오리피스를 적용한 스프링클러배관의 유속 및 압력 적정성에 관한 연구

Flow-Velocity and Pressure Fitness of Sprinkler Pipes Applied with Orifice

김재동* · 노영재** · 김낙석***

Kim, Jaedong*, Noh, Youngjae**, and Kim, Nakseok***

Abstract

The sprinkler design of buildings is based on the top-floor end sprinkler head, and the water flow rate and pressure are designed. When the floor is close to the bottom floor pump, unnecessary flow rate, pressure, and flow velocity become inevitable. Moreover, when the sprinkler head is opened to less than the actual fire time reference number, the excessive flow rate, flow velocity, and pressure are generated. Therefore, the damage to the water or droplet particle becomes less significant, which can be disadvantageous for efficient fire suppression. Therefore, in this study, we applied an orifice to the branch pipe of each sprinkler head to decrease the excessive flow rate, flow velocity, and pressure. It was confirmed that the design value was maintained for each floor of the high building. When the orifice was applied, the flow rate and positive well were reduced, which could prevent overpressure.

Key words : Orifice, Flow Rate, Flow Velocity, Pressure, Sprinkler Head

요 지

건축물의 스프링클러 설계는 최상층 말단 스프링클러헤드를 기준으로 유량과 양정을 설계하고 있다. 따라서 필연적으로 최하층 등 펌프와 가까운 층의 경우 불필요한 유량과 양정, 유속이 발생할 수밖에 없다. 더구나 실제 화재 시 기준개수 미만으로 스프링클러헤드가 개방됨으로서 과도한 유량, 유속, 양정이 발생되고 그에 따라 수손피해 또는 물방울 입자가 작아져 효율적인 화재진압에 불리해 질수 있다. 이에 본 논문에서는 오리피스를 각 스프링클러헤드의 가지관마다 적용하여 과도한 유량, 유속, 양정을 감소시키고 건축물 각층별로 적합한 설계치를 유지하는지 확인하였다. 오리피스를 적용한 결과 유량, 유속, 양정이 감소하여 과압 방지를 할 수 있었다.

핵심용어 : 오리피스, 유량, 유속, 양정, 스프링클러 헤드

1. 서 론

현대의 건축물은 고층화, 대형화 되어가는 추세다. 고층화 되는 건축물의 특성으로 인해 “화재예방소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률”에 근거하여 설치하는 소방시설 스프링클러 설비의 유량과 양정 또한 증가하고 있다. 스프링

클러 설비의 설계양정은 소방시설설치유지관리법에 따라 건축물 최상층을 기준으로 산정한다. 건축물 저층부 스프링클러 헤드 개방 시 관련법령에 따른 스프링클러의 설계 압력보다 높은 유량과 양정을 발생한다.

스프링클러의 화재안전기준(NFSC 103, 2017)은 건축물의 용도에 따른 스프링클러 기준개수와 헤드의 기준개수를

*정회원, 경기대학교 일반대학원 도시방재학과 박사과정(E-mail: crossover555@daum.net)

Member, Ph.D. Candidate, Department of Urban disaster Management Graduate School, Kyonggi University

**교신저자, 정회원, 경기대학교 일반대학원 도시방재학과 박사과정(Tel: +82-31-8059-7526, Fax: +82-31-280-8791, E-mail: nyj119@gg.go.kr)

Corresponding Author, Member, Ph.D. Candidate, Department of Urban disaster Management Graduate School, Kyonggi University

***정회원, 경기대학교 토목공학과 교수(E-mail: nskim1@kgu.ac.kr)

Member, Professor, Department of Civil Engineering, Kyonggi University

기준으로 유량, 양정을 산정하고 있다. 아파트의 경우, 스프링클러 헤드의 기준개수는 10개이지만 실제 화재 시 10개의 헤드가 개방되는 경우는 매우 드물다. 일반적으로 주거지 화재의 경우 1~3개 정도 헤드가 개방된다.

저층부의 화재 발생은 최상층 스프링클러 헤드 기준개수 10개로 설계 되어진 유량과 양정으로 방출되나 실화재 시 2~3개의 헤드만 개방된 경우 과도한 유량과 과압으로 적법한 유속을 유지하기가 곤란하다. 스프링클러의 화재안전기준에서는 가지관 유속은 6 m/s, 그 외의 배관 유속은 10 m/s를 초과할 수 없도록 규정하고 있다(NFSC 103, 2017). 소방방재신문의 지난 일 년간 주요화재를 살펴보면 아파트 화재의 피해는 전소되는 경우보다 발코니, 침실, 주방 등 국부적인 피해가 대부분이다. 이런 이유로 아파트 세대내 화재 시 스프링클러 설치 건물의 경우 많은 부분이 스프링클러헤드 1~3정도 개방이 많을 것으로 이해된다. 이렇게 스프링클러 헤드 개방수량이 1~3개 정도인 경우 유수검지장치의 압력이 0.7 MPa 이상일 때 Situation 3에서 알 수 있듯이 유속은 스프링클러 가지관에서의 적법한 유속인 6 m/s를 초과한다. 과압은 다량의 소화수를 발생시킴으로 화재 시는 물론 평상시 스프링클러 헤드 오동작에 따른 수손피해를 더욱 가중시킨다.

이에 본 연구는 고층건축물 설계 시 발생하는 과도한 유량, 유속, 양정의 제어를 목적으로 스프링클러 헤드가 분기되는 가지배관에 오리피스 설치를 가정하여 프로그램으로 분석하였다. 적정한 유량, 양정, 유속을 유지하는 지 여부를 PIPENET 프로그램을 활용하여 분석하였으며, 또한 시공현장에서 손쉽게 적용할 수 있는 기준을 제시하였다.

2. 이론적 배경

2.1 오리피스의 마찰손실

배관 내 설치하게 될 오리피스의 마찰손실, 유량, 오리피스 규격과 관련된 Eq. (1)은 KS 규격에서 규정하고 있다(KS B ISO 5167-2, 2019).

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1} \quad (1)$$

q_m : 질량유량(kg/s), C : 유출계수, β : 지름비($\frac{d}{D}$),
 d : 오리피스 지름(m), p : 유체정압(Pa), ρ : 밀도(Pa),
 ε : 팽창계수

유출계수(C)는 배관 내 마찰손실값을 좌우하는 인자로서 오리피스 지름비와 레이놀드수의 종속변수가 된다. 유출계수 C 는 Reader-Harris/Gallagher (1998) 방정식에 의해 주어진다.

$$C = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521\left(\frac{10^6\beta}{Re_D}\right)^{0.7} + \\ (0.0188 + 0.0063A)\beta^{3.5}\left(\frac{10^6\beta}{Re_D}\right)^{0.3} + (0.043 + 0.080e^{-10L_1} - \\ 0.123e^{-7L_1})(1-0.11A)\frac{\beta^4}{1-\beta^4} - 0.031(M_2' - 0.8M_2'^{1.1})\beta^{1.3} \\ + 0.011(0.75-\beta)\left(2.8 - \frac{D}{25.4}\right)$$

여기서,

β (= d/D): 지름비(mm)

Re_D : D 에 관하여 계산된 레이놀즈 수

L_1 (= l_1/D): 평판의 상류면에서 태핑까지 거리와 파이프 지름의 비율

L_2' (= l_2'/D): 평판의 하류면에서 태핑까지 거리와 파이프 지름의 비율

$$M_2' = \frac{2L_2'}{1-\beta}$$

$$A = \left(\frac{19,000\beta}{Re_D}\right)^{0.8}$$

2.2 스프링클러 헤드의 방수압, 방수량

스프링클러 헤드의 방수량, 방수압은 소방청 고시인 스프링클러 헤드의 형식승인 및 제품검사의 기술기준에서 규정하고 있다(NFA, 2017).

$$Q(lpm) = k\sqrt{p} \quad (2)$$

Q : 방수량(lpm), p : 방수압(kg/cm²), k : 방수상수

화재안전 기준에서는 최소 헤드 방수량을 80 lpm으로, 최소 방수압은 1 kg/cm²로 규정하고 있다. 따라서 Eq. (2)에 대입해 보면 방수상수 K 값은 80임을 알 수 있다. K 값은 적용헤드마다 다를 수 있으나 본 논문에서는 K 값 80인 헤드를 기준으로 연구하고자 하며 헤드 노즐규격은 11 mm이다. 헤드 노즐규격은 NFPA 13의 설계부분에서 속도압력에 따른 공식에 도출할 수 있다(NFPA 13, 2019).

$$P_V = \frac{0.001123Q^2}{d^4} \quad (3)$$

P_V : 속도압력(psi), Q : 유량(gpm), D : 관내경(in)

Eq. (3)에서 단위 환산하여 80 lpm과 1 kg/cm² 속도압력을 대입하면 11 mm의 헤드 노즐구경을 구할 수 있다.

2.3 배관 내 압력계산

배관 내 압력계산은 관내 유체의 흐름이 없는 경우의

식은 Eq. (4)로서 베르누이 방정식에서 유체의 속도가 0인 경우 정리한 식으로 파스칼의 원리와 같은 의미의 식이다.

$$p(\text{kg/m}^2) = \rho \times g \times h \quad (4)$$

p : 관내정압(kg/m^2), ρ : 밀도(kg/m^3),
 g : 중력가속도(m/s^2), h : 수두(m)

또한 관내 유속의 계산은 Eq. (5)의 연속방정식을 이용하였다.

$$Q = A \times V \quad (5)$$

Q : 유량(m^3/s), A : 관단면적(m^2), V : 유속(m/s)

3. 수리계산 설계 및 문제점 도출

현 법령 적용에 따른 소방시설 설계 시 문제점을 도출하고자 고층아파트를 가정하였고, 수리계산프로그램 PIPENET을 활용하여 스프링클러 설비를 설계하였다.

- 지하 2층/지상 40층의 공동주택
- 지하층의 층고는 5 m, 지상층의 층고는 3 m로 가정하여 펌프실에서 최상층 층고는 130 m로 가정하였다.
- 배관은 백관이며 C팩터는 120, 저층부 구간은 지하층 ~ 15층, 고층부 구간은 16~40층으로 가정하였다.

Fig. 1은 아파트 단위세대 평면도로써 Fig. 1을 기준으로 수리계산 하였고, 5가지 시나리오 상황을 가정하여 작성하였다.

- Situation 1: 최상층(40층) 화재로 헤드 기준개수 10개 개방
- Situation 2: 고층부의 최저층(16층)에서 화재로 헤드 기준개수 10개 개방
- Situation 3: 16층 헤드 2개 개방
- Situation 4: 16층 오리피스를 적용한 헤드 10개 개방
- Situation 5: 16층에서 오리피스를 적용한 헤드 2개 개방

Figs. 2와 3은 Situation 1을 Pipenet 1.6.0 프로그램을 이용하여 수리계산한 것으로 위에서 가정한 실양정값, C팩터, 백관 등을 반영하여 수리계산하였다. 40층에서 헤드 10개 개방 시 펌프양정은 1.6 MPa이고, 유량은 890 lpm이 계산되었다.

Fig. 1. APT Floor Plan

Fig. 2. Situation 1-Part1

Fig. 3. Situation 1- Part2

Figs. 4와 5는 Situation 2인 16층을 수리계산한 것으로 실제 필요양정은 0.9~1 MPa 이내의 범위이나 설계된 펌프의 양정인 1.6 MPa가해짐에 따라 펌프의 높은 압력으로 인해서 기준치인 890 lpm 보다 높은 유량인 1,730 lpm이 나왔다. 따라서 불필요한 압력으로 불필요한 유량이 생성됨을 알 수 있다.

Eq. (2)의 수식은 헤드선단에서의 유량과 압력에 관한 계산식으로 유량은 압력의 루트승에 비례한다. Eq. (2)의

수식은 헤드방수량, 헤드구경, 헤드선단의 압력에 관한 공식으로 국내기준은 헤드 k값이 80이고 헤드선단의 압력은 0.1 MPa로 국가화재안전기준은 규정하고 있다. Situation 1과 Situation 2의 수리계산을 비교하면 고층부 구역인 16~40층까지 펌프 기동 시 해당구간에 고층부의 양정인 1.6 MPa의 압력이 가해진다. 그 영향으로 저층부(16층)에는 불필요한 양정이 발생되고, 기준개수의 헤드가 개방되면 압력이 증가된 상태이므로 유량 역시 증가하게 됨을 Eq. (2)의 수식으로도 유추해 볼 수 있다.

Fig. 4. Situation 2-Part1

Fig. 5. Situation 2-Part2

Figs. 6과 7은 Situation 3을 수리계산한 것으로 아파트의 실제화재 시 기준개수 10개의 헤드가 개방되는 경우는 드물기 때문에 헤드 2개 개방되는 경우를 가정한 상황이다. 양정은 1.6 MPa로 높는데 반해 헤드 작동은 2개가 되므로 유량은 480 lpm으로 헤드당 80 lpm이라는 유량보다 3배정도 높은것을 확인할 수 있다. 또한 배관 내 유속이 7.1 m/s로서 법정유속인 6 m/s를 초과하는 것을 확인할 수 있다. 이는 교차배관에서 가지배관을 25A로 분기해서 유량은 큰데 반해 관경이 적기 때문이다. 일반적으로 아파트 배관은 Fig. 1과 같이 세대내부에 하나의 교차배관을 설치하고 각각의 헤드 가지관을 25A로 분지 후 헤드를 설치함으로서 발생하는 문제이다. 이런 경우는 Eq. (5) 연속방정식에서 확인할 수 있듯이 유량은 일정하고 관경이 급격히 작아진 경우 유속이 높아진다.

Fig. 6. Situation 3-Part1

Fig. 7. Situation 3-Part2

이렇듯 불필요한 유량, 양정, 유속을 제어하기 위해 가지배관에 오리피스를 설치하여 제어해 보기로 했다. Eq. (2)에서 관경성분인 k값을 변경하여 압력, 유량을 제어하고 그에 따라 Eq. (5)와 같이 유속을 제어하는 효과를 낸다. 오리피스를 11 mm로 선정한 것은 헤드 노즐규격이 11 mm이기 때문인데 이는 헤드노즐규격과 유사할수록 감압능력이 법정유량, 양정을 맞추기에 유리하기 때문이다(Park et al., 2012).

또한 관경이 크면 동일 유량일 때 마찰손실이 감소하고 관경이 작으면 마찰손실이 큰 것을 알 수 있다(Min and Kwon, 2013).

Fig. 8은 Situation 4를 수리계산한 것으로 개방된 헤드 10개에 오리피스를 적용하여 유량을 기존 1,730 lpm에서 1,150 lpm으로 감소시켰다. 이는 교차배관까지의 양정은 Situation 2와 동일하지만 오리피스를 적용한 가지관에서 마찰손실이 급격히 증가함에 따라 압력이 작아지고 그로인해 유량, 유속이 제어된 것이다. 국내 헤드 노즐은 11 mm이며 25A 가지관에 설치한 오리피스의 직경 또한 11 mm를 적용하여 급격한 감압이 되지 않도록 하였다.

Figs. 9와 10은 Situation 5를 수리계산한 것이다. 2개의 헤드에 오리피스 적용하여 작동된 경우를 가정하여 수리계산된 것으로 오리피스를 미적용한 경우에 대비하여 유량은 480 lpm에서 265 lpm으로 감소되었고, 유속은 7.1 m/s에서 3.9 m/s로 감소되었다.

Fig. 8. Situation 4

Fig. 9. Situation 5-Part1

Fig. 10. Situation 5-Part2

위 Situation 1~Situation 5까지의 수리계산 결과는 Table 1과 같다. Situation 1, 2, 4는 스프링클러헤드 10개 개방된 경우를 상정했고 Situation 3, 5는 스프링클러헤드 2개가 개방된 경우를 상정하여 비교하였다. 펌프의 양정이 최상층 기준으로 전층 동일하게 1.6 MPa이 적용됨으로서 Situation 2는 과도한 양정으로 유량이 증가했고 Situation 4는 오리피스 기준개수 10개 각각의 25A 분지가지관에 적용함으로서 유량과 유속을 감소시켰다.

Table 1. Situation 1~5 Comparison

Division	Flow rate (lpm)	Pressure (MPa)	Branch pipe velocity (m/s)
Situation 1	890	1.6	2~3
Situation 2	1,730	1.6	4~6
Situation 4	1,150	1.6	3~4
Situation 3	480	1.6	7
Situation 5	265	1.6	3.9

Situation 3과 Situation 5는 헤드 2개 개방으로 오리피스 11 mm를 각 분지관에 설치하여 헤드의 유량과 유속을 감소시켰다. 오리피스 규격은 모두 11 mm를 적용하였다. 헤드노즐 11 mm보다 작은 오리피스를 적용할 경우 급격한 유량, 압력감소가 발생되므로 그런 경우 반드시 수리계산하여 적절한 유량, 양정을 계산할 필요가 생기게 된다.

본 논문은 불필요한 양정에 기인하여 유량, 유속, 헤드선단의 압력이 높아지는 것을 확인하고 실제 시공에서 매번 수리계산을 거치지 않고 약식으로 오리피스를 적용하여 적절한 유량, 양정, 유속을 유지하고자 다음과 같은 제안을 한다.

배관 각 지점의 압력을 확인하고 오리피스 적용구간을 산출할 필요가 있다. Table 2는 각 상황별, 지점별로 압력상황을 도출한 표이다.

Table 2. Situation 1~5 Pressure Comparison

Division	Floor (MPa)	Cross pipe (MPa)	Branch pipe (MPa)
Situation 1	0.29	0.2~0.1	0.16~0.1
Situation 2	0.97	0.8~0.4	0.6~0.4
Situation 4	1	0.95~0.7	0.23~0.19
Situation 3	1.05	1~0.98	0.9
Situation 5	1.1	1	0.27

Table 2는 각 상황별 배관 지점에서의 압력을 나타낸 것으로 Floor 압력은 펌프에서 해당 층까지 압력손실 후 해당 층 알람벨브전까지의 압력을 나타내고 Cross pipe의 압력은 알람 벨브에서 말단까지의 압력의 감소범위를 나타낸다. 또한 Branch Pipe의 압력은 개방된 헤드선단의 압력 범위를 나타낸다. 소화제 시 작동되는 헤드의 평균수량이 2~3개 작동되는 것을 감안할 때, situation 5는 16층에서 오리피스 11 mm를 설치한 헤드 2개가 개방된 경우를 나타낸다. 이때 헤드선단에서의 압력, 유량, 유속이 0.27 MPa, 130 lpm, 3.9 m/s로서 기존 오리피스 없이 설치된 헤드선단에서의 압력, 유량, 유속이 0.9 MPa, 240 lpm, 7.1 m/s임을 볼 때 오리피스를 적용한 경우가 훨씬 안정적임을 알 수 있다.

과도한 양정이 발생하는 층이 몇 개 층이며 어느 층까지

분지되는 가지관마다 오리피스를 설치해야 하는지는 의문이다. 양정이 적합한 층에도 설치하면 감압에 따라 적법한 압력, 유량에 도달하지 못하는 경우도 발생할 수 있다. 그래서 각층의 다양한 상황마다 수리계산을 적용하면 정확한 수치를 산출할 수 있으나 과도한 비용의 증가를 수반한다. 따라서 본 논문에서는 소방시설의 설치목적과 시공 상의 부담을 고려하여 현실적인 산정 범위를 제안하고자 한다.

4. 오리피스 적용구간의 선정 제안

아파트 화재에서는 평균 1~3개의 헤드가 개방이 되고 그 결과 과도한 유량, 양정이 형성됨으로서 법정유속인 가지관 6 m/s, 그 밖의 배관은 10 m/s 이하로 유지하기가 어렵다. 수리계산 설계방식의 경우만 유속기준을 적용하고 규약배관 설계는 유속기준을 적용하지 않더라도, 상기 유속기준을 규약 배관에서도 유지한다면 적합한 소방품질을 낼 수 있을 것이다.

스프링클러의 화재안전 기준에 따라 헤드선단의 방수 압력은 0.1~1.2 MPa과 80 lpm 이상의 유량을 유지해야 한다. 그리고 헤드선단에서의 유량과 압력이 적합한 배관 내의 유속기준을 마련해야 한다.

Eq. (2)를 기준으로 헤드선단의 압력과 유량을 산정하는데 헤드의 K값은 80으로서 헤드 노즐의 직경은 11 mm이다. K값 80인 헤드노즐은 11 mm이고 헤드선단에서의 압력이 0.1 MPa일 때 유량은 Eq. (2)에 의해서 80 lpm의 유량이 산정 된다. 그리고 헤드는 25A 가지관에 레류싱 하여 15A 헤드가 취부 된다. 따라서 호칭경 25A 헤드의 내경은 27 mm이며 Eq. (5)를 적용한 관경은 27 mm로 유속은 6 m/s로 가정하면 유량은 206 lpm이고, 유량을 다시 Eq. (2)에 대입하면 헤드선단에서의 압력이 0.66 MPa이 됨을 알수있다. 이는 K값 80의 헤드가 25A 배관에 설치되었을 경우 헤드가 개방되어 헤드선단의 압력이 0.66 MPa 이상이 될때 유량은 206 lpm 이상이 되고 유속은 6 m/s를 초과하게 된다는 것을 의미한다. 그 결과 헤드선단에서의 압력기준은 만족하나 가지배관의 유속은 적합하지 않다.

따라서 헤드선단에서 압력을 0.66 MPa 이하로 제어한다면 적정유속을 유지할 수 있다. 이러한 결과는 Fig. 1의 아파트 세대내 배관시공처럼 교차배관에서 헤드를 각각 25A 배관으로 분기 후 헤드를 취부하는 배관방식의 경우에 제한적으로 적용된다. 하지만 주차장 트리방식의 배관에는 적용할 수는 없다. 주차장 배관방식은 교차배관에서 50A, 40A 등으로 가지관을 분지하여 여러 개의 헤드를 설치하는 방식이므로 관경이 크기 때문에 유속이 적정범위를 넘는 경우를 확정할 수 없다. 이런 경우에는 별도로 수리계산을 통하여 확인해야 한다.

Table 2의 Situation 3의 경우 압력이 가장 높은 16층에서 화재 발생 시 헤드 2개가 개방된 경우로서 해당 층의 압력과 개방된 헤드선단의 압력차가 0.15 MPa이다. 이런 결과는 어떠한 아파트 타입을 적용하더라도 규격화된 아파트의 배관방식

특성상 마찰손실을 과다 계상 하더라도 0.25 MPa을 넘지 않을 것으로 유추할 수 있다. Situation 3은 헤드가 2개 개방된, 유수의 흐름이 있는 상태에서의 수리계산을 나타낸다. 따라서 해당 층의 압력이 1.05 MPa이고 마찰손실 압력은 0.15 MPa이므로 헤드선단에서의 압력은 0.9 MPa이 된다. 이결과에서 알수있듯이 헤드가 2개정도로 적게 개방되는 경우 해당 층의 압력이 대부분 헤드에 작용되게 됨을 알수 있다.

Table 2는 배관 내 유수의 흐름이 있는 상태에서의 관내 압력변동을 나타내고 있다. 약식으로 오리피스 적용층을 산정하기 위해서는 유수의 흐름이 없는 상태에서 헤드가 개방되는 층의 압력을 알아야 한다.

Eq. (4)은 유체의 흐름이 없는 경우 관내 유체의 압력을 나타내는 식으로 압력은 유체의 높이에 비례하는 것을 알 수 있다. 지하 2층에서의 펌프 압력이 1.6 MPa이고, 펌프에서 15층까지의 수두압은 물기둥의 높이인 55 m이므로 펌프압력에서 15층의 수두압력을 빼면 1.05 MPa의 압력으로서 평상시 16층은 1.05 MPa의 압력이 유지되었음을 알 수 있다. 16층에서 헤드가 2개 개방될 경우 해당 층의 압력은 유수의 흐름이 없을 때 압력과 동일하고 또한 해당 층의 압력에서 0.15 MPa의 마찰손실을 빼면 헤드 2개 개방 시 헤드선단에서의 압력을 유추해 낼 수 있다.

따라서 헤드선단에서의 압력은 0.66 MPa보다 낮아야 하므로 해당 층의 압력이 0.7 MPa이라면 상기 계산과 같이 헤드 노즐선단의 압력은 0.66 MPa보다 낮아진다. 따라서 해당 층 압력이 70 m가 되는 층은 펌프 압력 1.6 MPa에서 0.7 MPa 뺀 압력인 0.9 MPa을 펌프에서 건물높이로 계산하면 28층이 해당되게 된다. 따라서 16-27층의 각 세대 내부에 교차배관에서 헤드가 분지되는 25A 가지관에 11 mm의 오리피스 설치를 제안한다.

이를 확인하기 위해 28층에서 헤드가 2개 개방된 경우와 오리피스를 설치한 경우를 수리계산 하였다. Fig. 11은 28층에 오리피스를 적용하지 않은 헤드 2개 개방 시 해당 층 압력이 0.7 MPa이고, 헤드선단압력이 0.6 MPa, 유속은 5.7 m/s이다. Fig. 12는 28층에 오리피스를 적용하여 헤드선단의 압력이 0.18 MPa이고 유속은 3.1 m/s이다. 따라서 해당 층 압력이 0.7 MPa 이상인 층의 가지관에 오리피스 적용 시 적법하고 안정적인 유속, 유량, 압력을 나타내었다.

Fig. 11. 28th Floor Fluid Calculation

Fig. 12. 28th Floor Fluid Calculation-orifice Application

5. 결 론

고층건축물의 경우 소화배관 설계 시 유량양정이 최상층을 기준으로 설계되므로 저층부에서는 기준개수의 헤드개방되는 상황에서도 과압이 발생한다. 실화재 발생 시 기준개수 미만의 헤드개방이 되는 경우 더 큰 과압이 발생하며 배관 내 유속은 적법한 범위를 넘어서고, 헤드선단의 과압으로 물입자가 작아지는 것과 필요이상의 소화수 발생으로 수손피해의 증가 문제가 발생된다.

본 연구에서는 과압이 걸리는 층의 헤드가 설치되는 가지배관에 11 mm 오리피스를 설치함으로써 적정유량, 유속, 양정을 유지하는지 수리계산 프로그램(PIPENET)을 이용하여 확인하였다. 또한 수리계산을 적용하지 않고 제한된 조건하에서 오리피스 적용층을 산출하는 방법을 제시하여 실제 시공업무에서 편의를 도모하였다. 본 연구를 통해 4가지의 결론을 도출하였다.

그러나 아쉬움으로 남는 것은 오리피스의 형상과 배관상에 설치되는 위치에 따라 다양한 압력변화가 발생하고 가지관의 길이가 짧아 난류유동이 대부분 발생함으로 시뮬레이션만론 수치해석이 부족하다. 따라서 실험적 연구가 필요하다. 또한 건식설비에 헤드마다 오리피스 적용 시 퇴수미비 문제로 배관부식이 발생될 수 있는데 이는 오리피스 적용시 하향가지배관에 설치 및 드레인밸브 설치로 퇴수를 원활히 하여야 한다.

- (1) 아파트 세대배관을 교차배관에서 25A가지관 분지하여 각각 하나의 헤드를 설치하는 배관방식에서는 헤드노즐선단의 압력이 0.66 MPa를 넘는 경우 가지관의 유속이 6 m/s를 초과하여 적정유속을 갖지 못한다. 따라서 헤드선단의 압력이 0.66 MPa를 초과하는 층의 세대 가지배관에는 오리피스를 설치하여 감압할 필요가 있다.

- (2) 아파트 각층에서의 유수흐름이 없는 상태에서 압력이 0.7 MPa 이상인 경우, 헤드가 2개 작동되는 경우를 가정하였을 때 해당 층에 설치되는 가지관상에는 오리피스 설치가 필요하다.
- (3) 오리피스 적용층은 펌프설계압력에서 0.7 MPa를 빼고 남은 양정으로 아파트층수를 환산하여 그층 이하 층에 대해서 오리피스를 적용한다. 오리피스는 헤드노즐과 동일한 11 mm를 적용한다.
- (4) 본 계산방식의 오리피스 적용은 결론 1)에서 기술한 배관방식의 아파트인 경우만 적용되며 그 외에는 각 조건별 적합한 수리계산을 적용해야 한다.

References

- KS B ISO 5167-2. (2019). *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 2: Orifice plates*. Korean Agency for Technology and Standards.
- Min, S.H., and Kwon, Y.J. (2013). A study on the friction loss reduction in fire hoses used at a fire scene. *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 27, No. 3, pp. 52-59.
- National Fire Agency (NFA). (2017). *Technical standards for type approval and product inspection of sprinkler head*.
- NFPA 13. (2019). *Standard for the installation of sprinkler systems. Chapter 8: Plans and calculations*. National Fire Protection Association.
- NFSC 103. (2017). *Fire safety code for automatic sprinkler system*. National Emergency Management Agency.
- Park, B.R., Yun, K.J., Jang, K.N., Choi, J.U., and Baek, E.S. (2012). A study on the decompression performance by the orifice diameter. *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 26, No. 6, pp. 57-63.

Received June 25, 2020

Revised June 26, 2020

Accepted July 29, 2020