

스프링클러 시스템의 가지 방식과 격자 방식에 관한 비교연구

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

정기신*, 이수경**

*(주)명신기공, ** 서울산업대학교 안전공학과

1. 서론

화재 진압시스템 중 가장 대표적이고 많이 사용되는 설비는 스프링클러 시스템이다. 국내에 설치되고있는 스프링클러 시스템은 많은 문제점을 가지고 있으며 특히 배관방식과 설계부분이 그러하다. 지금까지의 국내의 스프링클러 시스템 설계는 규약배관방식만으로 이루어졌으며, 최근에 수리계산 방식의 인정이 법제화되어 사용이 늘어날 전망이다, 이미 선진외국은 오래 전부터 수리계산방식을 사용하고 있으며, 급속히 발전되고있는 컴퓨터 프로그램을 이용한 수리계산 설계를 시행하고 있다. 특히 선진국에서는 국내에서는 사용하지 않고 있는 격자배관방식(Grid System)을 사용하고있는 데 이는 컴퓨터 프로그램에 의한 설계로만 가능하다. 본 연구는 대상을 선정하여 건축물의 목적과 면적을 결정하고 가지배관방식과 격자배관방식의 설계를 실시하여 비교 분석함으로써 현행 국내 스프링클러 시스템의 배관설계방식인 가지배관방식과 아직 도입되지 않고 있는 격자배관방식의 장단점을 알아보고 격자배관방식의 적용성과 경제성을 알아보고자 한다.

2. 스프링클러 시스템의 설계 방식

(1) 규약배관방식(Pipe Schedule Method) 설계¹¹⁾

규약배관방법은 국내 스프링클러설계시 대부분 쓰이는 방법으로 용도와 면적에, 또는 방수예상 최대면적에 대한 헤드의 방수밀도로 결정된다. 이 방식은 스프링클러헤드중 가압송수장치에서 가장 먼거리에 있는 것을 기준으로 한다. 여기서부터 구간을 나누어 최상단 말단 헤드에서부터 가압송수장치까지의 마찰손실수두를 계산을 한다. 이러한 마찰손실수두를 계산을 할 때는 직관의 길이와 관이음쇠, 밸브등의 마찰손실수두에 상당하는 등가길이(m)를 환산하여 계산을 하게 되는 방식이다. 이렇게 계산된 배관 및 관부속품의 마찰손실수두는 나머지 요소와 합하여 전양정을 결정하게 되며 이는 전동기의 용량을 결정하는데 사용하게 된다.

(2) 수리계산방식의 설계¹²⁾

수리계산방식에 의한 스프링클러 시스템 배관의 설계는 현재 국내에서 매우 드물다고 할 수 있다. 정확한 계산을 제시하여 설계의 타당성을 증명할 수 있다. 수력학적 계산기법은 시스템설계를 위한 초기의 몇 가지 결정은 배관규약배관방식과 같으나, 배관의 압력손실을 결정하는데 있어서는 Hazen-Williams (Hazen - Williams) 공식등의 수력학적 공식을 사용하여 정밀한 계산을 도입함으로써 결과의 정확성과 신빙성이 매우 높다.

(3) 컴퓨터 프로그램에 의한 격자방식설계

현행 스프링클러 설계방식인 규약배관방식과 수리계산방식설계는 거의 수계산으로 하고 있으나, 격자배관방식의 경우는 수계산으로는 거의 불가능하다. 그러므로, 격자배관방식은 전용 프로그램으로 설계를 하게 되며, 이에 대해서 National

Fire Code 에서는 설계용 프로그램의 사용을 권장하고 있다.^[3] 현재 국내에서 사용할 수 있는 격자배관 설계 프로그램은 MC2 Engineering Software 에서 만든 HP4M이 거의 유일하다고 할 수 있다. 대부분의 상용 계산 프로그램은 그 나름대로 많은 실험과 검증을 거쳐 발표되기 때문에 어느 정도의 신빙성은 기본적으로 가지고 있다. 그러나, 프로그램을 이용한 설계는 오류를 범할 위험이 있다. 대부분의 경우 많은 오류를 범하게 되는 주요한 원인은 요구되는 입력 데이터를 정확히 파악하고 있지 못하거나, 잘못된 데이터를 입력하는 경우이다.^[4] 스프링클러 시스템의 격자배관 방식은 많은 우수한 점이 있으나 다음과 같은 단점도 가지고 있다.^[5]

- ① 습식에서만 사용할 수 있다.
- ② 설계 시 압력 및 유량의 계산을 컴퓨터 프로그램에만 의존하여 프로그램 자체의 오류가 있을 시에는 그 문제점을 전혀 파악할 수 없다.
- ③ 설계 시 수계산으로는 유량과 마찰손실의 계산이 불가능하다.

3. 스프링클러 시스템의 가지배관방식과 격자배관방식에 관한 설계 및 비교 분석

(1) 설계 분석을 위한 관련기준 선정

스프링클러 시스템 방식 중 두 가지인 가지배관방식과 격자배관방식을 비교하기 위하여 각각을 적용한 설계를 시행하였다. 이를 시행하기 전에 양쪽의 설계를 같은 조건에서 비교하기 위하여 국내의 소방규정인 '소방기술기준에 관한 규칙'을 적용하였다. 각 항목에 대한 적용기준은 다음과 같다.

1) 스프링클러 헤드에 관한 규정

- ① 하나의 헤드선단의 방수압력은 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상이고 방수량은 $80\text{ l}/\text{min}$ 으로 함 .
- ② 헤드간의 간격은 내화구조의 경우 각 부분으로부터의 수평거리가 2.3m이므로 헤드간의 거리는 정사각형 배치로 하여 $3.2\text{m}(2 \times 2.3 \times \cos 45^\circ)$ 이다. 그러나 3m를 간격으로 배치하였음.

2) 설계면적 선정

스프링클러 시공의 대상이 되는 건축물의 면적, 기준헤드의 개수, 용도, 건축물의 구조에 대한 선정 내용과 이유는 국내 소방법규정을 기준으로 하였다. 이에 대한 내용은 Table 1.에 정리하였다.

3) 설계 방식의 선정

대상물의 방호면적에 대한 스프링클러 시스템 설계방식은 각 면적당 가지배관 방식과 격자배관 방식으로 나누어 설계하며, 가지배관방식의 압력손실 및 유량

Table 1. Definition of Floor Area for The Case Study

면적	대상물의 용도	스프링클러헤드의 기준 개수	건축물 구조	비고
300 m ²	회의장	10	내화구조	스프링클러의 최소적용 면적
1000 m ²	공장 (특수가연물없음)	20		스프링클러의 최대방호구역
3000 m ²	백화점	30		

※ 단, 대상물의 용도와 기준 개수에 관한 선정은 소방법 시행령 별표 1. (특수장소)와 소방 기술기준에 관한 규칙 제 13 조 1항의 표를 기준으로 선정.

에 대한 계산은 규약배관방식(Pipe schedule Method)와 수리계산방식(Hydraulic Calculation)을 각각 시행하였다. 또한 격자배관방식의 설계와 압력 및 유량에 관한 계산은 격자형 스프링클러 설계 전용 프로그램인 MC2 Engineering Software의 HP4M으로 시행하였다.

4) 기타 설정

- ① 설계 범위는 해당구역의 알람벨브 이후 2 차 측에 한하여 실시한다.
- ② 보나 기타 살수에 영향을 주는 것에 대한 고려는 하지 않는다.
- ③ 자재비 계산은 「배관자재가격표」(1998. 3. 1 현재)을 기준으로 한다.
- ④ 자재비 계산시 각 헤드를 연결하는 배관과 이에 따르는 입상 Tee 만을 포함했다. 입상 Tee 이후 배관과 헤드의 가격은 공통이므로 제외했다.

(2) 각 면적의 설계 계산별 소요 유량과 압력의 비교 및 분석

300m², 1000m², 3000m²의 면적에 대하여 각각 가지배관방식(규약배관방식)과 격자배관방식으로 설계를 해보았으며, 이에 대하여 가지배관방식은 현행 법규정에서 제시하고 있는 방식인 규약배관방식과 수리계산방식으로 유량과 압력손실을 계산하였으며, 격자배관방식은 HP4M으로 계산하였다.

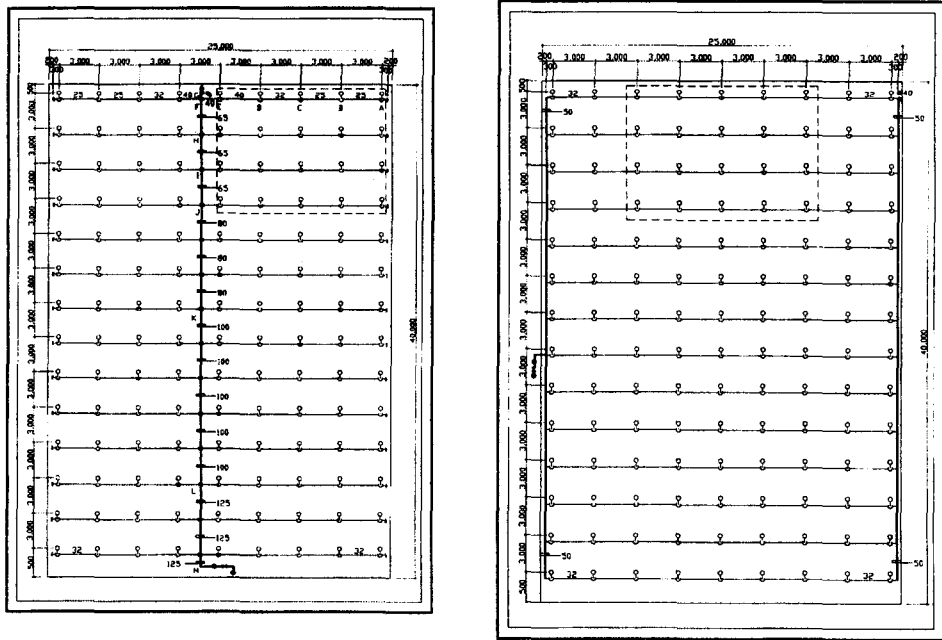


Fig. 1. Plan View of 1000m² Tree and Grid System Case

먼저 각각의 확보 유량을 비교하였다. 면적 300m²의 경우에는 국내법규정에서 계산을 하는 대로 80 lpm × 10(헤드수) × 20(분)을 하여 확보 유량을 계산한 결과 16,000 l가 나왔다. 이를 수리계산으로 계산을 해본 결과 나온 확보 유량은 1,062 lpm × 20(분)인 21,240 l이었다. 1000m²과 3000m² 면적 설계의 경우도 마찬가지로 규약배관방식에 의한 계산은 각각 32,000 l와 48,000 l로 나왔으나, 수리계산에 의하여 각각 44,180 l와 73,420 l로 나와 큰 차이를 보이고 있어 현

재 확보하고 있는 수량이 실제 20분간 방수할 수 있는 수량에 비하여 크게 못 미친다는 것을 알 수 있다. 이에 대하여 격자배관방식은 면적 300m²의 경우, 소요수량이 878lpm이 나와 수리계산에 의하여 계산된 1,062lpm보다 작게 나왔으며, 확보수량도 17,560 l로 나와 수리계산에 의하여 나온 21,240 l 보다 작게 나왔다. 1000m²과 3000m²의 경우도 마찬가지로 Table 2.에서 알 수 있다. 이를 보면 격자배관방식의 소요수량과 확보수량이 가지배관방식보다 작게 나와 격자배관방식이 매우 경제적임을 알 수 있다. 그러므로 현행 법규정에 의하여 계산되어 확보된 유량으로 기준헤드가 모두 방수할 경우에 기준시간인 20분보다 짧은 시간에 방사된다는 것을 계산으로 알 수 있다. 300m²의 경우 규약배관방식의 확보수량은 16,000 l 이지만 수리계산으로 확보수량을 계산해보면 21,240 l임을 알 수 있다. 수리계산의 결과를 기준으로 환산하면 현행 규약배관방식으로 확보된 유량으로는 15분 4초 동안 밖에 방사하지 못하여 기준시간인 20 분에 모자람을 알 수 있다. 이는 선단헤드의 방수유량을 80 lpm으로 규정하고 이후의 기준헤드를 모두 80 lpm 씩 방수하는 것으로 계산을 하기 때문이다. 수리계산으로 유량을 계산해보면, 선단헤드에서 멀어질수록 압력이 높아 방수량이 많아지는 것을 알 수 있다. 결국은 기준헤드를 설정하여 각각의 소요유량을 합하고 이를 기준으로 20분 동안 방사할 수 있는 유량을 확보하는 것이 타당하다는 결론이 나온다.

Table 2. Flow Rate Comparison of 300m², 1000m² and 3000m² Area Case

	300m ²			1000m ²			3000m ²		
	Tree		Grid	Tree		Grid	Tree		Grid
	규약배관	수리계산		규약배관	수리계산		규약배관	수리계산	
유량[lpm]	800	1,062	878	1,600	2,209	1,768	2,400	3,671	2,589
※[%]	75.33	100	82.67	72.43	100	80.04	65.38	100	70.53
소화용수 확보량[l]	16,000	21,240	17,560	32,000	44,180	35,360	48,000	73,420	51,780
※[%]	75.33	100	82.67	72.43	100	80.04	65.38	100	70.53

주) ※는 수리계산에서 계산된 유량을 기준으로 하여 규약배관방식과 격자방식에 의하여 계산된 유량을 상대적인 백분율로 나타낸 것임.

또한 기준개수의 헤드(작동면적내에 있는 것)중에서 헤드 당 최대유량과 최소유량의 차이를 보면 규약배관방식은 모두 80 lpm으로 계산하여 편차가 없고, 수리계산과 Grid 방식의 편차를 비교해보면 Grid의 편차가 작아서 Tree 방식에 비해 유량의 편차가 적고 균일한 유량으로 살수됨을 알 수 있다. 각 면적에 대한 비교는 Table 3.과 같다.

Table 2. Water Spray Time Comparison of Each Case

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

주) 유량편차는 기준헤드중 가장 높은 유량과 가장 낮은 유량의 차이임.

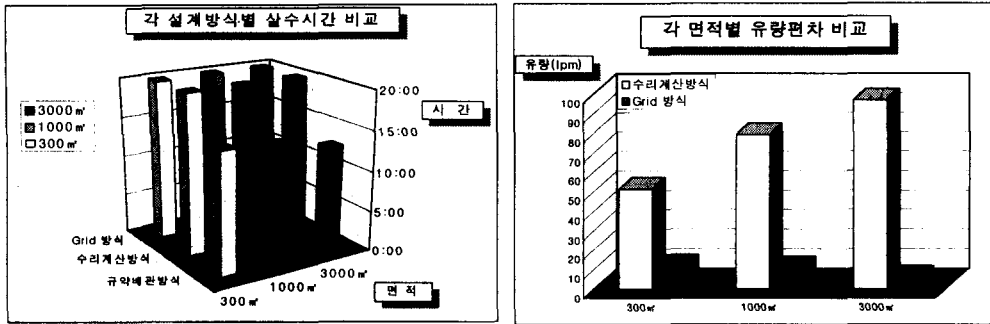


Fig. 1. Water Spray Time and Flow Rate Comparison of Each Case

(2) 각 면적의 설계 계산별 입구점에서 요구되는 압력의 비교 및 분석

각 면적에서 규약배관, 수리계산, Grid 방식으로 계산된 결과를 비교하면, 현행 계산하고 있는 방식으로 선정된 압력보다 수리계산방식에 의해 나온 압력이 더 크다는 것을 알 수 있다. 이에 비하여 Grid 방식으로 계산된 요구압력은 수리계산으로 나온 압력보다 매우 낮을 뿐만 아니라, 현행의 방식으로 계산된 것보다도 낮아 Grid 방식이 매우 우수함을 알 수 있다.

Table 4. Comparison of The required Pressure in 300m², 1000m² and 3000m² Area Case

	300m ²			1000m ²			3000m ²		
	Tree		Grid	Tree		Grid	Tree		Grid
	규약배관	수리계산		규약배관	수리계산		규약배관	수리계산	
압력	2.9	3.63	2.3	4.07	5.62	3.97	5.76	8.58	3.03
※	-0.73		-1.33	-1.55		-1.65	-2.82		-5.55

단, ※ 는 가지배관방식 (수리계산)에서 설정된 압력을 기준으로 하여 가지배관 (규약배관 방식 계산)과 가지배관 방식으로 계산된 압력의 차를 나타내는 것임.

Table 5. Pressure Difference in Design Area of Each Case. (Unit: kg/cm²)

	Tree	Grid
300m ²	1.72	0.3
1000m ²	3.25	0.27
3000m ²	4.24	0.13

(3) 각 면적별 자재비 비교 및 분석

각 면적별 자재비 소요비용을 비교 분석하였다. 이를 보면 면적이 커질수록 격자배관방식이 가지배관방식보다 자재비가 크게 절감되는 것을 알 수 있었다. 300m²의 경우는 가지배관방식에 비해 92.03%를 보이고, 1000m²의 경우에는 90.08%, 3000m²의 경우는 83.92%를 보이고 있다. 자재비를 세분화하여 비교하면 파이프보다는 관부속품류의 감소가 자재비 감소를 주도하고 있음을 알 수 있다. 또한 설치비에 있어서도, 관경의 감소, 일정한 구경의 배관사용, 관부속품감소등에 의한 작업의 편리성을 고려할 때 자재비보다, 더 큰 비율로 감소할 것이 예상된다. 소요유량과 마찰손실에 의해 요구되는 압력이 격자배관방식이 가지배관방식에 비해 작으므로 이는 펌프용량, 입상배관, 소화용수탱크 등의 선정에 있어서도 비용절감이 예상된다.

Table 6. Comparison of Pipe and Fittings Cost in Each Case.

	300m ²		1000m ²		3000m ²	
	Tree	Grid	Tree	Grid	Tree	Grid
pipe	244,292 (100%)	281,273 (115.14%)	991,404 (100%)	1,000,909 (100.96%)	3,126,934 (100%)	2,927,672 (93.63%)
Tee	84,690 (100%)	75,480 (89.13%)	283,260 (100%)	260,100 (91.82%)	994,780 (100%)	822,980 (82.73%)
기타	114,995 (100%)	51,855 (45.09%)	282,660 (100%)	141,840 (50.18%)	750,650 (100%)	338,450 (45.09%)
합계(자재비)	443,977 (100%)	408,608 (92.03%)	1,557,324 (100%)	1,402,849 (90.08%)	4,872,364 (100%)	4,089,102 (83.92%)

4. 결 론

(1) 현행 규약배관에 의해 산출된 소요유량으로 소화용수를 확보하였을 경우 수리계산 시 산출된 유량으로 방출이 된다면, 300m² 면적의 경우 15분 4초의 시간동안 방출이 지속됨을 알 수 있었다. 이러한 것은 1000m²과 3000m²의 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 소화 시간인 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 격자배관 배관이 면적이 넓을수록 가지배관방식보다 더 큰 비율로 비용이 절감됨을 알 수 있다. 300m²의 경우는 가지배관방식에 비해 7.97%의 감소를 나타냈고 1000m²의 경우는 9.92%, 3000m²는 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 작업개선등으로 인하여 격자배관방식이 가지배관방식에 비해 자재비 감소를 보다 더 큰 비율로 감소될 것이 추정된다.

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

참 고 문 헌

- [1] 고한목, "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.