포장재의 영향이 제외되었다. 또한 복합 수용품에 대한 자료가 부족하며 특수한 조건하의 한정된 변수를 가지고 실대화재 실험을 수행하고 있어서 반복제 현성과 설계범용성에 한계를 보여주고 있다⁽⁴⁾.

유럽의 경우, 모든 스프링클러설치대상은 물품의 가연성 즉 연소성과 화재하중, 열 방출비율 및 포장재의 재질 및 창고의 배치형상을 고려하여 최대 저장면적, 통로폭, 저장 물품간의 이격거리 등을 제시하고 있다⁽⁵⁾. 가연물의 연소 특성을 고려한 재료구성요소(Material factor) MF1, 2, 3, 4의 4가지와 수용물품의 저장형태 7가지 경우를 기준으로 4가지 분류등급 즉 가장 위험도가 낮은 Category 등급 I부터 가장 위험도 높은 등급 IV까지를 가지고 스프링클러의 방수밀도 방수면적 최대저장 높이 등을 적용한다. 스프링클러설치와 관련한 수평차단막은 요구하지 않으나 중간레벨 스프링클러헤드 설치기준은 12.5장에서 구체적으로 요구하고 있다. 최소 인렉스프링클러의 수압은 2.0 bar이며 천장에만 헤드를 설치하는 경우, 저장높이는 창고형상과 창고분류에 따라서 3.0 m~7.6 m이며 12미터를 초과하면 사전심의 대상으로 안전성을 확보한다.

일본의 경우, 1972년 소방법시행령 개정시, 당시 증가하는 랙크식 창고의 화재예방상 위험성을 배려하여 규제가 마련되었다. 일반적으로 (특정방화대상물)로서 연면적 6,000 평방미터 이상 또는 11층 이상은 스프링클러 설치대상이지만 랙크식 창고는 예외적으로 규제가 강화되어 천장고 10미터초과 또는 연면적 700평방미터 이상에 요구된다(소방법 시행령 제12조 제1항 제5호). 아울러 주요구조부를 내화구조(화재발생 후 2시간은 구조적으로 내구성을 가지며 연소확대가 안되는 것)로서 내장을 난연재료(화재 발생 후 5분이상의 연소억제효과가 있는 것)으로 마감한 경우는 연면적 2,100평방미터까지, 주요구조부를 준 내화구조(1시간 이상 내화성)이며 난연재료 마감의 경우는 연면적 1,400평방미터까지 완화된다. 아울러 700평방미터 이상은 옥내소화전 설치가 요구된다. 수용물품은 특수가연물(지정 가연물) 여부 및 수용용기(포장재) 등의 연소성을 고려하여 4가지로 등급을 구분하며 파렛은 난연성 플라스틱을

요구한다. Table 5와 같이 헤드수직거리는 4미터(1, 2, 3등급) 또는 6미터(4등급)이며 수원수량은 시간상수에 따라 분당 114리터, 20분간 동시사용헤드수를 기준으로 수원의 수량을 산정한다. 또한 상부헤드작동 시 하부헤드의 냉각으로 방수가 불가능하며 전체적인 필요진화밀도(RDD)가 부족한 문제를 해결하기 위하여 상부헤드로부터 방수차단 난연성 판(수평 차폐판)을 4미터, 8미터, 12미터마다 설치한다.

4.2 사례 분석

2014년 4월 발생한 대전 아모레 퍼시픽 화재는 대형 랙크식 물류창고의 전반적인 소방시스템 특히 현행 국내 스프링클러설비의 효용성에 대한 심각한 문제점을 잘 보여주고 있다. Table 6은 아모레 물류창고에 미국 NFPA 규정을 적용한 선행 연구결과⁽²⁾를 토대로 유럽의 기준과 비교·분석한 결과이다. 유럽 EN 12845:2015 기준을 적용하면 부록 B의 재료구성요소 MF2, 배치형상은 기타에 해당되므로 등급 II에 해당한다(Table 4 참조). 아울러 창고높이가 6 m를 초과하므로 인렉스프링클러가 요구되므로 창고 내부에 설치되었던 총 29개의 랙크(14개 이중열, 1개 단일열)에 적용하는 경우, 총 7,390개의 인렉헤드가 필요하게 된다(Figure 3 참조). 미국기준과 비교하면 천정에 설치하는 헤드 수는 동일하나 헤드 작동온도에 따른 살수밀도규정여부가 다르며 수평차단막 설치여부에 따른 헤드 수 감소를 인정하는 미국의 대안 3과 같은 완화규정이 없다⁽⁶⁾. 현 유럽 기준은 미국의 수평 송기 및 수직 송기공간과 페이스 헤드 설치를 적용한 대안 1과 헤드 수(유럽 8,022개, 미국 8843개, 한국 1,807개)와 방수 량에서 거의 유사한 수준이다⁽⁷⁾. 한편, 일본의 신 기준은 수평 차폐판을 설치하고 시 정수에 따라서 동시개구수를 감소하고 있으나 설치간격에 따른 헤드 수는 현 국내기준과 동일하며 미국 유럽의 스프링클러 설계요구조건과 매우 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

대형물류창고는 화재초기에 제어 또는 진압이 필수적이

Table 6. Comparison of Installation Standards in EN and USA (Amore-pacific Fire)

		Option 1	Option 2	Option 3	EN 12845
<i>Ceiling Sprinklers</i>	Design Density	14.3 mm/min	14.3 mm/min	14.3 mm/min	7.5 mm/min
	Design Area	186 m ²	186 m ²	186 m ²	260 m ²
	AS Temperature	Ordinary	Ordinary	Ordinary	*
	78 m × 73 m/9 m ²	632	632	632	632
<i>In-Rack Sprinklers</i>					
	Flue Sprinklers				
	Per Double Row	153	408	100	510
	Single Row	153	408	100	250
	14 Dbl Row; 1 Single Row	2295	6120	1500	7390
	Face Sprinklers				
	Per Double Row	408	408	300	-
	Single Row	204	204	150	-
	14 Dbl Row; 1 Single Row	5916	5916	4350	-
	Total	8211	12036	5850	7390
	Min Sprinkler Discharge	114 lpm	114 lpm	114 lpm	Min. 2.0 bar/ K 80 (114 lpm)
	Number sprinklers flowing	14 (7 on each 2 top levels)	14 (7 on each 2 top levels)	14 (7 on each 2 top levels)	9 (3 on each of top 3 levels)
Total		8843	12668	6482	8022

Note * This document does not specify a density based on operating temperature.

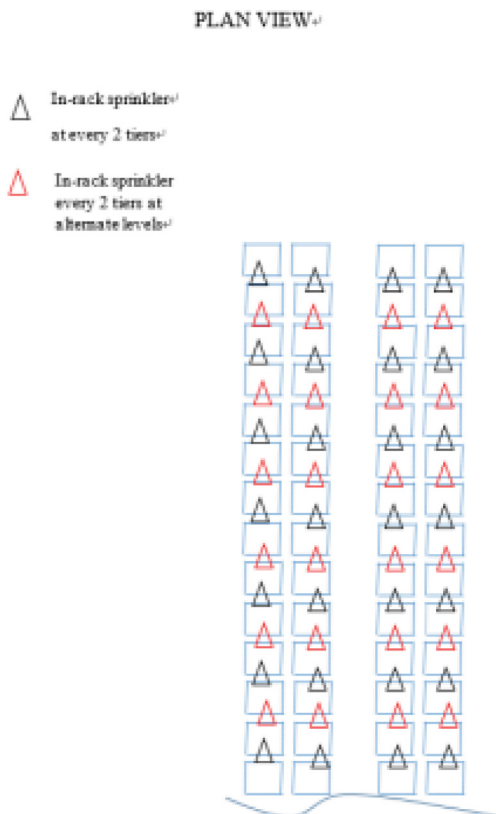


Figure 3. Plan view of in-rack sprinkler layout based on EN12845.

며 이를 위한 자동식 스프링클러설비 및 소방대의 수동진압이 가장 현실적인 방화대책으로 볼 수 있다, 화재위험도가 가장 높은 배치형태로 알려진 랙크식 창고를 중심으로 현장조사와 미국 유럽의 관련기준 분석을 통한 주요 연구결과는 다음과 같다.

(1) 외부포장재의 경우, 모든 수용물품이 종이와 비닐포장을 사용하며 특히 플라스틱 포장의 비율도 32%(9개소)로 나타났다. 파렛의 재질은 플라스틱 70%, 목재 20% 기타 종이 9%, 철재 1%로 조사되었다.

(2) 천정높이는 최저 2.6m(적층식), 최고 15.5m(랙크식), 33.9m(자동적재식)이며 5m 이하가 10개, 10m 이하가 23개, 10m 이상 16m 이하가 5개로서 10m 이하가 60%로 조사되었다.

(3) 공간 내 최고 저장높이는 수용물품의 적재방식에 따라서 1m~2.2m(바닥적재방식), 4m~9m(랙크식)의 분포를 보였다.

(4) 랙크 사이의 이격거리는 2m 이하가 7개, 4m 이하가 15개, 4m 이상이 2개로 조사되었으며 수용물품과 바닥면적에 따라 랙크의 길이는 3m~30m(자동식 제외)로 나타났다.

(5) 적재방식은 랙크식 + 일부 바닥적재식이 90%, 바닥적재식이 10%, 데크식이 7%로서 랙크식은 단열과 이중열을 동시에 사용하고 있으며 특히 다층구조형식의 데크식은 층간 화재확산위험성이 매우 높음을 알 수 있다.

(6) 수용물품의 등급은 예상물품, 외부포장재 및 파렛의 가연성과 플라스틱 비율을 기준으로 유럽과 일본에서 적용하는 4등급으로 분류하고 적재방식별로 최대 적재면적, 최대 저장높이, 방수밀도를 적용할 필요가 있다.

향후 각 적재형태별 내부 물품과 포장재의 영향을 고려한 실험을 통한 등급분류의 타당성 확인과 대표 가연물을 기준으로 천정 및 인렉스프링클러 헤드의 효용성 실험이 필요하다고 판단된다.

후 기

본 연구는 국민안전처 소방안전 및 119구조구급기술연구개발사업(MPSS-소방안전-2015-67)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

1. W. H. Kim and Y. J. Lee, "Warehouse Commodity Classification", Proceedings of Autumn Scientific Meeting of Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 143-144 (2015).
2. W. H. Kim and Y. J. Lee, "An Improvement of Fire Safety Code for Rack-Type Warehouse in Korea", Fire Science and Engineering, Vol. 28, No. 6, pp. 69-75 (2014).
3. FM Global Property Loss Prevention Data Sheets 8-1, "Commodity Classification", April (2015).
4. W. H. Kim, "Fire Characteristic and Fire Protection in Warehouse", Article of Fall Issue of Korean Fire Protection Association (2015).
5. M. Arvidon and A. Lonnermark, "Commodity Classification Tests of Selected Ordinary Combustible Products", SP REPORT 2002:03.
6. NFPA 13 "Standard for the Installation of Sprinkler Systems" (2013).
7. BS EN 12845;2015, "Fixed Firefighting Systems- Automatic Sprinkler Systems- Design, Installation and Maintenance (2015).

1. W. H. Kim and Y. J. Lee, "Warehouse Commodity Clas-