

포 소화설비 구성부품 성능시험 보고

(The Report on Test Results of Foam Extinguishing System Units)

김기옥, 이찬주, 안병호 / 기계연구소

1. 서론

위험물 탱크, 비행기격납고, 차고, 주차장 및 위험물, 특수 가연물의 제조·저장 취급소 등 특수장소의 방호 대상물에 설치하는 포 소화설비의 구성부품에 대하여 관련시험 방법에 따른 성능시험을 실시하여 설비 구성 부품에 대한 작동상의 문제점 및 제 성능을 분석, 검토하였다.

2. 시험체

포 소화설비의 구성부품 중 주요 구성부품으로서 포 소화약제 혼합장치(벤츄리 형식 및 오리피스 형식), 자동밸브류, 포 방출기구류(포 방출구, 포 노즐류 및 헤드류) 및 포 방출구의 구성요소의 하나인 봉판을 시험체로 선정하여 시험하였다.

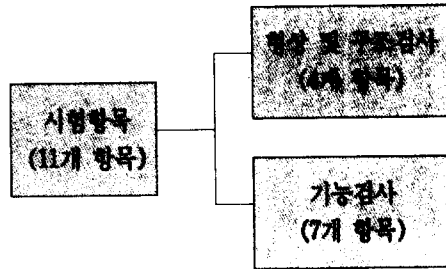
concentrates) 및 소방법 등의 관련 내용을 참고로 하여 FILK Standard-포 소화설비 구성부품 인증시험 기준(안)에 따른 일부 시험항목을 활용하여 시험을 실시하였으며, 각 제조업체의 제품 종류에 따른 관계도면 검토와 재질 분석 등을 제외한 기타 시험항목에 대하여, 시험체의 외형적인 상태를 검사하는 「형상 및 구조검사」와 시험체의 주요성능을 검사하는 「기능검사」로 나누어 시험을 실시하였다.

주요 구성부품	종 류	수량	비 고
포 소화약제 혼합장치	프레저 프로포서너	5조	
자동밸브류	자동밸브	9조	
포방출기구류	포 방출구	10조	
	포 노즐류	10조	
	포 헤드류	10조	
기타	봉판	150개	

3. 시험기준 및 방법

가. 시험기준 및 항목

UL-Standard 162(Foam Equipment and Liquid Con-



나. 시험방법

시험항목에 따른 시험체의 수량 및 시험 절차 등의 결정은 FILK Standard-포 소화설비 구성부품 인증시험기준(안)의 시험방법을 활용 하였으며 관련 시험체에 대한 주요시험 내용을 요약하여 보면 다음과 같다.

(1) 형상 및 구조검사

「형상 및 구조검사」는 시험체의 형상 및 구조와 관련된 표시, 외관, 구조 및 중량 측정으로 나누어져 있으며, 시험체의 규격에 따른 표시내용 및 상태, 시험체의 조립 상태, 외적인 손상여부, 육안에 의한 외형적인 상태 및 결함 등 주로 시험체 자체에 대한 외적인 상태를 중심으로 검사한다.

(2) 방사량시험

(가) 혼합장치, 자동밸브류, 포 방출구

수력 안정을 위해 설치된 시험배관(Header)에 시험체를 설치한 후, 다음과 같은 시험압력(kgf/cm²)에 따른 방사량(Q/min)을 측정 기록한다.

- ① 제시된 최소 사용 1차측(inlet) 압력
- ② 제시된 최소 및 최대 작동압력사이의 중간압력
- ③ 제시된 최대 사용 1차측(inlet) 압력



<포 방출구 방사량 시험>

(나) 포 노즐류

① 수력 안정을 위해 설치된 시험배관(Header)에 시험체를 설치한 후, 시험체를 통한 방사압력을 1.0kgf/cm²에서 7kgf/cm²까지 1.0kgf/cm²씩 증가시킨다.

② 시험노즐의 방사형태를 직사 또는 방사형태(The straight stream position and the wide open position)로 하여 시험압력(P)별 방사량(Q)를 기록한다.

③ 시험노즐의 직사 및 방사형태의 방출계수(K)를 다음식에 의해 산출한다.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

※ 수치는 소수점이하 둘째자리로 하되 소수

점이하 셋째자리를 반올림한다.

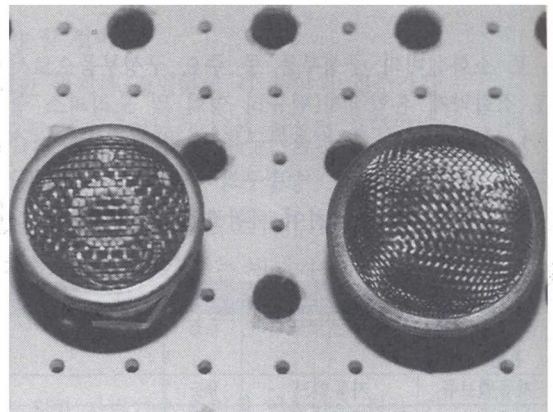
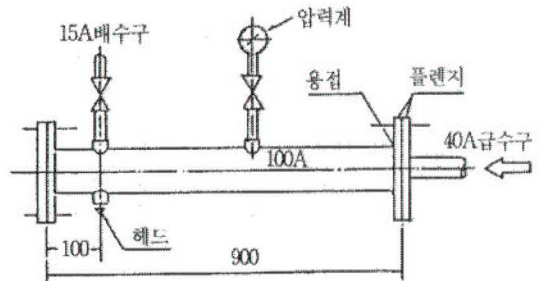
(다) 포 헤드류

① 【그림 1】의 정류통에 헤드를 설치하여 아래 【표 1】에 규정한 시험체의 1차측(inlet) 압력으로 방사압력을 조정한다.

② 압력조정은 배관내의 공기를 제거한 후 압력계와 헤드를 취출구(取出口)의 수준이 동일하게 되도록 보정한다.

<그림 1> 정류통

(단위: mm)



<포 헤드>

(라) 성능

① 혼합장치, 자동밸브류, 포 방출구에 대한 상기 시험후 방사량은 제조사 사양의 ±5% 이내이어야 한다.

② 포 노즐류에 대한 상기 시험 후 직사 및 방사형태의 각 K상수의 범위는 제조사 사양의 ±5% 이내이어야 한다.

③ 포 헤드류에 대한 상기 시험 후 헤드 1차측(inlet) 방사압력에 해당하는 물방사율은 【표 1】의 기준범위 이내이어야 한다.

【표 1】

방사압력(kgf/cm ²)	방사율의 범위(ℓ/min)
1.4	45.6~60.8
3.5	68.4~83.6
5.25	83.6~100.8
7	95.0~117.8

(3) 내압시험

(가) 포 소화약제 저장용기(고정식), 포 펌프, 혼합장치, 자동벨브류, 포 방출구, 포 노즐류.

시험체를 시험장치에 설치하고 가압전에 시험장치 내의 공기를 제거하여 정수압력이 시험체에 가하여 지도록 한 후, 최대 사용압력(또는 의뢰자 제시압력)의 4배의 정수 압력을 1분간(포 펌프의 경우 체절압력의 1.5배의 정수압력을 3분간)가하여 시험체의 이상유무를 검사한다.

(나) 소방호스를 이용한 이동식 포 장비

상기 시험방법에 의해 35kgf/cm²의 정수압력을 1분간 가하여 시험체의 이상유무를 검사한다.

(다) 성능

호르는 형태의 누수, 구조적 결함 및 파열 등이 없어야 한다.

【주】① 본 시험중의 시험압력은 의도된 압력에 영향을 받는 부품의 모든 부분에 가하여 지도록 한다.

② 주물의 몸체(Body Castings), 플랜지(Flanges), 덮개(Covers) 등의 강도에 대한 내압 시험은 볼트, 가스켓 또는 시일(Seal)에 대한 시험으로 여겨지면 안된다. 본 시험중 주형제품 또는 넓은 면적의 부분에 사용되는 볼트 및 가스켓은 고강도 볼트 및 클램프를 사용함으로써 보강 되어질 수 있고, 실제 사용되는 가스켓 및 시일(Seal)을 위하여 시험압력에 견딜 수 있는 다른 재료로 교체 되어질 수 있다.

(4) 최대 방사거리시험

(가) 포 노즐류

수력 안정을 위해 설치된 시험배관(Header)에 수평으로부터 양각 30°(±5)로 시험체를 설치한 후, 풍속 4.4m/s를 초과하지 않는 약풍 상태에서 시험체 선단으로부터 다음과 같은 시험방사 압력으로 직사형태로 방사하여 지표면에 집중 방사된 거리(Range-stream)를 측정한다.

① 제시된 최소 사용 1차측(inlet) 압력

② 제시된 최소 및 최대 작동압력사이의 중간압력

③ 제시된 최대 사용 1차측(inlet) 압력

(나) 성능

제조사 사양의 허용오차 내에 있어야 한다.



〈포 노즐 방사거리 시험〉

(5) 방사각도 시험

(가) 포 노즐류

수력 안정을 위해 설치된 시험배관(Header)에 수평으로 시험체를 설치(바닥으로부터 1m 높이)한 후

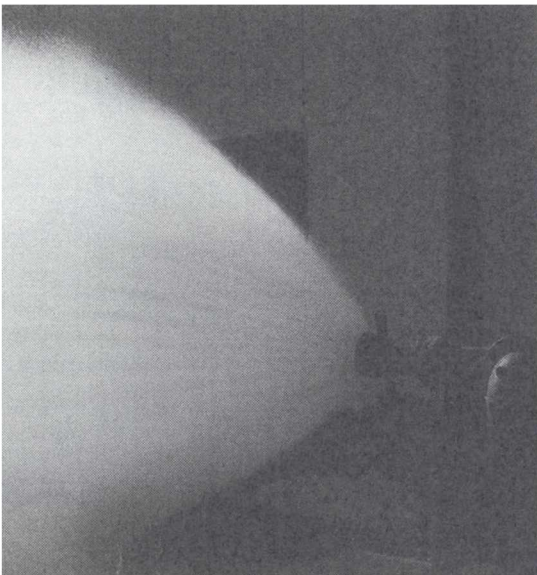
풍속 44m/s를 초과하지 않는 약풍 상태에서 다음과 같은 시험방사 압력으로 방사형태(Spray Stream)로 방사하여 최대 퍼짐폭에 따른 방사거리 및 방사각도를 측정한다.

- ① 제시된 최소 사용 1차측(inlet) 압력
- ② 제시된 최소 및 최대 작동압력사이의 중간압력

- ③ 제시된 최대 사용 1차측(inlet) 압력

(나) 성능

제조사 사양의 허용오차 내에 있어야 한다.



(포 노즐 방사각도 시험)

(6) 봉판(Vapor Seal) 파괴압력시험

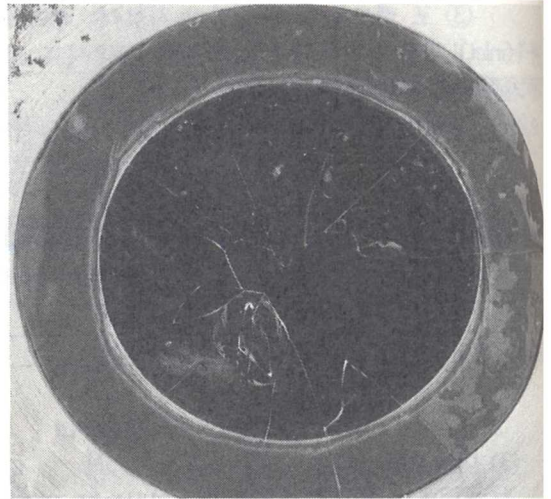
(가) 봉판

① 포 방출구를 설치상태와 유사하게 설치하여, 봉판 2차측(outlet)에 공기압을 가하여 봉판이 파괴될때의 압력을 측정함.

② 포 방출구를 설치상태와 유사하게 설치(공기 흡입구 개방)하여, 봉판 1차측(inlet)에 수압을 가하여 봉판이 파괴될때의 압력을 측정함.

(나) 성능

봉판의 파괴압력 범위는 0.7kgf/cm²이상 1.75kgf/cm² 이하이어야 한다.



(봉판 파괴압력 시험)

(7) 압력손실시험

압력손실은 시험체의 1차측(inlet) 압력 및 2차측(Outlet)측 압력사이의 차압으로 규정한다.

(가) 혼합장치

- ① 메인 오리피스(Main Orifice) 압력손실시험

㉠ 시험체의 사이폰 오리피스(Siphon Orifice)를 폐쇄한 상태에서 시험체를 압력손실 시험장치에 설치, 시험체 1차측(inlet) 압력을 제조사 사양의 최소 1차측 압력으로 조정한 후, 2차측(Outlet) 압력 및 유량을 기록한다.

㉡ 시험체의 1차측 압력을 1.0kgf/cm² 단위로 규정 최대 1차측 압력 이하까지 가압한 후, 2차측 압력 및 각 증가 압력별 유량을 기록한다.

㉢ 상기 시험을 제조사 사양의 2차측 압력 범위까지 반복 실시하여 시험체의 메인 오리피스 자체에 대한 방사량 및 압력손실 값을 측정함.

- ② 사이폰 오리피스(Siphon Orifice) 압력손실 시험

시험체의 메인 오리피스를 폐쇄한 상태에서 시험체를 압력손실 시험장치에 설치한 후, 상기 압력손실 시험 「①」과 동일한 시험 방법으로 시험을 실시하여 시험체의 사이폰 오리피스 자체에 대한 방사량 및 압력손실값을 측정함.

③ 시험체 전체압력손실시험

시험체의 메인 오리피스 및 사이폰 오리피스를 각각 개방한 상태에서 시험체를 압력 손실 시험장치에 설치한 후, 상기 압력손실시험 「①, ②」와 동일한 시험 방법으로 시험을 실시하여 메인 오리피스 및 사이폰 오리피스의 방사량 및 압력손실값을 측정, 시험체의 방사량에 따른 압력손실 값을 측정함.

(나) 자동밸브 및 기타 밸브류

① 압력손실 시험장치에 시험체를 설치하여 시험체의 1차측(inlet) 압력을 제조사 사양의 최소 1차측 압력으로 조정한 후, 2차측(Outlet)압력 및 유량을 기록한다.

② 시험체의 1차측 압력을 1.0kgf/cm² 단위로 규정 최대 1차측 압력 이하까지 가압한 후, 2차측 압력 및 각 증가 압력별 유량을 기록한다.

③ 상기 시험을 제조사 사양의 2차측 압력 범위까지 반복 실시한다.

(다) 성능

규정된 압력-유량 범위에 대한 압력손실값은 제조사 사양의 허용오차 이내에 있어야 한다.



〈혼합장치 압력손실 시험〉

(8) 혼합비율시험

(가) 혼합장치

① 수력 안정을 위해 설치된 시험배관

(Header)에 시험체를 설치한 후, 포 소화약제 저장용기의 최저부를 시험체 하단으로부터 1.8m 이내의 높이에 설치하여 고정된 오리피스(Main Orifice, Siphon Orifice) 또는 선택 오리피스(Selective Orifice)를 가진 미터링밸브(Metering Valve)에 의해 측정 시험한다.

② 두 용액(포 소화약제 및 물)의 혼합비율에 대한 상호관계를 규정하기 위해 포 소화약제 대신 물을 사용할 수 있다.

③ 포 소화약제의 온도는 15℃ 이상이어야 한다.

④ 압력손실은 시험체의 1차측(inlet) 및 2차측(Outlet) 압력 사이의 차압으로 규정하고 시험체가 포 소화약제를 흡입하는 동안 측정한다.

(나) 성능

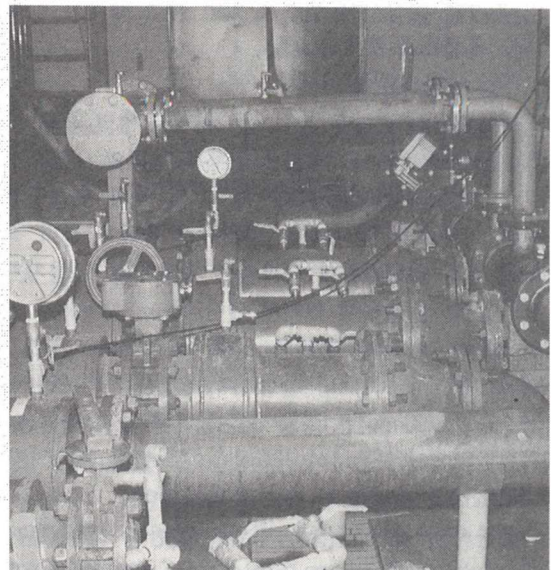
포 소화약제와 물의 혼합수용액 유량에 대한 백분율로서 명시되는 시험체의 포 소화 약제 혼합비율(Ro)은 아래와 같아야 한다.

① 규정 혼합비율이 5% 이하인 경우

$R_o = \text{제조사사양의 규정혼합비율} \pm 5\%$

② 규정 혼합비율이 6% 이상인 경우

$R_o = \text{제조사사양의 규정혼합비율} \pm 5\%$



〈혼합장치 혼합비율 시험〉

4. 결과 및 분석

(1) 형상 및 구조검사

표시, 외관, 구조 및 중량 등 제품의 외형적인 상태를 검사하는 형상 및 구조검사에 있어서 대체로 적합하나, 대부분의 시험체가 제품자체의 성능을 표시하는 언급이 없어 방호 대상물의 크기, 용도 및 특성에 따라 적합한 성능의 소방시설물을 설치할 수 있도록 시험체의 외면에 성능 표시판의 영구부착이 필요하다.

(2) 강도 시험분야

㉑ 내압시험

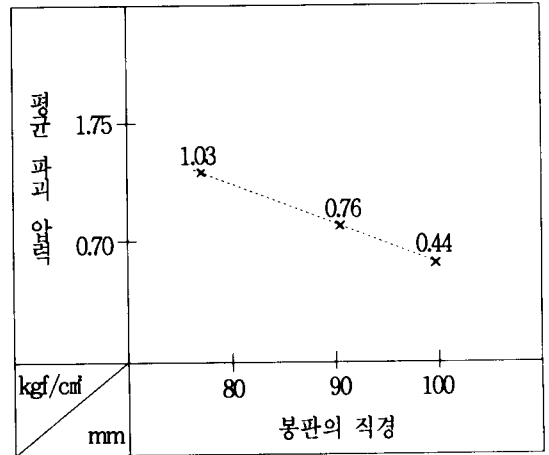
설비의 특성상 수격(Water hammer)작용 발생 등으로 인한 설비 구성부품의 손상으로 인하여 위험발생시 제품의 제 성능을 다하지 못할 우려가 있어 설비의 설치전 각 구성 부품에 대하여 내압시험을 실시하여 제품의 내적 강도를 측정후 사용 적합여부를 판정하여 설비의 구성 요소로서 설치되어야 한다.

본 시험결과 구성 부품 대부분이 적합한 성능의 강도를 나타냈으나, 일부 포 방출구의 용접부위가 내압시험시 누수의 현상이 발생되어 제품의 성능저하 및 기능을 손상시킬 우려가 있어 제품 제작시 이에 대한 세심한 주의가 필요하다.

㉒ 봉판파괴 압력시험

화재발생시 진압을 목적으로 위험물 탱크 등에 고정 설치되어지는 포 방출구 내부의 가변식 구성요소로서 위험물에서 발생하는 증기 및 액체 위험물의 배관 내부로의 역 유입을 방지하기 위하여 설비 작동시 일정 압력범위에 파괴되는 재질의 봉판 설치가 요구된다. 본 시험에 있어서 일반적으로 설치하고 있는 유리 재질의 봉판을 3종(두께:1mm, 직경:80mm, 90mm, 100mm) 선정하여 시험한 결과 2종(직경:80mm, 90mm)은 평균 작동압력이 규정 작동 압력범위내에서 작동하여 적합함을 나타냈고, 1종(직경:100mm)은 부적합 한 것으로 나타났다.

봉판의 규정 작동압력 범위는 봉판의 재질, 두께 및 크기에 따라 다르므로 이에 따른 적합한 봉판을 설치하여 설비의 제 성능을 다할 수 있도록 하여야 함.



(봉판의 평균 파괴압력 비교)

(3) 방사특성 시험분야

포 방출 기구류의 성능을 결정하는 직접적인 시험분야의 한 요소로서 용도 및 특성이 상이한 방호 대상물의 체적 또는 면적에 따른 포 방출 기구류의 화재진압 여부를 결정하는 중요한 특성으로 적용된다. 본 시험에 있어서 포 방출 기구류를 포 방출구, 포 노즐류, 포 헤드류로 크게 3가지로 분류하여 제품의 성능을 측정하는 방사량 시험, 최대 방사거리시험, 방사각도 시험중에서 관련시험을 적용하여 실시하였다.

(가) 방사량시험

포 방출 기구류의 시험 압력별 방사량 시험결과 위험물의 옥외탱크 저장소에 설치하는 고정 포 방출구는 방사량을 직접적으로 결정하는 오리피스 구조 및 크기에 따라 유량의 범위가 다양한 것으로 나타났고, 제품에 대한 성능을 표시하는 표지판이 대부분 부착되지 않아 제조사 사양의 성능과 비교 판정할 수 없었다. 포 방출구의 성능을 나타내는 오리피스의 크기에 따른 방사량은 방호 대상물에 설치하는 포 방출구의 갯수를 결정하는 중요한 요소이나 대부분의 제품이 이를 무시하고 있어 화재 발생시 진압의 효율성을 저하시킬 우려가 높은 것으로 판단된다.

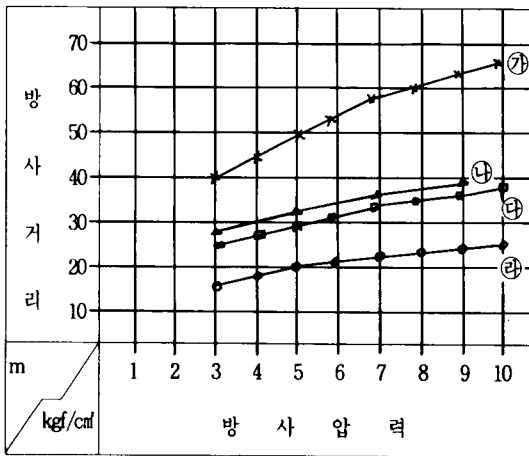
방호대상물의 이동식 포 소화설비 또는 고정포 방출구의 보조포 소화전용의 목적으로 설치 사용되는 포 노즐류는 제품의 종류 및 제조업체 사양의 성능과 시험압력에 따라 유량의 범위가 다양한 것으로

나타나 포 노즐류의 설치시 방호대상물의 용도 및 특성에 따라 설치갯수 및 방사량이 상이하므로 설치 전 제품의 성능을 확인 후 방호대상물에 적용함으로써 화재진압 및 제어의 효율성이 증대될 것으로 판단된다.

차고 및 주차장 등의 방호대상물 별 포 헤드류의 면적당 분당 방사량($l/m^2 \cdot min$)에 대한 적합여부를 알아보기 위한 포 헤드류의 방사량(l/min) 시험결과 포 헤드류는 성능에 적합한 것으로 나타났다.

(나) 최대 방사거리 및 방사각도시험

방호대상물의 화재발생시 원격제어의 효율성에 대한 적합여부를 측정하기 위한 시험결과 포 노즐류의 방사거리 및 방사각도는 시험압력(3~10kgf/cm²)에 따라 방사거리 16m~70m, 방사각도 90°~130°의 범위로 제조회사 및 제품의 호칭크기 및 특성에 따라 성능의 다양함을 나타내고 있어 설치시 방호대상물의 용도 및 특성에 따라 성능을 확인한 후 방호 대상물에 설치해야 할 것으로 판단된다.



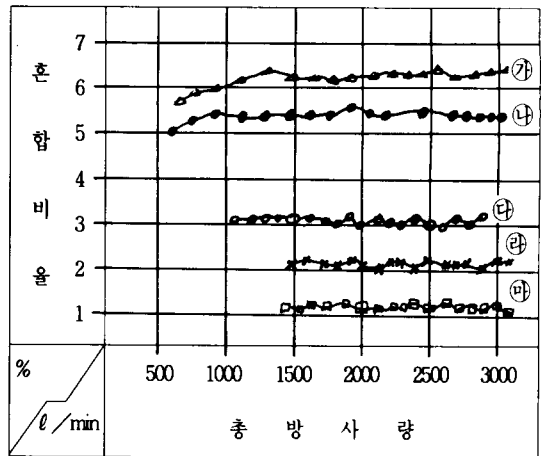
〈포 노즐류(호칭경 65A) 방사거리 비교〉

(4) 유량특성 시험분야

(가) 압력손실 및 혼합비율시험

물과 포 소화약제를 기계적으로 혼합하여 규정비율(일반적으로 약제의 특성에 따라 3%, 6%)의 포 소화 수용액을 만드는 포 혼합장치의 시험에 있어서 제조사 사양의 유량(l/min) 범위내에서 압력손실

시험(압력손실값에 따른 방사량측정)을 통하여 총 방사량(물, 포 소화약제)에 따른 사이폰 방사량(포 소화약제)을 측정, 혼합비율을 측정한 결과, 5종 중 3종이 적합한 것으로 나타났다. 포 소화약제의 특성에 따라 적용되는 포 혼합 장치의 규정 혼합비율은 제품별 구조에 따른 일정한 유량 및 압력 범위내에서 메인 오리피스(Main Orifice)와 사이폰 오리피스(Siphon Orifice)의 상호관계에 의해 혼합비가 다르게 나타나기 때문에 방호대상물의 특성에 따라 설계·제작되어진 포 혼합장치는 제품별 일정 유량 범위내에서의 압력손실 값 및 혼합비율의 시험을 통하여 포 혼합장치의 성능을 확인 후, 방호 대상물에 설치하여 화재진압의 효율성을 증대시켜야 될 것으로 판단된다.



〈시험체별 혼합비율 비교〉

5. 결 론

방호 대상물의 용도 및 특성에 따른 특수장소에 설치하는 포 소화설비 구성부품 중 일부를 시험체로 선정하여 관련 시험기준에 의거 제 성능을 시험한 결과, 형상 및 구조검사에 있어서 시험체 외관에 제품자체의 성능표시판을 영구 부착해야 하나 포 헤드류를 제외한 대부분의 시험체가 이에 대한 내용이 없고, 강도시험 분야에 있어 대부분의 시험체가 내적 강도에 이상이 없는 것으로 나타났으나 일부 포 방출구가 부적합함을 보이고 있어 제작시 주의가 요구

된다. 방사특성 시험분야에 있어서는 제품별 성능의 다양함을 보이고 있어 방호 대상물의 용도 및 특성에 따라 적합한 제품을 선정하여 방호대상물에 설치해야 할 것으로 사료되며, 유량특성 시험분야에 있어서 일부 시험체가 직접적인 성능을 좌우하는 혼합비율의 범위에 벗어나고 있어 제품의 설계시 기술적인 부분의 보완이 요구된다.

본 포 소화설비 구성부품에 대한 성능시험 연구에 있어 구성부품 일부를 선정하고 24개의 시험항목 중 형상 및 구조검사의 4개 항목과 기능검사 분야의 7개 시험항목을 적용하여 시험을 실시한 결과 포 소화설비 전반에 걸친 문제점을 도출할 수는 없었으나 시험을 통하여 나타난 문제점이 보완될 수 있도록

록 하여야 하겠으며, 포 소화설비의 정상적인 작동 및 제품의 성능 향상을 위하여 지속적인 기술검토 및 시험연구가 요구된다.

〈참고문헌〉

1. FILK STANDARD-포(FOAM) 소화설비 구성부품 인증시험기준(안)
2. UL 162-Foam equipment and liquid concentrates
3. UL 401-Portable spray hose nozzle
4. NFPA 11-Low expansion foam and combined agent systems
5. BS 5306-Low expansion foam systems

FILK인증 흐름도

절 차	주 요 사 항	비 고
인증신청 ↓	· 신청서, 신청제품 사내규격, 품질보증계획서 등 관련서류 제출	연구소 소정양식 및 작성방법에 의함
계약체결 ↓	· 관련서류 검토 · 인증수행 계약체결	인증비용은 실비
공장심사 ↓	· 공장심사기준에 의거 신청제품의 생산 및 품질관리 사항 등을 정밀심사	
인증시험 ↓	· 공장에서 시험용 시료 채취 · 시험연구소, 제조공장 또는 지정시험 기관에서 연구소 인증기준에 의해 시험	
인증결정 ↓	· 공장심사, 시험결과를 품질인증심의회에서 정밀 심사하여 인증여부 결정	
사후관리 ↓	· 상호협약에 의하여 인증마크, 라벨 등을 사용 · 인증유지조건에 따라 연간 2~5회 제조현장 확인, 사후관리시험 등으로 지속적인 관리를 행함. · 연간 소정의 사후관리비용 부담	