

스프링클러설비 소화성능 향상을 위한 NFSC 103 살수장애 방지기준 개선 방안에 관한 연구

A Study on Improvement of Discharge Obstruction Prevention Standard for Sprinkler Head on NFSC 103

김성현^{1*} · 이승수²

Sunghyun Kim^{1*}, Sungsu Lee²

¹Ph. D Candidate, Department of Disaster Prevention Engineering, Chungbuk National University, Cheong-ju, Republic of Korea

²Professor, Department of Civil Engineering, Chungbuk National University, Cheong-ju, Republic of Korea

*Corresponding author: Sunghyun Kim, sean3536@chungbuk.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: This study aims to draw the problems and improvements of NFSC 103 sprinkler head discharge obstruction prevention standard to increase the fire extinguishing performance of sprinkler system in order to contribute to the protection of people's lives and property in the event of a fire. **Method:** NFSC 103 was compared to NFPA 13 which is the latest 2019 version in U.S in terms of sprinkler head discharge obstruction prevention. **Results:** This study found that NFSC 103 doesn't define even the basic concept of sprinkler discharge obstruction. And NFSC 103 doesn't have detailed standard for side wall sprinkler head discharge obstruction prevention as well as the "height" criteria of the "three times" separation rule. **Conclusion:** NFSC 103 needs a lot of supplements and improvements such as the addition of definition for water discharge obstructions, the adoption of sidewall sprinkler heads standard for preventing water discharge obstructions and the additional establishment of the "three times rule" considering the "height" of obstacles to promote the advance of fire safety standard equal or above fire fighting advanced country and increase the reliability for the suppression performance of sprinkler system.

Keywords: Sprinkler Head, Spray Obstruction, Sprinkler System, NFSC 103, NFPA 13, RDD, ADD

요약

연구목적: 본 연구는 스프링클러설비 소화성능 향상을 위해 국내 NFSC 103 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준의 문제점을 검토하고 이의 개선방안을 도출함으로써 화재 시 국민의 생명과 재산 보호에 기여하는 것을 목적으로 한다. **연구방법:** 국내 NFSC 103 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준의 문제점과 이의 개선방안을 도출하고자 소방선진국인 미국 화재방호협회(NFPA) 최신 스프링클러 설치기준인 2019년판 NFPA 13의 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준을 국내 화재안전기준 NFSC 103과 비교 연구하였다. **연구결과:** 국내 NFSC 103 살수장애 방지 기준은 살수장애 개념조차도 정의되어 있지 않고 있을 뿐만 아니라 측벽형 스프링클러 헤드 살수장애 기준 부재, "3배 이격" 기준의 "높이" 기준 부재 등 다수의 상세기준에서 많은 보완 및 개선이 필요함이 연구결과 확인되었다. **결론:** 국내 NFSC 103 살수장애 방지 기준은 살수장애의 개념적 정의 도입, 측벽형 스프링클러 헤드 살수장애 방지기준 추가, 장애 구조물 사용실태를 고려한 헤드 추가기준 마련, 장애물 "높이"를 고려한 "3배 이격" 거리 기준 보완, 살수패턴을 반영한 살수장애 방지기준 상세화 등의 개선을 통하여 소방선진국과 동등 수준 이상으로의

Received | 8 November, 2019

Revised | 18 November, 2019

Accepted | 19 June, 2020

 OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

화재안전기준 선진화를 도모하고 이를 통하여 스프링클러 설비의 소화성능에 대한 신뢰성을 증진시켜 나가야 한다.

핵심용어: 스프링클러헤드, 살수장애, 스프링클러 설비, 국가화재안전기준 103, NFPA 13, 필요방사밀도, 실제방사밀도

서론

최근 국내외에서 대형 인명 피해를 야기한 김포 요양병원 화재사건, 제천 스포츠센터 화재사건, 밀양 세종병원 화재사건, 영국 그렌펠타워 화재사건 등은 모두 스프링클러설비가 설치되어 있지 않았거나 설치되었다 하더라도 제대로 작동하지 않아 스프링클러설비 본래의 기능을 수행하지 못하여 화재가 확대되어 발생한 대형 참사임이 조사결과 밝혀졌다¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾. 이와 같은 대형 화재가 발생하지 않도록 일차적으로 화재발생원을 관리하는 것이 무엇보다도 중요하며 근본적인 대책이라 할 수 있으나, 다양한 원인에 의해 발생하는 화재발생원을 화재 발생 전부터 통제하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 화재방호 관점에서 화재가 발생한 경우 이에 대한 조기 감지 및 조기 진압을 통하여 화재가 더 이상 확대되지 않고 초기에 진압 될 수 있도록 함으로서 인명 및 재산피해를 최소화하는 전략이 강조될 수밖에 없다.

스프링클러설비는 인체에 무해하고 쉽게 구할 수 있는 물을 기본으로 물의 특성인 높은 기화열과 비열을 이용하여 화재 초기에 화재를 제어하고 진압하여 화재로 인한 인명안전 및 재산보호를 목적으로 사용되고 있는 가장 높은 신뢰성을 가진 대표적인 수계소화설비이다. 하지만 아무리 신뢰성이 높은 설비라 하더라도 최종적으로 물이 분사되는 스프링클러헤드 주변에 구조적인 장애물이 존재하여 스프링클러헤드로부터 분사되어야 할 소화수가 화원 및 주변에 제대로 분사되지 못하고 본래의 성능을 발휘할 수 없다면 의도된 화재 제어 및 진압은 불가능하게 되어 결국 인명 및 재산 피해가 확대 될 수밖에 없다.

이와 같은 스프링클러헤드 주변 장애물 영향의 중요성으로 인하여 스프링클러헤드로부터 분사되는 소화수의 살수장애 방지를 위해 해외에서는 장애물이 주변에 위치해 있는 스프링클러헤드에 대한 설치기준을 상세히 규정하여 장애물로 인한 살수장애를 방지하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 뿐만 아니라 소방선진국인 미국의 화재방호협회(National Fire Protection Association: NFPA)는 스프링클러헤드 살수장애 방지를 위한 연구를 수년간 수행하면서 관련 규정을 개정 및 보완하고 이의 적정성을 계속해서 연구하고 있다(Floyd et al., 2010; Palenske et al., 2014; Chatterjee et al., 2017).

국내는 화재안전기준(National Fire Safety Code: NFSC) 103, 103A, 103B에서 각각 표준형 스프링클러헤드, 간이 스프링클러헤드, 화재조기진압용 스프링클러헤드에 대한 살수장애 방지 기준을 규정하고 있으나, 국내 화재안전기준에서 규정하고 있는 살수장애 방지 기준의 일부는 일본 규정을 가져오고 일부는 미국 기준을 준용하면서 기준이 일관되지 않고, 또한 해외기준의 일부분만을 부분적으로 준용하면서 살수장애에 대한 성능기준에 입각한 명확한 기준이 일관성 있게 규정되어 있지 않아 현장에서는 많은 혼란이 야기되고 있으며 실제로 아파트 입주자와 건설사간에 법정소송에 이른 사례도 있다⁷⁾. 그럼에도 국내의 경우 소방선진국인 미국과 달리 살수장애 방지를 위한 국내화재안전기준이 적정한지에 대한 연구조차 현재

- 1) “49명 사상 김포요양병원 화재...스프링클러 작동 안해”, 『연합뉴스』, 2019년 9월 24일.
- 2) ““제천 화재참사 건물 전층 스프링클러 미작동”...인재 의혹 커져”, 『충청투데이』, 2017년 12월 22일.
- 3) ““세종병원 화재, 밀양 전체가 슬픔에 빠졌다”, 『아시아뉴스통신』, 2018년 1월 29일.
- 4) “밀양 세종병원 화재 왜 스프링클러 없었나?”, 『경남신문』, 2018년 1월 26일.
- 5) “스프링클러도 없었던 24층 아파트...런던 대화재 ‘예고된 참사’?”, 『한겨레 신문』, 2017년 6월 15일.
- 6) “英, 그렌펠타워 화재 사망자 71명 최종 확인”, 『뉴시스』, 2017년 11월 16일.
- 7) 사건번호 2011가합4089 부당이익금 반환소송 (2015. 수원지방법원 평택지원)

까지 수행된 적이 없었다.

이에 본 연구는 스프링클러 설비의 소화성능 향상을 위해 국내 화재안전기준 NFSC 103에서 규정하고 있는 표준형 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준에 한정하여 소방선진국인 미국의 최신 스프링클러설비 설치 화재안전기준인 2019년판 NFPA 13과 국내 NFSC 103 기준을 비교 연구하여 국내 NFSC 103 표준형 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준의 문제점을 도출하고 이의 개선방안을 제안하고자 한다.

스프링클러헤드 살수장애 방지에 관한 이론적 고찰

스프링클러헤드 살수장애 개념

스프링클러설비는 화재가 발생한 가연물 표면에 직접 물을 분사하여 화재를 진압하고 주변 이차 가연물을 적셔주어 화재 확산을 제한하는 화재 제어 기능을 수행한다. 스프링클러설비가 이러한 기능을 수행하기 위해서는 소화에 필요한 물이 특정한 패턴을 형성하도록 분사되고, 일정한 양의 물이 화재표면에 전달됨으로서 가능해진다. 여기서 전자를 살수패턴이라 하며 후자를 방사밀도라 한다. 방사밀도는 화재 진압에 필요한 실제방사밀도인 ADD (Actual Delivery Density) 와 필요방사밀도인 RDD (Required Delivery Density) 로 구분되며 스프링클러헤드 주변의 장애물은 스프링클러헤드에서 방수되는 물을 화재표면이 아닌 다른 곳으로 다시 반사시키거나 물방울 크기를 작게 변형시킴으로서 화재 진압에 필요한 실제방사밀도인 ADD가 필요방사밀도인 RDD보다 작게 되어 화재 제어나 진압에 실패할 수 있다(Fig. 1). 어떤 물체 혹은 구조체가 Fig. 2와 같이 스프링클러 헤드로부터 방사된 물의 살수패턴이 제대로 형성되지 못하도록 방해하거나 방사밀도를 감소시킬 때 스프링클러헤드가 살수장애에 있다고 정의할 수 있다(Great American Insurance Group, 2006).

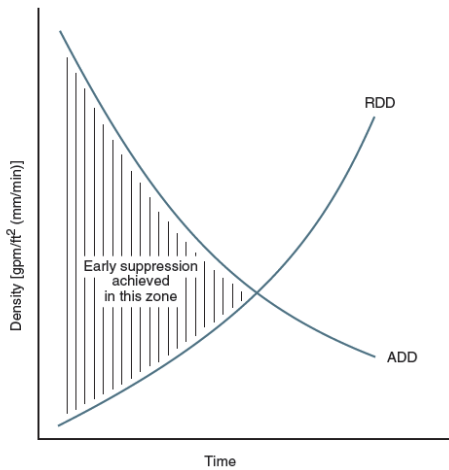


Fig. 1. ADD and RDD relation for fire suppression (Hague et al., 2019)



Fig. 2. Sprinkler head discharge obstruction

스프링클러헤드 살수장애 방지의 중요성

스프링클러헤드 주변의 장애물은 살수패턴 특성을 변형시키거나 스프링클러헤드에서 방수되는 물을 화재표면이 아닌 다

른 곳으로 다시 반사시키거나 물방울 크기에 영향을 주어 방사밀도 감소를 유발함으로써 화재제어나 진압을 지연 또는 실패하게 할 수 있다. 이와 같이 살수장애가 발생하는 경우 화재 시 스프링클러설비의 소화성능 저하를 가져오게 하는 중요 결함인자로 작용함에 따라 스프링클러헤드 주변에 장애물이 존재하지 않도록 설계 및 시공하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나 부득이하게 주변에 덕트, 케이블 트레이, 보 등의 장애물이 존재할 수밖에 없다면 스프링클러헤드로부터 방사되는 소화에 필요한 물의 방사가 방해받지 않도록 조치를 취해야 할 것이다.

미국 화재방호협회(NFPA)가 2017년에 발표한 2010년부터 2014년까지 미국에서 발생한 화재에 대한 스프링클러설비의 실패원인 분석 결과 (Ahrens, 2017)에 따르면 연 평균 483,430건의 화재가 발생하고 해당 화재중 약 10%에 해당하는 49,840건은 화재 당시 스프링클러설비가 설치되어 있었으며, 이들 중 88%는 효과적으로 잘 작동하여 화재를 초기에 제어하였으나, 나머지 12%는 화재 시 스프링클러설비가 설치되어 있었음에도 소화실패로 인하여 초기에 화재를 제어하지 못하고 화재가 확산되었다고 보고하고 있다. 이들 화재 시 스프링클러설비의 실패원인을 살펴보면 Table 1과 같이 스프링클러설비의 급수 차단으로 인한 소화실패가 가장 많은 40%를 차지하고 있으며 다음으로 스프링클러헤드의 살수장애 등으로 인하여 소화수가 화원에 도달하지 못하여 발생한 소화실패가 27%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다. 구체적인 장애물 종류, 장애물의 크기, 장애물과의 이격거리 등은 조사당시에 확보하지 않아 살수장애의 구체적 형태는 알 수 없지만 스프링클러헤드 주변에 설치된 장애물의 존재만으로도 소화실패를 유발하여 화재를 확대시킨 사례들이 상당수 존재함을 알 수 있다.

Table 1. Cause of Sprinkler System Failure

Cause	Ratio (%)
System shut off	40
Water did not reach fire or Not enough water discharged	27
Manual intervention	13
Lack of maintenance	8
System components damaged	7
Inappropriate system for fire type	6
Total	100

NFSC 103 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준의 문제점

NFSC 103 스프링클러헤드 살수장애 방지기준의 문제점과 이들에 대한 개선방안을 도출하기 위해 국내 스프링클러설비 설치 기준인 NFSC 103과 소방선진국인 미국의 최신 스프링클러 설치 화재안전기준인 2019년판 NFPA 13의 스프링클러헤드 살수장애 방지기준을 비교 연구하였다. 연구결과 NFSC 103은 살수장애 정의 부재, 측벽형 헤드 살수장애 기준 추가 필요를 포함하여 Table 2와 같이 살수장애물과의 이격거리 기준에 있어서 다수의 항목들이 개선이 필요한 문제점들로 도출되었다.

Table 2. Comparison of separation distance standard for sprinkler head obstruction prevention between NFSC 103 and NFPA 13

	NFSC 103	NFPA 13
살수장애 방지 이격거리 기준	<ul style="list-style-type: none"> 스프링클러헤드의 살수가 방해되지 않도록 스프링클러헤드로부터 반경 60 cm 이상의 공간을 보유해야함. 단 벽과의 거리는 10 m 이상으로 함 (NFSC 103 제10조 7항 1호) 	<ul style="list-style-type: none"> 스프링클러헤드의 살수를 방해하는 장애물과의 수평 및 수직거리를 14단계로 구분하여 장애물과 스프링클러헤드와의 이격거리를 규정함(NFPA 13 section 10.2.7.1.2)
살수 장애물 아래 헤드 추가설치 기준	<ul style="list-style-type: none"> 폭 1.2 m를 초과하는 덕트, 선반 등 유사한 부분이 있는 경우 그 아래에 스프링클러헤드를 추가 설치해야함(NFSC 103 10조 1항) 배관, 행어 및 조명기구 등 살수를 방해하는 것이 있는 경우에는 그로부터 아래에 설치하여 살수장애가 없도록 해야함 (NFSC 103 제 10조 7항 3호) 	<ul style="list-style-type: none"> 다음과 같이 스프링클러헤드로부터 방수되는 물이 해당 위험에 도달하는 것을 방해하는 장애물 아래에는 스프링클러헤드를 추가 설치해야함.(NFPA 13 section 10.2.7.3) - 스프링클러헤드 반사판 아래로 18 in(450 mm)를 초과하여 떨어져 있는 수평면의 방수를 방해하는 연속 또는 비연속 장애물(NFPA 13 section 10.2.7.3.1) • 폭 4 ft (1.2 m)를 초과하는 덕트, 데크, 개방형 격자 바닥, 절단대, 오버헤드 도어 등 과 같은 고정장애물 (NFPA 13 section 10.2.7.3.2)
3배 이격거리 기준	<ul style="list-style-type: none"> 배관, 행어 및 조명기구 등 살수를 방해하는 것이 있는 경우에는 그로부터 아래에 설치하여 살수장애가 없도록 해야 하지만 스프링클러헤드와 장애물과의 이격거리를 장애물 폭의 3배 이상 확보한 경우는 설치하지 않아도 됨. (NFSC 103 제 10조 7항 3호) 	<ul style="list-style-type: none"> 스프링클러헤드가 장애물로부터 유효한 이격거리를 만족할 수 없을 때 장애물 중 구조부재, 배관, 기둥, 고정물이 최대치수(폭과 높이 중 최대치수)의 최소한 3배 이상 거리에 설치되어 있는 경우 스프링클러헤드를 추가 설치하지 않아도 됨. 이때 필요한 최대 유효거리는 24 in (600 mm) 임. (NFPA 13 section 10.2.7.2.1.3)
보와의 이격거리 기준	<ul style="list-style-type: none"> 깊이가 55 cm 이내 인 보와 가까운 스프링클러헤드는 다음과 같이 설치하여야 하며, 보의 깊이가 55 cm 를 초과하는 경우에 보의 하단 측면 끝부분으로부터 스프링클러헤드까지의 거리가 스프링클러헤드 상호간 거리의 1/2 이하일 때는 스프링클러헤드와 그 부착 면과의 거리를 55 cm 이하로 할 수 있음. (NFSC 103 제 10조 8항) - 0.75 m 미만: 보의 하단보다 낮게 설치 - 0.75 m 이상 1 m 미만: 0.1 m 미만일 것 - 1 m 이상 1.5 m 미만: 0.15 m 미만일 것 - 1.5 m 이상 :0.3 m 미만일 것 	<ul style="list-style-type: none"> 보의 경우에만 적용되는 별도의 기준은 없으며 보를 포함한 모든 장애물과의 수평 및 수직거리를 14 단계로 구분한 살수장애 방지 이격거리 기준이 적용됨.(NFPA 13 section 10.2.7.1.2)
적재물 기준	<ul style="list-style-type: none"> 별도의 기준이 마련되어 있지 않으며 제10조 7항 1호 살수장애 방지 이격거리 기준에 준하여 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 적재물 상단과 스프링클러헤드 반사판은 18 in(450 mm) 이상 이격 시켜야 함. (NFPA 13 section 10.2.8.1)

살수장애 용어 정의 부재

소방선진국인 미국의 스프링클러설비에 대한 화재안전기준 NFPA 13은 “열 기류나 방수를 방해하여 스프링클러헤드의 화재 제어 또는 진압 능력에 중대한 영향을 주는 것”을 살수장애로 명확히 정의하고 있다. 그러나 국내 스프링클러설비 화재 안전기준은 살수장애에 대한 명확한 정의가 수립되어 있지 않다. 스프링클러헤드에 대한 살수장애가 무엇인지에 대한 명확한 정의가 수립되어 있지 않은 상태에서 이를 방지하는 기준을 마련한다는 것은 모순된다.

측벽형 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준 미흡

미국 스프링클러설비관련 화재안전기준 NFPA 13은 스프링클러헤드 설치 방향에 따라 상향형 및 하향형 스프링클러헤드와 측벽형 스프링클러헤드를 분리 구분하여 각 설치 방향별로 다양한 스프링클러헤드에 대해 상세한 살수장애 방지기준을 규정하고 있다. 그러나 국내 스프링클러헤드 살수장애 방지기준은 측벽형 스프링클러헤드에 대한 별도의 기준이 수립되어 있지 않다. 상향형 스프링클러헤드와 하향형 스프링클러헤드는 살수패턴이 유사하지만 측벽형 스프링클러헤드의 살수패턴은 이들과 다르다. 그럼에도 불구하고 현행 화재안전기준 NFSC 103은 상향형 및 하향형 스프링클러헤드에 대한 살수장애 방지기준만을 규정하고 있을 뿐 살수패턴이 다른 측벽형 스프링클러헤드에 대한 살수장애 방지기준이 없어 이의 명확한 기준 마련이 필요하다.

장애물 아래 헤드 추가 설치 상세 기준 필요

국내 화재안전기준 NFSC 103 제10조 1항은 1.2 m 이상의 폭을 가진 폭넓은 덕트, 선반 등과 유사한 장애물이 있는 경우에는 그 아래에 스프링클러헤드를 추가로 설치하도록 규정하고 있다. 이것은 NFPA 13의 폭 넓은 장애물 규정(Wide Obstruction Rule)을 준용한 것으로 스프링클러헤드로부터 방수되는 물이 해당 위험에 도달하는 것을 방해하는 장애물에 적용되는 규정이다. 그러나 국내 기준은 덕트, 선반 등과 같이 막혀있는 구조물만을 장애물로 규정하고 있어 폭이 1.2 m를 초과하는 개방형 격자바닥과 같이 개방형 구조물도 살수장애물로 규정하여 장애물 아래에 스프링클러헤드를 추가할 것을 규정하고 있는 NFPA 13과 차이가 있다. 즉 NFPA 13은 개방형 격자바닥이 종종 적재물이나 덮개 등으로 덮여서 천정 부근의 스프링클러헤드에 장애물로 작용함에 따라 이에 대해서도 엄격한 살수장애 방지 이격거리기준을 적용하고 있다. 이와 같이 국내 화재안전기준 NFSC 103은 1.2 m를 초과하는 폭넓은 개방형 격자바닥 구조물 등에 대한 스프링클러헤드 추가 설치 등의 기준이 없어 일반적인 사용 과정에서 덮개 등으로 인한 살수장애 유발 구조물로 작용할 수 있는 경우, 화재 시 주변 장애물로 인하여 살수장애가 있더라도 추가로 헤드를 설치하도록 함으로서 해당 위험을 충분히 방호할 수 있도록 하는 스프링클러헤드의 추가 설치 기준의 기본 목적을 달성하도록 하는 데에 한계가 발생하고 있다.

3배 이격거리 “높이” 기준 부재

NFSC 103 제 10조 7항 3호는 스프링클러헤드가 장애물 폭의 3배의 거리에 이격되어 있는 경우 스프링클러헤드가 살수장애에 놓여 있는 것으로 간주하지 않는 단서 조항으로서 살수장애물 적용에 대한 면제 조항이다. 그러나 폭보다 높이가 더 큰 살수장애물의 경우 장애물의 폭만을 기준으로 3배 이격거리를 만족시켰다 하더라도 스프링클러헤드로부터 방사된 소화수가 장애물에 막혀 원활하게 화원 및 그 주변으로 방사되지 못할 것이다. 이러한 이유로 국내 기준이 준용하고 있는 NFPA 13은 NFSC 103과 달리 장애물의 “폭”이 아닌 장애물의 “최대치수(maximum dimension of the obstructions)”을 기준으로 3배의 이격거리 규정을 정하고 있다. 이와 같이 국내 화재안전기준 NFSC 103은 장애물의 “폭”만을 기준으로 3배 이격거리 기준을 규정하고 있어 “폭”보다 “높이”가 더 큰 장애물의 경우 NFPA 13에서의 3배 규정 제정 의도와 달리 장애물 하부에서 장애물 반대측 바닥에 충분한 살수밀도를 유지할 수 없는 문제점을 가지고 있다.

보와의 이격거리 기준 중 헤드 개방 지연 유발 가능

국내 화재안전기준 NFSC 103 제 10조 8항의 “보와의 이격거리 기준”은 NFPA 13의 “살수장애 방지를 위한 표준형 분무식 상향형 및 하향형 스프링클러헤드 이격거리 기준”을 준용한 것으로 NFPA 13은 보에만 적용되는 별도의 규정은 없으나 14단계로 상세히 구분된 보를 포함한 장애물과 스프링클러헤드와의 수평거리별로 최대 허용 수직거리를 규정하고 있다. 특히 NFPA 13은 스프링클러헤드와 보의 수평거리가 0.3 m 미만이면 살수장애를 최소화시키기 위해 스프링클러헤드 디플렉터를 보의 하단 끝과 같은 높이에 설치하도록 규정하고 있고, 보와 스프링클러헤드와의 수평 거리가 0.3 m를 초과한 경우에는 스프링클러헤드 디플렉터를 보의 하단보다 높이 설치하도록 하고 있다. 즉 보의 하단과 디플렉터와의 수평거리가 0.3 m~0.45 m 인 경우는 보의 하단과 디플렉터와의 최대 허용 수직거리를 0.065 m, 0.45 m~0.6 m인 경우는 0.09 m 그리고 0.6 m~0.75 m 인 경우는 1.4 m로 보의 하단과 디플렉터와의 최대 허용 수직거리를 규정하고 있다. 그러나 국내 화재안전기준 NFSC 103은 깊이가 0.55 m 이하인 보와 스프링클러헤드와의 거리가 0.75 m 미만이면 스프링클러헤드 디플렉터를 보의 하단 끝보다 아래에 설치하도록 규정하고 있어 집열시간 지연으로 인하여 스프링클러헤드 개방을 지연시킬 수 있는 문제가 있다.

살수장애 방지 상세 이격거리 기준 미흡

국내 화재안전기준 NFSC 103 제10조 7항 1호의 스프링클러헤드 주변 장애물과의 이격거리 기준은 보에 적용되는 별도의 기준을 제외하고 반경 60 cm 이내에 장애물이 없도록 규정하고 있으며 60 cm 이내에 장애물이 있더라도 장애물 폭의 3배 이상 이격시킨다면 살수장애로 규정하고 있지 않다. 하지만 이러한 규정은 스프링클러헤드로부터 방사되는 살수패턴을 고려하지 않고 단순화한 규정으로서 스프링클러헤드의 살수패턴을 고려하여 14단계의 계단식 수평거리별 장애물과의 수직거리를 상세히 규정하고 있는 NFPA 13 과 차이가 있다. 그러나 국내 화재안전기준 NFSC 103은 단순히 장애물과의 허용 이격거리 기준을 60 cm로 단일화하여 규정하고 있어 장애물이 이격거리 기준밖에 있다 하더라도 수평 및 수직거리에 따라 살수패턴 곡선상에서 스프링클러헤드 살수장애를 유발할 가능성이 있는 문제점이 있다.

NFSC 103 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준 개선방안

미국 NFPA 13과 국내 NFSC 103의 스프링클러헤드 살수장애 방지기준의 비교 연구를 통해 도출된 문제점들에 대하여 다음과 같은 개선방안을 제안하고자 한다.

살수장애 관련 용어의 명확한 개념적 정의 도입

살수장애 용어에 대한 명확한 개념적 정의는 해당 용어가 가지고 있는 정확한 의미를 전달함으로써 그 의미 사용 및 관련 규정 적용 시 착오와 분쟁의 소지를 줄이고 화재안전기준에서 정하지 못한 살수장애 유발 상황에서 화재안전기준 위반 여부를 떠나 화재 시 인명 및 재산 보호를 위해 살수장애 방지 조치 필요여부를 판단할 수 있도록 하는 살수장애 방지 기준의 포괄적 최상위 규정이라 할 수 있다.

따라서 NFSC 103의 “제 3조(정의)” 조항에 공학적 근거와 NFPA 13을 기반으로 살수장애에 대한 개념적 정의를 추가함으로써 살수장애 여부 판단의 포괄적 기준으로서의 역할을 할 수 있도록 보완 하여 용어 정의 부재로 인한 문제를 개선하도록 하여야 한다.

측벽형 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준 추가

측벽형 스프링클러헤드는 천정 상부에 스프링클러헤드를 설치하기 어려운 장소에 적합하며 주로 방화 셔터 부분, 기계실 주차장, 호텔 객실, 에스컬레이터 주변 등에 설치되고 있다. 그러나 국내 NFSC 103은 측벽형 스프링클러헤드에 대한 기준이 전혀 수립되어 있지 않은 문제가 있다.

따라서 측벽형 스프링클러헤드 고유의 살수패턴을 고려하여 이를 기반으로 측벽형 스프링클러헤드에 대한 살수장애 방지기준을 추가로 마련함으로써 화재안전기준 적용시 측벽형 스프링클러헤드 살수장애 방지기준 부재에 따른 혼란을 줄이고 소방선진국인 미국 NFPA 13과 동등한 국제적 수준의 좀 더 체계화된 국가 화재안전기준으로 재정립될 수 있을 것이다.

장애구조물의 사용 실태를 고려한 헤드 추가 기준 마련

미국 NFPA 13의 폭 넓은 장애물 규정(Wide Obstruction Rule)을 준용한 국내 화재안전기준 NFSC 103의 1.2 m 이상의 폭을 가진 폭넓은 덕트, 선반등과 유사한 장애물이 있는 경우 그 아래에 스프링클러헤드를 추가로 설치하도록 한 규정은 스프링클러헤드 아래에 일정폭 이상의 장애물이 있더라도 그 아래에 추가로 헤드를 설치하여 방수된 소화수가 화원에 도달하지 못하는 경우가 없도록 하기 위한 규정이다. 그러나 국내 NFSC 103 규정은 설치 당시에 덕트등과 유사하게 막혀 있는 구조만을 대상으로 하고 있어 초기에 주변장애물이 막혀 있지 않은 구조인 경우 살수장애 방지 조치를 별도로 취할 법적 명분을 제시하고 있지 못하고 있다. 이것은 NFSC 103이 준용하고 있는 NFPA 13의 해당 기준 제정 기본 취지를 이해하지 않고 단순히 관련 기준의 일부만을 준용함으로써 유발된 문제인 것으로 판단된다.

따라서 스프링클러헤드 주변 장애물이 초기에는 개방되어 있는 구조이지만 일반적인 사용 과정에서 물건 적재 혹은 덮개 사용 등으로 막힌 구조가 될 가능성이 큰 개방형 격자 구조와 같은 장애물의 경우 이들의 사용실태를 고려하여 스프링클러헤드 설치 당시에 그 아래에 추가로 설치하도록 보완된 기준을 마련함으로써 소방선진국인 미국 NFPA 13과 동등한 국제적 수준의 국내 화재안전기준을 확보하고 또한 해당 장애물이 존재하는 구조물에서의 화재 발생 시 인명 및 재산 보호에 더욱 기여 할 수 있을 것이다.

장애물 폭과 높이를 고려한 “3배 이격거리 기준” 보완

스프링클러헤드가 장애물 폭의 3배의 거리에 이격되어 있는 경우 스프링클러헤드가 살수장애에 놓여 있는 것으로 간주하지 않는 국내 화재안전기준 NFSC 103의 3배 이격거리 규정은 Fig. 1과 같이 장애물의 “최대치수(maximum dimension of the obstructions)”를 기준으로 3배 이격거리 기준을 규정하고 있는 미국 NFPA 13의 “3배 규정(Three times rule)”을 준용한 것이다. NFPA 13에서 3배 규정을 도입한 의도는 장애물 반대측면에 물이 닿지 않는 곳이 없이 스프링클러헤드에서 방수된 물이 장애물의 양면을 모두 적시고 장애물 하부에는 장애물 반대측 바닥을 적절히 방호할 수 있을 정도의 충분한 양이 방수될 것으로 예상되는 장애물에 적용하고자 하는 것으로서 장애물의 폭뿐만 아니라 높이도 고려하여 3배 이격거리 기준을 적용한 것이다.

따라서 NFPA 13의 동일 규정을 준용한 국내화재안전기준 NFSC 103은 본 규정의 본래 의도에 맞게 장애물의 “폭”뿐만 아니라 “높이”도 고려한 “최대치수” 기준의 3배 이격거리 기준으로 보완 및 개선이 필요하다.

헤드 최적 개방시간을 고려한 “보와의 이격거리 기준” 정비

국내 화재안전기준 NFSC 103의 “보와의 이격거리 기준”은 4단계로 구분되어 있으나 국내 기준이 준용하고 있는 NFPA 13은 이와 달리 14단계의 더욱 상세화된 보와의 이격거리 기준을 규정하고 있다. 특히 보의 깊이가 0.55 m 이하인 경우 스프링클러헤드와의 거리가 0.75 m 미만이면 스프링클러헤드 디플렉터를 보의 하단 끝보다 아래에 설치하도록 규정하고 있는 국내 기준은 NFPA 13 과 기준이 다르다. 즉 NFPA 13은 보와 스프링클러헤드와의 수평 거리가 0.3 m ~ 0.75 m 인 경우 스프링클러헤드 디플렉터를 국내 기준과 다르게 보의 하단보다 높이, 즉 보의 하단과 디플렉터와의 수직거리가 0.065 m ~ 0.19 m 인 하단으로부터의 위로 스프링클러헤드 디플렉터를 설치하도록 규정하고 있어 보의 하단 보다 아래에 설치하도록 규정하고 있는 국내 기준과 차이가 있다. 국내 NFSC 103은 스프링클러헤드에 근접하여 보가 위치하여 살수장애가 예상되는 경우 집열시간이 다소 지연되더라도 살수장애 영향을 최소화시키려는 의도로 보이거나 살수장애를 유발하지 않는 범위내에서 가능하다면 빠른 집열을 위해서 천장과의 설치 거리도 최적화해야 할 것이다. NFPA 13은 이러한 최적화를 위해 장애물과의 수평 거리가 0.3 m 이하인 경우에 한하여 보의 하단과 동일한 높이에 스프링클러헤드 디플렉터를 설치하도록 하고 보의 하단보다 아래로의 설치는 허용하고 있지 않다. 결국 스프링클러헤드 디플렉터가 보의 하단과 같은 높이라면 NFPA 13에서 제시하고 있는 Fig. 2의 포물선 형태의 살수패턴 형성 곡선을 보더라도 바로 인접한 장애물의 영향을 받지 않고 정상 살수패턴을 형성하게 될 것이다.

따라서 국내 기준에서 규정하고 있는 보의 깊이가 0.55 m 이하인 경우 스프링클러헤드와의 거리가 0.75 m 미만이면 스프링클러헤드 디플렉터를 보의 하단 끝보다 아래에 설치하도록 하는 규정은 스프링클러헤드의 좀 더 빠른 집열을 위해 살수패턴 형성에 장애가 없는 하한선인 보의 하단까지로 개정하여 스프링클러헤드와 천장과의 이격 거리를 줄임으로서 보에 의한 살수장애 방지뿐만 아니라 최적 시간에 스프링클러헤드 개방이 이루어지도록 관련 기준의 보완이 필요하다.

살수패턴 곡선을 반영한 살수장애 방지 이격거리 기준 상세화

국내 화재안전기준 NFSC 103의 살수장애 방지를 위한 스프링클러헤드 주변 장애물과의 이격거리 기준은 장애물이 “보”인 경우를 제외하고 60 cm 로 제한하고 있다. 그러나 60 cm를 초과하여 장애물이 위치한 경우라 하더라도 NFPA 에서 제시하고 있는 Fig. 3의 스프링클러헤드의 살수패턴을 고려해보면 이 기준으로는 살수장애 방지를 보장하지는 못하는 거리임을 쉽게 알 수 있다. 즉 60 cm 기준은 스프링클러헤드의 살수패턴을 고려하지 않은 이격거리 기준으로서 소방안전국인 미국 NFPA 13은 동일한 상황에 대해 스프링클러헤드의 살수패턴 곡선을 고려하여 장애물과의 수평 및 수직거리를 14단계로 세분화한 상세 이격거리 기준을 규정하고 있다. 국내에서 사용되는 스프링클러헤드는 소방산업기술원으로부터 “스프링클러헤드의 형식승인 및 제품검사의 기술기준”에 따른 형식승인을 받아야 하며 각 스프링클러헤드의 살수패턴은 채수통으로부터 1.2 m 높이에 설치된 스프링클러헤드로부터 방사되었을 때의 패턴으로서 “제 15조 살수분포시험 기준”에 적합하여야 한다. 이와 같은 “스프링클러헤드의 형식승인 및 제품검사의 기술기준”의 “살수분포 시험기준”에 근거하여 살수분포 곡선범위 안에 놓여지는 장애물을 살수장애물로 규정하고 장애물과의 수평 및 수직거리를 기준으로 스프링클러헤드 타입별 살수장애 방지 이격거리 기준을 상세화 한다면 NFSC 103이 가지고 있는 “60 cm 기준”으로 단순화된 장애물과의 이격거리 기준의 한계를 개선할 수 있을 것이다.

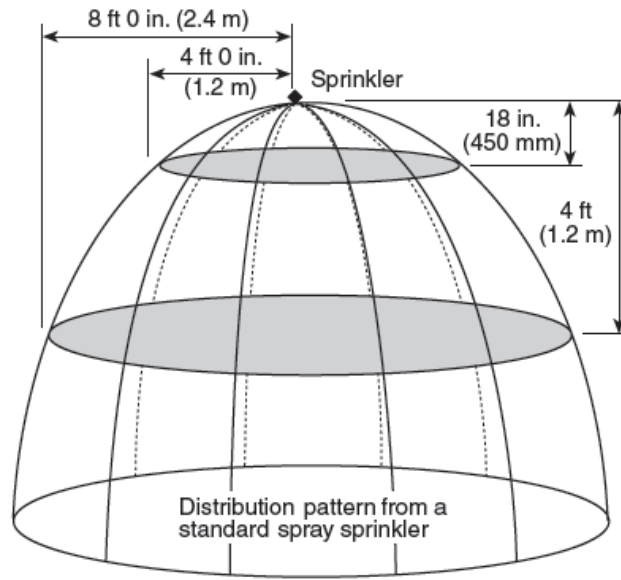


Fig. 3. Upright and pendent type sprinkler head spray pattern (Hague et al., 2019)

결론

본 논문은 국내 NFSC 103 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준의 문제점과 이의 개선방안을 도출하고자 미국 NFPA의 최신 스프링클러 설치기준인 2019년판 NFPA 13의 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준과 NFSC 103을 비교 연구하였다. 연구결과 국내 NFSC 103 살수장애 방지 기준은 살수장애 개념조차도 정의되어 있지 않고 있을 뿐만 아니라 다수의 기준에서도 많은 개선 및 보완이 필요함이 연구결과 확인되었다. 따라서 본 연구를 통하여 도출된 문제점들에 대해 다음과 같이 NFSC 103 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준 개선방안을 제안하고자 한다.

첫째, 명확한 살수장애 용어의 개념적 정의 도입을 통하여 살수장애 용어 정의 부재로 인한 혼란을 줄여야 한다.

둘째, 측벽형 스프링클러헤드 살수장애 방지기준 부재로 인하여 이에 대한 추가적인 기준 마련이 필요하다.

셋째, 폭이 1.2 m 를 초과하는 “폭넓은 장애물” 규정에 있어서 장애구조물의 사용 실태를 고려하여 헤드 추가 기준을 마련하여야 한다.

넷째, "3배 규정" 적용에 있어서 “3배 규정”의 적용 취지에 맞게 장애물의 "폭" 뿐만 아니라 “높이”도 고려되도록 장애물 길이의 기준 개선이 필요하다.

다섯째, “보와의 이격거리 기준” 중 보의 하단 아래로의 설치 규정을 정비하여 살수패턴 형성에 장애가 없는 하한선인 보의 하단까지로 개정함으로써 스프링클러헤드의 좀 더 빠른 집열 및 화재초기 최적시간 개방을 도모할 수 있도록 최적화하여야 한다.

여섯째, 살수패턴을 반영하여 살수장애 방지이격거리 기준을 상세화 함으로서 “3배 규정”을 제외하고 장애물과의 이격거리를 “60 cm”로 단일화 하여 규정하고 있는 현행 NFSC 103 살수장애 방지 기준의 한계를 개선하여야 한다.

특히 살수장애 용어 정의는 화재 시 인명 및 재산 보호를 위해 살수장애 방지 조치 필요 여부를 판단할 수 있도록 하는 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준의 포괄적 최상위 규정이라 할 수 있으므로, 이의 개념적 정의는 필수적이다. 따라서 본 논문

에서는 스프링클러헤드 살수장애의 개념적 정의를 소방선진국인 미국 NFPA 13 과 성능위주 소방설계를 기반으로 “열 기류나 방수를 방해하여 스프링클러헤드의 성능 목표에 중대한 영향을 주는 것”으로 정의하는 것을 제안한다. 또한 화재사건 조사 시 스프링클러설비에 대한 미작동 또는 효과 여부만을 조사하는데 한정할 것이 아니라, 좀 더 적극적 조사를 통하여 스프링클러헤드 살수장애에 의한 초기화재 진압실패 여부 등을 심도 있게 조사함으로써 정확한 살수장애 관련 국내 통계 자료 확보와 이를 기초로 살수장애 관련 화재안전기준 수립에 활용할 것을 제안한다.

이와 같이 본 연구에서 도출된 NFSC 103 스프링클러헤드 살수장애 방지 기준의 문제점들과 제안된 개선방안들을 통하여 국내 스프링클러헤드 설치기준의 발전과 스프링클러헤드 살수장애로 인한 스프링클러설비의 소화성능 장애를 최소화하거나 방지하도록 함으로써 화재 시 국민의 생명과 재산보호에 더욱 기여할 수 있을 것이다.

Acknowledgement

이 논문은 행정안전부의 방재안전분야 전문인력 양성사업의 지원을 받아 제작되었습니다.

References

- [1] Ahrens, M. (2017). U.S Experience with Sprinkler, National Fire Protection Association, U.S, pp. 2-6 .
- [2] Chatterjee, P., Geiman, J.A. (2017). Numerical Simulations of Sprinkler Activations and Spray Transport Under Obstructed, Sloped Ceilings, FM Global, U.S.
- [3] Floyd, J., Budnick, E., Boosinger, M., Dinaburg, J., Boehmer. H. (2010), Analysis of the Performance of Residential Sprinkler Systems with Sloped or Sloped and Beamed Ceilings, The Fire Protection Research Foundation, U.S.
- [4] Great American Insurance Group (2006). Loss Control Data Guide-Sprinkler Head Discharge Obstructions and Impediments, ISO Services Inc., U.S, p.1.
- [5] Hague, D.R., Duffy, C.W. (2019). Automatic Sprinkler Systems Handbook 14th Edition, National Fire Protection Association, U.S , p.73.
- [6] NFPA 13 (2019). Standard for the Installation of Sprinkler System, National Fire Protection Association, U.S.
- [7] NFSC 103 (2017). Automatic Sprinkler Systems Fire Safety Code, National Fire Agency.
- [8] Palenske, G.A., Geiman, W.A. (2014). Obstruction and ESFR Sprinklers-Phase 1, National Fire Protection Association, U.S.