

스프링클러설비의 설계면적에 대한 연구 A Study on Design Area of Fire Sprinkler System

정기신

Keesin Jeong

세명대학교 소방방재학과
(2010. 4. 7. 접수/2010. 6. 11. 채택)

요 약

스프링클러 설비가 중요한 화재진압설비 임에도 화재 시 헤드가 작동하는 면적인 설계면적에 대한 이해의 부족으로 설계면적의 형태를 설정하고 이를 계산하는 것이 원칙에 맞지 않게 하고 있는 것으로 나타났다. 설계면적의 형태는 정사각형으로 하거나 가지관 쪽의 길이가 교차배관 쪽의 길이보다 약간 긴 직사각형으로 하는 것이 일반적이다. NFPA에서는 가지관 쪽 길이를 교차배관 쪽 길이보다 1.2배 크게 할 것을 요구하며 FM에서는 1.4배 크게 할 것을 요구한다. 동일한 설계면적에서 가지관 쪽의 길이를 길게 하면 할수록 유량과 압력이 더 커지게 된다. 설계면적의 수리계산 결과에서 가지배관 쪽의 길이가 1.2배 크게 할 경우 정방형의 경우보다 유량은 4.6%가 커지고 압력은 4.67%가 커졌으며 1.4배 크게 할 경우 유량은 7.52%가 압력은 14.51%가 커졌다. 따라서 스프링클러 설계자들은 설비를 좀 더 안정적으로 설계하기 위하여 설계면적을 정사각형 또는 가지관 쪽의 길이를 약간 길게하는 직사각형의 형태를 갖는 일반적인 규칙을 따라야 한다.

ABSTRACT

Even though the sprinkler system is a essential fire suppression system, the design engineers do not fully understand the concept of design area which sprinklers operate. They frequently made a mistake to form design area and calculate it. The shape of design area is a square or a rectangle which branch side line is a little longer than the cross main side. NFPA demands to lengthen the branch side to 1.2 times than the cross main side and FM demands 1.4 times. The longer the branch side at the same design area is, the bigger the water quantity and pressure is. At the results of hydraulic calculation of design areas, when the branch side is longer 1.2 times, the water quantity became 4.6% bigger than exact square and the pressure came to 4.67% bigger. When it is longer 1.4 times, the water quantity and the pressure are bigger 7.52%, 14.51%. Therefore, the sprinkler design engineers should follow the general rule of design area, exact square or rectangle which length along the branch line is a little longer than length along the cross main, to design more stable system.

Key words : Fire sprinkler system, Design area, Water quantity, Pressure

1. 서 론

오늘날 화재를 가장 확실하게 진압하는 소화설비로 주목을 받는 것 중 하나가 스프링클러 설비이다. 1874년 스프링클러헤드가 발명된 이래 130년을 넘게 사용되어 온 소화설비로 화재 시 정상적으로 작동하면 화재의 진압은 96%에 이르고 이 중 91%가 스프링클러

헤드 1~3개에 의해 소화되는 것으로 보고되고 있다.¹⁾ 이렇게 소화설비로서 가장 중요한 위치를 지켜가고 있는 스프링클러 설비에 있어 화재 시 헤드가 작동하는 면적인 설계면적에 대한 이해의 부족으로 설계면적의 형태를 설정하는 것이 원칙에 맞지 않게 비합리적으로 설계하고 있는 것으로 나타났다. 이에 본 연구는 스프링클러 설비의 설계면적의 형태를 결정하는 원칙을 제시하고 National Fire Protection Association (NFPA), Factory Mutual(FM) 등에서 제시하는 설계면

E-mail: sobang1961@yahoo.co.kr

적의 형태와 원칙을 설명하고자 한다. 이를 위해 작동 헤드기준 10개 20개 30개의 설계면적을 세로가 1.2배 크게, 정방형, 가로가 1.2배 크게 그리고 가로가 1.4배 크게 설정하여 설계를 실시하고 이를 Hazen-Williams의 마찰손실계산 식을 이용하여 15개의 설계면적에 대한 요구유량과 압력을 산출하였으며 동일한 면적에서 설계면적의 형태를 다르게 한 경우 요구유량과 압력이 어떻게 나타나는가를 비교하였다.^{2,3)} 헤드의 설치는 관경별로 헤드의 수량이 결정되어 있는 배관스케줄방법에 의해 설치를 하였고 설치배관은 KSD3507로 하였으며 관부속의 등가길이는 NFPA13스프링클러 기준에서 제시하는 표를 사용배관에 맞게 환산하여 사용하였다.

2. 설계면적 형태의 결정

2.1 설계면적 형태의 결정 實例

현재 소방설계사무소에서 설계하는 스프링클러 설비의 설계면적은 펌프의 유량과 압력을 산정하기 위하여 작동헤드의 수량에 따라 결정하고 있으며 대부분의 경우 형태를 고려하지 않고 최말단 헤드를 순서대로 10개, 20개, 30개를 선정하여 압력과 유량을 계산하고 있으며, 도면에 설계면적을 표시하지 않고 있는 실정이다. Figure 1은 헤드 10개를 기준으로 설계된 것으로 최말단으로부터 순서대로 10개의 헤드를 선정한 예이고 Figure 2 역시 헤드 20개를 기준으로 설계된 것으로 형태에 관계없이 말단으로부터 순서대로 20개를 선정한 예이다.

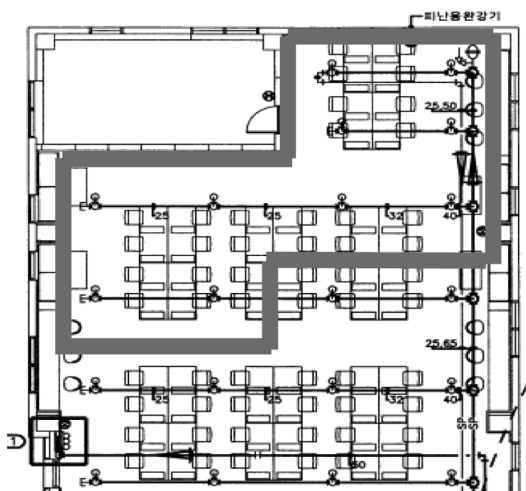


Figure 1. XX Library of Suwon 10 sprinklers.

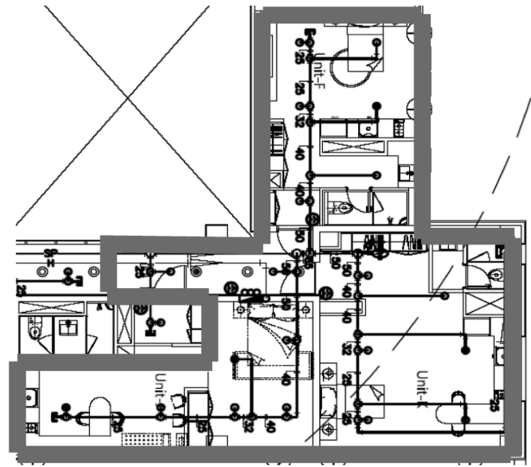


Figure 2. XX Office B/D of Pangyo 20 sprinklers.

2.2 설계면적 형태 결정 방법

화재가 발생하여 전파될 때 장애물이 없다면 화재는 원형으로 확산되어 간다. 상승하는 열기류 또한 천장과 충돌하여 원형으로 퍼져나가며 감지기를 작동시키거나 스프링클러헤드를 작동시킨다.⁴⁾ 따라서 가장 좋은 설계면적의 형태는 원형이다. 하지만 원형으로 설계면적을 설정하면 실비에 실제로 적용하는 것이 곤란하기 때문에 정사각형으로 하는 것이 일반적이다.

2.2.1 National Fire Protection Association(NFPA)

NFPA13에서 제시하는 설계면적은 가지관방향으로 1.2배 긴 직사각형의 형태를 취하도록 한다.⁵⁾ 이는 임의의 헤드 하나가 작동하면 이웃하는 가지관의 헤드가 작동할 확률보다 동일한 가지관을 따라 헤드가 작동할 확률이 더 높기 때문이며 또한 설계면적을 가지관을 따라 긴 직사각형으로 만드는 것이 더 많은 유량과 압력을 확보하는 방법이기 때문이다.⁶⁾ 하나의 헤드가 작동한 것은 그 헤드가 이미 작동온도에 달해 있고 그 헤드가 속한 가지관 역시 작동온도 가까이 까지 올라가 있기 때문에 같은 가지관 상의 옆 헤드가 작동할 확률이 더 높다고 판단하는 것이다. 설계면적의 결정은 다음과 같다.

설계면적 상의 가지관쪽 길이 = $1.2 \sqrt{\text{설계면적}}$ 설계면적이 270m²이면 설계면적의 가지관 쪽 길이는 $1.2 \sqrt{270} = 19.7\text{m}$ 가 된다. 헤드를 3m 간격으로 설치한다면 총헤드수는 $270/9 = 30$ 개이고 가지관 쪽 헤드는 $19.7/3 = 6.57$ 7개로 하나의 가지관에 헤드 7개 씩 4개의 가지관과 마지막 가지관에는 2개의 헤드를 설치한

다. 2개의 헤드는 교차배관에서 가깝게 설치하도록 한다.^{7,8)}

교차배관에 가깝게 설치하는 것이 유량과 압력이 더 크게 계산되므로 교차배관에서 멀리 설치하는 것보다 설비를 안정적으로 설계하는 것이 된다.

헤드를 설치하는 천정의 구조에 따라서 이러한 기준을 지키지 못하는 경우도 있어 반드시 이 기준을 따르는 것은 아니나 특별한 경우가 아니면 이 기준을 따른다.

2.2.2 Factory Mutual(FM)

FM에서 설계면적은 가지관 방향으로 1.4배 긴 직사각형의 형태를 취하도록 요구한다.⁹⁾ 이는 설비를 더욱 안정적으로 설계하여 유량과 압력을 더 크게 확보하려는 의도이다. 설계면적이 270m²인 경우 가지관 쪽의 길이는 $1.4\sqrt{270} = 23\text{m}$ 로 가지관 쪽의 설치헤드 수는 $23/3 = 7.7$ 8개로 하나의 가지관에 헤드 8개씩 3개와 마지막 가지관에는 교차배관에 가깝도록 6개의 헤드를 설치한다.

2.3 설계면적의 형태 별 유량과 압력 계산

작동헤드 10개, 20개, 30개 기준으로 세로 1.2배, 정방형, 가로 1.2배, 가로 1.4배가 각각 긴 직사각형 또는 정사각형의 설계면적을 설정하여 각 설계면적에 대한 압력과 유량을 수리계산으로 산출하여 비교하였다. 설계면적 내의 마지막 가지관이 처음의 가지관과 동일 형태를 갖지 않는 작은 수량의 헤드를 설치 시 교차배관에 가까이 있는 헤드가 설계면적에 포함되도록 하여야 한다. 교차배관에 가까운 헤드를 설계면적에 포함시키는 것이 더 많은 유량과 압력을 확보하는 방법이 될 것이다. 이를 수리계산 하여 비교하였다.

2.3.1 헤드 10개의 경우

설계면적을 세로가 1.2배 크게, 정방형, 가로가 1.2배 크게 그리고 가로가 1.4배 크게 설정하여 설계를 실시하였고 비균등 가지관의 경우 헤드를 교차배관에서 멀리 설계하여 가까이 설계된 경우와 비교하였다. 계산된 결과 값 중 압력의 경우는 Table 1에 나타난 대로 설계면적의 가로가 커지는 순서대로 1.984, 2.293, 2.296, 2.558kg/cm²로 점점 크게 나타났다. 또한 마지막 헤드 2개를 교차배관에서 멀리 설치한 경우의 압력은 Table 3에 나타난 대로 2.290으로 헤드를 교차배관에서 가까이 설치한 경우인 2.296보다 작게 나타났다.

유량의 경우는 Table 2에 나타난 대로 922, 978, 948, 941lpm으로 경향을 알 수 없도록 나타났다. 이유로는 설계면적이 헤드 10개로 너무 작아 증가경향을 나타내

지 못하였다. 마지막 헤드 2개를 멀리 설치한 경우의 유량은 Table 3에 나타난 것과 같이 915lpm으로 교차배관에 가까이 설치한 경우인 948lpm보다 작게 나타났다.

2.3.2 헤드 20개의 경우

압력은 설계면적의 가로가 길어짐에 따라 Table 1에서 보이듯이 2.347, 2.702, 2.97, 3.218kg/cm²로 점점 커졌으며 유량 또한 Table 2에서 보이듯이 1834, 1899, 2029, 2079lpm으로 점점 증가하는 경향을 잘 보여주고 있다. 2개의 헤드를 교차배관에서 멀리 설치한 경우의 압력은 Table 3에서 보이듯이 2.963으로 2.97kg/cm²보다 작게 나타났으며 유량 역시 1982로 가까이 설치한 경우인 2027lpm보다 작게 나타났다.

2.3.3 헤드 30개의 경우

Figure 3는 세로가 1.2배 더 긴 직사각형의 설계면적

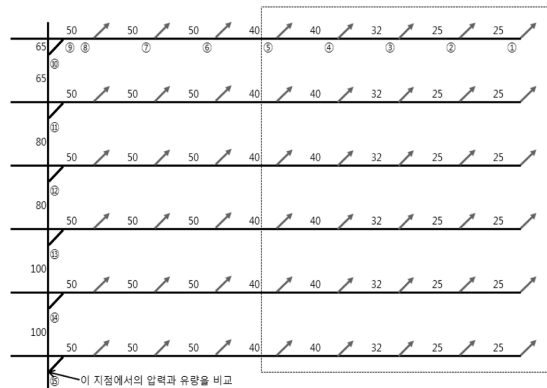


Figure 3. Case of 1.2 times longer of cross main side.



Figure 4. Case of square.

이며 Figure 4은 정사각형의 설계면적

Figure 5은 가로가 1.2배 더 긴 직사각형의 설계면적



Figure 5. Case of 1.2 times longer of branch side (Demand of NFPA 13).

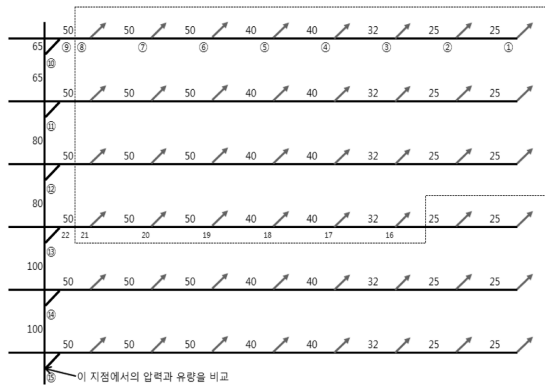


Figure 6. Case of 1.4 times longer of branch side (Demand of FM Global).

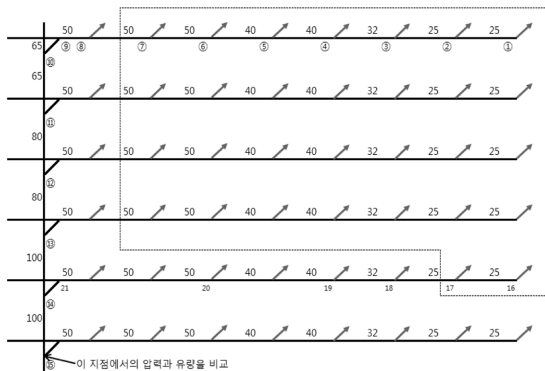


Figure 7. Far side Installation of sprinklers on irregular branch.

으로 NFPA13의 요구사항이다. Figure 6은 가로가 1.4 배 더 긴 직사각형의 설계면적으로 FM의 요구사항이다. Figure 7은 비균형 헤드가 가지관에서 멀리 설치한 것으로 Figure 5과 비교하기 위한 것이다. 압력의 경우는 설계면적의 가로길이가 길어짐에 따라 Table 1에 나타난 대로 2.826, 3.215, 3.327, 3.625kg/cm²로 증가하였으며 유량의 경우도 Table 2에 나타난 대로 2860, 2971, 3140, 3268lpm으로 증가하였다. Figure 7의 경우가 압력 3.325kg/cm²와 유량 3099lpm으로 Figure 5의 경우보다 작게 나타났다. 결과적으로 설계면적이 클수록 동일한 설계면적에서 가지관쪽의 길이가 길수록 압력과 유량이 증가하는 경향이 명확히 나타났다.

2.4 수리계산결과비교

2.4.1 압력비교

동일한 설계면적에서 가지관 쪽의 길이를 길게 할 수록 Table 1에 나타나듯 압력은 점점 커지는 경향을 나타낸다. 전체 평균으로 가지관 쪽의 길이가 1.2배 긴 경우에 정방형의 경우보다 압력이 4.67% 증가하였고 1.4 배 긴 경우는 14.51% 증가하였다. Figure 8은 세로축이 kg/cm² 단위의 압력이고 가로축은 순서대로 설계면적을 세로가 1.2배 크게, 정방형, 가로가 1.2배 크게 그리고 가로가 1.4배 크게 설계한 경우이다. 이때 설정압력의 증가경향을 그래프로 나타낸 것이다. 헤드 10개, 20개,

Table 1. Pressure Demand as Result of Hydraulic Calculation

| | Pressure [kg/cm ²] | | | |
|---------|--------------------------------|--------|---------|---------|
| | c/m1.2 | Square | bran1.2 | bran1.4 |
| 10 s/ps | 1.984 | 2.293 | 2.296 | 2.558 |
| 20 s/ps | 2.347 | 2.702 | 2.97 | 3.218 |
| 30 s/ps | 2.826 | 3.215 | 3.327 | 3.625 |

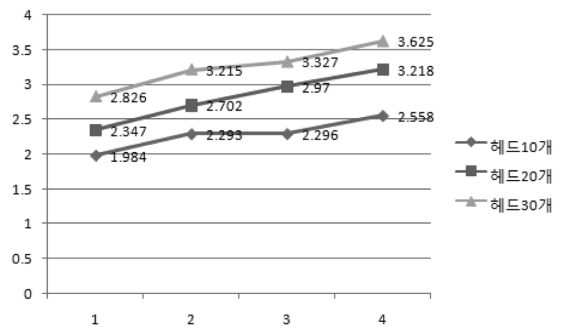


Figure 8. Pressure demand graphs as result of hydraulic calculation.

30개의 모든 경우에 증가경향이 잘 나타나고 있다.

2.4.2 유량비교

유량 역시 동일한 설계면적에서 가지관 쪽의 길이를 길게 할 수 록 Table 2에 보이듯이 점점 커지는 경향을 나타낸다. 전체 평균으로 가지관 쪽의 길이가 1.2배 긴 경우에 정방향의 경우보다 유량이 4.6% 증가하였고 1.4배 긴 경우는 7.52% 증가하였다. Figure 9 역시 세로축과 가로축은 Figure 8과 같다. 이는 각 헤드별 유량변화를 그래프로 나타낸 것으로 헤드 10개의 경우는 설계면적이 작아 증가경향을 잘 보이지 않으나 헤드 20개와 30개의 경우는 증가경향을 잘 보여 주고 있다.

2.4.3 비균형 헤드가 교차배관에서 가까울 때와 멀 때의 비교

헤드10개를 각 가지관에 4개, 4개, 2개를 설치하

는 경우 마지막 헤드 2개를 교차배관 가까이 설치하면 Table 3에서 보이듯이 유량은 948lpm 압력은 2.296kg/cm²가 되고 멀리설치하면 915lpm 2.290kg/cm²가 된다. 가까이 설치하는 경우가 전체적으로 유량은 약 2%가 증가되었고 압력의 경우는 약 0.2%가 증가되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 동일한 설계면적에 대하여 그 형태를 교차배관 쪽 길이인 세로가 1.2배 크게, 정방향, 가지관 쪽 길이인 가로가 1.2배 크게 또한 가로가 1.4배 크게 설계하여 요구유량과 압력을 계산한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1. 스프링클러 설계 시 설계면적은 정사각형 또는 가지관 쪽 방향이 1.2배 정도 길게 설정하여 요구압력과 유량을 산출하여야 한다. 동일한 설계면적으로부터 가지관 쪽 방향으로 1.2배 길게 한경우가 정방향의 경우보다 유량은 4.6% 압력은 4.67%가 크게 계산되었다.

2. 설계면적 내 마지막 가지관이 앞의 가지관과 모양이 같지 않을 때 헤드는 교차배관 가까운 쪽의 헤드를 선정하여야 한다. 교차배관의 가까운 쪽 헤드를 선정하는 경우가 먼 쪽의 헤드를 선정하는 경우보다 유량은 2% 압력은 0.2% 크게 계산되었다.

3. 이와 같이 설계면적을 설정하는 것이 유량과 압력을 크게 계산하게 하여 안정적인 설비를 설계하는 방법이며 설계면적은 도면에 표시하여 도면을 보는 사람이 설계면적과 관련된 정보를 이해하기 쉽게 하여야 한다.¹⁰⁾

Table 2. Water Demand as Result of Hydraulic Calculation

| | Water Quantity [lpm] | | | |
|---------|----------------------|--------|---------|---------|
| | c/m1.2 | Square | bran1.2 | bran1.4 |
| 10 s/ps | 922 | 978 | 948 | 941 |
| 20 s/ps | 1834 | 1899 | 2029 | 2079 |
| 30 s/ps | 2860 | 2971 | 3140 | 3268 |

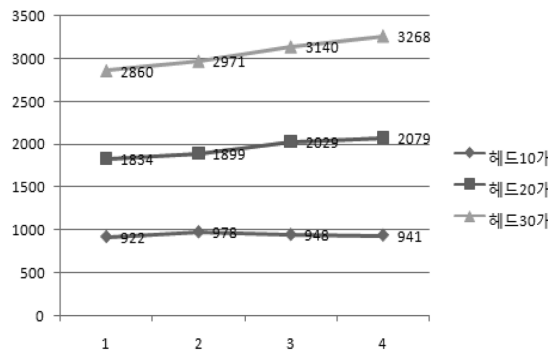


Figure 9. Water demand graphs as result of hydraulic calculation.

Table 3. Comparison of Near Sprinkler with Far Sprinkler Choice of Near sp. / Choice of Far sp.

| | Water Q | | Pressure | |
|---------|---------|------|----------|-------|
| 10 s/ps | 948 | 915 | 2.296 | 2.290 |
| 20 s/ps | 2027 | 1982 | 2.97 | 2.963 |
| 30 s/ps | 3140 | 3099 | 3.327 | 3.325 |

참고문헌

1. John R. Hall Jr., "An Analysis of Automatic Sprinkler System Reliability Using Current Data", National Fire Protection Association February 2, (2006).
2. 소방방재청, "NFSC103 스프링클러설비의 화재안전기준", 스프링클러설치장소별 기준개수(2008).
3. 정기신, "스프링클러 시스템의 가지방식과 격자방식에 관한 비교연구", 서울산업대학교 석사학위논문, 수리계산방법(1999).
4. Richard L. P. Custer, "Dynamics of Compartment Fire Growth", Fire Protection Handbook, pp.2-76~77(2003).
5. NFPA, "Standard for the Installation of Sprinkler System 2007ed.", pp.13-346(2007).

6. NFPA, "Automatic Sprinkler System Handbook 2002ed.", p667(2002).
7. Robert M. Gagnon, "Design of Water-based Fire Protection Systems", p.144 Delmar Publishers (1997).
8. 남상욱, "소방시설의 설계 및 시공", pp.1-412~1-419, 정안당 (2008).
9. F.M. Global, "Property Loss Prevention Data Sheet 2-8N", p.233(2004).
10. <http://wyfiresprinklerdesign.com/drawing>.