

## 성능 위주 설계를 위한 스프링클러에 관한 연구

정수영 · 김태현\*

서울대학교 전기컴퓨터공학부, \*명지전문대학 전기과

### A Study on the Sprinkler System for Performance Based Design

Jung, Soo Young · Kim, Tae Hyun\*

Department of Electrical and Computer Engineering, Seoul Nat'l Univ.

\*Department of Electrical Engineering, Myongji College

#### 요 약

최근 국내 성능 위주 설계에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 규약 중심의 국내 스프링클러 시스템의 성능 위주 설계에 도움이 되고자 NFPA 13의 스프링클러 시스템 설계를 보다 해석하기 쉬운 기법을 소개하여 국내 스마트 소방산업에 기여하고자 함에 있다.

#### 1. 서 론

최근에 초고층 건축물의 증가로 인한 화재 시 대형 인명 피해로 직결된다. 이에 안전 피난의 중요성의 대두로 소방 분야의 선진 기술인 성능 위주 설계(performance based design)에 대한 국내의 관심이 높아지고 있다[1-4]. 그러나 국내에는 아직 데이터베이스 부재 및 소방 엔지니어의 공학적인 교육의 미흡으로 실제 성능 위주 피난 설계에 많은 어려움이 있다. 본 논문에서는 NFPA 및 SFPE에서 언급하고 있는 스프링클러 시스템에 대해서 살펴보고 이를 반영한 국내 건축물 설계 기술 개발 및 소방 성능 위주 설계 이해에 도움이 되고자 한다.

#### 2. 연구 범위

초고층 건물의 소방 설계에서 크게 active system과 passive system 으로 나눌 수 있다.

Active system 으로는 대표적인 예로 스프링클러설비 등 수계 소화 설계와 special hazard system을 위한 가스계 소화 설비 등을 들 수 있다.

Active system 에는 대표적으로 언급하는 수계 진압 장치인 스프링클러 시스템 설계에 대해서 NFPA 및 SFPE 관점에서 살펴 보고자 한다.

소방 공학 관점에서 대표적인 수계 진압 시스템 참고 문헌은 아래와 같다.

- (1) NFPA 발행, FPH(Fire Protection Handbook, NFPA) 의 Section 15 및 section 17
- (2) SFPE 발행, HFPE(Handbook of Fire Protection Engineering) 의 Section 4 중
  - Chapter 4-2 Hydraulics
  - Chapter 4-3 Automatic sprinkler system calculations
  - Chapter 4-4 Foam agents & AFFF system design considerations
  - Chapter 4-5 Foam system calculations
  - Chapter 4-14 Water mist fire suppression systems
- (3) NFPA 11, 13, 14, 15, 16, 25, 30, 750
- (4) SFPE 발행, Reference Manual (이하 RM 표기) Part II Division 6

특히, 소방 분야에서 화재를 진화 및 제어하는데 사용되는 물의 이동과 활용에 관한 학문인 수리학 (hydraulics) 분야에서 수리 계산(hydraulic calculation) 은 중요하다. 수리 계산은 다른 표현으로 유량 계산 (flow calculation) 이라고도 하는데 이는, 액체 또는 기체를 이송하는 배관의 유량을 계산하는 것이라고 하겠다. 이와 관련된 보다 구체적인 참고 문헌은 아래와 같다.

RM Div.6 Ch.1는 압력 손실(pressure loss) 의 개요.

NFPA 13 수리 계산(hydraulic calculation)에서 총 압력(total pressure).

NFPA 15 물을 분무 상태로 방수하여 냉각 및 질식효과를 내는 소화설비인 물분무 소화 설비 (water spray) 에서의 계산, 유체의 흐름에너지인 속도 수두(velocity head, velocity pressure) 보정

NFPA 16 포워터(foam-water) 에서의 계산, NFPA 15 절차와 동일

이 때, 하젠윌리엄스(Hazen-Williams) 공식은 포와 포워터 시스템을 포함하여 수계 소화 설비에 에 사용된다. 단, 포 수용액(foam solution) 이 아닌 포 원액(foam concentrate) 과 미분무수 설비(water mist system)은 달시-웨버(Darcy-Weisbach)를 사용됨에 유의해야 한다.



그림 1. 수력한 공식

그림 1에서 전체 압력  $P_t$  는 정압(normal pressure)  $P_n$  와 동압(velocity pressure)  $P_v$  의 합으로 표현할 수 있다. 즉,

$$P_t = P_n + P_v \tag{1}$$

이 때,  $P_v = 0.001123 Q^2 / d^4$  이다.

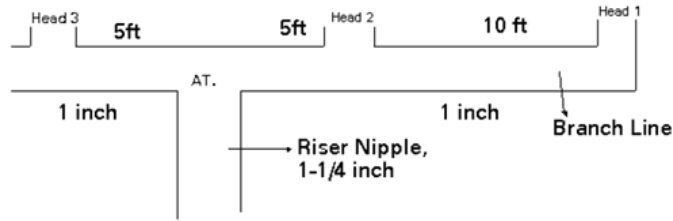


그림 2. Additive k factor method을 이용한 수리 계산 적용 예

그림 2에서 수리계산시 방호면적은  $3000 \text{ ft}^2$  이고 요구되는 살수밀도는  $0.2 \text{ gpm/ft}^2$  (중급 위험 용도 그룹 2, ordinary2, OH II), 제조사의 헤드 조건은  $100 \text{ ft}^2/\text{head}$ , k-factor 는 5.6 이라고 가정한다.

이 때 참고 문헌 [3] 에 의하면, additive k factor method을 이용하여 k 값을 재 계산 하여 입상관(riser) 에서의 최종 총 유량(flow)을 식 (2) 와 같이 구할 수 있었다..

$$Q_{total} = k_{total} \sqrt{p_{required}} = 14.74 \times \sqrt{18.97} = 64.2 \text{ gpm} \quad (2)$$

이 때, 살수 밀도는 OH II 및 방호 면적을 가정하였지만, 실질적으로는 NFPA 13 에서 는 매우 구체적으로 살수 밀도 및 방호 면적을 선정 기법을 구체적인 용도별 분류를 하고 있다.

용도(occupancy) 별 위험 등급 분류를 건축물의 용도에 따라 LH, OHI, OH II, EH I, EH II 로 나누고 있지만, 물품, 상품, 제품, 차량 또는 동물 등을 저장하거나 보관하는 용도의 창고 용도 (storage occupancy) 에 대해서는 별도로 class I, II, III & IV 물품 (commodity), Group A,B,C plastics 의 위험 등급으로 분류 하고 있다.

또한, Group A, B & C 플라스틱의 경우, 엔지니어를 고려한 상세 Decision Tree을 통한 구체적인 설계 기법을 제공하고 있다.

창고 용도에서의 살수 밀도 및 면적을 설계하기 위한 흐름도를 그림 3에 나타내었다.

즉, 물품의 위험 등급을 분류하고, 살수 밀도 와 방호 면적을 선택한 후 , 창고의 높이에 따른 보정 계수를 곱하고 , 또한, 빠른 급수를 위해 습식 설비를 원칙으로 하나, 난방을 할 수 없는 곳 등에 건식(dry) 스프링클러 설비 설치의 경우에는 방호 면적을 1.3 배 만큼 증가 시켜야 한다. 또한, 최종적으로 살수 밀도 및 방호 면적에 대한 최소 요건을 만족하는지를 따져야 할 것이다.

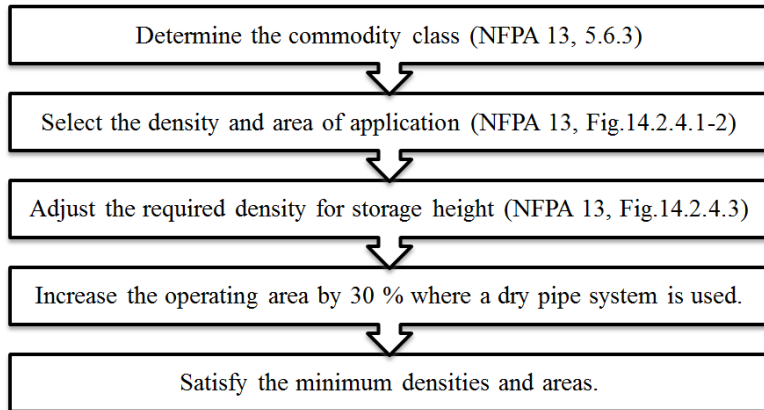


그림 3. 창고용도(storage occupancy)에서 살수밀도 및 설계면적 계산 흐름도

### 3. 결 론

건축물의 성능위주설계에 있어서 아직까지는 국내 실정에 맞는 데이터베이스 부재로 화재 저항에 대한 수식적 계산 및 기준이 명확히 제시되지 못하고 있다. 이 논문에서는 외국에서 사용되고 있는 Additive k factor method을 이용한 스프링클러 수리 계산 설계 [3] 및 건축물의 용도별 분류 외에도 창고 용도에 대한 살수 밀도 및 면적 흐름도를 제시함으로써 수계 소화 설비의 수리계산을 보다 쉽고 정확히 계산하여 소방 설계의 국내 기준 확립에 안목을 기르는데 목적을 두었다.

### 감사의 글

본 연구는 2011년 일등고시학원 내 카페(<http://cafe.daum.net/fppe2>) 연구비 지원 사업으로서, 한국소방 성능위주설계 원천기술 개발의 일환으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 학원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 이종영, 백옥선, “성능위주소방설계의 법적문제 및 개선 방안,” 한국화재소방학회 논문지, vol.24, no.1, pp. 54~63, 2010년 2월.
2. 정수영, 김태현, “성능 위주 설계를 위한 피난 시간 계산,” 한국화재소방학회 춘계학술 논문 발표회 논문집, pp. 179~184, 2010년 4월.
3. 정수영, 김태현, “국내 스프링클러 시스템에 대한 성능 위주 설계를 위한 연구,” 한국화재소방학회 추계학술논문 발표회 논문집, 2010년 10월.
4. 정수영, 김태현, “성능 위주 설계를 위한 화재 저항에 관한 연구,” 한국화재소방학회 춘계학술논문 발표회 논문집, 2011년 4월.