

스프링클러시스템의 격자배관방식



이 창 섭
경기소방재난본부

1. 서론

건물에 고정적으로 설치되어서 초기에 화재를 자동으로 감지하여 화재의 확산을 제어하거나 소화를 하는 기능을 가진 시스템 중에 가장 널리 쓰여지고 있는 것이 스프링클러시스템¹⁾이다.

스프링클러시스템은 1723년 영국의 Ambrose Godfrey에 의하여 개발되었는데 이때는 단순히 물통과 도화선으로 구성되어 화재시 화염이 도화선에 인화되면 화약이 폭발하여 물통의 물이 방출되어 소화되는 간이설비였다. 그후 계속 개발되어 1852년에 오늘날과 유사한 스프링클러시스템이 영국에서 개발되었다. 자동스프링클러헤드는 1864년에 영국의 Stuart Harrison에 의해서 발명되었으나 실용화되지 못하였고 1874년 미국의 Henry Parmelee에 의해서 오늘날과 같은 자동스프링클러헤드가 개발되고 1878년 Providence Steam & Gas(현재의 Grinnell)사에서 생산하여 실용화되었으며 1885년 건식 시스템이 개발되어 동결문제가 근본적으로 해결되면서 오늘날의 현대적인 스프링클러설비에 이르게 되었다.

스프링클러시스템은 스프링클러헤드의 형태에 따라 폐쇄형 스프링클러시스템과 개방형 스프링클러시스템으로 대별되며, 폐쇄형 스프링클러시스템은 습식 스프링클러시스템(wet pipe system), 건식 스프링

클러시스템(dry pipe system), 조합식 스프링클러시스템(combined dry pipe and preaction system), 싸이클릭 스프링클러시스템(fire cycle system) 등이 주종을 이루며, 개방형 스프링클러시스템은 천장이 높은 장소와 화재가 급격히 확산될 수 있는 장소에 설치하는 것으로 일제살수식 스프링클러시스템(deluge system)이라고도 한다.

배관방식²⁾에는 전통적으로 가지배관방식(tree system)이 많이 쓰여졌지만 근래에 이르러 마찰손실(friction loss)과 각 헤드간의 압력차를 줄일 수 있는 격자배관방식(grided system)과 루프시스템(looped system)이 사용되어지고 있다. 특히 격자배관방식은 시스템

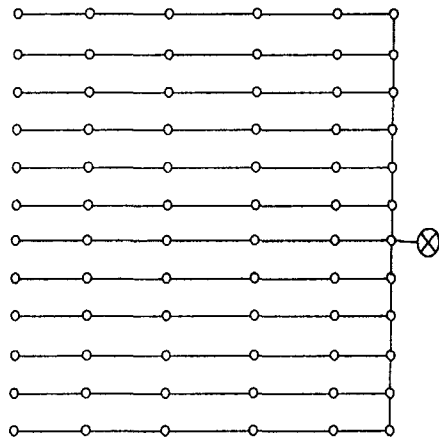


Fig. 1. Tree system

nowherегuy@korea.com

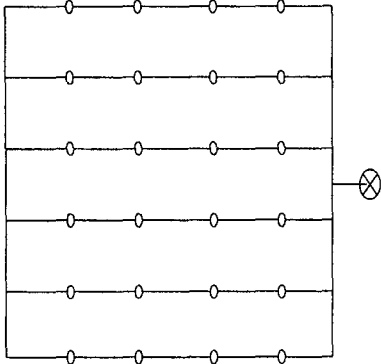


Fig. 2. Gridded system

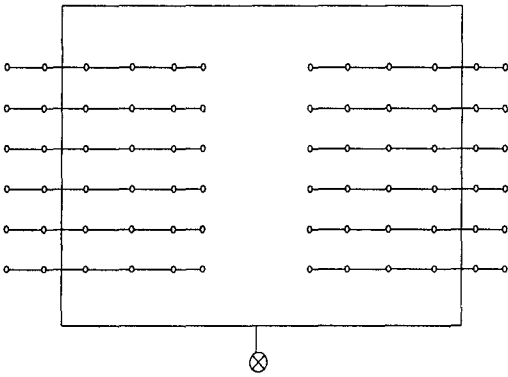


Fig. 3. Looped system

의 안정성이 높고 시공비용이 낮은 등의 장점으로 주목받고 있으며 국내에서도 시공이 이루어지기 시작했다.

2. 격자배관방식

격자배관방식은 유수의 흐름이 분산되어 압력의 손실이 적고, 중간이나 말단에서 공급압력의 차를 줄일 수 있어 압력이 고르게 분포되며, 중간 배관의 막힘에 대처가 가능하여 시스템의 안정성이 높고, 관내의 압력변동이 적고 충격파가 발생되더라도 분산이 가능하고, 소화용수 및 가압송수장치의 분산배치가 용이한 등이 장점으로 주목되어지면서 1999년부터 국내에서도 시공이 되어지고 있다.

그러나 아직 법적인 기준이 정해지지 않았으므로 현재 이를 시공하기 위해서는 소방안전기술위원회의 심의를 거쳐야 한다.

그리고 설계는 수계산에 의해서는 불가능하며 전용 프로그램을 써야만 한다. National Fire Code에서

도 설계용 프로그램의 사용을 권장하고 있는데 국내에 보급된 격자배관 설계 프로그램으로는 MC2 Engineering Software의 HP4M이 있다.

이 외에도 습식에서만 사용할 수 있는 점, 설계를 컴퓨터 프로그램에 의존하므로 프로그램 자체의 오류가 있을 시에는 그 문제점을 전혀 파악할 수 없는 점 등의 단점 또한 가지고 있다.

3. 가지배관방식

격자배관방식과 가지배관방식의 경제성 및 효율을 비교하기 위하여 먼저 가지배관방식에서의 규약배관방식과 수리계산방식의 설계에 대한 언급이 필요하다.

가. 규약배관방식설계³⁾

규약배관방식(pipe schedule method)은 국내 스프링클러 설계시 대부분 쓰여오던 방법으로 용도와 면적에, 또는 방수예상 최대면적에 대한 헤드의 방수밀도로 결정된다. 이 방식은 스프링클러헤드 중 가압송수장치에서 가장 먼 거리에 있는 것을 기준으로 한다. 여기서부터 구간을 나누어 최상단 말단 헤드에서부터 가압송수장치까지의 마찰손실수두를 계산한다. 이러한 마찰손실 수두를 계산할 때는 직관의 길이와 관이음쇠, 밸브 등의 마찰손실수두에 해당하는 등가길이(m)를 환산하여 계산을 하게되는 방식이다. 이렇게 계산된 배관 및 관 부속품의 마찰손실수두는 나머지 요소와 합하여 전 양정을 결정하게 되며, 이는 전 동기의 용량을 결정하는데 사용하게 된다.

나. 수리계산방식 설계⁴⁾

수리계산방식(hydraulic calculation)은 정확한 계산을 제시하여 설계의 타당성을 증명할 수 있다. 수력학적 계산기법은 시스템 설계를 위한 초기의 몇 가지 결정은 규약배관방식과 같으나 배관의 압력손실을 결정하는 데 있어서는 Hazen-Williams 공식 등의 수력학적 공식을 사용하여 정밀한 계산을 도입함으로써 결과의 정확성과 신빙성이 매우 높다.

4. 격자배관방식과 가지배관방식의 비교⁵⁾

국내에서 이루어진 연구의 결과를 고찰하면 스프링클러시스템의 격자배관방식과 가지배관방식의 경제성과 효율의 비교하여 이해하기 용이하다. 이 연

구는 내화구조의 공장용도 1,000m² 건물에 대하여 가지배관방식과 격자배관방식으로 나누어 설계함으로써 그 결과를 비교하였다. 가지배관방식의 압력손실 및 유량은 규약배관방식과 수리계산방식으로 각각 계산하였으며, 격자배관방식의 설계와 압력 및 유량은 HP4M을 이용하여 계산하였다.

가. 설계

면적 1,000m²는 가로 25m, 세로 40m의 내화구조이며, 설치된 헤드의 개수는 126개(9×14)로 계산되었다. 헤드간의 간격은 3m이고, 용도는 공장(특수가연물 없음)이다. 현행 기준에 의하여 헤드의 기준 개수는 20개로 설정하였으며, 헤드선단(remote head)의 방수량은 80 l/min이고, 방수압은 1kgf/cm²를 기준으로 하였다.

1) 가지배관방식의 설계

a) 규약배관방식 : 선단 헤드의 유량 및 압력 계산은 '소방기술기준에 관한 규칙'에 명시된 기준을 적용하였다 이에 대한 계산은 Table 1에 나타내었다.

b) 수리계산방식 : '소방기술기준에 관한 규칙'에 명시된 기준을 적용하였으며 이에 대한 계산은 Table 2에 나타내었다.

2) 격자배관방식의 설계 : 해당구역의 1,000m² 면

적에 대한 격자배관방식에 의한 설계를 실시한 도면은 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. 헤드는 가지배관방식 설계시와 같다.

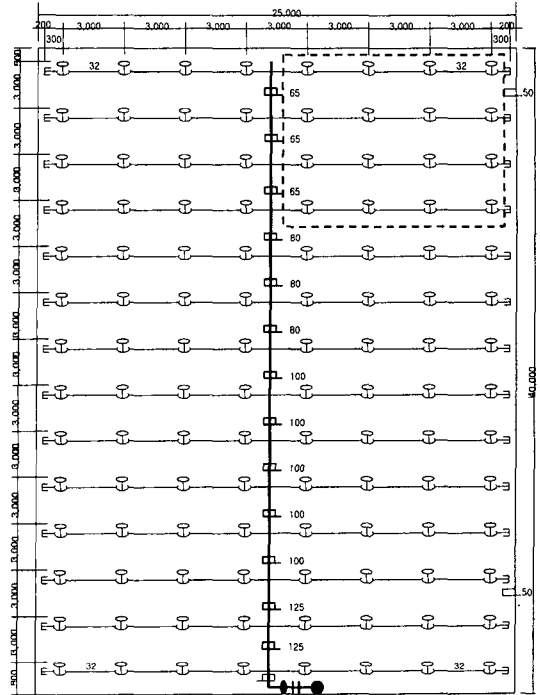


Fig. 4. Plan View of 1000m² Tree System Case

Table 1. Calculation Sheet for 1000m² Area Tree System Case by Pipe Schedule Method

구간	구경	유량	등 가 길 이			마찰손실수두계산
A-B	25	80	직관3m 분류T1 1.5	엘보0.9×2=1.8	합계 6.3	6.3 × (39.82/100)=2.51
B-C	25	160	직관3m	직류T1 0.27	합계 3.27	3.27 × (150.42/100)=4.92
C-D	32	240	직관3m	직류T1 0.36	합계 3.36	3.36 × (87.66/100)=2.95
D-E	40	320	직관3m	직류T1 0.45	합계 3.45	3.45 × (70.4 /100)=2.43
E-F	40	400	직관1.5m	직류T1 3	합계 4.5	4.5 × (106.31/100)=4.78
F-G	50	400	직관0.3m	직류T1 3.6	합계 3.9	3.9 × (32.99/100)=1.29
G-H	65	400	직관3m	직류T1 0.75	합계 3.75	3.75 × (9.79/100)=0.37
H-I	65	800	직관3m	직류T1 0.75	합계 3.75	3.75 × (35.31/100)=1.32
I-J	65	1200	직관3m	직류T1 0.75	합계 3.75	3.75 × (74.8 /100)=2.81
J-K	80	1600	직관9m	직류T3 0.9×3=2.7	합계 11.7	11.7 × (54.91/100)=6.42
K-L	100	1600	직관12m	직류T4 1.2×4=4.8	합계 16.8	16.8 × (15.03/100)=2.53
L-M	125	1600	직관7m	직류T2 1.5×2=3	합계 10	10 × (5.23/100)=0.52
						합계 : 30.34
			30.34 + 0.3(입상니플) + 10 (헤드선단수두) = 40.74m 4.07kgf/cm ² .1600 l/min			

Table 2. Hydraulic Calculation for 1000m² Area Tree Case

구간	구경	등가길이	마찰손실	압력	유량	계 산 식
A	25			1	80	
A-B	25	6.3	0.29		80	$6.174 \times 10^5 \times \frac{80^{1.85} \times 6.3}{25^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.29$
B				1.29	91	$80 \times \sqrt{(1.29)} = 91$
B-C	25	3.27	0.6		171	$6.174 \times 10^5 \times \frac{171^{1.85} \times 3.27}{25^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.6$
C				1.89	110	$80 \times \sqrt{1.89} = 110$
C-D	32	3.36	0.47		281	$6.174 \times 10^5 \times \frac{281^{1.85} \times 3.36}{32^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.47$
D				2.36	123	$80 \times \sqrt{2.36} = 123$
D-E	40	3.45	0.32		404	$6.174 \times 10^5 \times \frac{404^{1.85} \times 3.45}{40^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.32$
E				2.68	131	$80 \times \sqrt{2.68} = 131$
E-F	40	4.5	0.7		535	$6.174 \times 10^5 \times \frac{535^{1.85} \times 4.5}{40^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.7$
F				3.37	535	$2.68 + 0.7 = 3.37$
F-G	50	3.9	0.2		535	$6.174 \times 10^5 \times \frac{535^{1.85} \times 3.9}{50^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.2$
G				3.57	535	$K = Q/\sqrt{P} = 535/\sqrt{3.57} = 283$
G-H	65	3.75	0.05		535	$6.174 \times 10^5 \times \frac{535^{1.85} \times 3.75}{65^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.05$
H				3.62	538	$Q = K/\sqrt{P} = 283/\sqrt{3.62} = 538$
H-I	65	3.75	0.2		1073	$6.174 \times 10^5 \times \frac{1073^{1.85} \times 3.75}{65^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.2$
I				3.82	553	$283/\sqrt{3.82} = 553$
I-J	65	3.75	0.43		1626	$6.174 \times 10^5 \times \frac{1626^{1.85} \times 3.75}{65^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.43$
J				4.25	583	$283/\sqrt{4.25} = 583$
J-K	80	11.7	0.85		2209	$6.174 \times 10^5 \times \frac{2209^{1.85} \times 11.7}{80^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.85$
K				5.1		$4.25 + 0.85 = 5.1$
K-L	100	16.8	0.41		2209	$6.174 \times 10^5 \times \frac{2209^{1.85} \times 16.8}{100^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.41$
L				5.51		$5.1 + 0.41 = 5.51$
L-M	125	10	0.08		2209	$6.174 \times 10^5 \times \frac{2209^{1.85} \times 10}{125^{4.87} \times 120^{1.85}} = 0.08$
M				5.59		$5.51 + 0.08 = 5.59$
						$5.59 + 0.03 = 5.62 \text{ kgf/cm}^2 \quad 2209 \text{ l/min}$

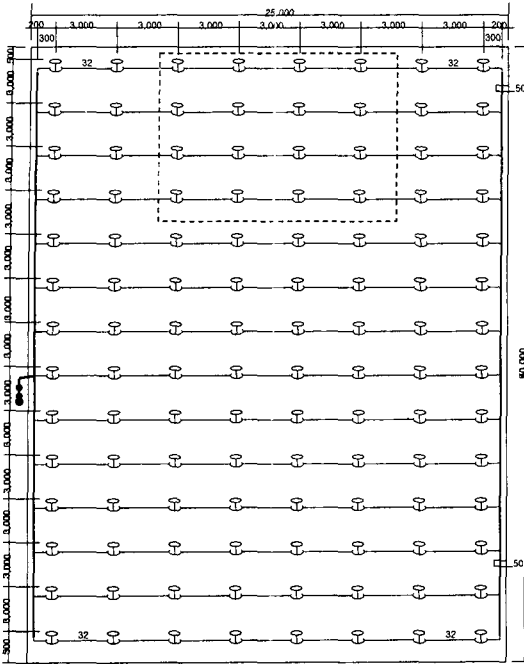


Fig. 5. Plan View of 1000m² Grid System Case

HP4M으로 계산하였으며 ‘소방기술기준에 관한 규칙’에 명시된 기준을 적용하였다.

나. 비교

확보유량을 규정에 의해서 계산하면 규약배관방식의 경우 80 l pm×20(헤드수)×20(분)으로서 32,000 l로 정해지나 수리계산에 의하면 44,180 l로 나와 큰 차이를 보이고 있다. 이는 현재 규정대로 확보하고 있는 수량은 실제로 방수지속시간이 20분에 못 미친다는 것을 가리킨다. 격자배관방식에서는 확보유량이 35,360 l로 계산되었다. 소요유량도 가지배관방식의 규약배관방식은 1,600 l pm로 정해지나, 수리계산방식에선 2,209 l pm로 계산되며, 격자배관방식에선 1,768 l pm로 계산된다.

이를 보면 격자배관방식의 소요유량과 확보유량이 가지배관방식보다 작게 나와 격자배관방식이 매우 경제적임을 알 수 있다.

그리고 현행 법규정에 의하여 계산되어 확보된 유량으로 기준 헤드가 모두 방수할 경우에 기준시간인 20분보다 짧은 시간에 방사된다는 것을 계산으로 알 수 있다. 수리계산의 결과를 기준으로 환산하면 현행 규약배관방식으로 확보된 유량으로는 14분 29초 동안밖에 방수하지 못하여 기준시간인 20분에 모자람을 알 수 있다. 이는 선단 헤드의 방수유량을 80 l pm으로 규정하고, 이후의 기준헤드를 모두 80 l pm씩 방수하는 것으로 계산을 하기 때문이다.

Table 3. Flow Rate Comparison of 300m², 1000m² and 3000m² Area Case

구분	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.

Table 4. Water Spray Time Comparison of Each Case

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

주) 유량편차는 기준 헤드 중 가장 높은 유량과 가장 낮은 유량의 차임.

Table 5. Comparison of the required Pressure in 300m², 1000m², 3000m² Area Case

구분	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(규약배관방식 계산)과 가지배관방식으로 계산된 압력의 차를 나타내는 것임.

Table 6. Pressure Difference in Design Area of Each Case.

(Unit : kgf/cm²)

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

수리계산으로 유량을 계산해보면 선단 헤드에서 떨어질수록 압력이 높아 방수량이 많아지는 것을 알 수 있다.

이와 같은 방식으로 300m²의 회의장과 3,000m²의 백화점에 대해서도 설계하여 비교하였는데 그 결과는 표 3~6과 같다.

5. 결론

같은 공간에 각각의 배관방식에 따라 계산되어진 결과를 비교하면 소요유량, 소화용수 확보량, 소요 압력에 있어 격자배관방식이 가지배관방식에 비해 적은 것으로 나타나며, 이는 소화용수 탱크 및 펌프 용량, 입상배관의 광경이 감소되어 비용절감을 가져 오게 될 것이다. 따라서 스프링클러 설치시 격자배관방식은 경제적으로나 화재에 대한 안정성에 있어 가지배관 방식보다 우수하다는 것을 알 수 있다.

그러나 격자배관방식은 주로 넓은 면적의 공장 등 층고가 높고 소화배관이 일정한 높이로 유지될 수 있는 곳에서 유리하게 설치될 수 있으므로 층고가 낮거나 공조덕트의 간섭이 있는 곳은 소화배관의 높이가 일정하게 유지될 수가 없기 때문에 격자배관방식을 쓰는 것이 불리할 수 있으며, 배관이 일정하게 유지되지 못하고 헤드의 배열이 불규칙한 경우는 계산이 매우 어려워진다. 실제로 국내에서도 격자배관방식이 적용된 곳은 전부 대규모 공장이다.

아직 국내에서는 범규정이 없으므로 심의를 거쳐야 하는데 이를 제도적으로 어떻게 수용할 것인지에 대해서는 심도 있는 연구와 논의가 필요할 것이다.

참고문헌

- 1) 장석화, “소방시설의 구조원리”, 한성문화사, 1998.
- 2) NFPA, “Fire Protection Handbook”, Sixteenth Edition, July 1990.
- 3) 고훈목, “방재·소방시설기술 총람(상)”, 도서출판 의제, 1997.
- 4) NFPA, “Automatic Sprinkler and Standpipe Systems”, October 1990.
- 5) 이수경, 정기신, “스프링클러시스템의 가지방식과 격자방식에 관한 비교 연구”, 소방기술, 1999 겨울호.