

원액흡입배관 단면적 확장에 의한 포 소화설비 혼합비 개선에 관한 실험적 연구

윤기조 · 장경남 · 백은선*† · 박봉래** · 박희중***

동신대학교 대학원 소방학과, *동신대학교 소방행정학과, **미르엔지니어링(주), ***신라파이어(주)

An Experimental Study on the Improvement of Foam Fire-Extinguishing System's Mixing Ratios by Expanding the Cross Sectional Area of the Stock Solution Inhaling Piping

Ki-Jo Yun · Kyung-Nam Jang · Eun-Sun Baek*† ·
Bong-Rae Park** · Hee-Joog Park***

Graduate School of Fire Department, Dong-shin Univ.

*Depart. of Fire Administration, Dong-shin Univ.

**Mir Engineering, Co., Ltd.

***Shilla Fire, Co., Ltd.

(Received March 5, 2013; Revised May 31, 2013; Accepted June 14, 2013)

요 약

본 연구는 가연성탱크 화재발생시 하나의 포 비례혼합기에서 분기헤더를 거쳐 다수의 소화지역 분기방식 포 소화설비의 분기헤더에서 저장탱크 하단부 입상관 까지의 포수용액 배관단면적 감소에 따른 통과유량 감소로 혼합비가 허용범위를 벗어날 때 적정농도의 포수용액 방출에 효과적인 방법을 확보하는데 궁극적인 목적이 있다. 이를 위해 기설치 포 소화설비의 유량변동에 따른 혼합비 변동원인 분석 및 일정혼합비 보상방법을 찾아보고, 포 비례혼합기 벤츄리·폼챔버 오리피스 및 미터링 오리피스 교체실험을 통해 원액흡입배관 단면적을 확장시킬 수 있는 미터링 오리피스 교체실험이 포 소화설비 혼합비 개선에 가장 효과적인 방안을 입증하였다.

ABSTRACT

The ultimate purpose of the present study is to secure a effective method for foam liquid discharge when the mixing ratio deviates from the permissible range due to a decrease in the bypass flow rate resulting from a decrease in the cross sectional area of the foam liquid piping ranging from the branching header of one foam proportioner to the branching headers of multiple branching foam fire-extinguishing systems in the region for fire extinguishing and then to the stand-pipe at the lower part of the storage tank when a fire occurred in a combustible tank. To this end, the cause of mixing ratio variations following changes in the flow rates of existing foam fire extinguishing systems was analyzed, methods for compensation for constant mixing ratios were investigated, and it was proved that metering orifice replacements that could expand the cross sectional area of the stock solution inhaling piping was the most effective way for the improvement of form fire extinguishing systems' mixing ratios through foam proportioner venturi, foam chamber orifice, and metering orifice replacement experiments.

Keywords : Foam proportioner, Mixing ratio, Metering orifice

1. 서 론

포 소화설비는 포 비례혼합기에서 물과 포 소화약제가 일정한 비율로 혼합된 포수용액을 발포기에 의하여 기계적인 수단으로 공기와 혼합 교반하여 거품을 발생시켜 물에 의한 소화방법으로는 효과가 적거나 화재가 확

대될 위험성이 있는 대형 유류화재진압에 사용되는 설비이다⁽¹⁾.

국내 대부분의 가연성 유체를 취급하는 위험물제조소 포 소화시스템은 하나의 포 비례혼합기에서 분기헤더를 거쳐 작은 배관을 사용하여 다수의 소화지역으로 분기하는 방식을 적용하므로 1기의 가연성탱크에서 화재발생시

† Corresponding Author, E-Mail: bes7009@dsu.ac.kr
TEL: +82-61-330-5561, FAX: +82-61-330-3568

제조업체에서 추천하는 유량범위 보다 훨씬 작은 포 원액이 포 비례혼합기를 통과하는 결과를 초래하여 포 소화약제 혼합비가 허용범위를 벗어날 가능성이 높아 화재진압에 어려움이 있다.

본 연구에서는 위험물제조소 벤젠옥외저장탱크에 설치된 포 소화설비가 「포 소화약제 혼합장치 성능인증 및 제품검사 기술기준」에 의한 포 수용액의 최소·최대 유량조건에서 정격허용 농도를 유지 하다가 살펴보고, 혼합비가 허용범위를 벗어나더라도 전·후단 배관을 재시공하지 않고 변동된 혼합비를 보상할 수 있는 방법으로 포 비례혼합기 벤츄리·폼챔버 오리피스 및 미터링 오리피스 교체실험을 통해 원액흡입배관 단면적을 확장시킬 수 있는 미터링 오리피스 교체실험이 포 소화설비 혼합비 개선에 가장 효과적인 방안을 살펴보았다^(2,3).

2. 포 소화약제 혼합장치 성능인증 및 제품검사 기술기준

포 소화약제 혼합장치 성능인증 및 제품검사 기술기준은 소방방재청 고시 제2012-81호(2012. 2. 9) 제8조(기

Table 1. Technical Standards for the Performance Certification and Product Inspection of Foam Fire-extinguishing Chemical Mixing Machine

<p>Article 8 (Functional Test) The performance of the foam fire-extinguishing chemical mixing machine shall be above the rated concentration of the foam fire-extinguishing chemical when tested under the following conditions and shall be equal to or lower than the lower concentration between 130% of the rated concentration and the rated concentration plus 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. The mixing machine shall be set up in accordance with the design method presented by applicant. 2. The test shall be performed within the flow rate and pressure ranges presented by applicant. 3. The measurements shall be made with an orifice designed for the minimum and maximum flow rates of water. 4. The mixing ratio shall be measured by measuring the incoming (consumed) flow rate of water and fire-extinguishing chemical. 5. The test in no. 4 shall be performed five times each for the minimum and maximum flow rates and their arithmetic means shall be used.
--

능시험)으로 혼합장치는 신청자가 제시하는 설계방법 등에 따라 설치하고, 제시하는 유량 및 압력범위 내에서 물의 최소·최대유량의 조건으로 설계된 오리피스를 사용하여 각각 측정하며, 물과 소화약제의 유입(소모)유량을 측정하는 등의 방법으로 측정해야 하므로 Table 1과 같다.

2.1 포 소화약제 혼합장치 정격허용농도 범위

포 소화약제 혼합장치 성능인증기준에 따른 3%와 6% 정격허용농도 범위는 Table 1 각 호의 기준에 의하여 시험하는 경우 정격농도 이상이어야 하며 정격농도의 130% 또는 정격농도에 1을 더한 수치 중 작은 농도 수치의 이하이어야 하므로 Table 2와 같다⁽⁴⁾.

3. 포 소화설비 유량변동에 따른 혼합비 변동 원인분석

다음 Table 3은 감사원(감사원 공문번호: 16330-513 (2001. 09. 24)에 의해 Y산단 일부공장 가연성 유체취급시설의 포 소화약제 혼합장치 혼합비에 대한 일제조사를 실시한 결과 정격농도 범위를 벗어난 8건 중 일부 Data이다⁽⁵⁾. 시험 결과에서 볼 수 있듯이 정격농도의 허용범위를 벗어나고 있는 것을 볼 수 있다.

Figure 1은 벤젠저장탱크에 2,400 LPM 용량 4 Inch 벤츄리 형식 포 비례혼합기 분기헤더에서 2 Inch 배관으로 가연성 탱크 4곳에 각각 2 Sets의 고정포 발생기와 4 Inch 배관으로 탱크 밖에 2기의 보조포소화전 설치 현황이다.

Table 6의 4 Inch 포 비례혼합기를 적용한 폼농도 측정 결과에서 볼 수 있듯이 1기의 가연성탱크에서 화재발생시

Table 2. Permitted Range of Mixing Ratio According to the Standards for the Performance Certification and Product Inspection of Foam Fire-extinguishing Chemical Mixing Machine

Rated Concentration	Permissible Range	Calculation Method
3%	3.0~3.9%	Min. Value : 3 %, Max. Value : Low Value (3 %* 130 % = 3.9 %, 3 % + 1 % = 4 %)
6%	6.0~7.0%	Min. Value : 6 %, Max. Value : Low Value (6 %* 130 % = 7.8 %, 6 % + 1 % = 7 %)

Table 3. Foam Fire-extinguishing Chemical Mixing Ratio Data Tested by Government Authorized Agency Unit [%]

Target Mixing Machine	Rated Concentration	Permissible Range	Test 1	Test 2	Remark
Product of S Company	3	3.0~3.9	2.19	2.23	BAI.
Collected by D Supervisor	3	3.0~3.9	9.72	8.56	BAI.
R Design Office	3	3.0~3.9	1.3		Requested by L Company

The Board of Audit and Inspection of Korea Official Document Number: BAI. 16330-513 (2001.09.24)

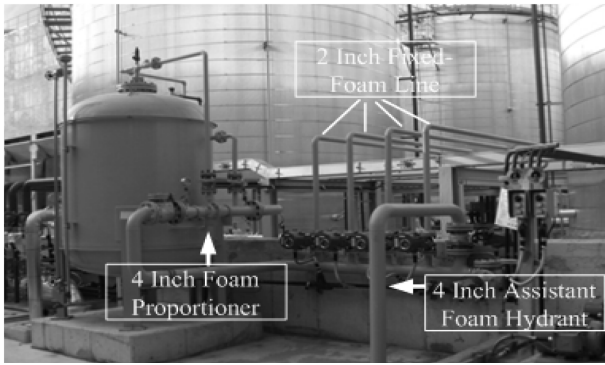


Figure 1. Installation of 4-inch foam proportioner.

Table 4. Reynolds Numbers of Foam Proportioner Pressurized-water Venturi and Metering Orifice

Foam Proportioner	Throat Diameter (mm)	Kinematic Viscosity (m ² /sec)	Reynolds Numbers
Pressurized Water Venturi	54	1.0×10 ⁻⁶	0.91×10 ⁶
Metering Orifice	11	2.0×10 ⁻⁴	694.76

포 원액의 혼합비가 1.2%로 최소혼합비인 3%의 절반에도 못 미치는 시험결과를 나타낸 것은 4 Inch 포 비례혼합기에서 2 Inch 고정포 배관으로 배관 단면적이 1/4로 줄어들어 포 비례혼합기를 통과하는 유량도 정상유량에 비하여 1/4로 너무 적었기에 나타나는 현상으로 판단되며 유량, 단면적, 내경의 관계식(1)으로 설명할 수 있다.

$$Q = A \cdot V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V \quad (1)$$

- Q: 유량(m³/sec)
- A: 단면적(m²)
- V: 유속(m/sec)
- D: 내경(m)

이처럼 통과유량이 적어지면 가압수가 흐르는 벤츨리 유량계수는 거의 변화가 없으나 포소화약제가 흐르는 오리피스 유량계수는 감소하므로 포 소화약제 혼합비(r)는 적어지게 된다. 포 비례혼합기 벤츨리 및 미터링 오리피스에서 레이놀즈수는 Table 4와 같다.

Table 4처럼 레이놀즈수가 큰 차이를 보이는 것은 가압수가 흐르는 벤츨리는 단면적이 점진적으로 변화하고 점도가 작으므로 유량계수는 거의 변화가 없으나 폼원액이 통과하는 미터링 오리피스는 가압수 유량에 비해 1~6% 정도로 매우 적고, 오리피스 직경이 작으며, 통과 유체의 점도도 물에 비하여 크므로 Table 4처럼 레이놀즈수가 작아져서 Figure 6에 의해 유량계수가 낮아짐에 따라 포 소화약제 혼합비가 감소함에 기인한다고 본다.

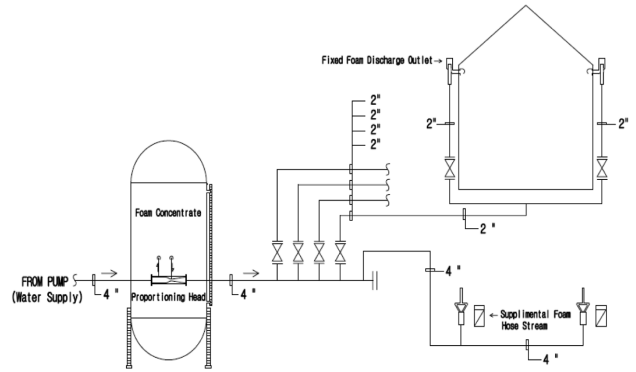


Figure 2. Installation drawing of an outdoor benzene storage tank foam fire-extinguishing system already installed.

4. 시설 위험물제조소 벤젠옥외저장탱크 소화시설 설계 · 시공의 문제점

4.1 벤젠옥외탱크저장소 소화시설 적용

Figure 2는 시설 벤젠옥외저장탱크 포소화설비 설치도면을 나타낸다⁽⁶⁾.

4.1.1 고정포 방출구 소화설비 설치 현황

- (1) 내부부상지붕이므로 II형 포방출구 2개 균등간격 설치
- (2) 3% 수성막포, 형식승인번호: 포04-2, 포방출 농도: 3.1%, 방출압: 1.0 Mpa
- (3) 포소화약제 저장량: 필요약제량(1,050 L), 확보약제량(2,650 L)

4.1.2 보조포 소화설비

- (1) 방유제 외측에 상호거리 60m 이하 간격으로 2개 설치
- (2) 3개 노즐 동시 사용시 각 노즐선단 방사압력 이 0.35 MPa 이상, 방사량이 400 LPM 이상

4.2 벤젠옥외저장탱크 포 소화설비 배관 설계 및 문제점

4.2.1 벤젠저장탱크 포 소화설비 구간별 배관 SIZE 및 통과유량 산정⁽⁷⁾

포 소화설비 구간별 배관 Size 및 통과유량은 Table 5에 서처럼 프로포셔너 인입배관에서 분기헤더까지는 4 Inch 및 1,200 LPM이며, 분기헤더에서 보조포소화전까지는 4 Inch 및 800(400) LPM이고, 분기헤더에서 고정포방출설비까지는 2 Inch 및 400(200) LPM이다.

4.2.2 고정포 소화설비 배관 Size 선정시 문제점

Figure 3은 시설 벤젠옥외저장탱크 소화시설 재설계 도면이다. Figure 3 재설계 도면처럼 분기헤더 후단~탱크 하부 입상관은 고정포 2기분인 400 LPM 유량이 통과하도록 3 Inch 배관으로 설계되고, 탱크하부 입상관~폼챔버까지는 고정포 1기분인 200 LPM 유량이 통과하도록 2 Inch 배관으로 설계되어야 하나 Figure 2에서는 전 구간을 2

Table 5. Pipe Size and Bypass Flow Rate in Each Section of the Foam Fire-extinguishing System

Section	Pipe Size	Bypass Flow Rate	Foam Solution Quantity
Proportioner Inlet Line	4 Inch	1 Tank+2 Subsidiary Foams	1,200 LPM
Proportioner Outlet ~ Branch Header	4 Inch	1 Tank+2 Subsidiary Foams	1,200 LPM
Branch Header~Assistant Foam Hydrant	4 Inch	2 Subsidiary Foams (After Passing of One Foam)	800(400) LPM
Branch Header~Fixed foam Discharge Equipment	2 Inch	2 Fixed-Foams (After Passing of One Foam)	400(200) LPM

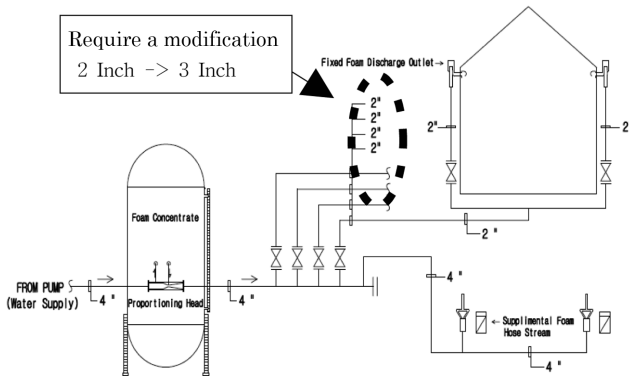


Figure 3. Redesign drawing for an outdoor benzene storage tank foam fire-extinguishing system already installed.

Inch 배관으로 설계하여 달시-웨버의 식(2)에 따른 내경감소에 의한 배관내의 마찰손실 증대로 통과유량이 적어지면 가압수가 흐르는 벤츄리 유량계수는 거의 변화가 없으나 포소화약제가 흐르는 오리피스 유량계수는 감소하므로 폼농도 저하를 유발시킨 것으로 판단된다.

$$H = \frac{\Delta P}{\gamma} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

H: 배관내의 마찰손실(m)

ΔP : 압력차(kg/cm²)

γ : 비중량(물의 비중량 1,000 kg/m³)

f: 관마찰계수

L: 길이(m)

D: 내경(m)

V: 유속(m/sec)

g: 중력가속도(9.8 m/sec²)

5. 시설치 포 비례혼합기의 혼합비를 변화시키는 요인분석 및 혼합비(r) 계산

5.1 가압수가 흐르는 벤츄리(Venturi) 유로를 통한 유량계수

가압수가 흐르는 Figure 4의 벤츄리 유로는 입구 단면적 ①이 오리피스 유로처럼 급격히 변화하지 않고 조금씩 변

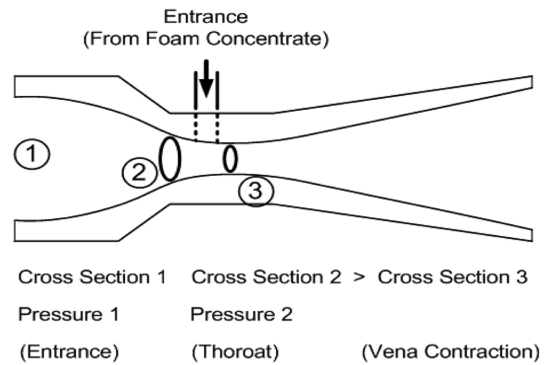


Figure 4. Pressurized-water venturi with the Vena contraction coefficient of 1.

화하므로 목의 단면적②와 축소 단면적③이 거의 같다고 가정할 수 있다.

따라서 베나 수축 계수는 $C_c \approx 1$ 이고, 압력손실 또한 매우 작아서 유량계수가 0.95~0.98 정도($Re=10^4$ 이상)로 벤츄리 유로에서는 압력 손실과 베나 축소효과에 의한 영향이 거의 없어 이론식을 적용할 수 있다⁽⁸⁾.

5.2 포 원액 유입부 미터링 오리피스를 통한 유량계수

포 소화약제가 흐르는 미터링 오리피스는 Figure 5와 같이 입구 단면적①이 급격히 변화하므로 압력손실도 큰 편이고, 기하학적 목의 단면적②보다 축소 단면적으로 더 많이 작아져서 베나 수축 계수는 $C_c \approx 0.61$ 까지 낮아진다.

또한 오리피스 통과유량은 가압수가 흐르는 벤츄리 통과 유량의 3% 혹은 6%이고, 오리피스 목의 직경도 벤츄

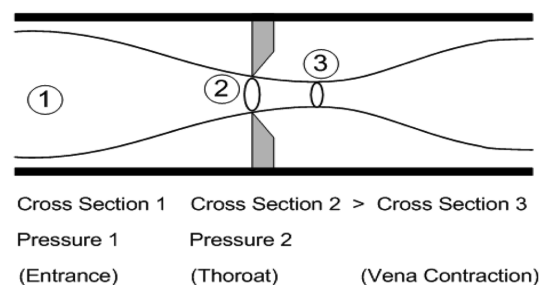


Figure 5. Metering orifice with the Vena contraction coefficient of 0.61.

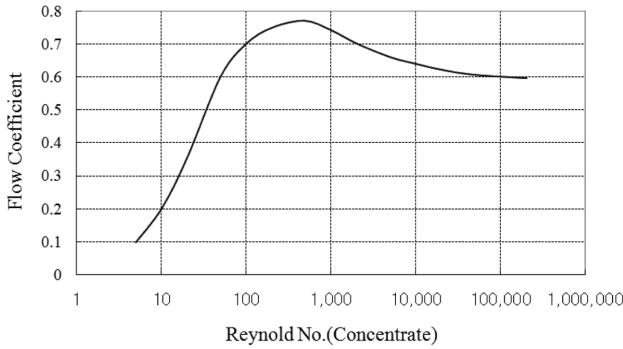


Figure 6. Flow coefficient curve of metering orifice.

리에 비하여 매우 작으며, 포 소화약제의 점도도 물에 비하여 약간 큰 편으로 유량계수는 Figure 6과 같이 레이놀즈수가 $Re=10^4$ 이상에서는 유량계수가 0.6~0.65 정도이고 $Re=10^4$ 이하로 적어지면 0.76까지 증가하다가 0.1 이하로 계속하여 감소하는 것을 볼 수 있다⁽⁹⁾.

5.3 가압수의 유량(Q_w) 및 포 소화약제의 유량(Q_c)

포 비례혼합기의 혼합비(r)는 가압수의 유량(Q_w)과 포 소화약제의 유량(Q_c)을 구하여 계산할 수 있다.

Figure 7에서 P_w (Water)는 저압 발생장치인 벤츨리 입구 압력, P_{wt} 는 목의 압력, P_{we} 는 출구압력이고 P_c (Foam)는 포 소화약제가 들어가는 미터링 오리피스 입구압력, P_{ct} 는 목의 압력, P_{ce} 는 출구압력이므로 저압 발생장치인 벤츨리를 통과하는 가압수의 유량(Q_w)은 다음 식(3)과 같다.

$$Q_w = C_w \cdot E_w \cdot A_w \sqrt{\frac{2(P_w - P_{wt})}{\rho_w}} \tag{3}$$

여기서 C_w 는 벤츨리 유량계수, E_w 는 벤츨리 형상계수, A_w 는 벤츨리 목의 단면적, ρ_w 는 물의 밀도, $(P_w - P_{wt})$ 는 벤츨리 입구와 목의 압력차이다.

또한 미터링 오리피스를 통과하는 포 원액의 유량(Q_c)은 다음 식(4)와 같다.

$$Q_c = C_c \cdot E_c \cdot A_c \sqrt{\frac{2(P_c - P_{ct})}{\rho_c}} \tag{4}$$

여기서 C_c 는 미터링 오리피스 유량계수, E_c 는 미터링 오

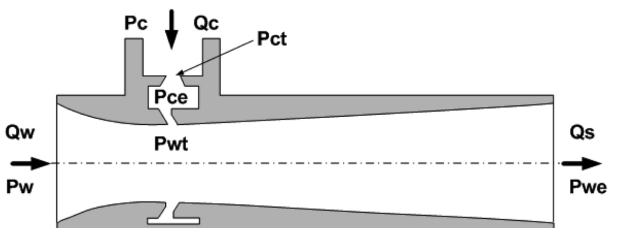


Figure 7. Explanatory drawing for foam proportioner flow and pressure distribution.

리피스 형상계수, A_c 는 미터링 오리피스 목의 단면적, ρ_c 는 포 소화약제의 밀도, $(P_c - P_{ct})$ 는 미터링 오리피스 입구와 목의 압력차이다.

5.4 포 비례혼합기 혼합비(r) 계산

국내에 가장 많이 설치된 포 비례혼합기를 이용한 포 소화시스템은 밸런스 형으로 가압수의 압력(P_w)과 포 소화약제의 압력(P_c)은 같고 $[(P_w \approx P_c)]$, 벤츨리 목에서의 압력(P_{wt})과 미터링 오리피스 출구의 압력(P_{ce})은 직접 연결되어 있으므로 같다고 할 수 있으며 $[(P_{wt} \approx P_{ce})]$, 포 소화약제가 통과하는 미터링 오리피스 목의 압력(P_{ct})과 출구의 압력(P_{ce})은 유량변화에 따라 비례한다고 가정할 수 있으므로 다음 식(5)와 같이 쓸 수 있다.

$$[(P_c - P_{ct}) \approx k_c \cdot (P_c - P_{ce})] \tag{5}$$

여기서 k_c 는 미터링 오리피스 입구와 목 사이의 압력차에 대한 미터링 오리피스 입구와 출구 사이 압력차의 비례상수이므로 혼합비(r)는 다음 식(6)과 같이 된다⁽¹⁰⁾.

$$r = \frac{Q_c}{Q_w + Q_c} = \frac{\frac{Q_c}{Q_w}}{1 + \frac{Q_c}{Q_w}} = \frac{\frac{C_c E_c A_c}{C_w E_w A_w} \sqrt{k_c \frac{\rho_w}{\rho_c}}}{1 + \frac{C_c E_c A_c}{C_w E_w A_w} \sqrt{k_c \frac{\rho_w}{\rho_c}}} \tag{6}$$

5.5 시설치 포 비례혼합기의 일정혼합비로 보상방법

5.5.1 시설치 포 비례혼합기의 혼합비(r)가 적어지게 되는 이유

제조업체 권장설계유량으로 포 비례혼합기를 사용할 경우 혼합비는 정격값으로 혼합되나 통과유량이 적어지면 포 소화약제가 흐르는 미터링 오리피스의 유량계수(C_c)는 Figure 6에서와 같이 레이놀즈수가 수백(10^2) 정도까지 감소하지만 가압수가 흐르는 벤츨리의 유량계수(C_w)는 수만(10^4) 이상으로 거의 변화가 없으므로 유량계수비(C_c/C_w)는 감소하게 되고, 형상계수비(E_c/E_w)·벤츨리와 오리피스 목의 단면적비(A_c/A_w)·물과 포 소화약제의 밀도비(ρ_c/ρ_w)는 변하지 않아서 포 소화약제 혼합비(r)는 적어지게 된다.

5.5.2 시설치 포 비례혼합기의 일정혼합비로 보상방법

이 때 설계시의 운영조건에서 k_c 및 ρ_w/ρ_c 는 거의 동일한 값을 가지므로 유량변동에 대한 유량계수비와 단면적비의 곱 $((C_c/C_w) \cdot (A_c/A_w))$ 의 값을 일정하게 하면 된다.

즉, 유량계수비(C_c/C_w)가 감소하는 상태에서 벤츨리와 오리피스 목의 단면적비(A_c/A_w)를 증가시켜 값을 일정하게 하기 위해서는 포 비례혼합기 벤츨리 목 단면적(A_w)를 감소 또는 미터링 오리피스 목 단면적(A_c)를 증가시키면 되는데 배관의 마찰손실이 증가되지 않고 정격유량이 보장되는 조건에서는 미터링 오리피스 목 단면적(A_c)를 증가시키는 방법을 사용하는 것이 효과적이라 보며 Table 3 감

Table 6. Foam Concentration Measurement Data for Changed Sizes of Foam Proportioner

Foam Proportioner Size and Rated Flow Rate	Line Press.	Measurement Value and Concentration When 1 Tank is Opened	Measurement Value and Concentration When 2 Tanks are Opened	Measurement Value and Concentration When 2 Tanks+1 Auxiliary Foam are Opened
4 Inch (1710~4500 LPM)	0.5 Mpa	0.4(1.2%)	0.4(1.2%)	0.4(1.2%)
	1.0 Mpa	0.4(1.2%)	0.4(1.2%)	0.4(1.2%)
3 Inch (920~2340 LPM)	0.5 Mpa	0.4(1.2%)	0.5(1.5%)	1.0(3.0%)
	1.0 Mpa	0.4(1.2%)	0.5(1.5%)	1.0(3.0%)
2.5 Inch (150~1200 LPM)	0.5 Mpa	0.5(1.5%)	0.6(1.8%)	1.0(3.0%)
	1.0 Mpa	0.5(1.5%)	0.6(1.8%)	1.0(3.0%)

사원 일제조사에서 확인된 것처럼 대부분의 프레스프로포셔너 방식 포 비례혼합기에서 발생하는 문제로 분기헤더 이후의 포수용액 배관단면적 감소 등으로 혼합비 허용범위를 벗어날 때 배관단면적을 증가시키지 않고 일정혼합비 보상방법으로 가장 적절하다고 본다.

6. 포 비례혼합기 및 폼챔버 오리피스 교체에 의한 폼 농도조절 테스트

6.1 포 농도측정기 오차보정 및 소화용수 배관압력조절 방안

(1) 포 소화설비 설치현장 온도 및 환경변화에 의한 포 농도측정기(당도측정기)의 오차보정을 위해 3% 원액을 조제하여 혼합비 측정후 그 측정값 기준으로 탱크 1기, 탱크 2기, 탱크 2기+보조포 1기 발포시의 농도를 비례식으로 계산하여 폼농도를 측정함⁽¹⁾.

(2) 소화용수 배관압력은 충압펌프(0.5 Mpa) 및 메인펌프(1.0 Mpa) 기동을 통하여 조절함.

6.2 포 비례혼합기 Size 교체에 따른 폼농도 변화

Table 6 및 Figure 8은 포 비례혼합기를 4 Inch -> 3 Inch -> 2.5 Inch로 교체에 따른 폼 농도 측정현황이다.

(1) 최소유량(탱크 1기: 400 LPM) 및 최대유량(탱크1기+보조포 2기: 1200 LPM) 범위를 만족하는 2.5 Inch 포 비

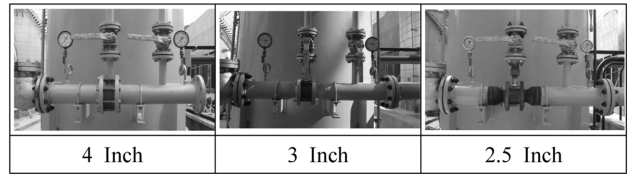


Figure 8. Size change of foam proportioner.

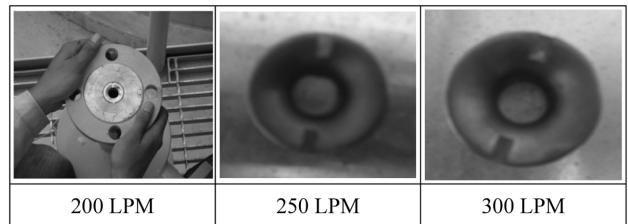


Figure 9. Size change of foam chamber orifice.

례혼합기(정격 150~1200 LPM) 설치시 약간 개선됨.

(2) 적은유량에서 적정농도에 도달하지 않는 것은 분기헤더 후단~탱크하부 입상관 2 Inch 배관 적용에 따른 통과유량 감소로 추정됨.

6.3 폼챔버 오리피스 구경 교체에 따른 폼농도 변화

Table 7 및 Figure 9는 폼챔버 오리피스 구경 11.5 mm -> 15.0 mm -> 16.5 mm 교체에 따른 폼 농도 측정 현황이다.

Table 7. Foam Concentration Measurement Data for Changed Sizes of Foam Chamber Orifice

Capacity of Foam Chamber and Orifice Size	Line Press.	Measurement Value and Concentration When 1 Tank is Opened	Measurement Value and Concentration When 2 Tanks are Opened	Measurement Value and Concentration When 2 Tanks+1 Auxiliary Foam are Opened
200 LPM (11.5 mm)	0.5 Mpa	0.5(1.5%)	0.6(1.8%)	1.0(3.0%)
	1.0 Mpa	0.5(1.5%)	0.6(1.8%)	1.0(3.0%)
250 LPM (15.0 mm)	0.5 Mpa	0.6(1.8%)	0.6(1.8%)	1.0(3.0%)
	1.0 Mpa	0.6(1.8%)	0.6(1.8%)	1.0(3.0%)
300 LPM (16.5 mm)	0.5 Mpa	0.7(2.1%)	0.8(2.4%)	1.1(3.3%)
	1.0 Mpa	0.7(2.1%)	0.8(2.4%)	1.1(3.3%)

Table 8. Foam Concentration Measurement Data for Changed Sizes of Foam Proportioner Metering Orifice

Metering Orifice Size	Line Press.	Measurement Value and Concentration When 1 Tank is Opened	Measurement Value and Concentration When 2 Tanks are Opened	Measurement Value and Concentration When 2 Tanks+1 Auxiliary Foam are Opened
5.5 mm	0.5 Mpa	0.5 (1.5%)	0.6 (1.8%)	1.0 (3.0 %)
	1.0 Mpa	0.5 (1.5%)	0.6 (1.8%)	1.0 (3.0 %)
10.0 mm	0.5 Mpa	0.7 (2.1%)	0.8 (2.4%)	1.1 (3.3 %)
	1.0 Mpa	0.7 (2.1%)	0.8 (2.4%)	1.1 (3.3 %)
15.0 mm	0.5 Mpa	1.0 (3.0%)	1.1 (3.3%)	1.3 (3.9 %)
	1.0 Mpa	1.0 (3.0%)	1.1 (3.3%)	1.3 (3.9 %)

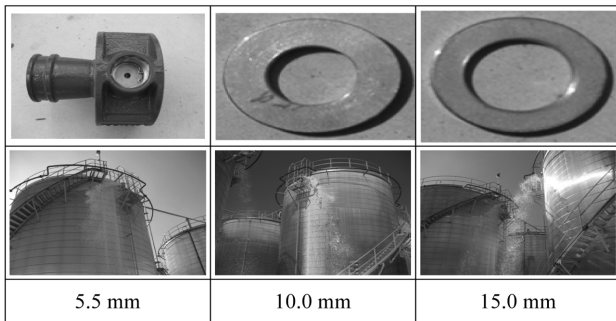


Figure 10. Size change of foam proportioner metering orifice.

- (1) 6.2 실험에서 2.5 Inch 포 비례혼합기가 적정유량범위로 판명되어 적용함.
- (2) 폼챔버 오리피스 구경을 확대하여 발포량을 증가시켰을 때 폼농도 약간 개선됨.
- (3) 폼챔버 발포량 증가해도 적정농도에 도달하지 않는 것은 역시 분기헤더 후단~탱크하부 입상관 2 Inch 배관 적용에 따른 통과유량 감소로 추정됨.

6.4 포 비례혼합기 미터링 오리피스 교체에 따른 폼농도 변화

Table 8 및 Figure 10은 포 비례혼합기 미터링 오리피스 교체에 따른 폼 농도 측정 현황이다.

- (1) 6.2 실험에서 2.5 Inch 포 비례혼합기 및 6.3 실험에서 폼챔버 오리피스 구경 11.5 mm가 적정유량범위로 판명되어 적용함.
- (2) 포 비례혼합기 미터링 오리피스 Size 확대시 폼 농도가 급격하게 증가함.
- (3) 분기헤더 후단~탱크하부 입상관 2 Inch 배관 적용에 따른 폼농도 저하의 해결방법으로 미터링 오리피스 Size 확대가 정격허용농도 범위에 근접하여 가장 효과적인 것을 확인함.

7. 결 론

포 소화설비의 핵심기능은 포 소화약제를 혼합하여 사

용농도에 적합한 수용액으로 혼합하는 장치이므로 혼합장치 전·후단의 유동조건이 바뀌어도 혼합비가 일정하게 유지되어야 한다.

본 연구는 가연성 유체를 대량 취급하는 위험물제조소 포 소화시스템에 있어서 저장탱크 1기 화재발생시 분기헤더에서 저장탱크 하단부 입상관까지의 포수용액 배관단면적 감소에 의한 마찰손실로 통과유량이 줄어들어 폼원액이 통과하는 포 비례혼합기 미터링 오리피스의 유량계수가 낮아지므로 혼합비가 허용범위를 벗어날 때 「포 소화약제 혼합장치 성능인증 및 제품검사 기술기준」에 의한 포 수용액의 최소·최대 유량조건에서 정격허용 농도를 유지 하는가 살펴보아 전·후단 배관을 재시공 하지 않고 변동된 혼합비를 보상할 수 있는 방법으로 포 비례혼합기 벤츄리·폼챔버 오리피스 및 미터링 오리피스 교체에 의한 폼농도 측정실험을 통해 원액흡입배관 단면적을 확장시킬 수 있는 미터링 오리피스 교체가 포 소화설비 혼합비 개선에 가장 효과적인 방안임을 실험을 통해 입증하였다.

References

1. H. Y. Kim, "A Study of a Laboratory Scaled Foam Performance Appraisal Method and a Foam Proportioning System with Change in Temperature to Improve the Fire Extinguishing Performance of Foam Concentrate", Incheon University (2011).
2. "Technical Standards for the Performance Certification and Product Inspection of Foam Fire-extinguishing Chemical Mixing Machine" [National Emergency Management Agency Notification, No.2012-81], <http://www.kfi.or.kr/index.do>.
3. Y. S. Kim, Y. H. Park, J. T. Park, Y. J. Jeong, B. G. Chu, S. G. Hong and Y. G. Hang, "New Fire Agent Chemical", DongHwa Technology, p. 87 (2010).
4. S. J. In, G. H. Oh, H. Kim, D. M. Choi and I. S. Oh, "Extinguishing Agent Chemical", Hyungseul Publisher (2007).
5. The Board of Audit and Inspection of Korea official doc-

- ument number: Board of Audit and Inspection 16330-513, The Board of Audit and Inspection of Korea.
6. K. J. Yun, "A Method to Improve the Performance of Foam Proportioner in Manufactory of Dangerous Objects", Dongshin University (2009).
 7. C. S. Na, "A Regulation in Manufacture, Storage and Handling of Dangerous Goods(4)", Jurnal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 63-67 (1990).
 8. H. Y. Jin and T. I. Jang, "Fluid Dynamics", Sungandang, pp. 197-202, pp. 376-383 (2000).
 9. J. H. Ha, Y. S. Kim and H. C. Gwon, "Fluid Dynamics", Munundang (1992).
 10. S. H. Ju, "A Study on the Optimization of Mixture Equipment for Extinguishant in Foam Extinguishing System", Chosun University (2012).
 11. G. H. No, "Basic Knowledge for Fire-extinguishing Pipe Design", Jurnal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 4, No. 2, pp. 27-34 (1990).
 12. W. J. Hwang, H. J. Kim, K. H. Oh, S. E. Lee and S. W. Kim, "An Experimental Study on the Improvement of Fire Extinguishing Performance of Water Mist with Foam", Jurnal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 61-66 (2009).
 13. H. S. Kim, "An Experimental Investigation on Flame Spreading over Liquid Fuel Surface", Jurnal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 7, No. 1, pp. 5-10 (1993).