

수리계산적용을 위한 스프링클러설비의 화재안전기준 개선방안 연구

이승용 · 강주형* · 이근오**

서울산업대학교 에너지환경대학원 · *(주)운영방재엔지니어링

**서울산업대학교 안전공학과

1. 서 론

1-1 연구의 배경 및 목적

스프링클러설비의 수리계산 적용의 중요성은 정기신(1999)의 “스프링클러 시스템의 가지방식과 격자방식에 관한 비교연구”에서 수리계산을 적용한 격자배관방식이 기존 가지배관방식의 스프링클러설비보다 더 경제적인 것으로 연구됐으며,¹⁾ 송철강(2001)의 “배관망 해석 방법을 이용한 스프링클러 시스템의 수리계산 프로그램 개발”에서 수리계산을 컴퓨터 프로그램으로 손쉽게 계산할 수 있는 국내 프로그램 개발이 시도되어 스프링클러설비의 성능기준 화재안전 설계를 할 수 있는 계기를 마련하였다.²⁾

국내의 화재안전기준을 만족하는 수리계산방식의 설계는 비효율적인 결과가 나오기 때문에 실제 실무에서의 적용은 규약배관방식의 설계가 더 많이 이루어진다. 수리계산방식은 규약배관방식 보다 배관설비를 보다 정확하게 분석할 수 있고 가장 알맞은 배관구경을 선택할 수 있게 한다. 따라서 스프링클러설비의 신뢰도와 효율성을 높이기 위해서는 공학적인 수리계산방식의 도입이 시급하며 NFPA 13의 수리계산방식을 국내 화재안전기준에 도입하기 위해서는 국내 소방법의 모순점을 극복하고 근본적인 문제점을 인식할 필요성이 있다.³⁾

본 연구는 스프링클러설비의 화재안전기준에 수리계산방식의 설계 적용을 위하여 해결되어야 하는 근본적인 문제점을 제시하고자 하며 수리계산방식의 법제화를 위하여 화재안전기준의 개선방안을 제시하는데 그 목적이 있다. 스프링클러설비의 화재안전기준은 성능위주의 소방 설계기준으로 변경되어야 하며 NFPA 13의 기준을 그대로 도입하기보다는 우리 실정에 맞는 수리계산방식의 설계기준이 마련되어 향후 소방발전의 획기적인 전기를 마련했으면 하는 바람이다.

1-2. 연구방법

본 연구는 스프링클러설비의 화재안전기준의 모순점을 알기위해 국내, 일본, NFPA의 스프링클러 설계기준을 조사하였으며 화재안전기준과 비교·검토를 하여 문제점을 제시하였다. 또한 국내 소방 설계업체의 수리계산방식의 설계적용에 대해 설문조사를 실시했으며, 수리계산의 개념을 이해할 수 있도록 수리계산 이론 및 절차를 정리하여 이를 바탕으로 소방대상물의 용도별 모델을 선정하여 수리계산 및 규약배관방식의 설계를 실시하였다. 설계모델의 선정은 국내 건축물을 대상으로 스프링클러헤드 기준개수별로 화재위험용도 분류를 하여 국내 규약배관방식, NFPA 13의 규약배관 및 수리계산 방식의 설계를 하여 그 결과를 비교·검토하였으며 수리계산적용을

위한 화재안전기준의 개선방안을 제시하고자 하였다.

2. 본론

2-1 수리계산 이론 및 절차

컴퓨터 수리계산용 프로그램으로 수리계산을 계산할 경우 사용상에는 편리할 수 있어 도 엔지니어는 수력학의 근본적인 원리를 이해할 수 없어 수리계산 된 결과를 해석할 수 없게 된다. 따라서 수리계산의 근본 원리를 이해하기 위해 수리계산방식의 수계산((手計算)과정을 기술하면 다음과 같다.

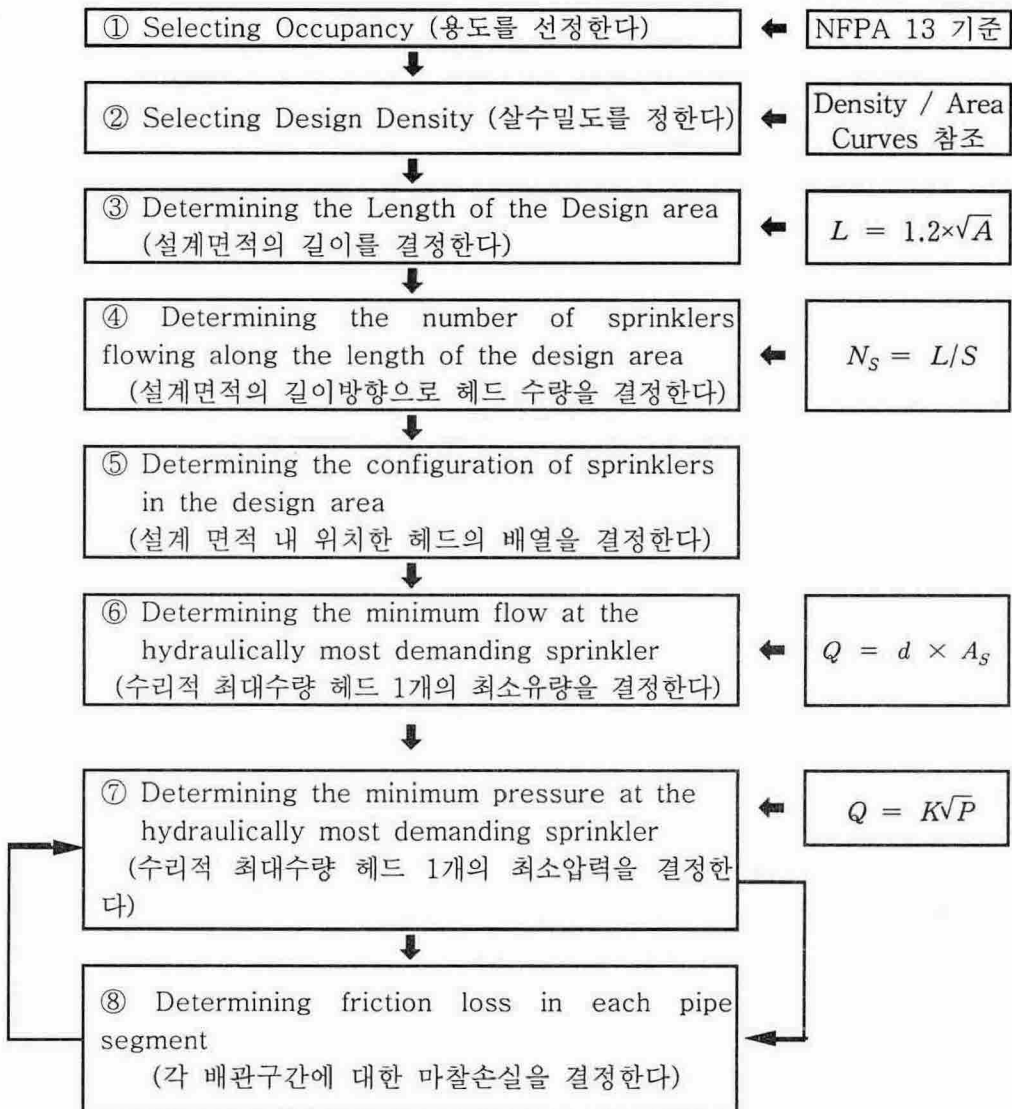


그림 2-1 수리계산 절차

2-2 소방 설계업체 설문조사

2-2-1 설문조사 기간 및 방법

소방설계 전문·일반 업체를 대상으로 설문조사를 2005년 05월 02일부터 2005년 05월 11일까지 실시했으며, 각 해당 업체의 설계경험이 풍부한 담당자 중심으로 답변을 요청하였다. 조사방법은 설문지의 응답조건을 단순화하여 응답자의 응답률을 높일 수 있도록 하였으며 팩스를 이용하여 설문응답을 실시하였다

(1) 수리계산 적용 여부

스프링클러 설계 시 수리계산을 적용하는 경우는 전체 46%, 적용하지 않는 경우는 54%로 나타났으며 수리계산을 적용하는 업체 중 전문 업체는 52%, 일반 업체는 30%가 수리계산을 설계에 적용하는 것으로 나타났다.

(2) 소방설 계업 경력기간

소방 설계 연수(年數)에 대한 질문 중 1년 미만의 응답은 없었으며, ① 1년 이상~3년 미만, ② 3년 이상~5년 미만, ③ 5년 이상~10년 미만, ④ 10년 이상의 질문에서 수리계산을 적용하는 10년 이상인 업체는 44%, 미적용 업체는 47%로 조사되었다

(3) 소방 설계업체 설계인원

소방설계업체의 설계인원에 대한 질문 중 ① 3명 미만, ② 3명 이상~10명 미만, ③ 10명 이상~30명 미만, ④ 30명 이상 중에서 수리계산을 적용하는 업체는 44%, 적용하지 않는 업체 79%는 설계인원이 3명~10명 미만으로 아직까지 소방 설계업은 소규모 기업체로 나타났다.

(4) 스프링클러 설계 적용 기준

수리계산을 적용하는 경우와 적용하지 않는 경우의 공통된 질문인 스프링클러 설계 적용기준에 대해서 ① NFPA 13 기준, ② 화재안전기준, ③ 화재보험협회기준, ④ 3가지 기준 병행의 답변 중 수리계산을 적용하는 업체 56%는 3가지 기준을 상황에 따라 적용하고 화재안전기준의 적용은 적용업체 44%, 미적용 업체 74%로 응답을 하여 대부분의 업체가 설계 시 화재안전기준을 적용함을 알 수 있었다.

(5) 스프링클러 설 계시 부속류 데이터 적용

스프링클러 설계 시 관 부속 및 밸브류의 상당 직관장 데이터 적용에 관하여 ① NFPA 13 테이블, ② 일본 소방청 고시 테이블, ③ 유럽 기타 테이블, ④ 기타 마찰손실 테이블의 질문 중 수리계산을 적용하는 업체는 기타 마찰손실 테이블 사용이 44%, 미적용 업체는 58%가 일본 소방청 고시된 테이블을 사용하는 것으로 나타나 우리나라 실정과 비슷한 일본의 자료를 사용하는 것으로 조사되었으며 국내의 실정에 맞는 데이터 통일이 필요하다.

2-3 설계기준 비교 및 화재안전기준 문제점

2-3-1 스프링클러 설계기준 비교

국내와 일본의 스프링클러 설치대상 기준은 서로 유사한 부분이 많으며 건물용도, 층

수, 면적 등을 고려하여 결정한다. 하지만 NFPA 13의 경우는 원칙적으로 용도나 규모에 상관없이 건물전체에 스프링클러설비의 설치를 권장한다.

국내, 일본, NFPA 13의 기준에서 요구하는 스프링클러 설치 대상은 최소한의 필요사항을 규정하고 있으며, 국내의 규정은 스프링클러설비가 적용될 경우 방화구획 등의 건축물의 구조와 상관없이 해당구역 전체가 적용되지만, 일본과 NFPA 13의 규정에서는 건축물 자체의 구조가 내화구조, 방화구획 등 실별로 구획된 경우는 스프링클러설비를 제외할 수 있는 규정이 있다.

2-3-2 화재위험용도 구분 비교

국내와 일본의 스프링클러 설치대상 기준은 서로 유사한 부분이 많으며 건물용도, 층수, 면적 등을 고려하여 결정한다. 하지만 NFPA 13의 경우는 원칙적으로 용도나 규모에 상관없이 건물전체에 스프링클러설비의 설치를 권장한다.

국내, 일본, NFPA 13의 기준에서 요구하는 스프링클러 설치 대상은 최소한의 필요사항을 규정하고 있으며, 국내의 규정은 스프링클러설비가 적용될 경우 방화구획 등의 건축물의 구조와 상관없이 해당구역 전체가 적용되지만, 일본과 NFPA 13의 규정에서는 건축물 자체의 구조가 내화구조, 방화구획 등 실별로 구획된 경우는 스프링클러설비를 제외할 수 있는 규정이 있다.

2-3-3 스프링클러설비의 방수량 및 지속시간 비교

국내와 일본의 스프링클러 설치대상 기준은 서로 유사한 부분이 많으며 건물용도, 층수, 면적 등을 고려하여 결정한다. 하지만 NFPA 13의 경우는 원칙적으로 용도나 규모에 상관없이 건물전체에 스프링클러설비의 설치를 권장한다.

국내, 일본, NFPA 13의 기준에서 요구하는 스프링클러 설치 대상은 최소한의 필요사항을 규정하고 있으며, 국내의 규정은 스프링클러설비가 적용될 경우 방화구획 등의 건축물의 구조와 상관없이 해당구역 전체가 적용되지만, 일본과 NFPA 13의 규정에서는 건축물 자체의 구조가 내화구조, 방화구획 등 실별로 구획된 경우는 스프링클러설비를 제외할 수 있는 규정이 있다.

2-3-4 스프링클러 살수밀도 비교

살수밀도는 화세를 제어하기 위하여 단위면적당, 시간당 방수되는 물의 양을 말하며 단위는 $l\text{ pm}/\text{m}^2$ 이며 mm/min 으로 나타낼 수 있다. 또한 살수밀도는 화재 위험용도 분류 후 살수밀도/방호면적 곡선에서 위험용도별로 정해진다.

국내와 일본의 경우 살수밀도의 기준은 없으나 헤드 1개당 방수량 $80\text{ l}/\text{min}$ 을 기준으로 헤드의 수평거리를 고려한 방호면적을 구한 후 살수밀도를 구할 수 있다. (헤드 1개당 방수량 \div 헤드 당 방호면적)

국내와 일본의 경우 낮은 화재위험용도에서 높은 살수밀도를 요구하기도 하지만 그 반대

의 경우도 발생한다.

2-3-5 스프링클러 작동면적 비교

작동면적이란 최대한 연소 확대를 저지할 수 있는 범위를 정한 값으로 작동면적내의 스프링클러헤드 감열이 예상되는 최대 헤드개수라 정의할 수 있다. 국내 및 일본의 경우 작동면적의 규정은 없으나 헤드 기준개수에 따른 유량에 살수밀도를 나눈 값으로 나타낼 수 있으며 NFPA 13 기준은 살수밀도/방호면적 곡선에서 위험등급별로 작동면적이 제시된다.

NFPA 13의 작동면적이 대부분 더 큰 면적을 나타내며 국내기준은 같은 건물일지라도 헤드 기준개수에 따라 상이한 작동면적을 보여준다.

2-4 스프링클러 설계방식의 비교

위험용도구분은 국내 소방법상의 특정소방대상물로 구분했으며 스프링클러설비의 헤드 기준개수에 따라 국내의 규약배관방식, NFPA 13의 규약배관방식 및 수리계산방식으로 직접 설계한 후 결과를 비교했다. 소화펌프는 선정하지 않으며 스프링클러설비는 전체 건물에 모두 설치되는 것으로 하였다. 다음의 표2-1 은 소방대상물의 일반조건이다.

표 2-1 General Condition of Fire Fighting Property

| 구 분 | Case "1" | Case "2" | Case "3" |
|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 건축물의 용도 | 주차용 건축물 | 기계공장 | 일반 업무시설 |
| 층 수 | 지하 1층 / 4층 | 지하 1층 / 3층 | 지하 1층 / 11층 |
| 구 조 | 내화구조 | 내화구조 | 내화구조 |
| 층별 바닥면적 | 500 m ² | 1,000 m ² | 600 m ² |
| 층별 높이 | 3.5 m | 5 m | 3 m |
| 소화펌프 위치 | 지하 1층 | 지하 1층 | 지하 1층 |
| 스프링클러 헤드 기준개수 | 10 개 | 20 개 | 30 개 |
| NFPA 13의 위험용도 분류 | 중급위험 1 | 중급위험 2 | 경급위험 |

3. 결 론

같은 용도의 건축물을 규약배관방식 및 수리계산방식으로 설계한 결과 국내의 규약배관방식은 많은 요구수량이 필요하지만 수리계산방식은 적은 요구수량의 결과가 나타났으며 그 반대의 결과도 나타났다. 이는 소방법령의 화재위험용도 구분이 NFPA 13의 경우와 상이하기 때문에 나타나는 결과로 화재안전기준의 근본적인 변경이 필요하며 공학적 근거에 의해 효율적인 스프링클러설계를 하기위해서 화재안전기준은 다음과 같은 개선이 필요하다.

- (1) 스프링클러 설치기준은 건물별 대상기준에서 화재구역별 위험용도 구분으로 적용되어야 한다. 건물규모에 따라 스프링클러의 요구수량을 결정하는 것은 같은 용도의 다른 건물에서는 더 많은 수원량을 요구하거나 아니면 더 적은 경우가 발생하게 되며 화재진압을 위한 적절한 스프링클러 설계를 할 수 없게 된다.
- (2) 스프링클러설비의 수원을 수조에 의한 공급방식에서 시수 등의 다양한 급수원의 선택으로 변경되어야 한다. 소방법상 소화수원은 20분간 사용할 수 있는 용량을 확보하여야 하나 스프링클러헤드가 동시에 개방될 경우 필요한 방수량이 부족하게 된다. 하지만 시수를 이용할 경우 수원의 공급은 지속적으로 가능하며 펌프 설치 등의 부대설비 비용이 절감된다.
- (3) 밸브 및 부속품의 등가배관길이에 대한 데이터의 확보가 필요하다. 국내 실정에 맞는 데이터가 없기 때문에 일본과 미국의 기준을 사용할 수밖에 없으며 국내에서 생산되는 부속과 배관의 규격이 상이하기 때문에 소방 설계업체별로 스프링클러 계산 시 다른 결과가 나와 설비의 신뢰도를 떨어뜨리게 된다.
- (4) 스프링클러헤드의 기준개수는 작동면적 개념으로 변경되어야 한다. 10개, 20개, 30개의 헤드 기준개수는 화재 발생 시 화세제어가 가능한 범위를 나타내며, 같은 용도의 화재예상구역이지만 건물의 규모에 따라 기준개수가 다르게 적용되며 이때 동일한 위험용도일지라도 방호하는 면적이 틀려져 화재제어 부분을 정확히 판단하기가 어렵다.
- (5) 스프링클러헤드의 수평거리는 살수밀도의 기준으로 변경되어야 한다. 국내 기준의 헤드 방사량은 80 l pm으로 정해져 있어 헤드 수평거리에 따른 살수밀도로 나타낼 수 있지만 NFPA 13에서는 헤드배치간격의 변동 없이 방사압력을 조정하여 살수밀도를 다양하게 적용할 수 있기 때문이다.
- (6) 화재안전기준의 규약배관 설계방식을 지양(止揚)하고 수리계산방식의 설계도입이 필요하다. 규약배관방식은 이미 예측된 공학적 계산결과를 근거로 하기 때문에 사용상에 편리함을 주지만 예측결과에 대한 신뢰도가 낮아 NFPA의 경우도 낮은 용도의 소규모 건물에만 적용을 한다. 수리계산방식은 설비의 신뢰도를 증가시키고 투자비용은 절감할 수 있는 공학적 설계방법이기 때문이다.

참고문헌

- 1) 정기신, “스프링클러시스템의 가지방식과 격자방식에 관한 비교연구”, 서울산업대 산업대학원 석사학위논문, 1999.
- 2) 송철강, “배관망 해석방법을 이용한 스프링클러시스템의 수리계산 프로그램 개발”, 서울산업대 산업대학원 석사학위논문, 2001.
- 3) 이수경, “성능기준 소방안전설계의 세계적 추세와 국내도입에 관한 고찰”, 소방기술자료집 제4집, 한국소방안전협회, pp. 489~500, 2000.

- 4) 김병효편저, “소방설비 편람”, 기문당, pp. 43~61, 1996
- 5) Christian Dubay, “Automatic Sprinkler Systems Handbook”, Ninth Edition, NFPA, pp. 911~928, 2002.
- 6) 消防關聯法令集 “소방시설설치유지및안전관리에관한법률시행령”, 德有, 2004
- 7) 消防關聯法令集 “스프링클러설비의 화재안전기준”, 德有, 2004.
- 8) 注解 消防關係法規集, “消防法施行令”, 近代消防社, 日本, 2002.
- 9) オーム社・編, “圖解 消防設備等關係法規早わかり” 改訂8 版, オーム社, pp. 134~172, 2001.