

포소화약제 혼합장치의 개량화 방안

주 승 호* · 임 만 택** · 김 혜 원*** · 공 하 성****

*조선대학교 건축학과 · **조선대학교 건축학부 · ***부산경상대학 소방안전관리학과
****경일대학교 소방방재학부

The Methods to Improve the In-Line Eductor

Seung-Ho Joo* · Mann-Taek Lim** · Hye-Won Kim*** · Ha-Sung Kong****

*The Graduate Course Chosun University Department of Architecture

**Department of Architecture, Chosun University

***Busan Kyungsang College Major of Fire Safety Management

****Kyungil University School of Fire & Disaster Prevention

Abstract

A core device of foam system is the in-line eductor and it is the device to mix the foam liquid into liquid solution proper to the use density and the mixture ratio must be kept regularly regardless of changing fluid condition of the front and rear end of the in-line eductor. However, if the flux of the pressurized water changes, the mixture ratio is not kept regularly, and so it becomes a cause which a performance of fire-extinguishing deteriorates in discharging foam liquid. I devise a method to improve it that the metering orifice type in-line eductor is improved into the metering venturi type in-line eductor, the fluctuation of the mixture ratio to the flux change of the pressurized water is minimized and the performance of fire-extinguishing is kept regularly. As this method is simple in its structure and can be designed at a low cost, it helps for maintenance as well. In the future, it seems to need the research for the metering nozzle type in-line eductor in the future.

Keywords : Foam system, In-line eductor, Orifice, Venturi

1. 서 론

1.1 연구목적 및 방법

포소화설비는 물로써 소화가 어렵거나 물로 인하여 화재가 확대될 우려가 있는 곳에 설치하는 데[7], 주로 대규모로 저장된 가연성 액체 저장조에서 발생한 화재를 진압할 목적으로 사용하기 위해 개발된 소화설비로서, 물과 포소화약제가 일정한 비율로 혼합된 포소용액을 공기에 의하여 발포시켜 형성된 미세한 기포의 집

합체가 연소물 표면을 덮어 공기를 차단함으로써 질식 소화한다. Halon 1301과 Halon 대체 소화약제를 기포제로 이용한 소화약제와 스프링클러설비 및 미분무소화설비에 포가 추가로 도입되는 연구가 진행되면서 그 사용범위가 점차 확대되고 있다.

포소화설비의 핵심장치는 포소화약제 혼합장치로서 이는 포소화약제를 사용농도에 적합한 수용액으로 혼합하는 장치로 포소화설비에 사용되는 것[11]을 말하는 데 포소화약제 혼합장치는 포소화약제 혼합장치 전·후단의 유동 조건이 바뀌어도 혼합비가 일정하게 유지되어

† 교신저자: 공하성, 경북 경산시 하양읍 부호리 33번지 경일대학교 소방방재학부

M · P: 010-8680-1780, E-mail: kiu119@naver.com

2011년 4월 20일 접수; 2011년 6월 8일 수정본 접수; 2011년 6월 10일 게재확정

<표 1> 선행 연구 조사

연구자	연구 주제	연구 내용
정기창 외 4인 (1996)	Halon 1301과 Halon 대체 소화약제를 기포제로 이용한 포 소화약제에 대한 연구	Halon 1301과 Halon 대체 소화약제를 기포제로 사용하여 포를 형성시켜 소화성과 팽창비를 향상시킨 포소화약제를 개발함
김정훈 외 6인 (2007)	천연계면활성제를 이용한 친환경적 포소화약제 개발	천연계면활성제를 이용한 산불진용 포소화약제를 개발함
오규형 외 3인 (2008)	고팽창포소화약제 발포특성에 영향을 미치는 요인 연구	포소화약제의 혼합농도를 달리할 경우 발포배율과 환원시간이 변화됨을 증명함
황원준 외 4인 (2009)	포 소화약제를 혼합한 미분무수 소화시스템의 소화성능 향상 방안에 관한 실험적 연구	미분무수 소화설비에 포소화약제를 적용하여 소화 성능을 실험함
구재현 (2009)	포 소화설비용 소화약제 혼합장치의 성능향상을 위한 정량 혼합특성에 관한 연구	포소화약제 혼합장치의 유량, 압력, 오리피스 단면적 및 혼합농도의 주요 변수들 상관관계를 실험적으로 측정하여 혼합특성을 분석함

야 한다. 하지만 가압수의 유량이 변화하면 혼합비가 일정하게 유지되지 않아 포소화약제 방출시 소화성능이 저하되는 원인이 되고 있다. 포소화약제의 혼합비는 일반적으로 약제의 종류에 따라 3%, 6% 등으로 혼합하고 있는데 이렇게 다른 혼합비로 혼합하기 위해 미터링 오리피스를 사용한다.[3] 이는 가압수가 통과하는 입출구의 구경 크기는 동일한 것을 사용하고 미터링 오리피스의 구경만 변경하므로써, 혼합비를 조절할 수 있도록 하는 것이다. 그런데 미터링 오리피스가 포소화약제 혼합장치의 혼합비를 변하게 하는 원인이 되는 것으로 알려졌다. 이 미터링 오리피스를 개량화하여 유량의 변화에 관계없이 혼합비가 일정한 포소화약제 혼합장치를 개발하는데 본 연구의 목적이 있다.

1.2 선행 연구 조사

기존의 포소화설비에 관한 연구는 <표 1>과 같이 기포제로 공기대신 불활성기체를 사용하거나 스프링클러설비 등 기타 물소화설비에 포소화설비를 추가로 도입하여 소화성능을 향상시키는 연구와 포소화약제 혼합농도를 달리하였을 경우 소화성능이 저하되는 것을 증명하였고, 포소화약제 혼합농도를 변동시키는 주요변수들에 대한 연구 등이 진행되어 왔으나 이들 연구에서는 포소화약제 혼합장치 전·후단의 유동특성, 유량계수가 변화하여 혼합비가 변동되는 문제점을 도출하였지만 이를 해결하기 위한 방안을 제시한 연구는 부족하였다.[2][4][6][9][14]

2. 이론적 고찰

2.1 베르누이 방정식

유체 동역학에서 베르누이 방정식(Bernoulli's equation)은 이상유체(ideal fluid)에 대하여 유체에 가해지는 일이 없는 경우에 대해 유체의 속도와 압력, 위치에너지 사이의 관계를 나타낸 식이다. 베르누이 방정식은 흐르는 유체에 대하여 유선(streamline) 상에서 모든 형태의 에너지의 합은 언제나 일정하다는 점을 설명하고 있고, 이 내용을 정리하면 다음의 식(1)과 같다.[13]

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + Z = \text{일정} \dots (1)$$

(V: 유속, g: 중력가속도, p: 압력, γ: 비중량, Z: 높이)

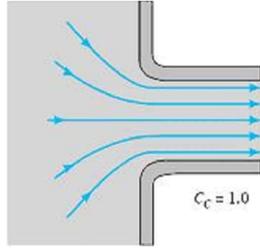
포소화약제 혼합장치는 바로 이 식을 근거로 하여 만들어졌다. 즉 가압수가 Venturi를 흐를 때, 유속이 증가하면 압력이 감소하여 포소화약제를 흡입하게 되는 것이다.[8]

2.2 유량계수

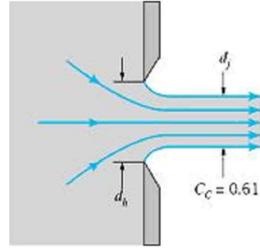
단면적이 변하는 유로에서의 이론유량은 다음의 식(2)과 같이 표현된다.

$$Q_{th} = E \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} \dots (2)$$

(E: 상수(단면적비), A: 단면적, Δp: 압력차, ρ: 유체의 밀도)



(a) 유로가 유선형으로 되어있는 경우



(b) 유로가 급격히 변하는 경우

<그림 1> 출구형상에 대한 수축계수의 변화[15]

이 이론유량은 다음과 같은 이유에서 실제유량과 차이가 있다.

유로를 통과하면서 발생하는 압력손실로 인하여 오리피스를 통과할 때의 실제유속은 이론유속보다 작아지는데 이 실제유속과 이론유속의 비를 속도계수 (Velocity Coefficient)라 하고, 다음의 식(3)과 같이 쓸 수 있다.

$$C_v = \frac{V}{V_{th}} \dots (3)$$

(V : 실제유속, V_{th} : 이론유속)

<그림 1>과 같이 실제유동에서 단면적이 가장 작은 부분은 Vena Contracta 지점이고, 유로가 축소되는 축소 비율을 수축계수(Contraction Coefficient)라 하며 다음의 식(4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_c = \frac{A_j}{A_h} = \left(\frac{d_j}{d_h}\right)^2 \dots (4)$$

(A_j : Vena Contracta의 단면적, A_h : 오리피스의 단면적, d_j : Vena Contracta의 직경, d_h : 오리피스의 직경)

축소가 되는 유로가 유선형으로 되어 있는 경우에는 수축계수가 $C_c \approx 1$ 이나, 오리피스와 같이 유로가 급격히 변하는 경우에는 $C_c \approx 0.61$ 로 손실이 매우 큰 것을 알 수 있다.

그러므로 압력손실에 의해 유속이 작아지고, Vena Contracta에 의해 오리피스의 단면적이 작아져서 실제유량은 베르누이의 방정식을 이용한 이론유량보다 작아진다. 이러한 이론유량과 실제유량의 비를 유량계수 (Flow Coefficient)라고 하고, 속도계수와 수축계수를 곱하여 다음의 식(5)와 같이 정의한다.[12]

$$C = C_v \cdot C_c = \frac{Q}{Q_{th}} \dots (5)$$

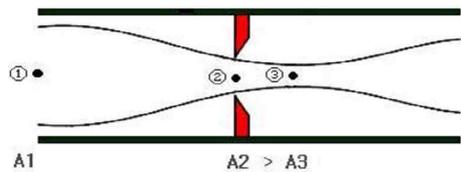
(C_v : 속도계수, C_c : 수축계수, Q : 실제유량, Q_{th} : 이론유량)

따라서 실제유량은 유량계수를 적용하여 다음의 식(6)과 같이 표현된다.

$$Q = C \cdot Q_{th} = C \cdot E \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} \dots (6)$$

2.2.1 오리피스의 유량계수

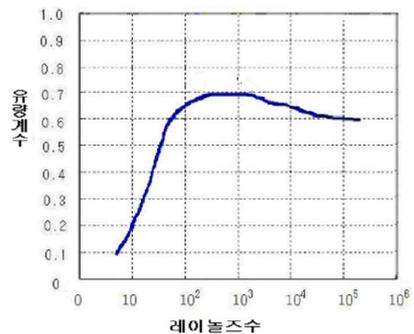
포소화약제가 흐르는 미터링 오리피스는 <그림 2>와 같이 단면적이 급격히 변하므로 점 ②의 단면적 A_2 와 점 ③의 단면적 A_3 가 급감하여서 수축계수 $C_c \approx 0.61$ 이고, 압력손실도 큰 편이다. 레이놀즈수 $Re=10^4$ 이상에서의 유량계수는 0.6~0.65 정도로 알려져 있는데 레이놀즈수가 $Re=10^4$ 이하로 적어짐에 따라 유량계수는 <그림 3>과 같이 0.7까지 증가하다가 감소하기 시작하여 0.1 이하로 감소하는 것을 알 수 있다. 이를 정리하면 <표 2>와 같다.[1]



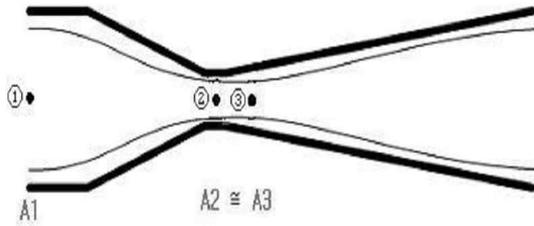
<그림 2> 미터링 오리피스

<표 2> 미터링 오리피스의 유량계수 및 레이놀즈수

미터링장치	유량계수(C)	레이놀즈수(Re)
미터링 오리피스	0.6~0.65	10^4 이상
	0.2~0.7	$10 \sim 10^4$



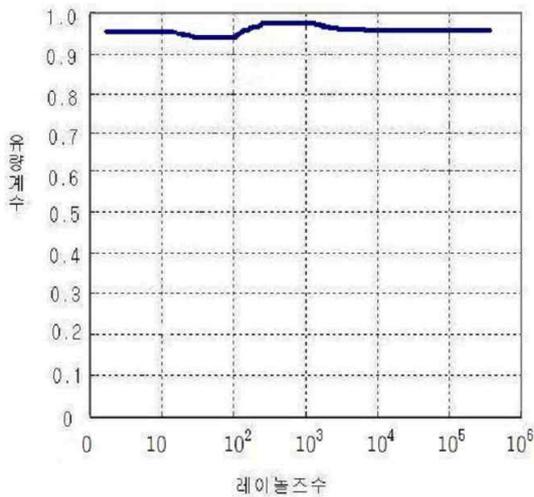
<그림 3> 오리피스의 유량계수



<그림 4> 미터링 벤츄리

<표 3> 미터링 벤츄리의 유량계수 및 레이놀즈수

미터링 장치	유량계수(C)	레이놀즈수(Re)
미터링 벤츄리	0.95~0.98	10 ~ 10 ⁴ 이상



<그림 5> 벤츄리의 유량계수

2.2.2 벤츄리의 유량계수

가압수가 흐르는 벤츄리는 <그림 4>와 같이 단면적이 점진적으로 변화하기 때문에 점 ②의 단면적 A2와 점 ③의 단면적 A3가 거의 같다. 그러므로 수축계수 $C_c \approx 1$ 이고, 압력손실 또한 매우 작아 유량계수는 레이놀즈수와 무관하게 <그림 5>와 같이 0.95~0.98 정도로 일정하게 유지된다. 이것을 정리하면 <표 3>과 같다.[5]

2.3 레이놀즈수

레이놀즈수(Reynolds' number)는 유체의 점도, 밀도, 유속, 관의 직경에 관한 관계식으로서 이들 변수에 의해 무차원함수를 정의하였는데, 이 함수를 레이놀즈수(Re)라 부르며 다음의 식(7)과 같이 쓸 수 있다.[10]

$$Re = \frac{dV\rho}{\mu} \dots (7)$$

(d : 관의 직경, V : 유속, ρ : 밀도, μ : 점도)

관의 직경은 유량과 유속과의 관계식으로 다음의 식(8)과 같이 나타난다.

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \dots (8)$$

(Q : 유량, V : 유속)

레이놀즈수와 유량의 관계를 알기 위해서 식(7)에 식(8)을 대입하여 정리하면 다음의 식(9)과 같이 표현할 수 있다.

$$Re = \frac{\sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \cdot V \cdot \rho}{\mu} \dots (9)$$

(Q : 유량, V : 유속, ρ : 밀도, μ : 점도)

식(5)의 $Q = C \cdot Q_{th}$ 를 식(9)에 대입하면 다음의 식(10)과 같이 쓸 수 있다.

$$Re = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot C \cdot Q_{th}}{\pi \cdot V}} \cdot V \cdot \rho}{\mu} \dots (10)$$

(C : 유량계수, Q_{th} : 이론유량, V : 유속, ρ : 밀도, μ : 점도)

식(7)을 통해 점도는 레이놀즈수에 반비례하므로 포소화약제의 점도는 물의 점도에 비하여 매우 크기 때문에 레이놀즈수는 <표 4>와 같은 값을 갖는다.

또한 식(10)을 통해 유량계수는 레이놀즈수의 제곱에 비례한다는 것을 알 수 있다.

3. 포소화약제 혼합장치의 문제점

포소화약제 혼합장치의 구성은 <그림 6(a)>와 같이 가압수는 벤츄리를 통과하고, 포소화약제는 미터링 오리피스를 통과하므로 이에 대한 혼합비를 알기 위해 <그림 6(b)>와 같이 표현할 수 있다.

<표 4> 미터링 장치의 종류에 따른 레이놀즈수

구 분	미터링 장치	레이놀즈수(Re)
포소화약제	미터링 오리피스	10 ² ~ 10 ³
가압수	미터링 벤츄리	10 ⁴ 이상

<표 5> 미터링 오리피스형 포소화약제 혼합장치의 혼합비 변화

구분	가압수 (벤츄리)	수성막포 (오리피스)	가압수 (벤츄리)	수성막포 (오리피스)
유량(lpm)	3595	111.19(3%)	899	51.89(5.6%)
밀도(kg/m ³)	998	1038.9	998	1038.9
동점도(m ² /s)	1.0×10^{-6}	1.8×10^{-3}	1.0×10^{-6}	1.8×10^{-3}
입구 직경(mm)	101.6	45.9	101.6	45.9
벤츄리 또는 오리피스를 통과하는 지점의 직경(mm)	61.5	9.3	61.5	9.3
유속(m/s)	19.5	18.9	4.88	5.22
레이놀즈수	1.2×10^6	97.5	3.0×10^5	26.97
유량계수	0.97	0.69	0.97	0.41
유량계수비	0.71		0.42	

제가 흐르는 미터링 오리피스의 유량계수는 <그림 3>에서 보는 바와 같이 레이놀즈수가 10^2 이하에서 급감하므로 감소한다. 그러나 가압수가 흐르는 벤츄리의 유량계수는 레이놀즈수가 10^4 이상이므로 거의 변화가 없다. 따라서 유량계수비는 감소하게 된다. 그리고 형상계수비, 벤츄리와 오리피스를 통과하는 지점의 단면적비, 물과 포소화약제의 밀도비는 변하지 않기 때문에 포소화약제 혼합장치의 혼합비는 식(17)에 의해 작아지게 된다.

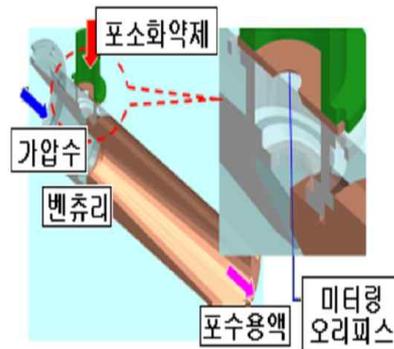
<표 5>는 20℃에서 직경 10A 포소화약제 혼합장치에서 가압수의 유량을 1/4로 감소한 경우 유량계수비가 0.71에서 0.42로 약 1/2 감소하므로 포소화약제 혼합장치의 혼합비가 3%에서 5.6%로 변동됨을 보여준다.

실제로 포소화약제 방사시 포소화약제 혼합장치의 정격혼합비가 작아지는 경우가 많은데 이러한 이유는 <표 5>에서 알 수 있듯이 오리피스 유량계수의 변화가 벤츄리 유량계수의 변화에 비하여 큰 편이어서, 포소화약제 혼합장치를 통과하는 가압수의 유량이 변하면 포소화약제의 유량이 변하는 데, 가압수의 유량에 비례하여 포소화약제의 유량이 적정하게 변하지 않기 때문에 혼합비가 변동되는 현상이 발생하는 것이다.

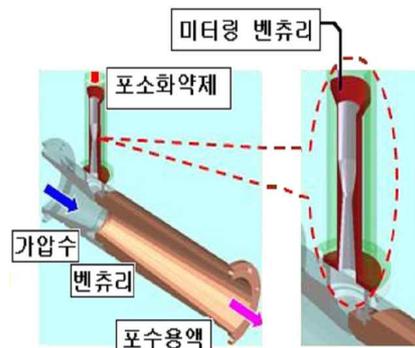
4. 포소화약제 혼합장치의 개량화 방안

<그림 7>과 같이 기존의 미터링 오리피스형 포소화약제 혼합장치는 유량 변동에 대하여 포소화약제 혼합장치의 혼합비 변화가 커서 유량변동이 요구되는 포소화설비에는 부적합한 면이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 다음과 같은 개선안을 제시하고자 한다.

기존의 미터링 오리피스형 포소화약제 혼합장치를 <그림 8>과 같이 미터링 벤츄리형 포소화약제 혼합장치로 개량화함으로써 가압수의 유량 변동에 대해 혼합비의 변화가 적도록 하여 소화성능이 일정하게 유지되도록 하는 방안을 고안하였다.



<그림 7> 기존의 미터링 오리피스형 포소화약제 혼합장치



<그림 8> 개선된 미터링 벤츄리형 포소화약제 혼합장치

<표 6> 미터링 벤츄리형 포소화약제 혼합장치의 혼합비 변화

구분	가압수 (벤츄리)	수성막포 (벤츄리)	가압수 (벤츄리)	수성막포 (벤츄리)
유량(lpm)	3595	111.19(3%)	899	27.8(3%)
밀도(kg/m ³)	998	1038.9	998	1038.9
동점도(m ² /s)	1.0 × 10 ⁻⁶	1.8 × 10 ⁻³	1.0 × 10 ⁻⁶	1.8 × 10 ⁻³
입구 직경(mm)	101.6	45.9	101.6	45.9
벤츄리 또는 오리피스를 통과하는 지점의 직경(mm)	61.5	11	61.5	11
유속(m/s)	19.5	18.9	4.88	4.73
레이놀즈수	1.2 × 10 ⁶	115	3.0 × 10 ⁵	28.6
유량계수	0.97	0.96	0.97	0.95
유량계수비	0.99		0.98	

개선된 미터링 벤츄리형 포소화약제 혼합장치의 성능을 시험하여 <표 6>과 같은 결과를 얻었다. 미터링 오리피스형 포소화약제 혼합장치와 동일한 조건으로 가압수의 유량을 1/4로 감소한 경우 유량계수비가 0.99에서 0.98로 거의 변동되지 않아서 포소화약제 혼합장치의 혼합비가 일정함을 보여준다. 그러므로 가압수의 유량이 변화하여도 포소화약제도 그에 따라 적절하게 변화되어 공급되므로 혼합비가 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다.

5. 결론

포소화설비에서 포소화약제 혼합장치는 중추적인 역할을 한다. 그러나 가압수의 유량변화에 대하여 혼합비가 일정하게 유지되지 않아 발포배출과 환원시간이 변화되므로 인하여 소화성능이 일정하지 않게 된다는 것을 여러 연구들이 증명하고 있으며, 일부 이에 대한 개선된 방안들이 제시되고 있는데 가압수의 유로에 수력 터빈 엔진을 두고, 이 회전력을 이용하여 포소화약제를 펌핑하는 방식이 있다. 이것은 가압수의 유량이 증가하면 터빈의 회전수도 증가하여 포소화약제의 유량도 비례하여 증가하므로 혼합비를 일정하게 유지하는 방식이다. 그러나 구조가 복잡하여 화재시에만 작동하는 소화 장비라는 관점에서 볼 때 수시점검을 하지 않았을 때에는 문제가 발생할 소지가 있고 가격 또한 고가이다.

이의 개선방안으로 기존의 미터링 오리피스형 포소화약제 혼합장치를 미터링 벤츄리형 포소화약제 혼합장치로 개량화함으로써 가압수의 유량 변동에 대해 혼

합비의 변화가 적도록 하여 소화성능이 일정하게 유지되도록 하는 방안을 고안하였다. 이 방안은 구조가 간단하고 저가로 설계할 수 있으므로 유지·보수 측면에서도 도움을 준다.

향후 연구과제로서 미터링 노즐형 포소화약제 혼합장치를 적용하여 가압수의 유량변화에 대한 혼합비의 변화를 확인하므로써 미터링 벤츄리형 포소화약제 혼합장치의 혼합비의 변화와 비교하여 어느 방식이 더 혼합비가 일정하게 유지되는지의 추가연구가 필요하다.

6. 참고 문헌

- [1] 강성삼·김중현, 알기쉬운 유체역학, 기전연구사 (2006) : 139~142.
- [2] 구재현, 포 소화설비용 소방약제 혼합장치의 성능 향상을 위한 정량 혼합특성에 관한 연구, 한국방재학회논문집 Vol. 9, No. 5 (2009) : 63~68.
- [3] 김영수 외 6명, 최신 소방약제화학, 신광문화사 (2010) : 69.
- [4] 김정훈 외 6명, 천연계면활성제를 이용한 친환경적 포소화약제 개발, 한국화재소방학회지 Vol. 21, No. 1 (2007) : 69~73.
- [5] 박찬원 외 5명, 유체역학, 신광문화사 (1997) : 229~232.
- [6] 오규형 외 3명, 고펡창포소화약제 발포특성에 영향을 미치는 요인 연구, 한국화재소방학회지 Vol. 22, No. 5 (2008) : 83~89.
- [7] 윤기조, 위험물제조소 포 비례혼합기 성능개선 방안, 동신대학교 대학원 석사학위논문(2009) : 102.

[8] 인세진 외 4명, 소방약제화학, 형설출판사 (2000) : 127~129.
 [9] 정기창 외 4명, Halon 1301과 Halon 대체 소화약제를 기포제로 이용한 포 소화약제에 대한 연구, 한국화재소방학회지 Vol.10, No. 3 (1996) : 29~40.
 [10] 진호열 · 장태익, 유체역학, 성안당 (2005) : 224~225.
 [11] 포소화약제 혼합장치의 성능시험기술기준, 제2조 제2호(2009.8.24)
 [12] 하재현 외 2명, 유체역학, 문운당 (1992) : 353~355.
 [13] 허만성, 소방유체역학, 동일출판사 (2001) : 177~178.
 [14] 황원준 외 4명, 포소화약제를 혼합한 미분무수 소화시스템의 소화성능 향상 방안에 관한 실험적 연구, 한국화재소방학회지 Vol.23, No. 3 (2009) : 61~66.
 [15] Bruce R. Munson, Donald F. Young and Theodore H Okiishi, Fundamentals of Fluid Mechanics, 4th ed. 2002, John Wiley and Sons, Inc. : 139
 [16] NFPA 11, Standard for Low-Expansion Foam, 1999 Ed.

저 자 소 개

주 승 호



전남대학교 기계공학과에서 학사, 석사학위 조선대학교 대학원에서 박사학위 과정 재학중이다. 열유체 분야에 관상에 지대하며 소방기술사, 건축기계설비 기술사 등 다수의 국가 자격을 보유하고 있다.

광주광역시 기술심의 위원, 한국 소방산업기술원 기술심의위원 및 한국안전인증원의 사외이사로 활동중이다.

주소: 광주광역시 서구 화정동 786-2번지

임 만 택



조선대학교 건축공학과를 졸업하였고, 연세대학교 대학원에서 석사학위, 전남대학교 대학원에서 박사학위를 취득하였다. 저서로는 건축환경학(보문당), 건축설비계획(보문당), 친환경건축(보문당), 친환경도시건축(문운당), 주거환경계획(기문당), 주거건축론(기문당) 등 다수가 있다. 조달청 건축설계 및 시공관리 자문위원 등을 역임하고 있으며, 현재 조선대학교 건축학과 교수로 재직 중이다.

주소: 광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 건축학과

김 혜 원



부산경상대학 소방안전관리학 과를 졸업하였다. 현재 소방방재학 대학원을 준비하고 있으며, 관심분야로는 소방기계시스템, 소방전기시스템, 산불화재시스템 등이다.

주소: 경북 경산시 하양읍 부호리 33 경일대학교 소방방재학부

공 하 성



서울시립대학교 대학원에서 재난과학을 전공하였다. 중앙 소방기술심의위원회 위원, 한국화재소방학회 평의원, 충청남도 건축위원회 위원, 한국 소방산업기술원 공간안전인증 평가위원, 전라남도 석유화학 단지 및 원자력발전소 Simulation화 자문위원, 소방공무원시험 출제위원, 국가기술자격시험 소방분야 출제위원을 역임하였고, 현재 경일대학교 소방방재학부 교수로 재직 중이다.

주소: 경북 경산시 하양읍 부호리 33 경일대학교 소방방재학부