

수리계산에 의한 소화설비설계

글 신귀웅 / 홍익대부속학교 신축공사 현장 대리 / 전화 02-322-3411 / E-mail pinin@ssyenc.com

1. 머리말

본 기고에 앞서 상기 주제의 건은 남양주 별내지구 착공전 검토가 이루어지고 적용된 바, 제11회 기술교류행사(2010년) 기전부문 본 심사에서 간략히 소개되었고, 현재는 다수의 건설사에서 아파트 중대형단지 이상에 사전검토 되어 적용되고 있는 추세이다. 본 지에서는 소방선진국의 설계기준, 국가화재안전기준(NFSC)에의 적합성, 수리계산에 의한 Simulation 결과 및 수리계산 적용에 따른 원가절감 등에 대해 구체적으로 소개하고자 한다.

2. 일반사항

2-1. 공사개요

- 1) 공사명 : 남양주 별내 택지개발지구 A12-2BL 아파트 건설공사
- 2) 공사위치 : 경기도 남양주시 별내면 화접리
- 3) 공사기간 : 2009년 6월 1일 ~ 2011년 12월 31일
- 4) 연면적 : 142,294.3㎡(43,044.0평)
- 5) 구조 및 규모 : 철근콘크리트, 지하 3층 ~ 지상 22층, 총 652세대

2-2. 배경 및 목적

1) 배경

소화설비의 설계에 있어 기존의 규약배관방식(스케줄방식)에 의한 방법은 공학적 접근이 아닌 헤드수량별로 관경을 선정함으로써 헤드수량이 많아질 경우 비경제적으로 배관구경이 커지며 소화설

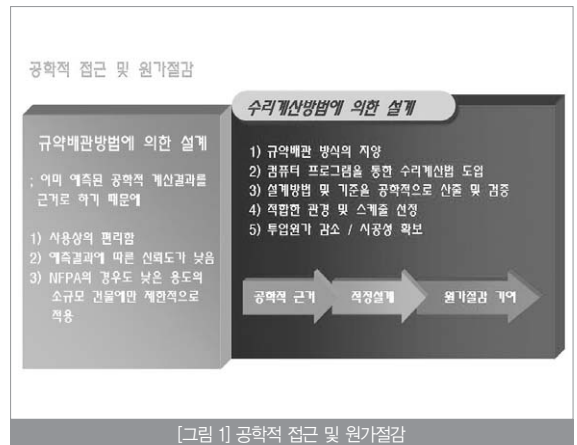
비공사의 원가상승의 요인이 된다.

또한 각 부에서의 압력, 유량, 유속을 정확하게 측정하는 것이 곤란하고 압력배관의 사용구간이 부정확하여 사전검토 등이 이루어지지 못하므로 설계도서상의 규약배관에 의한 선정관경을 그대로 적용해야만 했다.

단순히 산술적인 유량의 산정과 그에 대한 펌프 양정을 선정하므로 배관의 배치 및 구성에 따른 실질적인 유량의 변화 또는 방수량 확보가 적절치 않으므로 좀 더 명확하고 현실에 근접한 설계방법이 요구되었다.

2) 목적

규약배관방식은 이미 예측된 공학적 계산결과를 근거로 하기 때문에 사용상에 편리함을 주지만 예측결과에 대한 신뢰도가 낮아



NFPA(National Fire Protection Association)의 경우도 낮은 용도의 소규모 건물에만 적용을 한다.

이에 화재안전기준의 규약배관 설계방식을 지양하고 과거에 법적 기준이 모호하여 도입 및 적용이 힘들었던(컴퓨터 프로그램을 통한) 수리계산법을 도입하여 설계방법 및 기준을 공학적으로 산출하고 검증하여 적합한 관경을 선정함으로써 배관 및 피팅류, 알람 밸브, 프리액션밸브 등의 수량 및 배관경 감소로 인해 투입공사비를 줄이고 그에 따른 인건비를 절감하고자 한다.

이는 또한 배관경감소로 인해 설치공간을 확보함으로써 시공성이 개선되고 유지관리가 용이해지며 작업효율을 도모하여 공기절감에도 기여할 수 있는 부차적인 장점까지도 기대할 수 있다.

3. 국가별 스프링클러설비 설계기준

3-1. 국내의 스프링클러설비 설계기준

1) 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103) 제4조(수원)

폐쇄형 스프링클러헤드를 사용하는 경우 스프링클러설비의 수원은 <표 1>과 같다.

스프링클러설비의 설치장소별 스프링클러헤드의 기준 개수에 1.6㎡를 곱한 양 이상이 되도록 하여야 한다.

2) 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103)

제5조(가압송수장치)

- ① 정격토출압력 : 헤드선단에서 1kg/cm²~12kg/cm²
- ② 송수량 : 80lpm
- ③ 필요낙차(h) = 배관마찰손실수두(h_f) + 10

3) 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103) 제6조

(폐쇄형 스프링클러설비의 방호구역)

- ① 하나의 방호구역 바닥면적은 3,000㎡를 초과하지 아니할 것
- ② 하나의 방호구역에는 1개 이상의 유수검지장치를 설치할 것
- ③ 하나의 방호구역은 2개 층에 미치지 아니할 것

상기에서 보이는 바와 같이 아파트의 경우는 기준개수 10개를 적용하며 배관의 구경은 1kg/cm²의 방수압력을 기준으로 80lpm 이상의 방수성능을 가진 기준개수의 모든 헤드로부터 방수량을 충족시킬 수 있는 양 이상으로 하여야 한다. 배관의 구경은 <표 2>의 기준에 따라 설치한다.

표 2 Feed Pipe Diameter for Sprinkler Head Number (Unit : mm)

급수관의 구경	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
가	2	3	5	10	30	60	80	100	160	161 이상
나	2	4	7	15	30	60	65	100	160	161 이상
다	1	2	5	8	15	27	40	55	90	91 이상

4) 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103) 제6조(배관)

- ① 배관용 탄소강관(KS D 3507)또는 사용압 12kg/cm² 이상일 경우 압력배관용 탄소강관(KS D 3562)이나 동관을 사용할 것
- ② 배관의 구경은<표 2> 참조) 스프링클러헤드 수별 급수관경에 의한 관경선정 기준에 따른 것
- ③ 교체배관에서 분기되는 지점을 기점으로 한쪽 가지배관에 설치되는 헤드의 개수는 8개 이하로 할 것

표 1 Required Sprinkler Head Numbers for the each Protected Area

스프링클러설비 설치장소		기준 개수
지하층을 제외한 층수가 10층 이하인 소방대상물	공장 또는 창고 (랙크식 창고를 포함한다)	특수기연물을 저장·취급하는 것
		그 밖의 것
	근린생활시설·판매시설 및 영업시설 또는 복합건축물	슈퍼마켓·도매시장·소매시장 또는 복합건축물(슈퍼마켓·도매시장·소매시장이 설치되는 복합건축물을 말한다)
		그 밖의 것
	그 밖의 것	헤드의 부착 높이가 8m 이상인 것
	헤드의 부착 높이가 8m 이하인 것	
아파트		10
지하층을 제외한 층수가 11층 이상인 소방대상물(아파트를 제외한다)·지하가 또는 지하역사		30

비고 : 하나의 소방대상물이 2 이상의 '스프링클러헤드의 기준 개수' 란에 해당하는 때에는 기준 개수가 많은 난을 기준으로 한다. 다만, 각 기준 개수에 해당하는 수원을 별도로 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- ④ 음식스프링클러에 격자형 배관방식을 채택하는 때에는 수리학적으로 계산한 결과 헤드의 방수압 및 방수량이 소화목적을 달성하는데 충분하다고 인정되는 경우 한쪽 가지배관에 설치되는 헤드의 개수를 8개 이상으로 할 수 있음

3-2. 일본(JIS)의 스프링클러설비 기준

1) 스프링클러를 설치하여야 하는 방화대상물의 기준

표 3 Enforcement Regulations of the JAPAN Fire Code

(1)	① 극장, 영화관, 연예장 또는 관람장 ② 공회당 또는 집회장
(2)	① 카페, 카페, 나이트클럽, 기타 이와 유사한 것 ② 유흥장 또는 댄스홀
(3)	① 요정, 요리점 기타 이와 유사한 것 ② 음식점
(4)	백화점, 마켓 기타 물품판매업을 영위하는 점포 또는 전시장
(5)	① 여관, 호텔, 또는 합숙소 이와 유사한 것 ② 기숙사, 하숙 또는 공동주택
(6)	① 병원 진료소 또는 조산소 ② 노인복지시설, 유료양로원, 노인보건시설, 구호시설, 갱생시설, 아동복지시설(모자생활지원시설 및 아동후생시설 제외), 정신장애자원호시설 또는 정신장애자 사회복귀시설 ③ 유치원, 맹아학교, 농아학교 또는 이와 유사한 것
(7)	초등학교, 중학교, 고등학교, 고등전문학교, 대학, 전수학교, 각종 학교 기타 이와 유사한 것
(8)	도서관, 박물관, 미술관 기타 이와 유사한 것
(9)	① 공중목욕탕 중 증기목욕장, 열기욕장 기타 이와 유사한 것 ② 1의 공중목욕탕 이외의 공중목욕장
(10)	차량의 정차장 또는 선박 혹은 항공기의 발착장 (여객의 승강 또는 대합실로 쓰이는 건축물에 한한다)
(11)	신사, 사원, 교회 그 외 이와 유사한 것
(12)	① 공장 또는 작업장 ② 영화 스튜디오 또는 텔레비전 스튜디오
(13)	① 자동차 차고 또는 주차장 ② 비행기 또는 프로펠러항공기의 격납고
(14)	창고
(15)	전각 항에 해당하지 않는 사업장
(16의 1)	① 복합용도 방화대상물 중 그 일부가 1항부터 4항까지, 5항 1, 6항 또는 9항 1의 방화대상물의 용도로 쓰이는 것 ② 1의 복합용도 방화대상물 이외의 복합용도 방화대상물
(16의 2)	지하가
(16의 3)	건축물의 지하층(16의 2의 각층을 제외)으로 연속하여 지하도에 면하여 설치된 것과 당해 지하도를 합한 것(1항부터 4항까지, 5항 1, 6항 또는 9항 1의 방화대상물의 용도로 쓰이는 부분이 있는 경우에 한한다.)
(17)	문화재보호법의 규정에 의해 중요문화재, 중요유형민속문화재, 사적 또는 중요한 문화재로서 지정되거나, 또는 구 중요미술품 등의 보존에 관한 법률의 규정에 의해 중요미술품으로 인정된 건조물
(18)	연장 50m 이상의 아케이드
(19)	시읍면정이 지정하는 산림
(20)	충무성령에서 정하는 배차(舟車)

2) 헤드의 종별에 대한 용도별 선택기준

표 4 Selection Standard of Sprinkler Head

헤드의 설치 대상물	헤드의 종류
1. 무대부	개방형 헤드
2. 높은 천정 부분	고유량형 헤드
3. (5)항 또는 (6)항 용도부분으로 속직실 등의 부분	표준형 헤드 또는 소구획형 헤드
4. 3의 부분 혹은 당해 용도의 복도·통로 등의 부분	표준형 헤드 혹은 측벽형 헤드
5. 1~4 이외의 부분	표준형 헤드(소구획형 헤드 제외)

3) 스프링클러 헤드의 배치, 방화대상물의 구조, 용도에 따라 헤드를 배치해야 하며 이 때 헤드의 배치기준은 유효살수반경인 수평거리 기준이다.

4) 건물의 위험용도 구분 및 헤드의 종류에 따라 기본적으로 <표 5>의 헤드 기준개수에 기준 수량을 곱하여 얻은 양 이상을 요구한다. 방수량 및 방수압/가압승수장치의 기준은 국내와 동일하다.

표 5 Water Supply Requirement for Sprinkler Systems (Standard Sprinkler Head)

구분		헤드 개수	유효수량	견식의 경우
폐쇄형 헤드 사용	10층 이하 (지층 제외)의 것	Rack 식 창고	등급이 I, II 및 III급의 것 30 (1층에 있어서는 20)	등급이 III 또는 IV에 수평면이 설치된 것, 헤드의 수에 2.28㎡를 곱한 량, 기타 헤드 수에 3.42㎡를 곱한 량
		등급이 IV인 것	20 (1층에 있어서는 16)	
	백화점 및 복합용도 방화대상물 품 판매점 용도 부분	백화점 (연면적이 1,000㎡ 이상의 소매점포 포함) 15 (고감도형 헤드는 12)		
	기타의 것	10(고감도형 헤드는 12)		
11층 이상(지층 제외)의 것, 지하가 및 준지하가		15(고감도형 헤드는 12)	헤드의 개수에 1.6㎡를 곱한 량	
지정가연물을 1,000배 이상 저장 또는 취급하는 것		20(1층에 있어서는 16)		
개방형 헤드 사용	무대부	10층 이하의 경우	최대의 방수 구역에 설치된 헤드의 수에 1.6를 곱한 수	
		11층 이상의 경우	헤드의 개수는 최다 층의 헤드 수	

3-3. 미국(NFPA 13, NFPA 101)의 스프링클러설비 기준

1) 건물의 용도구분 : 외래환자 의료용도, 집회용도, 업무용도, 보호용도, 감호 및 교정용도, 교육용도, 의료용도, 공업용도, 상업용도, 복합용도, 주거용도, 갯생보호용도, 창고용도

2) 스프링클러 설치대상

- ① 고층건물
- ② 신규(기존) 집회/교육/보호/(외래환자)의료/감호 및 교정
- ③ 호텔 및 기숙사/아파트/갯생보호/상업/업무용도
- ④ 단독 및 2가구 주택/여관용도
- ⑤ 공업용도
- ⑥ 창고용도 등의 세부 20개 항목으로 구분

3) 위험용도의 분류

- ① 경급위험용도(Light Hazard Occupancies)
- ② 중급위험용도(Ordinary Hazard : Group1)
- ③ 중급위험용도(Ordinary Hazard : Group2)
- ④ 상급위험용도(Extra Hazard : Group1)
- ⑤ 상급위험용도(Extra Hazard : Group2)

표 6 Hazard Classifications for Sprinkler System

용도 분류	해당 장소
경급 위험	교회, 클럽, 가연구조의 처마, 교육시설, 병원, 관공서, 대형서고를 제외한 도서관, 박물관, 요양원, 사무실, 주택, 식당, 무대부를 제외한 극장 및 강당, 사용하지 않는 다락방
중급 위험1	주차장, 전사실, 제과점, 음료제조소, 통조림공장, 낙농제품제조 및 처리공장, 전자제품공장, 유리 및 유리제품 제조공장, 세탁소, 식당의 주방
중급 위험2	곡물공장, 일반 화학공장, 제과공장, 증류수제조소, 드라이클리닝 세탁공장, 사료공장, 마구간, 피혁제품 제조공장, 도서관의 대형서고, 기계공장, 금속가공, 상품판매시설, 종이 및 펄프공장, 종이처리공장, 부두 및 선창, 우체국, 인쇄 및 출판소, 자동차 정비차고, 수지사용지역, 무대, 직물제조공장, 타이어제조공장, 담배제조공장, 목재 가공공장, 목재제품 조립공장
상급 위험1	항공기 격납고(NFPA 409에 따르는 것은 제외), 가연성유압유사용지역, 다이캐스팅(Die casting), 금속압출, 합판 및 하드보드 제조공장, 인쇄(38°C 미만의 인화점을 가진 잉크사용), 고무재생, 합성, 건조, 압밀, 경화, 제재소, 직물개표(Picking), 혼 타면, 혼합, 염색, 소면, 코머공정, 하성, 양모탈실 또는 삼베, 발포플라스틱 기재도구 제조
상급 위험2	아스팔트 함침, 인화성 액체분무도장, 플로우 코팅, 조립주택 또는 건물부재(밀폐공간이 존재하고 가연성 내장재가 있는 경우), 개방형 오일 쿨링(Quenching), 플라스틱 가공공정, 솔벤트 세탁, 바니시 및 페인트 침지(沈漬)

4) 위험용도의 분류 : 수용품의 양과 가연성, 예상열방출율, 총에너지방출량, 적재물높이, 인화성, 가연성 유무에 따라 <표 6>의 해당 장소별로 위험등급을 구분한다.

5) 위험용도별 방호면적 및 헤드간격 적용헤드의 위험용도별 최대 방호면적과 최대배치 간격을 건물구조 및 위험 등급별로 <표 7>~<표9>와 같이 구분하여 적용한다.

표 7 Protection Areas and Maximum Spacing for Light Hazard

Construction Type	System Type	Protection Area	Spacing (maximum)
Noncombustible obstructed and unobstructed and combustible unobstructed with members 3 ft or more on center	Pipe schedule	200ft ² (18,6m ²)	15ft (4,6m)
	Hydraulically calculated	225ft ² (20,9m ²)	15ft (4,6m)
Combustible obstructed with members 3 ft more on center	All	168ft ² (15,6m ²)	15ft (4,6m)
Combustible obstructed or unobstructed with members less than 3 ft on center	All	130ft ² (12,1m ²)	15ft (4,6m)

표 8 Protection Areas and Maximum Spacing for Ordinary hazard

Construction Type	System Type	Protection Area	Spacing (maximum)
All	All	130ft ² (12,1m ²)	15ft (4,6m)

표 9 Protection Areas and Maximum Spacing for Extra hazard

Construction Type	System Type	Protection Area	Spacing (maximum)
All	Pipe schedule	90ft ² (8,4m ²)	12ft (3,7m)
All	Hydraulically calculated with density ≥ 0,25	100ft ² (9,3m ²)	12ft (3,7m)
All	Hydraulically calculated with density < 0,25	130ft ² (12,1m ²)	15ft (4,6m)

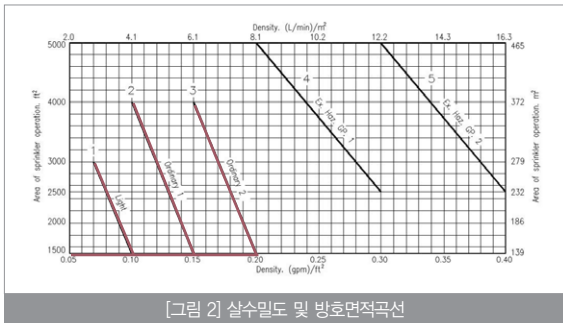
6) 소수수량의 요구사항

- ① 규약배관 방식 : 제한적인 경우에만 규약배관 방식을 허용함
- ② 수리계산 방식 : 미국이나 영국 등 소방법 적용의 기준이 선진

화된 외국의 경우 수리계산방식을 원칙으로 함

③ 립설계 방식 : 소요수량이 가장 큰 방을 기준으로 계산함

7) 수리계산방식 : 스프링클러설비에 대한 소요수량은 살수밀도 및 방호면적 방식이며, 수리계산방식으로 설계된 용도위험 및 화재제어 스프링클러설비의 최소 급수설비 요구사항은 살수밀도 및 방호면적곡선(그림 2) 참조에 의해 결정된다.



[그림 2] 살수밀도 및 방호면적곡선

8) 아래의 <표 10>은 위험용도 구분에 따라 국내, 일본, 미국의 소방대상물을 재분류한 것으로 수리계산방식에 의한 아파트 스프링클러 설계시 더 적은 유량으로 소화 가능하다.

표 10 Water Demand for Hazard Classifications

특징 소방대상물	소방법 필요유량 /기준계수	일본소방법 필요유량 /기준계수	NFPA 13 위험등급 / 필요유량	
			규약배관방식	수리계산방식
업무시설 (10층 이하)	800~ 1600ℓ/min (10~20개)	800ℓ/min (10개)	Light Hazard (1,893~ 2,839ℓ/min)	Light Hazard (570~ 809ℓ/min)
업무시설 (11층 이상)	2,400ℓ/min (30개)	1,200ℓ/min (15개)		
아파트	800ℓ/min (10개)	800ℓ/min (10개)	Ordinary Hazard (3,217~ 5,678ℓ/min)	Ordinary Hazard Group 1 (848~1,525ℓ/min)
주차장	800ℓ/min (10개)	800ℓ/min (10개)		
일반공장	1,600ℓ/min (20개)	800ℓ/min (10개)	Ordinary Hazard Group 2 (1,126~2,269ℓ/min)	Ordinary Hazard Group 2 (1,126~2,269ℓ/min)
백화점	2,400ℓ/min (30개)	1,200ℓ/min (15개)		
특수가연물 저장·취급공장	2,400ℓ/min (30개)	1,600ℓ/min (20개)	N/A	Extra Hazard Group 1 (2,830~3,767ℓ/min)
				Extra Hazard Group 2 (3,767~5,673ℓ/min)

4. 수리계산의 정의 및 절차

4-1. 수리계산(Hydraulic Calculation Application)의 정의

각각의 배관별 분기 유수량 또는 살수기기의 개수에 따른 배관의 크기, 펌프의 양정, 동력 등을 결정하는 것으로 유체역학에 근거한 공학적 계산에 따라 적정결과를 산출하는 계산방식이다.

4-2. 수리계산에서의 계산식(유체역학 기본공식들의 종합적 계산방식)

1) 베르누이(Bernoulli)의 정리

$$\frac{v^2}{2g} + Z + \frac{P}{\gamma} = H$$

2) Hazen-Williams Formula

$$P = 6.174 \times 10^5 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times d^{4.87}}$$

3) Darcy-Weisbach Formula

$$h = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

4) Nozzle Discharge Formula

$$Q_{by} = K_m \cdot \sqrt{P_m}$$

4-3. 수리계산의 이론(수리계산의 수계산 과정)

- 1) 용도 선정 및 위험용도 결정
- 2) 살수밀도 선정
- 3) 설계면적의 길이 결정
- 4) 설계면적의 길이방향으로 헤드수량 결정
- 5) 설계면적 내 위치한 헤드의 배열 결정
- 6) 수리적 최대수량 헤드 1개의 최소유량 결정
- 7) 수리적 최대수량 헤드 1개의 최소압력 결정
- 8) 각 배관구간에 대한 마찰손실 결정
- 9) 7~8 단계의 반복과정(Trial & Error)
- 10) 배관마찰손실의 계산(Hazen-Williams Formula)

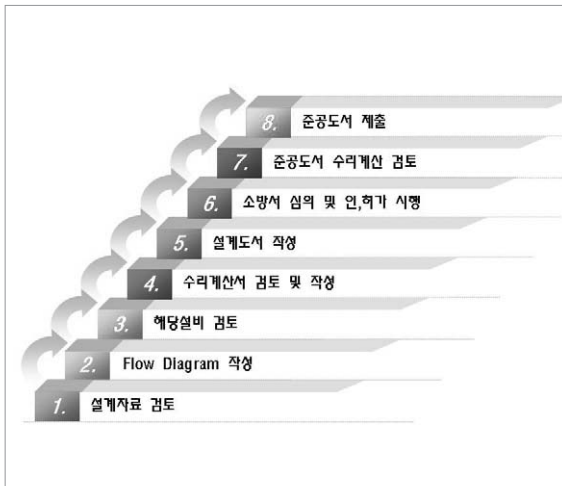
- 11) 반복계산결과 수리적 최대수량 헤드 1개의 최소압력 및 유량을 충족하는 최소배관경과 재질 선택

4-4. 국내법상 적용 문제점

- 1) 스프링클러 헤드 수평거리가 정해져 있어 위험용도별 방수밀도를 정하기가 어려움
- 2) 건물별로 기준개수가 정해져 있어 위험용도별 작동면적을 정하기가 어려움
- 3) 화재의 최대포용면적, 헤드간의 최대·최소간격의 기준이 없음
- 4) 화재의 특성에 따른 용도분류가 필요함
- 5) 스프링클러 설계를 위한 실별 특성을 고려한 위험용도 구분이 필요함

4-5. 수리계산 진행 및 심의절차

1) 수리계산 진행절차



- ① 신규설계의 경우 : 수리계산방식의 설계도서를 작성한 후 사업 승인전 사전에 직접 해당소방서와 심의절차를 실시하여 승인 조건에 부합하는 결과를 도출함
- ② 기존 설계변경의 경우 : 사업 승인후 기존도서를 수리계산방식으로 설계도서를 변경한 후 해당소방서와 심의절차를 수행하여 적용함
- ③ 착공신고의 방법은 신규설계 및 설계변경 어느 경우에도 수리계산방식으로 가능물별로 기준개수가 정해져 있어 위험용도별 작동면적을 정하기가 어려움

2) 수리계산 심의절차

- ① 심의절차 : 소방건축물의 수리계산설계 심의신청 → 수리계산 결과 심의자료제출 → 심의해당소방서에서의 요구자료 및 중점반영사항 수정 → 최종 설계도서 제출
- ② 소방서 수리계산설계 주요 심의내용
 - Flow Diagram(Worst · Best Case)의 적합성 검토
 - 소화펌프용량 및 양정의 계산결과 검토
 - Worst · Best Case 헤드에서의 방출압력, 방출유량, 유속 검토
 - 국가화재안전기준 및 소방법규의 적법성 검토

4-6. 수리계산을 할 수 있는 법적기준

- 1) 스프링클러설비 : NFSC 103 제8조 제③항 제3호 배관의 규격은 제5조 제①항 제10호의 규정에 적합하도록 수리계산에 의해 설치해야 한다.
다만, 수리계산에 따르는 경우 유속은 6.0m/s, 그 밖의 배관의 유속은 10.0m/s를 초과할 수 없다.

2) 미국방화협회 코드 및 표준기준 : NFPA 13, 11,2.3

- ① 스프링클러 요구유량 : 80lpm 이상/개 (NFSC 103 제5조 제①항 제10호)
- ② 스프링클러 요구압력 : 0.10Mpa 이상 (NFSC 103 제5조 제①항 제10호)
- ③ 스프링클러 기준개수 : 10~30개, 단 공동주택은 10개 (NFSC 103 제4조)

4-7. 수리계산의 목적

1) 규약배관 방식에 의한 스프링클러 설비설계의 경우

- 소화펌프의 용량 및 양정 부족
- 소화수조의 용량 부족
- 최말단 헤드에서의 방출유량 및 압력 부족
- 급수주배관(입상, 수평주행, 세대인입)구경의 과대적용
- 압력배관 사용구간의 경계 부정확

등의 문제점이 야기되며 배관저항의 규약이 아닌 단순히 배관의 크기, 헤드의 수량만을 규정하고 있다. 이러한 규정은

- ① 관의 형태에 따라 화재장소의 위치에 따라 저수량이 부족하며 수리계산에 의해 규정시간동안 소화수의 공급이 이루어질 수 없는 경우도 발생한다.

- ② 상기의 조항들은 모두 산술계산으로 유권해석하여 규약배관에 의한 단순 배관의 구경으로 선정한다.
- ③ 배관의 재질을 구분은 하였으나 규약배관에서는 하나의 규약으로 사용하기 때문에 재질별로 다른 마찰저항 특성값이 반영되지 않는 등 실시공에 따른 정확한 계산이 이루어지지 못하고 산술적인 오류를 가진다.

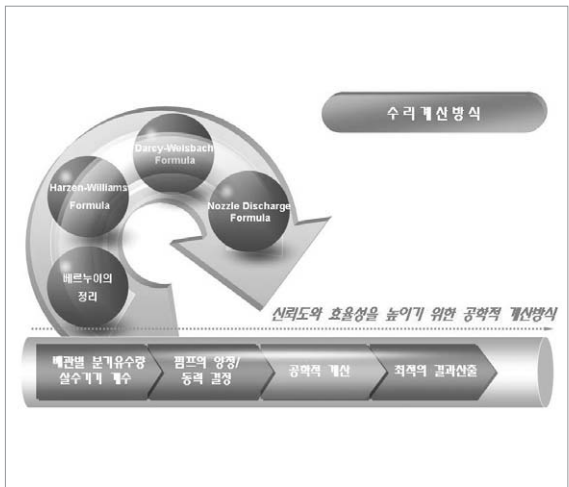
2) 즉, 규약배관방식은 이미 예측된 공학적 계산결과를 근거로 하기 때문에 사용상에 편리함을 주지만 예측결과에 따른 신뢰도가 낮아 NFPA의 경우도 낮은 용도의 소규모 건물에만 적용한다.

3) 이에 화재안전기준의 규약배관 설계방식을 지양하고 과거에 법적기준이 모호하여 도입 및 적용이 힘들었던 컴퓨터 프로그램을 통한 수리계산법을 도입하여 설계방법 및 기준을 공학적으로 산출하고 검증하여 적합한 관경 및 스케줄을 선정함으로써 투입원가를 감소시키고 시공성을 용이하게 하며 작업효율을 도모하고자 함이다.

5. 남양주 별내지구의 적용사례 분석

5-1. 수리계산에 의한 설계

1) 수리계산에 의한 설계



2) 수리계산 적용기준

수리계산에 관한 국내법규의 적용기준은 '스프링클러설비의 화

재안전기준(NFSC 103 제8조 제3항 제3호)'에 명기되어 있으며, 미국화학회 코드 및 표준(NFPA 13, 11.2.3)에도 적용기준이 있다.

스프링클러 설비의 법적 적용기준은 다음과 같다.

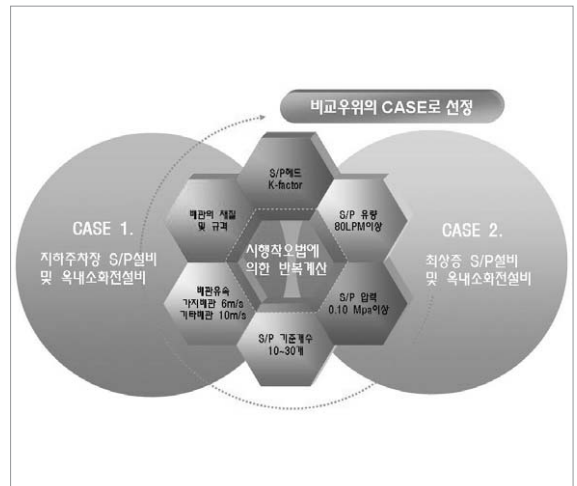
- ① 요구수량 : 80lpm 이상/개
- ② 요구압력 : 0.10MPa 이상
- ③ 기준개수 : 아파트의 경우 10개

3) 수리계산 설계 준비자료

수리계산에 의한 설계는 이론적으로는 수계산도 가능하나 일종의 Trial&Error법을 사용하기 때문에 고가의 설계프로그램을 통하여 가능하며 기본정보의 입력사항은 다음과 같다.

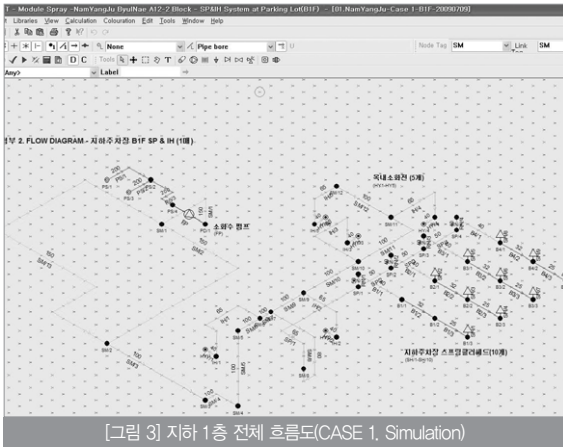
- ① 건축개요
- ② 단지 종합배치도, 단지 중, 횡단면도
- ③ 동별 주단면도 및 단면 상세도
- ④ 소방설비 시방서, 계산서, 도면, 소방설치계획표
- ⑤ 소화펌프 Data Sheet, 성능곡선도

4) 수리계산 Program(Pipenet Vision 1.32, 영국, Sunrise Systems Limited)



- ① CASE 1 : 지하주차장 스프링클러설비 및 옥내소화전설비
- ② CASE 2 : 22F(최상층) 세대 스프링클러설비 및 옥내소화전설비

상기의 두 가지 CASE를 비교 검토하여 비교우위의 장비사양을 선정한다. 각 CASE 1의 프로그램을 구현한 결과는 다음과 같다.



프로그램 구현시 각 부에서의 특성값을 파악할 수 있으며 입력조건(관련규정)에 부합하지 않는 경우는 에러메시지를 표시하고 계산을 수행하지 않는다. 상기의 과정을 수행한 이후 결과에 대한 분석은 다음과 같다.

TITLE : NamYangJu RyoilNae A12-2 Block - SP&H System at Parking Lot(DATE : 15-Jul-2009 PAGE 14

FLOW THROUGH NOZZLES

Nozzle Label	Input Label	Inlet Press (bar G)	Req. Flow (lit/min)	Flowrate (lit/min)	% Deviation	Req. Flowhead (m)	Flowhead (m)
SM/1	B1/3	0.1500E+01	81.0000	89.8177	22.88		
SM/2	B2/1	0.12347E+01	81.0000	87.4048	14.08		
SM/3	B2/2	0.12561E+01	81.0000	89.8253	10.85		
SM/4	B2/3	0.11746E+01	81.0000	88.8924	7.02		
SM/5	B3/1	0.12481E+01	81.0000	88.2750	10.34		
SM/6	B3/2	0.11720E+01	81.0000	86.5740	7.00		
SM/7	B3/3	0.10992E+01	81.0000	83.3143	3.47		
SM/8	B4/1	0.12245E+01	81.0000	88.5341	8.29		
SM/9	B4/2	0.11615E+01	81.0000	85.9453	5.88		
SM/10	B4/3	0.10702E+01	81.0000	83.0000	2.45		

Note: A * after a value indicates that this is a specification

[그림 4] 초기입력값 및 시행착오법에 의한 수리계산후의 유량

TITLE : NamYangJu RyoilNae A12-2 Block - SP&H System at Parking Lot(DATE : 15-Jul-2009 PAGE 15 OF 26

FLOW THROUGH PUMPS

Pump	Flowrate (lit/min)	Inlet Pr. (bar G)	Outlet Pr. (bar G)	Press Drop (m)	NPSHA (m)	Cavitation Parameter	Power Req. (kW)
FP/0	1538.	-2.115E-02	10.57	10.59	9.951	9.2047E-02	41.82

Note: The calculation of NPSHA and cavitation parameter is based on the vapour pressure of water at 60 F (15.6 C) -> -0.9556 bar G

[그림 5] 총 소요유량 및 토출압

상기의 데이터는 CASE 1, 지하주차장 스프링클러설비 및 옥내소화전설비의 결과물이며 CASE 2, 22F(최상층) 세대 스프링클러설비 및 옥내소화전설비보다 더 높은 필요양정이 도출되었으므로

CASE 1의 결과를 적용한다.

CASE 2의 경우도 마찬가지로 위와 동일한 절차를 수행하며 계산과정의 절차는 CASE 1과 동일하다.

기초 입력조건에 의한 계산결과가 모두 만족하며, 각 용도별로 적합한 펌프를 선정하고, 소화수 저장량 또한 스케줄방식보다 큰 저장량이 요구되는 것으로 계산되었고, 주요배관 계통에서는 스케줄방식이 수리계산 방식과 비교하여 과다하게 배관 구경이 결정된 것으로 계산되었다.

(5) 수리계산 계산결과 비교

수원의 양은 수리계산에 의한 펌프 정격용량으로 20분 운전하는데 필요한 수량으로 한다.

$$V = Q \times T \quad V : \text{소화수 소요수량}$$

Q : 초기입력조건에 의한 소화펌프 정격용량

T : 20분(NFSC 102 제42조 제①항 및 NFSC 103 제4조 제①항)

따라서 지하층과 지상층의 최말단에서의 조건을 만족시키기 위하여 CASE 1의 계산결과를 적용하도록 한다.

각 CASE 별 최말단에서의 방출유량과 압력은 다음과 같다.

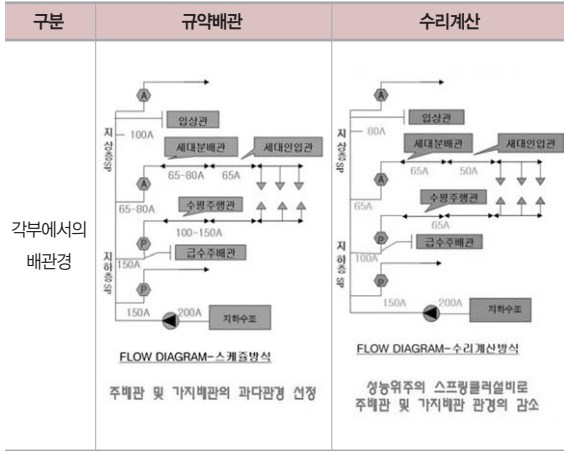
구분	CASE 1. 지하주차장	CASE 2. 아파트 최상층
선정유량	1536 LPM	1178 LPM
토출압력	10.57 BAR	10.98 BAR
수원역량	31 M3	23 M3

5-3. 장비 및 주요 배관계통

Case 1(Worst case)에 따라 선정된 펌프용량 및 배관경을 규약 배관방식과 비교하면 다음과 같다.

구분	규약배관	수리계산	
지하주차장	소화펌프	유량 : 1450 LPM 양정 : 13 bar	유량 : 1536 LPM 양정 : 10.57 bar
	Pre-Action V/V	150A	80A
	펌프토출측	150A	150A
	주배관	100~150A	100~150A
	수평주형배관	65~150A	65A
가지배관	25~50A	25~50A	

5-4. 주요배관계통 Diagram



6-2. 공기단축(월간 동일노무량 투입기준)

구분	규약배관(당초)	수리계산(변경)	공기단축
월간투입 비용대비	▶ 소방공사 전체인건비(A) : 825,000,000 원	▶ 소방공사 전체인건비(C) : 702,000,000 원	3개월
	▶ 순공사기간(B) : 24개월	▶ 월간 동일노무량(D) 투입기준 : 34,375,000 원/월	
	▶ 투입비용(A/B) : 34,375,000 원/월	▶ 당초 투입비용으로 환산시(C/D) 공사기간 : 21개월	

6. 적용 효과

6-1. 주요자재 투입물량 검토

구분	품명	규격	규약배관	수리계산	비교
품목별 투입수량	입력배관용 탄소강관	배관(S#40), D150	512	0	-512
		배관(S#40), D100	1,997	0	-1,997
		배관(S#40), D80	8	0	-8
		배관(S#40), D50	5	0	-5
		배관(S#40), D25	13	0	-13
	배관용 탄소강관	배관(SPP), D150,반제품	1,668	461	-1207
		배관(SPP), D100,반제품	4,594	4,125	-469
		배관(SPP), D80,반제품	2,951	860	-2,091
		배관(SPP), D65,반제품	3,640	6,578	+2,938
		배관(SPP), D50,반제품	22,366	17,70	-4,666
		배관(SPP), D40,반제품	9,037	7,969	-1,068
		배관(SPP), D32,반제품	9,716	4,108	-5,608
		배관(SPP), D25,반제품	58,504	54,046	-4,458
	배관(SPP), D20,반제품	143	132	-11	
	소방용 밸브	알림밸브, D100	1	0	-1
알림밸브, D80		287	1	-286	
알림밸브, D65		53	339	+286	
프리액션밸브, D150		17	0	-17	
프리액션밸브, D65		0	17	+17	

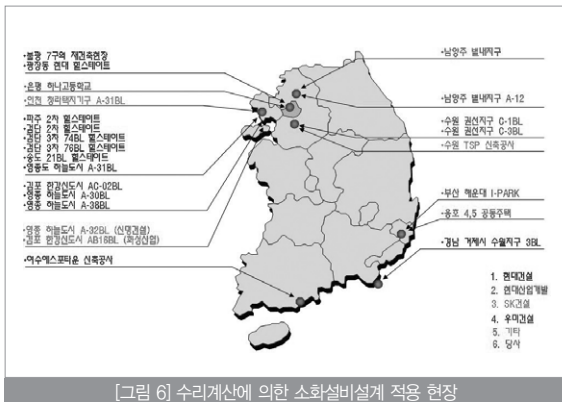
7. 원가절감

(단위 : 원)

구분	공종명	규약배관	수리계산	절감효과
공종별 투입금액	기계실 배관공사	21,754,000	17,214,000	↓ 4,540,000
	옥내 소화배관공사	512,289,000	429,672,000	↓ 82,617,000
	단위세대 SP 배관공사	869,669,000	827,511,000	↓ 42,158,000
	세대외 SP 배관공사	400,484,000	264,991,000	↓ 135,493,000
	주차장 소화배관공사	147,465,000	100,642,000	↓ 46,823,000
	주차장 SP 배관공사	387,280,000	352,911,000	↓ 34,369,000
	수리계산 설계비	-	25,000,000	↑ 25,000,000
합계	-	-	↓ 321,000,000	

8. 타사 적용 현황

최근에는 당사뿐 아니라 타사에서도 수리계산에 의한 소화설비설계가 설계 시부터 반영되어 적용되고 있으며, 대표적인 현장은 다음 [그림 6]과 같다.

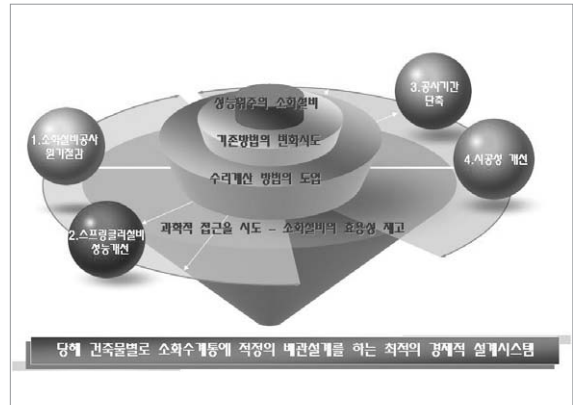


[그림 6] 수리계산에 의한 소화설비설계 적용 현장

9. 결론

수리계산법이란 기존의 규약배관방식(헤드개수별 관경설정)이 아닌 성능위주의 설계개념으로서 각각의 배관별 분기유수량 또는 살수기기의 개수에 따른 배관의 크기, 펌프의 양정, 동력 등을 결정하는 방법이다. 유체역학에 근거한 공학적 계산에 의거하여 적정결과를 산출함으로써 소화설비공사의 원가절감, 스프링클러 설비의 성능개선 및 공사기간의 단축이 가능하다.

시공성이 개선되고 유지관리가 용이해지는 효과가 있으며, 당해 건축물별로 소화수계통에 적정의 배관설계를 하는 현재까지 검토



및 적용되어 온 설계방식 중 최적의 경제적 설계시스템이라고 할 수 있다.

아직까지 국내의 기준이 화재안전기준에서 규정한 성능위주의 소화설비를 적용하기에는 제도적으로 완벽하지 못하고 또한 관행적으로 이루어진 설계방법의 틀을 고수하려는 경향이 있으므로 수리계산에 의한 소화설계뿐만 아니라 성능위주의 소화설비를 도입하기 전에는 철저한 검토가 행해져야 하며, 반드시 현장여건을 반영한 Simulation 및 결과도출이 이루어져야 한다. 이와 같은 선행작업 및 검증이 공학적인 계산을 근거로 수치화, 정량화되지 않을 경우 유사시 화재로 인한 인명안전 및 소방관보호, 재산보호 등 소방방법 기본취지에 부합하지 못하여 사상 및 재해 등 잘못된 결과를 이룰 수도 있으므로 각 현장의 조건에 부합한 적정설계 및 도입을 해야 할 것이다. S

참고문헌

- 1 김중호, "일반건축물 sprinkler 배관의 규약배관방식과 수리계산의 개선방안", 서울 산업대 산업대학원 석사학위 논문, 2008
- 2 박건용, "스프링클러 설비의 국내기준과 NFPA 기준에 관한 연구", 경기대 산업정보대학원, 2008
- 3 박봉래, 공하성, "습식스프링클러설비의 수리계산방식 도입에 관한 연구", 한국화재소방학회, 2007
- 4 박현준, "스프링클러 가지배관 시스템에서 규약배관방식과 수리계산 방식 설계의 경제성 비교연구", 서울 산업대 산업대학원 석사학위 논문, 2005
- 5 강주형, "수리계산적용을 위한 스프링클러설비의 화재안전기준 개선방안 연구", 서울산업대 산업대학원 석사학위 논문, 2005
- 6 남상욱, "소방시설의 설계 및 시공", 성안당, 2009
- 7 공하성, "화재안전기준", 성안당, 2010
- 8 공동주택 공사비 절감제안서, 선양방재엔지니어링, 2010