

## 스프링클러 시스템의 가지 방식과 격자 방식에 관한 비교연구

신 승엽, 이 수 경, 정 기 신\*, 안 병 국\*\*  
서울산업대학교 안전공학과, (주) 명신기공\*, (주) 안국 E&C\*\*

### A Comparison between the Tree Type and the Grid Type for Sprinkler System

Seung-Yeob Shin, Su-kyung Lee, Kee-Sin Jeong\*, Byoung-Kuk An\*\*  
Dept. of Safety Eng., Seoul National Univ. of Technology  
Myung Shin Eng\*, Ankuk E&C Co.,Ltd.\*\*

#### 1. 서론

현재 국내는 해마다 여러 가지 원인의 재해로 인하여 큰 사회적 손실을 입고 있다. 이 중 화재로 인한 손실은 지금까지 사회의 발전에 따라 꾸준한 증가추세에 있다. 특히 건축물이 대형화 및 인텔리전트화 추세에 있어서 화재발생 시 그 인적, 물질적 손실은 가히 엄청나다고 할 수 있다. 화재로 인한 피해를 미연에 방지하고, 발생 시에는 그 피해를 최소화 하고자 지금까지 많은 노력이 있어 왔다. 현대의 과학기술이 발전에 발전을 거듭하면서, 이를 응용한 화재경보 시스템 및 화재 진압 시스템 또한 비약적인 발전을 이루고 있는 것이 사실이다. 화재 진압 시스템 중 가장 대표적이고 많이 사용되는 설비는 스프링클러 시스템이다. 스프링클러의 역사는 매우 오래 되었으며, 지금도 이에 대한 신기술이 개발되고 있다. 국내에서도 대부분의 건축물에는 화재자동진압설비인 스프링클러 시스템이 설치되어 있다. 그러나 국내에 설치되고 있는 스프링클러 설비는 많은 문제점을 가지고 있다. 이 중 스프링클러 시스템의 설계에 관한 문제점은 최근에서야 인식이 되기 시작하고 있다. 설계에 관한 문제점은 배관 설계에 핵심이 되고 있다. 지금까지의 국내의 스프링클러 시스템 설계는 규약배관 방식으로만 이루어졌으며, 최근에 수리계산 방식의 인정이 법제화되어 사용이 늘어날 전망이다. 하지만, 이미 선진외국은 오래 전부터 수리계산 방식을 사용하고 있으며, 급속히 발전되고 있는 컴퓨터 프로그램을 이용한 수리계산 설계를 시행하고 있다. 이는 지금까지의 설계보다 좀더 정밀하고 효과적이며 경제적인 설계를 가능하게 한다. 특히 선진국에서는 국내에서 사용하고 있지 않은 격자배관방식(Grid System)을 사용하고 있는데 이는 컴퓨터 프로그램에 의한 설계로만 가능하다. 본 연구는 국내 및 미국 National Fire Code의 스프링클러 설계에 관한 기준을 조사하고, 이를 토대로 모델이 되는 대상 건축물의 목적과 면적을 선정하고 가지배관방식과 격자배관 방식의 장단점을 알아보고 격자배관방식의 적용성과 경제성을 알아보고자 한다.

#### 2. 스프링클러 시스템의 설계방식

##### 2.1 규약배관방식 (Pipe Schedule Method)

현재 이 방식은 국내에서 많이 이용되고 있는 방법으로 용도와 면적에, 또는 방수예상 최대 면적에 대한 헤드의 방수 밀도로 결정된다. 이 방식은 스프링클러헤드

중 가압송수장치에서 가장 먼 거리에 있는 것을 기준으로 한다.

### 2.2 수리계산방식의 설계

국내에서는 드문 방식이다. 이것의 장점은 규약배관방식에서 요구되는 배관보다 더 작은 배관으로 방수량과 방수압을 만족시킬 수 있다는 것을 알 수 있으며, 이로 인해 일반적인 방식보다 더 적은 자재비의 감소와 노동력의 감소로 인한 인건비를 감소시킬 수가 있다. 또한 정확한 계산을 제시하여 설계의 타당성을 증명 할 수 있다.

### 2.3 Computer Program을 이용한 격자방식설계

HP4M이 현재 국내에서 쓰이고 있으나 이는 National Fire Code 13을 기준으로 했기에 국내 사정에 잘 맞지는 않다. 프로그램을 운용함에 있어서 입력 Data을 정확히 파악하지 못할 때나 입력오류가 계산에 심각한 영향을 끼치므로 주의를 요하게 된다.

격자배관방식의 일반적인 장점.

- 유수의 흐름이 분산되어 압력의 손실이 적고, 중간이나 말단에서 공급압력 차이를 줄일 수 있어 고른 압력분포가 가능.
- 중간 배관의 막힘에 대처가 가능하여 소화수 공급의 안정성 증가.
- 관내의 압력변동이 적고 충격파가 발생되더라도 분산이 가능.
- 소화용수 및 가압송수장치의 분산배치가 용이함.

## 3. 스프링클러 시스템의 가지배관방식과 격자배관방식에 관한 설계 및 분석

### 3.1 설계 분석을 위한 관련기준 설정 (소방기술기준에 관한 규칙)

#### 1) 스프링클러 헤드에 관한 규정

- ① 하나의 헤드선단의 방수압력은  $1 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$  이상. (제 14조 2항)
- ② 헤드 선단의 방수량은  $80 \text{ l}/\text{min}$ 으로 함. (제 14조 3항)
- ③ 헤드간의 간격은 내화구조의 경우 각 부분으로부터 수평거리 2.3m이므로 헤드간의 거리는 정방형 배치로 하여  $3.2\text{m}(2 \times 2.3 \times \cos 45^\circ)$ 이다. 그러나 3m를 간격으로 배치하였음.

#### 2) 설계면적 선정

Table 1. Definition of Floor Area The Case Study

| 면적                  | 대상물의 용도     | 스프링클러헤드의 기준 개수 | 건축물구조 |                    |
|---------------------|-------------|----------------|-------|--------------------|
| 300 m <sup>2</sup>  | 회의장         | 10             | 내화구조  |                    |
| 1000 m <sup>2</sup> | 공장(특수가연물없음) | 20             |       |                    |
| 3000 m <sup>2</sup> | 백화점(10층 이하) | 30             |       | 폐쇄형 스프링클러의 최대 방호구역 |

#### 3) 설계방식 선정

가지배관방식의 압력손실 및 유량에 대한 계산은 규약배관방식과 수리계산방식을 이용, 격자배관방식의 설계와 압력 및 유량에 관한 계산은 HP4M 이용.

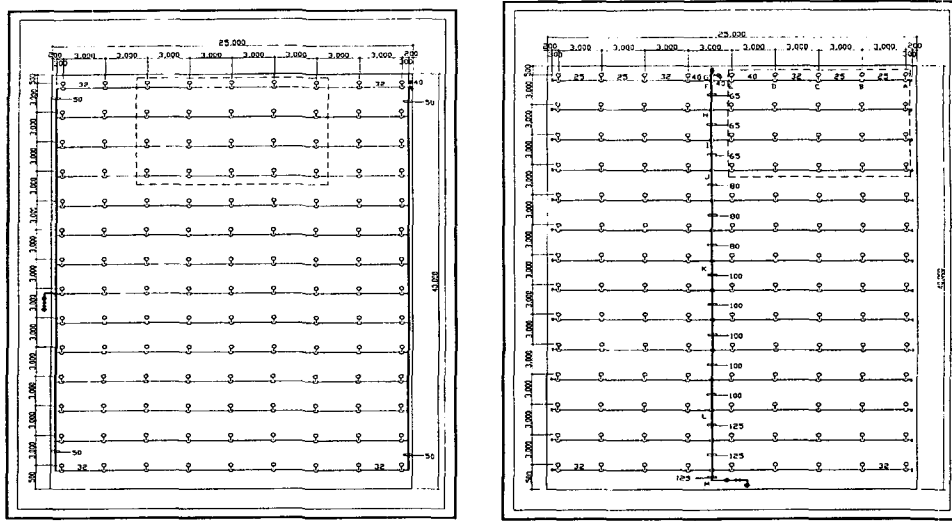


Fig 1. Plan View of 1000m<sup>2</sup> Tree System Case & Grid System

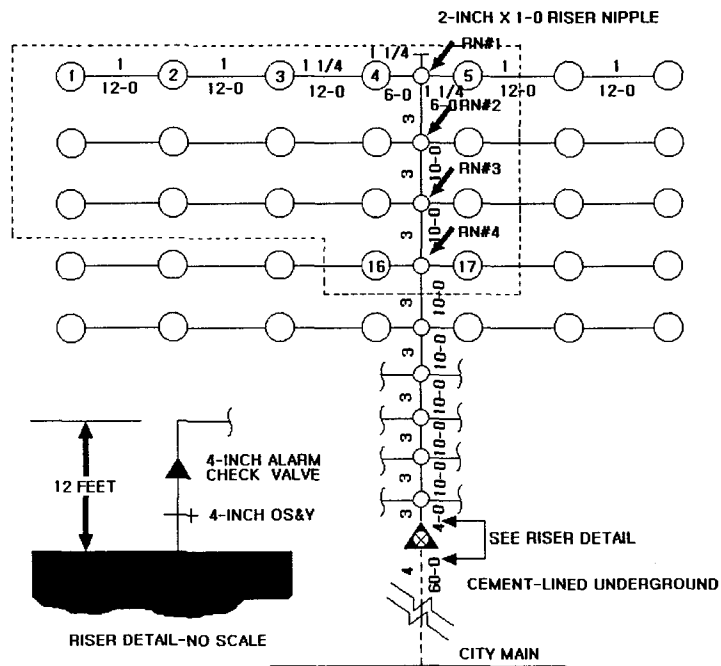


Fig. 2. Hydraulic Calculation for Sprinkler System

#### 4. 각 면적별 설계 계산별 소요 유량, 자재비, 압력 비교 분석

##### 4.1 유량분석

300m<sup>2</sup>, 1000m<sup>2</sup>, 3000m<sup>2</sup>의 면적을 규약배관방식과 격자배관방식으로 설계했을 경우 다음과 같은 도표들로 다음과 같은 결과치를 보였다

**Table 2.** Flow Rate Comparison of 300m<sup>2</sup>, 1000m<sup>2</sup>, 3000m<sup>2</sup> Area Case

| 1000m <sup>2</sup> | Tree    |         |        | Grid |
|--------------------|---------|---------|--------|------|
|                    | 규약배관    | 수리계산    |        |      |
|                    | 유량[lpm] | 1,600   | 2,209  |      |
| ※                  | 72.43%  | 100.00% | 80.04% |      |
| 소화용수확보량[l]         | 32,000  | 44,180  | 35,360 |      |
| ※                  | 72.43%  | 100.00% | 80.04% |      |

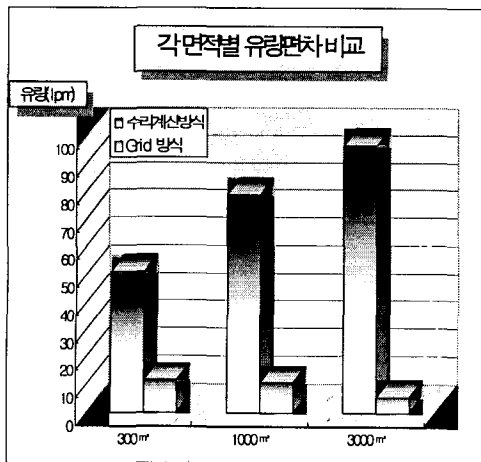
  

| 300m <sup>2</sup> | 300m <sup>2</sup> |         |        |
|-------------------|-------------------|---------|--------|
|                   | Tree              |         | Grid   |
|                   | 규약배관              | 수리계산    |        |
| 유량[lpm]           | 800               | 1,062   | 878    |
| ※                 | 75.33%            | 100.00% | 82.67% |
| 소화용수확보량[l]        | 16,000            | 21,240  | 17,560 |
| ※                 | 75.33%            | 100.00% | 82.67% |

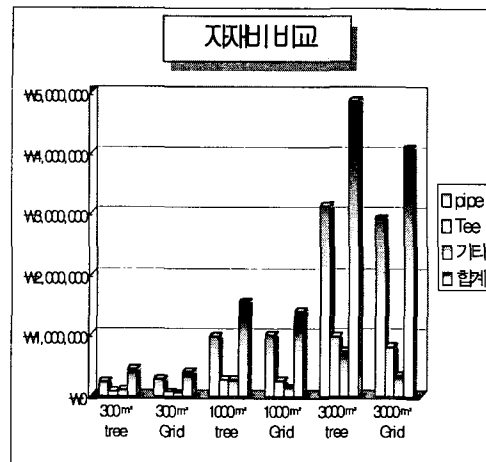
  

| 3000m <sup>2</sup> | 3000m <sup>2</sup> |         |        |
|--------------------|--------------------|---------|--------|
|                    | Tree               |         | Grid   |
|                    | 규약배관               | 수리계산    |        |
| 유량[lpm]            | 2,400              | 3,671   | 2,589  |
| ※                  | 65.38%             | 100.00% | 70.53% |
| 소화용수확보량[l]         | 48,000             | 73,420  | 51,780 |
| ※                  | 65.38%             | 100.00% | 70.53% |

\*규약배관방식은 국내법의 규정에 위한 계산법으로 격자방식은 HP4M으로 계산하였다.



**Fig 3.** Water Supply Comparison Graph of Each Case



**Fig 4.** Comparison of Installation Cost

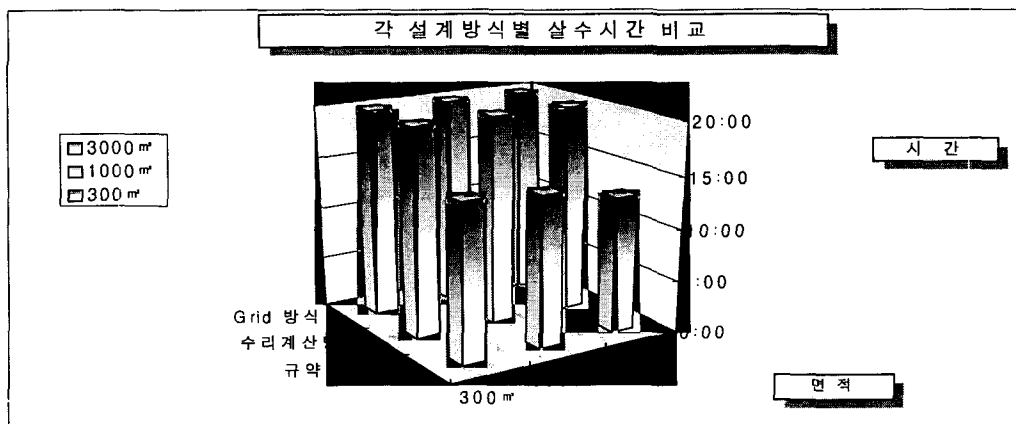
Table-2, Fig-3, Fig-4에서 보듯이 면적이 더 커질수록 더욱더 효과적이고 경제적인을 알 수 있다.

뿐만 아니라, 규약배관방식은 살수 시간을 비교하더라도 현행 법규정에 의하여 계산되어 확보된 유량으로 기준헤드가 모두 방수할 경우에 기준시간인 20 min 보다 짧은 것을 계산으로 알 수 있다.

수리계산의 결과로 300m<sup>2</sup>를 보더라도 규약배관방식은 기준시간인 20분에 못 미친 15분 4초 동안 방수함을 알 수 있다. 이는 선단 헤드의 방수유량을 80 lpm 씩 방수하는 것으로 계산하기 때문이다. 수리계산에서는 선단헤드에서 멀어질수록 압력이 높아 방수량이 많아지는 것을 알 수 있다. 기준헤드(작동면적내에 있는 것) 중에서 최대유량과 최소유량의 차이를 보면 규약배관방식은 모두 80 lpm으로 편차가 없고, Grid과 수리계산의 편차를 보면 편차가 적어서 Tree 방식에 비해 균일한 유량으로 살수됨을 알 수 있다. (Table 3, Fig. 3, Fig. 5)

**Table 3.** Water Spray Time Comparison of Each Case

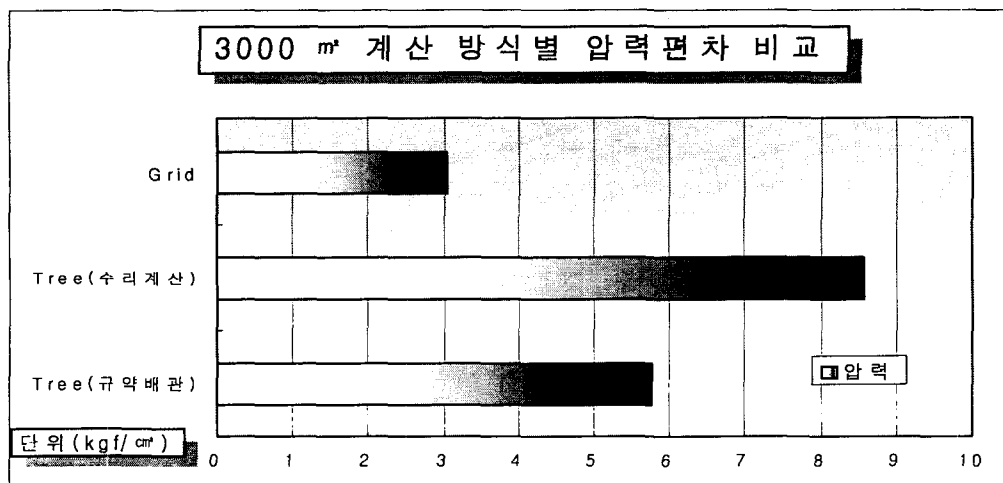
|                    |            | Tree    |                   | Grid             |
|--------------------|------------|---------|-------------------|------------------|
|                    |            | 규약배관    | 수리계산              |                  |
| 300m <sup>2</sup>  | 살수시간       | 15분 4초  | 20분               | 20분              |
|                    | 작동면적내의유량편차 | 없음.     | 131 - 80 = 51 lpm | 96 - 84 = 12 lpm |
| 1000m <sup>2</sup> | 살수시간       | 14분 29초 | 20분               | 20분              |
|                    | 작동면적내의유량편차 | 없음.     | 159 - 80 = 79 lpm | 95 - 84 = 11 lpm |
| 3000m <sup>2</sup> | 살수시간       | 13분 5초  | 20분               | 20분              |
|                    | 작동면적내의유량편차 | 없음.     | 177 - 80 = 97 lpm | 90 - 84 = 6 lpm  |



**Fig. 5.** Water Spray Time Comparison of Each Case

#### 4.2 압력분석

현행 계산되고 있는 방식으로 선정된 압력보다 수리계산에 의해 나온 압력이 더 크다는 것을 알 수 있다. 이에 비해 Grid방식의 압력이 수리계산보다 낮을 뿐 아니라 현행의 방식으로 계산된 것보다도 낮아 Grid 방식이 우수함을 알 수 있다.



**Fig. 6.** Comparison of The Required Pressure in 3000m<sup>2</sup> Area Case

## 5. 결 론

1) 현행 규약배관에 의해 산출된 소요유량으로 소화용수를 확보하였을 경우 수리계산 시 산출된 유량으로 방출이 된다면, 300m<sup>2</sup> 면적의 경우 15분 4초의 시간 동안 방출이 지속됨을 알 수 있었다. 이러한 것은 1000m<sup>2</sup>과 3000m<sup>2</sup>의 경우에서도 알 수 있으며 각각 14분 29초와 13분 5초 동안 지속된다는 것을 알 수 있었다. 그러므로 실제 국내에서 계산하고 있는 방식으로 유량을 확보할 경우 법규에서 요구하는 자체 소화시간인 20분 동안 규정된 헤드가 방수하는 것이 아니라 매우 부족한 시간동안 방수하여 현행 스프링클러 배관설계 시 유량선정에 문제가 있음을 알 수 있었다. 이에 비하여 격자배관방식은 수리계산으로 계산된 유량보다, 상대적으로 적은 유량을 확보해도 된다는 것을 알 수 있다.

2) 압력에 있어서 각 면적별 규약배관, 수리계산, 격자배관방식으로 계산된 결과를 비교하면, 현행 계산하고 있는 방식으로 선정된 압력보다 수리계산방식에 의해 나온 압력이 더 크다는 것을 알 수 있으므로, 이는 현행 방식의 설계가 압력이 부족한 상태로 이루어지고 있음을 말한다. 이에 비하여 격자배관방식으로 계산된 요구압력은 수리계산으로 나온 압력보다 매우 낮을 뿐만 아니라, 현행의 방식으로 계산된 것보다도 낮아 격자배관방식이 매우 우수함을 알 수 있다.

3) 각 면적별 자재비에 소요되는 비용을 비교 분석하여보면 자재비의 경우 격자배관배관이 면적이 넓을수록 가지배관방식보다 더 큰 비율로 비용이 절감됨을 알 수 있다. 300m<sup>2</sup>의 경우는 가지배관방식에 비해 7.97%의 감소를 나타냈고 1000m<sup>2</sup>의 경우는 9.92%, 3000m<sup>2</sup>는 16.08%의 감소를 나타내고 있다. 자재비를 세분화하여 비교한 결과 파이프보다는 관부속품류의 감소가 자재비 감소를 주도하고 있음을 알 수 있었다. 설치비 역시 관경의 감소, 일정한 구경의 배관사용, 관부속품의 감소에 의한 작업의 편리성 및 작업개선 등으로 인하여 격자배관방식이 가지배관방식에 비해 자재비 감소율보다 더 큰 비율로 감소될 것이 추정된다.

4) 소요유량, 소화용수확보량, 소요압력에 있어 격자배관방식이 가지배관방식에 비하여 작아지므로 이는 소화용수 탱크 및 Pump 용량, 입상배관의 관경이 감소되어 비용절감을 가져오게 된다. 따라서 스프링클러 설치 시 격자배관방식은 경제적으로나 화재에 대한 안정성에 있어, 모두 우수하다는 것을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. 고태목, “방재·소방설비기술 총람(상)”, 도서출판 의제, 1997. 10.
2. “Automatic Sprinkler and Standpipe Systems”, National Fire Protection Association, 1990. 10.
3. “NFPA 13 Standard for Sprinkler System Installation”, 1994.
4. “Fire Protection Hydraulics and Water Supply Analysis”, FFP, 1993.
5. “HP4M User' Guide”, MC2 Engineering Software, 1989.
6. “Fire Protection Handbook”, NFPA, July 1991. 1.
7. 김래현 외, “응용유체역학”, 도서출판 대응, 1997. 3.
8. 이수경, “방재·소방설비의 기술”, 도서출판 의제, 1998. 1.
9. “Fire Protection Hydraulics and Water Supply Analysis”, FFP 1993.