

## 간의 스프링클러헤드의 분무특성에 관한 실험적 연구

김유식\*, 정경문\*\*

진주국제대학교 소방공학과\*, (주)서림방재\*\*

### An Experimental Study on the Sprayer of Ease Sprinkler Head

Yoo-shik kim\*, Kyung-Moon Jeong \*\*

#### 1.서론

스프링클러 소화설비는 스프링클러 헤드가 설치되어 있는 장소에서 화재가 발생하였을 경우 자동적으로 감열 작동하여 화재를 초기에 소화하는 것을 목적으로 하는 소화설비이다. 각종 소화설비 중 가장 많이 이용되고 있으며, 대부분의 건축물에 설치되어 있으므로 화재의 초기 소화에 가장 많이 사용되고 있다. 대부분의 건축물 화재의 경우 5개 이하의 스프링클러 헤드에 의해서 소화되고 있는 실정이므로 소방시설에 있어서 스프링클러 소화설비가 중요하다.

스프링클러 소화설비는 화재시 인명구조 및 재산보호 양면에서 전 세계적으로 인정되고 있다. 설비의 방호대상물도 일반 가연물 화재에 국한된 것이 아니라 어느 정도의 양의 가연성액체 화재나 전기화재 그리고 동시 다발성의 방화화재에도 유효한 것이 실증되고 있다. 또한, 환경문제를 야기시키고 있는 이산화탄소나 할로젠화합물 소화설비에 비해 값싸고 무해한 물을 사용하는 스프링클러설비의 활용범위는 더욱 넓어질 것이다.

이 설비의 기원은 산업의 발달과 밀접한 연관을 갖고 있다. 산업화 과정에서 위험성의 증대에 따른 대응책의 수립이 필요하였으며, 소화설비의 개발에도 기술적인 뒷받침이 필요하였다. <sup>1)</sup>Gorham Dana의 제안에 따라, <sup>2)</sup>John Carey(1806)에 의해 처음으로 배관을 통하여 물을 공급하는 형태의 자동소화설비가 개발되었으며, 이후 1850년경 영국에서 이 설비의 원형이 개발되었다. 당시 산업혁명에 의해 대규모 생산과 유통으로 인한 집적된 많은 양의 가연물에 의한 화재피해가 사회문제로 제기되었기 때문에 이에 대응할 수 있는 소화설비의 고안이 필요했던 것이다. 초기에는 파이프에 구멍을 뚫은 천공관(perforated pipe)을 사용하여 살수가 이루어지도록 고안되었으나 점차 개선되어 현재에 이르게 된 것이다. 개발초기의 원시적인 형태에서 과학기술의 발달에 힘입어 진보된 형태로 개선이 이루어져왔다. 특히, <sup>3)</sup>Osmund Williams(1861)에 의해 스프링클러 소화설비에 사용할 수 있는 부동액이 개발됨에 따라 난방이 안 되는 부분의 진화가 가능해졌으며, 1885년에 The Grinnell Bellows Differential Type Dry Valve가 개발됨으로서 동결문제가 근본적으로 해결되기에 이르렀다.

현재에는 방호대상물의 특성에 적합하도록 일반용 및 특수목적용으로 설비를 구성하는 경향이며, 향후 보다 저렴한 경비로 간편하게 시공할 수 있으면서도 소화효과가 뛰어난

설비의 개발에 관한 지속적인 연구가 요구되고 있는 실정이다.

건축물에 설치하는 스프링클러 소화설비는 헤드의 종류에 의해 폐쇄형과 개방형으로 구분하여 설치한다. 스프링클러 헤드는 소방대상물의 천정, 반자, 천정과 반자사이 또는 반자와 덕트·선반 기타 이와 유사한 부분(폭이 1.2m를 초과하는 것)에 설치하여 물을 화재부에 직접 뿌려주는 장치이다. 헤드의 오리피스를 통해 분출된 가압수는 디플렉터에 충돌하여 확산 방수된다. 화재를 감지하고 직접 물을 화재부위에 살수하는 중요한 기능을 담당하고 있다.

기본적인 설비로는 폐쇄형 스프링클러 헤드를 사용하고 헤드까지의 배관 내를 상시 충수시켜 두는 습식(Wet system), 유수검지장치의 2차측을 압축공기로 충만시켜 한랭지방에 사용되는 건식(Dry system), 열·연기 감지기의 연동에 의해 작동되는 준비 작동식(Preaction system) 및 개방형 스프링클러헤드를 사용하여 무대부 등에 설치되는 일제살수식(Deluge system)이 있다.

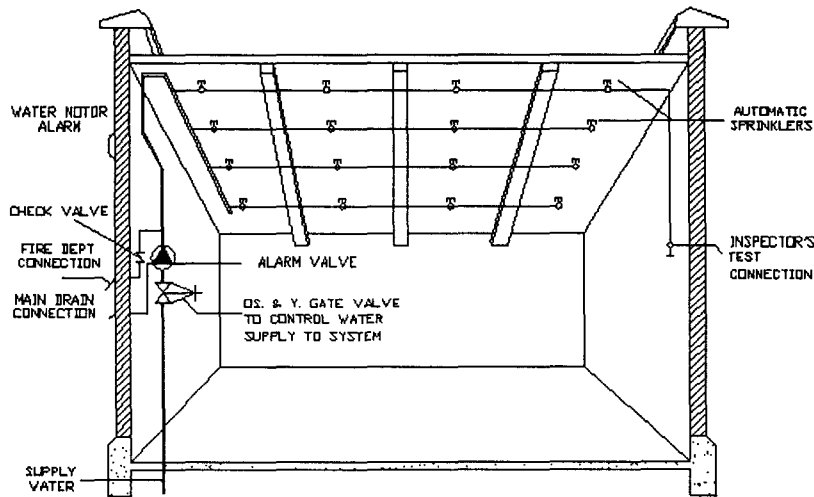


Fig. 1. Sprinkler system

오늘날 대부분의 건축물에 설치된 화재진압용 소방시설로서는 스프링클러설비가 대표적이다. 스프링클러설비는 살수입자형태가 적상으로 냉각효과에 의해 화재를 진압하므로 통상적으로 일반화재에 적합한 것으로 되어 있다. 소화효과를 높이기 위해서는 증발율을 증가시켜야 하는데 이 경우는 물의 입자를 분무상으로 하는 것이 효과적이다. 분무상의 물은 입자가 고르게 방사되므로 보다 다량의 물이 넓은 화재구역으로 흡입되어 가열된 열원과 접하게 된다.

물을 사용하는 설비들의 화재진압능력은 물방울의 크기에 좌우된다. 물방울의 크기가 작으면 작을수록 소화효과가 뛰어나다고 볼 수 있으며 이것은 적상형태의 살수보다 무상형태의 살수에서 소화효과가 뛰어날 뿐만 아니라 사용대상물의 범위도 넓어진다는 것이다.

Fig. 2에서 스프링클러 헤드는 방출된 물이 반사판(deflector)에 의해 입자가 작아지면서 넓게 퍼지고 시험노즐도 방출된 물이 반사판(split cone type deflector)에 충돌되면서 퍼지며, 반사판에 4~5개의 날개(vane)에 의해 스프링클러 헤드보다 더욱 미세한 물의 입자로 방사된다.

본 연구에서는 스프링클러 설비의 소화효과를 기존의 냉각효과뿐만 아니라 저압에서 질식효과까지 확대시켜, 사용할 수 있는 대상 화재를 일반화재에서 유류 및 전기화재로의 확대를 위해서 물의 입자형태 및 최적화를 얻기 위해서 스프링클러 헤드 배관내에 오리피스(orifice)를 설치하여 내경의 변화를 주어 방사압력에 따라 소화효과 및 적용 소방대상 물의 범위 확대에 미치는 영향에 관하여 연구하였다.

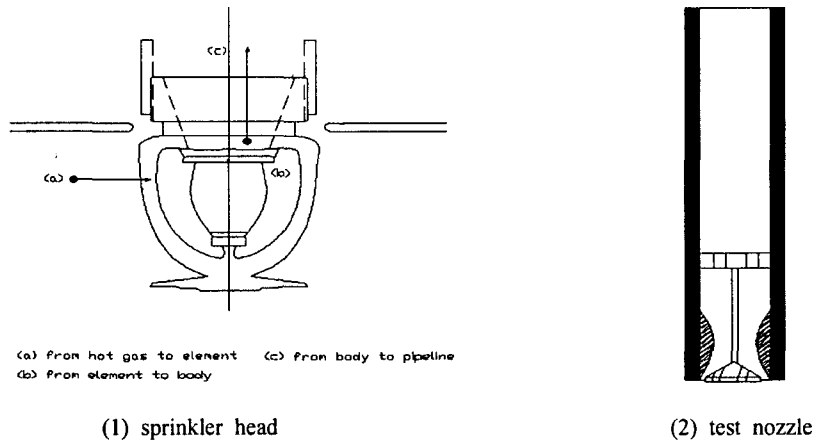


Fig. 2. Sprinkler head and test nozzle

## 2. 이론

본 연구에서는 다음과 같이  $\phi 15$ 인 스프링클러 배관내에 오리피스를 설치하고 방사압력 (P)을 98.07, 294.21, 490.35, 686.49 kpa로 했을 경우, 각 방사압력별 오리피스 구경(D0)에 따른 유속(V) 및 유량(Q)을 연속의 원리 및 손실을 고려하지 않은 베르누이 방정식에서 유도된 식을 이용하여 산출하기로 한다. 여기서, 오리피스 구경은  $\phi 6$ ,  $\phi 8$ ,  $\phi 10$ ,  $\phi 12$ 로 한다.

$$H = \frac{V^2}{2g} \text{에서 } V = \sqrt{2gH}, \quad Q = A \cdot V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V$$

노즐에서는 C(유량계수)=1로 하였다.

(1) 방사압력(P)가 98.07 kpa일 경우, 각 오리피스 구경(D0)별 유량(Q)을 산출하면 다음과 같다.

구경( $\phi$ )	6	8	10	12
유량( $\ell$ /min)	23.74	42.20	65.94	94.95

(2) 방사압력(P)가 294.21 kpa일 경우, 각 오리피스 구경(D0)별 유량(Q)를 산출하면 다음과 같다.

구경(ø)	6	8	10	12
유량(ℓ/min)	41.12	73.10	114.22	164.47

### 3. 실험 방법

펌프 및 배관설비 등의 장치를 이용하여 배관 말단에 노즐(ø6, ø8, ø10, ø12)을 높이 170 cm로 설치하고, 노즐구경과 방사압력에 따른 분무특성을 파악하며, 또한 기존에 사용되는 헤드(스프링클러헤드, 물분무헤드)와의 분무특성을 비교 파악하는데 있다.

그리고 20 cm 간격으로 설치된 화망의 채수통에 방사된 물의 양을 채수통의 위치별로 파악하여 소화에 미치는 영향을 살펴본다.

본 실험에는 펌프, 배관 및 관부속품, 압력탱크, 압력스위치, 압력계, 슬레노이드밸브, 노즐(시편), 스프링클러헤드, 물분무헤드, 화망(반경 200cm), 채수통(5.5cm×5.5cm)등을 사용하였다.

채수통을 실험과 같이 나열하고 높이 170cm에 설치되어 있는 실험장치의 기존헤드와 시험노즐에서 무풍상태에서 일정시간(1분)동안 각 압력별(98.07, 294.21, 490.35, 686.49 kpa)로 물이 방사되면 각 방향의 채수통에 방사된 물이 채워지게 된다. 채워진 물의 양을 측정하여 기존헤드와 시험노즐에서의 살수분포의 차이점을 비교한다.

### 4. 결과 및 고찰

이번 연구를 위해 제작한 시험노즐들과 기존의 헤드와의 살수 영역 및 방사형태 등을 파악하여 비교·분석하는데 있다.

(1) 각 헤드를 높이 170cm에 설치해두고 98.07 kpa의 압력으로 1분간 방사하여 각 채수통의 위치별 측정된 양은 Table 1과 같다.

Table 1. Amount of falling water at P=98.07 kpa( $10^{-3}m^3/m^2 \cdot min$ )

position (cm) head	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
spray(Atype)	28.10	13.88	4.96	1.85	0.99	0.66	0.33	0.17	0.03	0.003	0
spray(Btype)	3.97	2.65	2.65	1.98	2.98	5.29	4.30	0.66	0.17	0.17	0.03
sprinkler head	8.26	2.98	2.65	3.31	3.97	3.31	2.65	1.98	1.85	0.17	0.03
test nozzle(ø6)	1.32	1.72	3.17	3.47	2.98	3.97	4.36	2.25	0.17	0.10	0.03
test nozzle(ø8)	1.32	1.85	4.30	9.92	6.28	4.30	2.31	0.33	0.17	0.10	0
test nozzle(ø10)	0.99	3.31	10.91	17.19	8.26	1.85	0.66	0.23	0.20	0.03	0.03

Fig. 3~Fig. 7를 보면 물분무 A형 헤드는 반경 0~40cm사이 지점에서 집중적인 살수형태를 보이고 있으며, 이 영역에서 살수량이 많이 나타난다. 물분무 B형 헤드는 적은 살수량이지만 살수영역이 골고루 확산되는 것을 볼 수 있다. 스프링클러 헤드는 중앙부근(반경 0~20cm사이 지점)에서 집중적인 살수형태를 보이며, 이 영역에서 살수량이 많이 나타난다. 그 이후의 영역에서는 적은 양이지만 골고루 확산되어 살수되는 것을 알 수 있다. 시험노즐  $\phi 6$ 은 살수영역이 넓게 분포되어 있으며 (반경 40~120cm사이지점), 위치별 살수량(채수량)의 분포도 큰 차이가 있다. 시험노즐  $\phi 8$ 은 반경 40~100cm사이의 지점에서 집중적인 살수형태를 보이며, 이 영역에서 채수량이 급격히 증감하는 것을 알 수 있다.

시험노즐  $\phi 10$ 은 시험노즐  $\phi 8$ 와 마찬가지로 반경 20~80cm사이의 지점에서 집중적인 살수 형태를 보이며, 이 영역에서의 채수량은 시험노즐  $\phi 8$ 보다 많다. 또한 채수량이 급격히 증감하는 것을 알 수 있다.

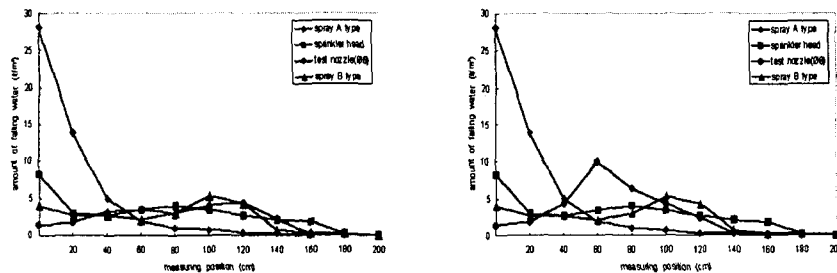


Fig. 3. Spray water distribution of existing head and test nozzle( $\phi 6$ ),( $\phi 8$ )

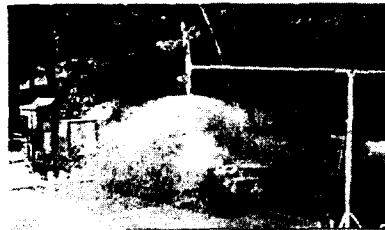


Fig. 4. Spray water of sprinkler head (490.35KPa)

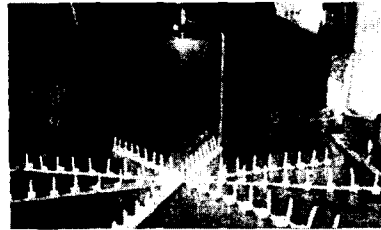


Fig. 5. Spray water of sprinkler head (686.49KPa)

본 연구를 위하여 제작한 시험노즐( $\phi 6$ ,  $\phi 8$ ,  $\phi 10$ ,  $\phi 12$ )은 기존 헤드(물분무헤드, 스프링클러헤드)와의 방사압력 (98.07, 294.21, 490.35, 686.49 kpa)에 따라서 살수시켜 헤드 아래쪽 반경 2m 화망에 간격 20cm로 설치되어 있는 채수통에 측정된 물의 양을 파악하여 각 시험노즐 및 헤드와의 살수분포 및 영역, 분무형태 등을 분석한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 방사압력에서 시험노즐내의 오리피스 구경이 클수록 좁은 범위에 집중적으로 살수되며, 그 영역에서의 단위 면적당 살수량도 상당히 많다. 구경이 작을수록 넓은 범위로 고르게 확산되며, 적은 살수량으로 살수영역이 골고루 확산되었다.

2. 시험노즐에서 방사된 물은 반경 140cm부근 이상에서 거의 측정이 되지 않았다. 이

것은 반사판의 형태가 직각판의 형태가 아닌 원추지붕 형태이고, 방사상으로 4~5개 분할하여 제작한 반사판(split cone type deflector) 때문에 발생하는 현상이다. 반사판의 형태가 직각판에 가까울수록 방사된 물의 확산은 커진다. 그러므로 설치대상물에 따라 반사판의 형태를 결정할 수 있다.

3. 시험노즐은 반경 20~100cm사이의 영역에서 집중적인 살수가 이루어지고 있는데, 이것 또한 반사판(split cone type deflector) 형태에 의해 발생하는 현상이다.

4. 반사판의 형태가 직각판일 경우에는 살수범위는 확대되며, 방수량이 넓고 고르게 분포된다. 반면, 반사판이 원추형태인 경우에는 살수범위는 좁게 나타나지만 그 범위(영역)에서는 집중적인 살수형태를 보인다.

## 참고문헌

1. 백열선, 소방기계설비, 형설출판사, P329-337, 1997.
2. 허만성, 소방기계시설론, 동일출판사, P101-110, 1998.
3. 김유식 외1명, 소방시설구조 및 원리, 동진출판사, P68-70, 2000.
4. 김준배, 스프링클러설비의 보급 및 화재에 관한 조사연구, 소방검정공사 소방점검19호, P15-19.
5. 이승구, 스프링클러소방설비, 자치소방, P60-61, 1978. 6) 이동수, 스프링클러의 소화설비 보수·유지·관리, 화재안전, P58-63, 1997.
7. Y.S. Kim, A Study on the Response Characteristics of Sprinkler, The collection of chinju Tech, col, J, Vol.18 ; 887-901,1995.
8. DENNIS KIRSON, Automatic Sprinklers in Exhaust System, Heating/Piping/Air Conditioning, P163-166,1989.
9. N.A.Hoffmann, E.Galea and N.C.Markatos, Mathematical modelling of fire sprinkler system, Appl. Math. Modelling 13, P298-306, 1989.