

중발포 소화약제 소화성능 분석을 통한 중발포기 적용에 관한 연구

A Study on the Application Medium Expansion Foam Extinguisher by a Fire Performance Analysis used Medium Expansion Foam Agent

이장원*

Jang Won Lee*

Professor, Department of Fire Safety Management, Seojeong University, Keonggi-Do, Republic of Korea

*Corresponding author: Jang Won Lee, kofeic5@seojeong.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: The study want to verify application the medium expansion foam extinguisher of expansion foam rate and fire extinguishing Performance test because the medium expansion system can maintain the discharge distance less affected by air currents, and the foam agent can be used efficiently.

Method: For the study, the medium-expansion testing apparatus was manufactured and with synthetic surfactant foam agent of (class B) fire extinguishing model, and Fire Performance was analyzed for foam expansion rate and the fire agent consumption was measured and analyzed.

Results: We measured the medium-spray testing apparatus and found that the expansion rate was 26.1 times. The test results of a 20-unit fire extinguishing model show that the extinguishing time is faster than the high and low foam expansion. It has been analyzed that it is possible to apply a hand-operated with a hose reel or medium expansion apparatus. **Conclusion:** Considering that the foaming agent and the extinguishing performance of the medium foam ratio are excellent, It is necessary to introduce the technical standards of medium foam agent for the introduction of hand-operated equipment, such as hose reel or portable medium foam apparatus.

Keywords: Foam Agent, Medium Foam, Medium Foam, Apparatus, Foam Expansion Rate, Synthetic Surfactant Foam Agent

요약

연구목적: 포소화설비에 사용되는 중발포 소화약제는 기류에 영향이 적어 방출거리를 유지 할 수 있을 뿐만 아니라 소화약제도 효율적으로 사용 할 수 있기 때문에 중발포기를 이용하여 발포배출 및 소화성능을 실험으로 밝히고자 한다. **연구방법:** 본 연구를 위해 중발포 시험장치를 제작하여, 합성계면활성제포를 대상으로 유류화제(B급) 소화성능 및 발포배출 분석과 포소화약제 소모량을 측정하고 분석하였다. **연구결과:** 중발포기로 발포배출을 측정한 결과 팽창율이 26.1배의 중발포 배출로 나타났으며, 유류화제 20단위 소화모형 실험결과 소화시간이 고발포 및 저발포 보다 빠르게 나타나, 수동식설비인 호스릴 또는 중발포기 적용이 가능할 것으로 본다. **결론:** 본 연구를 통해 중발포 포소화약제 발포성능 및 소화성능이 우수하게 나타나는 점을 고려하여 중발포 소화약제를 활용한 호스릴 또는 중발포기의 기술기준 도입이 필요하다.

핵심용어: 포소화약제, 중발포, 중발포기, 포팽창율, 합성계면활성제포

Received | 24 June, 2019

Revised | 25 June, 2019

Accepted | 30 September, 2019

 OPEN ACCESS

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

서론

포소화약제는 물과 소화약제를 일정비율로 혼합하여 표면장력을 저하시키는 약제로 소화에 이용되는 소화용수의 효율을 극대화 할 수 있는 장점을 가지고 있다(Brian et al., 2007). 포 팽창율에 따라 저발포, 고발포로 분류되는데, 소화약제의 형식승인 및 제품검사기술기준(소방청고시 제2017-1호)에 따르면 저발포 소화약제는 포 팽창비가 6배(수성막포는 5배)~20배 이하인 것으로 규정하고 있으며, 고발포 소화약제는 포 팽창비가 500배 이상으로 구분하고 있다. 포소화설비는 주로 발포노즐에 따라 포헤드방식, 고정포방출방식, 포소화전, 호스릴 방식으로 설치되는데 지하구 등 밀폐구조에 한정적으로 사용되는 고발포 소화설비를 제외하고 대부분의 포소화설비는 저발포 방식으로 설치하고 있다. 그 이유는 설치비용이 고발포 설비보다 저렴하고 기류에 영향을 덜 받는 영향 때문이기도 하다. 실제 화재 현장에서 포배출 구분에 따른 화재 진압 통계는 찾아볼 수 없으나 고발포 소화약제가 저발포 소화약제에 비해서 거품 배율이 크기 때문에 적은 약제량으로 소화 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 외부 기류의 영향을 많이 받기 때문에 설치 대상이 제한적이라는 단점이 있다. 따라서 발포배율이 20~200배 정도인 중발포 설비를 설치 한다면 기류에 영향을 덜 받아 방출거리를 유지 할 수 있을 뿐만 아니라 소화약제도 효율적으로 사용 할 수 있기 때문에(Kwon, 2007) 수동식 설비인 호스릴 또는 휴대용 발포기를 이용한 중발포 설비 도입이 필요하다고 본다. 따라서 본 논문을 통하여 중발포 소화약제의 발포 및 소화성능 분석을 통하여 향후 중발포기 적용을 실험으로 밝히고자 한다.

본론

중발포 포소화설비

포소화설비의 화재안전기준(소방청고시 제 2016-91호)에 따르면 포의 팽창비율에 따라 저발포 및 고발포 설비로 나누어 지는데 포헤드 및 고정포방출구를 사용하는 설비의 경우 포 팽창율이 20배 이하인 설비를 저발포 소화설비로, 포 팽창율이 80~1,000배 미만인 설비를 고발포 소화설비로 규정하고 있으며 국내는 아직 중발포 기술기준이 제정되어 있지 않다. 미국의 경우는 Table 1과 같이 미국방화협회(NFPA-11-2005) 기준에 따르면 포 팽창률에 따라 저발포, 중발포, 고발포로 구분하고 있다. 본 연구는 국내에 중발포에 대한 기준이 아직 없기 때문에 미국방화협회 기준을 적용하여 포 팽창율이 20~200배인 포를 중발포로 가정하고 발포 및 소화성능을 검증 하고자 한다.

Table 1. Classification of Foam Agent(NFPA 11, 2005)

Foam performance classification	Expansion ratio
low expansion	6~20
medium expansion	20~200
high expansion	500~1,000

합성계면활성제포 소화약제의 저발포 및 고발포 소화성능

Incheon University의 “친환경 포소화약제 개발의 결과보고서”(Incheon University, 2010)에 따르면 합성계면활성제포 소화약제를 사용하여 저발포 및 고발포 유류화재(B급) 20단위 소화 실험의 결과 Table 2과 같이 나타났다.

Table 2. Comparing Result of Expansion method

Kind	Category	Fire extinguishing time (sec)
	High expansion	35
	Low expansion	110

발포 및 소화성능 실험

실험재료

본 연구에 사용한 소화약제는 현재 시판중인 소화약제 중에서 저발포 및 고발포용으로 사용 가능한 포소화약제는 합성계면활성제포가 유일하기 때문에 소화약제 제품검사에 합격한 합성계면활성제포 소화약제를 증발포기에 적용하여 실험을 실시하였다(Kim et al., 2010).

실험장치

실험장치는 Fig. 1과 같이 증발포기를 사용하였으며 규격은 345 × 275 × 430mm 크기로 최소 사용압력은 3kgf/cm²로 하였으며 약제 저장 탱크 용량은 9.5 l로 하였다. 발포기 자체중량은 5kg으로 포소화약제를 충전하였을 때 총중량은 13 kg이 되어 휴대용으로 사용 가능하도록 제작하였다.

약제 혼합 및 방출압력은 수조로부터 펌프에서 가압되어 공급되는 물과 그 압력으로 유입되는 약제가 혼합·교반되도록 하였으며 포 혼합장치에서 포소화약제의 농도가 조정되어 노즐을 통하여 방출되도록 제작하였다. 방출 압력 조정은 펌프와 발포기 사이에 위치한 압력계를 통하여 7kgf/cm²으로 일정하게 유지하였다.

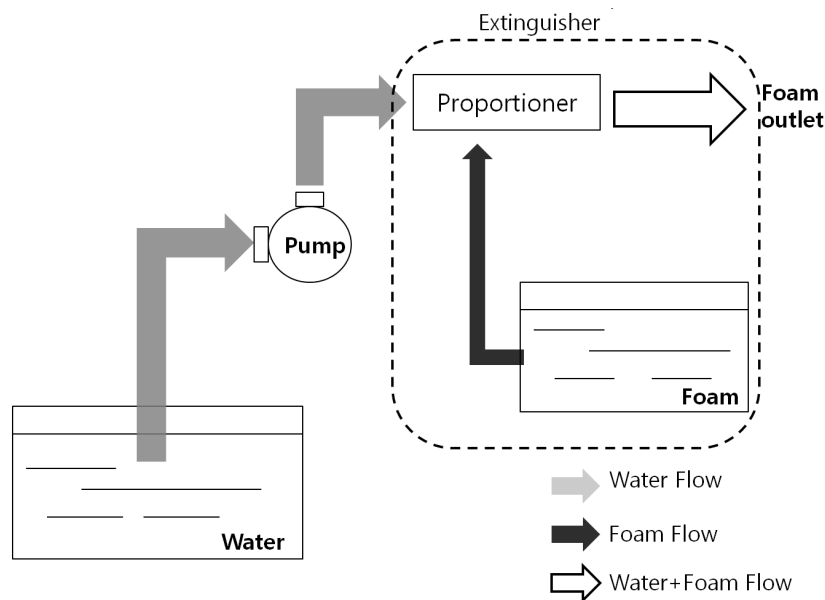


Fig. 1. Composition of Extinguisher

발포성능 측정

소화약제의 형식승인 및 제품검사 시험세칙(한국소방산업기술원, 2015)에 의하면 포 팽창율을 구하는 식은 (1)과 같으며 2회 측정된 산술평균값으로 한다(Kim et al., 2010; KOFEIS, 2005).

$$(\text{포 팽창율} = \frac{V}{W - W_1} - 1) \tag{1}$$

V : 포 수집용기의 내용적(ml)

W : 포 수집용기에 거품이 충전했을 때의 총중량(g)

W₁ : 포 수집용기의 중량(g)

비고 : 포수용액의 비중은 1로 한다.

포 팽창율을 산출하기 위하여 포 수용액의 온도를 (20±2)°C로 하여 발포 시험을 하였을 때의 포 팽창율을 구하는데 포소화 약제가 3%형은 포 원액량 3과 물 97의 비율로, 6%형은 포 원액량 6과 물 94의 비율로 포 수용액을 만든다. 물 또는 합성해수를 노즐의 방출압력 (7.0±0.2)kg/cm²로 하여 1분간 방출량을 (10~10.5)L로 조정하여 둔다. 생성되는 거품은 수직으로 받되 노즐 선단에서 10cm정도 떨어진 위치에 중량과 내용적을 아는 포 수집용기를 놓는다. 그리고 중발포기로 발포하여 포 발생이 안정화된 이후에 포 수집용기에 충만하게 채운 후 직선자(Straight Edge)를 이용하여 포 수집용기를 초과한 약제를 제거하고 저울로 포 수집용기와 내부에 충만한 소화약제의 총중량을 1g까지의 정밀도로 측정한다. 본 연구에서는 중발포기를 통하여 포소화약제 원액과 물과의 비율을 1%, 3%, 6%로 변화를 주면서 각 2회씩 측정하였다.

소화성능 측정

소화성능 측정은 소화기의 형식승인 및 제품검사 기술기준 (소방청고시 제 2019-11호)의 유류화재(B급)에 의한 소화모형에 규정량의 물과 n-Heptane 을 사용하여 Table 3과 같이 네가지 유형의 화재 모형 크기 별로 소화실험을 각각 실시하였다 (KOFEIS 0101, 2019). 소화약제의 형식승인 및 제품검사 시험세칙(한국소방산업기술원 2015)에 의하면 포 수용액의 액온을 (20±2)°C로 하고 소화시험을 실시 하였을 때 소화에 소요되는 시간은 5분 이내이어야 한다. 다만, 발포시간은 합성계면활성제포는 8분을 적용하도록 되어 있다. 방사 종료 후 거품 표면에 점화기의 불꽃으로 12분간 접근시켰을 때 재연되지 않아야 하며 거품면의 중앙부에 면적 225cm²의 정방향이 되도록 유면을 노출 시키고 점화하여 연소시켰을 때 기름면의 연소면적이 900cm² 이하이어야 한다.

Table 3. Classification of Fire Model

Fire model unit	Length of onese (cm)	Combustion area (m ²)
4	89.4	0.8
8	126.5	1.6
10	141.3	2.0
20	200.0	4.0

소화실험은 무풍상태인 한국소방산업기술원 소화시험장에서 실시 하였으며 화재 모형에 Fig. 2와 같이 점화시킨 후, 1분 후에 Fig. 3과 같이 발포를 시작하여 소화를 개시 하였다.



Fig. 2. Before Extinguishing Experiment.



Fig. 3. Experiment of Medium Expansion.

결과 및 고찰

발포성능

포소화약제 원액과 물과의 혼합비 별로 포수집용기에 거품이 충만했을 때 총중량(g)에서 포수집용기 빈중량을 감한 포수 용액의 중량은 Table 4와 같으며, 이 결과를 식 (1)에 따라 포 팽창율을 산출한 결과 Table 5와 같이 산출 되었다.

Table 4. Result of Concentration - Weight

Mixing ratio (%)	Release agent weight (g)
1	1356.6
3	218.3
6	106.1

Table 5. Result of Calculating Expansion Rate

Mixing ratio (%)	Expansion ratio
1	4.2
3	26.1
6	53.7

중발포 소화약제의 포 팽창율은 앞서 가정한 바와 같이 20~200배로 하였을 때, 실험결과는 포원액과 물과의 혼합비가 3%로 하였을 때 중발포 소화약제 설정기준에 적합한 포 팽창율을 보였다.

소화성능

중발포 소화약제를 사용하여 유류화재(B급) 소화모형 4단위 부터 시작하여 8단위, 10단위, 20단위의 화재모형을 대상으로 각각 소화실험을 실시한 결과 소화시간은 Table 6과 같이 나타났다. 연소면적이 0.8㎡로 가장 작은 화재모형인 4단위는 10.5초가 소요 되었으며, 연소면적이 4㎡로 가장 큰 화재모형인 20단위 화재모형의 소화시간은 32.7초로 나타나 22.2초의 차이를 보였다. Table 2와 같이 동일한 소화약제로 실험한 저발포 소화약제와 비교 해 볼 때 저발포 소화성능은 110초 였으나 중발포 소화성능은 32.7초로 나타나 중발포 소화시간이 더 빠르다는 것을 알 수 있다. 이는 저발포 보다는 중발포가 거품이 크기 때문에 유동성이 좋기 때문으로 사료 된다.

Table 6. Result of Extinguish Time

Unit (T)	Fire extinguishing time (sec)
4	10.5
8	11.2
10	24.0
20	32.7

소화약제 소모량 비교

소화약제 소모량은 비교적 약제 소모가 많은 화재모형 10단위와 20단위를 대상으로 소화에 소요된 약제량을 측정하였다. 중발포기의 약제 탱크에 약제를 충전하고 소화시험 이후의 잔여 약제량을 계측한 결과 각 화재 모형 소화에 사용된 약제의 양은 Table 7과 같이 나타났다. 중발포기의 약제 저장량이 9.5 l 인 점을 감안하면 휴대용으로도 가능 할 것으로 보며 같은 용량으로 가정할 때 10단위 화재모형의 경우에는 19개, 20단위 화재모형의 경우에는 13개 모형 소화가 가능할 것으로 본다.

Table 7. Foam Consumption

Unit	Agent consumption (ℓ)
10 unit after fire extinguishing	0.5
20 unit after fire extinguishing	0.7

결론

본 연구를 통하여 중발포기에 적용한 합성계면활성제포 소화약제의 중발포 소화성능 및 발포성능 측정결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 합성계면활성제포 소화약제의 사용농도를 3%로 설정하여 중발포기로 발포하였을 때 배율 26.1배인 중발포가 생성됨을 확인하였다.
2. 합성계면활성제포 3% 소화약제를 중발포 배율(26.1배)로 유류화재(B급) 20단위 화재모형을 대상으로 소화실험을 실시한 결과 소화시간이 고발포 소화약제 보다는 2.3초 및 저발포 소화약제 보다는 75초 더 빠르게 나타났다.
3. 유류화재(B급) 20단위 화재모형을 중발포로 발포하여 소화하는데 합성계면활성제포 소화약제는 0.7L가 소모되어 소화약제 사용량이 적으면서도 방출거리를 유지 할 수 있기 때문에 휴대용 발포기로도 사용이 가능 할 것으로 본다.

향후 중발포 포소화약제에 대한 설비적 측면을 추가 연구하여 소화약제의 형식승인 및 제품검사 기술기준 및 화재안전기준에 중발포 포소화약제 기술기준 도입을 고려해야 할 것으로 사료된다.

References

- [1] Brian, Y. L, Javier, T. (2007). "Foam spread over a liquid pool." Fire Safety Journal, Vol. 42. No. 2, pp. 249-264.
- [2] Incheon University. (2010). A Study on the Environmentally Friendly Special Fire Extinguishing Agent Reserch Development.
- [3] Kim, H.Y., Nam, J. S., Rie, D.H. (2010). "Analysis of Performance and Development of Environment-friendly High Expansion Foam Concentrate" Journal of The Korean Society of Safety, Vol. 25, No. 4, pp. 25-29.
- [4] Kim, H.Y., Kim, S.S., Rie, D.H. (2010). "Development of Auto Mixing System of High Expansion Foam for Optimal Expansion Performance according to Changing Temperature", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 139-144.
- [5] KOFEIS. (2005). KOFEIS 0103 (Standard of Fire Fighting Foam type approval and qualification Technique).
- [6] KOFEIS 0101. (2019). Standard of Fire Extinguisher type approval and qualification.
- [7] Kwon, I.G. (2007). Construction Disaster Prevention, Dong Hwa, pp. 204.
- [8] NFPA 11. (2005). Standard for Low- Medium -and High- Expansion Foam.