

## 스프링클러 헤드 Emergency 장비 개발

김엽래, 이동명  
경민대학 소방과학과

### Development of Emergency Equipment for Sprinkler Head

Yeob-Rae Kim, Dong-Myung Lee  
*Kyungmin College, Dept. of Fire Protection Science*

#### 1. 서 론

최근 대형화되는 건물 및 시설물 화재에 대한 방재 시스템의 중요성이 증가추세에 있으나 국내의 여러 가지 여건상 이러한 중요성에 비하여 소방설비 제품의 연구 및 개발이 제대로 이루어지지 않는 실정이다. 산업현장 및 건축물에 화재의 진압을 위하여 소화설비의 사용이 늘어나고 있으나 이에 대해 국내 실정에 맞는 시스템 개발이 사실상 정체되어 있다. 특히 첨단화되는 건축물의 소화시스템 오동작으로 인해 피해 예방이 어렵다.

국내 화재 안전은 거의 무방비 상태로 이에 대한 종합적인 대책이 절실히 요구되는 실정이다. 한번의 소화시스템 오동작으로 막대한 손실을 초래할 뿐만 아니라 생산시설의 가동중단으로 국가 경제력을 무력화시키고 있다. 이와 같이 소방은 특수한 역할을 가지고 있음에도 불구하고 설비의 관리는 제대로 이루어지지 않아 국가 발전에 위험요인을 가지고 있다.

최근 비화재시 소화시스템의 작동으로 인한 피해가 많이 발생되어지고 있는 실정으로 완벽한 소방설비만 구비된다면 화재로 인한 손실을 최소화할 수 있으리라 본다. <소방용 스프링클러 헤드 Emergency 장비>는 장기간 설치되어 있는 스프링클러설비가 시스템의 결함으로 인하여 비화재시에 작동되는 경우가 많이 발생되고 있어 이에 대한 대책으로 개발의 필요성을 갖고 있다.

<소방용 스프링클러 헤드 Emergency 장비>는 스프링클러 헤드의 작동시 피해를 최소화하고 단시간에 복구할 수 있는 기능을 가진 구조로 고가의 소방대상물(반도체공장, 인텔리전트빌딩 등)에 설치되어 있는 스프링클러 헤드의 오동작 방지용 장비이다. 소화설비의 비상시 물로 인한 피해를 최소화하고 완벽한 소화설비를 갖추게 됨으로 비화재시 소화시스템 동작으로 인한 피해를 미연에 방지할 수 있다.

### 1) 개발 내용

스프링클러 헤드 Emergency 장비는 소화수의 방수에 의한 피해를 막기 위하여 소화설비의 조건, 소방대상물의 특성, 소화설비 시공의 구조 등을 고려하여 다음사항을 기술개발 내용으로 한다.

- 스프링클러 헤드 Emergency 장비 메카니즘 분석
- 스프링클러 헤드에서 방수되는 소화수의 양을 결정하여 유량을 산출
- 스프링클러 헤드의 방수압
- 스프링클러 헤드 Emergency 장비의 구조 및 형상 등 종합적인 설계
- 소화설비의 작동시간에 대한 스프링클러 헤드 Emergency 장비의 대처 능력
- 표준화작업을 병행하여 소화설비에 공용으로 사용 가능한 System으로 설계
- 안전관리자가 점검 등이 용이하게 관리자 중심으로 설계
- Emergency 장비의 Optimal Design & Simulation, Engineering Data 확보
- 스프링클러 헤드 Emergency 장비 제작

### 2) Emergency 장비의 개발목표

비화재시 필요한 장비를 구비함으로써 소화시스템의 민감한 작동에도 대처가 가능하도록 장치를 개발하고, 비화재시 신속하게 대응하도록 비상장비 전체를 하나로 구성하도록 하며 재산의 피해를 방지할 수 있도록 개발하여 산업사회에 이바지 하고자 본 연구·개발에 목표를 둔다.

<표 1> 구성별 개발목표

항 목	개 발 목 표	비 고
Water basket	* Water basket의 크기 및 용량 * 재질, 강도, 두께는 스프링클러설비 가동시 사용상 안전성을 고려하여 알맞은 시스템으로 설계	크기 및 용량, 재료의 기계적인 성질에 맞는 구조
받침대 (접이식)	* Water basket과 Water basket내의 유량의 무게에 적합한 강도 * 받침대의 구경이 유수와 유속에 영향을 주지 않도록 설계 * 받침대 연결 부위에 대한 설계 * 압축 및 굽힘하중 변위가 발생하지 않도록 설계	길이, 구경, 연결부위 결정
Flexible hose	* Flexible hose는 받침대와 저장용기 사이의 연결부로 유체의 흐름을 확인 할 수 있는 구조로 설계	Flexible hose 재질
Water tank	* 스프링클러 헤드에서 방수되는 물의 양이 5분 정도 공급될 수 있는 크기의 구조로 설계 * 형상 설계	스프링클러설비의 용량에 의한 저장 범위
장비 보관함	* Water basket, 받침대(접이식), Flexible hose, Water tank 등을 보관할 수 있는 구조 * 비상시 사용이 편리하도록 설계	보관 내부 구조

## 2. 수리학적 해석

### 1) 관로내 유체의 해석

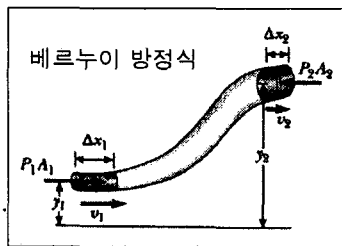
질량보존의 법칙을 정상류로 흐르고 있는 관로에 적용시킴으로서 연속방정식을 얻게 된다. 수리학 시스템내에서 안으로 흐르는 유량, 내부에 저장된 체적, 밖으로 흘러나온 유량은 평형을 이루어야 한다. 관로에서 면적, 밀도, 속도에 대하여 질량보존의 원리를 적용하면 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\rho AV=C, \quad d(\rho AV)=0, \quad \frac{dA}{A} = \frac{d\rho}{\rho} = \frac{dV}{V} = 0$$

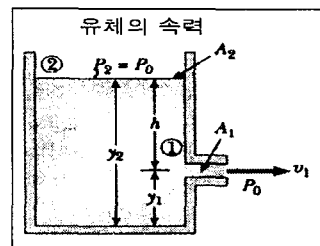
에너지보존의 법칙은 에너지는 다른 것으로 변화될 수는 있어도 소멸되지 않기 때문에 수리학적 시스템에서 모든 에너지의 합은 일정하다는 것이다.

점성이 무시될 수 있는 완전유체에서 그 밀도가 흐름을 따라 변화하지 않고 더욱이 정상적으로 흐르는 경우 유선을 따라서 관계식,  $H=P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho\Omega$ 가 성립한다. 여기서 P는 정압,  $\rho$ 는 유체의 밀도, v는 유속이다.  $\Omega$ 는 유체에 작용하는 힘(F)의 퍼텐셜이다. 지구위의 중력인 경우  $\Omega$ 는  $\Omega=gz$ 로 나타내진다. g는 중력가속도, z는 임의의 기준점에서 측정한 유체의 높이를 나타낸다.

베르누이 정리가 수리학적 문제의 해결에 가장 많이 적용되어지고 있다. 베르누이 정리에 의하여 정수두를 받고 있는 오리피스를 통한 이상유체의 흐름에 대하여 살펴보면 (그림 2)에서 용기 측면에 위치한 오리피스의 구경①이 용기의 구경②보다 매우 작다고 가정하여 용기내 물의 흐름속도는 오리피스 말단부를 제외하고는 거의 무시할 수 있다.



(그림 1) 베르누이 정리 적용



(그림 2) 유체의 속도 해석

①, ②사이에 베르누이 정리를 적용하면  $\frac{P_0}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + y_2$  이를 해석적으로 증명하기 위해 그림과 같이 오리피스 말단부를 통한 유선이 직선적으로 흐른다면 오리피스의 주변은 대기와 접하고 있으므로 계기압력은 0이다. 미소 유체요소  $\rho dA dz$ 에 작용하는 연직방향의 가속도는 중력가속도이므로 가속도를 유발시키는 힘은 유체요소의 상하단의 압력차와 미소 유체요소 자체의 무게로서 Newton의 제2법칙을 적용하면

$-(p + dp)dA + pdA - \gamma dA dy = -(\rho D A dy)g$ 가 된다. 따라서 오리피스 출구 단면에 있어서는 압력변화가 없으며 오리피스 주변에서의 압력은 0이므로 오리피스 단면 전체에 걸친 압력은 0임을 알 수 있다. 자유수면내의 모든 점에 있어서 압력도 0으로 하여 실제 문제를 해결한다.

## 2) 수리학적 적용

베르누이 정리 이론의 근거로 (그림 3)과 같이 원형수조에 일정량의 유체를 공급한다고 하면 B점을 통과하는 수평선을 기준면으로 하고 수면 A와 B사이에 베르누이 정리를 적용한다.

$$0 + \frac{V_A^2}{2g} + (l + h) = 0 + \frac{V_B^2}{2g} + 0$$

유량(Q)이 일정할 때 유속  $V_A$ 와  $V_B$ 의 비를 수조

직경(DA)과 관직경(DB)로 표시하면 
$$\frac{V_A}{V_B} = \left(\frac{D_B}{D_A}\right)^2$$

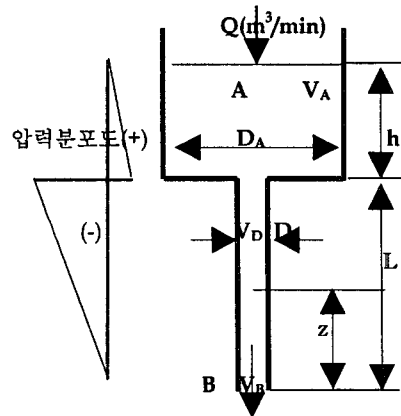
이다. 따라서  $\frac{V_A^2}{2g}$ 는  $\frac{V_B^2}{2g}$ 에 비하여 대단히 작으므로 무시할 수 있다. 점 B로부터 높이 z에 있는 점 D와 B사이에 베르누이 정리를 적용하면

$$0 + \frac{V_B^2}{2g} + 0 = \frac{P_D}{\gamma} + \frac{V_D^2}{2g} + Z_D \text{가 된다.}$$

여기서,  $V_B = V_D$ 이므로  $\frac{P_D}{\gamma} = -Z_D$ 가 되어

$P_D = -\gamma Z_D$ 로서 해석할 수 있다. B점에서부터 높

이 z가 변함에 따라 관로내의 부압력은 직선적으로 커지며, 압력분포도는 표시한 것과 같다. 반면 수조 내의 압력분포도는 정압력을 보일 것이며  $p = -\gamma Z'$ 로 된다. 속도분포도에서 볼 수 있는 바와 같이 수조바닥에서는 정수압을 받게 되나 관로 입구에서의 압력은 불연속이 된다.



(그림 3) 수리학적 적용 예

## 3. 상향식 스프링클러 헤드 Emergency 장비 시스템

일정한 길이를 갖는 원통형상으로 상단부에는 고정돌기가 형성된 탄성체가 결합되고, 하단부에는 결합 홈이 외향·돌출되도록 형성된 배수관과 돔형태로 이루어져 있다.

배수관의 선단부는 고정되어 있고 저면에는 일측방에 배수공이 형성되어 중앙부위에는 헤드 끼움공으로 구성하고 고무관이 결합된 물받이로 되어 있다. 스프링클러 헤드의 오작동으로 인해 분사되는 물을 신속하고 간편·용이하게 차단함과 동시에 분사된 물을 집수·저장할 수 있어 분사되는 물에 의한 피해를 예방할 수 있는 것이다.

<소방용 스프링클러 헤드 Emergency 장비>는 소화액을 차단·집수하기 위해 설치가 간편하고 접이식 방식으로 높낮이가 자유로우며 사용 및 취급이 용이하도록 하였다.

(그림 4, 5)와 같이 각각의 배수관은 상단부에 고정돌기가 형성된 탄성체가 결합되고 하단부에는 결합홈이 돌출되도록 형성되어 있다. 스프링클러 헤드에서 쏟아지는 소화수를 받는 물받이는 상면이 돔 형태로 이루어져 저면에는 배수공이 형성되고 중앙부위에는 헤드 끼움공이 구성된 고무판이 결합되었다.

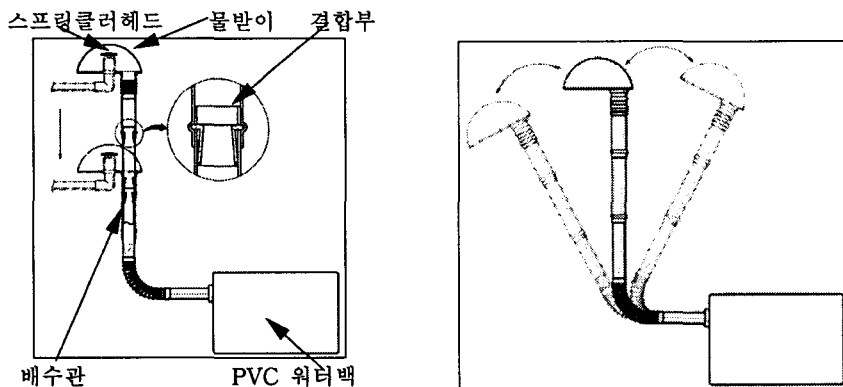
배수관의 상부에는 자바라관으로 되어 스프링클러 헤드를 어느 각도에서든지 접근이 용이하도록 하였으며, 하부에는 투명창으로 하여 유체의 흐름을 관찰할 수 있도록 하였다. 배수관을 연결하는 접이식에는 탄성체의 고정돌기가 자체 탄성력에 의해 결합홈에 끼워져 지지 및 고정되거나 이탈됨에 따라 배수관을 접거나 펼 수 있도록 결합되었다. 선단부에 위치한 배수관의 상단에는 물받이가 결합되고 하단부에 위치한 배수관의 하단은 PVC 워터백과 연통되도록 결합된 것을 나타내는 것이다.

물받이의 저면에는 배수공과 헤드 끼움공이 형성된 고무판이 결합하되 누수방지를 위해 밀폐된 상태로 결합되며, PVC 워터백과 연통되도록 결합되는 배수관은 상호간에 연결되는 부위에 주름관이 결합된다.

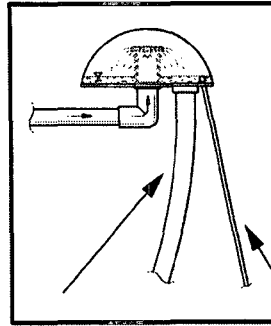
배수관은 일정한 높이를 갖도록 하는 과정에서 탄성체의 고정돌기가 결합홈에 끼워져 결합되고 접어지는 과정에서는 고정돌기가 탄성체의 자체 탄성력에 가져 내측으로 밀리게 되어 결합홈에서 이탈되도록 하였다.

배수관은 하단이 주름관으로 연결되어 있으므로 상·하 및 좌·우방향으로 위치설정, 각도 설정이 자유롭게 이루어지도록 한다.

(그림 4)는 동일 형태로 상향식 스프링클러 헤드의 측면 개략도로서 스프링클러 헤드를 감싸는 부분에 물받이가 씌워지도록 설치되어 있으며, 소정의 길이를 갖는 봉 형태의 손잡이에 의해 지지·고정되도록 하였다. 물받이에 의해 분사되는 소화수가 배수관 대신에 호스를 통하여 PVC 워터백에 집수되도록 설치된 것을 나타내는 것이다.



(그림 4) 상향식 스프링클러 헤드 Emergency 장비(배수관식)



호스(자바라)                      손잡이  
(그림 5) 상향식 스프링클러 헤드 Emergency 장비(자바라식)

#### 4. 결론

스프링클러 헤드 Emergency 장비로서 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

- 국내에서는 미개발 분야로서 직접적인 수입대체 효과
- 비화재시에 대한 장비설계 기술축적
- 선진기술 도입에 의한 시장점유 예방
- 비화재시 설비 오동작에 대한 소화시스템 구축
- 소방·방재분야 국내 기술력 향상
- 국내 소방설비에 대한 기술축적
- 국내 여건에 적합한 소화설비 시스템 구축

##### 1) 기술적 측면

소방분야의 산업체는 투자에 대한 여력이 사실은 어려운 실정이어서 스프링클러 헤드 Emergency 장비 개발에 대한 기술을 산업체에 제공함으로써 국내 기술력이 선진국에 경쟁할 수 있을 것으로 사료된다. 기술적 측면에서 기대되는 효과는 다음과 같다.

- 스프링클러 헤드 Emergency 장비를 국내 기술로 제작
- 스프링클러 헤드 Emergency 장비 개발의 Engineering Data 확보
- 스프링클러 헤드 Emergency 장비의 설계 자료 제공
- 스프링클러 헤드 Emergency 장비 Optimal Design 가능
- 소방분야의 점검, 감리, 시공 등의 기술력 향상
- 소방분야 제품 성능의 향상
- 국내 기술력의 신뢰도 향상

##### 2) 산업적 측면

현재 스프링클러 헤드 Emergency 장비는 선진국에서도 생산하고 있으나 국내에서는 인 식부족으로 건축물, 산업체의 고가장비 등의 비화재시에 대처방법이 강구되지 않아 피해

를 보고 있는 실정이다. 스프링클러 헤드 Emergency 장비를 수입하여 설치한다면 경제·산업적 측면에서 외화 유출뿐 만 아니라 국내 소방분야의 기술력을 외국에 의존해야 하는 실정이다. 경제·산업적 측면에서 기대되는 효과는 다음과 같다.

- 선진국의 소방제품의 수입대체 효과
- 비화재로 재산의 손실 방지
- 스프링클러 오동작시 그로 인한 피해를 최소화할 수 있는 소방시스템 구축
- 국내 소방산업의 활성화
- 기술개발로 인한 국내산업에 기여
- 소방산업의 대내·외 이미지 개선
- 국제적으로 소방분야 경쟁력 강화

## **References**

- [1] 경기도지방중소기업청 산학연 컨소시엄 최종보고서, 경민대학, 2004. 4
- [2] 윤용남, “수리학”, 청문각, 2003
- [3] A. L. Simon, “Fire Hydraulics”, 1994