

오리피스 직경에 따른 감압성능에 관한 연구

박봉래 · 윤기조* · 장경남** · 최정웅** · 백은선**†

미르엔지니어링(주), *휴캠스(주), **동신대학교소방행정학과

A Study on the Decompression Performance by the Orifice Diameter

Bong-Rae Park · Ki-Jo Yun* · Kyeong-Nam Jang** ·
Jung-Ung Choi** · Eun-Sun Baek**†

Mir Engineering, Co., Ltd.

*Hu-chems. Co., Ltd.

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

(Received October 16, 2012; Revised December 7, 2012; Accepted December 7, 2012)

요 약

현대건축물의 고층화는 소화설비의 적용을 어렵게 하여 기존 방식으로는 소화설비의 적합한 기능 부여에 한계가 따르기도 한다. 그중에서 옥내소화전설비는 건축물에 많이 설치된 소화설비로서 화재 시 관계인이 밸브조작 및 호스와 노즐을 수동으로 사용해야하는 설비이다. 따라서 방수압력이 높은 경우 반동력이 커 옥내소화전설비 사용의 어려움과 호스의 파손 등의 문제가 발생할 수 있다. 이를 방지하기위해 사용되는 감압방식 중 옥내소화전방수구인 앵글밸브에 감압밸브를 부착하여 사용하는 경우가 많은데, 고층건축물인 경우 감압밸브의 설치에도 불구하고 방수압력이 높아 안정적인 사용이 어려운 경우가 발생한다. 이를 확인하기위해 오리피스 직경에 따른 감압성능을 측정하여 이를 근거로 반동력을 산출하였다. 이의 결과로 고층과 같이 높은 압력이 요구되는 상황에서 안정된 감압을 위해서는 다양한 직경의 감압밸브의 생산이 요구된다는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The modern trend for high-rise buildings makes the application of fire protection systems difficult and the current systems have a limitation to provide appropriate functions. Indoor hydrant systems are fire suppression systems installed in most buildings that require valves, hoses, and nozzles to be manually operated in the event of a fire. Therefore, high discharge pressure can cause difficulty in the operation of indoor fire hydrant systems and damage to hoses due to a high reaction force. To prevent these problems, the pressure is reduced and decompression valves are commonly installed at angle valves which are the discharge points of indoor hydrants. In the case of high-rise buildings, however, there are cases where stable operation is difficult even with the installation of decompression valves. To verify this, we have measured the decompression performance by the orifice diameter and calculated the reaction force. Results of the study showed that decompression valves need to be produced in different sizes to provide stable decompression where high pressure is required as in high-rise buildings.

Keywords : indoor hydrants, decompression, reaction

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대사회건축물의 특징으로 고층화 · 대형화 · 복잡화의 경향은 생활의 편리성과 사회적 비용의 절감이라는 경제성을 기반으로 발전하고 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 고층화 · 대형화 · 복잡화된 현대건축물은 기존의 건

축물에 비해 실내수용인원증가와 이용자의 편의를 위한 자동화로 인해 많은 전기 · 전자장치들이 사용되고 있어 기존 건축물에 비해 화재로부터 실내거주자의 안전성확보에 어려움이 따른다. 이에 따라 현대의 건축물에 적용되는 소화설비의 신뢰성이 더욱 요구된다. 특히 옥내소화전설비는 소화설비의 기본이라 할 만큼 다수의 건축물에서 사용되고 있어 초기소화에 중요한 설비이다.

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

ISSN: 1738-7167
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2012.26.6.057>

Table 1. Number of Cases on Operation and use of Fire Protection Facility

Classification	Total (Number of fire/Use)	Fire extinguish		Indoor hydrant system		Sprinkler system, etc		Automatic fire detection system		Emergence alarm system	
		Total	Use	Total	Use	Total	Use	Total	Use	Total	Use
Fire protection facilities	43,875 / 9,792	7,060	5,714	1,868	1,282	687	313	2,753	1,755	1,166	728

2011년 소방방재청의 국가화재정보시스템 통계자료에 의하면 Table 1과 같이 화재발생상황에서 옥내소화전 설비를 사용한 경우가 1,282건으로 스프링클러 및 기타자동 소화설비를 사용한 경우인 313건보다 월등히 많다는 것을 알 수 있다⁽¹⁾. 그러나 옥내소화전은 완전한 고정식설비가 아니므로, 화재 시 방수구에 연결된 호스를 전개하여 노즐을 통하여 화점에 방수하여 소화를 시킨다. 따라서 방수압력이 높은 경우 반동력이 커 소화 작업을 하는데 저항을 받으며 호스 등의 파손우려가 있다. 이에 따라 「옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)」에는 ‘노즐서너단에서의 방수압력이 0.7 MPa를 초과할 경우에는 호스접결구의 인입 측에 감압 장치를 설치하여야 한다’라고 규정되어 있다⁽²⁾. 이 규정에 따라 고압 발생의 우려가 있는 경우 방수노즐의 방수압력을 감소시켜 사용해야 하는데 감압방법 중 공간적경제적으로 가장 유리한 방법으로 방수구에 감압오리피스를 체결하여 감압하는 방식이 현재 가장 많이 사용되고 있다. 이 방식은 감압오리피스의 급격한 축소와 확대에 의한 유동손실에 따라 압력이 감소되는 원리를 이용하는 것이다. 그러나 감압오리피스에 의한 감압방식이 많이 사용되고 있음에도 불구하고 실험 등의 연구 자료가 충분치 않고 제조회사의 자료에 의존하여 관행적으로 사용되는 경우가 많다. 따라서 방수압력과 오리피스 직경과의 관계를 실험을 통하여 확인하고 그에 대한 자료를 공유하여 적용성이 뛰어난 감압밸브의 개발에 도움이 될 수 있도록 하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

1.2 연구 및 개발동향

최근에 연구된 옥내소화전에 대한 연구로는 “옥내소화전설비의 방수압 측정 개선에 관한 연구”⁽³⁾가 있으며 연구 주제는 옥내소화전 설비의 방수압 측정을 위한 드레인 배관 설치에 대하여 연구하였다.

스프링클러설비와 소화펌프에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는데 반해 옥내소화전설비가 많이 사용되고 있음에도 최근에 옥내소화전설비에 대한 연구는 미미하다. 근래에는 옥내소화전보다는 호스릴 소화전이 주목받고 있어 더욱 옥내소화전의 연구가 소외되고 있는 느낌이다. 하지만 옥내소화전설비가 다른 설비에 비해 단순한 것은 사실이나 오히려 단순하기에 신뢰성이 높다는 점을 고려하면 옥내소화전설비의 중요성이 재조명되어야 할 것으로 생각한다.

2. 이론적 배경

2.1 반동력

「옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)」에서 ‘노즐선단에서의 방수압력이 0.7 MPa를 초과할 경우에는 호스접결구의 인입 측에 감압 장치를 설치하여야 한다’라고 규정되어있는 이유는 일반인이 소화활동상 지장을 받지 않기 위해서는 소방대의 1인당 반동력을 20 kgf로 제한하고 있기 때문이다⁽⁴⁾. 이를 식으로 나타내면 반동력

$$R=0.015 \times P(\text{kg/cm}^2) \times d^2(\text{mm}^2) \quad (1)$$

R: 반동력, P: 노즐의 압력, d: 노즐구경

즉, 반동력을 20 kgf로 제한하기위한 노즐압력은 $P=20/(0.015 \times 13 \times 13)=7.98 \text{ kgf/cm}^2=0.78 \text{ MPa}$ 이므로 0.7 MPa로 압력을 제한하고 있는 것이다.

2.2 옥내소화전의 감압방법

옥내소화전을 감압하는 방식에는 크게는 4가지가 있다. 고가수조를 이용하여 하부층의 고압부를 자연압력으로 가압하는 방식, 펌프 및 배관을 분리하는 방식, 중계펌프를 이용하여 상층부와 하층부를 분리시키는 방식, 그리고 감압밸브를 사용하는 방식이다. 그중에서 감압밸브를 사용하는 방식에는 주 배관을 감압하는 방식과 옥내소화전 방수구인 앵글밸브에 개별감압밸브를 부착하는 방법이 있다. 이들 중에서 주배관을 감압하는 방식과, 기타의 방식은 비용과, 현장 여건에 따른 설치의 제약이 있으므로, 앵글밸브에 감압밸브를 부착하는 방식이 주로 사용되고 있다^(5,6).

2.3 오리피스의 감압능력

2.3.1 오리피스전후의 유동손실

소화전의 앵글밸브에 사용되는 감압밸브의 감압원리는 물이 오리피스를 통과하는 동안에 발생하는 급격한 축소와 급격한 확대를 통한 유동손실수두가 압력손실로 변화되어 감압이 되는 것이라고 할 수 있다. 그에 대한 식은

$$\text{급 축소: } \Delta H_L(\text{m})=K \cdot \frac{V_w^2}{2g} \quad (2)$$

$$\text{축소손실계수 } K=\left(\frac{1}{A_C}-1\right)^2$$

Table 2. Coefficient of Contraction⁽⁷⁾

A_2/A_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Ac	0.61	0.62	0.63	0.65	0.67	0.70	0.73	0.77	0.84	1.00
$(1/Ac-1)^2$	0.41	0.38	0.34	0.29	0.24	0.18	0.14	0.089	0.036	0

$$Ac = \frac{A_2}{A_1} \text{에 대한 축소계수}$$

$\Delta H_L(m)$: 축소손실(m)

K: 축소손실계수

V_2 : 축소부의 유속(m/sec)

g: 중력가속도(kgf · m/sec)

A_1 : 축소 전 단면적

A_2 : 축소 후 단면적

$$\text{급 확대: } \Delta H_L(m) = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad (3)$$

$\Delta H_L(m)$: 확대손실(m)

V_1 : 확대 전의 유속(m/sec)

V_2 : 확대 후의 유속(m/sec)

g: 중력가속도(kgf · m/sec)

로 나타낼 수 있으며, 급격한 축소관로에서의 축소손실계수는 Table 2와 같다. 축소되는 오리피스의 직경이 작을수록 감압 효과가 크다는 것을 알 수 있다.

그리고 오리피스의 확대 시에 발생하는 난류에 의한 손실수두 또한 고려해야 할 유동손실의 하나이다.

2.3.2 호스의 마찰손실

오리피스 2차 축의 호스마찰손실은 Hazen-Williams의 식을 사용하며, 호스의 조도계수인 C 값은 일본의 마호스를 기준으로 하여 산출한다. 그 기준은 Table 3와 같다.

Table 3의 식에서 유량을 국내기준인 130 LPM으로 수정하고 Hazen-Williams의 식을 사용하여 조도계수인 C값을 구하면

$$C = 1.85 \sqrt[4]{6.053 \times 10^4 \times \frac{130^{1.85}}{(0.0098 \times 0.26) \times 40^{4.87}}$$

이므로 C=76.48이다.

Table 3. Pressure Loss of Hose (Per 100 m)⁽⁴⁾ (Unit: m)

Flow rate (LPM)	Diameter of Hose(mm)			
	40		50	
	Weaving hose	Rubber coating	Weaving hose	Rubber coating
150	26 m	12 m	7 m	3 m

3. 연구의 범위 및 방법

앞서의 내용을 바탕으로 본 연구의 범위는 옥내소화전 방수구인 앵글밸브(이하 앵글밸브로 표기)에 부착하는 감압밸브를 중심으로 진행하였으며, 현재 생산중인 감압밸브를 이용하여 직경이 다른 각 각의 오리피스를 만들고 압력 조건 변화에 따른 감압성능을 측정하여 앞의 식과 비교하여 일치성을 확인하고 고층건물에 적용가능 여부를 파악해 보고자 한다. 또한 연구방법으로는 현재 생산중인 24 mm 오리피스를 바탕으로 각 직경별로 준비한 오리피스를 장착한 후 앵글밸브에 부착하여 압력에 따른 감압오리피스의 감압범위와 반동력의 연관성을 찾기 위해 양정이 다른 3가지 펌프를 사용하여 압력에 따른 감압능력과 오리피스의 직경 변화에 따른 감압능력의 변화와 반동력에 미치는 영향을 확인하였다. 또한 압력측정방법으로는 측정오차를 줄이기 위해 피토키이지 사용과 매개금구를 사용하는 방법 등 2가지 방법을 모두 사용하여 압력을 측정하였고 그에 대한 시설개요는 Figure 1과 같으며, 실험 장소는 고압펌프가 설치되고 펌프의 성능이 다른 3곳에서 실시하였다.

또한, 준비한 오리피스는 Figure 2와 같이 패키징을 제외한 시제품(24 mm), 19 mm, 14 mm, 9 mm 등 5 mm 단위

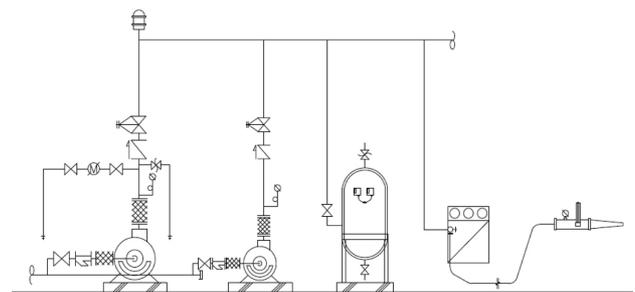


Figure 1. Testing system of indoor hydrant.



Figure 2. Reducing orifices of inner hydrant.

Table 4. Area Ratio (A_2/A_1)

Orifice	none	24 mm	19 mm	14 mm	9 mm
(A_2/A_1)	1	0.360	0.226	0.123	0.051

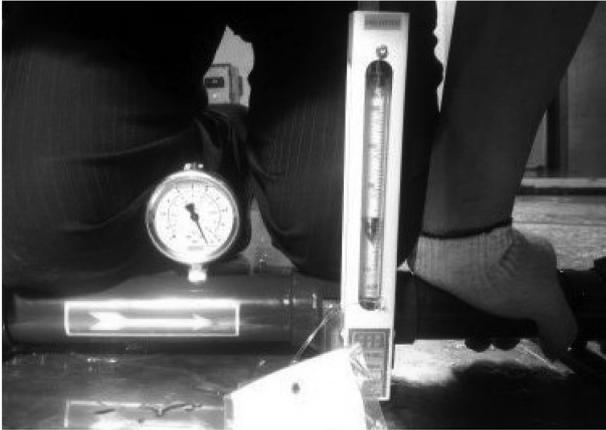


Figure 3. Test of the Straight-spray type nozzle.



Figure 4. Test of the Pitot gauge.

로 4가지 형태의 오리피스를 사용하였다.

각 오리피스별 면적 비는 Table 4와 같다.

내부에 고무패킹이 부착된 시제품은 내부고무부분의 교축에 따른 측정의 오류를 줄이기 위해 본 실험에서 제외하였다.

1) 1차 실험은 A대학의 실험실에서 실시하였다. 펌프의 체절 압력은 1.03 MPa로 측정되었으며 감압 오리피스를 사용하지 않고 말단에 직사형 노즐(직경 13 mm)을 사용하여 측정된 방수압은 0.87 Mpa이었다. 호스와 노즐 등의 변경 없이 동일한 조건으로 직경별로 준비된 오리피스를 앵글밸브에 부착하고 각 각의 방수량과 방수압을 측정하였다.

2) 2차 실험은 B회사의 실험실에서 실시하였으며, 펌프의 체절압력은 1.37 MPa로 측정되었고, 감압 오리피스를 사용하지 않고 말단에 직사형 노즐(직경 13 mm)을 사용하

여 측정된 방수압은 1.18 Mpa이었다. 그 외 실험은 1차 실험과 동일하게 진행되었다.

3) 3차 실험은 고층건물인 C빌딩에서 실시하였으며, 펌프의 체절압력은 1.57 MPa로 측정되었고, 감압 오리피스를 사용하지 않고 말단에 직사형 노즐(직경 13 mm)을 사용하여 측정된 방수압은 1.37 Mpa이었다. 그 외 실험은 1차 및 2차 실험과 동일하게 진행되었다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 실험결과

각 회차별 실험 결과와 이론손실 값은 다음과 같다.

이론 손실 값은 축소손실, 확대손실, 난류에 의한 손실, 호스마찰손실로 구성되나 난류에 의한 마찰손실을 제외하고 산출하였다.

4.1.1 1차 실험 결과

Table 5. Result of Flow rate & Pressure (1st)

Reducing Orifice	Flow rate (LPM)	Pressure (MPa)
none	310	0.87
24 mm	305	0.83
19 mm	260	0.69
14 mm	220	0.49
9 mm	115	0.10

4.1.2 1차 이론손실

1) 1구간(none)

축소 및 확대에 따른 유동손실을 발생하지 않으며, 호스 마찰손실만 발생한다.

호스마찰손실은

$$6.053 \times 10^4 \times \frac{310^{1.85}}{76.48^{1.85} \times 40^{1.85}} \times 15 \text{ 에서}$$

$\Delta P = 0.1908 \text{ MPa}$ 이다.

2) 2구간(24 mm)

(1) 축소손실

(식2)에 의하여 $\Delta H_L(m) = K \cdot \frac{V_2^2}{2g}$ 에서

$K = 0.31$ (Table 2 - 직선보간법에 의한)

$Q = 305 \text{ LPM}$,

$A_1 = 40 \text{ mm}$, $A_2 = 24 \text{ mm}$ 이므로,

$$\Delta H_L(m) = 0.31 \times \frac{11.24^2}{2 \times 9.8} = 2.0 \text{ m}$$

(2) 확대손실

(식3)에 의하여 $\Delta H_L(m) = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$ 에서

$$\Delta H_L(m) = \frac{(11.24 - 4.05)^2}{2 \times 9.8} = 2.64 \text{ m}$$

(3) 호스마찰손실보정

$$6.053 \times 10^4 \times \frac{305^{1.85}}{76.48^{1.85} \times 40^{1.85}} \times 15 \text{ 에서}$$

$$\Delta P = 0.185 \text{ MPa 이므로 2구간 } P - 1\text{구간 } \Delta P = 0.1851 - 0.1908 \text{ MPa} = -0.0057 \text{ MPa}$$

$$= -0.0057 / 0.0098 = -0.58 \text{ m}$$

난류를 제외한 이론손실은

$$(1)+(2)+(3) = 2.0 + 2.64 - 0.58 = 4.06 \text{ m}$$

$$4.06 \times 0.0098 = 0.04 \text{ MPa}$$

3) 3구간(19 mm)

(1) 축소손실

2)구간과 동일한 과정으로 계산하면

$$K = 0.37, Q = 260 \text{ LPM}$$

$A_1 = 40 \text{ mm}, A_2 = 19 \text{ mm}$ 이므로

$$\Delta H_L (\text{m}) = 0.37 \times \frac{15.28^2}{2 \times 9.8} = 4.41 \text{ m}$$

(2) 확대손실

2)구간과 동일과정으로 계산하면

$$\Delta H_L (\text{m}) = \frac{(15.28 - 3.45)^2}{2 \times 9.8} = 7.15 \text{ m}$$

(3) 호스마찰손실보정

$$6.053 \times 10^4 \times \frac{260^{1.85}}{76.48^{1.85} \times 40^{1.85}} = 15 \text{ 에서}$$

$$\Delta P = 0.1378 \text{ MPa 이므로}$$

$$= 0.1851 - 0.1378 \text{ MPa} = -0.0530 \text{ MPa}$$

$$= -0.0530 / 0.0098 = -5.41 \text{ m}$$

난류를 제외한 이론손실은

$$(1)+(2)+(3) = 4.41 + 7.15 - 5.41 = 6.15 \text{ m}$$

$$6.15 \times 0.0098 = 0.06 \text{ MPa}$$

동일한 방법으로 계산한 이론 손실 값은 Table 6과 같으며, 이론값과 실측값의 관계는 Table 7과 같다.

Table 7에 의하면 이론압력과 실측압력의 차이는 오리피스의 직경이 적을수록 즉, 면적비가 적을수록 크다는 것을 알 수 있다.

4.1.3 2차 실험 결과

Table 8. Result of Flow rate & Pressure (2nd)

Reducing Orifice	Flow rate (LPM)	Pressure (MPa)
none	350	1.18
24 mm	340	1.14
19 mm	310	0.95
14 mm	245	0.64
9 mm	130	0.14

4.1.4 2차 이론손실

1차 이론손실의 계산과정과 동일한 방법으로 계산한 이론 손실 값은 Table 9와 같으며 이론값과 실측값의 관계는 Table 10과 같다.

Table 10에 의하면 2차 실험에서도 1차와 같이 이론압력과 실측압력의 차가 오리피스의 직경이 적을수록 즉, 면적비가 적을수록 크다는 것을 알 수 있다.

Table 6. Theory of Pressure Loss (1st)

Reducing Orifice	Loss of Sudden collapse (m)	Loss of Sudden Enlargement (m)	Hose loss Difference (MPa)	Sum of loss (MPa)
none	0	0	0	0
24 mm	2.0	2.6	-0.0058	0.04
19 mm	4.4	7.1	-0.053	0.06
14 mm	11.57	22.3	-0.090	0.24
9 mm	19.91	41.7	-0.160	0.44

Table 9. Theory of Pressure Loss (2nd)

Reducing Orifice	Loss of Sudden collapse (m)	Loss of Sudden Enlargement (m)	Hose loss Difference (MPa)	Sum of loss (MPa)
none	0	0	0	0
24 mm	2.5	3.3	-0.0125	0.04
19 mm	6.3	10.16	-0.0480	0.11
14 mm	14.36	27.64	-0.1153	0.30
9 mm	25.45	53.34	-0.2006	0.57

Table 7. Difference of Pressure (1st)

Reducing Orifice	Flow rate (LPM)	Measured Pressure (MPa)	Theory of Pressure (MPa)	Difference of pressure (MPa)
none	310	0.87	0.87	0
24 mm	305	0.83	0.83	0
19 mm	260	0.69	0.81	0.12
14 mm	220	0.49	0.63	0.14
9 mm	115	0.10	0.43	0.33

Table 10. Difference of Pressure (2nd)

Reducing Orifice	Flow rate (LPM)	Measured Pressure (MPa)	Theory of Pressure (MPa)	Difference of pressure (MPa)
none	350	1.18	1.18	0
24 mm	340	1.14	1.14	0
19 mm	310	0.95	1.07	0.12
14 mm	245	0.64	0.88	0.24
9 mm	130	0.14	0.61	0.47

4.1.5 3차 실험 결과

Table 11. Result of Flow rate & Pressure (3rd)

Reducing Orifice	Flow rate (LPM)	Pressure (MPa)
none	375	1.37
24 mm	350	1.32
19 mm	320	1.06
14 mm	255	0.71
9 mm	140	0.17

Table 12. Theory of Pressure Loss (3rd)

Reducing Orifice	Loss of Sudden collapse (m)	Loss of Sudden Enlargement (m)	Hose loss Difference (MPa)	Sum of loss (MPa)
none	0	0	0	0
24 mm	2.6	3.5	-0.0325	0.03
19 mm	6.7	10.83	-0.0690	0.10
14 mm	15.56	29.95	-0.1384	0.31
9 mm	29.51	61.86	-0.2275	0.67

Table 13. Difference of Pressure (3rd)

Reducing Orifice	Flow rate (LPM)	Measured Pressure (MPa)	Theory of Pressure (MPa)	Difference of pressure (MPa)
none	375	1.37	1.37	0
24 mm	350	1.32	1.34	0.02
19 mm	320	1.06	1.27	0.12
14 mm	255	0.71	1.06	0.24
9 mm	140	0.17	0.70	0.47

4.1.4 3차 이론손실

1차 이론손실의 계산과정과 동일한 방법으로 계산한 이론 손실 값은 Table 12과 같으며 이론값과 실측값의 관계는 Table 13과 같다.

Table 13에 의하면 3차 실험에서도 1, 2차와 같이 이론 압력과 실측압력의 차가 오리피스의 직경이 적을수록 즉, 면적비가 적을수록 크다는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 오리피스 축소 후 확대되는 부분에서 발생하는 난류에 의한 손실수두의 영향이라 생각한다. 즉, 오리피스의 직경비가 적을수록 난류층의 길이가 길어지게 되어 이로 인한 압력손실이 커진다는 것을 의미한다.

4.2 분석

각 결과에 따른 마찰손실 및 반동력의 계산결과는 Table 14, Table 15, Table 16과 같다.

Table 14. Result of Pressure Loss (1st)

Reducing Orifice (A ₂)	Flow rate (LPM)	Release Pressure (MPa)	Pressure Difference (MPa)	Diameter (mm) (A ₁)	Reaction (Kgf)
none	310	0.87	0	40	22.56
24 mm	305	0.83	0.04	40	21.55
19 mm	260	0.69	0.19	40	17.75
14 mm	220	0.49	0.38	40	12.68
9 mm	115	0.10	0.77	40	2.54

Table 15. Result of Pressure Loss (2nd)

Reducing Orifice (A ₂)	Flow rate (LPM)	Release Pressure (MPa)	Pressure Difference (MPa)	Diameter (mm) (A ₁)	Reaction (Kgf)
none	350	1.18	0	40	30.42
24 mm	340	1.13	0.05	40	29.15
19 mm	310	0.95	0.23	40	24.59
14 mm	245	0.64	0.54	40	16.48
9 mm	130	0.14	1.04	40	3.55

Table 16. Result of Pressure Loss (3rd)

Reducing Orifice (A ₂)	Flow rate (LPM)	Release Pressure (MPa)	Pressure Difference (MPa)	Diameter (mm) (A ₁)	Reaction (Kgf)
none	375	1.37	0	40	35.49
24 mm	350	1.32	0.05	40	34.22
19 mm	320	1.06	0.31	40	27.38
14 mm	255	0.71	0.67	40	18.25
9 mm	140	0.17	1.21	40	4.31

4.2.1 실험 1

Table 14에 의하면 직경 13 mm의 직사형 노즐을 사용하고 감압밸브를 사용하지 않았을 때 노즐선단의 방수압력은 0.87 MPa로 측정되었으며, 24 mm 이상의 감압오리피스를 설치하였을 경우 노즐선단의 압력은 0.7 MPa를 초과하고 반동력도 20 Kgf를 넘는다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 감압오리피스를 사용하여 감압을 한다면 노즐선단의 방수압력이 0.87 MPa 정도인 경우 감압오리피스는 19 mm 이하의 것을 사용하여야 한다는 것을 의미하며 식(2), 식(3)과 비례함을 확인할 수 있다.

4.2.2 실험 2

Table 5에 의하면 동일한 조건에서 감압밸브를 사용하지 않았을 때 노즐선단의 방수압력은 1.18 MPa로 측정되었으며, 19 mm 이상의 감압오리피스를 설치하였을 경우 노즐선단의 압력은 0.7 MPa를 초과하고 반동력도 20 Kgf를 넘는다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 감압오리피스를 사용

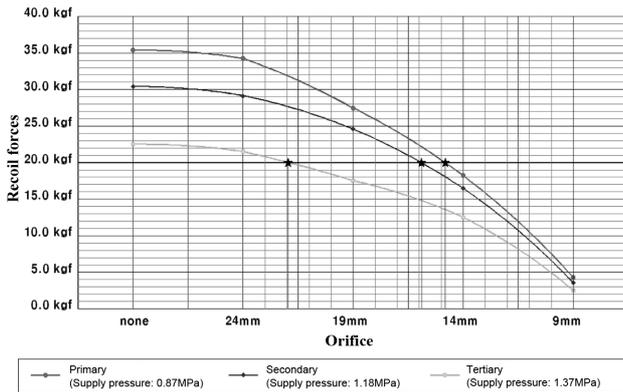


Figure 5. Reaction chart of each conditions.

하여 감압을 한다면 노즐선단의 방수압력이 0.87 MPa 정도인 경우 감압오리피스는 19 mm 미만 (예상 직경 16 mm 이하)의 것을 사용하여야 한다는 것을 의미한다(Figure 5 참조).

4.2.3 실험 3

Table 6에 의하면 동일한 조건에서 감압밸브를 사용하지 않았을 때 노즐선단의 방수압력은 1.37 MPa로 측정되었으며, 19 mm 이상의 감압오리피스를 설치하였을 경우 노즐선단의 압력은 0.7 MPa를 초과하고 반동력도 20 Kgf를 넘는다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 감압오리피스를 사용하여 감압을 한다면 노즐선단의 방수압력이 1.37 MPa 정도인 경우 감압오리피스는 14 mm 이하의 것을 사용하여야 한다는 것을 의미한다.

각 상황별 결과는 Figure 5에 나타내었다.

Figure 5에 의하면 반동력을 20 kgf로 제한하기 위해서는 노즐선단의 압력이 높을수록 감압오리피스의 직경이 작은 것을 사용해야 한다는 것을 알 수 있으며, 직경이 작은 오리피스를 사용하는 경우 반동력은 감소하지만 압력 차에 따른 반동력 감소폭은 줄어들어다는 것을 알 수 있다.

또한, Table 14, Table 15의 유량 310 LPM점과 Table 15, Table 16의 유량 350 LPM 점을 확인하면 동일유량에서도 펌프의 압력이 높을수록 말단노즐의 압력이 높아 반동력이 크다는 것을 알 수 있다. 즉, 펌프의 압력이 높아지면 동일한 방수량을 사용하는 경우 작은 직경의 오리피스를 사용해도 방수압력이 상대적으로 높아진다는 것을 의미한다. 따라서 높은 방수압력이 요구되는 고층건축물일수록 더 작

은 직경의 감압오리피스의 사용이 요구되는 것이다.

5. 결 론

옥내소화전 설비의 감압장치중의 하나인 오리피스를 이용하여 노즐의 방수압력과 직경에 따른 감압성능을 실험하여 발견된 사실은 방수압력에 따라 동일 직경의 감압 오리피스의 감압범위가 다르다는 것이다. 따라서 고압정이 요구되는 건축물에서는 펌프압력이 높아 감압오리피스를 사용하여도 하부 층에서는 충분한 감압이 되지 않아 법적 제한압력인 0.7 MPa 근처에서 방수하게 되는 경우가 발생하게 된다. 그 결과로 고압방사로 인한 문제점인 큰 반동력으로 인한 소화활동의 어려움과 호스의 파손 등의 위험성이 따르게 되며, 시간경과에 따라 노후화된 호스의 경우 파손의 위험성은 더욱 커지게 된다. 이를 예방하기 위해서는 다양한 규격의 감압오리피스를 생산하여 방수압력에 따라 안전하게 선택하여 사용할 수 있도록 해야 한다.

참고문헌

1. National Emergency Management Agency, "National Fire Date System e-fire Statistics", <http://nfd.go.kr/index.jsf>.
2. National Emergency Management Agency, "National Fire Safety Code (NFSC 102)" (2012).
3. S. H. Min and S. H. Jeong, "A Study Improvement of Discharge Pressure Measurement of Indoor Fire Hydrant System", *Jurnal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 67-72 (2012).
4. S. O. Nam, "Design & Construction of Fire Protection System" (2012).
5. Y. C. Park, Y. S. Kim, C. H. Bang, S. K. Lee and C. H. Lee, "New Fire Protection Equipment", *Dong wae Technology* (2010).
6. Y. R. Kim, D. M. Lee, S. J. Kim, Y. J. Kang, Y. H. Park and S. C. Lee, "Fire Machine Facilities", *Dong wae Technology* (2011).
7. S. K. Lee, Y. W. Park, D. M. Ha, J. H. Ku, Y. K. Kim, H. S. Sang, K. C. Choi and Y. H. Hong, "Fire Protection Fluid Mechanics", *Dong wae Technology* (2010).
8. M. W. Kim, H. J. Lyu, M. S. Kim and Y. H. Lee, "Hydraulics", *Dong wae Technology* (2002).