

소화용 스프링클러 헤드의 살수분포 및 수적 특성에 대한 연구

추병길[†] · 최종욱* · 차경세**

순천제일대학 산업안전관리과 · *포항제철 기술연구소 · **전남대학교 대학원
(2001. 1. 5. 접수 / 2001. 6. 4. 채택)

The Study on Characteristics of Water Spray and Droplets from Fire Sprinkler Head

Byeong-Gil Chu[†] · Jong-Wook Choi* · Kyung-Se Cha**

Dept. of Industrial Safety, Suncheon First College · *Technical Research Laboratories, POSCO
**Graduated School, Chonnam National University
(Received January 5, 2001 / Accepted June 4, 2001)

Abstract : The effect of water spray for the fire sprinkler depends on droplets distribution over maximum possible floor area. The present study are carried out for the characteristics of water spray and droplets experimentally and numerically from two fire sprinkler heads which are CHM head and CHI head. CHM head is self-production and CHI head is widely used up to date. As the result of using CHM head, water spray and droplets are distributed over large area, because CHM head has smooth surface and non-flamed shape. When the pressure of fire sprinkler head is low, SMD(sauter mean diameter) is large and when the pressure of fire sprinkler head is high, SMD is small.

Key Words : fire sprinkler head, water spray, droplets distribution, SMD, sprinkler flow

1. 서 론

스프링클러 헤드의 성능 중 가장 중요한 것은 화재시 감열체의 반응시간지수(RTI)와 살수분포(입자분포, 입경, 분무형상 등) 등이다. 감열체의 반응시간지수에 대해서 최근 ESFR헤드, 형상기억합금을 이용한 속도형 헤드 및 인공지능 스프링클러를 개발하여 비화재 경보에 대처하는 연구 등이 활발하게 진행되고 있다. 그러나 살수 분포에 대한 연구는 아직도 몇몇 제조회사에서 시험정도로 그치고 있으며, 수치해석적으로 살수특성을 발표한 연구결과는 거의 없다고 해도 과언이 아니다.

이들의 설비 시스템에서 소화의 효율에 큰 영향을 미치고 있는 구성품은 스프링클러 헤드이다. 왜냐하면 설계 영역 내에서 충분한 양의 물을 공급할 수 있어야 하기 때문이다. 스프링클러의 소화 능력은 살수분포, 수적(물입자, droplet)의 크기, 화재에 작용하는 수적의 운동량과 관계가 깊다. 이들의 인

자는 화염내로 물방울의 침투율에 따라 화재 진압에 결정적인 영향을 미치며, 연기의 확산, 스프링클러 헤드의 위치 선정 등 설계에 모델링이 될 수 있다.¹⁾

이들의 인자는 스프링클러를 이용한 화재시험평가의 실험조사에서 기술이 크게 진보되어 가고 있으나 실험을 하기에는 막대한 비용이 필요하며 많은 실험장비가 동원되어야 하므로 현실적으로 어려움이 있다. 이에 대응하여 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 방법이 많이 이용되고 있다.

스프링클러 살수분포는 헤드에서 방사된 압력, 노즐직경, 디플렉터 형상, 디플렉터를 지지하는 프레임 등에 의해 크게 좌우되며, 이러한 요소들은 입경분포, 입경의 균일도, 분무각을 달라지게 한다. 일반적으로 물방울이 화염을 관통하여 화원에 도달하는데 필요한 입자경은 통상 스프링클러가 작동하는 규모의 화재에는 0.8mm 이상이며, 0.5mm 이하의 물방울은 주위냉각에 유효하다고 말하여진다.²⁾

유류화재의 경우 노즐로부터 방사된 물방울이 디플렉터에 부딪혀 세분화되고 고온의 화염내부로 진입하는 과정 중 물방울이 고온의 화염에 의해 열을

[†]To whom correspondence should be addressed.
bgchu@first.suncheon.ac.kr

흡수하여 증발하고 증발에 의한 냉각과 수증기에 의한 산소농도저하의 효과로 연소를 억제 또는 소화에 이르게 할 수 있다. 이는 같은 양의 물로 고압방사 또는 이류체방사(물+공기) 등과 같은 방법에 의하여 물방울의 수를 증가시키고 표면적을 증가시키는 것이 효과적이라고 할 수 있다.³⁾

따라서 본 연구에서는 펜던트형 스프링클러 헤드와 모델링한 스프링클러 헤드의 살수분포, 분무형상, 압력에 따른 물방울의 Sauter 평균입경(SMD) 및 수적분포, 질량유량의 분포 등을 수치해석과 실험을 통하여 제시하여 스프링클러 헤드의 성능을 개선하는 데이터로 활용하고자 한다.

2. 수치해석

2.1. 액적 분무모델

본 연구에서의 분무모델은 기본적으로 KIVA code의 이산 액적 모델을 이용하였다.⁴⁾ 이것은 실제 분무 전체를 수천개의 parcel로 이루어졌다고 가정하는 것이다. parcel은 위치, 속도, 반경, 온도 등의 다양한 값을 가진 액적으로 구성되어 있다. 분무방정식은 이 parcel 하나하나에 계산되며 그 기상에 대한 영향에 대해서는 액적 한 개당 parcel를 구성하는 액적수를 놓아 계산된다.

분무 액적의 이동은 입자의 속도와 Sub cycle의 시간 간격으로부터 단순히 적분하여 식(1)로 구할 수 있다.

$$\vec{x}_d^{n+1} = \vec{x}_d^n + \vec{v}_d \Delta t_d \quad (1)$$

운동방정식에 의해 입자의 가속도는 입자의 항력 계수 C_D 를 써서 나타내면 식(2)와 같다.

$$\vec{a}_d = \frac{3}{8} \frac{\rho_g}{\rho_d} \frac{|\vec{v} + \vec{v}' - \vec{v}_d|}{r_d} C_D + g \quad (2)$$

유체의 속도 변동성분 \vec{v}' 의 상계시간 t_{turb} 에 대해서는 표준 $k-\epsilon$ 모델용으로 변경하면 식(3)과 같으며, 액적의 속도 변동 \vec{v}' 는 지속한다고 한다. C_{ps} 는 실험값 0.16432를 취하였다.⁵⁾

$$t_{turb} = \min\left(\frac{k}{\epsilon}, C_{ps} \frac{k^{2/3}}{\epsilon} \frac{1}{|\vec{v} + \vec{v}' - \vec{v}_d|}\right) \quad (3)$$

2.2. 액적분열에 의한 평균직경

노즐에서 분사된 액막은 이동거리가 증가함에 따라 불안정하게 되며 분열된 액적(Droplet)으로 된다. 액적 분열 메카니즘은 압력장에 의한 액적이 이동함에 따라 액적 주위의 표면 압력분포가 표면장력보다 크게 되면 액적이 분열되어 작은 액적으로 된다.

또 다른 분열 메카니즘은 표면 전단응력에 의한 분열로 액적표면에서의 공기에 의한 전단응력이 표면장력보다 크면 작게 분열된다. 액적표면 압력분포에 의한 액적 분열은 임계 웨버수(Weber Number)보다 크거나 같아야 한다. 식(4)와 (5)는 웨버수에 대한 식이다.

$$We = \frac{\rho(\vec{u} - \vec{u}_d)^2 D_d}{2\sigma_d} \geq C_{bl} \quad (4)$$

$$\frac{We}{\sqrt{Re}} \geq C_{sl} \quad (5)$$

여기서 ρ 는 물의 밀도, $\vec{u} - \vec{u}_d$ 는 벽면에 대한 액적의 상대속도, D_d 는 입자의 직경, C_{bl} , C_{sl} 은 임계 웨버수이다.

2.3. 수적의 디플렉터면 충돌모델

스프링클러 헤드의 노즐에서 분무된 물입자들은 헤드 프레임이나 디플렉터에 충돌된 후 압력과 중력에 의하여 분무된다. 이때 충돌 직전 액적 입사 웨버수 $We_{i,n}$ 에서 임계 웨버수 We_{c1} , We_{c2} 에 따라 세 개의 영역으로 분류하고 각각에 대해 다음과 같은 모델을 적용한다.

1) $We_{i,n} < We_{c1}$ 인 경우

액적은 면에 충돌후 되돌아온다. 면 접선방향의 속도 성분은 변화하지 않지만 법선방향의 속도성분은 Jayaratne의 실험 결과⁶⁾에 따라 감소한다.

2) $We_{c1} < We_{i,n} < We_{c2}$ 인 경우

액적은 면에 충돌 후 부착한다.

3) $We_{i,n} > We_{c2}$ 인 경우

면에 충돌한 액적은 면에 부착하는 것과 분열해서 흩어지는 것으로 나뉜다. 이것은 충돌액적이 갖는 운동에너지가 표면 에너지보다 훨씬 클 때 파열하여 흩어지는 현상을 모델화하는 것이다. 각 임계

웨버수는 $We_{cl} = 40$, $We_{c2} = 300$ 으로 하였다. 본 연구에서는 일반적으로 분무모델에서 사용되고 있는 KIVA Code의 실험값을 사용하였다.⁹⁾

2.4. 지배 방정식

본 연구에서는 유동계산 수법으로 Gosman, Spalding이 개발했던 Tank and Tube법에 일반 곡선 좌표변환의 수법을 도입해 일반화했던 GIT법⁷⁾을 사용하였다. 분무의 계산 수법은 기본적으로 KIVA 코드의 분무모델에 액막의 분열모델, 벽면충돌모델을 적용하였고⁹⁾, 확산이 액막에 미치는 영향에 대해서는 표준 $k-\epsilon$ 모델을 적용하였다. 동작유체의 유동 계산에 있어 일반 보존식은 식(6)과 같이 나타내진다.

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \text{div}(\rho\vec{v}\phi) - \text{div}(\Gamma_{\phi}\text{grad}\phi) = S_{\phi} \quad (6)$$

각 보존식에 대한 ϕ 는 종속변수, Γ_{ϕ} 는 유효확산계수, S_{ϕ} 는 소스(source)항을 나타낸다⁹⁾.

2.5. 계산격자 생성방법

본 연구에서 계산격자 생성은 구조격자를 이용한다. 임의의 형상을 표현하기 위해 일반 곡선 좌표변환에 기초한 경계적합 격자를 이용한다. 또한 계산 시간과 메모리를 고려하고 분무가 이루어지는 영역에 대하여 정확성을 위해 그 영역에 대해서는 fine mesh를 취하여 계산하였다.

수치해석에 사용된 화재실의 격자구조를 Fig. 1에 나타내었다. 화재실의 크기는 살수실험에 사용된 크기와 동일한 6.0m×6.0m×3.0m로 설정하였다. 화재실의 격자생성은 45×45×25로 하였고 총 격자수는 50,625개로 생성하였다. 화재실에 헤드가 설치된 중

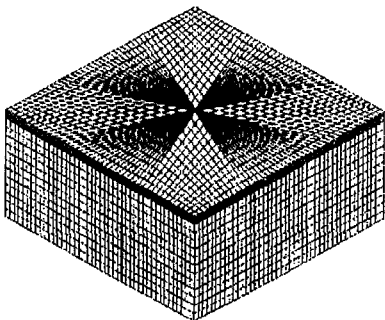


Fig. 1. Computational grid system for fire room(grid number 45×45×25)

양부는 헤드 디플렉터 부분에 분사영역의 정확성을 기하기 위하여 조밀한 격자로 생성하였다.

3. 실험장치 및 방법

3.1. 살수분포실험장치

살수분포 실험장치는 Fig. 2와 같으며 채수통 상단부에서 헤드의 디플렉터까지 시험거리가 되도록 이동식 천장을 조정할 수 있도록 헤드에서 1, 4, 7 kg/cm²의 시험압력으로 방사된다. 펌프에서 가압된 물은 맥동류이기 때문에 헤드 상층부에 설치된 정류통에서 균일류로 유지시키고, 방수량은 각종 측정 및 제어부에서 데이터를 컴퓨터에 입력 후 분석된다⁸⁾. 살수분포 실험에 사용된 펌프는 양정 H=60(m), 140(m), HP=15(KW), 22(KW) 2대를 사용하였고, 수조는 지하 40 m³의 크기로 설치하였다.

3.2. 살수 분무현상 가시화장치

스프링클러 헤드에서 디플렉터에 충돌 후 상수되는 분무 현상을 촬영하기 위해 Fig. 3과 같은 장치를 설치하였다. 스트로보①와 카메라②를 사용하여 규



Fig. 2. Experimental apparatus for distribution of water spray

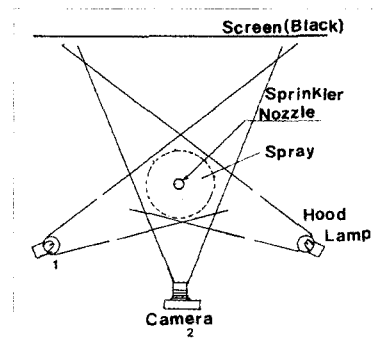
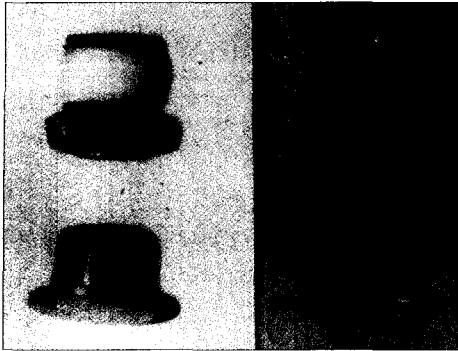


Fig. 3. Schematic diagram of photo-graphing for water spray of fire sprinkler head



(a) CHM Head (b) CH1 Head
Fig. 4. Fire Sprinkler Head used in this experiment

정 부분 압력이 되었을 때 촬영하였다. 카메라(PENTEX XO) 촬영조건은 조리개를 6.6으로 하고 촬영속도는 1/125(sec)로 하였으며 필름은 KODAK (ASA 125)를 사용하였다.

3.3. 입경측정장치

소화용 스프링클러 헤드에 분무된 물방울의 입경을 측정하여 수치해석과 비교하기 위하여 입경측정기를 하였다. 동점성계수 20Cst인 실리콘 오일(silicone oil)⁹⁾을 투명 아크릴로 제작한 포집장치 바닥에 도포하여 순간적으로 살수속으로 통과시켜 물방울 입자를 포집하였다. 통과 위치는 살수통으로부터 헤드까지 수직거리 1.2 m, 헤드 중심으로부터 반경 $r=1.2m$ 인 지점의 살수되는 입자를 포집하였다.

3.4. 소화용 스프링클러 헤드 모델

본 실험에 사용된 소화용 스프링클러 헤드의 모델은 Fig. 4에 보였다. 평판형 디플렉터를 가진 모델링 헤드(CHM)는 노즐직경 11.35 mm, 제트길이 40 mm, 디플렉터 직경 29.5 mm, 디플렉터 두께 2 mm이다. 재질은 황동으로 제작하였다.

현재 시중에서 많이 사용되고 있는 펜던트형 스프링클러 헤드(CH1)는 노즐직경 11.4 mm, 제트길이 40.5 mm, 디플렉터 직경 56.6 mm, 호칭직경 15mm, 디플렉터 두께 0.9 mm인 헤드이다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 질량유량의 분포

4.1.1. 모델링 스프링클러 헤드

Fig. 5에서는 압력의 변화에 따른 살수에 의한 공

기의 밀도를 z-z 단면에 투명한 그림을 보여주고 있다. 수치계산에서 공기의 밀도는 초기 $1.2(Kg/m^3)$ 로 주어졌다. 살수된 후 공기의 밀도는 살수된 물의 액적의 부피만큼 공기가 배제된 밀도이므로 그 차이는 매우 미소하다(공기의 단위체적당 질량이 상대적으로 매우 작음). 그림상의 수치표시범위(소수점 1자리)에서는 차이가 없는 것으로 보이지만, Contour plot에서는 그 미소한 차이를 표시하였다. 그래서 본 그림에서 나타난 수치는 질량유량의 값이 큰 차이

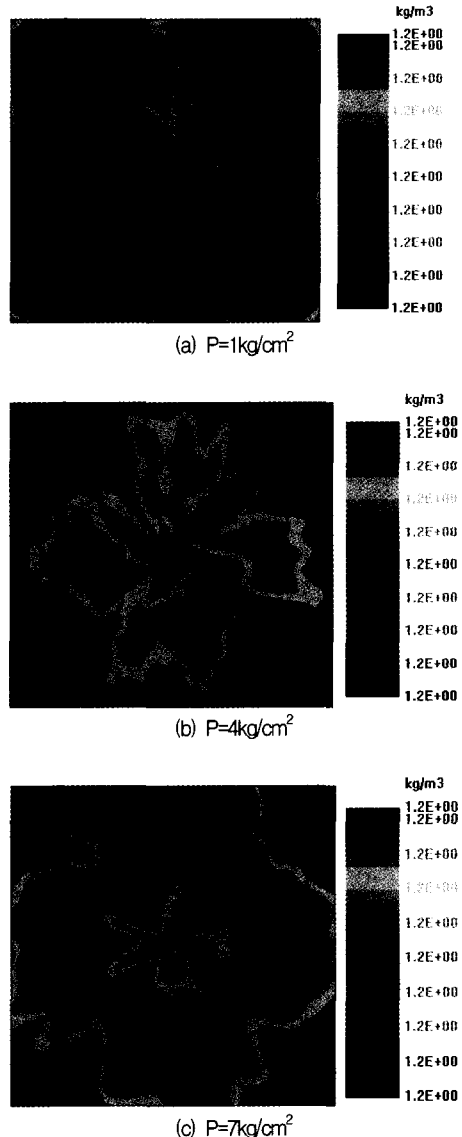


Fig. 5. The air density of modeling sprinkler flow pattern for varying pressure

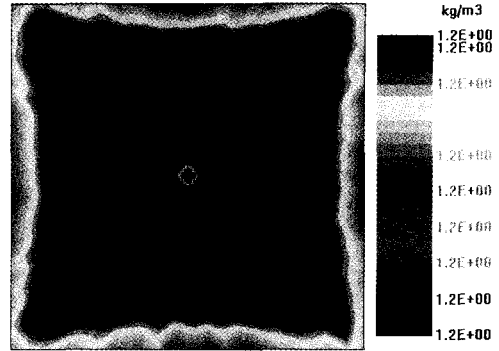
를 보이지 않았다. 그림에서 압력이 상승하면 공기 밀도분포가 높아지는 형태를 나타내며, 헤드 중심부에서 멀어질수록 많은 운동에너지를 가진 수적이 비행하여 분열되므로 수적의 분포가 넓어지면서 화재실의 가능한 넓은 영역으로 고르게 살수되므로 살수효과가 크다는 것을 알 수 있다. 또한 화재실 벽면에 밀도가 높은 것은 디플렉터 면이 평면이므로 수적이 먼 곳으로 살수되어 벽면에 충돌되어 흘러내리기 때문이다.

4.1.2. 펜던트 스프링클러 헤드

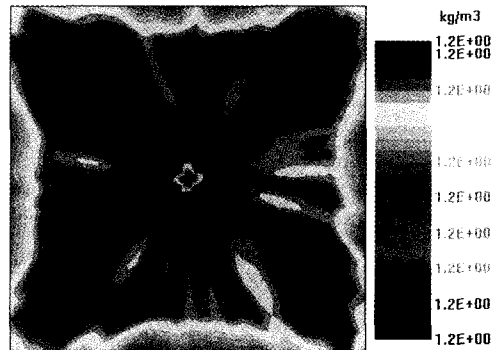
Fig. 6은 본 연구에 사용된 펜던트 스프링클러 헤드의 압력의 변화에 대한 z-z축에 대한 수적의 상대적인 공기의 밀도분포를 나타낸 것이다. 이 그림에서 살펴보면 펜던트 헤드의 살수분포는 디플렉터의 형상, 공기와의 마찰 등으로 압력의 변화에 대하여 그 분포현상이 달라지고 있음을 알 수 있다. 압력이 낮은 1kg/cm^2 일 때는 중앙부에는 공기의 밀도가 높으므로 중앙부에 살수되는 양이 많아진다. 압력이 높은 7kg/cm^2 일 때는 수적의 속도의 증가로 공기밀도가 낮게 되어 헤드 중심으로부터 먼 외곽까지 비행하여 화재실의 전공간으로 분포되는 형태를 보이고 있다. 모델링한 헤드와 펜던트형과의 질량유량의 분포를 비교하여 보면 CHM헤드에서는 디플렉터 면이 평면이어서 수적이 화재실 멀리 비행하여 분열되는 현상으로 실 전체에 고른 등분포되는 현상을 보이고 있으나 펜던트 헤드에서는 디플렉터 면의 끝이 파여 있어 그 분포현상이 압력의 변화에 따라 밀도분포가 현저한 차이가 있음을 나타내었다.

4.2. 평균입경(SMD)

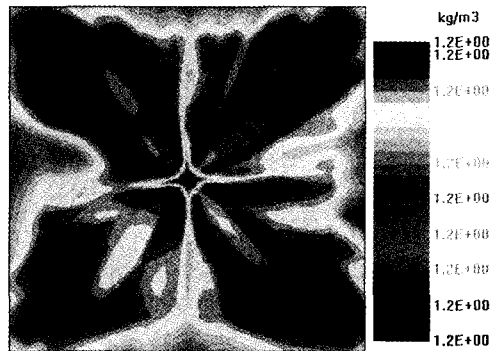
평균입경은 스프링클러 헤드에서 수적의 특성을 나타내어 노즐의 성능을 파악하고 화염내로 수적의 침투율을 표현하는데 이용된다. 화재실에서 전체의 포집된 수적의 평균입경(SMD)을 압력에 따른 실험 결과를 수치해석과 비교한 것은 Fig. 7에, 모델링 헤드와 펜던트 헤드의 $y=1.2\text{m}$, $r=1.2\text{m}$ 에서 SMD비교는 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 7에서 보면 $p=1\text{kg/cm}^2$ 일 때는 SMD가 0.65로 실험 값과 수치해석 값이 비슷한 값을 보이고 있으나 압력이 상승할수록 실험값이 약간 큰 SMD를 보이고 있으며 수적입경은 작아지는 경향을 나타내고 있다. 그 이유는 압력이 낮은 $p=1\text{kg/cm}^2$ 일 때는 디플렉터에 충돌 후 수적의 분무속도가 낮아 중력에 의한 영향이 크



(a) $P=1\text{kg/cm}^2$



(b) $P=4\text{kg/cm}^2$



(c) $P=7\text{kg/cm}^2$

Fig. 6. The air density of Pendent sprinkler pattern for varying pressure

로 자유낙하하고 있어 수적의 분열이 적으나 압력이 높은 4, 7kg/cm^2 일 때는 헤드 중심에서 멀리 비행하면서 높은 운동에너지에 의한 공기와의 마찰 등으로 수적이 더 미세하게 분열되고 있기 때문이다. 전체적으로 수치해석과 실험값의 SMD는 유사한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

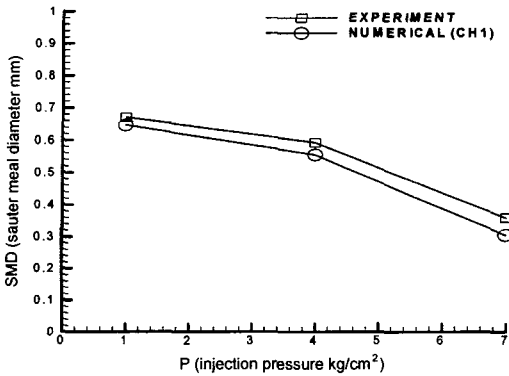


Fig. 7. Variations of mean drop size of sprinkler head

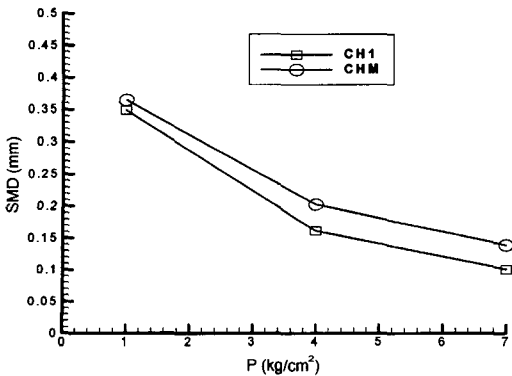


Fig. 8. Variations of mean drop size of sprinkler head between modeling and pedent sprinkler

Fig. 8은 $y=1.2m$, $r=1.2m$ 에서 모델링 헤드와 펜던트 헤드의 SMD를 비교하여 보면 압력이 상승함에 따라 모델링 헤드가 펜던트 헤드보다 SMD가 더 작아지고 있어 펜던트 헤드의 수적분열이 용이함을 보여 주었다. 압력이 $1kg/cm^2$ 일 때 SMD는 $0.36mm$ 로 비슷한 입경을 가지나, 압력이 $4kg/cm^2$ 을 넘으면 펜던트헤드와 모델링헤드의 SMD 상대오차는 약 4%로 나타났다. 이것은 펜던트 헤드가 동일한 거리와 높이에서 디플렉터 형상 때문에 수적의 분열이 빠르게 일어나고 있음을 보였다. 따라서 가연성 물질에 따른 화재의 종류에 따라 디플렉터 형상에 따른 적절한 헤드를 개발하고 설치할 필요성 있다.

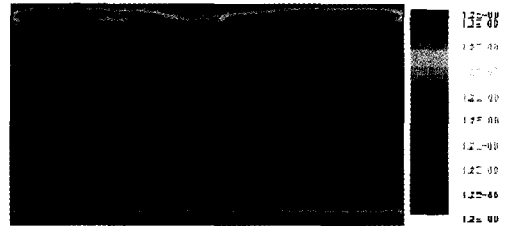
4.3 살수분포형상

4.3.1 모델링 스프링클러

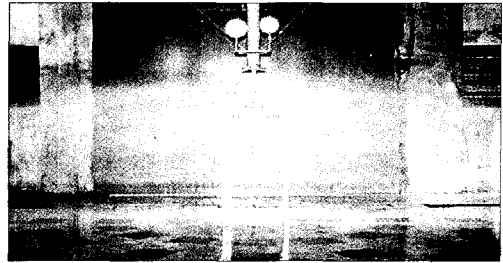
Fig. 9, 10, 11에서는 모델링한 스프링클러 헤드에 대하여, 압력을 1, 4, $7kg/cm^2$ 변화시켜 가면서 방수량 측정 시험에서 얻은 유량 $Q=1.328, 2.645, 3.497$

l/sec 에 대하여 노즐에서 분무되는 형상을 실험과 수치해석의 결과를 나타내었다.

그림에서 모델링 스프링클러 헤드의 살수분포를 살펴보면 분무된 물이 디플렉터를 떠난 순간 분열 (breakup)이 되지 않고 먼 거리로 살수된 후 분열되

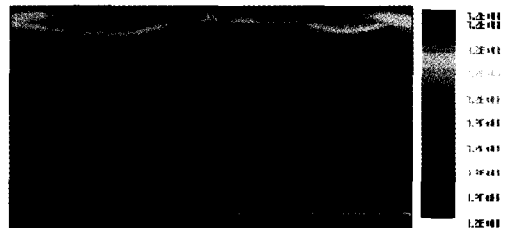


(a) Numerical Result

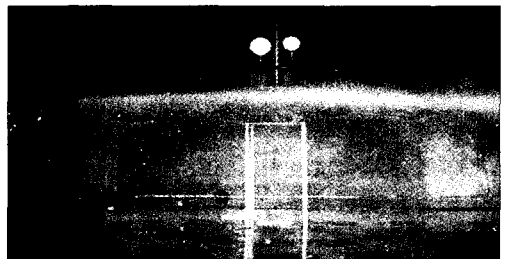


(b) Experimental result

Fig. 9. Comparison of numerical and experimental results for modeling fire sprinkler ($P=1kg/cm^2$)

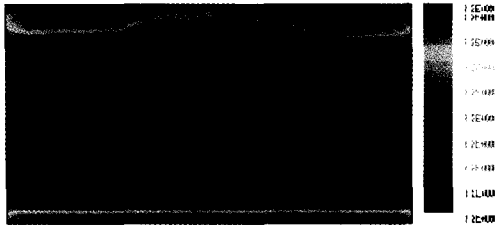


(a) Numerical Result

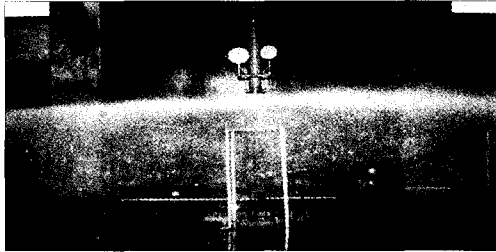


(b) Experimental results

Fig. 10. Comparison of numerical and experimental results for modeling fire sprinkler ($P=4kg/cm^2$)



(a) Numerical Result



(b) Experimental result

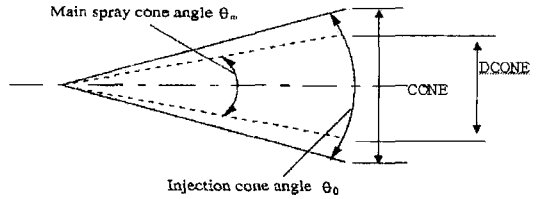
Fig. 11. Comparison of numerical and experimental results for modeling fire sprinkler ($P=7\text{kg/cm}^2$)

었다. 이것은 디플렉터에서 교란이 크지 않기 때문이고 프레임의 영향을 받지 않기 때문이다. 압력이 낮을 때는 중력에 의하여 비산거리가 짧은 거리에서 분열되고 있으며 비산속도가 낮아 운동에너지가 감소되어 화재실의 좌우 벽면까지 미치지 못하고 있다. 압력이 증가할수록 그 분무형태는 거의 평행선의 형태를 유지하였다. 압력이 상승되면 비산거리가 길어져서 벽면을 타고 아래로 물이 흘러내리고 있음을 볼 수 있다. 이것은 압력이 낮을 경우 속도가 상실되어 주로 중력에 의하여 물방울이 낙하되고 있기 때문이다. 또한 압력이 증가하면 수적의 비행거리에는 차이가 있으나 유량 분무형태는 유사한 경향을 나타내었으며 수치해석과 실험의 결과가 유사한 분무형상을 보여주고 있음을 알 수 있었다.

이러한 모델링한 헤드에서는 프레임이 부착되지 않고 디플렉터 표면이 매끈하므로 살수량이 헤드를 중심으로 등분포되고 있어 각 살수영역마다 질량유량은 거의 비슷한 분포를 보이고 있었다.

4.3.2 펜던트형 헤드

Fig. 12, 13에서는 압력 상승에 따른 노즐에서의 분사각과 디플렉터에 충돌 후 분무각을 나타내었고 Fig. 14, 15, 16에서는 펜던트 스프링클러 헤드(CH1)에 대한 살수분포형상을 실험과 수치해석의 결과를 보여준 것이다. 펜던트 헤드에서는 디플렉터 면의



	CONE	DCONE
1기압	90°	19°
4기압	85°	19°
7기압	80°	19°

Fig. 12. Spray angle for pendent sprinkler nozzle

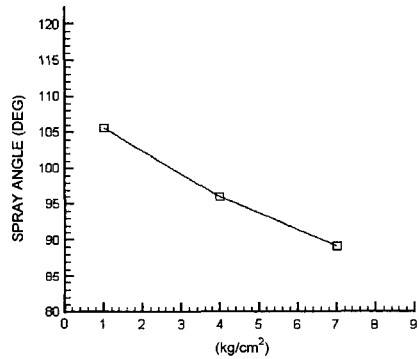
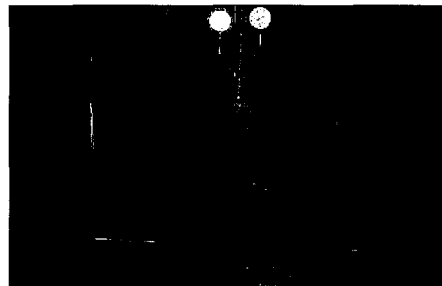
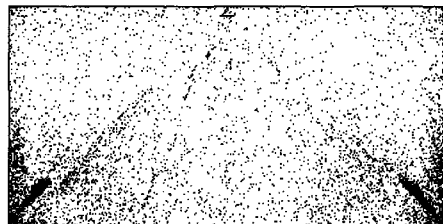


Fig. 13. Spray angle variation with increasing pressure after collision on deflector

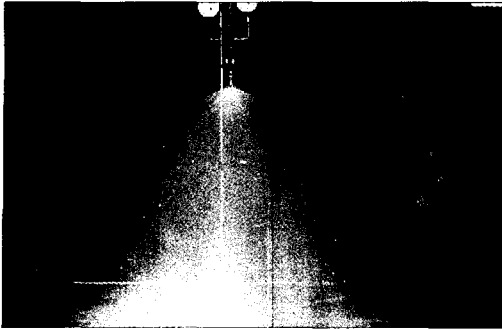


(a) Experimental result

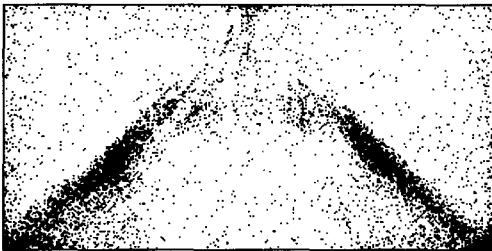


(b) Numerical result

Fig. 14. Comparison of numerical and experimental results for pendent fire sprinkler ($P=1\text{kg/cm}^2$)

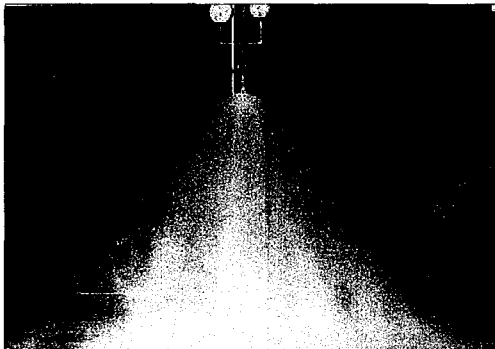


(a) Experimental result

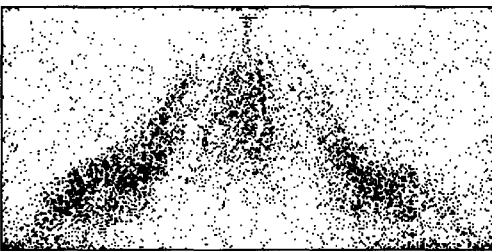


(b) Numerical result

Fig. 15. Comparison of numerical and experimental results for pendent fire sprinkler ($P=4\text{ kg/cm}^2$)



(a) Experimental result



(b) Numerical result

Fig. 16. Comparison of numerical and experimental results for pendent fire sprinkler ($P=7\text{ kg/cm}^2$)

골 때문에 모델링 헤드와 비교하여 분무폭이 좁아지고 있으며 압력의 상승에 따라 분무각은 조금씩 감소하였다. 수적분포는 디플렉터에 충돌한 후 프레임의 설치방향 유무에 따라 큰 차이를 보여 주었다. 프레임이 설치되지 않은 방향과 설치된 방향의 상대속도 비율은 $y=1.2\text{m}$ 에서 압력이 1, 4, 7 kg/cm^2 일 때 0.8%, 6%, 19%가 되어 압력이 상승할수록 프레임의 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있었다. 압력에 따른 분무형태는 실험과 수치해석이 유사한 형태를 나타내었다.

5. 결론

소화용 스프링클러 헤드의 살수분포 및 수적특성을 실험과 수치해석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 수적 살수분포는 CHM헤드에서는 실 전체에 고른 등분포되는 형상을 보이고 있으나 CHI헤드에서는 디플렉터면 영향으로 압력의 변화에 따라 밀도분포가 현저히 차이가 있음을 나타내었다.

2) 전체 포집된 수적의 실험값과 수치해석의 평균입경(SMD)을 압력에 따라 비교하면 $p=1\text{ kg/cm}^2$ 일 때는 SMD가 0.65로 비슷한 값을 보이고 있으나 압력이 상승할수록 실험값이 약간 큰 SMD를 보이고 있으며 수적입경은 작아지는 경향을 나타내고 있다.

$y=1.2\text{m}$, $r=1.2\text{m}$ 에서 모델링 헤드와 펜던트 헤드의 SMD를 비교하여 보면 압력이 낮은 1 kg/cm^2 일 때는 SMD가 0.36mm로 거의 비슷한 입경을 가지나 압력이 4 kg/cm^2 을 넘으면 그 상대오차가 커지면서 약 4%를 나타냈다.

3) 2개 헤드의 살수분포 형상을 보면 CHM의 경우 프레임이 부착되지 않고 디플렉터 표면이 매끈하므로 살수량이 헤드를 중심으로 등분포되고 있었으나, CHI의 경우 디플렉터 면의 골 때문에 모델링 헤드와 비교하여 분무폭이 좁아지고 있었다.

4) 압력에 따른 노즐에서의 분사각과 디플렉터에 충돌 후 분무각은 감소하였다.

5) 프레임이 설치되지 않은 방향과 설치된 방향의 상대속도는 압력이 상승할수록 프레임의 영향을 많이 받고 있었다. 따라서 소방법 시설기준규칙에 스프링클러 헤드 설치시 헤드 프레임의 방향을 따른 설치기준을 고려할 필요성이 있다.

참고문헌

- 1) 추병길, “스프링클러 소화설비의 스프링클러 헤드모델에 따른 살수분포연구”, 전남대학교 대학원, 1990.
- 2) Linda G. Blevins, “Drop size Measurements in a Fire sprinkler using an Agricultural Testing Method”, NISTIR 6242, p. 25, 1998.
- 3) Joseph M. Prah1 & Bruce Wendt, “Discharge distribution performance for an Axisymmetric Model of fire sprinkler Head,” Western Reserve, University, 1988.
- 4) 차경세, “디젤엔진 연소실내 분무거동에 대한 수치해석”, 전남대학교 대학원, 1999.
- 5) Amsden, A. et al., “KIVA ; A Computer Program for Two- and Three-Dimensional Fluid Flows with Chemical Reaction and Fuel Sprays”, Los Alamos National Laboratory Report, LA-10245-MS, 1985.
- 6) Jayaratne, O. W., et al., “The coalescence and bouncing of water drops.” Proc. Roy. Soc. London A, 1964.
- 7) Wakisaka, T., et al., “Improvement of a Spray Model for Numerically Analyzing Fuel Spray Behavior,” Proc. 12th Symp. on International Combustion Engines, JSAE/JSME, p. 109, 1995.
- 8) 행정자치부, “스프링클러헤드의 형식 승인 및 검정기술(KOFEIS 0501)”, 행정자치부 고시 제1999-29호, 1999.
- 9) Putorti, A. D., Jr. Belsinger, T. D., Twilley, W. H., “Determination of water spray Drop size and Speed from a standard orifice pendent sprinkler”, NIST, 1999.