

# 자동 균압 방지 감압밸브의 감압성능에 관한 연구

박용환<sup>†</sup> · 김상욱 · 김범규

호서대학교 소방방재학과

## The Performance of a New Pressure Reducing Valve Automatically Preventing Pressure Equalization

Yong-Hwan Park<sup>†</sup> · Sang-Wook Kim · Beom-Kyu Kim

Dept. of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo Univ.

(Received November 29, 2012; Revised February 1, 2013; Accepted February 1, 2013)

### 요 약

초고층건물의 수계소화설비에 있어서 적정 방수압력을 제공하기 위해서는 감압밸브의 사용이 필수적이다. 하지만 많은 경우 밸브 내 누설로 인한 균압 현상으로 인해 감압 기능을 상실하는 경우가 많다. 본 연구에서는 최근 개발된 균압 현상을 자동으로 방지해 줄 수 있는 새로운 개념의 감압밸브에 대한 성능평가를 수행하였다. 그 결과 다양한 설정 조건에도 불구하고 설계 감압비가 최대 약 11 % 범위 내에서 유지되었으며, 피스톤의 자동 셀프 록(self-lock) 기능에 의해 균압 현상도 방지할 수 있는 것으로 나타났다.

### ABSTRACT

It is necessary to use pressure reducing valves to provide required water pressure in water-based fire suppression systems of the tall buildings. In many cases, however, pressure reducing valves lose their function due to the phenomenon of pressure equalization caused by valve leak. This study carried out performance evaluation of the recently developed pressure reducing valve to prevent pressure equalization and found it can maintain designed pressure reducing ratio within 11 % variation and prevent pressure equalization by automatic self-lock function of the piston.

**Keywords :** Tall buildings, Water-based fire suppression systems, Pressure reducing valves, Leak, Pressure equalization

## 1. 서 론

스프링클러설비, 옥내소화전설비 등 수계소화설비의 방수압력은 각각 국내 화재안전기준 및 미국 화재안전기준에 의해 규정된 최저 및 최고 압력의 범위 내의 크기를 가져야 한다<sup>(1-3)</sup>. 하지만 초고층 건물의 경우 높이에 비례하는 배관 내 자연낙차압력을 극복하기 위해서는 방수기구에 허용되는 최고한계 이상의 압력이 발생할 수밖에 없으며 따라서 급수배관 부분에는 감압 기능이 꼭 필요하다<sup>(4)</sup>. 오리피스를 배관 속에 장착하는 방법으로 감압효과를 얻을 수는 있으나, 유수정지 상태에서는 전혀 감압이 일어나지 않고, 고압용 배관 및 부속품(헤드 및 밸브 등) 사용으로 시설비 상승 등의 문제점이 발생하게 되므로 소방용 감압밸브를 설치하는 것이 작금의 추세이다. 그러나 현재 대부분의 소방용 감압밸브에서는 평상 시 즉, 배관 내 유수가 정지되어 있을 경우 시간이 경과함에 따라 밸브 내 누

수가 발생하여 1차 측(유입 측)과 2차 측(유출 측)의 압력이 같아지는 균압 현상이 많이 발생하고 있으며, 고압으로 인한 부품 파손과 수손의 위험에 노출되어 있다. 이에 따라 파이로트 방식 감압밸브의 균압 방지를 위한 연구가 최근 진행된 바 있다<sup>(5,6)</sup>.

이에 본 연구에서는 정지 상태에서도 자동으로 설정 감압비를 유지할 수 있는 간단한 구조의 자동 균압 방지 감압밸브를 고안하였으며, 감압밸브 시험체 및 성능시험 장치를 제작하여 이에 대한 성능을 고찰하였다.

## 2. 법적기준 및 기술현황

국내 화재안전기준에 따르면 옥내소화전설비의 경우 소방호스 방수노즐에서의 방수압력은 0.17~0.7 MPa(약 1.7~7 kg/cm<sup>2</sup>) 범위이어야 한다. 스프링클러설비의 경우 방수압력 범위는 0.1~1.2 MPa(약 1 kg/cm<sup>2</sup>~12 kg/cm<sup>2</sup>) 이다<sup>(1,2)</sup>.

<sup>†</sup>Corresponding Author, E-Mail: yhpark@hoseo.edu  
TEL: +82-41-540-5733, FAX: +82-41-540-5728

ISSN: 1738-7167  
DOI: http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2013.27.1.026

현재 국내 수계소화설비에 설치되어 있는 감압밸브는 대개 밸브 내부의 물 흐름 구멍을 여닫는 구조의 것으로서, 여닫이용 메인밸브의 구동 방식에 따라 직동식, 파이로트식 등이 있다. 직동식은 압력조절 스프링에 의해 감압비를 조절하는 것으로 스프링과 연결된 다이어프램 또는 벨로우즈에 의해 메인 밸브가 구동되며, 파이로트식은 2차 측의 압력을 감지하는 파이로트 부분이 있어 2차 측의 스프링 압력과 비교하여 설정 압력을 유지하는 방식으로 정밀한 압력조절이 가능하다<sup>(6,7)</sup>. 감압성능은 물 흐름 구멍을 여닫는 정도에 따라 유체의 유입압력(1차 측 압력)과 유출압력(2차 측의 압력)간의 차압에 의해 이루어지며, 밸브 내 누수 발생 시에는 이 차압이 없어서 감압효과가 없어진다.

### 3. 실험장치 및 실험방법

#### 3.1 시험체 및 성능시험장치

Figure 1의 자동 균압 방지 감압밸브는 일반적인 직동식이나 파이로트식의 감압밸브 형태와는 달리 압력조절 스프링이나 다이어프램, 파이로트 부분이 없는 간단한 형태이다. 이 때 밸브 내 피스톤의 1차 측 유입부와 2차 측 유출부 간에는  $P_1A_1=P_2A_2$  가 성립하므로 감압비(R)는

$$R=P_1/P_2=A_2/A_1 \quad (1)$$

로 결정된다.(단, P는 압력, A는 단면적)

구조는 내부에 상하가 통하는 계단식의 고정 실린더(②)가 몸체(①)에 접속되어 있고, 고정 실린더 내에는 실린더의 내면을 따라 미끄럽게 상하 이동하는 피스톤(③)이 들어있으며, 고정 실린더의 아랫부분 측벽에는 물이 통과할 수 있는 유통구(⑨)가 형성되어 있다. 실린더와 피스톤의 사이에는 위치에 따라 슬라이딩 시일(seal) 및 밀폐 시일

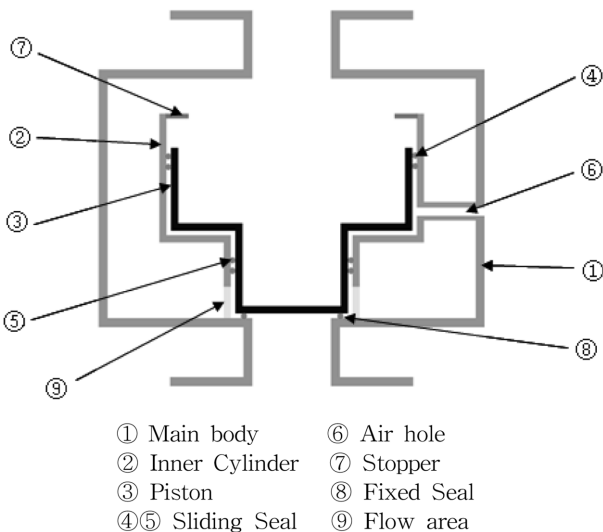
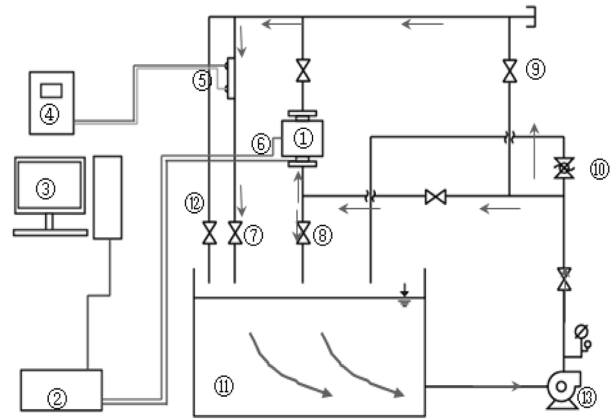


Figure 1. Schematic diagram of developed pressure reducing valve.



- ① Pressure reducing valve sample
- ② Data logger    ③ PC
- ④ Ultrasonic flowmeter
- ⑤ Transducer    ⑥ Pressure transmitter
- ⑦ Flow control valve
- ⑧ Pressure control valve
- ⑨ Gate valve    ⑩ Safety valve
- ⑪ Water tank
- ⑫ Air valve    ⑬ Pump

Figure 2. Layout of the test facility.



a)Ultrasonic flowmeter b)pressure sensor

Figure 3. Measuring devices.

(⑧)이, 틈새공간과 밸브외피 사이에는 통기구(air hole ⑥)가 형성되어 있고, 작동 시 피스톤이 실린더 밖으로 이탈되지 않도록 스톱퍼(stopper ⑦)가 있다.

Figure 2는 성능시험 장치를 나타낸 것으로 펌프를 이용하여 수조의 물을 화살표 방향으로 순환하는 방식이며, 유량조절밸브와 1차 측 압력조절밸브를 조작하여 시험유량 및 압력을 설정하였다.

디지털 압력계를 자동 균압 방지 감압밸브 시험체의 1차 측과 2차 측에 있는 압력 관에 설치하고, 초음파 유량계(Xonic-100)의 센서를 2차 측 배관에 설치하여 유량과 압력 측정 데이터를 수집하였다. Figure 3은 디지털 압력계와 초음파 유량계 사진이다.

#### 3.2 실험방법

본 연구에 사용된 자동 균압 방지 감압밸브 시험체의 감압비는 3 : 1로 설계 및 제작되었으며, 실험은 크게 감압비 시험과 균압 시험의 두 가지를 수행하였다. 감압비 시험은

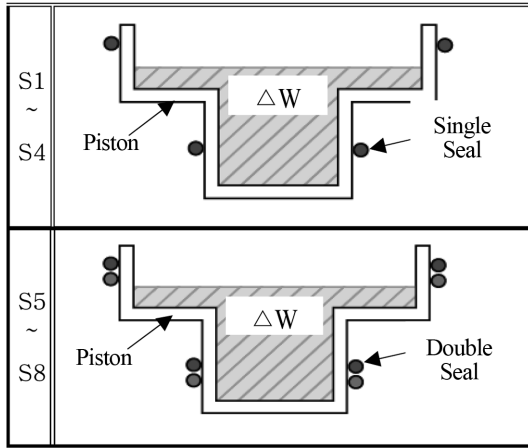


Figure 4. Moving piston with weight increment ( $W=0, 224, 444, 664$  g).

감압밸브 내부의 피스톤 중량, 마찰력에 영향을 주는 시일의 종류, 그리고 설정압력 및 통과유량 변화에 따른 감압비의 변동을 측정하는 것이고, 균압 시험은 순방향 및 역방향으로 1차 측과 2차 측간에 일정 차압 조건에서 수조 내에서 72시간 이상 유지 시 압력의 변화 및 기포 발생 여부를 관찰하는 것이다.

이동 피스톤의 무게에 따른 감압비의 변화를 살펴보기 위하여, 피스톤의 기본중량에 224, 444, 664 g의 추가중량을 가하면서 실험하였으며, 시일의 종류에 따른 마찰력의 영향을 관찰하기 위하여 1개씩의 O링을 사용하는 경우와 2개씩의 O링을 사용하는 경우를 검토하였다. 1차 측 유입압력과 유량은 압력조절밸브와 유량조절밸브를 조절하여 설정하였으며, 압력은 0.4~1.0 MPa 범위에서 0.1 MPa 간격으로, 유량은 최소 80 lpm에서 최대 440 lpm까지 필요량만큼 증가시키면서 실험을 수행하였다. 감압비 시험 시험체 종류는 Figure 4와 같이 감압비가 3 : 1로 설계 제작된 시험체 S1~S8를 사용하였다.

균압 시험에서는 기본 중량의 피스톤을 갖는 감압밸브 시험체 S1과 S5를 사용하였다. 먼저 순방향 누설시험으로 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 MPa의 압축공기를 감압밸브 1차 측에 각각 충전시킨 뒤 2차 측의 감압된 지시압력을 측정하고 물속에서 72시간 이상 방치한 후 2차 측 지시압력의 변화와 기포 발생 여부를 관찰하였으며, 다음으로 역방향 누설 시험에서는 감압밸브 2차 측에 압축공기를 0.32 MPa까지 충전한 후 감압밸브의 2차 측을 폐쇄하고 이를 수조에서 72시간 방치한 후 감압밸브 2차 측의 압력 변화 여부와 1차 측에서의 기포 발생 여부를 확인하였다.

#### 4. 결과 및 고찰

##### 4.1 감압비 성능시험

O링의 종류별로 설정 압력과 흡입유량 변화에 따른 감

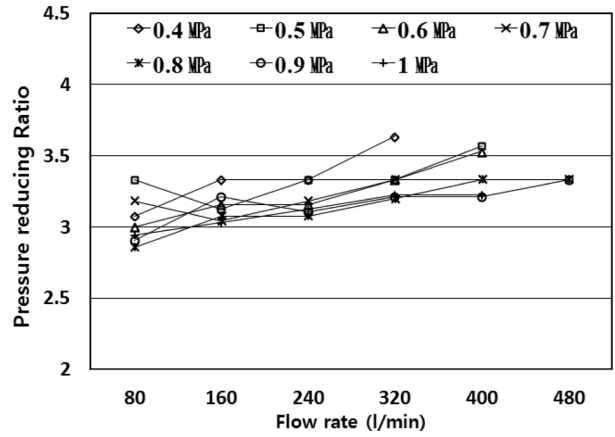


Figure 5. Pressure reducing ratio vs. flow rate with  $\Delta W=0$  g (Single Seals).

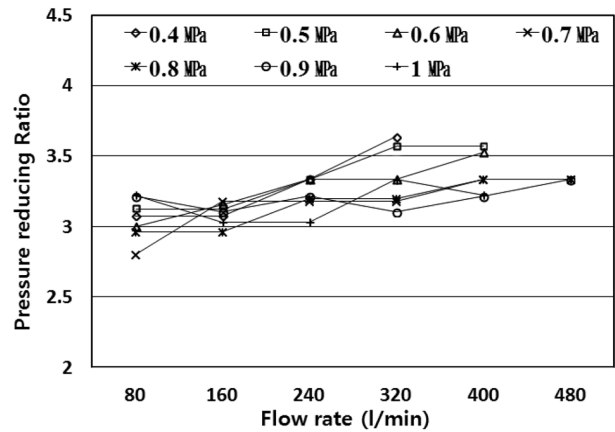


Figure 6. Pressure reducing ratio vs. flow rate with  $\Delta W=0$  g (Double Seals).

압비 변화를 측정하여 각각 Figure 5와 Figure 6에 나타내었다.

그림에서 보는 바와 같이 시험 감압밸브의 감압비는 1차 측 설정압력, 통과유량, 측정오차 등의 영향을 받아 약 2.8~3.6 정도의 분포를 나타내었으며, 시일의 종류에는 별다른 영향이 없는 것으로 나타났다. 하지만 이는 설계 기준 감압비 3.3 대비 약  $\pm 11\%$ 의 변동 범위를 갖는 것으로 수계소화설비의 다양한 조건 변화에도 불구하고 현장 활용이 충분히 가능한 것으로 판단된다.

Figure 7은 피스톤 충전중량 0 g, 설정압력 0.7 MPa로 일정할 때, 유입유량 변화에 따른 감압비 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 피스톤 중량과 압력이 일정할 경우 시일의 종류에 관계없이 유입유량이 증가할수록 감압비는 조금씩 증가하는 것으로 나타났으며 감압비 총 변동 폭은 0.5 정도로 그리 크지 않았다. 이러한 현상은 일정 압력 하에서 유입유량이 증가할수록 유속이 빨라지고 감압 밸브 내 압력손실이 더 커져서 2차 측의 압력이 설계 값보다 더 작아지기 때문으로 추정되었다.

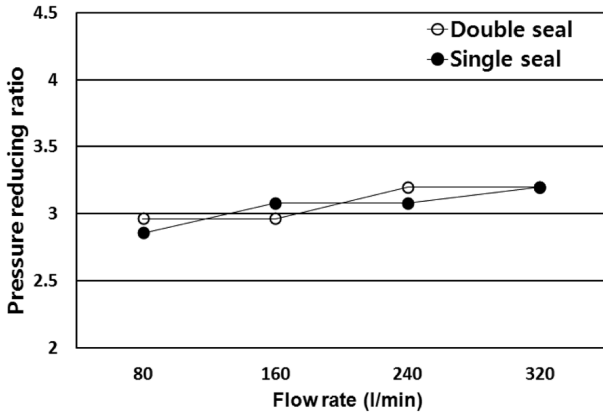


Figure 7. Pressure reducing ratio vs. flow rate (at  $\Delta W=0$  g, 0.7 MPa).

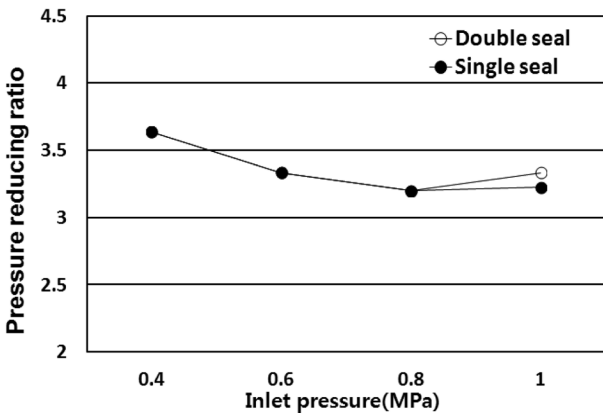


Figure 8. Pressure reducing ratio vs. inlet pressure (at  $\Delta W=0$  g,  $Q=240$  lpm).

Figure 8은 피스톤 충전중량 0 g, 통과유량 240 lpm로 일정할 경우 1차 측 설정압력 변화에 따른 감압비 변화를 측정된 결과이다. 그림과 같이 통과유량이 일정할 경우 시일의 종류에 상관없이 1차 측 설정압력이 증가할수록 감압비는 오히려 조금씩 감소하는 것으로 나타났다. 이는 1

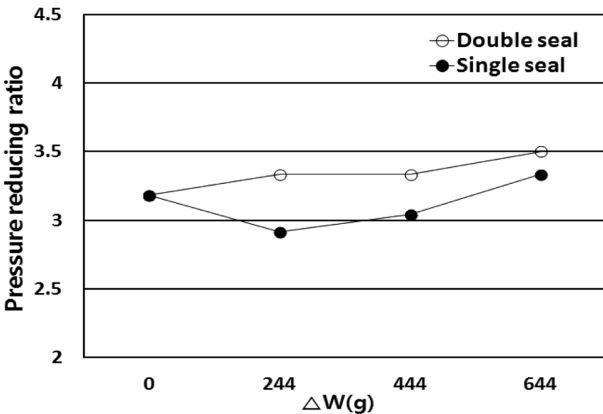


Figure 9. Pressure reducing ratio vs. piston weight increment (at  $Q=240$  lpm, 0.7 MPa).

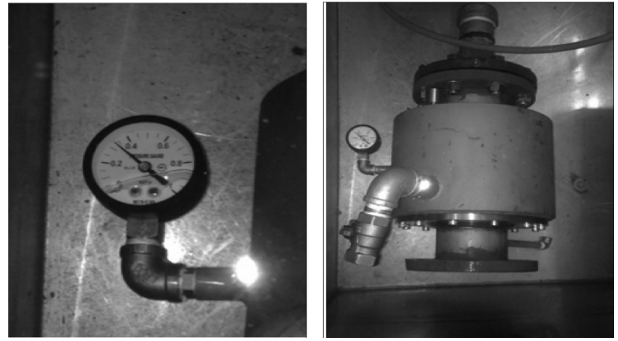


Figure 10. Performance test for pressure equalization inside the valve.

차 측 설정압력이 증가함에 따라 피스톤에 미치는 힘이 증가하면서 통과 유효흐름 면적을 증가시켜 2차 측의 토출 속도는 감소하는 반면 압력은 증가하기 때문으로 분석되었다.

Figure 9는 설정압력 0.7 MPa, 유입유량 240 lpm로 일정하게 할 경우 피스톤의 중량 변화에 따른 감압비 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 피스톤 충전중량( $\Delta W$ )이 0 g일 경우 감압비는 시일의 종류에 관계없이 비슷하게 측정되었으나, 이후 피스톤 충전중량이 증가할수록 감압비는 조금씩 증가하는 것으로 나타났다. 이는 피스톤 충전중량이 증가될수록 피스톤의 자중이 증가되면서 통과 유효흐름 면적이 조금씩 감소하게 되어, 2차 측의 토출속도는 증가하는 반면 압력은 감소하기 때문으로 분석되었다. 하지만 이때의 감압비 변동 폭은 0.4 이내여서 전반적인 성능에는 별 문제가 없는 것으로 나타났다.

#### 4.2 균압 방지 성능시험

Figure 10은 누설에 의한 균압 현상을 규명하기 위하여 감압밸브 2차 측에 압력계가 부착된 채 수조에 담겨진 감압밸브 시험체 모습을 나타내고 있다. 순방향 누설시험에서는 밸브 1차 측에서의 압력 변화에도 불구하고 2차 측 압력계의 초기 지시압은 전혀 강하되지 않았고, 기포도 전혀 발생되지 않는 것으로 관찰되었다. 이는 1, 2차 측간의 압력차에 의해 물 유통구를 통해 2차 측으로 공기 누설이 일어날 수 있음에도 불구하고 2차 측으로의 공기유입이 진행될수록 2차 측에서 1차 측으로 향하는 피스톤의 힘 또한 더욱 증가함으로써 밀봉 시일의 밀봉력을 더욱 강화시키는 자동 셀프 록 기능 때문으로 추정된다. 역방향 누설시험에서는 2차 측과의 높은 차압에도 불구하고 1차 측에서 기포 발생이 관찰되지 않음으로써 밀봉 시일을 통한 역방향 누설도 전혀 일어나지 않음을 나타내었다.

### 5. 결 론

새로운 개념의 자동 균압 방지 감압밸브에 있어서 이론 감압비 3:1로 설계 제작된 시험체에 대하여 시일의 종류,

피스톤 중량, 1차 측 설정 압력, 통과 유량 등 다양한 조건에 대한 감압비 성능을 조사한 결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. 피스톤 중량과 압력이 일정할 경우 시일의 종류에 관계없이 유입유량이 증가할수록 감압비는 최대 10% 정도 증가하였는데, 이는 유속 증가에 따른 압력손실 증가 때문으로 추정되었다.

통과유량이 일정할 경우 시일의 종류에 상관없이 1차 측 설정압력이 증가할수록 감압비는 오히려 최대 11% 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 1차 측 설정압력이 증가함에 따라 피스톤에 미치는 힘이 증가하면서 통과 유효흐름 면적을 증가시켜 2차 측의 토출속도는 감소하는 반면 압력은 증가하기 때문으로 분석되었다.

피스톤 충전중량이 증가할수록 감압비는 최대 9% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 피스톤 충전중량이 증가될수록 피스톤의 지중이 증가되면서 통과 유효흐름 면적이 조금씩 감소하게 되어, 2차 측의 토출속도는 증가하는 반면 압력은 감소하기 때문으로 분석되었다.

2. 시험체 감압밸브의 감압비는 1차측 설정압력, 통과유량, 측정오차 등의 영향을 받아 약 2.8~3.6 정도의 분포를 나타내었으며, 시일의 종류에는 별다른 영향이 없는 것으로 나타났다. 하지만 이는 설계 기준 감압비 3.3 대비 최대 약  $\pm 11\%$ 의 변동 범위를 갖는 것으로 수계소화설비의 다양한 조건 변화에도 불구하고 현장 활용이 충분히 가능하다고 판단된다.

3. 누설에 의한 균압 현상이 본 시험체에서는 발생되지 않았으며, 이는 구조적인 특징인 피스톤의 자동 셀프 록

(self-lock) 기능 때문으로 추정되었다. 따라서 기존 감압밸브의 장시간 사용에 따른 누설로 인한 균압 현상을 근본적으로 방지할 수 있는 대안으로 활용될 수 있다고 본다.

## 감사의 글

“이 논문은 2011년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임”(과제번호 2011-0063).

## 참고문헌

1. NFSC 102, “Standard for Stand-pipe System”, National Emergency Management Agency (2007).
2. NFSC 102, “Standard for Sprinkler System”, National Emergency Management Agency (2007).
3. NFPA 103, “Standard for Pressure Reducing Valve” (2008).
4. S. W. Park, “A Characteristics of Structure and Adaptation of Pressure Reducing Valve”, International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, lecture in sanitation divisions (1995).
5. C. O. Lee, “A Study on the Pressure Reducing Valve For Fire Protection”, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 4, No. 2, pp. 58-63 (2008).
6. www.spiraxsarco.co.kr.
7. Y. J. Yeo, “Engineering for Fire Suppression System Using Water”, Korea Fire Laboratory (2006).