

# 가축임대 간이형 스프링클러 확대 설치를 위한 소화성능 향상 방안

Improving Plan of Fire Extinguishing Performance for Enlarged  
Installation of Simple Sprinkler in Existing Apartment Building for Public  
Rental Housing

박정하

이병희

양영권

김선동

조용철



연구관리-2026-006

## 기축임대 간이형 스프링클러 확대 설치를 위한 소화성능 향상 방안

지 은 이 박정하, 이병희, 양영권, 김선동, 조용철  
발 행 인 정창무  
발 행 처 한국토지주택공사 토지주택연구원  
주 소 (34047) 대전 유성구 엑스포로 539번길 99  
홈페이지 <http://lhri.lh.or.kr>

이 출판물은 우리 공사의 업무상 필요에 의하여 연구·검토한 기초자료로서 공사나 정부의 공식적인 견해와 관계가 없습니다.

우리 공사의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

# 기축임대 간이형 스프링클러 확대 설치를 위한 소화성능 향상 방안

Improvement Plan for Fire Extinguishing Performance for Enlarged Installation  
of Simple Sprinkler in Existing Apartment Building for Public Rental Housing

박정하·이병희·양영권·김선동·조용철

## 참여 연구진

### 연구책임

박정하 LH 토지주택연구원 수석연구원

### 연구진

이병희 LH 토지주택연구원 수석연구원

양영권 LH 토지주택연구원 책임연구원

김선동 LH 토지주택연구원 전임연구원

조용철 LH 주거복지본부 임대자산관리처 차장

### 연구심의위원(가나다순)

박종배 LH 토지주택연구원 선임연구위원(심위위원장)

고병용 LH 공공주택본부 공공주택설비처 팀장

김길태 LH 토지주택연구원 연구위원

김도현 한국건설기술연구원 전임연구원

백석 LH 주거복지본부 임대자산관리처 팀장

정우영 LH 공공주택본부 공공주택설비처 차장

정웅준 가천대학교 교수

홍승태 한국소방산업기술원 팀장

### 자문위원(가나다순)

곽지현 한국방재시험연구원 수석연구원

이승철 강릉대학교 교수

한용택 호서대학교 교수

### 위탁연구용역 연구진

민정기 한국건설생활환경시험연구원 책임연구원

김동익 한국건설생활환경시험연구원 수석연구원

이성민 한국건설생활환경시험연구원 선임연구원

# 기축임대 간이형 스프링클러 확대 설치를 위한 소화성능 향상 방안

박정하 수석연구원 (연구책임) | 이병희 수석연구원 | 양영권 책임연구원 | 김선동 연구원 | 조용철 차장

- 최근 공동주택의 화재 발생 사고에 따른 인명 및 재산피해는 지속적으로 발생 및 증가하고 있으며, 국정감사 등에서 임대주택 거주 저소득층 입주민의 화재안전 강화에 대한 요구 등 임대주택의 소방시설 대책 마련 시급

- 노후 공동주택의 65%가 스프링클러 미설치 세대로 화재사고에 취약한 상황이며, 기축 임대 공동주택의 소방시설 강화를 통한 입주민 화재 안전 확보를 위해서는 가장 효과적 소화설비인 스프링클러 설치가 효과적이나 기축 임대 공동주택의 경우 수원확보, 천정고 미확보 등 전용 스프링클러 설치가 어려운 상황으로 설치가 용이한 간이 스프링클러 설치로 대응이 필요
- LH는 `24년부터 노후공임 리모델링 사업과 병행하여 영구임대 14만호를 대상으로 급수배관 직결형의 LH형 간이 스프링클러 설치를 추진중

- 본 연구에서는 기축임대 공동주택 입주자의 화재안전 확보를 위해 간이형 스프링클러의 설치 확대 기반을 마련하고자, 수도직결형 간이형 스프링클러의 화재제어성능을 검증하고 소화성능 향상 방안을 제안하고자 함

## ■ 본 연구의 주요 내용

- ① 간이형 스프링클러 소화성능 향상을 위한 자료 및 현장 분석
- ② 간이형 스프링클러 소화성능 향상방안 대안 선정
- ③ 간이형 스프링클러 성능향상방안에 대한 소화성능 검증

이를 토대로 기축임대의 간이형 스프링클러 확대설치를 위한 소화성능 향상 및 적용방안 제안

## CONTENTS

- ① 간이 스프링클러 개요 및 설치 검토
- ② 간이형 스프링클러 화재제어성능 평가를 위한 실화재 실험 개요 및 조건
- ③ 간이형 스프링클러의 실화재 실험 결과 및 화재제어성능 평가
- ④ 결론

#간이형 스프링클러 #기축임대 #급수설비 #소화설비 #실화재 시험

## 1 간이 스프링클러 개요 및 설치 검토

- 간이 스프링클러의 보급 배경, 주요 특징과 현재 기축임대를 대상으로 설치를 추진중인 급수직결 'LH형 간이 스프링클러'의 설치 여건을 검토하였으며, 시공여건에 따라 분기방법의 차이로 방수압 확보의 어려움이 있음

### ■ 간이 스프링클러 개요

- (주요 특징) 간이 스프링클러는 주택 등 전용 소화설비 설치가 힘든 장소에 화재시 초기 대응을 할 수 있도록 보급하기 위해 개발된 급수관 연결방식의 스프링클러로서, 우리나라에서는 2000년대 이후 다수의 다중이용시설에서의 화재로 인한 큰 인명피해 발생으로 기존 건물에 상대적으로 설치가 용이한 간이형 스프링클러가 부각되기 시작
  - 전용 스프링클러에 비해 범위·유량은 제한적인 성능(방수압 0.1MPa, 방수량 50Lpm, 살수반경 2.3m)
- (설치 현황) 24.12. 주택전용 간이스프링클러 설비에 관한 규정 신설, 연립 및 다세대 주택이 특정소방대상물에 추가 되었으나, 영구 임대 등 기축 아파트의 경우 설치 의무대상이 아님
  - 기축임대 입주자의 안전을 위한 소방시설 강화에 따라 노후 임대주택 리모델링시, 펌프 및 저수조가 필요 없어 설치가 용이하고 가장 경제적(59ty 기준 세대당 약 1,250천원)인 상수도 직결형과 유사한 급수 직결 방식의 'LH형 간이 스프링클러'가 기축 임대주택을 대상으로 설치 추진 中

### ■ 간이 스프링클러 설치 여건 검토

- (상수도 공급압력) 수도 직결형 간이형 스프링클러를 적용하기 위해서는 해당 상수도의 인입 급수압의 만족 여부에 대한 확인이 필요하며, LH 설계지침(토목)에서는 관말수압은 분기하는 지점에서 배수관내의 최소동수압은 0.15MPa 이상을 확보하도록 되어있음
  - 상수도 공급압력 기준에 의해 설치된 상수도에 간이형 스프링클러를 직결해 설치하더라도 적정 방수압이 확보되지 않을 수 있음
- (세대 내 분기방안) 간이형 스프링클러 시범적용 세대의 현장 조사를 통해 배관 분기 가능위치의 타당성을 조사한 결과 급수배관 접근성 및 시공성을 고려할 때 옥실 내 배관 분기를 통한 계량기 이후 세대 내 분기가 현실적임
  - 현재 리모델링 중인 단지의 인입배관의 위치가 다른 두 세대(26Ty, 31Ty)의 간이형 스프링클러 동작시 방수량, 방수압, 살수반경을 측정한 결과에 따르면 간이형 스프링클러를 계량기 이후 분기하여 설치하는 경우, 헤드에서의 방수압은 0.6 bar 수준으로 나타남
- (감압변 이전 분기방안 검토) 간이형 스프링클러의 화재제어성능 향상을 위해서 충분한 방수압을 최대한 확보할 수 있는 방안이 필요하며, 이를 위해서는 세대 미터기 이전 분기를 고려 가능
  - LH 설계지침(기계)에 따르면, 세대 미터기 설치된 감압밸브의 설정압력이 0.25MPa으로, 감압밸브 직전 분기시 충분한 공급압 확보 가능하나 단지 및 세대 여건에 따라 시공이 불가하거나 어려움이 있음

## 2 간이형 스프링클러의 화재제어성능 평가를 위한 실화재 실험 개요 및 조건

- 간이형 스프링클러의 화재제어성능 평가를 위해, 31ty 실물 모형을 제작하고 간이형 스프링클러 1식을 설치하여 감압변 이전 분기시 충분한 공급압력이 확보될 때(Case 1)와 세대 내 감압변 이후 분기시 0.6 bar 방수압 (Case 2)에서의 실험 조건을 설정함

### 간이형 스프링클러의 실화재 실험 개요 및 조건

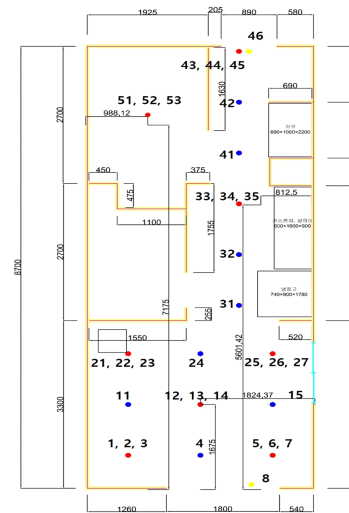
- (**실물모형 제작**) LH 노후 임대주택 리모델링 사업 대상 세대 유형 중 대표적 타입인 31ty 평면을 대상으로 거실, 주방, 침실 등 발코니를 제외한 주요 공간 및 구획 및 주방 싱크, 냉장고 등을 1:1 스케일로 구현
  - LH 간이형 스프링클러 자체 기준에 해당하는 규격의 간이형 스프링클러 1식 설치
- (**화원 설정**) 실제 임대주택에서의 화재를 모사하기 위해 소방법 규정에 의한 소화능력 시험에 사용하는 모형을 참고하였으며, 목재화원의 열방출률은 250 kW/m<sup>2</sup>으로 소형가전1개에 해당하는 열방출률
- (**방수압 설정**) 본 실험에서는 Case 1과 Case 2에 대해 아래와 같이 공급압력과 방수압력을 설정함.
  - (**Case 1**) 입상배관에서 감압변 이전 분기시 공급압력 2.5 bar, 헤드에서 약 2.0 bar의 충분한 방수압일 때
  - (**Case 2**) 간이형 스프링클러의 세대내(감압변 이후 분기) 분기시 헤드에서 약 0.6 bar 수준의 방수압
- (**실험 순서**) 화원 점화 ⇒ 스프링클러 작동 및 소화 ⇒ 온도, 작동시간, 방수량 및 방수압력 등 측정 ⇒ 진화 후 완전 소화 여부 확인 순으로 진행
  - 실화재 발생 후 스프링클러 가동에 따른 온도-시간 그래프, 방수량 및 방수압, 화재실 온도를 측정하며, 실험수행 Time-line 별 열화상 카메라와 동영상 촬영을 통해 시각화된 데이터를 취득하였음



[그림 1] 실물모형 제작



[그림 2] 목재화원 제작



[그림 3] 시험체 평면도 및 열전대측정위치

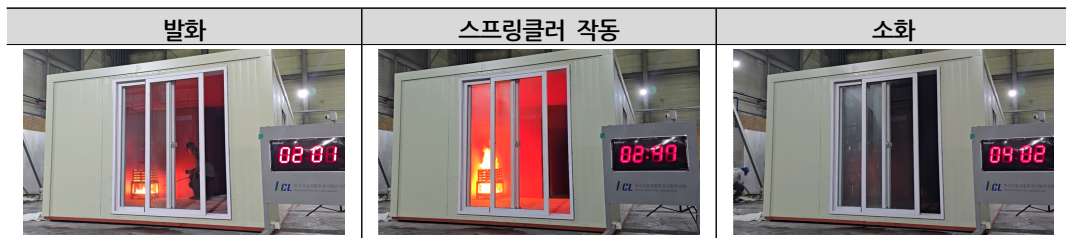
### 3 간이형 스프링클러의 실화재 실험 결과 및 화재제어성능 평가

- Case 1 과Case 2 모두 250kW급화재(커튼1개+성인남성용점퍼1개, 주택화재모사의 발열량)를 대상으로 초기화재 대응 및 피난에 충분히 유의미한 성능을 발휘한 것으로 판단

#### 31ty 실물 모형에서의 간이형 스프링클러 실화재 실험 결과

- Case 1(공급압력 2.5 bar) 및 Case 2(방수압 0.6 bar)에 대한 실화재 시험 각 1회 실시

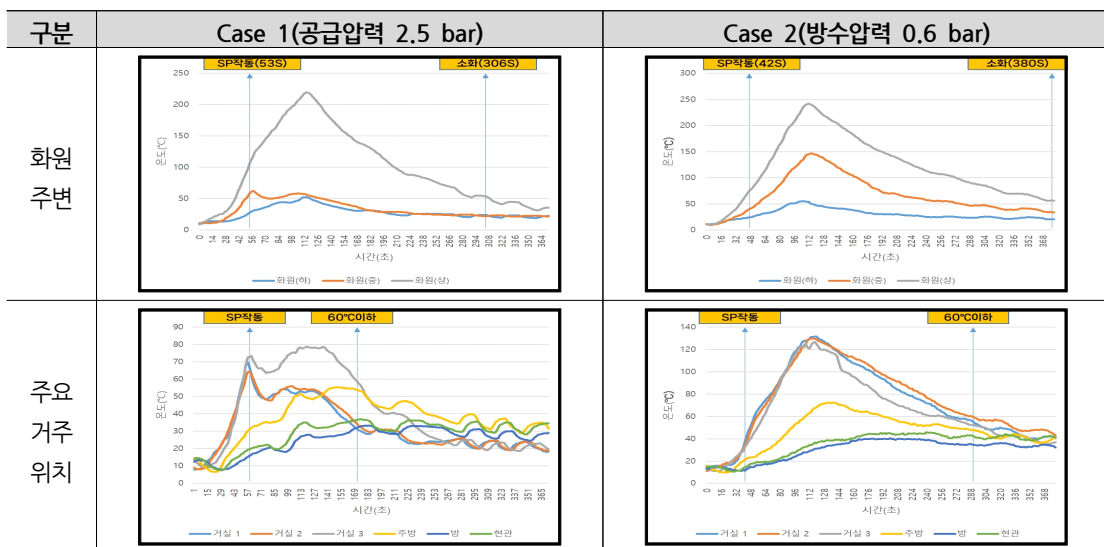
[표 1] 실화재 실험 수행 사진



- 실화재 실험 결과 및 화재제어성능 평가

- 점화 이후 화원주변 온도 상승하여 Case 1 53초, Case 2 42초 시점에서 스프링클러 작동, 이후 헤드주변의 온도는 급격히 하강
- Case 1의 경우 작동후 250초(화재발생 후 303초) 시점에 소화, 주방, 침실, 현관 등 60°C 이하 유지되어 화재제어 및 피난이 충분히 가능
- Case 2의 경우 작동후 340초(화재발생 후 380초) 시점에 소화, 침실과 현관 60°C 이하 유지로 Case 1에 비해 화재제어에 다소 차이가 있으나 초기화재 대응 및 피난 가능한 범위로 판단됨

[표 2] 실화재 실험결과(주요 지점 온도-시간 그래프)



## 4 결론

- 노후공임 리모델링시, 급수직결 간이형 스프링클러 적용을 위한 방안 제안 및 본 연구의 한계와 후속연구의 필요성을 제시함

### ■ 간이형 스프링클러 적용방안 제안

- 실화재실험결과, Case 1 과Case 2 모두 250kW급화재(커튼1개+성인남성용점퍼1개, 주택화재모사의 발열량)를 대상으로 충분한 화재 제어성능을 발휘한 것으로 판단
  - 감압변 이전 입상배관에서 분기하는 경우 충분한 공급압(약 2.0 bar)으로 보다 확실한 화재제어성능 확보가 가능하므로 시공이 용이한 현장에서는 최대한 감압변 이전 분기 시공 적용을 권장함
  - 현재 주택전용 간이형 스프링클러의 성능 기준 이하의 방수압으로 설치하는 경우에도 간이헤드 최소성능기준(RTI 50 이하폐쇄형간이헤드, 작동온도72℃)은 반드시 준수하는 것이 필요

### ■ 본 연구의 한계점 및 후속 연구 필요성

- 신뢰성있는 화재제어성능 평가를 위해서 스프링클러 없는 상태에 대한 비교 실험 및 동일 조건에서의 반복, 재현된 실험 수행이 요구됨
- 본 연구에서는 조명 설치 등과 간섭을 피하기 위한 실제 헤드 설치 위치, 여러 타입의 단위세대 규모와 평면구조, 화재 조건(개구부 개방 등), 헤드의 살수반경을 고려하여 다양한 조건에서의 FDS와 같은 시뮬레이션등 비교검증이 필요
- 특히, 실제 임대주택에서의 가연물을 조사한 조건 및 주방에서의 유류화재 등 열방출률이 큰화재나 다양한 화재조건에서의 추가검증 필요함
- 방수압 이하 성능으로 설치시에는 보조적 소화시설 설치 또는 방염등의 시공을 고려해야하며, 우리나라 보다 간이형 스프링클러의 성능 기준이 낮은 일본의 경우 참고하여 화재 대응시설의 종합적 측면에서 적용방안의 개발이 필요

### ■ 후속 조치사항

- 실무 협의를 통해 노후임대 공동주택의 간이형 스프링클러 확대 적용 및 소화시설 강화방안을 검토하기 위한 기초자료로 활용

I. 연구 배경 및 목적 .....	1
II. 간이형 스프링클러 및 실화재 실험관련 선행연구 분석 및 이론적 고찰 .....	7
III. 간이형 스프링클러 화재제어성능 평가 방법 및 현황 .....	18
IV. 간이형 스프링클러 실화재 실험을 통한 화재제어성능 평가	27
V. 연구결과 종합 및 결론 .....	48

---

## 표차례

---

[표 1-1] 임대주택 유형별 인명피해 발생 비율 .....	2
[표 1-2] 주요 연구내용 및 추진일정 .....	6
[표 2-1] 선행 연구에서의 간이형 스프링클러 실화재 내용 요약(1) .....	10
[표 2-2] 선행 연구에서의 간이형 스프링클러 실화재 내용 요약(2) .....	10
[표 2-3] 선행 연구에서의 간이형 스프링클러 실화재 내용 요약(3) .....	11
[표 2-4] 선행 연구에서의 간이형 스프링클러 실화재 내용 요약(4) .....	11
[표 3-1] 화재·피난시물레이션에서의 인명안전 기준 .....	23
[표 3-2] 화재·피난시물레이션에서의 주택에서의 피난가능시간 기준(단위 : 분) ....	23
[표 3-3] 직결급수시 건물 층별에 따른 배수관내 표준 최소동수압 기준 .....	24
[표 3-4] 세대 내 배관 분기방안 비교 .....	25
[표 3-5] 인입배관 분기에 따른 방수량, 방수압, 살수반경 비교 .....	26
[표 4-1] 시험시간별 비교 .....	41
[표 4-1] 시험시간별 비교(계속) .....	42

---

## 그림차례

---

[그림 1-1] 공동주택 스프링클러의 법적 설치기준 변화 .....	2
[그림 1-2] 스프링클러 미설치 현황관련 화재 사례 .....	3
[그림 2-1] 간이 스프링클러의 설비 계통 .....	13
[그림 2-2] 상수도 직결형 간이형 스프링클러 .....	14
[그림 2-3] 펌프 등 가압송수장치를 이용한 간이형 스프링클러 .....	15
[그림 2-4] 가압수조를 이용한 간이형 스프링클러 .....	15
[그림 2-5] 캐비닛형 간이형 스프링클러 .....	15
[그림 3-1] 제1모형(2단위모형) .....	21
[그림 3-2] 제2모형(1단위모형) .....	21
[그림 3-3] 임대주택 스프링클러 설치 평면 예시(31ty) .....	25
[그림 4-1] 실화재 시험장(외관) .....	27
[그림 4-2] 실화재 시험장(내부) .....	27
[그림 4-3] 실화재 시험용 Mock-up 제작 .....	28
[그림 4-4] 출입문 및 가구류 등 시공사진 .....	29
[그림 4-5] 실물모형 제작 사진 .....	29
[그림 4-6] 스프링클러 헤드 .....	30
[그림 4-7] 스프링클러 배관 .....	30
[그림 4-8] 수원 공급관 내 유량계 및 압력계 설치 .....	30
[그림 4-9] 목재화원 무게 및 함수율 측정 .....	31
[그림 4-10] 목재화원 설치 트레이 및 거실 설치 장면 .....	32

---

---

## 그림차례

---

[그림 4-11] 목재 크립 화원(예) .....	32
[그림 4-12] 목재화원 위치 .....	32
[그림 4-13] 목재화원 제작 .....	32
[그림 4-14] 거실 내 목재화원 설치 .....	32
[그림 4-15] 실물모형에서 열전대의 배치위치 .....	33
[그림 4-16] 배관 분기에 따른 실험 조건 .....	35
[그림 4-17] 실화재 시험용 스프링클러 설치 .....	36
[그림 4-18] 실화재 시험 외부 관찰(CASE 1) .....	37
[그림 4-19] 실화재 시험 종료 후 내부 관찰(CASE 1) .....	38
[그림 4-20] 실화재 시험 외부 관찰(CASE 2) .....	39
[그림 4-21] 실화재 시험 종료 후 내부 관찰(CASE 2) .....	40
[그림 4-22] 시험시간별 열화상 사진 비교(Case 1) .....	43
[그림 4-23] 시험시간별 열화상 사진 비교(Case 2) .....	44
[그림 4-24] 스프링클러 헤드 주변에서의 온도변화(천장 200 mm) .....	45
[그림 4-25] 화원(가연물) 주변의 온도변화(천장 200, 550, 900 mm) .....	46
[그림 4-26] 주요 거주위치에서의 온도변화(높이 1,600 mm) .....	47

# I 연구배경 및 목적

## Key Point

- 스프링클러 미 설치된 기축 노후 임대주택에서의 소방시설 강화 시급
- 간이 스프링클러 설치 확대를 위한 성능 검증 및 향상방안 필요

## 1 연구배경

### 1) 기축 임대주택의 화재 위험 증가 및 소방시설강화 필요성

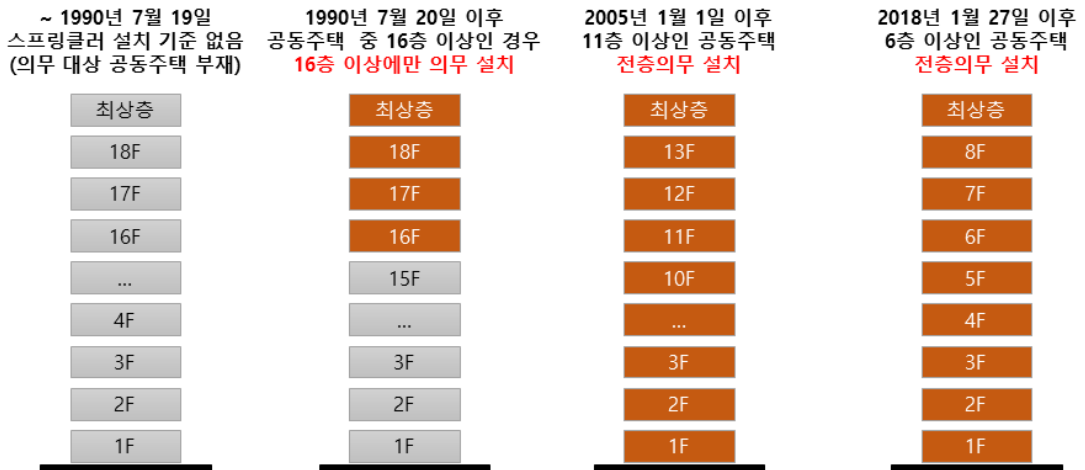
#### ■ 공동주택의 화재 발생에 따른 인명 및 재산 피해 증가

- 최근 10년간('15~'24) 전체 화재 발생 40.5만건 중 공동주택 발생 화재는 11만건이며, 이는 전체의 27.1%로 가장 높은 비율 차지
  - 공동주택 화재는 연간 약 2,600 ~ 3,000건 수준으로, 2021년 이후 증가 추세임. 타 장소 화재와 달리 공동주택 화재만 지속적인 증가 추세
  - LH 임대주택 화재 발생 역시 증가 추세('19년 73건 → '22년 123건, 68% 증가)
- 공동주택 화재로 인한 인명 피해 및 재산 피해 발생으로 소방시설물(노후주택 스프링클러 설치 등) 강화 필요성은 더욱 시급한 상황
  - 최근 5년간('20~'24) 공동주택 화재로 인한 인명 피해는 총1,781명(사망자174명, 부상자 1,607명)으로 매년 큰 인명 피해 발생
  - 최근 5년간('20~'24) 공동주택 화재로 인한 재산 손실 총액은 약 5,776억 원이며, 연평균 약 1,000억원의 손실액 발생
- 공동주택은 고밀도 거주 특성상 화재 시 인명 피해 위험이 높음
  - 최근 10년간('15~'24) 전체 화재 중 공동주택 화재 비율은 27.1% 수준이지만, 전체 부상자(20,252명) 중 주거시설에서 발생한 부상자(8,876명)의 비율은 43.8%임. 즉, 화재 발생 비율보다 부상자의 비율이 약 62% 높음

## ■ 기축임대 소방시설 강화 필요

### ○ 기축 임대주택의 스프링클러 설치 미비

- [그림 1-1]과 같이, 전용 스프링클러설비는 1990년 16층 이상, 2005년 11층 이상인 경우 전층, 2018년 이후 6층 이상의 공동주택 전 층에 대해 의무화되어 법 적용 이전의 기축 임대인 경우 스프링클러 미설치



[그림 1-1] 공동주택 스프링클러의 법적 설치기준 변화

- `19~`23년의 LH 임대주택 화재 인명피해 현황을 보면 전체 사상자 중 영구 임대 비율이 65.7%(115명)으로 가장 높고, 사망자 비율 또한 절대적(16명 중 11명이 영구 임대, 69%) 비중 차지([표 1-1]참조)

- 임대주택 공급유형 중 화재 발생 및 인명피해가 높은 영구 임대의 소방시설 강화 필요

[표 1-1] 임대주택 유형별 인명피해 발생 비율

구분		영구	국임	공임50	공임10	행복	계
인명 피해	사망	11	4	1	-	-	16
	중상	4	1	-	-	-	5
	경상	100	47	5	1	1	154
	비율	65.7%	29.7%	3.4%	0.6%	0.6%	-

- 국정감사 등에서 노후 임대주택 거주 저소득층 입주민에 대한 화재 안전 강화 필요성에 대해 지속적으로 요구
  - '23년 국정감사에서 스프링클러 설치 등 화재 안전 대책 마련(김수홍·엄태영 의원 등)언급
- '25년 스프링클러 미설치된 노후 공동주택에서 연이어 발생한 화재([그림 1-2]참조)에서 초기 화재 대응이 어려워 심각한 인명 사고와 재산 피해로 이어져, 노후 공동주택에서의 스프링클러 설치의 필요성이 사회적 이슈로 부각



(a) 서울 마포구 창천동 화재 진압장면(한경매거진)



(b) 서울 마포구 창천동 화재(경남도민일보)



(c) 부산 기장군 아파트화재, 자매 2명 사망

[그림 1-2] 스프링클러 미설치 현황관련 화재 사례

## 2) 기축 간이 스프링클러 설치 추진

### ■ 기축임대 간이 스프링클러 설치 추진

- 스프링클러 설비는 소방시설 중 화재 발생시 재산피해, 인명피해 저감에 효과가 뛰어난 핵심 소방 설비이나, 의무규정 이전의 노후 공동주택의 65%가 스프링클러 미설치 세대임

※ 스프링클러 설치 의무 규정은 1990년 16층 이상 ⇒ 2004년 11층 이상 ⇒ 2018년 6층 이상 공동 주택 대상으로 변화(소방청, 국회제출자료(2024))

- 스프링클러가 미 설치된 기축 임대 공동주택의 경우 스프링클러 설비의 설치가 전용 수원 확보, 설비 및 추가공간 필요, 법적 천장고 미확보\* 등의 이유로 어려운 점이 있어, 간이 스프링클러 설치로 대응 필요

※ 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 제3조 : 거실 및 침실 반자높이 2.2M 이상

- 간이 스프링클러는 주택 등 전용 소화설비 설치가 힘든 장소에 화재시 초기 대응을 할 수있도록 보급하기 위해 개발된 급수관 연결방식의 스프링클러로서,
- '24.12. 주택전용 간이형 스프링클러 설치기준이 신설되어 연립·다세대 주택이 특정소방대상물에 추가되었으나 영구 임대 등 기축 아파트의 경우 설치 의무 대상은 아님
- LH는 세대 내 철거를 통해 리모델링을 추진하는 '노후공임 리모델링 사업'과 병행하여 노후 영구임대 아파트 126개 단지 142,422호를 우선으로 급수배관 직결형 간이 스프링클러(LH형 간이 스프링클러, 간이형 스프링클러) 설치를 추진 중('24.~)

※ 현재 소방시설법 상 설치의무가 없고 법령 미준수에 따른 귀책사유가 없는 '임의설비'형태로 추진중

## 2 연구목적 및 내용

---

### 1) 연구 목적

- 시범사업으로 현재 설치 추진중인 ‘간이형 스프링클러’의 경우 임의설비로 소방관련 법령 적용 면제가 가능하나, 범용적 사용 및 소화목적 설비의 전문성 강화를 위한 화재 제어 성능향상 방안 및 검증이 필요하며,
- 화재제어성능의 효과적인 검증을 위해서는 가시적이고 직접적인 화재 제어성능을 확인할수 있는 실화재 시험 수행등을 통한 방법이 필요
- 따라서 본 연구의 목적은 기축임대 공동주택 입주자의 화재 안전 확보를 위해 설치하는 간이형 스프링클러 설비의 확대 설치를 위해, 간이형 스프링클러의 성능에 큰 영향을 미치는 배관 분기위치 등에 따른 방수압 조건에 따른 화재제어성능을 실화재 실험을 통해 검증하고, 기축임대 공동주택에서의 간이형 스프링클러 설치 확대를 위한 기초 자료로 활용하고자 함.

### 2) 연구 내용

- 본 연구의 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 내용 및 일정에 따라 수행함
  - 간이형 스프링클러 소화성능 향상을 위한 기초 자료 및 현황 조사
  - 간이형 스프링클러 화재제어성능 평가를 위한 실화재 시험 수행
  - 간이형 스프링클러 실험 결과 분석
  - 기축임대 간이형 스프링클러 설치 확대를 위한 방안

[표 1-2] 주요 연구내용 및 추진일정

주요 연구내용	'25								'26	
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
간이형 스프링클러 소화성능향상을 위한 기초자료 및 현황조사	■	■								
간이형 스프링클러 소화성능 향상을 위한 대안 검토		■	■							
간이형 스프링클러 소화성능 향상방안 검증을 위한 실화재 시험				■	■	■	■	■		
간이형 스프링클러 성능향상 방안 제안							■	■		
최종보고서 작성								■		
최종심 결과 및 완료보고									■	

## II

# 간이형 스프링클러 및 실화재 실험 관련 선행연구 분석 및 이론적 고찰

## Key Point

- 실제 공동주택 화재 발생조건을 모사하여 실화재 실험을 통해 간이 스프링클러의 화재제어성능을 평가한 연구로서의 차별성
- 간이 스프링클러는 화재 진압보다 피난 등 초기 화재 대응이 주목적

## 1 선행 연구 고찰

### 1) 스프링클러 및 실화재 실험 관련 관련 국내 주요 연구

#### ■ '간이 스프링클러설비의 소화성능 특성에 관한 연구'(윤계원 외, 2003)

- 간이 스프링클러에 대한 방호면적 21 m<sup>2</sup> Room에서의 실화재(쇼파화재) 실험을 수행하였으며 물보다 강화액을 소화약제로 사용하였을 경우 적응성이 있었음
- 화재를 조기에 진압하기 위해 기존 물을 사용한 스프링클러의 설치와 함께 간이 스프링클러설비의 설치가 권장됨

#### ■ '주거용 스프링클러설비 설치의 확대에 관한 연구'(정현규 외, 2007)

- 주거건물에서의 화재사고에 의한 피해를 줄이기 위해 주택에 간이 스프링클러를 설치한 효과와 사례를 바탕으로 예방 및 대비책을 검토함.
- 패키지형과 상수도 직결형 간이 스프링클러를 비교하였으며, 단순하고 비용이 저렴한 상수도 직결형의 경우 단독 주택 및 저층부에 설치를 제안함.

■ '단독주택의 간이스프링클러설비 적용에 관한 연구'(홍성우 외, 2008)

- 국내 인구 고령화에 따른 화재사고 피해 예방을 위해 국내·외 주택화재의 현황을 분석하고, 단독주택에서의 간이형 스프링클러 설비 설치에 따른 법규 적용 및 설계방안을 제시하였음.
- 주택화재의 방재대책을 위해 단독주택의 소방시설 기준 강화를 제안함.

■ '실화재 실험을 통한 상수도 직결형 스프링클러 시스템의 성능에 관한 연구'(정종진 외, 2011)

- 상수도 직결형 스프링클러 시스템의 성능을 평가하기 위해 56 m<sup>2</sup>의 실물 주택을 대상으로 화재 실험을 수행하였으며, 주방에 설치된 스프링클러 시스템을 통해 자연발화된 화재를 진압하는 것을 확인하였음
- 스프링클러 작동시 수압은 0.28 MPa 로, 일반 주택 상수도의 배관 압력에서 소화 가능한 것을 확인함

■ '상수도직결형 스프링클러설비의 소화성능에 관한 연구'(정종진 외, 2011)

- 상수도 직결형 스프링클러 시스템의 정량적인 소화성능을 평가하기 위해 화원의 크기별로 스프링클러 헤드의 방사압력을 화재실험을 수행함.
- 일반 주택의 상수도 압력이 0.2~0.3 MPa 일 때 상수도 직결로 스프링클러를 설치하면 화원 2개의 열 방출률에 해당하는 화재 진화가 가능하며, 특히 거주자의 대피시간을 확보하는데 의미가 있음.

■ '상수도직결형 간이스프링클러의 소화성능 평가 및 주택적용에 관한 연구'(박두석 외, 2011)

- 주택화재로 발생하는 인명 및 재산 피해 감소를 위해 상수도 직결형 간이스프링클러 설비의 효과성을 분석하고 이를 주택에 적용하기 위한 화재실험 및 사례를 분석함.
- 인입배관의 상수도 압력이 1 kgf/cm<sup>2</sup> 이상인 경우 초기 소화를 통해 내부 온도와 연기의 하강 속도를 낮춰 거주자의 대피시간을 확보할 수 있었으며, 따라서 인입상수도 1 kgf/cm<sup>2</sup> 이상인 지역에서 별도 가압펌프를 설치하지 않고 계량기

바로 다음에서 직접분기 설치를 제안함.

- 1 kgf/cm<sup>2</sup> 이하이며 배관구경 25mm 이하인 지역은 별도의 보조펌프 설치가 필요함.

■ '주택용 간이 스프링클러 설비의 화재안전기준 개발 연구용역'(한국소방안전협회, 2012)

- 주택용 간이 스프링클러 설치시 효용성을 증대시키고자 문헌 비교 검토를 통한 국내 소방 환경에 맞는 기준(안)을 제시하고자 함.
- 제시된 안은 우리와 생활환경 및 법령체계가 유사한 일본 주택의 간이형 스프링클러 설비 기준을 준용하는 기준(안)을 제시하였으며, 국내의 화재 하중 검토, 적용시 수리계산 및 소화성능 시뮬레이션(FDS)을 통해 소화효과를 검증하여 타당성을 판단하였음.
- 시뮬레이션 결과, 방수량 30 L/min, 방수압 0.05 MPa 인 경우와 방수량 15 L/min. 방수압 0.02 MPa 인 경우 모두 충분한 화재 제어가 가능함

■ '다중이용업소에 설치하는 간이스프링클러설비의 화재 제어 성능에 관한 실험적 연구'(박정화 외, 2019)

- 간이형 스프링클러의 다중이용업소에서의 소화성능을 분석하기 위해, ISO 6182-10에 따라 방수압력 1.0 bar와 0.7 bar, 화재실 높이(2.4 m vs 3.0 m)를 바꿔 실화재시험을 수행
- 실험 결과, 천정 높이 2.4 m, 1 bar 조건에서는 성능요건을 만족했으나, 0.7 bar에서는 제어 실패

■ '연립, 다세대주택 전용 간이스프링클러설비 설치 방법에 관한 연구'(한국안전인 증원, 2023)

- 연립, 다세대주택이 특정소방대상물에 포함되어 주택전용 간이스프링클러 설치가 의무화됨에 따라 이러한 소규모 공동주택의 공간특성, 비용, 유지관리 특성을 고려한 적정 설치방법을 도출함

## 2) 선행연구에서의 실화재 실험 내용 비교

- [표 2-1] ~[표 2-4]에 선행 연구에서의 간이형 스프링클러 실화재 실험 내용을 정리하였음

[표 2-1] 선행 연구에서의 간이형 스프링클러 실화재 내용 요약(1)

구분	내용
연구(논문) 제목	상수도 직결형 스프링클러설비의 소화성능에 관한 연구 (정종진(2011), 한국방재학회 논문집, Vol.11, No.5, pp.207-212)
실험 내용	-단독주택에서의 상수도 직결형 스프링클러 시스템의 소화성능 평가 -소화능력시험에 사용하는 A급 화재 제1모형(2단위 모형)의 1/2크기(헵탄 0.5리터) -화원크기 및 발열량은 450×450×320mm(7kg):250kW과 450×450×480mm(10kg):400kW -출입구810(mm)×1720(mm)개방, 배기구 닫힘 -화재시험장은 5(W) × 4.2(L) × 3m(H) 크기의 챔버로 구성 -헤드 말단에서의 최소압력은 0.1MPa, 0.2MPa 일 때 두가지로 구성
실험 결과	-0.1MPa 일 때 : 소형화재(250kW) 제어는 가능하나 400kW 화재에서는 재발화, 다만 대피는 가능한 실내온도 유지 -400kW 화재에서는 0.2MPa에서도 완전 소화어려우며 0.3MPa 에서 완전 소화

[표 2-2] 선행 연구에서의 간이형 스프링클러 실화재 내용 요약(2)

구분	내용
연구(논문) 제목	상수도 직결형 「간이스프링클러 설비」의 소화성능 평가 및 주택적용에 관한 연구 (박두식(2011), 연세대 석사학위 논문)
실험 내용	-상수도직결 간이스프링클러 설비의 주택 적용을 위한 소화성능을 분석 -ISO 6184-10을 준용(출입구810(mm)×1720(mm), 배기구 닫힘) -침대매트리스 1인용(100×200×22mm)을 가연물로 사용(촉진제로 헵탄0.5리터) -발열량은 SFPE 핸드북의 경험식 사용하여 실험후 계산 : 116.3kW -헤드 말단에서의 최소압력은 1kgf/cm <sup>2</sup> , 2kgf/cm <sup>2</sup> -화재시험장은 5(W) × 4.2(L) × 3m(H) 크기의 챔버로 구성
실험 결과	-1kgf/cm <sup>2</sup> 에서 화원이 실내에 설치된 침대 소화 가능, 거주자 대피 가능

[표 2-3] 선행 연구에서의 간이형 스프링클러 실화재 내용 요약(3)

구분	내용
연구(논문) 제목	실화재실험을 통한 상수도 직결형 스프링클러시스템의 성능에 관한 연구 (정종진(2011), 한국화재소방학회 논문집, Vol.11, No.5, pp.207-212)
실험 내용	-가장 빈번한 주택에서의 주방 화재시 스프링클러 시스템 성능에 관한 실험 -주방에서의 대두유에 의한 자연발화로 개수대로 화재가 확장시 스프링클러 작동 -거실창문(2000×1200mm 20cm 개방), 현관은 닫힘 -화재시험장은 60m <sup>2</sup> 규모의 실제 주택에서 수행
실험 결과	-0.3MPa 상수도압력에서 주방화재(유류, 최대 5100kW) 소화 가능

[표 2-4] 선행 연구에서의 간이형 스프링클러 실화재 내용 요약(4)

구분	내용
연구(논문) 제목	다중이용업소에 설치하는 간이스프링클러설비의 화재 제어 성능에 관한 실험적 연구 (박정화(2019), 한국위험물학회 논문집 Vol.7, No.2, pp.97-103)
실험 내용	-간이스프링클러 설비의 다중이용업소에서의 소화성능을 분석 -ISO 6184-10을 준용 -화원 : 소형목재클립(305×305×152(mm), 2.5kg~3.2kg) 및 모형가구(폴리에스터폼, 810×76×76(mm)2개 -촉진제 헵탄 0.25리터 -헤드 말단에서의 최소압력은 1bar, 0.7bar(31개 다중이용업소 현장조사 결과) -화재시험장은 3(W) × 7(L) × 2.4m(3m)(H) 크기의 챔버로 구성
실험 결과	-0.7bar에서는 부적절한 결과 확인

## 2) 선행연구와의 차별성

- 지금까지의 주거용 건물의 간이 스프링클러와 관련한 연구는 단독주택을 중심으로 간이 스프링클러의 화재 제어 성능을 확인하고 제도적 기반을 마련하기 위한 연구가 주로 수행되었으며, 최근에는 관련 연구 수행이 미비한 상황임
- 실제 공동주택에서의 화재와 유사한 상황을 모사한 실화재 실험은 없었으며, 본 연구는 노후 임대주택의 현장 여건을 고려한 설치방안에서의 방수압과 성능확보 방안을 고려하여 수행되었다는 점에서 차별성이 있음

## 2 간이 스프링클러 설비 관련 이론적 고찰

### 1) 간이 스프링클러 설비 개요

#### ■ 간이 스프링클러 설비 도입 배경

- 미국 등 선진국에서는 이미 1970년대부터 주택 인명피해 방지를 위해 본격적으로 도입되기 시작
- 우리나라에서도 2000년대 이후 다수의 다중이용시설에서의 화재로 인한 큰 인명피해 발생으로 자동소화설비의 도입 필요성이 대두되었으며, 기존 건물에 상대적으로 설치가 용이한 간이 스프링클러가 부각되기 시작
  - 2004.05. : 다중이용업소, 근린생활시설 및 연구시설 내 합숙소 의무화
  - 2013.02. : 노유자 생활시설, 생활형 숙박시설 의무화
  - 2022.06 : 고시원 및 산후조리원에 간이스프링클러 의무 설치
  - 2024.12. : 공동주택 중 연립주택 및 다세대주택을 대상으로 확대, “주택 전용 간이 스프링클러설비 설치기준” 마련

#### 주택전용 간이 스프링클러 설치기준 주요 내용

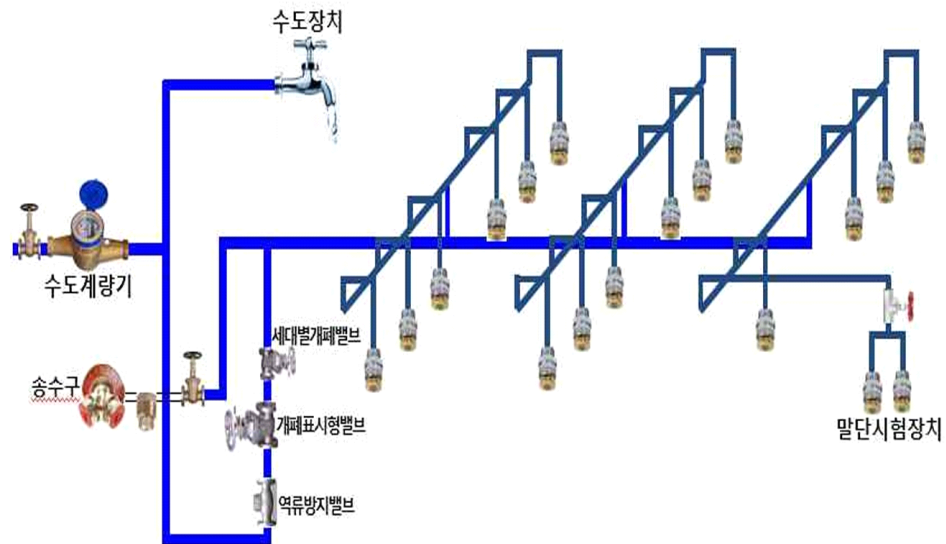
- 상수도에 직접 연결하는 방식(수도계량기→역류방지밸브→개폐밸브→세대별개폐밸브→헤드)
- 방수압력은 말단 헤드 2개 동시 개방시 0.1MPa 이상, 방수량은 분당 50L 이상
- 세대 내 배관은 소방용 합성수지배관으로 설치 가능하며, 헤드는 폐쇄형 간이헤드 사용
- 송수구 설치, 가압송수장치·유수검지장치·제어반·음향장치·기동장치·비상전원은 제외

#### <스프링클러와 주택전용 간이형 스프링클러 설치기준 비교>

주요항목	주택전용 간이스프링클러	공동주택 스프링클러
방수압	가장 먼 배관 헤드 2개 개방시 0.1MPa	헤드 선단에서 0.1~1.2MPa
방수량	50Lpm	80Lpm
수평거리	2.3m	2.6m
헤드종류	조기반응형, K=50	조기반응형, K=80
방수시간	10분	20분

## ■ 간이 스프링클러 작동 원리

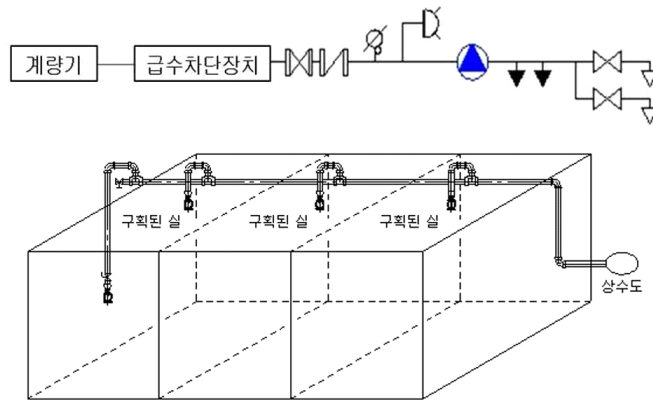
- 간이 스프링클러의 기본구조는 일반 스프링클러와 동일하게 상시 가압된 배관 내 수압을 이용하여 자동 방수하는 방식으로, [그림 2-1]과 같이 유수 검지장치, 스프링클러 헤드, 배관 및 밸브류로 구성
- 평상시 배관에는 일정 압력의 물이 채워져 있으며 헤드의 감열체가 방수구를 밀폐하여 물이 나오지 않으며, 화재 발생 시, 주변 온도가 설정 온도에 도달하면 감열체(또는 별도 감지기)가 파열 또는 용융하여 스프링클러 헤드가 즉시 개방되고, 배관 내로부터 방출된 가압수가 직접 살수하여 화재를 제어
- 헤드는 주로 조기반응형(Quick Response) 헤드를 주로 사용하는데 일반형 대비 반응 속도가 빠르며 방수가 벽체 상부까지 도달하여 벽면 연소 확산 방지를 위해 살수 패턴을 넓은 방사각으로 설계하는 것이 특징임
- 배관망은 소규모(약 25 mm) 및 단순하게 구성하여 하나의 가지배관에 최대 3개 헤드만 연결하는데, 약 80 L/min 정도의 적은 유량에서는 3개 미만 헤드만 충분히 공급 가능하기 때문
- 즉, 간이형 스프링클러는 범위·유량은 제한적이지만 초기 국지 화재 제어와 피난시간 확보에 적합한 설비임



[그림 2-1] 간이 스프링클러의 설비 계통

## ■ 간이 스프링클러 종류1)

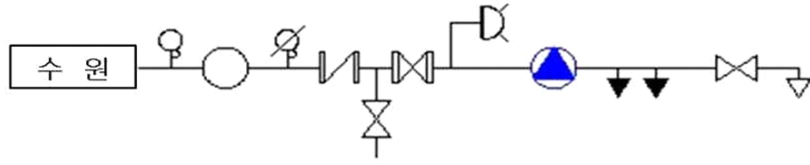
- ‘화재안전기술기준’(NFPC 103A)에서는 습식스프링클러 및 준비작동식 스프링클러로 구분하고 있으며, 신속한 화재 제어를 위해 설비방식은 습식 및 조기반응형 간이헤드를 설치할 것을 권고
- 가압송수방식에 따라서는 크게 4가지 형식으로 구분
  - 상수도 직결형
    - [그림 2-2]와 같이 수조나 펌프를 사용하지 않고 상수도에 직접 연결하여 항상 기준 압력 및 방수량 이상을 확보하는 방식
    - 화재 시 간이스프링클러설비 이외의 배관에는 급수차단장치를 설치
    - 펌프 및 저수조가 없어 가장 저렴(59ty 기준 세대당 약 1,250천원)하나, 상수도 배관 단수시 소화 장애 발생



[그림 2-2] 상수도 직결형 간이형 스프링클러

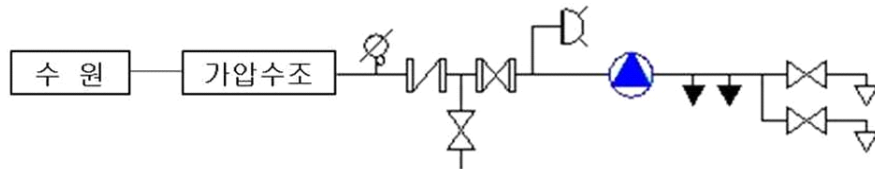
- 펌프 등 가압송수장치를 이용한 간이형 스프링클러(고가수조, 압력수조 포함)
  - [그림 2-3]과 같이 일반적 스프링클러설비와 마찬가지로 수원을 설치하고 펌프 또는 압력수조, 고가수조의 낙차를 이용해 기준 방수압력 및 방수량을 확보하는 설비
  - 충분한 수원확보로 지속적 소화가 가능하나, 펌프 및 수조 설치에 따라 고가의 설치비용 발생

1) 간이 스프링클러의 화재안전기술기준(NFPC 103A) 해설서



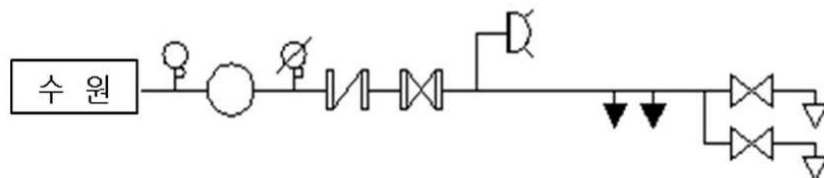
[그림 2-3] 펌프 등 가압송수장치를 이용한 간이형 스프링클러

- 가압수조를 이용한 간이형 스프링클러
  - 에어컴프레셔로 가압하는 압력수조와는 달리 무전원 방식의 고압 기체 병인 기동 용기에 고압기체를 충전하고, 화재 발생과 동시에 기동용기의 고압기체가 배출되어 가스의 압력으로 수원을 헤드로 이동시켜 기준 방수량 및 방수압을 확보하는 설비([그림 2-4] 참조)
  - 평상시 수조 내부의 소화용수는 가압되어있지 않다는 점에서 항상 압축 공기로 가압된 상태인 압력수조식과 차이



[그림 2-4] 가압수조를 이용한 간이형 스프링클러

- 캐비닛형 간이형 스프링클러
  - [그림 2-5]와 같이, 가압송수장치, 수조 및 유수검지장치등을 집적화하여 캐비닛 형태로 구성한 간이형태의 설비
  - 매층마다 별도 캐비닛 설치공간 확보가 필요



[그림 2-5] 캐비닛형 간이형 스프링클러

## 2) 간이 스프링클러 설비 관련 기준

### ■ 국내외 간이형 스프링클러 설치 관련 기준

○ 소방청 「간이스프링클러설비의 화재안전성능기준」(NFPC 103A) 및 국립소방연구원 「간이스프링클러설비의 화재안전기술기준」(NFTC 103A)

- 「소방시설 설치 및 관리에 관한 법률 시행령」에 따른 간이스프링클러 설비의 성능기준을 규정
- 간이스프링클러 설비의 수원, 가압송수장치, 방호구역 및 유수검지장치, 제어반, 배관 및 밸브, 간이헤드, 음향장치 및 기동장치, 송수구, 비상전원 등에 관한 설치 기준을 규정
- '24.12. 주택전용 간이스프링클러 설비에 관하여 아래와 같은 규정 신설
  - 상수도에 직접 연결하는 방식으로 수도용 계량기 이후에서 분기하여 수도용 역류방지밸브, 개폐표시형밸브, 세대별 개폐밸브 및 간이헤드의 순으로 설치
  - 간이헤드를 동시에 개방할 경우 각각의 간이헤드 선단 방수압력은 0.1 MPa 이상, 방수량은 50 Lpm 이상
  - 세대 내에는 소방용 합성수지배관으로 설치할 수 있음
  - 간이헤드 폐쇄형간이헤드를 사용하며, 송수구는 구경 65 mm의 단구형 또는 쌍구형으로 해야 하며, 송수배관의 안지름은 40 mm 이상
  - 가압송수장치, 유수검지장치, 제어반, 음향장치, 기동장치 및 비상전원은 적용하지 않을 수 있음

○ NFPA 13D 및 13R(미국)

- 화재로 인한 인명피해의 약 50%가 주택에서 발생한다는 통계분석결과를 바탕으로 NFPA 13(Installation of Sprinkler Systems)에서 설치기준을 규정<sup>2)</sup>
- NFPA 13D<sup>3)</sup>(단독 및 소형주택, 이동 주택용 스프링클러 설치기준)

2) 박두석(2011), '상수도직결형 간이스프링클러의 소화성능 평가 및 주택적용에 관한 연구', 연세대 박사학위논문

3) Sprinkler System in One-and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes

- 모든 자동식 스프링클러는 1개 이상의 자동급수설비를 갖춰야 하며, 거주자가 대피하기에 충분한 시간 확보를 위해 2개의 헤드가 최소 10분 이상 동시 작동할 수 있는 수원 요구
- 헤드 1개 작동시 방수량 68.1L/min, 2개일 때 49.31L/min 이상
- 헤드 1개의 최대 방호면적은 13.4㎡. 평균 설치간격은 3.7m, 최소 설치간격은 2.3m
- NFPA 13R<sup>4)</sup> (4층 이하 공동주택 대상 스프링클러 설치기준)
  - 모든 자동식 스프링클러는 하나 이상의 자동급수설비를 갖춰야 하며, 4개 헤드의 30분간 방수 만족해야 함
  - 공동주택, 기숙사, 소규모 요양원 등 거주 인원이 많은 주거시설에 적용
  - 헤드의 방수량, 방호면적, 설치간격은 NFPA 13D와 동일
- NFPA 13D/13R 모두 소화보다는 인명 피난에 중점을 두어, 설비 비용을 낮추면서도 치명적인 주택 화재를 줄이는 실용적인 법규

---

#### 4) Sprinkler Systems in Residential Occupancies Up to 4 Stories in Height

# III 간이형 스프링클러 화재제어성능 평가 방법 및 현황

## Key Point

- 간이형 스프링클러 실화재 시험방법으로 KS B ISO 6182 등의 기준 준용
- 간이형 스프링클러의 인입배관 분기위치에 따라 방수압 상이

## 1 스프링클러 실화재 관련 평가 및 시험방법

### 1) UL 1626(Standard for Residential Sprinklers for Fire-Protection Service)

#### ■ 시험 방법 주요 내용

- 주거용 스프링클러가 Flashover를 방지하고 생존 가능한 조건을 유지하도록 충분히, 신속하게 작동하는지 확인하기 위한 실내 화재시험을 제시하고 있으며, 주거환경의 펜던트형 또는 측벽형 스프링클러를 대상으로 함
- 시험실의 크기는 약 3.7 × 7.3(m) 로 제시되고 있으며, 제조업체에서 지정한 노즐간격에 따라 변경이 가능함
- 화원은 나무 받침대, 폴리에스터 폼 쿠션, 합판 패널, 목재 크립 등으로 구성된 모의 가구로 적용하고 있음
  - 폴리에스터 폼 쿠션 : 864 × 762 × 76 (mm) 크기로 'L'자 형태로 배치되거나 목재크립 옆에 수직/수평으로 나란히 배치하여 가구를 모사
  - 목재 크립(Wood Crib) : 305 × 762 × 76 (mm)크기로 제작
  - 합판패널 : 두께 6 mm의 더글러스 퍼 합판으로 화재실 구석에 1.2 m 폭의 보드로 설치하여, 화재가 벽면을 타고 천장으로 올라가는 속도를 측정하며 스프링클러가 벽면을 적셔 화재 확산을 차단하는 능력을 검증함
- Fire Source : 305 × 305 (mm) 사각 팬에 0.24 L 헵탄을 물 층 위에 띄워 사용

○ 주요 성능 기준

- 온도 제한(Temperature Limits)
  - 천장 가스 온도 (Ceiling Gas Temperature): 천장면 아래 수직 76 mm 아래에 설치된 열전대의 온도가 600 °F (316 °C)를 초과 여부
  - 거주자 생존 높이 온도 (Tenability Temperature): 바닥에서 1.6 m (5.25 ft) 높이(사람의 호흡선 위치)에서 측정된 온도가 200 °F (93 °C)를 초과 여부
  - 지속 노출 온도: 위와 동일한 1.6 m 높이에서 130 °F (54 °C)를 초과 하는 시간이 연속적으로 2분 이상 지속 여부
  - 천장 위 반자 6 mm 위의 최고 천장재 온도는 260 °C 이하
- 스프링클러 작동 제한(Number of Sprinklers)
  - 시험 중 최대 2개의 스프링클러 헤드까지만 작동
- 벽면 및 천장 손상(Damage Limits)
  - 벽면 패널 : 코너 설치 합판 패널의 관통 등 손상 여부
  - 천장 : 천장 마감재의 구조적 손상 여부
- 화재 제어 및 진압(Fire Control)
  - 시험 중 화재의 Re-ignition 여부

2) KS B ISO 6182:10(소방-자동식 스프링클러설비-제10부: 주거용 스프링클러 설비의 성능요건 및 시험방법)<sup>5)</sup>

■ 시험 방법 주요 내용

- 주거용 스프링클러의 외관, 몸체 강도, 누수 저항 및 정압강도, 작동, 작동온도, 열노출, 유량, 살수 분포, 부식, 내열, 진동, 충격 시험 등의 시험방법을 정의하며, 화재시험은 실제 화재 조건에서 스프링클러 작동에 의해 온도상승을 제한하는지 검증
- UL 1626의 화재시험 기준과 거의 동일하며 성능기준도 유사

---

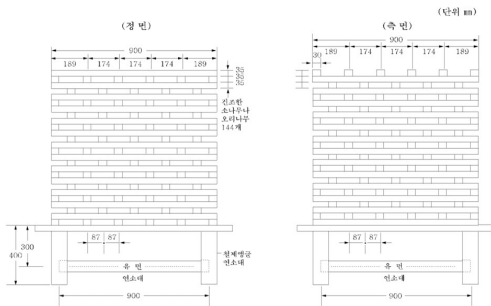
5) KS B ISO 6182-0 : 2006 소방- 자동식 스프링클러설비- 제10부: 주거용 스프링클러의 성능요건 및 시험방법의 일부 내용을 정리한 것임

- 천장아래 76 mm 지점의 최고온도 315 °C 이하
  - 바닥 위 1.6 m 지점의 최고온도 93 °C 이하이며, 온도가 2분이상 54 °C 를 초과하지 않을 것
  - 천장 반자 6 mm 위 최고 천장재 온도 260°C 이하
- 화원은 화재시험 크립(목재)와 모조가구 연료 꾸러미(2 EA)로 구성
- 목재 : 305 × 305 × 305 (mm), 2.5 ~ 3.2 kg
  - 모조가구 : 두께 76 mm의 폴리프로필렌과 폴리에스터 폼 쿠션으로 구성하여 합판에 부착
  - 목재 크립 점화는 헵탄 팬에 의해 점화, 모조가구는 헵탄을 적신 면 심지로 점화
- 시험실 크기는 최대 방호길이 두 배의 길이에 최대 방호폭 및 천장 2.4 m 높이로 하며, 양쪽 벽에 두 개의 개구부를 통한 환기 시설이 있어야 함
- 천장은 셀룰로스 재질의 방음용 판이나 석고보드로 덮음
- 작동 조건
- 두 개의 스프링클러 중 최대값의 것이 동작해야 함
  - 출입구 쪽 세 번째 스프링클러는 동작 금지
  - 두 개의 주거용 스프링클러를 위한 전체 방출물은 한 개의 스프링클러의 최소 방출물의 두 배가 되어야 함
- UL 1626과 비교할 때, 목재 화원의 높이가 305 mm (12인치)로서 UL 1626 (152 mm) 보다 높이가 2배로, 화염이 천장으로 치솟는 상승 기류의 속도와 위력이 상대적으로 강해지며, 이 경우 성능 기준을 만족하려면 스프링클러 헤드의 반응 속도 (RTI) 및 물방울 침투능력 (Penetration)이 우수해야 하기 때문에 더욱 가혹한 조건이라 할 수 있음. 즉, UL 1626 표준에 의한 성능이 만족이 되더라도, ISO 6182-10 (KS B ISO 6182-10)을 만족하지 못하는 경우가 발생할 수 있음.

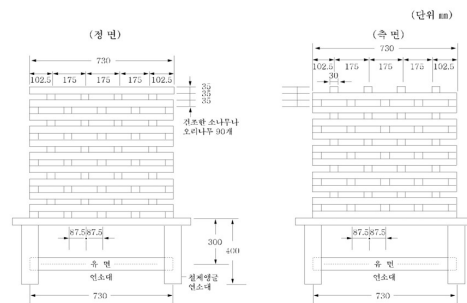
### 3) 소화기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준

#### ■ 시험 방법 주요 내용

- 「소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제36조제5항에서 「소화기 형식 승인 및 제품검사의 기술기준」에 관한 사항을 규정하고 있으며, 특히 A급화재(일반화재) 및 B급 화재(유류화재) 소화기의 “능력단위”를 측정하는 시험을 규정함
- 일부 선행연구에서 스프링클러의 작동에 의한 화재소화성을 평가하는 실화재 시험시 준용
- 기준 [별표2]에서 A급화재용 소화기의 소화능력시험을 제1소화시험으로 규정하고있으며, 시험용 화원으로 제1모형(2단위 모형) 또는 제2모형(1단위 모형)을 사용하도록 함



[그림 3-1] 제1모형(2단위모형)



[그림 3-2] 제2모형(1단위모형)

- 제1모형의 연소대에는 3 L, 제2모형의 연소대에는 1.5 L의 휘발유를 넣어 최초의 제1모형으로부터 순차적으로 점화([그림 3-1],[그림 3-2]참조)
- 소화는 최초의 모형에 불을 붙인 다음 3분 후에 시작하되, 불을 붙인 순으로 실시
- A급화재용소화기의 소화능력단위의 수치는 S개의 제1모형을 완전히 소화한 것은 2S로, S개의 제1모형과 1개의 제2모형을 완전히 소화한 것은 2S+1로 평가

## 4) 소방시설 등 성능위주설계 평가 운영 표준 가이드라인

### ■ 성능위주설계 개요

- 「소방시설 설치 및 관리에 관한 법률」 제8조, 동법 시행령 제9조, 시행규칙 제4조, 제5조 및 제13조
- 법령에 따른 설계 시 화재안전성을 확보할 수 없는 고층 건축물 등 특수한 건축물에 적합한 재료, 공간, 이용자, 화재 특성 등을 종합적으로 고려하여 공학적 방법으로 화재 위험성을 평가하고 그 결과에 따라 화재안전성을 확보할 수 있도록 특정소방대상물을 설계하는 방법
- 성능위주설계를 해야하는 대상은 연면적 20만제곱미터 이상인 특정소방대상물과 일정규모 이상의 창고시설, 철도, 공항시설, 영화관, 터널 등으로 아파트(주택 층수 5층 이상인 공동주택)는 대상에서 제외되며 50층 이상이거나 지상으로부터 높이가 200미터 이상인 아파트의 경우만 대상에 포함
- 소방자동차 진입 동선 확보 등 소방활동 접근성, 제연·소화·경보·피난구조 설비 등의 소방시설 분야, 방화구획, 특별피난 계단 등 건축 피난 방재분야 등의 내용으로 구성되어 있으며, 신뢰성을 확보한 화재·피난 시뮬레이션을 통해 인명안전을 판단하도록 하고 있음

### ■ 화재·피난 시뮬레이션의 인명안전 판단 기준<sup>6)</sup>

- 실제 건축물에서 발생 가능한 시나리오를 선정하여 가장 피해가 클 것으로 예상되는 3개 이상의 시나리오에 대해 수행하며, [표 3-1]과 같은 적용기준에 의해 판단
- 건물 용도, 사용자 중심의 일반적 화재를 가상하는 경우 건물사용자 특성, 사용자의 수와 장소, 실 크기, 가구와 실내 내용물, 연소 가능한 물질들과 그 특성 및 발화원, 환기조건, 최초 발화물과 발화물의 위치 등이 명확히 설명되어야 함

6) 소방시설 등 성능위주 설계 평가 운영 표준 가이드라인(2023), 소방청

[표 3-1] 화재·피난시뮬레이션에서의 인명안전 기준

구분	성능기준		비고
호흡 한계선	바닥으로부터 1.8m 기준		
열에 의한 영향	60℃ 이하		
가시거리에 의한 영향	용도	허용가시거리한계	단, 고휘도 유도등, 바닥유도등, 축광유도표지 설치시, 집회시설 판매시설 7m 적용 가능
	기타시설	5m	
	집회시설 판매시설	10m	
독성에 의한 영향	성분	독성기준치	기타, 독성가스는 실험결과에 따른 기준치를 적용 가능
	CO	1,400ppm	
	O2	15%이상	
	CO2	5%이하	

[표 3-2] 화재·피난시뮬레이션에서의 주택에서의 피난가능시간 기준(단위 : 분)

용도	W1	W2	W3
기숙사, 중/고층 주택 (거주자는 건물의 내부, 경보, 탈출로에 익숙하고, 수면상태일 가능성 있음)	< 2	4	> 5

※ W1 : 방재센터 등 CCTV가 갖춰진 통제실의 방송을 통해 육성 지침을 제공할 수 있는 경우 또는 경우 또는 훈련된 직원에 의하여 해당 공간내의 모든 거주자들이 인지할 수 있는 육성지침을 제공할 수 있는 경우

※ W2 : 녹음된 음성 메시지 또는 훈련된 직원과 함께 경고방송 제공할 수 있는 경우

※ W3 : 화재경보신호를 이용한 경보설비와 함께 비 훈련 직원을 활용할 경우

○ 주거용도 건물의 수용인원 산정기준은 1인당 18.6㎡

## 2 간이형 스프링클러 설치를 위한 현황 검토

### 1) 상수도 인입 급수압력 및 세대 급수관 설정압력

#### ■ 국내 상수도 급수원 기준

- 상수도 직결형 간이형 스프링클러를 적용하기 위해서는 해당 상수도의 인입 급수압의 만족 여부에 대한 확인이 필요하며, 국내 상수도 급수원 기준은 아래와 같음
  - 환경부 “상수도설계기준”(2023)에 따르면, 상수도에서의 최소동수압을 표준을 150kPa(약 1.5kgf/cm<sup>2</sup>)으로 제시<sup>7)</sup>
  - LH 설계지침(토목)에서는 [표 3-3]과 같이 관말수압은 분기하는 지점에서 배수관내의 최소동수압은 150kPa(약 1.53kgf/cm<sup>2</sup>)이상을 확보<sup>8)</sup>
    - 단지내 모든 절점에서의 최대 동수압은 500kPa(5.1kgf/cm<sup>2</sup>)수준으로 제시

[표 3-3] 직결급수시 건물 층별에 따른 배수관내 표준 최소동수압 기준

층수	배수관내 표준최소동수압(kPa)	층수	배수관내 표준최소동수압(kPa)
2	150~200	4	250~300
3	200~250	5	300~350

- 국내 상수도 공급압력은 최소 0.15MPa 이상이 되도록 기준을 정하고 있으나, 지대의 고저차 등이 이유로 공급압력이 0.1MPa 이하로 낮게 나오는 곳이 있음<sup>9)</sup>
- 따라서, 상수도 공급압력 기준에 의해 설치된 상수도에 간이형 스프링클러를 직결해 설치하더라도 적정 방수압이 확보되지 않을 수 있음

#### ■ 세대 급수관 설정 압력

- LH 설계지침(기계)에 따르면 세대 감압밸브의 설치는 미터기 보호박스내 설치하며, 이 때 설정압력은 0.25 MPa(2.5 kg/cm<sup>2</sup>)<sup>10)</sup>

7) 한국상하수도협회(2025), “상수도 설계기준 해설편 개정2판(2025)”

8) LH 설계지침(토목) 6. 상수 및 공동구 공사(2025), LH 스마트건설본부 스마트단지기술처




9) 한국안전인증원(2023), “연립, 다세대주택 전용 간이스프링클러설비 설치 방법에 관한 연구”

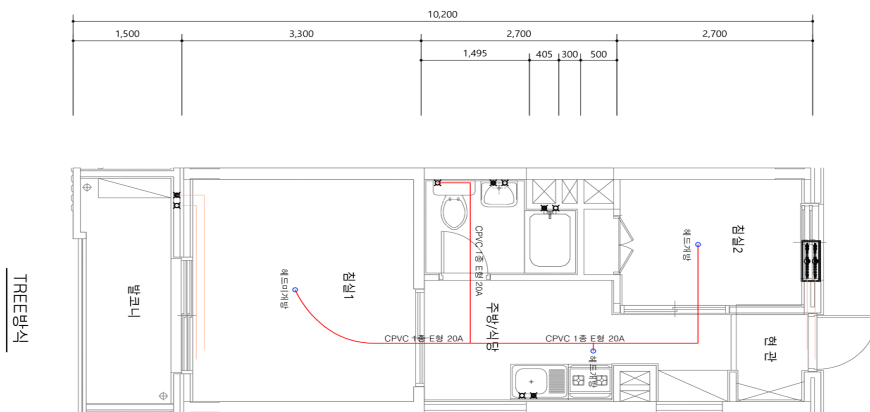
## 2) 간이형 스프링클러 설치 여건 현황

### ■ 세대내 배관 분기 방안

- 간이형 스프링클러 시범적용 세대의 현장 조사를 통해 배관 분기 가능위치의 타당성을 조사한 결과에 따르면, [표 3-4],[그림 3-3]과 같이 세대 내 급수 배관 접근성, 시공성을 고려시 욕실 내 배관 분기를 통한 방안이 가장 합리적

[표 3-4] 세대 내 배관 분기방안 비교

구분	욕실 분기	세대 PD 내 분기	주방 분기
관련 사진			
검토 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시공효율 높음(천장 활용)</li> <li>· 누수 등 대응 및 관리 용이</li> <li>· 리모델링 대상세대 효과적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 배관 매설부 최소화</li> <li>· 시공효율 높음</li> <li>· 리모델링 완료세대 효과적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 하부장 내 수납공간 감소</li> <li>· 리모델링 완료 시 다수 철거</li> </ul>



[그림 3-3] 임대주택 스프링클러 설치 평면 예시(31ty)

10) LH 설계지침(기계) 제3장 기계설비 설계기준(2023), LH 스마트건설본부 스마트주택기술처

### 3) 인입배관 분기 위치에 따른 간이형 스프링클러의 성능 비교<sup>11)</sup>

#### ■ 성능비교 개요

- 기축 임대 리모델링시 기설치 세대의 인입배관의 위치가 다른 두 세대(26Ty, 31Ty)의 간이형 스프링클러 동작시 방수량, 방수압, 살수반경을 측정
  - 방수량 : 헤드에서 방수되는 소화용수의 양을 직접 측정
  - 방수압 : 방수량을 기준으로 수계산( $Q=K\sqrt{P}$ )
  - 방사패턴 : 헤드로부터 0.5m, 1.0m, 1.5m 이치에서 방사범위(반경) 측정
- 인입배관 분기는 다음과 설정
  - 26ty : 15mm 인입배관을 입상배관에서 직접분기(입상배관 공급압력 : 7bar)
  - 31ty : 15mm 인입배관을 수도계량기 및 내부배관을 거쳐 분기(입상배관 공급압력 : 2.65bar)

#### ■ 성능비교 결과

- 성능비교 결과, 인입배관 분기가 마찰손실과 관련하여 성능에 큰 영향을 미침
- 방수패턴 및 2개 개방시를 고려할 때 간이헤드(K=50)가 공동주택용 헤드(K=80)보다 효과적인 것으로 나타남
- 리모델링 세대에 간이형 스프링클러를 설치시 계량기 이후 분기하는 경우, 헤드에서의 방수압은 0.6 bar 수준의 성능이 나타나는 것으로 판단
- [표 3-5]는 방수량, 방수압, 살수반경을 비교한 결과를 나타낸 것임

[표 3-5] 인입배관 분기에 따른 방수량, 방수압, 살수반경 비교

구분		방수량(lpm)	방수압(bar)	살수반경(m)	인입배관 분기
26ty	간이헤드 (K=50)	1개	38	0.87	입상배관에서 분기
		2개	20	0.63	
	공동주택용 (K=80)	1개	40	0.70	
		2개	20	0.50	
31ty	간이헤드 (K=50)	1개	20	0.63	수도계량기 및 내부배관 경유하여 분기
		2개	10	0.45	
	공동주택용 (K=80)	1개	20	0.5	
		2개	10	0.35	

11) 2024년 수행한 영구임대 간이형SP 소화성능 검증용역의 결과를 정리함

# IV 간이형 스프링클러 실화재 실험을 통한 화재제어성능 평가

## Key Point

- 소형 임대주택 단위세대(31ty) 1:1로 모사한 실물모형에서 실화재 실험 수행
- 세대 분기시(방수압 0.6 bar) 및 감압변 이전 분기시(공급압력 2.5 bar) 모두 초기 화재 제어에 효과적

## 1 간이형 스프링클러의 실화재 실험 개요

### 1) 실화재 시험장 및 시험체 구성

#### ■ 시험장 및 시험체 구성 일반 사항

- 실화재 실험은 [그림 4-1],[그림 4-2]와 같이 대규모 및 중규모 실물화재 시험이 가능한 38.5 × 34.5 × 20 (m) 규모, 실화재 시험시 발생하는 유해가스를 포집 및 정화하여 처리할 수 있는 집진시설 처리능력 3,000 m<sup>3</sup>/min 의 시험장에서 수행
- 소형 임대주택 단위세대(31ty)를 모사한 실물모형에 시험체를 구성하며, 시험체의 구성은 주택 시험 모형, 스프링클러 시스템, 소화수 공급 장치(물탱크, 펌프 등), 온도측정장치, 스프링클러 방수량 및 방수압력 측정장치, 제어 장치 등으로 구성



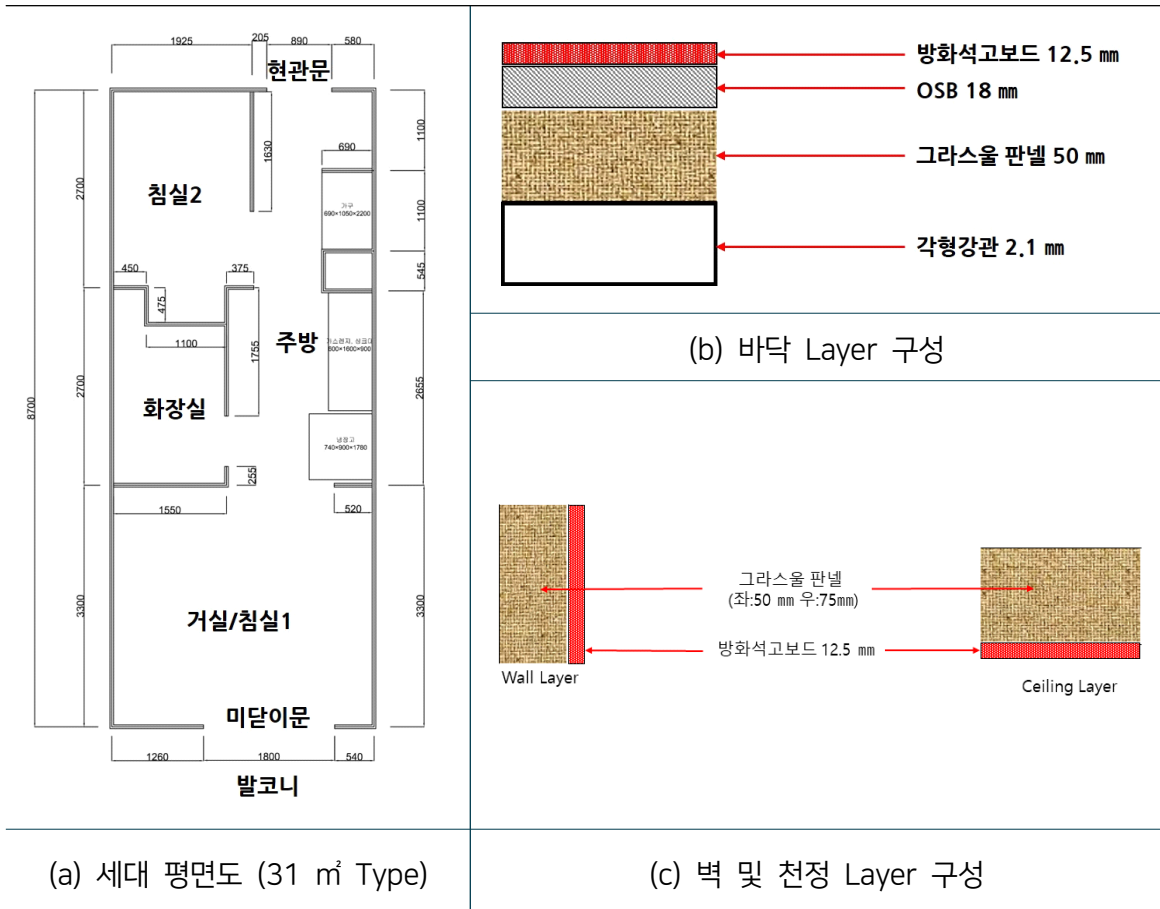
[그림 4-1] 실화재 시험장(외관)



[그림 4-2] 실화재 시험장(내부)

■ 소형 임대주택 단위세대(31ty) 모사 실물모형 제작

- [그림 4-3]과 같이 노후 임대주택 리모델링 사업 대상 세대 유형 중 대표적 타입인 31ty 평면을 대상으로 거실, 주방, 침실 등 발코니를 제외한 주요 공간 및 구획 및 주방 싱크, 냉장고 등을 1:1 스케일로 구현
- 반복시험을 고려하여 불연재료인 그라스울 패널로 벽체, 천정 및 바닥면을 구성하고, 내부는 12.5 mm 방화 석고보드로 마감
- 세대 현관문은 강재 방화문, 거실 발코니 창은 2중 유리창(1,800 × 900 mm) 시공
- 벽체의 1개 면에 화재 발생 및 스프링클러의 작동에 의한 소화를 육안으로 관찰이 가능하도록 1,200 × 600 mm 창 설치
- [그림 4-4],[그림 4-5]에 실물모형 시공 및 제작과정을 정리하였음



[그림 4-3] 실화재 시험용 Mock-up 제작



[그림 4-4] 출입문 및 가구류 등 시공사진



[그림 4-5] 실물모형 제작 사진

## ■ 시험용 간이형 스프링클러 설치

- LH 간이형 스프링클러 자체 기준에 해당하는 규격의 간이형 스프링클러 1식 설치
  - 헤드 : 폐쇄형 간이헤드(K-50, RTI 50이하)로 작동온도 72℃(주방에 설치된 헤드는 110℃)(그림 4-6)
  - 배관 : 소방용 합성수지배관 E형(20A, PE+알루미늄+PE)(그림 4-7)

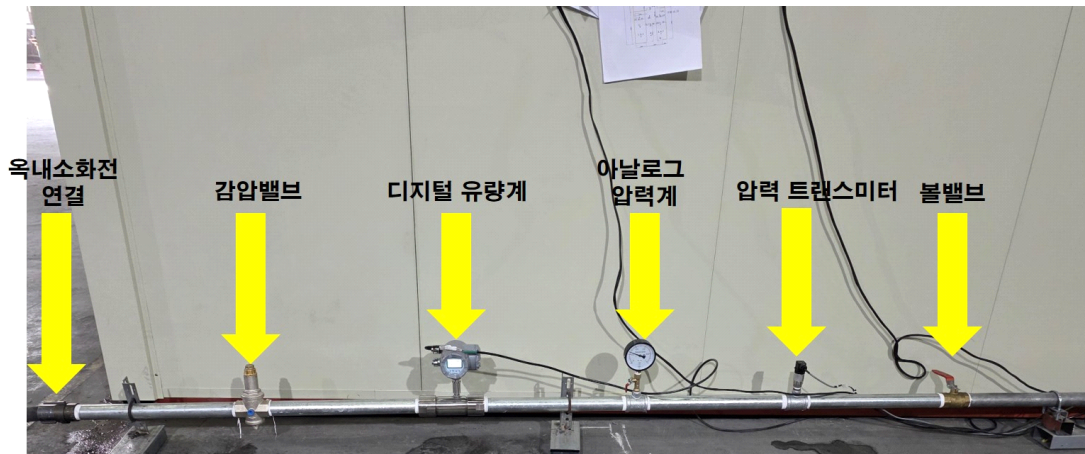


[그림 4-6] 스프링클러 헤드



[그림 4-7] 스프링클러 배관

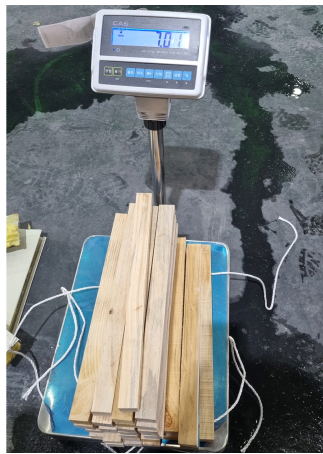
- 수원은 시험장 내 옥내소화전(송수압 4~5 bar)으로부터 공급하며, [그림 4-8]과 같이 유량계 및 압력계를 설치하고, 볼 밸브를 설치하여 압력 조절



[그림 4-8] 수원 공급관 내 유량계 및 압력계 설치

## ■ 화원 설치

- 실제 임대주택에서의 화재를 모사하기 위해 소방법 규정에 의한 소화능력 시험에 사용하는 모형을 참고하였으며, A급화재 제1모형의 1/2 크기인 450 × 450 × 320 mm으로 화원 제작(그림 4-9) 참조)
  - 목재단위 크기 30 × 35 × 450 mm인 목재 32 EA로 크립 제작하여, 목재 4개를 기준으로 8단 쌓기를 함
  - 화원의 열방출률은 250 kW/m<sup>2</sup> 로, ISO 6182-10(주거형 스프링클러 화재시험)에서 주택 화재를 모사한 화원으로 제시하는 열방출률에 해당<sup>12)</sup>
  - 이는 SFPE 방화공학 핸드북에서 소형가전 1개 또는 남성외투+커튼 1개의 화재 하중에 해당
- 목재의 함수율은 한국산업표준 KS F 8414 부속서A 목재 열원에 의하여 (10 ~ 15)%의 함수율을 가진 소나무를 화원으로 적용
- 실험시 촉진제로는 물 0.5 L 와 헵탄 0.5 L를 채운 헵탄풀을 트레이에 위치하여 착화봉으로 착화시킴
- 화원은 거실 중앙에 설치된 헤드로부터 가장 먼 위치인 모서리에 위치하여 악조건을 가정하였으며, 벽면으로부터 각각 150mm 이격시켜 설치하였음



<목재 무게 측정>



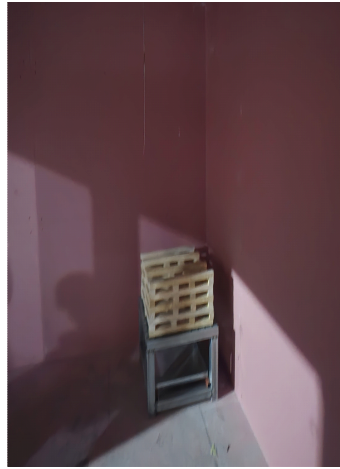
<목재 함수율 측정>

[그림 4-9] 목재화원 무게 및 함수율 측정

12) 소방청(2020), “다중이용업소의 간이스프링클러설비 개선 연구”

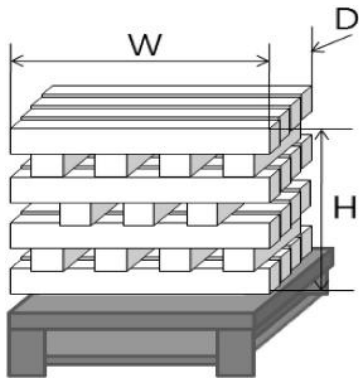


<목재 트레이>

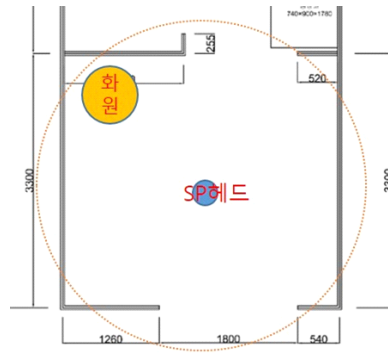


<목재 배치 위치>

[그림 4-10] 목재화원 설치 트레이 및 거실 설치 장면



[그림 4-11] 목재 크립 화원(예)



[그림 4-12] 목재화원 위치



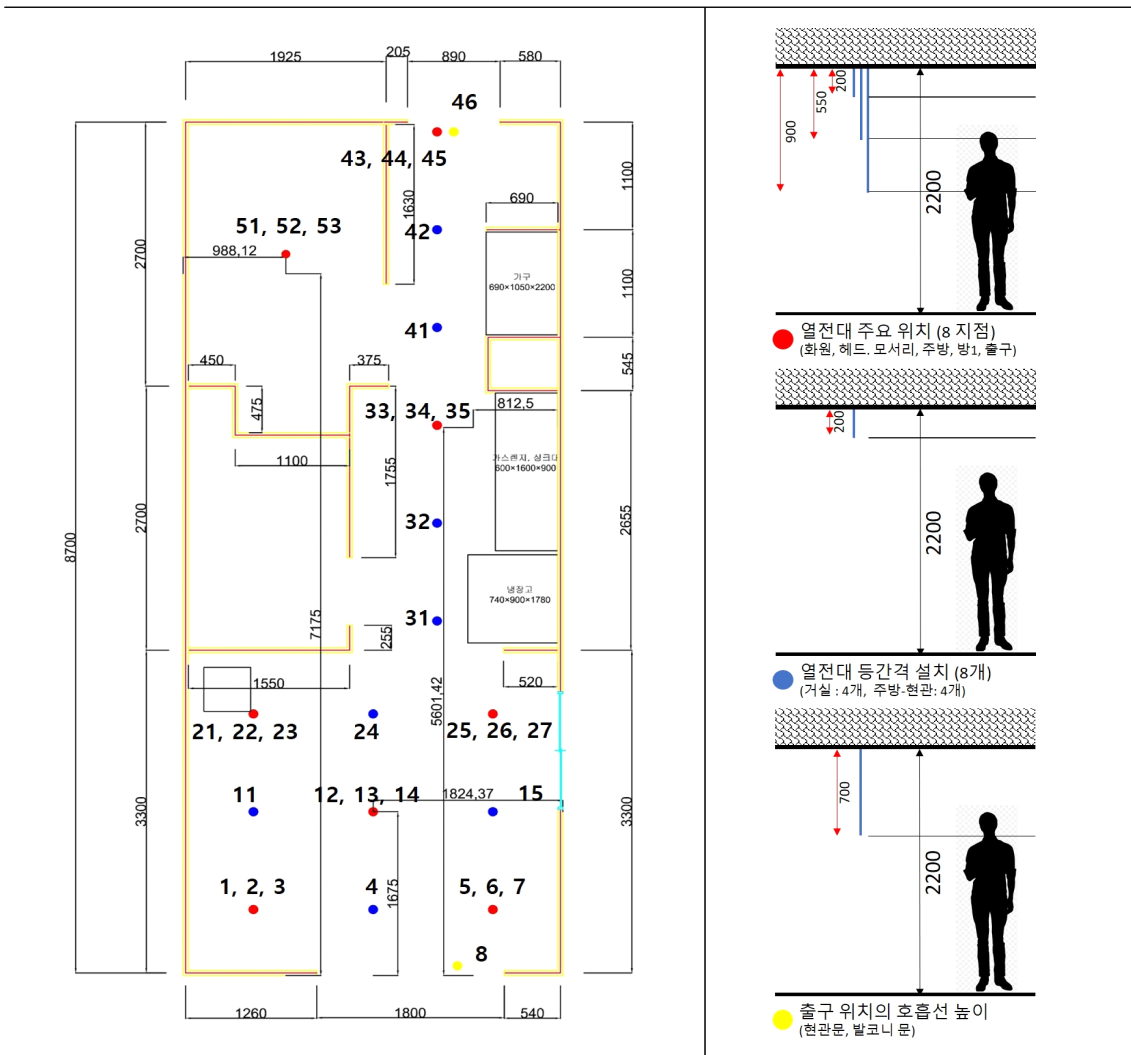
[그림 4-13] 목재화원 제작



[그림 4-14] 거실 내 목재화원 설치

## 온도측정센서(열전대) 설치

- 열전대는 외경 지름 1.5 mm 이상의 K형 열전대로서, [그림 4-15]와 같이 화원, 헤드, 거실 모서리 및 주방, 침실, 출입구 등 주요 8개 지점에 천정으로부터 200 mm, 550 mm, 900 mm 위치에 온도측정센서를 설치(빨간색 원)하며, 그 외 거실 위치와 복도부에 등간격으로 8개 지점(파란색 원)상부 천정에서 200mm (총 8개) 설치
- 현관 및 발코니 창 위치 2개 지점(노란색 원) 상부 천정에서 700 mm 위치에 추가 설치하여 총 36개 지점의 온도 측정



[그림 4-15] 실물모형에서 열전대의 배치위치

## 2) 실화재 시험 조건 및 방법

### ■ 방수압에 따른 실화재 실험 조건

- 본 연구에서는 현재 시공 및 설치 용이성을 고려하여 세대내 분기시 적은 방수압에서의 화재 제어성과, 간이형 스프링클러의 소화성을 향상하기 위한 방안으로 높은 공급압력 확보가 가능한 감압변 이전 분기시 충분한 방수압이 확보되었을 때 두 가지 경우를 평가
- 배관 및 부속의 마찰 저항 손실을 계산하여 Case 1의 경우 감압변 이전 공급압력으로부터 방수압력을 산정하고, Case 2의 경우에는 선행 조사에 의해 방수압력을 파악하였으므로 방수압력으로부터 공급압력을 산정함
- 소방배관의 마찰 저항 손실은 유체가 배관을 흐르면서 발생하는 에너지 손실로서, 헤이젠-윌리엄스(Hazen-Williams) 방정식 등으로 계산함. 이때, 마찰 저항손실은 배관 길이, 직경, 유속, 배관의 거칠기(조도)에 비례하여 증가.

#### [헤이젠-윌리엄스(Hazen-Williams) 방정식]

$$P = 6.053 \times 10^4 \times \frac{Q^{1.85}}{c^{1.85} \times d^{4.87}} \times L \text{ (MPa)}$$

P : 마찰손실압력 (MPa)

Q : 유량 (L/min)

C : 관 마찰손실계수(상수) 탄소 배관 120, PE 배관 152

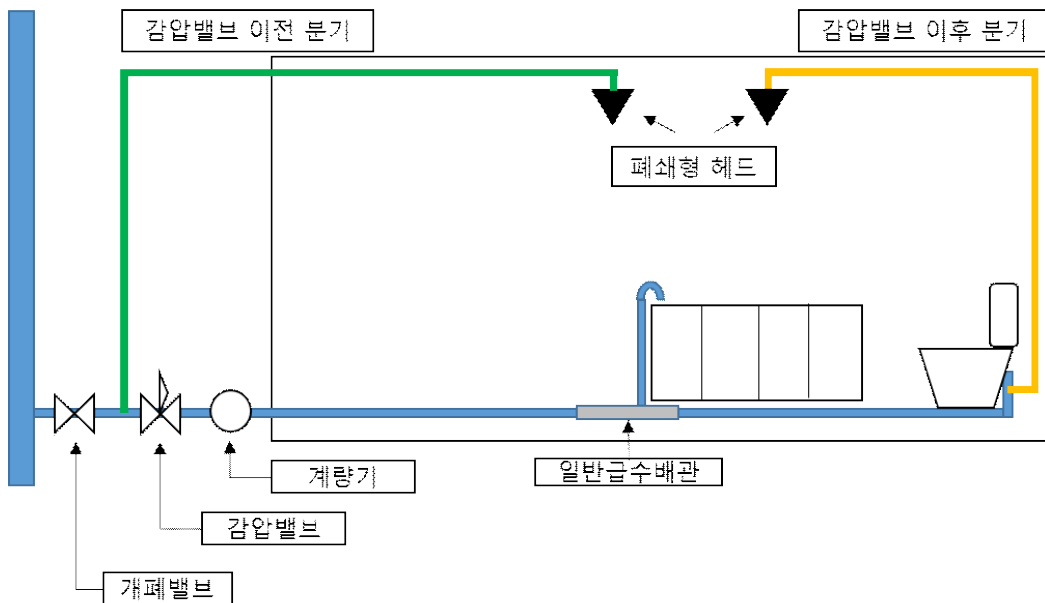
d : 관의 내경 (mm)

L : 배관의 길이(m)

○ 따라서, 본 실험에서는 Case 1과 Case 2에 대해 아래와 같이 공급압력과 방수압력을 설정함.([그림 4-16] 참조)

- 간이형 스프링클러의 세대내(감압변 이후 분기) 분기시 헤드에서 약 0.6 bar 수준의 방수압으로, 이는 법적기준 1 bar에는 못미치는 수준
- 입상배관에서 감압변 이전 분기시 2.5 bar 수준의 공급이 가능하며, 헤드에서 약 2.0 bar 방수압으로 나타남

- [Case 1] 충분한 방수압에서의 화재 제어 성능평가  
⇒ 공급압력 : 2.5 bar/ 헤드 방수압 : 2.0 bar
- [Case 2] 적은 방수압에서 화재 제어 성능 평가  
⇒ 공급압력 : 1 bar/ 헤드 방수압 : 0.6 bar



[그림 4-16] 배관 분기에 따른 실험 조건

■ 실화재 실험 순서 및 측정내용

- 화원 점화 ⇒ 스프링클러 작동 및 소화 ⇒ 온도, 작동시간, 방수량 및 방수압력 등 측정 ⇒ 진화 후 완전 소화 여부 확인 순으로 진행
- 실물모형 내 화재가 성장할 수 있는 정도의 공기 유입을 위해 발코니창 30cm 개방하되 현관문은 닫고 실시
- 실험시 실화재 발생 후 스프링클러 가동에 따른 온도-시간 그래프, 방수량 및 방수압, 화재실 온도를 측정하며, 실험수행 Time-line 별 열화상 카메라와 동영상 촬영을 통해 시각화된 데이터를 취득
  - 스프링클러 작동에 의한 화재 제어 및 소화 가능여부 판정, 화재시 인명 안전 및 피난 관련 기준 비교



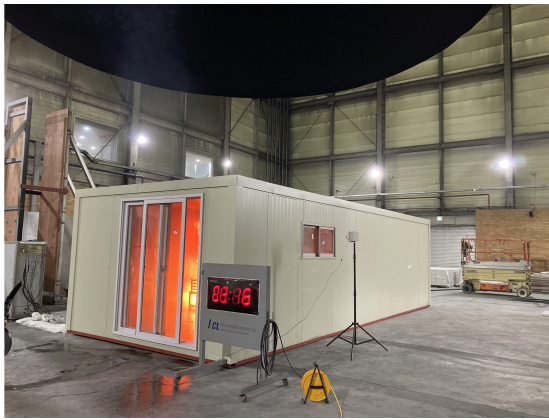
[그림 4-17] 실화재 시험용 스프링클러 설치

## 2 간이형 스프링클러의 실화재 실험 결과 및 화재제어성능 평가

### 1) 실험 수행

#### ■ 실험수행 사진

- Case 1(공급압력 2.5 bar/ 방수압 2.0 bar) : 충분한 공급압력 확보시 간이형 스프링클러의 화재제어성능 실화재 시험 실시([그림 4-18],[그림 4-19] 참조)



(a) 거실 내 화원 발화(발코니 측)



(b) 발화 직후 거실 측벽 관측창



(c) 거실 내 화원 연소(발코니 측)



(d) 연소 직후 거실 측벽 관측창

[그림 4-18] 실화재 시험 외부 관찰(CASE 1)



(a) 거실 내 스프링클러 부위



(b) 거실 내 화원 부위



(c) 시험 종료 거실 내부(발코니 측)



(d) 시험 종료 거실 내부(현관 측)

[그림 4-19] 실화재 시험 종료 후 내부 관찰(CASE 1)

○ Case 2((공급압력 1.0 bar/ 방수압 0.6 bar)) : 세대내 배관 분기시 간이형 스프링클러의 화재제어성능 실화재 시험 실시([그림 4-20],[그림 4-21] 참조)



(a) 거실 내 화원 발화(발코니 측)



(b) 발화 직후 거실 측벽 관측창



(c) 거실 내 화원 연소(발코니 측)



(d) 연소 직후 거실 측벽 관측창

[그림 4-20] 실화재 시험 외부 관찰(CASE 2)



(a) 거실 내 스프링클러 부위



(b) 거실 내 화원 부위



(c) 시험 종료 거실 내부(발코니 측)



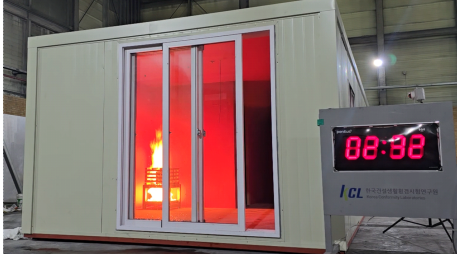

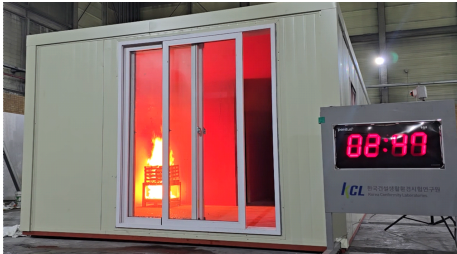


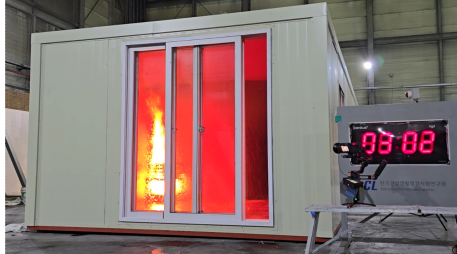


(d) 시험 종료 거실 내부(현관 측)

[그림 4-21] 실화재 시험 종료 후 내부 관찰(CASE 2)

○ 실험시간별 동영상 촬영 비교([표 4-1])

[표 4-1] 시험시간별 비교

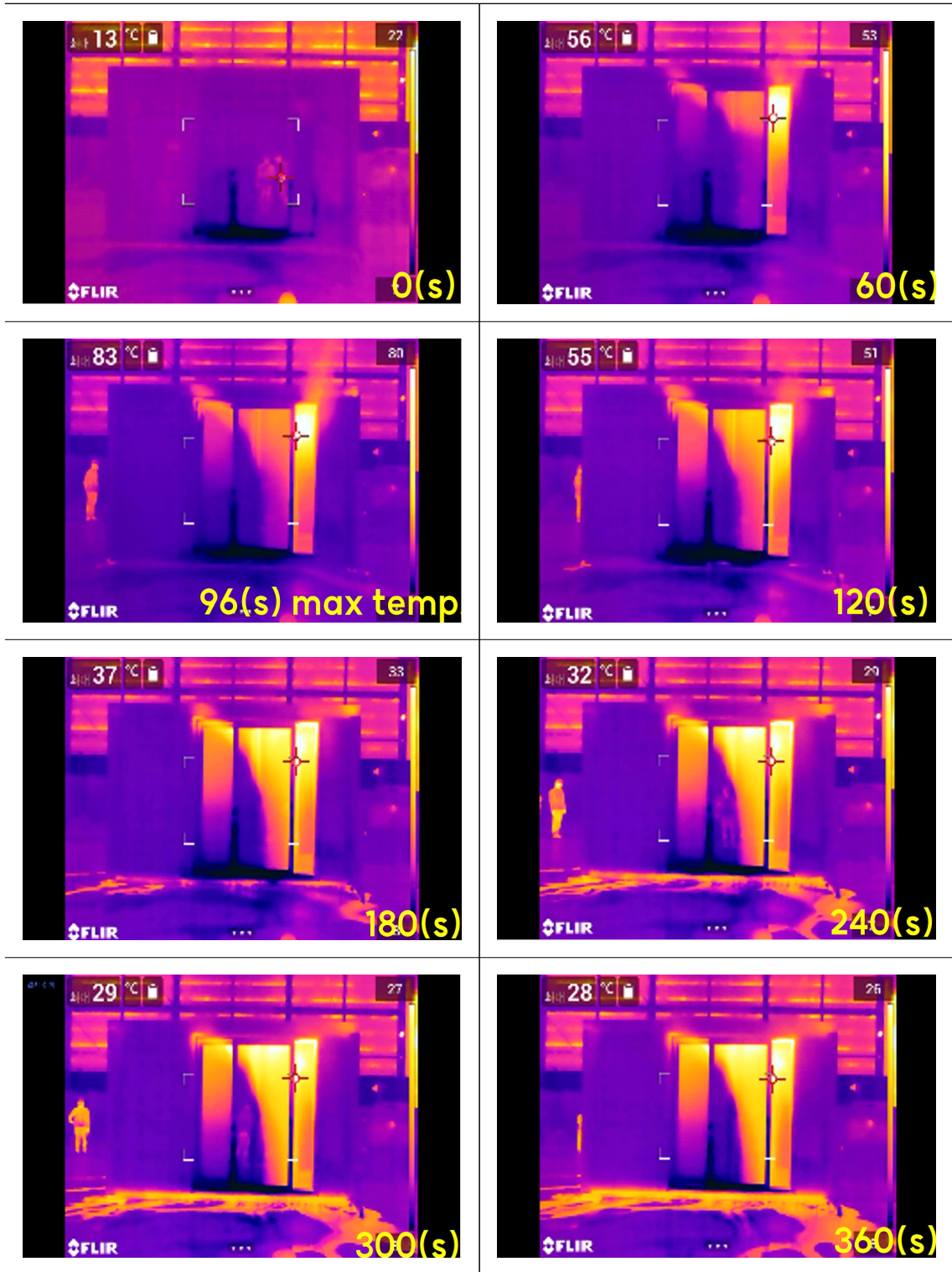
구분	CASE 1	CASE 2
발화		
30"		
45"	 <p data-bbox="529 1435 740 1473">(방수시작 : 53")</p>	 <p data-bbox="1023 1435 1233 1473">(방수시작 : 42")</p>
1' 00"		

[표 4-1] 시험시간별 비교(계속)

구분	CASE 1	CASE 2
1' 30"		
2' 00"		
3' 00"		
개방시간	발화 후 약 53"	발화 후 약 42"
소화시간	스프링클러 작동 후 약 1' 17"	스프링클러 작동 후 약 1' 40"

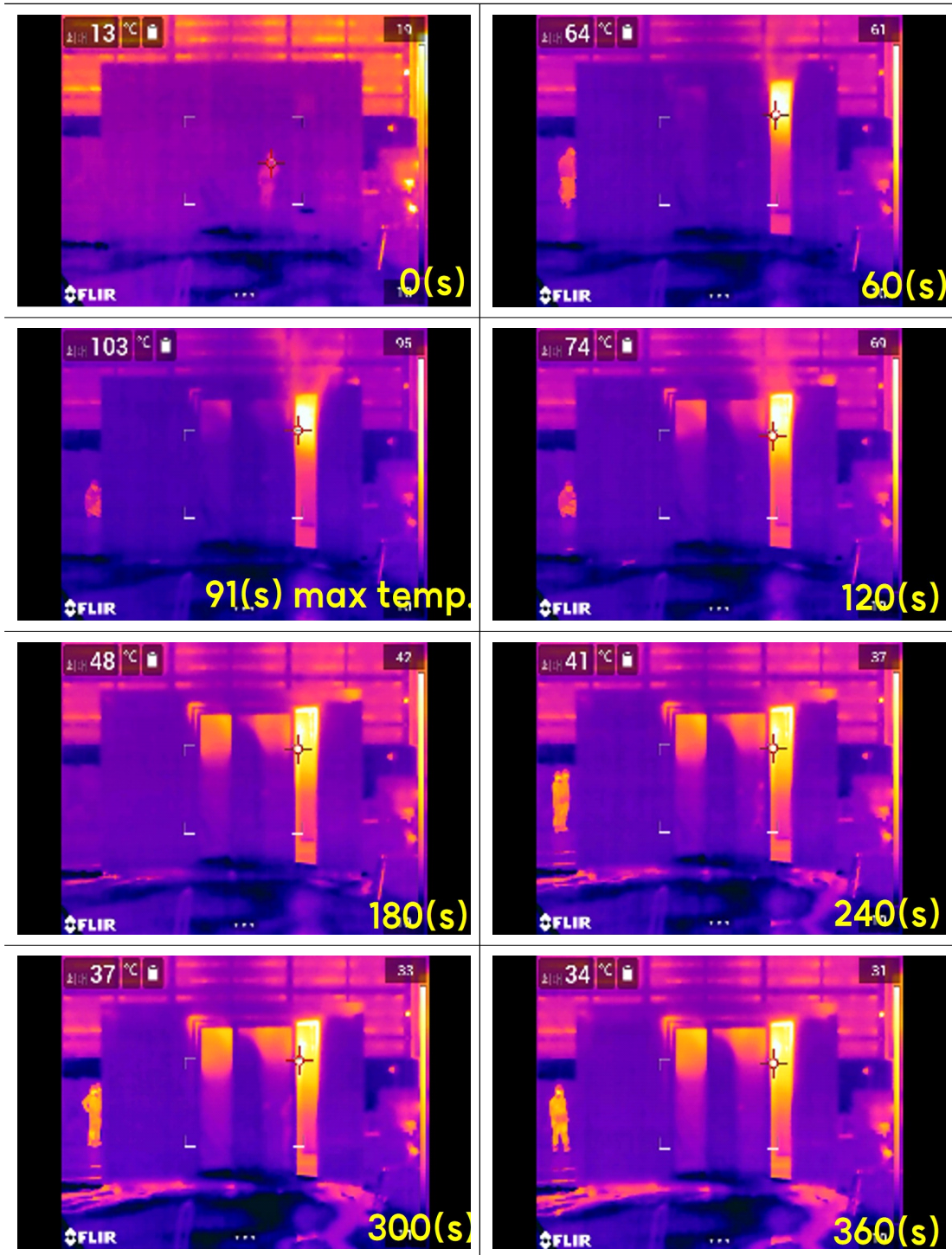
\* 헤드방수압력 : CASE-1 2.0 Bar, CASE-2 0.6 Bar

○ 열화상 사진 비교(Case 1, 공급압력 2.5 bar)([그림 4-22])



[그림 4-22] 시험시간별 열화상 사진 비교(Case 1)

○ 열화상 사진 비교(Case 2, 방수압력 0.6 bar)([그림 4-23])

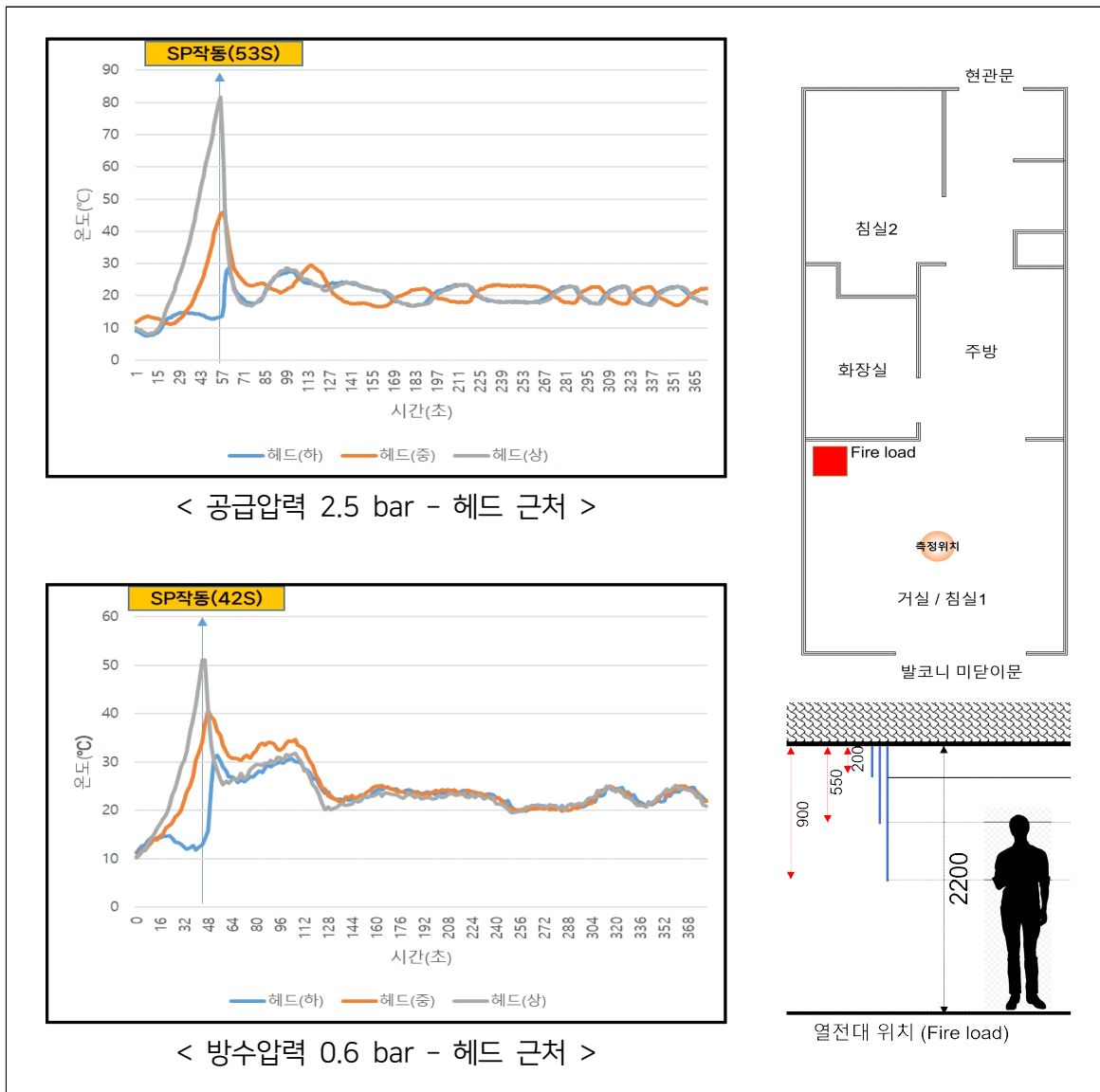


[그림 4-23] 시험시간별 열화상 사진 비교(Case 2)

## ■ 주요 측정지점에서의 온도변화 결과 분석

○ 스프링클러 헤드 주변(천장 200 mm 아래)에서의 온도([그림 4-24])

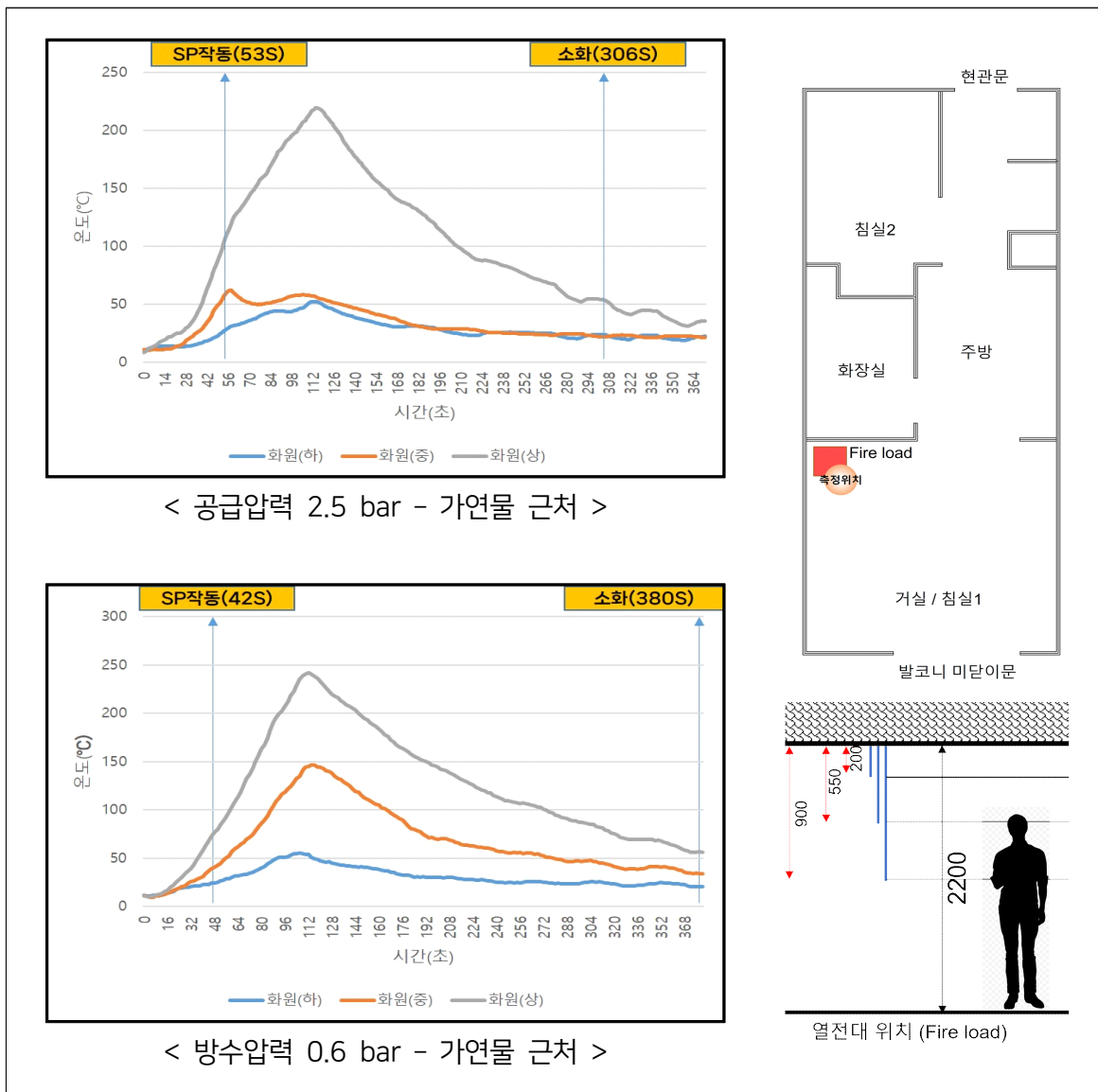
- Case 1 (공급압력 2.5 bar) - 스프링클러가 점화(0초) 이후 53초 경과시 점에서 작동하였으며, 헤드 상단부측 온도는 약 77.7℃.
- Case 2 (방수압력 0.6 bar) - 스프링클러가 점화(0초) 이후 44초 경과시 점에서 작동되었으며, 헤드 상단부측 온도는 약 51.1℃.
- Case 1, Case 2 모두 헤드 주변의 온도는 스프링클러 작동이후 즉시 하강



[그림 4-24] 스프링클러 헤드 주변에서의 온도변화(천장 200 mm)

○ 화원(가연물) 주변(천장 200, 550, 900 mm 아래)에서의 온도([그림 4-25])

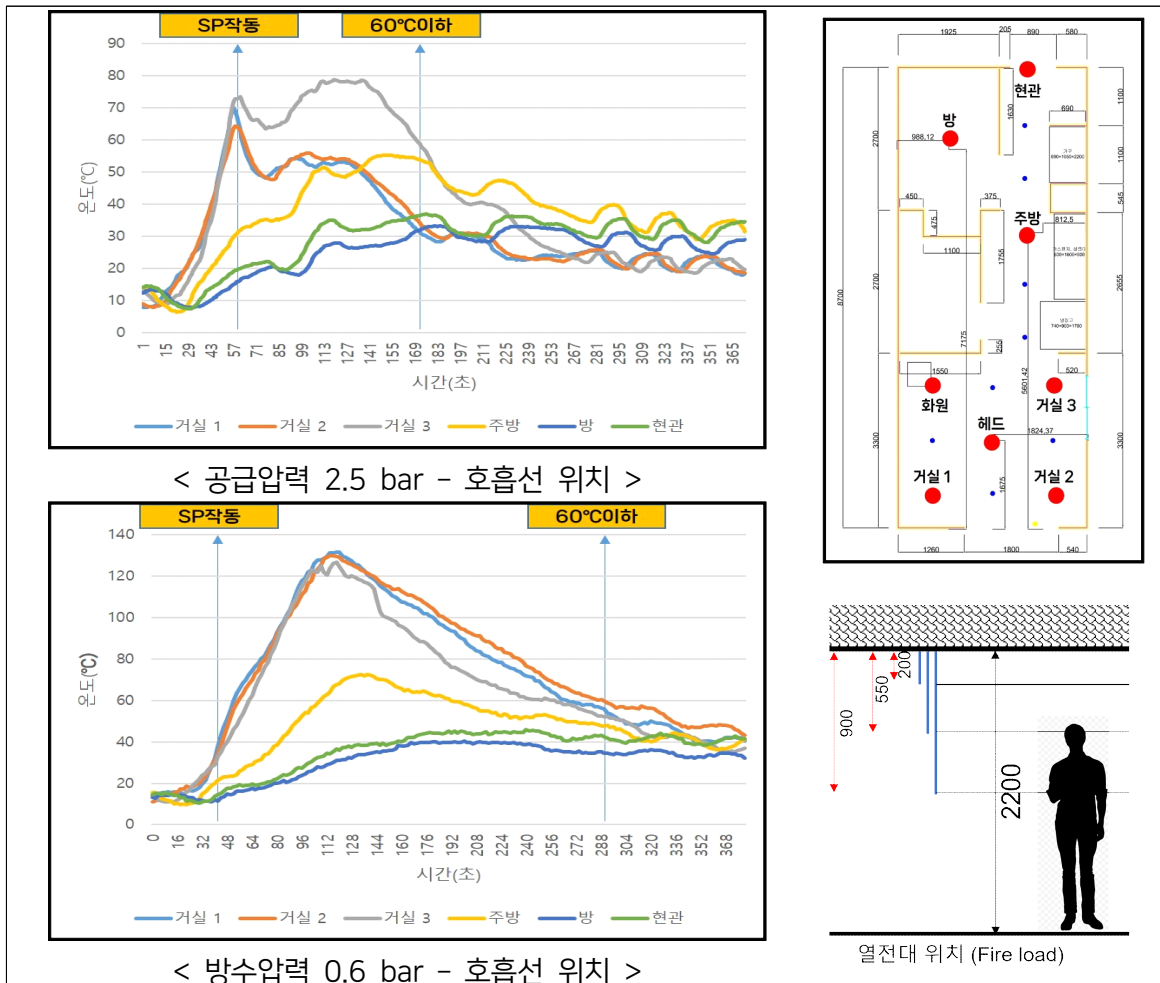
- Case 1 (공급압력 2.5 bar) - 스프링클러 작동 시점(53초) 화원 상단부 온도는 약 98℃에서 작동 후 60초 경과시점에 최대온도 약 219℃를 기록
- Case 2 (방수압력 0.6 bar) - 스프링클러 작동 시점(44초) 화원 상단부 온도는 약 68℃에서 작동 후 72초 경과시점에 최대온도 약 240℃를 기록
- Case 1의 경우 스프링클러 작동 후 약 250초 경과 후, Case 2의 경우 340초 경과시점부터 50℃ 이하로 하강하며 소화가 된 것으로 판단됨



[그림 4-25] 화원(가연물) 주변의 온도변화(천장 200, 550, 900 mm)

○ 주요 거주위치(약 1.6 m 높이)에서의 온도(그림 4-26)

- 주요 거주위치(거실, 주방, 침실, 현관) 호흡선(1.6m 높이)의 온도-시간그래프
- Case 1 의 경우, 스프링클러 작동(53초) 후 거실 온도는 최대 약 78℃ 까지 상승하며, 작동후 약 117초 시점 부터 60℃ 이하로 하강하였음. 주방에서는 60 ℃ 이상 초과하지않으며 화원과 떨어진 침실, 현관에서는 40 ℃ 이하로 유지.
- Case 2 의 경우, 스프링클러 작동(44초) 후 거실 온도는 최대 약 130℃ 까지 상승하며, 작동후 약 250초 시점 부터 60℃ 이하로 하강하였음. 주방에서는 (108~192", 84초간) 60 ℃ 초과하여 최대 72℃ 까지 상승하며, 침실과 현관에서는 45 ℃ 이하로 유지
- Case 2에서는 Case 1 보다 작은 살수반경으로 직접적인 냉각이 상대적으로 적게 나타난 것으로 사료됨



[그림 4-26] 주요 거주위치에서의 온도변화(높이 1,600 mm)

## V

## 연구결과 종합 및 결론

Key  
Point

- 간이형 스프링클러 확대설치를 위한 방안 제안
- 본 연구의 한계 및 향후 연구방안

### ■ 기축 임대주택 소방시설 강화를 위한 간이형 스프링클러의 실화재 실험 필요

- 최근 스프링클러 미설치된 노후 공동주택에서의 화재 발생으로 인한 인명 피해 발생 등 노후화된 기축 임대주택에 대한 소방시설 강화방안 마련이 시급
  - 노후 임대주택의 소방 시설 강화를 위해 설치가 용이하고 비용이 저렴한 급수배관 직결방식의 'LH형 간이 스프링클러(간이형 스프링클러) 설치 추진 중
  - 현장 시공 여건을 고려하면 세대내 인입배관으로부터 분기한 방식이 설치 용이하나, 주택전용 간이 스프링클러의 법적 성능기준에 못 미치는 성능 확인
  - 기축 임대주택은 법적 의무 대상은 아니나 안정적 화재 제어성능 만족을 위해 법적 기준 이상의 소화성능을 확보하는 것이 필요
  - 입상배관으로부터 세대 감압변 직전 분기시 충분한 공급압력(2.5 bar)을 확보할 수 있으나 모든 세대에 가능한 방안은 아님
- 본 연구는 간이형 스프링클러의 성능 향상 방안과 기존 방안에 대한 화재 제어성능의 가시적 효과를 확인하기 위해 실화재 실험을 수행하여 소화성능을 평가하고, 현장에서의 확대적용을 위한 기초자료로 활용

### ■ 간이형 스프링클러의 실화재 실험 수행

- 임대주택 단위세대 31ty을 1:1로 모사한 실물 모형에 LH 설치기준에 부합한 간이형 스프링클러 1식을 설치하여, 250 kW 열방출률의 목재크립 화원으로 중대형 실화재 실험이 가능한 시험장에서 2건의 실화재 실험 수행
  - (Case 1) 충분한 공급압력 일 때(공급압력 2.5 bar/ 방수압 2.0 bar)
  - (Case 2) 세대 내 분기하여 급수배관 직결하는 경우(공급압력 1.0 bar/

방수압 0.6 bar)

- 실화재 실험 결과, Case 1 과 Case 2 모두 화재 발생 후 1분 이내 스프링클러가 동작하기 시작(42초, 53초)하였으며, 방수압이 높은 Case 1 의 경우 동작 후 1분 17초 시점에서 화원에서의 화재가 소화되었으며, 방수압 0.6 bar 인 Case 2에서는 이보다 다소 늦은 1분 40초 시점에서 소화 확인
  - 세대 내 분기한 Case 2 의 경우 Case 1 보다 약 23초 소화가 늦었으나, 화재 발생으로부터 소화까지 걸린 시간은 2분 33초로 초기 화재 제어에 기여함을 확인하였음
  - 이는 실제 화재에서는 가연물의 특성이 현장마다 상이하나, 250 kW 급 화재(커튼1개+성인 남성용 점퍼 1개, 주택화재 모사의 발열량)를 대상으로 충분한 화재제어 성능을 발휘한 것으로 판단
  - 특히 소형 임대주택(31ty) 규모의 간이형 스프링클러에서는 화재 발생시 방수압 보다 헤드의 짧은 반응시간을 통한 초기 화재 대응이 화재 제어 성능에 중요한 것으로 판단됨
- 즉, 본 연구에서 수행한 실험 결과에 따르면 노후 임대 공동주택에 간이형 스프링클러를 설치할 경우, 감압변 이전 입상배관에서 분기시(Case 1) 간이 스프링클러의 화재안전성능기준(NFPC 103A)의 방수압력 기준 1.0 MPa 보다 상회하는 방수압력(2.5 MPa) 확보가 가능하여 화재 제어에 충분한 성능을 발휘하므로 현장여건이 가능한 경우 가급적 감압변 이전 분기방안을 권장
- 현장 여건에 따라 감압변 이후 분기가 불가피할 경우(Case 2) 현재 주택전용 간이형 스프링클러의 성능기준 이하의 방수압(0.6 bar)이나, 본 연구과제에서의 실화재 실험에 의한 화재제어성능 평가 결과 250kW 화재하중의 소규모 화재시 초기 화재 대응과 피난에 유의미한 성능으로 판단됨
  - 단, 본 실험 조건과 동등한 성능 이상의 간이헤드 최소 성능 기준(RTI 50 이하 폐쇄형 간이헤드, 작동온도 72℃)을 준수하여 짧은 반응시간의 확보는 반드시 준수해야할것으로 판단됨
- 후속 연구에 의해 간이 스프링클러의 소화성능 및 시공성 등이 추가 검증된다면 기축 임대의 리모델링 등 법적 허용범위 내에서 간이 스프링클러의 확대 적용이 가능하여 비용 절감효과를 기대할 수 있음
  - 전용 스프링클러 대비 약 20%의 비용으로 설치 가능('23년도 설계기준 전용 스프링클러 620만원/호, 간이 스프링클러 100만원/호)

- 본 연구결과의 활용을 위해서 다음과 같은 점이 추가적으로 고려되어야 하며, 본 연구과제와 연계하여 후속 연구과제의 추진이 필요함
  - 본 연구에서는 회원과의 거리를 최대한 이격시키기 위해 실험시 거실 중앙에 헤드를 설치하였으나, 실제 설치위치는 조명 설치 위치 등과 간섭을 피하기 위해 상이함. 또한 다양한 단위세대 규모와 평면 구조, 헤드의 살수 반경을 고려할 때 FDS와 같은 시뮬레이션 등 비교 검증이 반드시 필요함
  - 본 연구과제에서는 두 방수압력 조건에서의 1회의 실화재 실험으로 결과를 도출하였기에, 재현성 및 신뢰성 확보를 위해서는 반복 실험을 통한 검증이 필요하며, 같은 조건에서 스프링클러가 작동하지 않는 상황에서의 화재에 대한 실화재 실험 결과를 추가 수행하여 본 실험 결과와 비교할 필요가 있음
  - 실제 임대주택에서의 가연물은 본 연구에서 설정한 가연물과 상이할 수 있으며, 주택 화재에서 발생 비중이 큰 주방에서의 화재는 본 연구과제에서 설정한 가연물보다 열방출률이 큰 유류화재로서, 향후 임대주택에서의 실제 가연물 조사 내용을 바탕으로 다양한 화재 유형을 고려하여 추가 검증이 필요함
  - 급수직결 간이형 스프링클러 설치시 세대 내 분기하는 경우에도 충분한 화재 제어성능이 확보 가능하지만, 현재 간이형 스프링클러의 설치가 법적 의무사항이 아님에도 불구하고 실제 간이형 스프링클러의 설치 이후 발생할 수 있는 민원이나 향후 법적 기준 강화, 단수 등 급수직결형 스프링클러가 작동하지 않을 수 있는 상황 등에 대비하기 위한 보조적 소화 방안 필요
    - 주방 자동소화설비, 마감재 방염 등의 추가 소화 시설 설치 또는 시공 등의 고려가 필요하며, 우리나라보다 간이형 스프링클러의 성능 기준이 낮은 일본의 경우 준불연·난연 기준을 요구하고 있어 이와 같은 조건을 참고할 수 있음
    - 임대주택의 소방시설 강화를 위해 소화성능 검증시 스프링클러 단독이 아닌 타 소화시설과 종합적인 적용방안에 대해 소화성능을 판단하기 위한 연구수행이 필요
  - 감압변 이전 입상배관에서 분기하는 경우 충분한 공급압으로 보다 확실한 화재 제어성능 확보가 가능하므로 감압변 이전 분기 시공이 용이한 현장에서 최대한 적용을 권장하나, 방수압 증가시 헤드에서의 살수 분포나 물방울의 양상이 달라질 수 있어 감압변 이전 공급압력 적용시 적정한 헤드 등 추가적인 적용방안의 검증이 필요함

## ■ ■ 참고문헌

- KS B ISO 6182-10 :2006 소방-자동식 스프링클러설비- 제10부 : 주거용 스프링클러의 성능요건 및 시험방법, 산업표준심의회(2007)
- UL 1626. Standard for Residential Sprinklers for Fire-Protection Service. Underwriters Laboratories Inc., (2008)
- UL 199. Standard for Automatic Sprinklers for Fire-Protection Service. Underwriters Laboratories Inc., (2020)
- 간이스프링클러설비의 소화성능 특성에 관한 연구, 한국화재소방학회 추계학술발표대회, 윤계원(2003)
- 간이스프링클러설비의 화재안전성능기준(NFPC 103A), 소방청고시 제2024-3호(2024)
- 강구조 건축물의 성능기반 내화설계 지침, 대한건축학회, 한국강구조학회(2022)
- 공동주택 발화원인 분석 및 개선방안에 관한 연구-아파트 중심으로, 한국방재학회, 고지훈 외(2023)
- 다중이용업소에 설치하는 간이스프링클러설비의 화재 제어 성능에 관한 실험적 연구, 한국 위험물학회 논문집, 박정화 외(2019)
- 단독주택의 간이스프링클러설비 적용에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문집, 홍성우 외 (2008)
- 상수도 직결형 간이 스프링클러설비 개발, 한국소방검정공사(2008)
- 상수도직결형 간이스프링클러설비의 소화성능 평가 및 주택적용에 관한 연구, 연세대학교 석사학위 논문, 박두석(2011)
- 상수도 직결형 스프링클러의 소화 성능에 관한 연구, 한국방재학회 논문집, 정종진 외(2011)
- 소방시설등 성능위주설계 평가 운영 표준 가이드라인, 소방청(2025)
- 소화기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준, 소방청(2025)
- 실물화재실험을 통한 공동주택의 화재안정성 연구, 한국화재소방학회 논문집, 유용호 외(2009)
- 실화재실험을 통한 상수도 직결형 스프링클러시스템의 성능에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문집, 정종진 외(2011)
- 연립,다세대주택 전용 간이스프링클러 설비 설치 방법에 관한 연구, 한국안전인증원(2023)
- 주택용 간이스프링클러 설비의 화재안전기준 개발 연구용역. 한국소방안전협회(2012)