

# 선박 거주구역용 미분무수 노즐의 열응답 특성에 관한 실험적 연구

한용식<sup>\*</sup>· 최병일<sup>\*</sup>· 김명배<sup>\*</sup>· 이유환<sup>\*</sup>· 도규형<sup>\*</sup>, 김창<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> 한국기계연구원, <sup>\*\*</sup>(주)윈

## An experimental study on the thermal response characteristic for a water mist nozzle in accommodation on passenger ships

Han, Yong Shik<sup>\*</sup>· Choi, Byung Il<sup>\*</sup>· Kim, Myung Bae<sup>\*</sup>· Lee, Yu Whan<sup>\*</sup>· Do, Kyu Hyung<sup>\*</sup>, Kim, Chang<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> KIMM, <sup>\*\*</sup> WIN

### 요 약

여객선 선실 등 선박 거주구역에 사용되는 노즐의 열응답 특성에 관한 실험적 연구를 수행하였다. IMO(국제해사기구)의 수계소화설비 성능평가 기준에 따르면 거주구역에 설치되는 소화시스템의 노즐은 초기 반응 응답 특성을 확보하여야 한다. 본 연구에서는 glass bulb의 선정과 풍동실험을 통해 반응 응답 값을 측정하였으며, 노즐 헤드 형상의 개선을 통해 IMO 기준이 요구하는 RTI(반응시간지수) <math> < 50 \text{ ms}^{1/2}</math>의 조건을 만족하는 노즐 헤드를 개발하였다.

### 1. 서 론

1987년 서명된 몬트리올협약(Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layers)에 의해 세계적으로 CFC를 사용하는 화학물질 제조가 1994년부터 금지됨에 따라 Halon 1301로 대표되던 선박용 소화시스템은 대체 시스템이 절실히 요구되었으며, 2002년 7월 기관구역 국부소화시스템 설치가 의무화 되면서 Water Mist System에 대한 연구가 활기를 띠게 되었다.[1]

선박용 소화시스템으로는 크게 기관구역의 전역화재를 방호하기 위해 설치되는 ①전역화재 소화시스템(Total flooding system), 기관구역의 일부분에 발생된 화재를 전역화재 소화시스템이 작동하기 전에 효과적으로 진화하는 ②고정식 국부 소화시스템(Fixed local application fire-fighting system)과 여객선의 승객실 및 편의시설을 방호하기 위해 설치되는 ③주거구역 소화시스템으로 크게 3가지로 분류된다. 이 중 본 연구 대상인 주거구역의 IMO A.800 규정은 2008년 5월 9일 새로운 IMO Resolution MSC.265(2008)로 변경 발효되었다.[2]

선박 거주구역 소화시스템은 기관구역 전역방출시스템과는 다른 특성들을 가지는데 대표적인 사항으로 자동식 시스템이고 노즐의 경우 초기응답특성을 필수적으로 요구하고 있다.

본 연구에서는 여객선 선실 등 거주구역에 사용되는 노즐의 열응답 특성에 관한 실험적 연구를 수행하였다. IMO(국제해사기구)의 수계소화설비의 초기반응 특성 평가 기준에 따른 성능시험의 수행을 통해 노즐 형상에 따른 반응특성을 관찰하였으며, 노즐 형상의 변경을 통해 IMO 기준이 요구하는

RTI(반응시간지수) < 50 ms<sup>1/2</sup>의 조건을 만족하는 노즐 헤드를 개발하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

거주구역 소화시스템은 여객실 (cabin room)등 방호 공간 내에 설치되어 화재 발생 시 소화시스템의 감지 element가 열 및 온도에 의해 작동되면서 소화시스템 헤드를 개방시켜 소화용수를 방호공간에 분사하여 화재를 진압하는 자동식 소화시스템으로, 선박거주구역에서는 조기응답(FAST response type) 감지 element를 사용하도록 IMO Resolution MSC.265 (2008)에 다음과 같이 강제화하고 있다.

- 스프링클러의 감지장치는 ISO6182-1에 정의된 FAST Response 특성을 가져야 한다.[1]
- RTI(Response Time Index : 50(ms)<sup>1/2</sup> 이하
- 건조실을 제외한 거주구역의 작동온도범위는 57℃~79℃
- 감지 element 성능평가 기준
  - 온도 : 129℃~141℃
  - 유속 : 1.65m/s~1.85m/s

최적의 감지 element bulb를 선정하기 위해 기존에 미분무수 소화시스템으로 형식승인을 획득한 제조업체를 조사하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 대부분의 제조업체들이 JOB사 감지 element를 사용함을 확인 후 작동온도가 57℃인 F2.0 및 F2.5 glass bulb 모델을 선정하였다.(표 2)

표 1 거주구역용 소화시스템 업체 현황

업체	최대압력(bar)	Fusible element
Fogtec	140	Bulb(57℃, 3mm)
Kidde	10	Bulb(57℃, 3mm)
GW Sprinkler A/S	1.15, 1.6	Bulb(57℃, 3mm)
Hi-fog	1	140, 60
	2	75
	3	140, 80
	4	80
Ultrafog	100, 60	Bulb(57℃, 2mm)

표 2 선정된 감지 Element의 사양

모델명	RTI(ms) <sup>1/2</sup>	작동온도 (℃)	길이 (mm)	비고
F2.5	27	57	16	독일 JOB사
F2.0	22	57	16	독일 JOB사
F1.5	16	57	16	독일 JOB사

그림 1은 선정된 glass bulb를 소화시스템 노즐에 설치하여 열응답 특성을 평가하기 위해 사용된 풍동을 보여주고 있다. 풍동은 온도조건을 제어하기 위한 가열부와 유속을 제어하는 부분 및 유로 통로로 구성되어 있으며, 노즐이 설치되는 시험영역(test section)은 균일한 유속 분포를 가진다. 그림 2는 시험을 위해 설치된 노즐의 시험준비 상태를 보여주고 있으며, 이 때 개방에 필요한 압력은 노즐 설치 조건과 동일한 압력으로 설정하였으며, 고압 질소를 사용하였다. 풍동을 가동한 후 히터를 작동시켜 시험온도까지 가열한 후 노즐을 시험영역에 투입하였다.(plunge test) 작동시간 확인은 타이머를 통해 확인할 수 있다. 노즐헤드의 설치 위치에 따라 응답특성이 달라지기 때문에 최적 방향(best direction)과 최악방향(worst direction)에서 작동시간을 측정하였다. 그림 4와 그림 5는 개발하고자 하는 노즐 초도품(proto type)에 대한 각각의 설치방향을 보여주고 있다.

## 3. 실험 결과

거주구역 소화시스템이 화재감지기능과 소화시스템이 일체형으로 되어 있는 자동식 시스템이기 때문에 감지 element의 작동특성에 따라 화재진압 혹은 제어 여부가 결정된다. 감지 Element의 작동특성은 element 자체의 특성뿐만 아니라 노즐헤드의 형상 및 설치 조건에 따라 결정된다.[3]



그림 1 감지 특성 평가 풍동



그림 2 시험 준비상태

노즐형상은 화재로부터 생성된 뜨거운 연소생성물이 유효하게 감지element에 도달할 수 있도록 설계되어야 한다. 또한 천장에 설치되는 노즐의 위치 역시 중요한데 IMO규정[2]에서는 노즐의 설치 위치를 시험규정에 정하여 두었다. 그림 3과 그림 4에서 보는 초도품으로 제작된 노즐 헤드를 가지고 감지 element의 열응답 특성을 측정하였다. 시험은 온도가 100℃이고 유동속도가 2.2m/s인 풍동 속에서 수행되었다. 표 3은 초도품에 대한 측정된 감지 element의 응답을 보여주고 있다. 최적방향의 결과는 RTI값이 기준값인 50이하 값을 가지는 것을 확인할 수 있다. 또한 glass bulb의 모델에 따라 일정한 값을 가지며, 제작자가 제시한 RTI 값에 따라 변화함을 알 수 있다. 반면에 최악 방향 조건의 경우 동일 조건의 실험결과 값에 큰 편차를 보이며, 값도 제작사에서 제시한 값보다 훨씬 큰 값을 가짐을 알 수 있는데, 특히 F2.0 모델의 경우 편차가 34%이 달한다.



그림 3 Worst direction



그림 4 Best direction



그림 5 개선 분사헤드

본 연구에서는 예측된 RTI 값의 IMO 성능평가 기준 만족여부가 중요한 것으로, glass bulb 주변의 복잡하면서도 유동을 방해하는 초도품의 형상을 그림 5와 같이 변경하였다. 그림 5에서 보는 바와 같이 glass bulb 부근 형상을 대폭적으로 수정한 것으로 bulb지지대를 제외한 모든 부분을 개선하였다. 표 4는 F2.5 glass bulb 모델에 대한 개선된 노즐 헤드의 RTI 값을 나타낸다. 결과에서 알 수 있듯이 최적방향과 최악방향에서 모든 RTI 값이 50이하를 가지며, IMO 기준을 만족함을 알 수 있다. 앞서의 결과와 비교시 최적방향의 경우는 동일한 범위의 값을 가지며, 최악 방향에서는 RTI 값에 있어 대략 190% 이상의 개선 효과를 나타낸다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 여객선 선실 등 거주구역에 사용되는 노즐의 열응답 특성에 관한 실험적 연구를 수

행하였다. IMO의 수계소화설비의 조기반응 특성 평가 기준에 따른 성능시험의 수행을 통해 노즐 형상에 따른 반응특성을 관찰하였으며, 노즐 형상의 변경을 통해 IMO 기준이 요구하는 RTI(반응시간 지수) <math> < 50 \text{ ms}^{1/2}</math>의 조건을 만족하는 노즐 헤드를 개발하였다.

표 3 초도폼에 대한 감지element의 응답특성

Type	고온 온도(℃)	유속(m/s)	설치방향	작동시간(s)	주변온도(℃)	RTI(ms) <sup>1/2</sup>	비고
F2.0	100	2.2	W	30.71	27	86.06422	
F2.0	100	2.2	W	17.74	27	49.71603	
F2.0	100	2.2	W	20.22	27	56.66618	
F2.0	100	2.2	B	5.57	27	15.60982	maker:22
F2.0	100	2.2	B	5.63	27	15.77797	maker:22
F2.0	99.5	2.2	B	5.41	27	15.02451	maker:22
F2.5	100.2	2.2	W	48.27	27	135.7643	
F2.5	99.7	2.2	W	32.3	27	90.02973	
F2.5	99.9	2.2	W	33.29	27	93.12615	
F2.5	100	2.2	B	9.45	27	26.48345	maker:27
F2.5	100.1	2.2	B	9.4	27	26.3909	maker:27
F2.5	100	2.2	B	7.4	27	20.73837	maker:27

표 4 개선 분사헤드의 열응답특성

Type	고온 온도(℃)	유속(m/s)	설치방향	작동시간(s)	주변온도(℃)	RTI(ms) <sup>1/2</sup>	비고
F2.5	100	2.2	B	9.77	27	27.38025	RTI < 50
F2.5	99.9	2.2	B	9.21	27	25.76425	RTI < 50
F2.5	99.9	2.2	W	15.12	27	42.29701	RTI < 50
F2.5	100	2.2	W	10.09	27	28.27704	RTI < 50
F2.5	100	2.2	W	13.52	27	37.88956	RTI < 50
F2.5	99.8	2.2	45°	7.49	27	20.91478	RTI < 50
F2.5	100	2.2	45°	8.4	27	23.54085	RTI < 50
F2.5	100	2.2	45°	7.27	27	20.37404	RTI < 50

여객선 선실용 노즐의 경우 실내에 설치되기 때문에 미적 요소가 요구되어 노즐형상이 복잡하게 설계될 수 있지만 가급적 모든 방향에서 동일한 RTI 값을 유지하는 형태의 노즐설계가 요구된다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부의 미래철도가술개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1]. [<http://www.imo.org/HOME.html>]
- [2] IMO RESOLUTION MSC.265(84)(adopted on 9 May 2008) AMENDMENTS TO THE REVISED GUIDELINES FOR APPROVAL OF SPRINKLER SYSTEMS EQUIVALENT TO THAT REFERRED TO IN SOLAS REGULATION II-2/12 (RESOLUTION A.800(19)), THE MARITIME SAFETY COMMITTEE, 2008.
- [3] 김명배, 한용식, 윤명오 “스프링클러의 열응답성”, 한국화재소방학회지, 10권 3호, pp.51-57, 1996