B-3

# 국내 스프링클러 시스템에 대한 성능 위주 설계를 위한 연구

정수영 · 김태현*
서울대학교 전기컴퓨터공학부, *명지전문대학 전기과

# Performance Based Design for Korean Sprinkler system

**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 스프링쿨러 시스템의 성능위주 평가에 대한 관심이 고조되고 있다. 그러나 데이터 베이스 부재로 현장에서는 많은 어려움이 있다. 이에 NFPA 13 의 선진 스프링쿨러 시스템의 전반적인 흐름의 이해를 돕고자 한다.

## 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 국내외 관심이 높아지고 있다[1-4]. 그러나 국내에는 아직 데이터베이스 부재 및 소방 엔지니어의 공학적인 교육의 미흡으로 실제 성능 위주 설계에 많은 어려움이 있다. 본 논문에서는 외국의 우수한 소방 소프트웨어 프로그램 개발 전문 회사인 SprinkCAD사[5]와의 국내 경쟁력을 가지기 위하여 미국방재협회 NFPA 13 스프링클러 시스템 설계[6]에서 언급하고 있지 않은 공학적 계산법인 additive k factor method 대해서 살펴보고, 추후 한국 소방 화재 안전 기준 NFSC(National Fire Safety Code)을 반영한 국산 active system 설계 소프트웨어 원천 기술 개발을 위한 관련 수식, 데이터 및 계산 사례를 통한 국내 소방 성능 위주 스프링클러 시스템 설계에 도움이 되고자 한다.

## 2. 연구 범위

국내에서는 스프링클러설비에 필요한 수원의 양을 산정할 때 규약 배관방식(pipe schedule method) 방식을 화재안전기준에 의거하여 적용하나, NFPA 13에서는 배관의 마찰손실 등을 고려한 보다 합리적인 수리계산(hydraulic calculation)을 원칙으로 하고 있

다.[6-7] 아래 그림1은 스프링클러 설비의 수리계산 요약 시트가 보여주고 있다. 이는 용도별 분류(occupancy classification)를 통한 소화전(hose streams)을 포함한 총 수원의 양의 수리 계산(hydraulic calculation)을 소방 엔지니어에게 최종 요구하고 있음을 알 수 있다. 이를 국내 성능위주 시장에 도입할 경우, 수학적인 복잡도가 증가함에 따른 소방 엔지니어의 부담이 증가함으로 보다 체계적인 교육과 수월한 알고리즘 및 소프트웨어 개발이 무엇보다도 중요한 시점이라고 할 수 있다.

Hydraulic Calculations

for

ABC Company, employee garage

7499 Franklin Road

Charleston, SC

Contract No. 4001

Date 1-7-08

Design data:

Occupancy classification ORD. GR. 1

Density 0.15 gpm/ft$^2$

Area of application 1500 ft$^2$

Coverage per sprinkler 130 ft$^2$

Special sprinklers ______

No. of sprinklers calculated 12

In-rack demand ______

Hose streams 250 gpm

Total water required 510.4 gpm
including hose streams

Name of contractor ______

Name of designer ______

Address ______

Authority having jurisdiction ______

그림 1. Hydraulic Caculations Summary Sheet[6]

**2.1 용도별 위험 등급 분류 (Occupancy Hazard Classification)**

아래 그림2 는 아래 그림은 수리 계산에 있어서 가장 기본적인 용도별 위험 등급 분류의 흐름도를 나타낸다. 여기서 중요한 사실은 건축물은 일반적으로 용도별 유형에 따라 LH, OH1, OH II, EH I & EH II 로 구체적으로 분류하고 있지만, 저장고 같은 경우는 별도의 Class I, II, III & IV commodities 로 분류함을 상기해야한다. 특히 플라스틱 등과 같은 경우 decision tree를 통한 별도 Group A, B, C 로 나누고 있다.

또한, 유류 등 위험물 및 에어로솔 같은 경우에는 별도 코드 NFPA 30 및 NFPA 30B를 통한 스프링클러 설비를 보다 전문적으로 관리하고 있음을 알 수 있다. 대부분의 국내

소방 전문서적이 이를 간과하고 있어 안타까운 현실 실정이다.

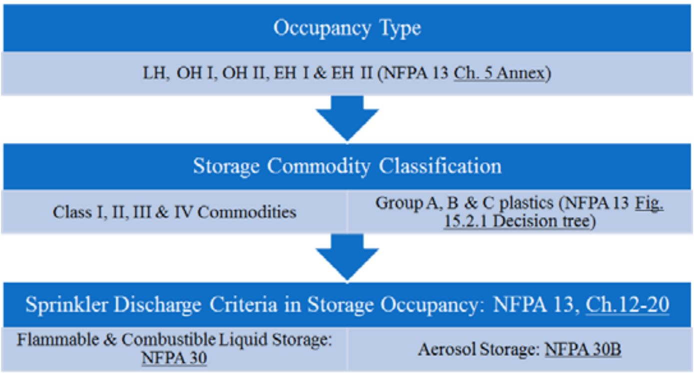


그림 2. 창고(Storage)에서 살수밀도와 면적을 결정 흐름도

### 2.2 Additive k factor method 적용 사례

아래 그림3은 Additive k factor method를 이용하여 보다 원활히 수리 계산 할 수 있음을 보여 주기 위한 간단한 모델을 제안하였다. 이 방법을 통해 차후 수리 계산의 컴퓨터 소프트웨어 알고리즘 개발을 보다 원활히 할 수 있다.

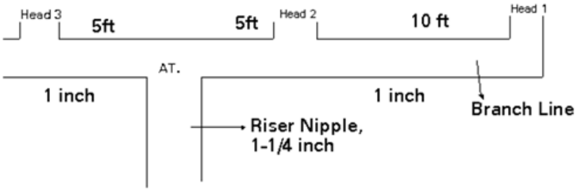


그림 3. 스프링클러설비의 소요 수량을 구하기 위해 사용된 모델

설계 조건은 다음과 같다.

적용 면적: 3000 ft$^2$
요구되는 살수 밀도: 0.2 gpm/ft$^2$
그 외 조건: 100 ft$^2$ /head, k-factor = 5.6

가장 멀리 떨어진 헤드 #1 에서의 설계 유량/압력은 아래와 같이 구할 수 있다.

$Q_1$ = 0.2 gpm/ft$^2$×100 ft$^2$ = 20 gpm/head

$p_1$ = $(20/5.6)^2$ = 12.75 psi (Q = k√p)

헤드 #1과 헤드 #2 사이의 압력은 다음과 같다.

$p_{12}$ = $4.52(20)^{1.85}/(120)^{1.85}(1.049)^{4.87}$ = 0.130 psi/ft

$p_{f12}$ = 0.130 psi/ft×10 ft = 1.3 psi

헤드 #2에서 압력과 유량은 다음과 같이 계산된다.

$p_{tot2}$ = 12.75 + 1.3 = 14.05 psi ; $Q_2$ = 5.6√14.05 = 21 gpm

$Q_{tot2}$ = 20 + 21 = 41 gpm

헤드 #2와 티(tee) 사이의 총 압력은 다음과 같이 계산된다.

$p_{2t}$ = 0.491 psi/ft

$p_{f2t}$ = 0.491 psi/ft×5 ft = 2.45 psi

$p_{tot2t}$ = 14.05 + 2.45 = 16.51 psi

헤드 #1과 헤드 #2 로부터 티(tee)에서 압력은 다음과 같다.
이때, 티(tee)의 1인치 등가 길이는 5ft 이다. [7]

$p_{tee1\&2}$ = 0.491 psi/ft×5 ft = 2.45 psi

헤드 #1과 헤드 #2로부터 라이저(riser)에서 총 압력은 다음과 같다.

$p_{total1\&2}$ = 16.51 + 2.45 = 18.97 psi

헤드 #3에서의 압력은 다음과 같다.

$p_3$ = 12.75 psi; $Q_3$ = 20 gpm

헤드 #3 ~ 티(tee) 사이의 압력은 다음과 같다.

$p_{3t}$ = 0.13 psi/ft

$p_{f3t}$ = 0.13 psi/ft×5 ft = 0.65 psi

$p_{tot3t}$ = 12.75 + 0.65 = 13.4 psi

헤드 #3으로부터 tee 에서의 압력은 다음과 같다.

$p_{tee3}$ = 0.13 psi/ft×5 ft (eq. length) = 0.65 psi

헤드 #3으로부터 입상관(riser)에서 총 압력은 다음과 같다.

$p_{total3}$ = 13.4 + 0.65 = 14.05 psi

Additive k factor method를 사용하면 아래와 같이 식을 풀 수 있다.

$$k_{branch1} = Q_{branch1}/\sqrt{p_{branch1}} = 41/\sqrt{18.97} = 9.41$$
$$k_{branch2} = Q_{branch2}/\sqrt{p_{branch2}} = 20/\sqrt{14.05} = 5.33$$
$$k_{total} = k_{branch1} + k_{branch2} = 9.41 + 5.33 = 14.74$$

입상관(riser)에서 총 유량은 스프링클러 설비의 설계 조건을 만족하기위해서 가장 높은 압력을 사용한다. 두 압력이 같은 지점에서 존재할 수는 없다.

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

## 3. 결 론

성능위주설계에 있어서 아직까지는 국내 실정에 맞는 데이터베이스 부재로 외산 소프트웨어인 화재 시뮬레이션 툴인 FDS 및 피난 시뮬레이션 툴로서는 Simulex 등이 대표적으로 사용되고 있다[3]. 이 논문에서는 대표적인 active system인 스프링클러설비 의 소요수량 설계에 최적화된 additive k factor method을 간단한 적용 사례를 살펴봄으로서 추후 어려운 수리 계산 설계, 그의 효과 검증 및 효율적으로 외산 소프트웨어를 국내 기준에 맞게 적용할 수 있는 안목을 기르는데 목적을 두었다.


## 감사의 글

본 연구는 2010년 일등고시학원 원내 카페(http://cafe.daum.net/fppe2) 연구비 지원 사업으로서, 한국소방 성능위주설계 원천기술 개발의 일환으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 학원에 감사드립니다.


## 참고문헌


1. 정수영, 김태현, “성능위주소방설계를 위한 피난 시간 계산,” 한국화재소방학회, 2010년도 춘계학술논문발표회 논문집, pp. 179~184, 2010년 4월 23일.
2. 이종영, 백옥선, “성능위주소방설계의 법적문제 및 개선 방안,” 한국화재소방학회 논문지, vol.24, no.1, pp. 54~63, 2010년 2월.
3. 박동하, “성능위주설계를 위한 화재감지기배치의 공학적 연구,“ 한국화재소방학회 논문지, vol. 24, no. 1, pp. 15~23, 2010년 2월.
4. 박창복외 6인, “A 호텔 & 카지노 아트리움의 화재 및 피난 시뮬레이션을 통한 성능위주설계 사례 연구,” 한국화재소방학회 논문지, vol. 23, no. 2, pp. 13~19, 2009년 4월.
5. *http://sprinkcad.com*
6. *NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, NFPA, Quincy, MA, 2010
7. Cote. E. "The NFPA Fire Protection Handbook, 20th Edition," NFPA, 2008