

습식 스프링클러설비의 수리계산방식 도입방안에 관한 연구

A Study about Introductory Plan of Automatic Wet Pipe Sprinkler System to Hydraulically Designed System

박봉래[†] · 공하성*

Bong-Rae Park[†] · Ha-Sung Kong*

미르엔지니어링(주), *동신대학교 소방행정학과
(2007. 6. 8. 접수/2007. 8. 7. 채택)

요 약

우리나라의 습식 스프링클러설비에서의 수리계산방식은 규약배관방식의 틀에서 벗어나지 못하고 있어 독립적인 방법으로 수리계산을 적용하는데 있어서 제약을 받는다. 이에 따라, 방수밀도개념을 도입하여 시행중인 선진국의 사례를 검토한 결과, 우리나라의 경우에도 수리계산의 설계에 있어 방수밀도개념의 도입이 필요하며, 현행 국가화재 안전기준(NFSC)에서는 수리계산의 한계와 문제점을 해결하는데 있어서 해답이 될 수 없으며, 헤드의 설치위치별로 방수상황이 다르다는 문제가 발생된다. 이에 대한 개선방안으로, 첫째, 선진국의 경우처럼 방수밀도개념의 도입으로 헤드의 설치위치별 방수량의 차이를 극복할 수 있으며, 둘째, 사용 가능한 헤드구경의 다양화를 통해 방수량 분포의 범위를 줄여 방수밀도의 평준화를 기대할 수 있으며, 셋째, 수리계산방식 적용에 대한 규정의 강화를 통해 수리계산방식의 사용이 확대되어 결과적으로 성능위주의 설계로 발전시킬 수 있다.

ABSTRACT

Our country automatic wet pipe sprinkler system of hydraulically designed system has not deviated from the pipe regulation process, therefore we face limitations when using an independent method to hydraulically designed system. Therefore, after reviewing a developed country's methods using the drainage-density concept, we found it necessary for our country to introduce the drainage-density concept. Currently, under the National Fire Safety Codes(NFSC), this does not solve the problem and the limitation of hydraulically designed system because different problems arise depending on where the head was installed. To make improvements, first, such as the developed country, overcome the difference by introducing the drainage-density concept to determine the amount of drainage. Second, by using diverse head caliber and decreasing the limits on the amounts of distribution, we can expect a leveling off of the drainage density. Third, using the increase of hydraulically designed system through the application of the rule to hydraulically designed system, finally, development to performance based fire protection design.

Keywords : Sprinkler, Hydraulically designed system, Drainage-density

1. 서 론

1.1 연구목적

소화약제로서의 물은 많은 장점을 가지고 있다. 동서고금(東西古今)을 막론하고 화재를 진압하는데 있어서 물을 사용한다는 것은 소화원리를 모르는 사람들에게 있어서도 상식처럼 인식되고 있다.

물을 사용하는 소화설비 중 가장 발달되어 있고, 현재까지 많이 연구되고 있는 대표적인 설비가 스프링클러설비라는 것은 소방에 대해 관심이 있는 사람이라면 누구나 알고 있을 것이다.

그만큼 스프링클러설비가 많은 연구를 통해 장시간 사용되고 발전하는 과정에서 많은 사람들에게 신뢰성이 검증되었기 때문일 것이다.

우리나라의 국가화재안전기준(NFSC)에서도 스프링클러설비에 대한 부분이 개정되어 발전되고 있으나, 고

[†]E-mail: pbr1951@hanmail.net

시의 개정이 기술발전의 속도를 따르지 못해 변화의 요구사항을 뒷받침하지 못하는 경우가 있다.

어떤 경우는 NFSC에서 제시하는 기준이 오히려 기술적 발전을 저해하는 경우도 있다.

이에 따라, 우리나라와 외국의 스프링클러설비에서 수리계산방식을 비교검토하고 아울러 NFSC의 발전방향을 제시하고자 한다.

1.2 연구범위와 방법

스프링클러설비에 대한 연구는 활발히 진행되었는데 그중에서 수리계산에 대한 대표적인 연구로는 Table 1과 같다.

이들 논문은 대부분 NFSC에서 규정하는 스프링클러설비의 한계점을 지적하고 문제 시 하였으며, 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103)에 따른 규약배관 방식과 미국의 기준인 NFPA 10에 따른

수리계산방식을 비교하여 규약 배관방식의 문제점과 그에 대한 대안을 제시하였으나, NFSC 103에서 제시하는 수리계산방식의 문제점을 중심으로 하여 방안을 제시한 연구 부분이 미흡하다는 것을 인식하였다.

이에 따라 본 논문에서는 NFSC 103에서 제시하는 기준에 따라 수리계산방식 설계를 하는 경우의 문제점을 검토하고 이에 대한 대안을 제시하고자 한다.

2. 우리나라 스프링클러설비의 적용방식

2.1 설치장소별 스프링클러헤드의 기준 개수

2007년 4월 12일 소방방재청 고시 제2007-05호로 개정된 NFSC 103에 따르면 폐쇄형헤드를 사용하는 스프링클러설비에서 설치장소별 스프링클러 헤드의 기준 개수는 Table 2와 같다.

Table 1. The precedent research of Hydraulically designed system for Sprinkler

연구자	연구 주제	연구 내용
송철강 (2001)	배관망해석방법을 이용한 스프링클러수리계산 프로그램개발	수리계산프로그램을 이용하여 격자배관(Grid System) 방식을 해석하고 수리계산과 규약배관 방식을 비교함
윤동주 (2003)	스프링클러시스템의 규약배관방식과 수리계산방식에 관한 연구	규약배관방식과 수리계산방식을 비교하고 규약배관방식의 문제점을 지적함
박현준 (2005)	스프링클러 가지배관시스템에서 규약 배관방식과 수리계산방식설계의 경제성 비교검토	규약배관방식과 수리계산방식의 적용에 따른 배관 등의 공사비를 산출하여 경제성을 검토함
강주형 (2005)	수리계산 적용을 위한 스프링클러 설비의 화재안전기준 개선방안 연구	규약배관방식과 수리계산방식을 비교하고 규약배관방식의 문제점을 지적함
여용주 (2005)	공학적 합리성에 근거한 한국스프링클러설비 화재안전기준의 개선에 관한 연구	화재안전 공학적 측면에서 기존스프링클러 설비를 검토하고 합리성 및 신뢰성 제고를 위한 개선방안을 제시함

Table 2. Required Sprinkler Head Numbers for the each Protected Area

스프링클러설치장소			기준개수
지하층을 제외한 층수가 10층 이상인 소방대상물	공장 또는 창고 (랙식 창고를 포함한다)	특수가연물을 저장·취급하는 것	30
		그 밖의 것	20
	근린생활시설·판매시설 및 영업시설 또는 복합 건축물	수퍼마켓·도매시장·소매시장 또는 복합건축물 (수퍼마켓·도매시장·소매시장이 설치되는 복합건축물을 말한다)	30
		그 밖의 것	20
	그 밖의 것	헤드의 부착높이가 8 m 이상인 것	20
		헤드의 부착높이가 8 m 미만인 것	10
아파트		10	
지하층을 제외한 층수가 11층 이상인 소방대상물(아파트를 제외한다)·지하가 또는 지하역사		30	
*비고 하나의 소방대상물이 2이상의 “스프링클러헤드의 기준개수”란에 해당하는 때에는 기준개수가 많은 난을 기준으로 한다. 다만, 각 기준개수에 해당하는 수원을 별도로 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.			

자료 : NFSC 103제4조 제1항 제1호

그리고 수원 확보량은 헤드설치수에 1.6 m³을 곱한 값으로 하며, 헤드설치수가 기준 개수 이상인 경우에는, 기준 개수에 1.6 m³를 곱한 양 이상의 수원을 확보 하도록 하고 있다.

다시 말해서 NFSC 103에서는 헤드설치 수량에 관계없이 용도별 기준에 따른 기준개수 만큼의 헤드가 동시에 개방된다는 가정 하에 스프링클러설비를 설치 하도록 기준을 정하고 있는 것이다.

2.2 스프링클러헤드 수별 급수관의 구경

NFSC 103 제5조 제1항 제9호에 “가압송수장치의 정격투출압력은 하나의 헤드선단에 0.1 MPa 이상 1.2 MPa

이하의 방수압력이 될 수 있게 하는 크기일 것” 제10호에 “가압송수장치의 송수량은 0.1 MPa의 방수압력 기준으로 80 L/MIN 이상의 방수성능을 가진 기준개수의 모든 헤드로부터의 방수량을 충족시킬 수 있는 양 이상으로 할 것. 이 경우 속도수두는 계산에 포함하지 아니할 수 있다.”라고 되어 있고, 제8조 제3항 제3호에는 “배관의 구경은 화재안전기준 제5조 제1항 제10호의 규정에 적합하도록 수리계산에 의하거나 별표1의 기준에 따라 설치할 것. 다만 수리계산에 따르는 경우 가지배관의 유속은 6m/s, 그 밖의 유속은 10 m/s를 초과할 수 없다.”라고 되어 있으며, 별표 1의 내용은 Table 3과 같다.

Table 3. Feed Pipe Diameter for Sprinkler Head Number

(Unit : mm)

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

*(주)

1. 폐쇄형스프링클러헤드를 사용하는 설비의 경우로서 1개층에 하나의 급수배관(또는 밸브 등)이 담당하는 구역의 최대면적은 3,000 m²를 초과하지 아니할 것
2. 폐쇄형스프링클러헤드를 설치하는 경우에는 “가”란의 헤드수에 따를 것. 다만, 100개 이상의 헤드를 담당하는 급수배관(또는 밸브)의 구경을 100 mm로 할 경우에는 수리계산을 통하여 제8조 제3항 제3호에서 규정한 배관의 유속에 적합하도록 할 것
3. 폐쇄형스프링클러헤드를 설치하고 만약 아래의 헤드와 반자속의 헤드를 동일 급수관의 가지관상에 병설하는 경우에는 “나”란의 헤드수에 따를 것
4. 제10조 제3항 제1호의 경우로서 폐쇄형스프링클러헤드를 설치하는 설비의 배관 구경은 “다”란을 따를 것
5. 개방형스프링클러헤드를 설치하는 경우 하나의 방수구역이 담당하는 헤드의 개수가 30개 이하일 때는 “다”란의 헤드수에 의하고, 30개를 초과할 때는 수리계산방법에 의할 것

Table 4. Hazard Classifications for Sprinkler System

용도분류	해당 장소
경급위험	교회, 클럽, 처마 및 돌출부, 교육시설, 병원, 관공서, 도서관(대형서고제외), 박물관, 요양원, 사무실(경보처리실 포함), 주택, 레스토랑, 객석, 극장 및 강당(무대부 제외), 사용하지 않는 다락방
중급위험(그룹1)	주차장 및 전시설, 제과점, 음료제조소, 통조림공장, 낙농제품제조 및 처리공장, 전자제품 공장, 유리 및 유리제품 제조공장, 세탁소, 레스토랑의 주방
중급위험(그룹2)	곡물공장, 일반화학공장, 제과공장, 증류제조소, 드라이크리닝 세탁공장, 사료공장, 마굿간, 피혁제품제조공장, 도서관(대형서고), 기계공장, 금속가공, 상품 전시시설, 상품판매시설, 종이 및 펄프공장, 종이처리공장, 부두 및 선창, 우체국, 인쇄 및 출판소, 정비차고, 무대, 직물제조공장, 타이어제조공장, 담배제조공장, 목재가공공장, 목재제품조립공장
상급위험(그룹1)	비행기격납고(NFPA 409에 따르는 것은 제외), 가연성유압유 사용지역, 다이캐스팅(Die casting), 금속압출, 합판 및 하드보드 제조공장, 인쇄(37.9°C 미만의 인화점을 사용), 고무제생, 합성건조, 압밀, 경화, 제재소, 직물피킹(picking), 혼합, 반모, 소면공정, 코머 공정, 합성, 양모제생, 삼베, 발포플라스틱, 가제도구제조
상급위험(그룹2)	아스팔트처리, 인화성액체분무도장, 플로우코팅, 조립식주택 또는 건물부재, 개방형 오일 담금질, 플라스틱 가공공정, 솔벤트세탁, 마니스 및 페인트침지(沈漬)

자료 : 「NFPA 13」. (2002 EDITION).

3. 외국의 스프링클러설비 적용방식

3.1 미국의 스프링클러설비 적용방식

3.1.1 스프링클러설비의 설계와 급수에 적용되는 위험도별 분류기준

수용되는 물품의 양과 가연성, 열방출률, 적재물의 높이, 인화성 및 가연성 액체의 유무에 따라 5단계로 분류되며, 용도별 분류는 Table 4와 같다.

1) 경급위험용도(Light Hazard)

- ① 수용품의 양 또는 가연성이 적고, 비교적 열방출률이 적은 화재가 예상되는 용도 또는 기타 용도 중 일부
- ② 가연물의 하중이 낮고, 열방출률이 비교적 적을 것으로 예상되는 최소한의 화재위험을 나타내며, 공공시설, 교육, 종교, 주택, 사무실 등

2) 중급위험용도 1 (Ordinary Hazard : Group 1)

- ① 가연성이 낮고 가연물의 양이 중간정도이고, 가연물의 적재높이가 2.4 m 이하이고, 열방출률이 보통인 화재가 예상되는 용도 또는 기타 용도 중 일부
- ② 인화성 및 가연성액체 또는 가스가 존재하지 않거나, 그 사용이 극히 제한된 대부분의 경공업 및 서비스산업

2) 중급위험용도 2 (Ordinary Hazard : Group 2)

- ① 수용품의 양과 가연성이 중간 이상이며, 적재높이가 3.7 m 이하이고 열방출률이 중간이상인 화재가 예상되는 용도 또는 기타 용도 중 일부

- ② 중급위험용도 그룹 1 이외의 화재위험이 보다 심각한 용도로 수용품의 양과 가연성이 더 큰 제조 및 공정용도를 포함하며, 수용품이 3.7 m 높이까지 적재된 보조창고

3) 상급위험용도 1 (Extra Hazard : Group 1)

- ① 수용품의 양과 가연성이 매우 크고 분진, 린트(Lint) 또는 기타물질 등이 존재하며 열방출률이 매우 높고 급격히 성장할 수 있는 화재를 야기하지만, 인화성 또는 가연성 액체는 거의 없는 용도 또는 기타용도 중 일부
- ② 인화성 또는 가연성 액체를 사용하는 공정기계기 계가 있는 용도 또는 분진과 린트가 부유하는 용도 및 상당량의 가연성 발포제가 있는 용도로 직물제조공장 등

3) 상급위험용도 2 (Extra Hazard : Group 2)

- ① 인화성 또는 가연성 액체가 상당량 저장되어 있는 용도 또는 기타용도 또는 기타용도 중 일부나 가연물이 광범위하게 분포되어 있는 용도
- ② 인화성 또는 가연성 액체를 대량 저장하며 액체가 고온에 노출되었을 때, 급속하게 증발할 수 있는 개방형 설비에 저장하는 장소를 포함하며, 스프링클러 헤드에 용도에 대한 조건에 의해 심각한 장애를 받고 헤드방수가 차폐로 인하여 연소중인 재료에 도달하지 못하는 곳에도 적용

3.1.2 위험용도별 포용면적 및 최소소화유량

NFC에 따른 스프링클러의 수리계산방식의 적용에서

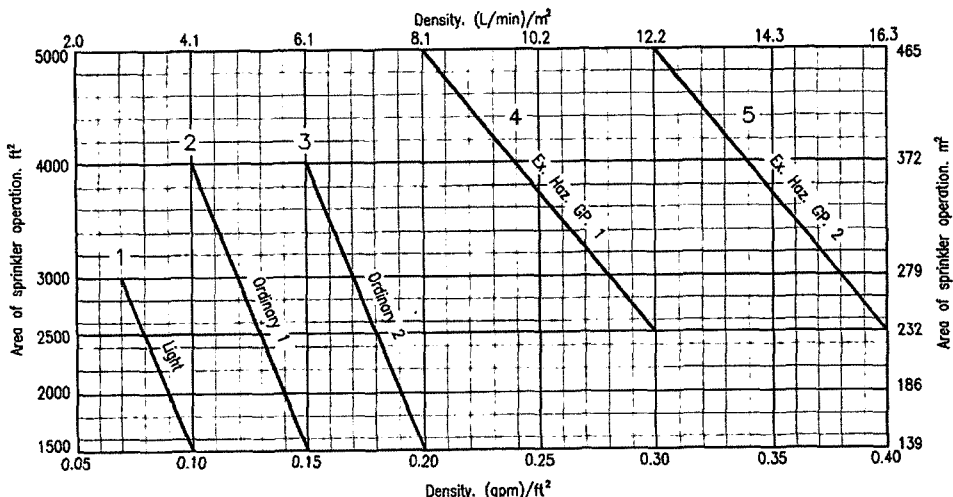


Figure 1. Density/Area Curves.

자료 : 「NFPA 13」. (2002 EDITION).

Table 5. Water Demand & Supply time for Hazard Classifications

위험별용도 \ 소화유량	방수밀도 (LPM/m ²)	포용면적 (m ²)	최소소화유량 (LPM)	방수소요시간
경급위험	2.8~4.1	139~279	570~782	30분
중급위험(그룹1)	4.1~6.1	139~372	848~1525	60~90분
중급위험(그룹2)	6.1~8.1	139~372	1126~2270	60~90분
상급위험(그룹1)	8.1~12.2	232~465	2831~3767	90~120분
상급위험(그룹2)	12.2~15.4	232~465	3782~5673	90~120분

자료 : 「NFPA 13」. (2002 EDITION). 재판집.

작동 면적과 방수밀도는 면적/밀도 곡선에 의하여 구하며, 면적/밀도 곡선은 Figure 1과 같다.

그리고 Figure 1을 참고로 하여 위험물 등급별 방수 밀도 및 포용면적을 정리하면 Table 5와 같다.

3.2 영국의 스프링클러설비 적용방식

3.2.1 위험등급의 분류

스프링클러설비의 설치, 작동방법, 수원의 공급, 배관의 설계에 영향을 주는 위험등급을 각 위험별로 용도를 분류하면 다음과 같다.

1) 경급위험용도(Light Hazard)

비 산업용도로 화재하중이 비교적 낮은 실과 복도의 면적이 126 m² 이내이고, 30분 이내인 내화

벽으로 구획된 건물

2) 중급위험용도(Ordinary Hazard)

- ① Group I : 126 m² 이상인 실과 성능이 더 낮은 내화벽으로 구획된 건물
- ② 상업, 산업용도로 사용되고 화재하중이 비교적 높은 것은 중급위험 그룹 I, 그룹 II, 그룹 III, 그룹 IIIS로 분류하며, 용도별 내용은 Table 6과 같다.

3) 상급위험용도(High Hazard)

상업, 산업용도로 화재하중이 대단히 높은 상급위험은 공정특급위험, 높게 쌓인 저장위험, 음료 저장위험, 오일과 가연성액체 위험으로 분류되고, 공정 상급위험은 Table 7과 같이 4가지 타입으로 분류된다.

Table 6. Classifications for Ordinary Hazard Group by England(BS¹⁾)

TYPE	중급위험 그룹			
	Group I	Group II	Group III	Group IIIS
요업	연마용구, 분말제 조소	도공	유리제조소	
화학	시멘트제조소	화학제조소	비누, 양초제조소	성냥제조소
엔지니어링	보석제조소	엔지니어링제조소 (금속을 포함)	항공기제조소	
음식, 음료	버터, 우유제조소	빵, 과자, 맥아제조소	곡물, 곡분, 설탕정련소	착유제조소
혼합	레스토랑, 카페		세탁소, 주차장, 방송국	극장
벽지			벽지제조소	
고무, 플라스틱			고무, 플라스틱제조소	
상점, 오피스	높지 않은 오피스		백화점, 소매상점	
직물			표백, 염료, 카펫, 직물, 면화, 아마, 황마, 삼, 양말제조소	면화, 아마, 삼제조소 (방적예비공정)
목재			가구제조소	

자료 : 여용주, 수계소화설비공학, 2006, p. 297.

¹⁾BS ; British Standards(영국표준규격)

Table 7. Process High-Hazards showing typical examples of types

타입 1	타입 2	타입 3	타입 4
마투갈개와 리놀륨제조소, 페인트, 킬러와 니스 제조소, 고무대체 제조소, 나무모직(wood wool) 제조소	불쏘시개제조소, 폼플라스틱, 발포 고무 제조소, 타르 증류소, 기타물품 제조소	질산염유제조소	불꽃제조소

자료 : www.fire-defence.com/site/indust.html

Table 8. Minimum Design Density & AMAO²⁾ for Light-Ordinary-and High-Hazard (Processes) Roof or Ceiling Sprinklers

위험등급	최소방수밀도	최대 방수면적 (포용면적)
경급	2.25 mm/min(LPM/m ²)	84 m ²
중급		
그룹 I	5 mm/min(LPM/m ²)	72 m ²
그룹 II	5 mm/min(LPM/m ²)	144 m ²
그룹 III	5 mm/min(LPM/m ²)	216 m ²
상급		
타입 1	7.5 mm/min(LPM/m ²)	260 m ²
타입 2	10.0 mm/min(LPM/m ²)	260 m ²
타입 3	12.5 mm/min(LPM/m ²)	260 m ²
타입 4	10.0 mm/min(LPM/m ²)	각 건물은 완전방호

자료 : www.npchs.net/safety/pdf/ips/E-SF-200/pdf.

또한 높게 쌓인 저장위험은 열방출률이 대단히 높은 생산품을 포장하거나 저장을 한 것, 음료저장위험은 일정 높이가 초과된 상태로 저장된 것, 오일과 가연성 액체위험은 오일과 가연성 액체를 저장하거나 사용하는 것 등이다.

3.2.2 위험등급별 최소살수밀도와 살수면적

경급, 중급, 상급위험별로 지붕 또는 천장에 설치되는 스프링클러의 최소방수밀도와 방수면적은 Table 8과 같다.

4. 우리나라 스프링클러설비의 문제점 및 개선방안

4.1 국가별 스프링클러설비 적용방식 비교

4.1.1 용도 분류

우리나라의 스프링클러 설치장소에 대한 분류는 단순하고 헤드의 기준수량을 정하는 기준이 되는데 반해, 외국의 기준은 분류의 단계가 많고 용도가 세밀하게 분류되어 있으며, 용도의 등급에 따라 살수밀도를 적

용하는 기준이 된다.

4.1.2 배관 선정방식

우리나라는 규약배관방식이 주로 사용되며, 근래에 수리배관방식이 사용되는 경향이 있으나 규약배관방식으로부터 독립적이지 못하다.

그러나 미국과 영국의 경우에는 주로 수리계산방식을 원칙으로 하고 있으며, 미국의 경우에는 제한적인 경우에만 규약배관방식을 허용하고 있고, 수리계산방식이 규약배관방식의 경우와 방수밀도기준 배관의 구경 등이 독립적으로 적용되고 있다.

4.1.3 각국 방수밀도의 비교

우리나라에는 방수밀도의 개념이 없고, 수리계산을 하는 경우 헤드의 수평거리를 예외로 하고 있으나, 적용에 따른 마땅한 규정이 없으므로 헤드의 수평거리를 기준으로 배치간격과 허용압력을 이용하여 방수밀도를 산출하면 Table 9와 같다.

이를 기준으로 비교하면, 미국의 경우 위험별 방수밀도범위를 정하고 있으며, 범위를 좁게 정하여 방호구역 내에서 방수밀도차를 줄이는 방법으로 사용하고 있다.

그러나 우리나라의 경우에는 별도의 방수밀도의 개념이 없고, 방수압력범위가 너무 넓게 규정되어 있어 방수밀도의 차이도 크다는 것이다.

또한 우리나라의 경우에는 하나의 방호면적을 기준으로 방수면적을 규정하므로 용도에 관계없이 3,000 m²까지 적용되나, 미국과 영국의 경우에는 위험등급별로 포 용면적을 정하므로, 방수밀도와 포용면적 등을 설계의 기준으로 삼아 수리계산에 적용이 쉽게 되어 있다.

4.2 우리나라 스프링클러설비 설계시 수리계산방식의 문제점

4.2.1 설치장소별 스프링클러헤드 기준 개수의 문제

Table 2에서 정하는 바와 같이 스프링클러설치장소별 헤드의 기준개수가 결정되는데, 이를 근거로 정리

²⁾AMAO : Assumed maximum area of operation(최대 방수면적).

Table 9. Water Demand & Supply time for Hazard Classifications by NFSC 103

용도	헤드수평거리 (m)	헤드의 방호면적* (m ²)	방수량** (Litter)	방수밀도* (LPM/min)	지속시간 (min)
무대부, 특수가연물저장 또는 취급장소, 특수가연물을 저장 또는 취급하는 랙크 식창고	1.7 m	(2.4 m) ² =5.76 m ²	80~277	13.88~48.09	20
랙크식 창고	2.5 m	(3.5 m) ² =12.25 m ²	80~277	6.53~22.61	20
아파트	3.2 m	(4.5 m) ² =20.25 m ²	80~277	3.95~13.67	20
그밖의 소방대상물(비내화구조)	2.1 m	(2.9 m) ² =8.41 m ²	80~277	9.51~32.93	20
그밖의 소방대상물(내화구조)	2.3 m	(3.2 m) ² =10.24 m ²	80~277	7.81~27.05	20

자료 : 「NFSC 103」 제10조 제3항, 재편집.

*: $S=2r \cos 45^\circ$ 에 의해서 구함.

** : $Q=K\sqrt{P}$ 에서 $K=80, P=0.1\sim 1.2$ MPa에 의해 구함.

하면 헤드의 기준개수에 따른 설치위험구분은 3가지로 분류되며, 기준개수의 대소(大小)에 따라 수원 확보량 및 펌프의 용량은 달라지나 방수밀도는 동일하게 적용을 받는다.

물론 헤드배치간격에 따른 방수밀도의 구분을 생각할 수 있고, NFSC (103) 제10조 제3항에 의하면 “성능이 별도로 인정된 스프링클러 헤드를 수리계산에 따라 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다”라고 되어 있어 수리계산에 의해 스프링클러설비의 설계를 적용하는 경우 헤드배치 간격에 유연성을 가질 수 있게 되었다.

그러나 이런 내용들이 설치장소별 위험에 따른 방수밀도를 구분하여 적용하고 있다고 하기에는 무리가 따른다. 그 이유는 위험대상물별 적용대상이 4가지³⁾ 밖에 없으며, 그 외는 구조(내화, 비내화)에 따른 구분만 되어 있고, 수리계산의 적용에 따른 헤드배치의 경우에도 우리나라에서는 구체적인 방수밀도개념이 없으므로 적용에 어려움이 따를 수밖에 없다.

4.2.2 스프링클러헤드수별 급수관의 구경의 한계

Table 3에서 정하는 스프링클러헤드수별 급수관의 구경은 일반적으로 규약배관방식의 스프링클러설비 설계를 적용하는 경우에 있어서의 규정이며, 수리계산방식의 경우 예외적인 경우로서 제한적으로 적용하도록

하고 있다.

결국, 수리계산의 적용은 폐쇄형스프링클러설비를 사용하는 장소 중 100개 이상의 헤드를 사용하는 장소와 개방형헤드를 사용하는 장소 중 30개 이상의 헤드를 사용하는 장소로 제한되며, 배관내 유속 또한 제한을 받는다.

이러한 사항은 아직까지 NFSC에서 스프링클러설비의 수리계산방식을 규약배관방식의 틀 속에서 독립할 수 없도록 하는 부분으로 수리계산방식의 설계를 위축시키는 요인으로 작용한다.

4.2.3 스프링클러설비 계산방식에 따른 한계

우리나라의 스프링클러 계산방식에서 규약배관방식의 경우 구(舊) 일본 동경소방청 사찰편람⁴⁾과 ASHRAE Handbook⁵⁾에서 제시된 기준표에 의해 마찰손실을 구하여 적용하는데, 여기에서 제시된 조건은 각 헤드의 방수량은 설치위치에 관계없이 일정하다는 것이다.

그러나 수리계산방식을 적용하는 경우, NFSC에서 정한 별도의 지침이 없으므로, 규약배관 방식의 자료를 인용하여 각 헤드의 압력을 별도로 계산하여 적용하여야 하며, 이에 따라 헤드의 설치 위치별로 방수압력차에 의해 방수량이 달라지며, 결과적으로 보수적인 수치인 규약배관방식의 설계보다 높은 양정과 많은 방수량을 요구하게 된다.

³⁾ 「NFSC 103」 제10조 제3항에 따르면 무대부, 특수가연물저장 또는 취급장소, 랙크식창고, 아파트로 분류하여 헤드배치간격을 각각 반경 1.7 m 이하, 2.5 m 이하, 3.2 m 이하로 구분하고 있다.

⁴⁾ 현재 우리나라에서 관행적으로 사용되는 마찰손실수두표로 현재 일본의 동경소방청 사찰편람에서는 삭제되고, 새로운 마찰손실수두표가 제시되어 사용되고 있다(남상욱, 2007, 소방시설의 설계 및 시공, p.208-212).

⁵⁾ ASHRAE Handbook : American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers)의 Heating Ventilating Air-Conditioning Guide를 출전으로 하나 이는 소화설비에 적용하는 것이 아니고 위생배관 등에 사용하는 것이 원칙이다. 그러나 국내에서는 관행상 규약배관 설계시 이를 가장 많이 사용하고 있다.

4.2.4 우리나라 수리계산방식의 문제점

앞서 살펴 보았듯이 우리나라의 수리계산방식은 규약배관방식으로부터 독립적이지 못하며, 계산 시 적용할 수 있는 자료를 가지고 있지 못해 결국은 규약배관방식의 방법을 따를 수밖에 없는 상황이다.

이에 따라 우리나라의 방수밀도가 외국의 경우보다 크게 나타나며, 압력의 범위가 넓기 때문에 설비의 신뢰성을 떨어뜨리는 결과를 낳는다.

다시 말해서 외국에 비해 상대적으로 고비용의 설비를 설치하고도 살수밀도의 차이에 의해 수원의 조기고갈 및 유속의 제한속도 초과문제가 발생하는 것이다.

또한 헤드에서의 과도한 압력은 방수패턴의 왜곡(歪曲)을 초래하여 살수면적이 감소하는 형태로 이어져 커다란 문제가 발생할 수 있다(여용주, 2006, p. 407).

이런 문제점은 수리계산방식의 설계를 회피하는 결과로 이어져 성능위주의 설계적용을 어렵게 하고 있다.

4.3 우리나라 스프링클러설비 적용방식의 개선방안

4.3.1 방수밀도개념의 도입

스프링클러설비 적용방식의 개선방안으로, 우리나라도 방수밀도 개념을 도입하는 것이다. 방수밀도 개념을 도입함으로써 위험등급별로 방수밀도범위를 규정하여 NFSC에 따라 일괄적으로 적용되는 헤드의 구경과 설치 간격을 탄력적으로 적용하여 배관의 구경 및 헤드배치 등에서 설계자의 선택의 폭을 넓혀 주어 건축물의 특성에 따른 올바른 설계가 가능하도록 해야 할 것이다.

4.3.2 헤드구경의 다양화

다음으로 헤드구경의 다양화를 들 수 있다. 우리나라의 수리계산에서 방수밀도의 차는 각 층별 뿐만 아니라 동일 층에서도 스프링클러의 압력분포에 따라 다르다.

이로 인하여 동일한 K^0 값을 갖는 헤드에서의 방수량이 달라지게 되며, 하부층에서는 20분인 수원의 양을 10분 이내에 방수함으로써 수원의 조기고갈(早期枯渴)이 발생하게 된다.

이를 방지하기 위해 다양한 구경의 헤드를 사용하면 방수압력의 차이로 인한 방수량 분포의 범위를 줄일 수 있을 것이다.

4.3.3 수리계산방식 적용규정의 강화

마지막으로, 수리계산방식의 적용규정을 강화하는 것이다.

2007년 1월 24일 대통령령 제19846호에 의해 개정된 소방시설공사업법 시행령 제2조의2에 성능위주설계를 해야 할 특정소방대상물이 신설되어 수리계산방식 적용의 근거가 마련되었으나, 대상물이 일부 대형건축물에 한정되고, 설계방식에 있어서 기준이 마련되지 않아 적용이 어려우며, 그 이하의 특정소방대상물에 대해서도 기준이 없으므로, 경제성이 없는 한 고려대상에서 제외되는 것이 일반적이며, 현행 NFSC에 의한 수리계산방식의 경우 제약이 많아 결과적으로, 경제성이 없는 설비가 되어 자율적인 적용을 기피하게 만든다.

이에 따라 수리계산방식 적용대상을 강화하여 수리계산방식의 적용이 폭넓게 이루어지도록 해야 할 것이다.

5. 결 론

NFSC 103에서 규정한 스프링클러설비의 허용범위 내에서 수리계산방식을 검토하였다.

NFSC 범위에서의 수리계산방식은 규약배관방식의 태두리 내에서 독립적이지 못하며, 진정한 수리계산방식이라고 규정하기에는 미흡함이 있었다.

이로 인하여 NFSC 내에서는 수리계산 방식의 설계가 규약배관방식의 설계의 경우보다 오히려 고비용의 시설이 되는 경향이 있다.

이에 따라 수리계산방식의 설계적용에 제약이 따르고 수리계산의 적용을 기피하는 현상이 생기는 것이다.

그러므로 NFSC에서도 위험등급의 세분화가 요구되고, 위험등급에 따른 방수밀도개념의 도입, 법적 제한사항의 최소화가 필요하다.

예를 들면, 방수밀도 기준과 간이스프링클러의 경우처럼 헤드의 특성에 따라 방호면적과 헤드의 배치간격을 제한하는 것이다.

그렇게 되면 위험성이 높은 대상에는 높은 방수밀도를 갖는 헤드를 선택하고, 화재 확대가 빠른 대상물에는 RTI⁷⁾가 낮은 헤드를 선택하며, 헤드의 특성에 따라 헤드의 배치간격을 결정하는 것들이 법에서 허용하는 범위 내에서 자율적으로 이루어지게 되고, 이런 기술

⁶⁾K (K factor) : 표준형헤드의 기준 방수량은 「스프링클러헤드의 형식승인 및 검정기술기준(KOFES 0501)」에서 0.1 MPa에서 호칭경 15 mm의 스프링클러헤드를 80±4로 규정함.

⁷⁾RTI(Response Time Index) : 열응답에 의한 헤드의 민감도를 나타내며, 「KOFES 0501」에서 조기반응(Fast response)의 RTI는 50이하, 특수반응(Special response)의 RTI는 51초과 80이하, 표준반응(Standard response)의 RTI는 80초과 350이하여야 한다고 규정하고 있다.

적 설계경험들이 축적되고 발전되면 자연스럽게 성능 위주의 설계가 되어 궁극적으로 우리나라의 소방기술을 발전시키는 결과가 될 것이다.

현재, 미국, 일본, 영국 등 선진국뿐만 아니라, 말레이시아, 태국, 인도네시아 등에서도 성능위주의 설계를 부분적으로 허용하고 있다⁸⁾.

이것은 우리나라 소방안전 분야의 발전이 더욱 요구되는 이유라고 볼 수 있다.

수리계산방식의 설계가 성능위주의 설계방식의 기초가 된다고 볼 때, 수리계산방식 설계의 도입 확대가 성능위주설계의 발전이 이루어진다는 것은 당연한 일이다.

본 연구에서는 유속제한과 수(水) 충격량의 상관관계, 그리고 가지배관의 감압에 따른 압력감소 및 유속의 변화 등 보다 세부적인 검토사항에 대하여 미비한 점이 아쉬움으로 남는다.

소방을 연구하는 전문인력이 많아졌고, 국민의 의식수준이 높아지면서 안전에 대한 요구가 커지며, 기존의 제도 또는 기술에 부가되는 내용이 있듯이, 쉽게 지나쳐 왔던 문제에 대해 의견을 제시함으로써 이 문제에 대하여 더욱 관심있는 사람들의 연구를 이끌어내고자 한다.

또한 배관의 설계방식의 계산을 위해 검토된 자료가 미국 또는 일본의 것이며, 일부는 그 나라에서는 이미 사용하지 않는 것을 우리나라에서 아직도 사용하고 있다는 것을 알았다.

우리도 위에 제시한 내용들이 충분히 검토되고 실험을 통해 결과로 도출되었을 때, 이를 자료화하여 우리나라의 독립된 자료로 사용되었으면 한다.

참고문헌

1. 소방관련법령집, “스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103)”, 119magazine(2007).
2. 남상욱, “소방시설의 설계 및 시공”, 성안당(2007).
3. 하정호 외 2인, “최신핵심소방기술 上”, 호태(2005).
4. 공하성, “소방관계법규”, 성안당(2007).
5. NFPA 13. “Standard for the Installation of Sprinkler Systems”, National Fire Protection Association (2002).
6. 여용주, “수계소화설비공학 - 스프링클러설비 편”, 한국화재연구소(2006).
7. 송철강, “배관망해석방법을 이용한 스프링클러시스템의 수리계산프로그램 개발”, 2001년 서울산업대학교 산업대학원 석사학위 논문.
8. 윤동주, “Sprinkler System의 규약배관방식과 수리계산방식에 관한 연구”, 2003년 울산대학교 산업대학원 석사학위논문.
9. 박현준, “스프링클러 가지배관시스템에서 규약배관방식과 수리계산 방식 설계의 경제성 비교연구”, 2004년 서울산업대학교 산업대학원 석사 학위 논문.
10. 강주형, “수리계산적용을 위한 스프링클러설비의 화재안전기준 개선방안 연구”, 2004년 서울산업대학교 산업대학원 석사학위 논문.
11. 여용주, “공학적 합리성에 근거한 한국스프링클러설비 화재안전기준의 개선에 관한 연구”, 2005년 서울시립대학교 도시과학대학원 석사학위 논문.
12. www.npchse.net/safety/pdf/tps/E-SF-200.PDF
13. www.fire-defence.com/ite/indust.html
14. www.kfi.or.kr/data/board/list.asp

⁸⁾권순평, 소방방재신문사, 2006.01.27.