

## 목조문화재 보호를 위한 수막노즐의 개발에 관한 연구

김경진 · 이수경\* · 송동우\* · 윤철재\* · 김지훈\*

한국소방엔지니어링 · \*서울과학기술대학교 안전공학과

### A Study of Water Curtain Nozzles Installation for Wooden Cultural Asset Protection

Kim, Kyong Jin · \*Lee, Su Jyung · \*Song, Dong Woo · \*Yoon, Chuel Jea  
· \*Kim, Ji Hoon

POSCO E&C · \*Seoul National University of Science & Technology

#### 요 약

중요 목조문화재를 산불이나 인접 건축물의 화재로부터 보호하기 위한 방안으로 수막노즐을 제시하였다. 바닥으로부터 일정압력 이상으로 상승하는 물줄기로 수막을 형성하여 복사열을 차단함으로써 200℃~250℃에서 발생하는 목재의 열분해를 막기 위한 것으로 기존에 설치되어 있는 강원도 낙산사와 전라남도 무위사의 수막노즐의 설치상태를 확인해 보았고 이를 보완·개량하기 위한 방안으로 평상시 덮개에 덮인 노즐을 설치하여 경관을 손상시키지 않게 하였고 사용 시 수직상승하여 물을 분사할 수 있는 상하승강식 노즐봉과 이를 효과적으로 설치하는 방법에 대하여 연구되었다.

#### 1. 서론

문화재를 보존·관리함에 있어 원형을 훼손시켜서는 안 되고, 또한 문화재의 경관을 훼손시켜서도 안 된다. 수막노즐은 산불로부터 문화재를 효과적으로 보호하는 장점이 있다. 하지만 그림에도 불구하고 강원도 낙산사와 전라남도 무위사 등 일부에만 설치된 이유 중의 하나는 경관을 훼손시키고 있기 때문으로 파악된다. 이는 수막노즐의 장점만을 부각시킨 연구는 있었으나, 경관을 훼손시키지 않기 위한 노즐의 연결부분에 대한 연구는 없었던 것으로 해석되며 원형의 보존과 경관의 보존이라는 기본적인 요구사항을 충족시키고 효과적인 수막을 형성시키기 위한 노즐봉 및 노즐의 개발이 필요하게 되었다.

#### 2. 수막노즐의 개발

##### 2.1 목재의 특성

사찰의 외장, 석가래, 보 등을 구성하고 있는 목재는 외부 열원, 특히 화재시 발생하는 대류열과 복사열에 의해 가열되면 분해가스를 방출하고, 분해가스가 연소함으로써 장기간

타게 되면 목재 심층부까지 연소가 진행된다.

Table 1. Constituents of timber

구성성분	비율(%)	열분해온도(°C)
Cellulose	40 ~ 44	240 ~ 350
Hemicellulose	20 ~ 40	200 ~ 260
Lignin	18 ~ 35	280 ~ 500

Table 1은 목재의 구성성분의 종류에 따른 비율 및 열분해온도를 나타내고 있다. 목재는 약 200°C 정도의 온도에 노출된 상태에서 초기 열분해가 발생되고 이 열분해 가스에 점화원을 가하게 되면 연소가 시작되는 메커니즘을 가지고 있다.1)

## 2.2 고안된 수막노즐봉

고안된 수막노즐은 바닥에 설치되어 상부로 물을 방사하게 함으로서 적절한 수막을 형성토록하여 산불이나 주위 화원으로부터 복사열을 차단하여 대상물이 200°C 이상이 되지 않도록 하여야 하며, 수막노즐로 인하여 문화재와 주위 경관의 훼손을 최소화 시켰다. 또한, 직접 물의 방사형태를 결정해 주는 노즐부분과 노즐이 효과적으로 사용될 수 있도록 도와주는 노즐봉에 대한 연구도 병행되었다.

Figure 1은 개발된 수막노즐의 도면을 나타낸 것으로 노즐 TIP 1은 연결봉 내부에 프로펠러 모양의 구조를 만들어 와류를 형성토록하여 분사상태로 분사되도록 한 것이며, 노즐 TIP 2는 내부의 일부 물흐름만을 조정하여 직사형태로 분사되도록 제작된 것이다.

고안된 수막노즐의 연결봉은 평상시 지하에 감추어져 있는 상태에서 방사를 위하여 배관내 가압수가 1.0kg/cm<sup>2</sup> 이상이 되면 BODY와 NOZZLE이 분리되며 SHIFT가 상부로 돌출하는 상하승강식을 적용하였다. 연결봉의 평상시 기본적인 치수는 410mm 이며, 확장시 치수는 625mm 작동시 215mm가 돌출되게 되어 있다. Figure 2는 수막노즐의 작동 전과 후를 비교한 사진이다.

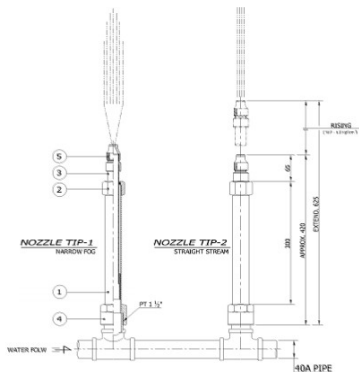


Figure 1. Drawing of water curtain nozzles



Figure 2. Before and after Photos; operation of Water Curtain Nozzles

### 2.3 수막노즐의 특성 실험

내부 구조가 다른 노즐 TIP 1과 노즐 TIP 2에 원형 노즐을 부착시켰을 때의 성능시험 결과는 다음과 같다.

Shooting range(Vertical) 특성을 비교해 보면 Figure 3는 노즐의 TYPE-1(Narrow Fog)와 노즐의 TYPE-2(Straight)의 압력에 따른 방사높이곡선을 제시한 그래프이다. 이에 따르면 7kg/cm<sup>2</sup>의 압력에서 TYPE-2인 Straight Nozzle의 방사높이가 16m로 TYPE-1인 Narrow Fog Nozzle 8.5m 보다 88% 이상의 높이까지 방사되었으며, TYPE-1인 Narrow Fog Nozzle은 10kg/cm<sup>2</sup>에서 10m 높이까지 방사됨을 알 수 있었다.

Figure 4는 노즐의 TYPE-1(Narrow Fog)와 노즐의 TYPE-2(Straight)의 압력에 따른 토출량을 제시한 그래프이다. 노즐의 TYPE-1(Narrow Fog)의 압력에 따른 토출량곡선에 의하면 7kg/cm<sup>2</sup>의 압력에서 TYPE-2인 Straight Nozzle의 방수량이 62.5lpm이고 TYPE-1인 Narrow Fog Nozzle이 37.5lpm으로 TYPE-1인 Narrow Fog Nozzle보다 66% 이상 많았다. TYPE-1인 Narrow Fog Nozzle과 TYPE-2인 Straight Nozzle의 방사패턴은 5kg/cm<sup>2</sup> 정도에서 퍼진 물은 바로 아래로 떨어지지 않으며 주변 기류의 영향을 받아 주변을 적시게 됨을 알 수 있었다.

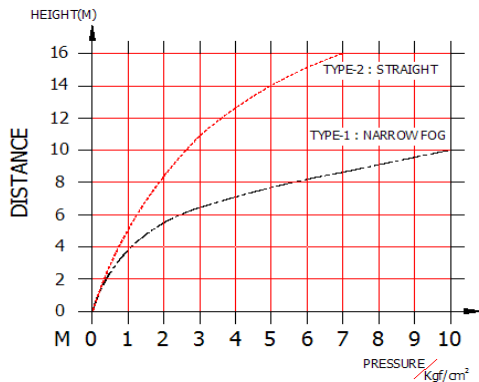


Figure 3. Shooting range graph(TYPE-1,2)

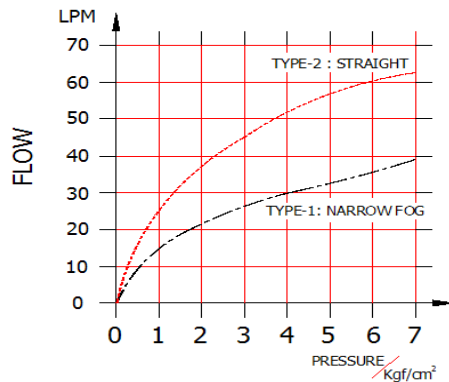


Figure 4. Flow rate graph(TYPE-1, 2)

### 3.6 실험 결과

원형노즐을 장착한 노즐 TIP 1과 노즐 TIP 2의 실험결과에 의하면, 노즐 TIP 2를 사용한 TYPE-1(Narrow Fog Nozzle)은 7kg/cm<sup>2</sup>에서 방사높이 8.5m, 37.5lpm을 토출하였으며, TYPE-2 (Straight Nozzle)은 방사높이 16m, 62.5lpm을 토출하므로 TYPE-1은 상대적으로 적은 토출량에 방사범위가 넓어 문화재 주위에 균등하게 배치시 적은 물량으로 상대적인 효율성을 기대할 수 있고 TYPE-2의 경우 방사높이는 15m까지 가능하나 물줄기가 직선형태로 올라가게 되므로 높은 대상물에 촘촘한 간격으로 설치가 필요하고 상대적으로 많은 수원을 필요로 하게 되므로 대상물이 높고 다량의 수원을 확보한 문화재에 대하여 사용이 가능함을 알 수 있었다.

TYPE-1(Narrow Fog Nozzle)의 경우  $5\text{kg}/\text{cm}^2$  이상에서는 미세한 물방울 입자들이 형성되며 발생된 물방울 입자들로 인한 물의 표면적이 넓어져 미세물분무설비에서와 같이 증발 및 냉각효과로 인한 복사열 차단이 상승효과를 기대해 볼 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 노즐봉에 사용하기 위한 노즐로 원형노즐과 부채꼴형 노즐을 고안하여 시험한 결과, TYPE-1 인 Narrow Fog Nozzle 은  $7\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 8.5m까지 방사되며, 기둥과 같은 원형으로 균일하게 방사됨을 알 수 있었고 TYPE-2 Straight Nozzle은 10m 높이까지 방사되나, 물의 퍼짐현상이 적어 높은 대상물에 촘촘히 설치되어야 함을 알 수 있었다.

우리나라의 목조문화재 보호를 위한 소방시설에 대한 연구는 거의 없으며, 수막노즐을 이용한 연구 또한 거의 없는 것이 현실이므로 아직 초기단계인 문화재를 화재로부터 보호하기 위한 연구는 계속되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 박정렬, “목조문화재 보호를 위한 수막설비에 대한 연구고찰” 한국소방안전협회 소방기술정보지, 2008년 제27호, PP. 17-24.
2. 문화재청, “문화재연감”, 2007. 12.
3. 이시영, 이해평, “한국의 산불발생 실태분석”, 한국소방학회지, Vol.20, No.2, PP.54-63, 2006
4. 김미경, “한국 산불재해에 대한 종합적 고찰” 관동대학교 국토방재대학원 국토재해관리학과 석사학위논문, 2008. 2.
5. 백민호, 이해평, “전통사찰문화재의 방재특성에 관한 연구”, 한국화재소방학회지, Vol.20, No.2, pp.64-71, 2006.
6. 유홍선, 박정렬, “목조 문화재 및 사찰용 수막노즐 개발 및 실증 화재 실험” 한국화재소방학회지, 2008.
7. 공하성, “산림화재로부터 문화재를 보호하는 소방시설에 관한 연구 : 미분무수설비를 중심으로” 한국화재소방학회논문지. 제21권 제4호 통권 제68호 pp.44-51, 2007. 12.
8. 오명석, “문화재 재난관리 개선방안에 관한 연구” 목원대학교 산업정보대학원 석사학위논문, 2005. 12.
8. 김완섭, “전통 목조건축물 소방안전에 관한 연구” 서울시립대 도시과학대학원 방재공학과 석사학위논문, 2008. 8.
9. 문화재청장, “주요업무 통계자료집” 문화재청, 한국칼라, 2008. 10.