급수요구용량 증가에 따른 유속 변화 개선에 관한 연구

Improvement of Velocity Change Based on Increase in Fire Water Demand Capacity

이성복* · 민세홍**

Lee, Songbog*, and Min, Sehong**

Abstract

Recently, sprinkler systems have been designed based on hydraulic calculations to determine the diameter of the water supply pipe. However, the hydraulic calculation currently applied in the underground parking lot area of apartments is generally applied for economic benefits obtained by reducing the pipe size specified in the National Fire Safety Codes Installation Standard. However, the Standard overlooks the nature of hydraulic calculation. Therefore, this study examines and analyzes the flow rate, pressure, and flow rate relationship obtained by supplying a capacity higher than the water supply-demand capacity required for the hydraulic calculation as the water supply capacity of the fire pump. Accordingly, through suggesting an improvement in pressure-reducing valve installation, the firefighting system separation, pipe-diameter change application, the engineer's skill, water supply capacity, and water demand capacity could be matched to uniformly supply the minimum pressure and flow rate for each sprinkler head. It is expected that it can be improved in a direction that satisfies the hydraulic calculation standards.

Key words : Hydraulic Calculation, Fire Water Supply Capacity, Fire Water Demand Capacity, Pressure Reducing Valve, Fire Fighting System Separation

요 지

최근 스프링클러설비의 급수관 구경을 결정하는 방법으로 수리계산을 이용하여 필요에 따라 설계되고 있다. 그러나 공동주택 지하주차장 구역에서 적용되는 수리계산은 화재안전기준 설치기준에 명시한 배관 구경을 감소시킴으로 얻어지는 경제적 이익을 위한 목적으로 사용되므로 수리계산의 본질을 간과하고 있다. 따라서 본 연구에서는 소화 펌프의 급수공급용량으로 수리계산에서 필요로 하는 급수요구용량보다 더 많은 용량 공급으로 인한 유속 변화를 분석하였다. 이에 따른 감압밸브 설치, 소화 시스템 분리, 배관 구경 변경, 엔지니어의 숙련도에 대한 개선 방안을 제시하여 스프링클러 헤드별 최소의 방수압력 및 유량을 특정 지역 전체에 균일하게 공급할 수 있도록 급수 요구 용량과 급수공급용량을 일치시킬 수 있는 시스템을 구성하여 수리계산 기준에 부합하는 방향으로 개선될 수 있다고 기대한다.

핵심용어 : 수리계산, 급수공급용량, 급수요구용량, 감압밸브, 소화 시스템 분리

1. 서 론

스프링클러설비 화재안전기준(NFSC 103, 2017)의 급수관 구경을 결정하는 방식은 배관 스케줄 방식을 기본으로 사용하고 있으나 조건에 따라 수리계산 방식을 사용할 수

있도록 규정하고 있다.

국내에서 수리계산 방식은 성능 위주의 설계 대상의 특정 소방대상물 또는 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103) 제8조(배관)제3항제3호, 제9항제2호제나목, 별표1 스프링클러 헤드 수별 급수관의 구경 (주2, (주)5에 근거하여

*정회원, 가천대학교 공과대학 설비·소방공학과 박사과정(E-mail: lsbsm@hanmail.net)

Member, Ph.D. Candidate, Department of Fire & Disaster Protection Engineering, Gachon University

**교신저자, 평생회원, 가천대학교 설비·소방공학과 교수(Tel: +82-31-750-5714, Fax: +82-31-750-8746, E-mail: shmin@gachon.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University

적용하고 있다.

수리계산 방식의 근본 취지는 공학적으로 계산한 스프링클러 설비로서, 배관 구경을 압력손실에 기초하여 산정하여 규정된 살수밀도 또는 스프링클러헤드 당 최소 방수압력 및 유량을 특정 구역 전체에 균일하게 공급할 수 있는 설비라고 NFPA 13.3.3.12 (NFPA 13, 2010)에서 정의하고 있으므로 배관 스케줄 설계방식(Pipe Schedule Designed System)보다는 공학적 분석이 가능하고 효율적인 배관 구경 선정에 대한 장점이 있으므로 수리계산 방식을 적용하여야 한다.

국내에서 사용하는 수리계산 방식은 화재안전기준에서 규정된 근거를 바탕으로 급수 배관 구경 감소로 인한 스프링클러 설비 자체 물량 감소에 따른 경제적 비용 감소와 시공 편리성에 대한 장점만을 소개하는 논문들과 국내 건설사에서는 Value Engineering (VE)에 대한 재해석으로 공론화하고 있다.

공동주택 스프링클러설비의 수리계산 방식의 설계사례를 통하여 소화 펌프에서 공급되는 급수공급용량(Fire Water Supply Capacity, FWSC)으로 인접한 스프링클러 방호구역에서 필요로 하는 급수요구용량(Fire Water Demand Capacity, FWDC) 보다 압력이 공급될 때 소화 배관에서 유속 범위를 초과하는 문제가 있음을 간과하고 있다.

예를 들어, 소화 펌프에서 가장 가까운 지하주차장 구역에서 화재 발생 시 소화 펌프에서 공급되는 급수공급 용량이 1,600 lpm, 10 kgf/cm²이고, 수리계산에 의해 결정된 방호구역의 필요한 급수 요구 용량이 960 lpm, 5 kgf/cm²를 필요로 한다면 실제 공급 시에는 마찰손실을 제외한 높은 압력이 헤드와 가지 배관 및 소화 주 배관에 걸쳐 영향을 미치기 때문에 베르누이의 연속방정식과 토리첼리 정리의 이론 식을 검토하면 압력 증가에 따른 유량과 유속은 비례적 관계로 증가하는 결론을 추론할 수 있다.

화재안전기준에서 규정하고 있는 주 배관 10 m/sec, 가지 배관 6 m/sec의 유속 기준을 초과하지 않기 위하여 현장 실무에서 경험이 많은 엔지니어가 배관 구경을 절감하기 위하여 가지배관을 6 m/sec에 근접하도록 수리계산 프로그램을 수행하기 때문에 소화 펌프에서 인접한 스프링클러설비에서 급수공급 용량으로 인한 소화 배관에서 유속 범위를 초과하고 있는 문제점을 확인하였다.

본 연구에서는 이러한 현실적인 문제점에 대하여 압력 변화에 따른 유량과 유속의 관계성을 유체역학 이론식을 바탕으로 만들어진 수리계산 프로그램을 이용하여 공동주택 사례를 분석하여 스프링클러 설비의 수리계산 설계방식에서의 기술적인 문제점을 도출하고 기술적으로 합리적이고 객관적인 설계를 수행할 수 있는 수리계산 설계방식에 부합하는 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 스프링클러설비 수리계산 설계사례

공동주택 스프링클러설비 설계 수리계산에서 분석하고

자 하는 인자는 소화 펌프에서 인접한 스프링클러 방호구역으로 공급되는 급수공급용량이 공급되어 필요로 하는 급수 요구용량의 이상의 압력으로 공급될 때 소화 배관에서 압력 변화에 따른 유량과 유속의 관계성을 분석하고자 한다.

2.1 수리계산 프로그램 적용 이론

2.1.1 Hazen-Williams의 식

소화설비에서 다루는 물은 비압축성 유체이므로 Darcy-Weisbach의 공식보다는 액상의 물(H₂O)을 기준으로 한 Hazen-Williams의 공식을 국제적으로 많이 사용하고 있으며(Min, 2008), 공식은 Eq. (1)과 같다.

$$\Delta P = 6.174 \times 10^5 \times \frac{Q^{1.85} \times L}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \quad (1)$$

여기서, ΔP : 마찰손실에 의한 배관길이 1 m당
압력강하(kgf/cm²)

Q: 유량(lpm)

C: 배관 마찰손실 계수(120)

D: 배관 내경(mm)

L: 배관 길이(m)

2.1.2 Nozzle Discharge에 적용 공식(Eq. (2))

$$Q_m = K_m \times \sqrt{P_m} \quad (2)$$

여기서, Q_m : 유량(lpm)

K_m : K-factor(노즐유량계수)

P_m : 노즐선단압력(kgf/cm²)

2.1.3 베르누이(Bernoulli) 정리

배관 내 유수의 문제는 일반적으로 마찰이 없는 정상류에서 압력수두, 속도수두 및 위치수두의 합은 전 과정을 통해 항상 일정하다는 베르누이의 정리를 이용하며 베르누이 정리는 다음 Eq. (3)으로 표현할 수 있다.

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z = H \quad (3)$$

여기서, P: 압력(kgf/cm²)

γ : 단위체적당 물 중량, 비중량(1,000 kg/m³)

V: 속도(m/sec)

g: 중력가속도(9.81 m/s²)

Z: 위치수두(m)

H: 물의 총 수두(m)

2.1.4 토리첼리(Torricelli's)의 정리

베르누이 정리 중 비압축성 흐름(Incompressible Flow) 방정식의 변형된 수식으로서 압력과 속도와의 관계 공식은 Eq. (4)와 같이 정의할 수 있다.

$$P = \frac{V^2}{2g}, \quad V = \sqrt{2gP} \quad (4)$$

여기서, V: 속도(m/sec)

g: 중력가속도(9.81 m/s²)

P: 압력(kgf/cm²)

2.2 공동주택 건축개요

본 연구에서는 공동주택 특정 소방대상물의 사례로서 건축물의 규모는 지하 2층~지상 27층, 연면적 112,969.4142 m², 지하층 바닥면적 34,712.2559 m², 최고높이 76 (m), 전체 839세대이다.

소방시설은 Table 1과 같은 건축물의 규모와 용도를 근거로 하여 소방법 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 [별표5]를 기준으로 특정 소방대상물에 대한 소방시설을 적용하고 있다. 소방시설 중에서 소화설비는 소화기구, 옥내소화전설비, 스프링클러설비가 설치 대상으로서 가압송수장치는 전기구동형(Electric Driven Type) 펌프 방식을 채택하였으며, 비상전원 공급은 비상 발전기에 의해 공급하도록 계획하였다.

Table 1. Architecture Overview

Architecture Overview	Description
Architecture	Apartment
Architecture Structure	Reinforced Concrete
Buildings Area	5,103.6292 (m ²)
Building Total Area	112,969.4142 (m ²)
Building Height	76 (m)
Number Of Floors	B2F ~ 27F
Number Of Buildings	7

2.3 공동주택 스프링클러설비 설계사례 분석

소화 펌프의 위치는 지하 2층 소화 펌프와 소화 수조를 전용의 구획된 실에 설치하여 지하주차장 포함 공동주택 7개동 전체를 방호하기 위한 소화설비에 대한 배관을 겸용하도록 설계하였으며, 소화배관 계통의 이해를 돕기 위하여 공동주택 1개동과 소화 펌프까지의 소화배관에 대한 흐름도는 Fig. 1과 같이 나타내었다.

이번 조사의 공동주택 설계 사례를 확인하면 옥내소화전과 스프링클러설비는 겸용으로 배관을 구성하였고 지하

2층~지상 14층은 저층부, 지상 15층~지상 27층까지는 고층부 구간으로 배관계통을 분리하였으며, 저층부 구간이 시작되는 소화배관은 감압 밸브를 설치하여 설정 압력을 14 kgf/cm² → 12 kgf/cm²로 감압하도록 계획하였다.

Fig. 1. Flow Diagram for Fire Fighting System

설계 단계에서 소화 펌프 장비선정은 소화 펌프에서 가장 멀리 설치된 공동주택 지상 27층을 기준으로 배관 스케줄 설계방식에 의하여 유량은 1,450 lpm, 양정은 14 kgf/cm²로 선정하였으나 건설사 요청에 따라 배관 구경을 줄이기 위하여 지하 2층~지하 1층 지하주차장에 설치된 스프링클러 설비의 수리계산 설계방식에 의하여 1,582.8 lpm, 양정은 8.69 kgf/cm²로 계산되었기 때문에 최종적으로 장비선정에 있어서 배관 스케줄 방식으로 선정된 소화 펌프의 양정에는 변화가 없으나, 수리계산을 통하여 계산된 유량 증가가 발생한 내용은 Table 2와 같이 소화 펌프 장비를 선정하였다.

Table 2. Fire Water Supply Pump Capacity

Total Flow Rate	1,600 (lpm)
Sprinkler Sys.	932.8 (lpm)
Indoor Hydrant Sys.	650 (lpm)
Supply Pressure	14 (kgf/cm ²)

2.4 스프링클러설비 수리계산 검토

스프링클러설비와 옥내소화전 소화설비를 겸용하였으며, 지하 2층 소화 펌프실 가압송수장치까지의 수리학적 계산을 위한 프로그램 Commercial Fire Sprinkler Hydraulics

Metric 4.4 (Hydronics Engineering, 2008)의 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 다음의 관련 규정을 근거로 하여 적용하였다.

- 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103)
- 한국산업규격(KS)
- 미국방화협회(NFPA 13)

2.4.1 수리계산 프로그램 소개

수리계산 프로그램은 미국에 소재하고 있는 Hydronics Engineering사에서 제작한 Commercial Fire Sprinkler Hydraulics Metric 4.4로서 프로그램에서 적용되는 수리계산 공식은 Hazen-Williams 식을 근거하여 NFPA 13에 규정하고 있는 식을 적용하였으며, 국내에서는 스프링클러설비 전용으로 널리 사용하고 있다.

2.4.2 수리계산 수행 방법

지하주차장 방호구역 소화설비 수리계산을 프로그램을 수행하기 위하여 소화설비 평면도를 Isometric Drawing을 위한 Fig. 2와 같이 도면을 작성하여 스프링클러설비 방호구역에 연관된 정보에 대하여 스프링클러 헤드 개별 Numbering, 가지배관, 교차배관, 수평주행배관 및 소화 펌프까지 배관 Size별 고유 구간 번호(Node Number)를 지정하고, 컴퓨터 시뮬레이션의 초기 유량, 압력, Head Number, 옥내소화전 유량, 배관 구경 및 Pipe Node (배관구간) 및 높이 등의 정보를 순차적으로 데이터 정보를 입력하는 절차를 수행한다.

Fig. 2. Isometric Drawing for Hydraulic Calculation Sheet

입력 절차가 완료된 후에는 시뮬레이션을 결과를 얻기 위하여 Calculation을 수행하면 Fig. 3, Figs. 5~8과 같은 수리계산 Design Data 결과물을 확인할 수 있다. 그 정보에 대한 결과물인 Table 3을 근거로 소화 펌프 장비를 선정하게 된다.

SPRINKLERS FLOWING	:	10	Heads
AREA PER SPRINKLER	:	6.7	Sq M
MIN SPRINKLER FLOW	:	80	Lpm
REQUIRED DENSITY	:	11.9	Lpm/Sq M
COMPUTED DENSITY	:	11.9	Lpm/Sq M
TOTAL SPRINKLER FLOW	:	932.8	Lpm
INSIDE HOSE STREAM	:	650.0	Lpm
OUTSIDE HOSE STREAM	:	0.0	Lpm
TOTAL WATER REQUIRED	:	1582.8	Lpm
TOTAL SPRINKLER PRESS	:	8.69	Bar
VALVE FIXED LOSS	:	.0	Bar
SUPPLY PRESS AVAILABLE	:	13.24	Bar
DEMAND PRESS REQUIRED	:	8.69	Bar
PRESSURE CUSHION	:	4.55	Bar
MAXIMUM VELOCITY	:	4.8	M/S

Fig. 3. Summary of Hydraulic Calculation

2.4.3 수리계산 결과 분석

Fig. 2의 일부를 확대한 Fig. 4. Isometric Drawing에서 TP-1 지점은 소화 펌프 급수공급용량의 소화 주배관이 공급이 시작되는 Node No. 21까지 구간을 나타낸 도면이고, Node No. 1 → No. 21까지는 지하주차장 스프링클러설비의 방호구역 구간으로 급수요구용량이 공급되는 지점을 나타낸 것이다. 이를 근거로 수리계산 결과는 Figs. 5~8에서의 구간 전체 시스템 입력 데이터와 유량, 유속 및 압력이 결정된 결과 데이터를 분석한 자료를 확인할 수 있다.

Fig. 4. Isometric Drawing for Hydraulic Calculation Sheet

구간별 수리계산 데이터에서 확인이 가능한 것은 Fig. 2의 Node No. 1 → No. 21(TP-1)까지 지하주차장 스프링클러설비의 급수요구용량은 Fig. 8. Hydraulic Calculation Sheets(4)의 Pipe No. 30에서 유량, 압력, 유속의 결과는 Table 3과 같이 확인할 수 있다.

PIPE NO.	BEG END	FLOW Lpm	K-FACTOR FITTING TYPE DIAMETER	LENGTH FTG TOTAL (Bar/M)	C-FACTOR FR- LOSS	PRESSURE Bar
1	101	q= 80.0 Q= 80.0 Vel= 2.2	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .15 TL= 4.7	C= 120 C= .03	Pt 1.0 Pt 1.0 Pe .05 Pv -.02 Pf .12 Pn .97 Pt 1.17
2	102	q= 84.2 Q= 84.2 Vel= 2.3	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .05 TL= .5	C= 120 C= .03	Pt 1.11 Pt 1.11 Pe .05 Pv -.03 Pf .01 Pn 1.08 Pt 1.17
3	103	q= 98.5 Q= 98.5 Vel= 2.7	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .05 TL= .5	C= 120 C= .04	Pt 1.51 Pt 1.51 Pe .05 Pv -.04 Pf .02 Pn 1.48 Pt 1.58
4	1	q= .0 Q= 164.2 Vel= 4.5	K= .0 F= T D= 27.9	L= 2.64 F= 1.5 TL= 4.14	C= 120 C= .1	Pt 1.17 Pt 1.17 Pe .0 Pv -.1 Pf .41 Pn 1.07 Pt 1.58
5	104	q= 108.3 Q= 108.3 Vel= 3.0	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .05 TL= .5	C= 120 C= .05	Pt 1.83 Pt 1.83 Pe .05 Pv -.04 Pf .02 Pn 1.78 Pt 1.9
6	2	q= .0 Q= 262.7 Vel= 4.2	K= .0 F= T D= 36.6	L= 3.25 F= 1.8 TL= 5.05	C= 120 C= .06	Pt 1.58 Pt 1.58 Pe .0 Pv -.09 Pf .32 Pn 1.49 Pt 1.9
7	3	q= .0 Q= 371.0 Vel= 4.3	K= .0 F= T D= 42.7	L= 5.1 F= 2.1 TL= 7.2	C= 120 C= .06	Pt 1.9 Pt 1.9 Pe .0 Pv -.09 Pf .4 Pn 1.81 Pt 2.31
8	4	q= .0 Q= 371.0 Vel= 2.6	K= .0 F= T D= 54.8	L= 2.35 F= .0 TL= 2.35	C= 120 C= .02	Pt 2.31 Pt 2.31 Pe .0 Pv -.03 Pf .04 Pn 2.27 Pt 2.34
9	5	q= .0 Q= 371.0 Vel= 1.8	K= .0 F= T D= 66.9	L= .18 F= 3.0 TL= 3.18	C= 120 C= .01	Pt 2.34 Pt 2.34 Pe .02 Pv -.02 Pf .02 Pn 2.33 Pt 2.38

Fig. 5. Hydraulic Calculation Data Sheets (1)

PIPE NO.	BEG END	FLOW Lpm	K-FACTOR FITTING TYPE DIAMETER	LENGTH FTG TOTAL (Bar/M)	C-FACTOR FR- LOSS	PRESSURE Bar
10	105	q= 84.5 Q= 84.5 Vel= 2.3	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= 3.2 F= 1.5 TL= 4.7	C= 120 C= .03	Pt 1.11 Pt 1.11 Pe .05 Pv -.03 Pf .14 Pn 1.09 Pt 1.3
11	106	q= 89.0 Q= 89.0 Vel= 2.4	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .05 TL= .5	C= 120 C= .03	Pt 1.23 Pt 1.23 Pe .05 Pv -.03 Pf .02 Pn 1.2 Pt 1.3
12	107	q= 103.9 Q= 103.9 Vel= 2.8	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .05 TL= .5	C= 120 C= .04	Pt 1.68 Pt 1.68 Pe .05 Pv -.04 Pf .02 Pn 1.64 Pt 1.75
13	7	q= .0 Q= 173.5 Vel= 4.7	K= .0 F= T D= 27.9	L= 2.64 F= 1.5 TL= 4.14	C= 120 C= .11	Pt 1.3 Pt 1.3 Pe .0 Pv -.11 Pf .45 Pn 1.19 Pt 1.75
14	8	q= .0 Q= 277.5 Vel= 4.4	K= .0 F= T D= 36.6	L= 3.25 F= 1.8 TL= 5.05	C= 120 C= .07	Pt 1.75 Pt 1.75 Pe .0 Pv -.1 Pf .35 Pn 1.66 Pt 2.11
15	9	q= .0 Q= 277.5 Vel= 3.2	K= .0 F= T D= 42.7	L= 5.1 F= 2.1 TL= 7.2	C= 120 C= .03	Pt 2.11 Pt 2.11 Pe .0 Pv -.05 Pf .24 Pn 2.05 Pt 2.34
16	10	q= .0 Q= 277.5 Vel= 2.0	K= .0 F= T D= 54.8	L= 2.35 F= .0 TL= 2.35	C= 120 C= .01	Pt 2.34 Pt 2.34 Pe .0 Pv -.02 Pf .02 Pn 2.32 Pt 2.37
17	11	q= .0 Q= 277.5 Vel= 1.3	K= .0 F= T D= 66.9	L= .18 F= 3.0 TL= 3.18	C= 120 C= .0	Pt 2.37 Pt 2.37 Pe .02 Pv -.01 Pf .01 Pn 2.36 Pt 2.4
18	108	q= 86.6 Q= 86.6 Vel= 2.4	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= 3.2 F= 1.5 TL= 4.7	C= 120 C= .03	Pt 1.17 Pt 1.17 Pe .05 Pv -.03 Pf .14 Pn 1.14 Pt 1.36

Fig. 6. Hydraulic Calculation Data Sheets (2)

PIPE NO.	BEG END	FLOW Lpm	K-FACTOR FITTING TYPE DIAMETER	LENGTH FTG TOTAL	C-FACTOR FR- LOSS (Bar/M)	PRESSURE Bar
19	109	q= 91.2 Q= 91.2 Vel= 2.5	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .0 TL= .5	C= 120 C= .03	Pt 1.3 Pt 1.3 Pe .05 Pv -.03 Pf .02 Pn 1.26 Pt 1.36
20	110	q= 106.4 Q= 106.5 Vel= 2.9	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .0 TL= .5	C= 120 C= .04	Pt 1.77 Pt 1.77 Pe .05 Pv -.04 Pf .02 Pn 1.72 Pt 1.84
21	13	q= .0 Q= 177.8 Vel= 4.8	K= .0 F= T D= 27.9	L= 2.64 F= 1.5 TL= 4.14	C= 120 C= .11	Pt 1.36 Pt 1.36 Pe .05 Pv -.12 Pf .47 Pn 1.24 Pt 1.84
22	14	q= .0 Q= 284.3 Vel= 4.5	K= .0 F= T D= 36.6	L= 3.25 F= 1.8 TL= 5.05	C= 120 C= .07	Pt 1.84 Pt 1.84 Pe .0 Pv -.1 Pf .37 Pn 1.74 Pt 2.21
23	15	q= .0 Q= 284.3 Vel= 3.3	K= .0 F= T D= 42.7	L= 5.1 F= .0 TL= 5.1	C= 120 C= .03	Pt 2.21 Pt 2.21 Pe .0 Pv -.05 Pf .17 Pn 2.15 Pt 2.38
24	16	q= .0 Q= 284.3 Vel= 2.0	K= .0 F= T D= 54.8	L= 2.35 F= .0 TL= 2.35	C= 120 C= .01	Pt 2.38 Pt 2.38 Pe .0 Pv -.02 Pf .02 Pn 2.36 Pt 2.41
25	17	q= .0 Q= 284.3 Vel= 1.3	K= .0 F= T D= 66.9	L= .18 F= 3.0 TL= 3.18	C= 120 C= .0	Pt 2.41 Pt 2.41 Pe .02 Pv -.01 Pf .01 Pn 2.4 Pt 2.44
26	6	q= .0 Q= 371.0 Vel= 1.1	K= .0 F= T D= 82.8	L= 2.7 F= 3.6 TL= 6.3	C= 120 C= .0	Pt 2.38 Pt 2.38 Pe .0 Pv -.03 Pf .01 Pn 2.38 Pt 2.4
27	12	q= .0 Q= 648.5 Vel= 2.0	K= .0 F= T D= 82.8	L= 2.6 F= 3.6 TL= 6.2	C= 120 C= .01	Pt 2.4 Pt 2.4 Pe .0 Pv -.02 Pf .04 Pn 2.38 Pt 2.44

Fig. 7. Hydraulic Calculation Data Sheets (3)

PIPE NO.	BEG END	FLOW Lpm	K-FACTOR FITTING TYPE DIAMETER	LENGTH FTG TOTAL	C-FACTOR FR- LOSS (Bar/M)	PRESSURE Bar
28	18	q= .0 Q= 932.8 Vel= 2.9	K= .0 F= T D= 82.8	L= 87.5 F= 6.6 TL= 94.1	C= 120 C= .01	Pt 2.44 Pt 2.44 Pe .0 Pv -.04 Pf 1.15 Pn 2.39 Pt 3.6
29	19	q= .0 Q= 932.8 Vel= 2.9	K= .0 F= E2T2GP D= 82.8	L= 3.59 F= 31.4 TL= 34.99	C= 120 C= .01	Pt 3.6 Pt 3.6 Pe .33 Pv -.04 Pf .43 Pn 3.56 Pt 4.36
30	20	q= .0 Q= 932.8 Vel= 2.9	K= .0 F= 2ET D= 82.8	L= 39.53 F= 9.6 TL= 49.13	C= 120 C= .01	Pt 4.36 Pt 4.36 Pe .0 Pv -.04 Pf .6 Pn 4.32 Pt 4.97
31	21	q= 650.0 Q= 1582.8 Vel= 2.9	HOSE F= 11E3T2GS D= 108.2	L= 199.0 F= 131.2 TL= 330.2	C= 120 C= .01	Pt 4.97 Pt 4.97 Pe .0 Pv -.04 Pf 2.92 Pn 4.93 Pt 7.93
32	22	q= .0 Q= 1582.8 Vel= 2.9	K= .0 F= E2TGC D= 108.2	L= 5.45 F= 25.2 TL= 30.65	C= 120 C= .01	Pt 7.93 Pt 7.93 Pe .48 Pv -.04 Pf .27 Pn 7.89 Pt 8.69
23	23	Q= 1582.8	<<< SOURCE >>>			Pt 8.69

E=>90-Elb T=>TeeBch L=>Lt-Elb C=>ChkVlv B=>BfyVlv G=>GatVlv A=>AlmChk

Fig. 8. Hydraulic Calculation Data Sheets (4)

Table 3. Pipe No. 30 Data

Node No.	Flow Rate (lpm)	Pressure (kgf/cm ²)	Velocity (m/sec)
20→21	932.8	4.97	2.9
22→23	1,582.8	8.69	2.9

3. 문제점 분석

3.1 급수공급용량에 따른 유량, 압력 변화

화재 발생에 따른 소화 시스템 동작 시나리오는 수동식 소화설비인 옥내소화전을 우선하여 초기 소화 활동을 수행하여야 하지만 수동식 소화 시스템의 사용이 불가능한 상황에서는 자동식 소화설비인 스프링클러설비가 동작하는 경우의 시나리오라 가정한다면 선정된 소화 펌프의 동작과 동시에 전체 용량의 유량과 압력이 스프링클러설비의 해당 방호구역으로 집중될 것이다.

해당 방호구역에서 스프링클러설비 급수 지점으로 소화 펌프의 급수공급 용량을 공급하는 경우에는 급수 요구 용량 이상으로 공급하는 과정에서의 유량과 압력의 변화가 발생하는 내용을 다음과 같이 분석하였다.

지하주차장에서 화재가 발생 시 Fig. 4의 Node No. 21 (TP-1)까지의 수리계산으로 선정된 80A 소화배관에서 필요로 하는 급수 요구 용량은 932.8 lpm, 4.97 kgf/cm²를 요구하고 있으나 해당 방호구역에 가까운 소화 펌프가 동작하게 되면 현실적으로 급수공급 용량은 Table 2에 나타난 1,600 lpm, 12 kgf/cm²의 용량으로 스프링클러 방호구역의 배관까지의 마찰손실을 제외한 급수 용량으로 Node No. 21(TP-1)까지 공급될 것이다. 이때의 Node No. 1~21(TP-1)까지의 급수 공급 용량의 공급에 따른 수리계산 결과 내용은 Fig. 9와 같은 결과를 도출할 수 있다.

화재 시나리오는 옥내소화전을 사용하지 않고 지하주차

SPRINKLERS FLOWING	: 10	Heads
AREA PER SPRINKLER	: 6.7	Sq M
MIN SPRINKLER FLOW	: 80.0	Lpm
REQUIRED DENSITY	: 11.94	Lpm/Sq M
COMPUTED DENSITY	: 16.09	Lpm/Sq M
REQ'D STARTING PRESSURE	: 1.0	Bar
ACT'L STARTING PRESSURE	: 1.8	Bar
TOTAL SPRINKLER FLOW	: 1250.9	Lpm
INSIDE HOSE STREAM	: .0	Lpm
OUTSIDE HOSE STREAM	: .0	Lpm
TOTAL WATER REQUIRED	: 1250.9	Lpm
TOTAL SPRINKLER PRESS	: 8.28	Bar
VALVE FIXED LOSS	: .0	Bar
REQUIRED FLOW	: 79.99	Lpm
ACTUAL FLOW	: 107.79	Lpm
SUPPLY PRESS AVAILABLE	: 12.42	Bar
DEMAND PRESS REQUIRED	: 8.28	Bar
PRESSURE CUSHION	: 4.14	Bar
MAXIMUM VELOCITY ANALYSIS		
PIPE NUMBER	: 21	
PIPE DIAMETER	: 27.9	mm
C FACTOR	: 120	
MAXIMUM VELOCITY	: 6.52	M/S
FLOW	: 239.2	Lpm
HAZEN WILLIAMS FRICTION	: .2	Bar/M
DARCY WEISBACH FRICTION	: .18	Bar/M

Fig. 9. Hydraulic Calculation Analysis

장 내 스프링클러설비 방호구역에서 초기 화재 발생에 따른 스프링클러 헤드 가 감열하여 개방되고, 습식 유수검지장치인 알람벨브를 개방하여 배관 내 압력 저하가 되어서 소화 펌프의 수압 개폐 장치의 압력 센서 감지에 따라 소화 펌프를 작동하는 방식의 설계 도면으로 수리계산을 하였다.

Fig. 9의 급수 공급 유량 1,600 lpm, 압력 12 kgf/cm²로 공급하는 경우에 수리계산의 결과를 분석하면 가장 멀리 있는 스프링클러 헤드 번호(101)은 유량 107.79 lpm, 압력 1.8 kgf/cm²에 도달함을 확인할 수 있으며, 10개의 헤드가 개방하면 1,250.9 lpm, 8.28 kgf/cm²의 유량과 압력이 증가하는 결과가 도출되었다.

여기서 Fig. 3 데이터와 Fig. 9 데이터를 비교하여 정리한 내용은 Table 4와 같이 확인할 수 있다. 유량은 318.1 lpm이 증가하였고, 옥내소화전 설비의 유량을 합산할 경우 총 유량은 1,900.9 lpm 선정되므로 Table 2의 선정된 소화 펌프의 유량 1,600 lpm이기 때문에 300.9 lpm이 부족함을 확인할 수 있다. 선정된 소화 펌프의 유량으로 자동식 스프링클러의 동작과 전문적으로 훈련을 받은 사람이 옥내소화전 5개를 동시에 사용할 경우 유량과 압력이 부족하여 소화 펌프 선정에 있어서 문제가 도출됨을 확인할 수 있었다.

Nozzle Discharge에 적용하는 공식에서 헤드의 K값은 상수로써 고유의 값이기 때문에 불변이므로 급수공급 용량으로 인한 초기 방출 압력의 변화에 따라서 유량도 변화되었음을 확인할 수 있다. 압력 변화는 배관의 구경 또는 지름의 크기와 길이에 따라서 마찰손실 수두가 상대적으로 변화되므로 결과는 최대 유속은 3.62 m/sec가 빨라지고 있음을 확인할 수 있었다.

Table 4. The Relationship Fig. 3. & Fig. 9.

Sprinkler Sys.	Fig. 3. Data	Fig. 9. Data	Increase
Flow Rate (lpm)	932.8	1,250.9	+318.1
Pressure (kgf/cm ²)	4.97	8.28	+3.31
Max. Vel. (m/sec)	2.9	6.52	+3.62

3.2 급수공급용량에 따른 유속 변화

유속의 기준은 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103) 제8조(배관)제3항제3호, 제9항제2호제나목, 별표1 스프링클러 헤드 수별 급수관의 구경 (㉔2, ㉔5)에 근거하여 주 배관(Main Pipe) 10 m/sec, 가지 배관 6 m/sec 초과 여부를 검증하기 위하여 Figs. 10~13의 수리계산 결과 데이터를 다음과 같이 확인할 수 있다.

수리계산 프로그램 결과 데이터에서 Fig. 9의 급수공급 유량이 1,250.9 lpm, 압력이 8.28 kgf/cm²로 공급하였을 경우 구간 별 속도 변화 결과는 Fig. 12. Hydraulic Calculation Sheets (3)의 Pipe Node No. 13→14의 구간으로 6.52 m/sec로

확인되었다. 또한, 유속 6.0 m/sec를 초과하는 구간은 Pipe Node No. 1→2, No. 7→8, No. 14→15, 총 3개의 가지배관 구간에서 유속을 초과하여 화재안전기준을 위반하고 있음을 확인하였고, 주 배관을 검토하면 유속이 10.0 m/sec 초과하는 구간은 없는 것으로 확인이 되었다.

PIPE NO.	BEG END	FLOW Lpm	K-FACTOR FITTING TYPE DIAMETER	LENGTH FTG TOTAL	C-FACTOR FR- LOSS (Bar/M)	PRESSURE Bar		
1	101 1	Q= 107.8 Q= 107.8 Vel= 2.9	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .15 TL= 4.7	C= 120 .05	Pt 1.81 Pe .05 Pf .21	Pt 1.81 Pv -.04 Pn 1.77	
						Pt 2.07		
2	102 1	Q= 113.3 Q= 113.3 Vel= 3.1	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .15 TL= .5	C= 120 .05	Pt 2.0 Pe .05 Pf .02	Pt 2.0 Pv -.05 Pn 1.95	
						Pt 2.07		
3	103 2	Q= 131.7 Q= 131.7 Vel= 3.6	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .15 TL= .5	C= 120 .07	Pt 2.7 Pe .05 Pf .03	Pt 2.7 Pv -.06 Pn 2.64	
						Pt 2.79		
4	1 2	Q= .0 Q= 221.1 Vel= 6.0	K= .0 F= T D= 27.9	L= 2.64 F= .15 TL= 4.14	C= 120 .17	Pt 2.07 Pe .0 Pf .71	Pt 2.07 Pv -.18 Pn 1.89	
						Pt 2.79		
5	104 3	Q= 144.4 Q= 144.4 Vel= 3.9	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .15 TL= .5	C= 120 .08	Pt 3.25 Pe .05 Pf .04	Pt 3.25 Pv -.08 Pn 3.17	
						Pt 3.34		
6	2 3	Q= .0 Q= 352.8 Vel= 5.6	K= .0 F= T D= 36.6	L= 3.25 F= .18 TL= 5.05	C= 120 .11	Pt 2.79 Pe .0 Pf .55	Pt 2.79 Pv -.16 Pn 2.63	
						Pt 3.34		
7	3 4	Q= .0 Q= 497.1 Vel= 5.8	K= .0 F= T D= 42.7	L= 5.1 F= .21 TL= 7.2	C= 120 .1	Pt 3.34 Pe .0 Pf .69	Pt 3.34 Pv -.17 Pn 3.17	
						Pt 4.03		
8	4 5	Q= .0 Q= 497.1 Vel= 3.5	K= .0 F= T D= 54.8	L= 2.35 F= .15 TL= 2.35	C= 120 .03	Pt 4.03 Pe .0 Pf .07	Pt 4.03 Pv -.06 Pn 3.97	
						Pt 4.1		
9	5 6	Q= .0 Q= 497.1 Vel= 2.4	K= .0 F= T D= 66.9	L= .18 F= .36 TL= 3.78	C= 120 .01	Pt 4.1 Pe .02 Pf .04	Pt 4.1 Pv -.03 Pn 4.07	
						Pt 4.16		

Fig. 10. Hydraulic Calculation Data Sheets (1)

PIPE NO.	BEG END	FLOW Lpm	K-FACTOR FITTING TYPE DIAMETER	LENGTH FTG TOTAL	C-FACTOR FR- LOSS (Bar/M)	PRESSURE Bar		
10	105 7	Q= 113.8 Q= 113.8 Vel= 3.1	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= 3.2 F= .15 TL= 4.7	C= 120 .05	Pt 2.02 Pe .05 Pf .23	Pt 2.02 Pv -.05 Pn 1.97	
						Pt 2.3		
11	106 7	Q= 119.5 Q= 119.5 Vel= 3.3	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .15 TL= .5	C= 120 .05	Pt 2.23 Pe .05 Pf .03	Pt 2.23 Pv -.05 Pn 2.17	
						Pt 2.3		
12	107 8	Q= 138.9 Q= 138.9 Vel= 3.8	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .15 TL= .5	C= 120 .07	Pt 3.01 Pe .05 Pf .04	Pt 3.01 Pv -.07 Pn 2.93	
						Pt 3.09		
13	7 8	Q= .0 Q= 233.4 Vel= 6.4	K= .0 F= T D= 27.9	L= 2.64 F= .15 TL= 4.14	C= 120 .19	Pt 2.3 Pe .0 Pf .78	Pt 2.3 Pv -.2 Pn 2.1	
						Pt 3.09		
14	8 9	Q= .0 Q= 372.2 Vel= 5.9	K= .0 F= T D= 36.6	L= 3.25 F= .18 TL= 5.05	C= 120 .12	Pt 3.09 Pe .0 Pf .6	Pt 3.09 Pv -.17 Pn 2.92	
						Pt 3.7		
15	9 10	Q= .0 Q= 372.2 Vel= 4.3	K= .0 F= T D= 42.7	L= 5.1 F= .21 TL= 7.2	C= 120 .06	Pt 3.7 Pe .0 Pf .41	Pt 3.7 Pv -.09 Pn 3.6	
						Pt 4.11		
16	10 11	Q= .0 Q= 372.2 Vel= 2.6	K= .0 F= T D= 54.8	L= 2.35 F= .15 TL= 2.35	C= 120 .02	Pt 4.11 Pe .0 Pf .04	Pt 4.11 Pv -.03 Pn 4.07	
						Pt 4.15		
17	11 12	Q= .0 Q= 372.2 Vel= 1.8	K= .0 F= T D= 66.9	L= .18 F= .36 TL= 3.78	C= 120 .01	Pt 4.15 Pe .0 Pf .02	Pt 4.15 Pv -.02 Pn 4.13	
						Pt 4.19		
18	108 13	Q= 116.7 Q= 116.7 Vel= 3.2	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= 3.2 F= .15 TL= 4.7	C= 120 .05	Pt 2.12 Pe .05 Pf .25	Pt 2.12 Pv -.05 Pn 2.07	
						Pt 2.42		

Fig. 11. Hydraulic Calculation Data Sheets (2)

PIPE NO.	BEG END	FLOW Lpm	K-FACTOR FITTING TYPE DIAMETER	LENGTH FTG TOTAL	C-FACTOR FR- LOSS (Bar/M)	PRESSURE Bar		
19	109 13	Q= 122.5 Q= 122.5 Vel= 3.3	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .15 TL= .5	C= 120 .06	Pt 2.34 Pe .05 Pf .03	Pt 2.34 Pv -.06 Pn 2.28	
						Pt 2.42		
20	110 14	Q= 142.3 Q= 142.3 Vel= 3.9	K= 80.0 F= T D= 27.9	L= .5 F= .15 TL= .5	C= 120 .08	Pt 3.16 Pe .05 Pf .04	Pt 3.16 Pv -.08 Pn 3.08	
						Pt 3.24		
21	13 14	Q= .0 Q= 239.2 Vel= 6.5	K= .0 F= T D= 27.9	L= 2.64 F= .15 TL= 4.14	C= 120 .2	Pt 2.42 Pe .0 Pf .82	Pt 2.42 Pv -.21 Pn 2.21	
						Pt 3.24		
22	14 15	Q= .0 Q= 381.5 Vel= 6.0	K= .0 F= T D= 36.6	L= 3.25 F= .18 TL= 5.05	C= 120 .12	Pt 3.24 Pe .0 Pf .63	Pt 3.24 Pv -.18 Pn 3.06	
						Pt 3.88		
23	15 16	Q= .0 Q= 381.5 Vel= 4.4	K= .0 F= T D= 42.7	L= 5.1 F= .21 TL= 5.1	C= 120 .06	Pt 3.88 Pe .0 Pf .3	Pt 3.88 Pv -.1 Pn 3.78	
						Pt 4.18		
24	16 17	Q= .0 Q= 381.5 Vel= 2.7	K= .0 F= T D= 54.8	L= 2.35 F= .15 TL= 2.35	C= 120 .02	Pt 4.18 Pe .0 Pf .04	Pt 4.18 Pv -.04 Pn 4.15	
						Pt 4.22		
25	17 18	Q= .0 Q= 381.5 Vel= 1.8	K= .0 F= T D= 66.9	L= .18 F= .36 TL= 3.78	C= 120 .01	Pt 4.22 Pe .02 Pf .03	Pt 4.22 Pv -.02 Pn 4.21	
						Pt 4.27		
26	6 12	Q= .0 Q= 497.1 Vel= 1.5	K= .0 F= T D= 82.8	L= 2.7 F= .45 TL= 7.2	C= 120 .0	Pt 4.16 Pe .0 Pf .03	Pt 4.16 Pv -.01 Pn 4.15	
						Pt 4.19		
27	12 18	Q= .0 Q= 869.4 Vel= 2.7	K= .0 F= T D= 82.8	L= 2.6 F= .45 TL= 7.1	C= 120 .01	Pt 4.19 Pe .0 Pf .08	Pt 4.19 Pv -.04 Pn 4.15	
						Pt 4.27		

Fig. 12. Hydraulic Calculation Data Sheets (3)

PIPE NO.	BEG END	FLOW Lpm	K-FACTOR FITTING TYPE DIAMETER	LENGTH FTG TOTAL	C-FACTOR FR- LOSS (Bar/M)	PRESSURE Bar		
28	18 19	Q= .0 Q=1250.9 Vel= 3.9	K= .0 F= T D= 82.8	L= 87.5 F= .75 TL= 95.0	C= 120 .02	Pt 4.27 Pe .0 Pf 2.0	Pt 4.27 Pv -.07 Pn 4.19	
						Pt 6.29		
29	19 20	Q= .0 Q=1250.9 Vel= 3.9	K= .0 F= E2T2GP D= 82.8	L= 3.59 F= 24.2 TL= 27.79	C= 120 .02	Pt 6.29 Pe .33 Pf .59	Pt 6.29 Pv -.07 Pn 6.22	
						Pt 7.21		
30	20 21	Q= .0 Q=1250.9 Vel= 3.9	K= .0 F= 2ET D= 82.8	L= 39.53 F= 10.5 TL= 50.03	C= 120 .02	Pt 7.21 Pe .0 Pf 1.05	Pt 7.21 Pv -.07 Pn 7.14	
						Pt 8.28		
		Q=1250.9	<<<	SOURCE	>>>	Pt 8.28		

Fig. 13. Hydraulic Calculation Data Sheets (4)

4. 개선 방안

4.1 감압밸브 설치

수리계산에 의한 급수 요구 용량 이상으로 급수공급 용량으로 공급함에 따라서 유량과 압력이 증가함을 3.1에서 확인하였고, 또한, 유속이 증가함을 3.2에서 확인하였다. 이를 개선하기 위해서는 경험이 많은 엔지니어의 수리계산 프로그램 수행을 위한 반복적인 검증을 통하여 안정적으로 압력과 유량을 유지하기 위하여 압력 구간을 분리 또는 스프링클러설비의 방호구역마다 시작되는 소화배관에 급수 요구 용량의 요구 압력으로 설정할 수 있는 감압 밸브를 설치하도록 하여 정확하고 신뢰성 있는 시스템 구축을 제시한다.

본 연구에서 제시한 샘플 Fig 1의 계통 흐름에서 감압밸브 설치 개선 방안으로 지하주차장에 연결된 스프링클러설비

주 배관을 신설하고, 인입되는 주 배관에는 감압 밸브를 설치, 설정압력 8.28 kgf/cm²에서 5.0 kgf/cm²로 개선한 계통도는 Fig. 14와 같이 표현하였다.

Fig. 14. Pressure Reducing Valve Installation

4.2 소화 시스템 분리

화재안전기준 내용 중에서 완화 규정으로서 소화설비를 겸용하도록 명시함에 따라서 국내에 적용되는 소화시설을 일반적으로 겸용하도록 설계를 하도록 규정하고 있다. 여기서 문제점은 여러 소화 시스템을 만족하기 위하여 많은 유량과 압력을 요구하기 때문에 수리계산에 의한 급수 요구 용량 이상으로 공급하여 발생하는 문제점을 본 연구에서 검증하였다.

이를 개선하기 위하여 소화 시스템 분리하여 균일하고 안정적인 압력으로 공급함과 동시에 배관 내 유속을 효과적으로 관리할 수 있도록 소화 시스템을 분리하도록 한다. 본 연구에서의 사례로 선택한 공동주택 소화 시스템은 옥내 소화전설비와 스프링클러설비를 별도로 분리하여, 급수 요구 용량에 범위를 정확하게 확인, 검증하여 필요한 급수 압력이 공급될 수 있도록 구역별로 4.1의 개선 방안으로 제시한 감압밸브를 설치하도록 한다.

4.3 배관 구경 상향 적용

수리계산의 설계목적은 단지 배관 구경을 감소시킴으로 파생되는 경제적 이익을 위하여 사용되었기 때문에 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103) 별표1 스프링클러 헤드 수별 급수관의 구경 (주)2, (주)5에 명시된 배관 구경으로 수리계산을 하면서 발생하는 유속 한계 범위에 근접하도록 설계하여 문제점을 개선하기 위해서는 배관 구경의 크기를 한 단계 또는 그 이상으로 반영하여 설계하면 안정적으로 유속 범위를 유지할 수 있으므로 환경 및 공간의 조건에 따라 적용할 수 있는 설계를 수행할 수 있다.

4.4 엔지니어의 숙련도

수리계산은 프로그램을 이용하기 때문에 Input Data 정보를 설계 도면에 맞도록 입력하는 기술과 급수공급 용량과 급수 요구 용량과의 관계를 숙련도 있는 엔지니어가 환경 및 공간의 조건을 분석하여 장비를 선정하거나 시스템의 구성을 결정하기 때문에 숙련도가 높은 엔지니어가 설계를

수행하도록 하며, 완료된 설계의 도서 검토는 여러 명의 엔지니어가 반복적으로 병행하여 검토하여 에러 발생을 줄이도록 노력하여야 한다.

5. 결 론

스프링클러설비의 수리계산 설계는 공학적으로 배관 구경을 압력손실 공식을 근거로 계산하여 산정하므로 스프링클러헤드 당 최소 방수압력 및 유량을 방호구역 전체에 균일하게 공급하고, 수리학적 분석을 통하여 헤드, 배관을 포함한 스프링클러설비에 대한 정확한 분석을 통하여 엔지니어 설계방식의 취지에 적합한 설계가 되어야 하지만, 국내 건설사에서 수행하고 있는 공동주택 수리계산의 사용 목적이 비용 절감을 위한 방법으로 통용되고 있는 상황에서 개선을 위한 목적으로 수리계산 프로그램을 이용하여 스프링클러설비 급수요구용량을 초과하여 공급하는 경우에서의 문제점을 도출하고 아래와 같은 개선방법을 제시한다.

개선방법으로는 감압밸브 설치, 소화 시스템 분리, 배관 구경 선정에 있어서 정해진 법규에 따르지 않고 설계자의 탄력적으로 선정할 수 있는 방안, 엔지니어의 숙련도를 제시하였다. 이 중에서 엔지니어의 숙련도가 가장 중요하며 경험이 많은 엔지니어가 새로운 프로젝트를 수행하는 경우에는 환경과 공간의 조건에 적합한 설계를 수행할 수 있다고 판단된다.

감사의 글

이 논문은 행정안전부 국민수요 맞춤형 생활안전 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2020-MOIS51-003).

References

- Hydronics Engineering. (2008). *Commercial fire sprinkler hydraulics metric 4.4 program*. Fremont, CA, USA.
- Min, S.H. (2008). *NFSC Design of fire protection engineering*. Seoul: Munundang.
- NFPA 13. (2010). *Standard for the installation of sprinkler systems*. National Fire Protection Association.
- NFSC 103. (2017). *Standard for the installation of sprinkler systems*. National Fire Agency.

Received	July 3, 2020
Revised	July 3, 2020
Accepted	August 5, 2020