

[Research Paper]

인랙스프링클러 헤드의 살수 특성

김종훈[†] · 정우인 · 명상엽* · 정기신* · 김운형**

(주)H2K솔루션, *세명대학교, **경민대학교 소방안전관리과

Spray Characteristics of In-Rack Sprinkler Heads

Jong Hoon Kim[†] · Woo In Joung · Sang Youb Myoung* ·
Keesin Jeong* · Woon Hyung Kim**

H2K Solutions Inc, *Semyung University, **Kyungmin University

(Received May 19, 2017; Revised June 14, 2017; Accepted June 22, 2017)

요 약

본 연구는 랙크식 창고에 적용되고 있는 인랙스프링클러의 살수특성을 알아보기 위해 수행되었다. 국내산 헤드와 미국산 헤드를 대상으로 흐름성능실험, 방사각도 측정, 각도별 밀도측정 등이 수행되었다. 국내산 헤드의 경우 넓은 방사범위를 가지고 있으며, 미국산 헤드의 경우 국내산 헤드에 비하여 좁은 각도를 가지고 있다. 동일한 K80헤드로 비교해보면 국내산 헤드는 직접 살수가 어려운 부분으로 물을 보낼 수는 있으나, 각도별 살수밀도는 낮은 수준이었다. 미국산 헤드는 상대적으로 좁은 각도 내에 국내산에 비하여 많은 양의 물을 보낼 수 있는 것으로 나타났다. 결론적으로 랙크식 창고의 평면적으로 2열 이상으로 배치된 가연물에 대해서는 화재확산을 억제하거나 진압 효과를 가지기 위해서는 페이스 스프링클러의 도입과 함께 지그재그 형태로의 배치를 통해 살수장애지역을 최소화 해야 할 것으로 보인다.

ABSTRACT

The aim of this study is to find out the water spray features of in-rack sprinklers for rack storage. This study conducted cold water flow test, measurement of spray angle and densities by angles for sprinkler head manufactured by a Korean company and a U.S. company. Korean sprinkler head had a wide angle of water spary. The water spray angle of a U.S. sprinkler head was narrow compared to the Korean sprinkler. In comparison of the Korean head with U.S. head of the same K80, the Korean head can send water to parts that are difficult to directly spray, but the spraying density by angle was low. U.S. head can send more water than Korean head at a narrow angle. In conclusion, for flammable materials placed in two or more rows in a rack storage, a zigzag arrangement with face sprinklers will be effective.

Keywords : Rack Storage, In-rack Sprinkler, Face Sprinkler, Density, Arrangement

1. 서 론

랙크를 사용하여 대량의 물건을 적재하는 랙크식 창고는 유통과 보관에 있어서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 국제 교역과 국내 물류의 발전이 지속적으로 이루어지고 있는 상황에서 이들에 대한 화재안전의 중요성은 크게 부각되고 있다. 이러한 창고화재는 인명피해보다 재산손실 규모가 매우 크다. 지난 아모레 퍼시픽 창고화재(2014)는 약 47억, 제일모직 김포물류창고 화재(2015)는 약 280억, 한국타이어 물류창고화재(2014)는 약 66억원의 피해로 조

사되었다. 하지만 국내 스프링클러 설치 규정은 특수가연물 보관여부에 의해 구분되도록 하여 물류창고의 적재물 특성을 반영하지 못하고 있으며, 스프링클러 헤드 요구 성능에 대한 별도의 규정이 없다. 이러한 국내 규정은 미국 NFPA나 FM 등의 기준에 비교해보면 설치되는 스프링클러가 구현하는 능력에 많은 차이가 나고 있어, 화재 시의 적용성에 대해 의문을 가지게 된다. 국내에서는 랙크식 창고의 수용물품 조사등과 같은 기초 연구가 수행되면서, 소화설비에 대한 연구도 진행되고 있다.⁽¹⁾ 본 연구에서는 이러한 인랙스프링클러에 대하여 실제 랙크식 창고에서 인랙스

[†] Corresponding Author, E-Mail: aina47@hanmail.net, TEL: +82-31-462-3119, FAX: +82-31-462-2119

© 2017 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

프링클러에 요구되는 성능에 대하여 분석하고, 국내외 관련 규정에서 제시하고 있는 헤드의 성능에 대해 비교분석을 수행하며, 실제 실험을 통하여 인렉스프링클러의 살수 밀도와 각도 등의 특성에 대하여 알아보려고 한다.

2. 인렉스프링클러 관련 규정

국내 National Fire Safety Code (NFSC) 103 「스프링클러 설비의 화재안전기준」의 제10조 2항에 의하면 천장 높이 13.7 m 이하인 랙크식 창고는 NFSC 103B에 의한 화재조기진압용 스프링클러를 천장에 설치할 수 있으며, 특수가연물의 저장 및 취급하는 곳은 높이 4 m마다, 그 밖의 것은 높이 6 m이하마다 스프링클러헤드를 설치하도록 하고 있다. 그리고 랙크식 창고에 있어서는 살수반경이 2.5 m 이하지만, 특수가연물을 저장 또는 취급하는 랙크식 창고의 경우에는 1.7 m 이하로 하도록 하고 있다. 특수가연물에 해당되는 것으로는 목재가공품은 10 m³ 이상, 합성수지류는 합성수지제품, 합성수지반제품, 원료 합성수지, 고무 반제품, 고무제품, 원료 등을 포함하며, 발포된 것은 20 m³ 이상, 비발포는 3,000 kg 이상이 해당된다. 그러므로 위에 열거된 것을 포함한 「소방기본법 시행령」 별표 2의 특수가연물을 보관하는 창고의 경우, 창고 천장높이가 13.7 m이하인 경우는 화재조기진압용 스프링클러헤드를 천장에 설치하면 되고, 그 이상인 경우는 높이 4 m 마다 스프링클러를 설치하도록 하고 있다.⁽²⁾

미국 National Fire Protection Association (NFPA)는 인렉스프링클러 헤드의 경우 K-Factor가 K80, K115, K160인 것으로 일반형과 속동형을 사용하도록 하고 있다.⁽³⁾ 헤드의 동작에 있어서 일반형과 속동형에 대한 차이 없이 설계요구사항은 동일하도록 하고 있다. 또한 K80과 K115가 일반적이며, 경우에 따라 K160이 사용될 수 있다고 해설서에서 언급하고 있다.⁽⁴⁾ 스키핑현상(Skipping)을 방지하기 위한 차폐판(Water shield)의 설치를 하도록 하고 있다. 랙크 내부에 설치되는 스프링클러와 별도로 랙크의 통로 부분 방향에 설치되는 페이스 스프링클러(Face sprinkler)를 규정하고 있다. 이는 단일 랙크가 아닌 경우 통로 쪽 면에 설치되며, 내부 송기공간(Flue space)이 아닌 외부면(Face)을 통한 화재확산을 저지하기 위한 목적을 가지고 있으며, 이를 위한 특수한 성능의 헤드가 지정되는 것은 아니다. 헤드의 수평, 수직 간격은 가연물의 위험성, 단단한 선반의 유무, 그리고 랙크의 배치 등에 따라 다양한 선택을 가지고 있다. 적재물과 랙크 사이는 최소 150 mm의 빈공간이 유지되도록 하고 있다.

미국 Factory Mutual (FM)은 재산손실방지데이터시트(Property Loss Prevention Data Sheets)중 FMDS 8-9 「STORAGE OF CLASS 1, 2, 3, 4 AND PLASTIC COMMODITIES」에서 인렉스프링클러의 설치에 대한 사항을 제공하고 있다.⁽⁵⁾ FMDS에서는 적재가연물 종류, 천장의 높이, 단단한 선반의 유무, 송기공간에 관한 사항을 기준으로 설치 가능 헤드를 선택할 수 있다. 플라스틱류의 경우 천장 높이 12 m 이상이 되면 적용가능 헤드가 없어, 인렉스프링클러를 설치

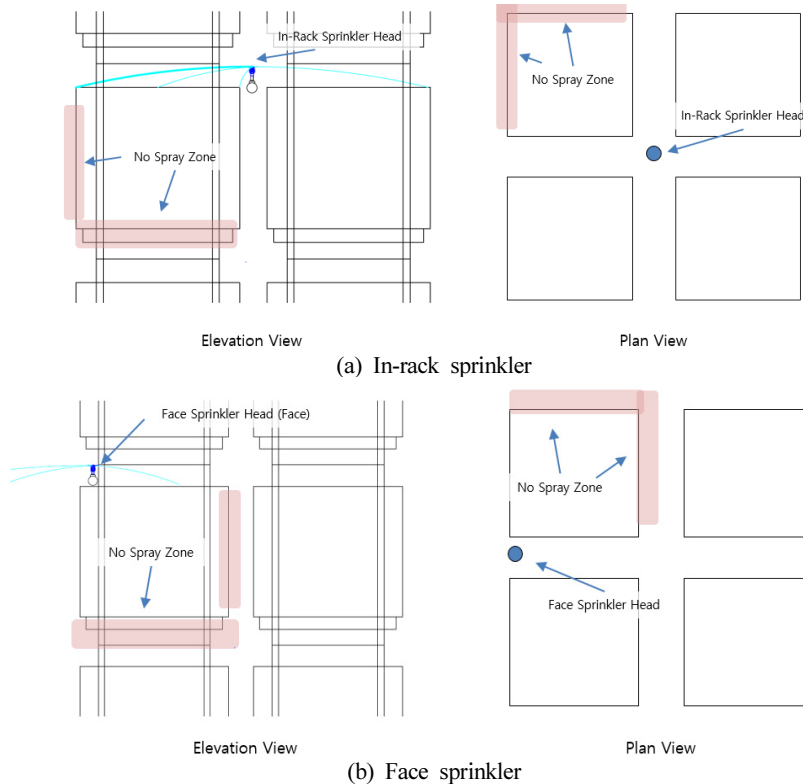


Figure 1. Installation and operation of in-rack sprinkler.

해야한다. 모든 등급에 대해 오픈프레임 선반인 경우 적용 가능한 인렉스프링클러의 수직 간격인 3.6 m를 초과하면 안되며, 스프링클러 헤드 반사판(Deflector) 위치에서 적재물 상부까지는 150 mm 이상의 수직 공간이 요구된다.

NFPA와 FM은 창고의 헤드선택과 설계에 대하여 매우 복잡한 규정을 제시하고 있지만, 이는 최소의 비용으로 적합한 안전을 확보할 수 있는 방안을 제시해주고 있다.

3. 인렉스프링클러에 요구되는 성능

대부분의 화재진압을 위한 스프링클러는 천장에 부착되어 바닥부분에 분포된 가연물을 대상으로 살수를 한다. 하지만 인렉스프링클러는 복잡한 구조 내부에 위치하며, 살수를 해야 하는 가연물도 입체적 특성을 가지고 있다. Figure 1 (a)에서 보는 바와 같이 랙크의 내부에 설치되어 적재된 가연물에 살수를 하는 것이 일반적인 배치에서의 인렉스프링클러의 역할이다. 그림처럼 설치가 될 경우 2열랙의 가운데 헤드가 위치한다면 정면도(Elevation view)에서 보는 바와 같이 헤드에서 방사된 물은 직접 살수가 가능한 부분과 살수가 불가능한 지역이 생기게 된다. 특히 바닥면은 직접 살수가 진행될 수 없다. 평면도(Plan view)에서도 마찬가지로 헤드가 직접 보이는 상부면과 송기공간과 접하는 내측 2개면은 살수가 가능하지만 반대편 지역은 살수가 어렵다. 이러한 부분들은 물이 가연물의 표면을 따라 흐름을 통해 도달할 가능성이 있다. 그나마 이러한 도달도 스프링클러의 방사 각도가 높아야 가능하다. 페이스 스프링클러(Face sprinkler)도 살수 장애구역이 생기는 것은 동일하며 이 또한 Figure 1 (b)에서

보는 바와 같다. 현재 시장에 제품화되어 출시된 헤드들의 살수특성에 대해 실험적 연구를 통해 파악하고, 이를 기반으로 스프링클러의 설치 기준의 개정을 수행할 필요가 있다.

4. 인렉스프링클러의 살수흐름 실험 (Cold water flow test)

4.1 실험 개요

본 실험에서는 인렉스프링클러에서 방사되는 물이 실제 가연물에 어떤 부분에 물을 도달시키는지 알아보기 위해 수행되었다. 실험은 한국건설생활환경시험연구원의 삼척 실험실 화재 시험연구센터에서 수행되었다. 실험세트는 Figure 2에서 보는 바와 같이 실제 크기의 랙크를 제작하고 여기에 1.2 m (W)×1.2 m (D)×2.1 m (H) 크기의 물품을 파렛트에 실어 적재하였다. 적재물은 골판지로 제작되었으며, 빈 박스일 경우 물을 살수하면 붕괴할 수 있으므로 이를 방지하기 위해 내부에 스티로폼을 박스크기로 만들어 넣어 포장하였다. 적재물은 랩으로 포장된 경우와 아닌 경우가 있었다. 한단의 높이는 2.5 m 단위이며 4개의 적재물 사이 가운데 부분에 스프링클러 헤드를 설치하였다.

4.2 실험 수행 및 결과

(1) 물 도달면적 영상분석

스프링클러와 적재물의 하부에는 0.2 m × 0.2 m의 채수통을 부착하고 이 통에 관을 설치하여 드림통으로 떨어지는 물을 수집하였다. 사용된 헤드는 국산 K80 헤드와 미국

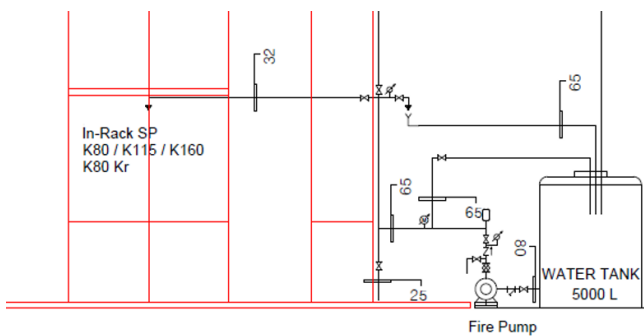


Figure 2. Drawing of IRAS system and experimental setup.

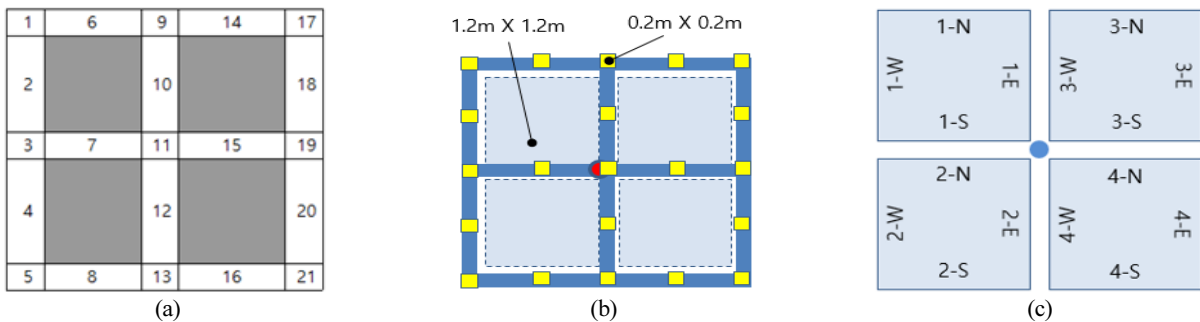


Figure 3. Numbers of bucket position, size and faces of picture(Plan view).^(6,7)

Table 1. IRAS K80 -KR - with No Wrapping

No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²
1	0.83	6	1.75	9	6.33	14	1.50	17	2.08
2	1.00			10	3.83			18	1.25
3	2.33	7	10.83	11	3.33	15	6.25	19	2.92
4	7.33			12	12.50			20	1.00
5	1.42	8	7.42	13	1.25	16	6.25	21	1.25

Table 2. IRAS K80 -KR - with Wrapping

No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²
1	2.58	6	1.00	9	0.42	14	4.58	17	-
2	0.25			10	6.17			18	1.08
3	7.17	7	15.00	11	2.50	15	13.33	19	9.17
4	0.42			12	14.17			20	7.50
5	0.58	8	0.92	13	6.58	16	0.42	21	1.67

Table 3. IRAS K80 -US - with No Wrapping

No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²
1	0.00	6	0.00	9	0.42	14	0.00	17	0.00
2	0.00			10	1.50			18	0.00
3	0.83	7	3.25	11	1.33	15	2.58	19	2.83
4	0.00			12	2.25			20	0.00
5	0.00	8	0.00	13	2.83	16	0.00	21	0.00

Table 4. IRAS K115 -US - with No Wrapping

No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²	No.	Lpm/m ²
1	0.50	6	0.58	9	7.92	14	1.67	17	2.75
2	1.00			10	6.25			18	2.50
3	5.33	7	4.67	11	0.67	15	9.17	19	11.67
4	1.08			12	2.92			20	0.75
5	0.33	8	2.67	13	3.75	16	0.58	21	0.75

V사의 K80헤드, 그리고 T사의 K115헤드를 대상으로 실험을 수행하였다. 인렉 전용헤드를 최대한 입수해서 실험을 수행하였다. 각 3분씩 1 Bar의 압력 하에 살수를 시행하였다. 살수를 한 후 Figure 3 (c)에서 제시한 각 표면의 상태를 사진으로 촬영하여 편집하였다. 그 결과를 Figure 4, 5, 6, 7에 수록하였다. Figure 4는 국산 헤드로 내부 송기공간 부분은 덜 적셔진 곳이 보이며, 살수장애지역도 물의 흐름이 보인다. Figure 5는 랩을 씌운 상태에서 살수한 것으로 랩 내부로 물이 스며든 것이 보이지만 많은 양은 아닌 것을 알 수 있다. Figure 6는 미국산 K80 헤드인데 송기공간과 접해있는 면들은 잘 적셔져있지만, 사각지대는 거의 적셔

지지 않은 것을 볼 수 있다. Figure 7은 미국산 K115 헤드로서 K80에 비하여 많은 방수량을 가지고 있으므로 송기공간은 잘 적셔져 있으며, 외곽 사각지대 부분에서 물 흐름이 나타나고 있는 것을 볼 수 있다.

(2) 살수밀도 분석

Figure 3 (a) (b)에서 나타내고 있는 위치에 설치된 채수통을 통하여 측정된 살수밀도는 Table 1, 2, 3, 4에 나타내었다. 이를 보면 국산 K80 헤드는 그 살수결과로 각 부분에 물이 도달하는 것으로 나타나고 있으나, 미국산 K80은 살수장애영역의 채수통에 도달한 물이 거의 없는 것으로

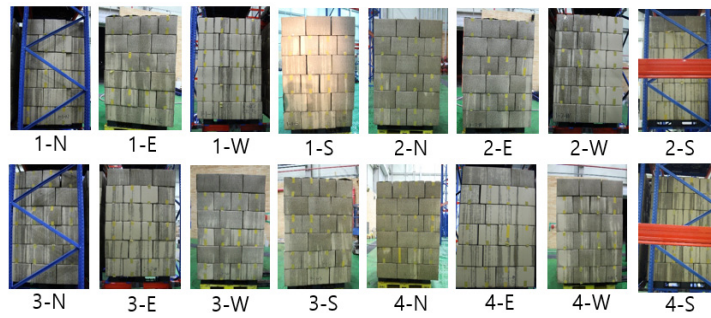


Figure 4. Wet area of commodity surface by IRAS Head K80 Korea (Wrap X).

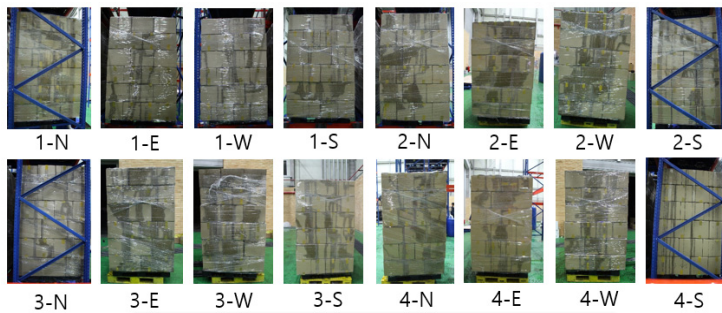


Figure 5. Wet area of commodity surface by IRAS Head K80 Korea (Wrap O).

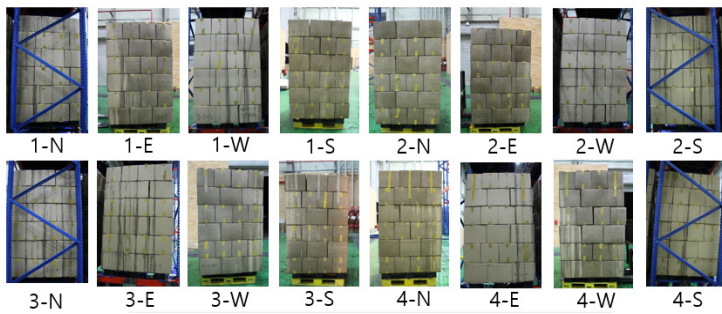


Figure 6. Wet area of commodity surface by IRAS Head K80 U.S.A. (Wrap X).

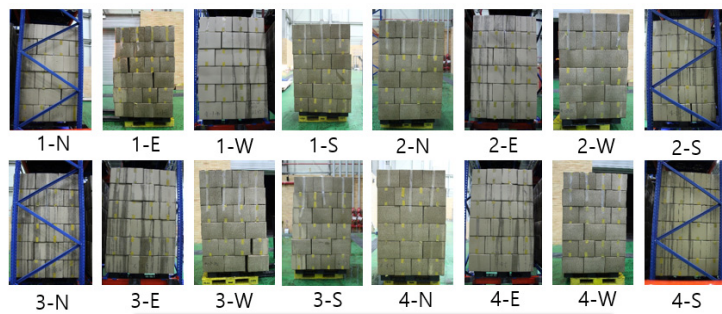


Figure 7. Wet area of commodity surface by IRAS Head K115 U.S.A. (Wrap X).

나타나고 있다. 헤드를 중심으로 2차원적으로 측정위치를 구분해보면 가운데 부분, 송기공간에서 가운데 쪽, 송기공간에서 외부끝 쪽, 사각지대 벽부분과 사각지대 구석부분으로 분류해볼 수 있다. 각 부분에 도달한 물의 양을 분석해보면 Table 5, 6, 7, 8과 같다. 이를 보면 대부분 송기공간

안쪽의 위치가 많은 양의 물이 도달하고 있으며, 그 다음은 송기공간 끝부분이 많은 양의 물이 도달하고 있다. 단, 국산헤드의 경우 외벽부분이 송기공간 끝부분보다 많은 양의 물이 도달한 것을 알 수 있으며, K115는 송기공간 끝부분이 가장 많은 양의 물이 도달했음을 알 수 있다.

Table 5. IRAS K80 -Kr - with No Wrapping (Lpm/m²)

Sample	Center	Flue-1	Flue-2	Out-W	Corner
1	3.33	6.25	2.92	1.25	2.08
2		3.83	6.33	1.50	0.83
3		10.83	2.33	1.75	1.42
4		12.50	1.25	1.00	1.25
5				7.33	
6				7.42	
7				6.25	
8				1.00	
MAX	0	12.5	6.33	7.42	2.08
MIN	0	3.83	1.25	1	0.83
AVE	0	8.35	3.21	3.44	1.40

Table 6. IRAS K80 -Kr - with Wrapping (Lpm/m²)

Sample	Center	Flue-1	Flue-2	Out-W	Corner
1	2.50	13.33	9.17	1.08	-
2		6.17	0.42	4.58	2.58
3		15.00	7.17	1.00	0.58
4		14.17	6.58	0.25	1.67
5				0.42	
6				0.92	
7				6.58	
8				7.50	
MAX	0	15	9.17	7.5	2.58
MIN	0	6.17	0.42	0.25	0.58
AVE	0	12.17	5.84	2.79	1.61

Table 7. IRAS K80 -US - with No Wrapping (Lpm/m²)

Sample	Center	Flue-1	Flue-2	Out-W	Corner
1	1.33	2.58	2.83	0.00	0.00
2		1.50	0.42	0.00	0.00
3		3.25	0.83	0.00	0.00
4		2.25	2.83	0.00	0.00
5				0.00	
6				0.00	
7				2.83	
8				0.00	
MAX	0	3.25	2.83	2.83	0
MIN	0	1.5	0.42	0	0
AVE	0	2.40	1.73	0.35	0.00

* Positions in table 5,6,7,8 are as follows;

- 1) Center is No.11 bucket in Figure 3. (a)
- 2) Flue-1 includes No. 7, 10, 12, 15 buckets in Figure 3. (a)
- 3) Flue-2 includes No. 3, 9, 13, 19 buckets in Figure 3. (a)
- 4) Out-W includes No. 2, 4, 6, 8, 14, 16, 18, 20 buckets in Figure 3. (a)
- 5) Corner includes No. 1, 5, 17, 21 buckets in Figure 3. (a)

5. 인렉스프링클러의 각도별 살수밀도

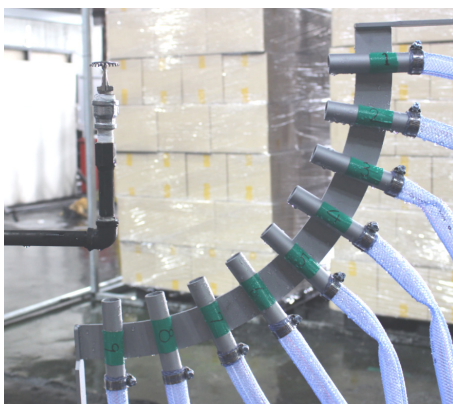
5.1 실험 개요

본 실험에서는 인렉스프링클러에서 방사되는 물이 각도 별로 어느 정도 양이 나가는 지를 보기 위해 실시되었다.

외부에서는 살수밀도 측정만 가능하지만, 외부에서 보이는 방사각도 내부에 균일하게 물이 방사되지는 않을 것이다. 방사각도 내부의 분포를 알아보기 위하여 Figure 8과 같은 장치를 만들어 사용하였다. 이 실험에서 사용된 헤드는 국산 K80, 미국 V사의 K80, 미국 V사의 K115 헤드 그리고,

Table 8. IRAS K115-US - with Wrapping (Lpm/m²).

Sample	Center	Flue-1	Flue-2	Out-W	Corner
1	0.67	9.17	11.67	2.50	2.75
2		6.25	7.92	1.67	0.50
3		4.67	5.33	0.58	0.33
4		2.92	3.75	1.00	0.75
5				1.08	
6				2.67	
7				3.75	
8				0.75	
MAX	0	9.17	11.67	3.75	2.75
MIN	0	2.92	3.75	0.58	0.33
AVE	0	5.75	7.17	1.75	1.08



K80-SR-KR



K80-SR-US



K115-SR-US



K115-QR-US

Figure 8. Measuring device for density by angle and in-rack sprinkler heads.

Table 9. Measured Densities by Each Angle (Lpm/m²).

Angle	K80-SR-KR	K80-QR-US	K115-SR-US	K115-QR-US
90.00	37.27	1.86	4.14	33.13
78.75	124.22	15.73	33.13	37.27
67.50	51.76	231.88	376.81	250.52
56.25	32.09	267.08	140.79	283.64
45.00	24.84	18.63	62.11	24.84
33.75	5.38	1.86	4.76	3.11
22.50	1.24	0.62	1.66	2.07
11.25	0.21	0.21	1.04	2.07
0.00	3.52	1.04	0.21	1.04

같은 회사의 K115이며, 속동형(Quick Response)인 헤드 등 총 4종을 실험해보았다. 이 장치는 0°에서 90°사이 11.25° 간격으로 배관을 배치하고 이 배관을 통해 들어오는 물을 호스로 연결하여 통에 받아 측정하였다. 물은 10분간 살수 되었다.

5.2 실험 수행 및 결과

결과를 보면 방사각도 내의 각 방향으로 유입되는 물은

외부에서 보이지 않는 원뿔형태의 방사 구역 내부의 흐름 패턴을 알아볼 수 있다. Table 9를 보면 K80국산헤드는 매우 높은 각도로 많은 양의 물을 보내고 있음을 알 수 있다. 방사각도는 보통 160~170°를 나타내며 이 지역에, 70°정도의 구역에 살수가 많음을 알 수 있다. K80, K115 등 미국산 헤드는 더 좁은 50~70° 지역에 물이 집중되는 것을 알 수 있다. 방사각도별로 도달하는 물의 밀도를 그래프로 그려보면, Figure 9와 같이 비교해볼 수 있다. 국산헤드에 비해 미

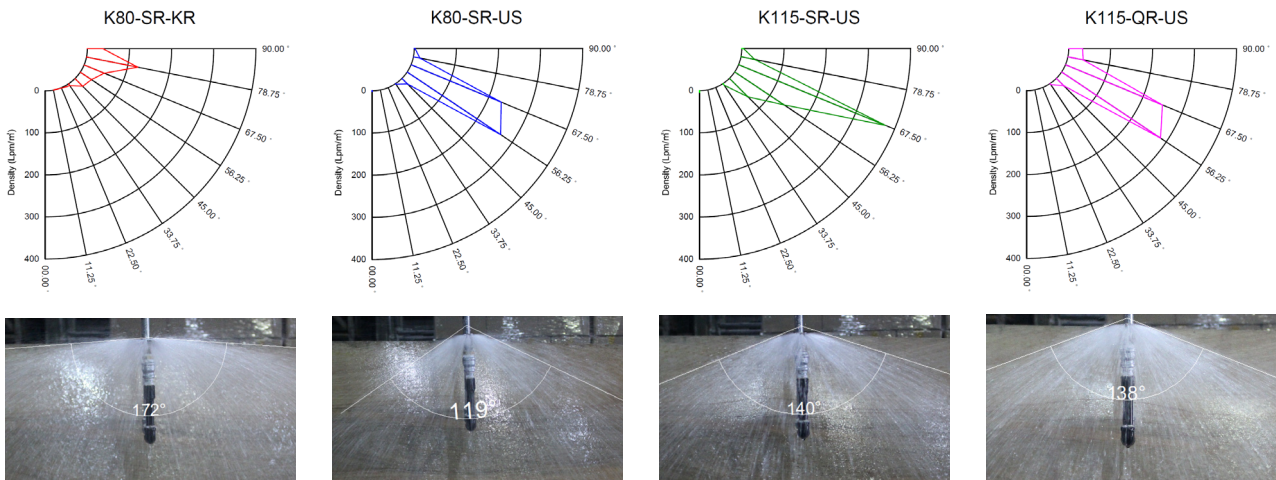


Figure 9. Densities by angles and spray angles.

국헤드는 좁은 약 50~70° 구역에 살수가 집중되는 것을 알 수 있다. 국산헤드는 넓게 퍼지는 반면 살수밀도는 낮으며, 미국산 헤드들은 일정한 각도 내에 집중적인 살수를 하는 것을 알 수 있다.

6. 결과 및 분석

여러 종류의 인렉스프링클러의 살수 특성을 위한 실험을 수행한 결과 몇 가지 중요한 결과를 얻었다.

먼저 인렉스프링클러의 흐름에 대한 실험에서 살수 후 적재물 표면의 젖은 면적을 보면 낮은 유량(K60)인 경우 국산 헤드가 넓은 면적에 도달하는 것을 보여주었다. 장애물의 사각지역에도 물이 흐르는 것을 알 수 있었다. 측정된 방사각도도 172°를 기록하여 타 헤드에 비해 넓은 영역으로 물이 방사됨을 알 수 있었다. 바닥에 도달한 물의 양을 보면 위치별 평균값으로 볼 때 송기공간 끝부분과 외부 벽 부분 하부의 채수통의 물이 거의 비슷하게 나타나 국산헤드의 경우 물을 외곽으로 잘 보내는 특성이 있는 것으로 나타났다. 하지만 구석하부로의 물 도달은 현저히 떨어지는 것으로 보인다. 각도별 살수밀도를 보면 45°부터 밀도가 증가하기 시작하여 상부로 갈수록 증가하고, 78.75°에서의 살수가 가장 높은 것으로 나타났다.

이에 비하여 미국 제품의 낮은 유량(K80)의 경우는 살수 장애지역으로 예상되는 적재물 표면에 물이 흐르지 않는 것을 볼 수 있었다. 바닥에 도달한 물의 측정에서도 송기공간의 끝부분 일부와 외벽지역, 그리고 구석은 물이 도달하지 않는 것을 알 수 있었다. 방사각도의 측정에서는 119°를 나타내어 국산 헤드에 비하여 좁은 각도를 보여주고 있다. 물의 살수는 56.25°와 67.5°에 집중적으로 방사된 것을 볼 수 있다.

K115는 K80헤드에 비하여 많은 양의 물이 방사되었다. 송기부분 쪽 이외의 외벽지역에도 물의 흐름이 보이고는

있지만 역시 송기공간에 비해서는 적은 양의 물이 흘러간 것으로 관측된다. 바닥면에 도달한 물의 양을 보면 송기공간의 물은 많은 편이지만, 외벽부분과 코너 부분은 매우 적은 양의 물이 도달하는 것을 알 수 있었다. 흐름측정 헤드와 방사각도별 밀도 측정헤드는 다른 기업의 제품이지만 미국 제품이였다. 별도로 측정된 값을 보면 밀도측정을 한 헤드는 130°의 방사각도를 나타냈으며, 각도별 살수측정에서의 헤드는 140°를 나타내어 대칭축에서의 각도로는 5°의 차이가 있다. K115의 방사각도별 밀도를 보면 56.25°와 67.5°에 집중적으로 방사된 것을 볼 수 있다.

결과적으로 볼 때 국산헤드는 높은 각도의 방사 특성이 있으며, 실제 랙크에 설치될 경우 살수장애가 되는 적재물의 뒷면까지 물이 흐르는 것을 볼 수 있다. 이에 비해 미국산 헤드들은 국산에 비해 좁은 살수각도를 가지며, 특정각도에 집중적으로 물을 분사하는 것을 알 수 있다.

7. 인렉스프링클러 헤드 배치에 대한 제안

본 연구에서는 국내 및 미국 제조사에 의해 인렉스프링클러 용도로 사용되도록 제시되고 있는 헤드에 대하여 특성분석 시험을 수행 하였다. 국내는 K80 헤드 하나만 생산되고 있으며, 미국 V사에서는 K80, K115로서 반응속도에 따라 일반형(Standard response type)과 조기반응형(Quick response type)을 제공하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 인렉스프링클러에 적용가능한 헤드를 충분히 검토했다고 판단된다. 인렉스프링클러의 배치는 2열 이상의 랙이고 파렛트에 포장된 유닛로드 시스템용 적재물 또는 이와 유사한 형태인 경우 가운데 부분에만 배치하는 것으로는 화재진압의 효과가 거의 없을 것으로 판단된다. 이는 인렉스프링클러 헤드의 위치와 3차원적인 가연물의 배치로 인해 생기는 살수장애지역의 발생이 화재의 확산에 기여할 가능성이 높기 때문이다. 그러므로 인렉스프링클러의 최소한 2차

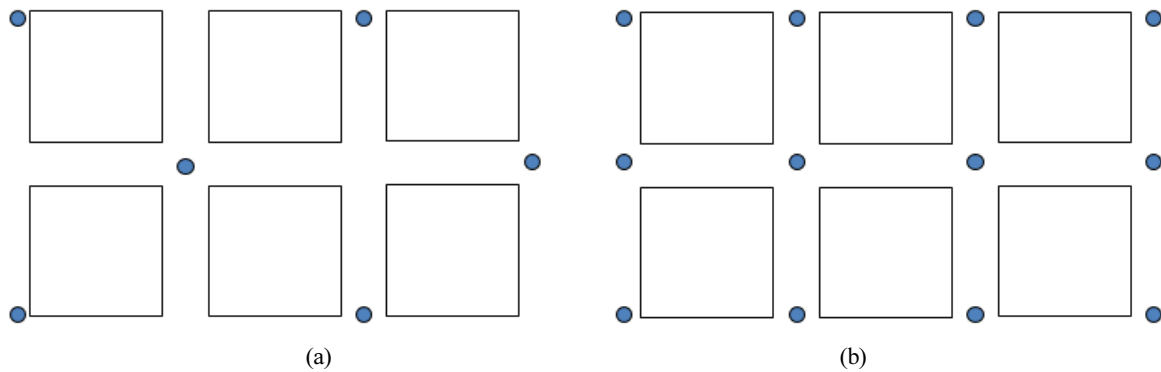


Figure 10. Arrangement of in-rack sprinkler head.

원적 배열은 인랙스프링클러와 페이스 스프링클러를 사용하여 Figure 10 (a)와 같은 형태로 배치하는 것이며, 가장 강력한 배치는 Figure 10 (b)와 같은 형태가 될 것이다. 그러므로 차후 인랙스프링클러의 설계에서는 2차원적인 배치에서 살수장애 지역이 최소화 되도록 해야 할 것이다. 또한 헤드배치의 변화에 따라 방수되는 물의 방사각도 등도 조절하여 좀더 집중적인 살수가 될 수 있는 특성의 헤드개발 등이 진행되어야 할 것으로 판단된다.

8. 결 론

본 연구는 랙크식 창고의 랙크에 설치를 목적으로 하는 인랙스프링클러의 살수특성을 알아보기 위해 수행되었다. 국내산 헤드와 미국산 헤드를 대상으로 실험을 수행해본 결과 국내산 헤드는 비교적 넓은 범위로 살수하는 특성을 가지고 있으며, 미국산 헤드의 경우 국내산 헤드에 비해 상대적으로 좁은 각도에 집중화된 살수 특성을 가지고 있는 것으로 나타났다. K80 헤드의 경우 국내산 헤드는 살수장애지역으로의 물을 보낼 수 있으며, 미국산 헤드는 이 부분으로 거의 물이 도달하지 않는다는 것을 실험에서 보여주었다. 국내산 헤드가 살수장애지역까지 물을 보내기는 하지만, 이 부분의 화염 확산을 저지할 수 있는 지에 대한 능력은 화재실험에 의한 검증이 필요하다고 판단된다.

본 연구의 살수특성 분석 결과, 실제 랙크식 창고의 평면적으로 2열 이상의 적재물에 대한 인랙스프링클러의 적용시 살수장애지역을 최소화하기 위한 헤드 배치가 요구된다는 결론을 얻었다. 이를 위해서는 페이스 스프링클러의 도입과 함께 최소한 지그재그 형태로의 배치가 되어야 효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 배치에 대한 세부적인 규정은 NFPA13과 FMDS 8-9 등에서도 제시하고 있다.

이들 규정에서의 헤드 배치는 가연물의 종류와 랙 배치 등의 상황에 따라 매우 다양하고 복잡하므로 국내 기준화하기 위해서는 이에 대한 심도 있는 연구가 필요하다. 차후 국외 기술 기준들에 대한 심도있는 고찰과 함께 이러한 배치가 얼마나 화재진압에 실질적인 효과를 발휘할 수 있는

지에 대해서 실제 화재에 대한 진압실험 등의 연구가 더 많이 진행되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 국민안전처 소방안전및119구조·구급기술연구개발사업(MPSS-소방안전-2015-67)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

2017년도 한국화재소방학회 춘계학술대회에서 발표된 논문을 수정·보완한 논문임.

References

1. W. H. Kim and Y. J. Lee, "A Field Survey of Rack-Type Warehouse for Commodity Classification System in Korea" *Fire Science and Engineering*, Vol. 30, No. 2, pp. 98-105 (2016).
2. National Fire Safety Code 103, "Fire Safety Code for Automatic Sprinkler System".
3. NFPA 13, "Standard for the Installation of Sprinkler Systems", National Fire Protection Association, pp. 82, 141-143 (2013).
4. James D Lake, "Automatic Sprinkler Systems Handbook 7th Edition", pp. 653-685, (2010).
5. FMDS 8-9 Loss Prevention Data Sheets, "STORAGE OF CLASS 1, 2, 3, 4 AND PLASTIC COMMODITIES", pp. 27-45 (2015).
6. J. H. Kim, W. I. Joung, Y. J. Lee, S. Y. Myoung and W. H. Kim, "Water Flow and Spray Experiments of In-Rack Sprinkler at Rack Storage", *Proceedings of 2017 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering*, pp. 193-194 (2017).
7. J. H. Kim, W. I. Joung, Y. J. Lee, S. Y. Myoung and W. H. Kim, "Performance Experiments of ESFR Sprinkler at Rack Storage", *Proceedings of 2017 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering*, pp. 195-196 (2017).