

미분무수 소화설비의 성능평가방법

김 동 석

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원 소화연소팀장

(dskim@kfpa.or.kr)

1. 서 론

1987년에 서명된 몬트리얼협약(Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layers)에 의거해 대부분의 나라에서 CFC를 사용하는 화학물질의 제조가 1994년부터 금지됨에 따라 지금까지 Halon 1211, 1301로 대표되던 화학 소화제의 대체물질을 찾게 되었으며 그 노력의 결과 북미 및 유럽을 중심으로 1940년대부터 소화약제로 검토되어온 미분무수(water mist)를 이용한 소화 설비를 실용화하였다.

국제해사기구(IMO)의 선박 기관실과 여객선에서의 미분무수 소화설비 설치의 무효는 관련 기술의 개발에 큰 촉진제가 되었으며 성능평가 시험방법의 정립 등 상당한 기술상의 진전을 이루게 되었다. 최근 국내 몇몇 조선기자재 업체들은 국소방출방식의 미분무수 소화설비를 국제해사기구에서 제시하는 기준에 맞게 국산화하여 국내 조선산업에 큰 기여를 하고 있으며, 현재는 크루즈급 여객선에 적용할 수 있는 자동식 미분무수 소화설비의 개발을 시도하는 등 관련기술을 고도화하고 있다. 국내 육상에서도 건(gun)형태의 이동식 소화기구와 옥내 변전소 등에 일부 고정식 설비의 형태로 미분무수에 의한 소화기술을 적용하고 있으나 아직 법적인 뒷받침이나 성능평가 시험방법의 미비 등으로 크게 활성화 되지는 못하고 있는 실정이다.

본 고에서는 이러한 미분무수 소화설비의 적용 및 개발에 참고할 수 있도록 선박을 중심으로 이루어진 미분무수 소화설비의 성능평가 방법을 소개하고자 한다.

2. 선박 미분무수 소화설비 기준

1912년 빙하에 충돌하여 1503명이 숨진 타이타닉 호의 침몰은 국제적으로 해상 인명안전협약(SOLAS ; Safety of Life at Sea)을 체결하는 계기가 되었으며 이 협약에 근거하여 국제해사기구(IMO)에 속한 해상안전위원회(MSC)의 방화소위원회(FP)에서는 SOLAS 1974의 II-2장의 방화, 화재감지 및 소화에 관한 기준을 근간으로 하여 각종 화재시험절차 및 관련지침을 개발하였으며 총회에서 채택되어 각 나라 및 선급의 권고 지침으로 사용하도록 하고 있다. 이러한 화재시험절차를 국제해사기구에서 책자로 발간하였으며 이것을 FTP Code라 한다. 이 FTP Code에는 미분무수 소화설비의 시험절차 뿐만 아니라 불연성시험 등 각종 재료 및 구조체에 대한 화재시험 절차 등도 규정하고 있다. 선박관련 미분무수 소화설비의 성능평가와 관련된 기준을 정리하여 요약하면 표 1과 같다.

선박 기관구역의 경우 화재발생에 대비하여 전역 방출방식의 설비로 포 소화설비, 이산화탄소 소화설비 또는 미분무수 소화설비 중 한 가지를 선택적으로 설치하여야 하며, 이와는 별도로 기관구역의 화재위험이 높은 장소에 추가로 국소방출방식의 미분무수 소화설비를 의무적으로 설치하여야 한다. 이 규정은 국소방출방식의 미분무수 소화설비의 개발에 큰 동기부여가 되었으며 국내에서도 몇몇 선박기자재 업체가 국제규격에 적합한 소화설비를 개발하여 공급하고 있다. 상기의 전 역방출방식의 미분무수 소

표 1. 선박 미분무수 소화설비 관련 기준

기준명	기준 주요내용
IMO MSC/Circ.1165	기관구역과 화물펌프실에 설치하는 전역방출방식의 미분무 수소화설비의 부품 성능시험과 화재시험방법을 규정함
IMO MSC/Circ. 913	A급 기관구역에 설치하는 국소방출방식의 미분무수 소화 설비에 대한 화재시험방법을 규정함
IMO RESOLUTION A.800(19)	거주지역에 설치하는 미분무수 소화설비의 화재시험 및 부품 성능시험 방법을 규정함
IMO RESOLUTION MSC.265(84)	IMO RESOLUTION A.800(19) 기준 중 화재시험방법의 수정 사항을 규정함

화설비에 사용되는 노즐은 감열체가 없는 개방형이 적용되며, 선박내의 거주구역(객실, 계단 및 복도, 공공지역 등)은 감열체가 있는 폐쇄형의 자동식 미분무수 노즐이 적용된다. 선박에 설치되는 미분무수 소화설비의 선급승인을 위한 시험은 크게 화재시험과 부품성능시험으로 이루어진다. 현재 적용되고 있는 화재시험과 부품성능시험의 개괄적인 내용은 다음과 같다.

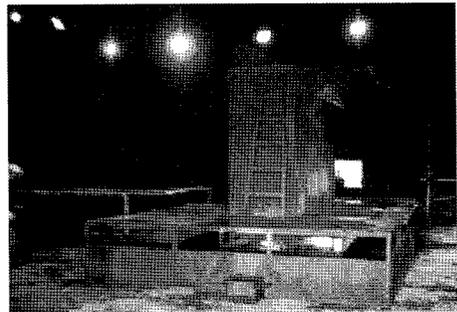


그림 1. 선박엔진 목업(Mock Up)

3. 선박 미분무수 소화설비 화재시험

3.1 기관구역용 전역방출방식 미분무수 소화설비의 화재시험

미분무수 소화설비는 아주 미세한 물방울을 방사하여 화염을 냉각시키거나 발생된 수증기로 산소를 차단시키거나 또는 복사열을 감소시키는 방법으로, 주로 화재를 제어(control), 진압(suppression) 또는 소화(extinguishment)의 성능목표를 갖고 설치된다. 기관구역용 전역방출식 미분무수 소화설비는 이들 중 소화의 성능 목표를 가지며 화재시험을 위한 시험실은 체적크기를 기준으로 3가지 종류로 구분된다. 칠판으로 제작된 3m×1m×3m(H)의 모형엔진을 화재시험실내의 중앙에 설치하고 8가지의 B급 화재시나리오에 대한 화재시험을 실시하여 소화성능을 평가한다. 이 B급 화재시나리오는 2차원의 액면화재(pool fire)와 3차원의 분무화재(spray fire) 및 흐름화재(cascade fire)의 단일 또는 조합된 소화모형에 의한 화재시험으로 이루어지며 각 화재시나리오 별로 미분무수 소화설비를 동작시킨 상태에서 15분 이내에 소화모형이 소화되고 재발화되지 않는지 여부로 소화성능을 평가한다.



그림 2. 전역방출방식 화재시험

3.2 기관구역 국소방출방식 미분무수 소화설비의 화재시험

선박의 기관구역의 일부분만 국부적으로 방호할 목적으로 설치하는 국소방출방식의 미분무수 소화설비의 성능을 평가하기 위한 화재시험은 적절한 통풍이 되어 체적비 20%의 산소농도가 유지되는 바닥면적 100 m² 이상, 높이 5 m 이상인 화재시험실에서

수행한다. 미분무수 노즐이 설치된 격자 아래에 시험실 바닥으로부터 1m 높이에 설치한 연료노즐로부터 분사시킨 경디젤유를 점화하여 발생한 1MW와 6MW의 소화모형 각각에 대한 화재시험으로 평가한다. 격자간격은 제조자가 제시한 각 노즐의 최대간격에서 실시하며 연료노즐과 격자와의 간격은 제조자가 제시한 최소 및 최대 거리로 하여 각각의 거리에서 최소 및 최대 작동압력으로 1MW와 6MW의 2가지 조건에 대하여 수행한다. 화재시험은 연료노즐에 점화하여 15초 이상 자유 연소시킨 후 미분무수 노즐로부터 소화수를 방사시키면서 5분 이내에 소화되고 재발화되지 않는지 여부를 확인하여 소화성능을 확인한다. 선급의 승인을 받기 위해서는 연료노즐 3개 방향, 그리드의 최저 및 최대높이, 최소 및 최대 작동압력, 각 시험 2회 반복을 조합하여 총 24번의 화재시험을 모두 통과하여야 한다.



그림 3. 1 MW 화재시험



그림 4. 6 MW 화재시험

3.3 거주구역 미분무수 소화설비의 화재시험

여객선의 거주구역은 빠른 화재감지와 소화수의 방출이 필요한 구역으로 스프링 클러 소화설비와 같이 조기반응형의 감열체의 사용과 습식(Wet type)의

배관설 비가 요구된다. IMO RESOLUTION MSC.265 (84)에서는 SOLAS regulation II-2/9.2.2.3과 II-2/9.2.2.4에 근거하여 거주(Occupancy) 구역을 11종류로 분류하고 화재시험방법을 4종류로 구분하여 각 거주구역에 대한 적용 화재시험방법을 표 2와 같이 실시하도록 규정하고 있다.

표 2. 거주구역과 화재시험방법의 상관관계

거주구역 분류	적용화재시험			
	객실	복도	공공장소	창고
조정실			X	
계단		X ¹		
복도		X ¹		
경급위험숙박구역	X ²		X ³	
중급위험숙박구역	X ²		X ^{3,4}	
고강도 위험숙박구역			X ^{3,4}	
공중위생 및 유사장소	X ²		X ³	
냉동 챔버			X	
주방 및 부속 공간			X	
창고, 작업실, 식기실 등				X
기타 가연성 액체 저장실등				X

주(1) 1.5 m보다 넓은 복도나 계단은 복도대신 공공장소화재시험 적용

주(2) 객실화재시험에 적용된 면적까지의 공간에 적용

주(3) 객실화재시험에 적용된 면적 이상의 공간에 적용

주(4) 부속서 3.24 참조

3.3.1 객실(cabin) 및 복도(corridor) 화재시험

표 2의 객실 화재시험과 복도 화재시험은 폭 3m, 길이 4m, 높이 2.4m의 객실 모형에 통로용 개구부 중앙을 폭 1.5m, 길이 2.4m, 높이 2.4m로 하여 양쪽 끝이 개방되어 있는 복도의 중앙부를 연결한 실내에서 수행한다. 객실의 소화모형은 2.0m×0.8m×0.1m 크기의 폴리에테르 매트리스와 0.5m×0.8m×0.1m 크기의 베개를 포함한 2층 침대를 사용하고 복도의 소화모형은 0.4m×0.4m×0.1m 크기의 덮개가 없는 폴리에테르 매트리스를 8층으로 쌓아 복도에 배치시킨다. 120 ml의 헵탄으로 다공성재료를

적신 점화원을 제작하여 객실에서 하부침대 화재시험, 상부침대 화재시험, 고의화재시험, 기능상실노즐 화재시험을 실시하고 복도에서는 노즐 아래 및 노즐 사이에 점화원을 위치시켜 화재시험을 시행한다. 자동식 미분 무수 노즐이 작동한 후 10분간 소화수를 방출하면서 각각의 화재시험을 실시하여 매트리스의 손상율과 30초 평균천장온도 최대값 등 온도측정 결과로 성능적합여부를 평가한다.



그림 5. 여객선 객실(예)

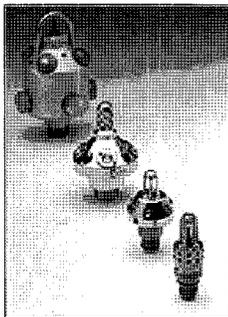


그림 6. 객실용 미분무수 노즐(예)

3.3.2 공공장소 화재시험

모형 화재실은 한 변이 8 m 이상, 바닥면적이 80 m² 이상으로 천장과 벽체 상부 사이에 1 m 이상의 공간을 두어 통풍이 잘 되도록 구성하며 천장재는 불연재로 바닥으로부터 높이를 개방 시험장소는 2.5 m, 모서리 시험장소는 5 m로 한다.

4개의 소파를 소화모형으로 하여 점화원의 위치를 달리하여 총 4회의 화재시험을 실시한다. 각각의 화재시험은 점화원에 점화하여 첫 번째 분사노즐이 작

동한 후 10분간 소화수를 방출한다. 각각의 시험에서 소파 매트리스의 손상율과 천정표면의 30초간 평균온도 최대값 등으로 성능적합여부를 평가한다.

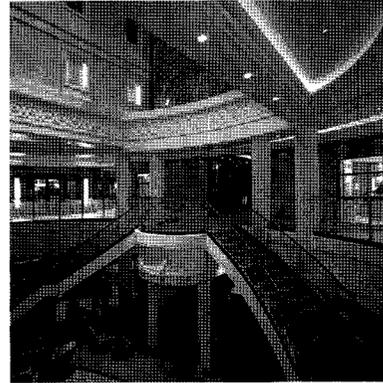


그림 7. 여객선 공공장소(예)

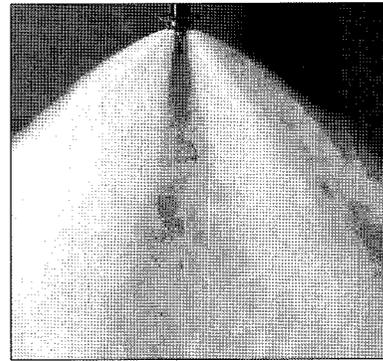


그림 8. 공공장소용 미분무수 노즐 방사장면

3.3.3 창고 화재시험

천장 높이가 2.5 m이고 한 변이 8 m 이상, 바닥면적이 80 m² 이상인 창고 모형 화재실에서 플라스틱 컵이 있는 2세트의 판지상자와 그 주위를 둘러싸는 빈 판지상자를 주위에 배치시키고 1개 노즐아래, 2개 노즐사이, 4개 노즐 중간 아래에 점화원을 배치하여 총 3회의 화재시험을 실시한다. 각각의 화재시험은 점화원에 점화하여 첫 번째 분사노즐이 작동한 후 10분간 소화수를 방출한다. 주위에 설치된 빈 판지상자의 점화나 탄화 여부와 플라스틱 컵으로 채워진 판지상자의 50%를 초과하는 감소여부로 성능의 적합성을 평가한다.

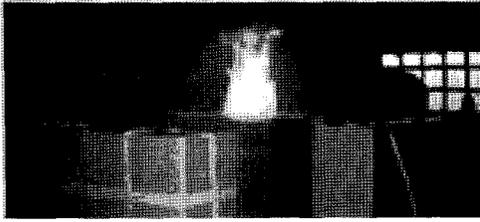


그림 9. 참고화재시험(초기단계)

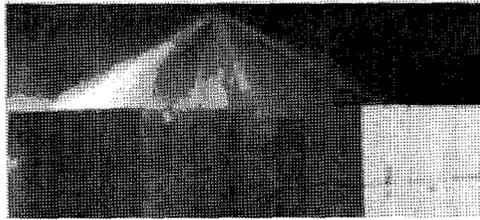


그림 10. 참고화재시험(화재제어 단계)



그림 13. K상수 측정용 유량시험장치

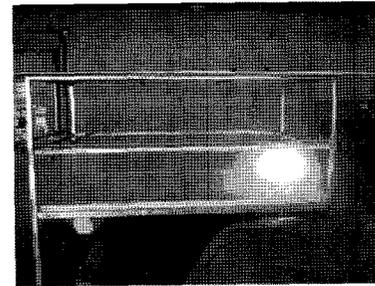


그림 14. Skipping 현상 발생 확인용 측면방출시험장치

4. 선박 미분무수 소화설비 부품성능시험

화재시험을 만족한 개방형의 미분무수 노즐의 경우 부품성능시험은 육안검사, 붐체 강도시험, 유량시험, 살수분포 및 물입자경측정시험, 부식시험, 열저항시험, 진동시험, 막힘시험의 총 8가지의 시험을 통

과해야 한다. 감열체가 있는 폐쇄형의 자동식 미분무수 노즐은 상기 8가지 이외에 누설저항 및 수력강도시험, 기능시험, 열응답시험(작동온도시험, 열기류감도시험), 열노출시험, 유리벌브노즐 열충격 시험, 감열체 강도시험, 노즐코팅시험, 수격시험, 충격시험, 측면방출시험, 30일 누설시험, 진공시험 등 총 20가지의 부품성능시험을 통과하여야 한다.

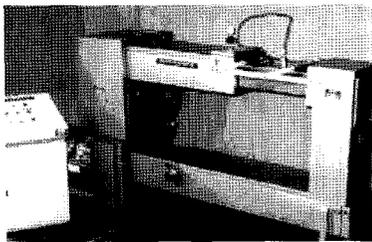


그림 11. RTI 측정용 열기류 감도시험장치

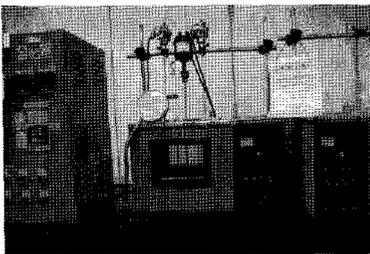


그림 12. 표시온도 확인용 작동온도시험장치

5. 결 어

미분무수 소화설비는 친환경 소화약제를 사용한다는 장점과 함께 기존의 스프링클러 소화설비 보다 훨씬 가볍고(약 10%) 소요되는 소화수의 양도 훨씬 적으므로 크루즈선과 같은 대형 여객선의 건조량 증가, 기존 합론 소화약제로 방호해온 컴퓨터실, 전화교환기실 등 비열피해(Non-thermal Damage)에 의한 손실이 심각한 시설에 대한 적용 필요성 그리고 기존 스프링클러소화설비로 방호해온 지하공간과 거주공간 등의 대체설비 개발 필요성 등으로 계속 그 수요의 확대를 예상할 수 있다. 현재까지의 기술로

김 동 석

는 밀폐공간의 대형화재에 대해서는 매우 효과적인 소화기술을 제시하고 있으나 완전개방공간이나 화재규모가 작은 A급 화재에 대해서는 어려움을 겪고 있어 기준이 제시되지 않은 새로운 화재방호장소에 적용되는 신뢰성 있는 미분무수 소화설비의 개발을 위해서는 화재방호장소의 특성에 따라 적용 가능한 합리적인 소화모델의 개발 등 실험규모(Full-Scale) 화재시험방법의 표준개발이 선행되어야 하겠다.



〈저 자〉

김 동 석
한국화재보험협회 부설 방재
시험연구원 소화연소팀장
dskim@kfpa.or.k