

주거형 스프링클러 헤드의 소화성능에 관한 연구

김기옥, 김동석, 안병호, 윤명오*

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원, 서울시립대학교*

An Experimental Study on Fire Extinguishing Performance of Residential Sprinkler Head

Ki-Ok Kim, Dong-Suk Kim, Byoung-Ho Ahn, Myung-O Yoon*

Fire Insurers Laboratories of Korea, a Subsidiary Of Korean Fire Protection Association,
University of Seoul*

1. 서론

국내 스프링클러 헤드 관련 규정을 살펴보면 스프링클러헤드의 형식승인 및 검정 기술기준 (KOFEIS 0501)에서는 스프링클러 헤드의 종류를 표준형, 화재조기집압형 및 주거형으로 분류하여 각각의 성능규정을 정하고 있다. 또한 “주거형 스프링클러헤드”라 함은 폐쇄형헤드의 일종으로 주거지역의 화재에 적합한 감도·방수량 및 살수분포를 갖는 헤드를(간이형 스프링클러헤드를 포함한다) 말한다.” 라고 정의하고 있고 화재안전기준(행정자치부고시 제2004-6호)에서는 “공동주택에서는 조기반응형 스프링클러헤드를 설치하여야 한다”라고 규정함으로써 방호대상물의 특성에 따라 즉, 주거용도의 건물에 적합한 성능을 갖는 스프링클러 헤드의 설치를 의무화 하고 있다. 그러나 실제 주거용도 건물에 설치된 스프링클러 헤드는 용도별 구분 없이 표준형의 감도, 방수량 및 살수분포 특성을 갖는 스프링클러 헤드를 설치하고 있어 소화성능의 신뢰성에 문제가 있을 것으로 사료된다. 이에 본 연구에서는 실험으로 통하여 검증된 조기반응형의 감도특성과 벽면 및 바닥면에 일정 성능이상의 방사특성을 갖는 주거형 측벽형 스프링클러 헤드를 길이 4.2 m, 폭 8.1 m, 천정높이 2.4 m의 시험실에 설치하여 화재시험을 실시함으로써 주거형 스프링클러 헤드의 소화성능에 대한 자료를 확보하였으며 향후 본 연구결과가 주거형 스프링클러 헤드의 개발 및 주거용도의 건물에 설치의 활성화에 기여할 것으로 기대된다.

2. 실험

2.1 감도실험(Sensitivity Test)

화재시 발생하는 열기류에 의한 스프링클러 헤드의 작동시간을 감도특성으로 표준화하

여 설치장소의 용도, 높이 등에 따라 스프링클러 헤드를 선정하여 설치할 수 있도록 스프링클러 헤드의 감도특성을 정량화하기 위한 시험으로, 평균 작동온도 72.4 °C의 퓨지블 링크형 감열체를 이용하였다. 시험용 감열체를 스프링클러 헤드 본체에 조립한 후, 열기류 온도 135 °C, 열기류 속도 1.8 m/s의 폐쇄형 풍도내에 스프링클러 헤드를 투입하여 스프링클러 헤드의 작동시간을 측정함으로써 반응시간지수(Response Time Index : RTI)를 산출한 결과 평균 반응시간지수 46.4 (m · s)^{1/2}를 나타냈다.

2.2 살수분포시험(Water Distribution Test)

살수분포시험은 스프링클러 헤드로부터 방사되는 물이 설계사양 또는 법에서 정하는 스프링클러 헤드의 포용반경 이내의 각 방향으로 균일하게 일정량 이상 방사되는지를 확인하기 위한 시험으로 화재제어(fire control) 또는 화재진압(fire suppression) 성능에 있어 중요한 성능요소이다. 주거형 스프링클러 헤드의 살수분포 성능기준은 방호하고자 하는 구역의 바닥면과 벽면에 방사되는 방사량을 기준으로 하고 있으며, 벽면 살수분포의 경우 각 벽면에 방사되는 방수량 외에 추가로 천정으로부터 일정 높이 이상의 방사 높이를 성능기준으로 정하고 있다. 본 연구에서는 15.12 m²(3.6m×4.2m)의 시험실에 측벽형 스프링클러 헤드를 설치한 후 스프링클러 헤드 1개가 작동되는 경우를 가상하여 방사압력 2.56 kgf/cm²에서 방수량 80 ℓ/min로, 스프링클러 헤드 2개가 작동되는 경우를 가상하여 방사압력 1.8 kgf/cm²에서 방수량 67 ℓ/min로 방사하여 바닥면 살수분포와 벽면 살수분포를 측정하였다. 바닥면 살수분포 성능의 경우 시험실 바닥에 위치한 각 채수통(1ft²)의 채수량은 75 ml/min 이상이었으며 평균 151 ml/min로 나타났다. 또한 벽면 살수분포의 경우 각 벽면의 평균 적심높이는 천장으로부터 0cm, 15cm, 18cm, 15cm로 나타났으며 정격방수량에 대한 각 벽면의 방수량 비율은 25%, 11%, 6.8%, 115로 나타났다.

2.3 화재시험(Fire Test)

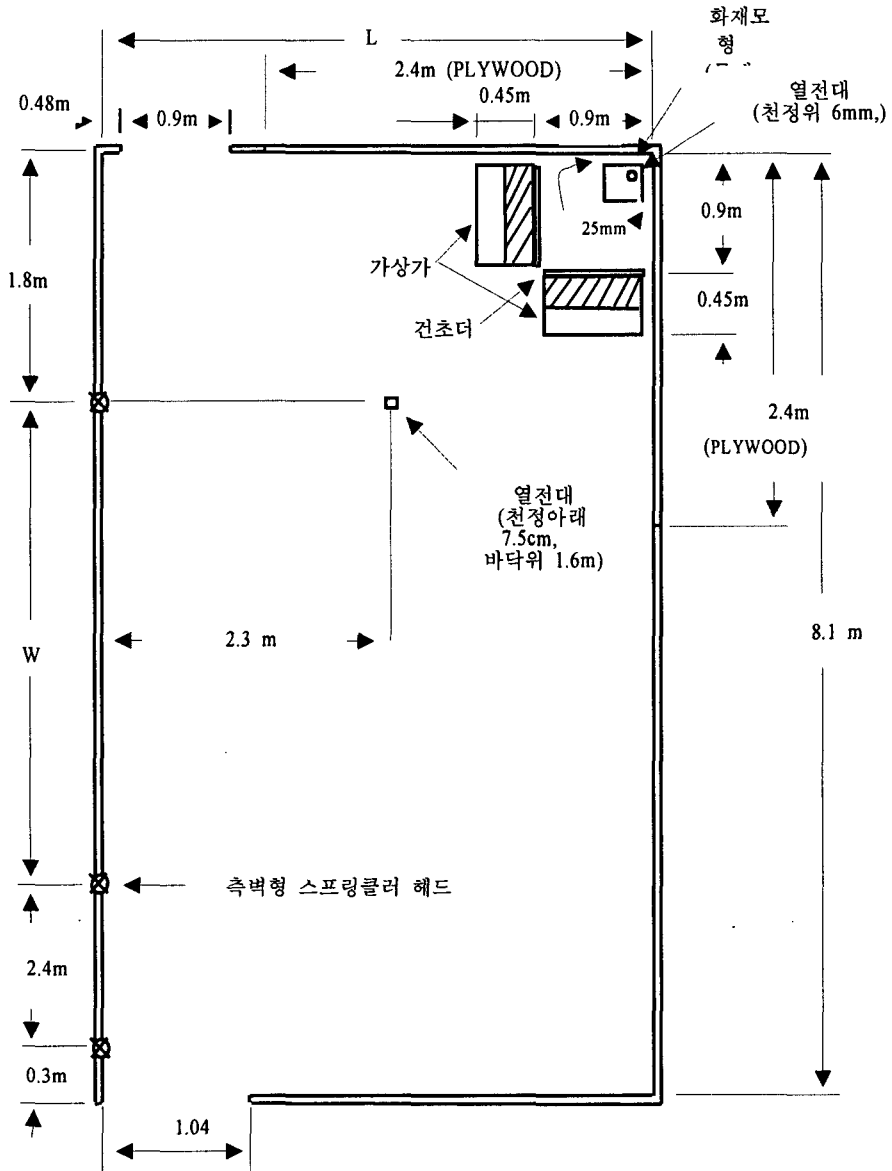
본 연구에서는 살수분포시험을 통하여 벽면 살수분포 및 바닥면 살수분포 성능이 확인된 측벽형 스프링클러 헤드에 감도시험을 통하여 선정된 조기반응형(fast response) 감열체를 일정한 토크치로 조립한 후 화재시험을 실시함으로써 스프링클러 헤드의 최대 작동개수 및 스프링클러 헤드의 작동으로 인한 실내온도변화를 계측함으로써 주거형 스프링클러 헤드의 소화성능을 확인하였다.

1) 시험실

길이 4.2m, 폭 8.1m, 천정높이 2.4m의 시험실로서 Fig.1 및 Fig.2와 같이 벽 반대쪽으로 떨어진 2개의 문을 통하여 환기가 되도록 하였으며 높이 2.2m, 폭 0.9m 및 1.04 m의 각 개구부의 상단에 203mm의 문턱을 설치하였다. 시험실의 재질은 화원위치의 측벽구석에 배라이트를 제외하고 모두 합판(plywood)으로 하였다.

크기 30cm×30cm, 높이 10cm의 금속제통 내부의 각 코너에 높이 5cm의 벽돌 4개를 놓고 그 위에 목재크립의 화재모형을 각 벽면으로부터 2.5cm 이격되도록 설치하였다. 3개의

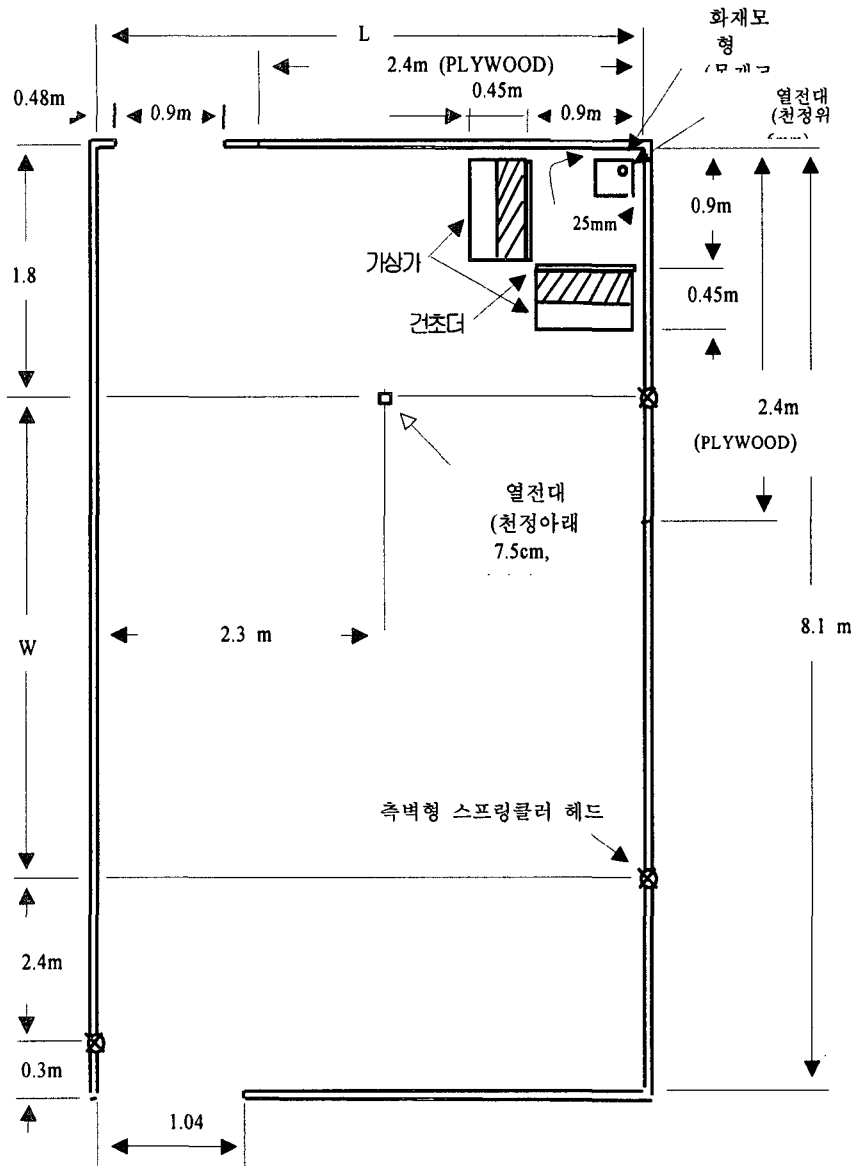
스프링클러 헤드를 Fig.1 및 Fig.2와 같이 시험실의 측벽에 설치하였다.



L : 방호길이 4.2 m

W : 방호폭 3.6 m

Fig.1 Fire test arrangement for sidewall sprinkler No.1



L : 방호길이 4.2 m

W : 방호폭 3.6 m

Fig.2 Fire test arrangement for sidewall sprinkler No.2

2) 화 원

화원은 화재모형인 목재크립과 가상가구로 구성되며 가상가구 아래에 놓인 건초와 금속제통 내부의 N-헵탄을 점화원으로 사용하였다. 목재크립의 수분함유량은 49 ± 5 °C 의

온도에 최소 16시간 유지한 후, 시험 전에 어느 위치에서도 5%를 초과하지 않도록 하였다. 화재모형의 크기는 30 cm×30 cm×30 cm의 크기로서 중량은 5.8 kg이며, 40 mm×40 mm×300 mm 크기의 미송 4개를 1단으로 하여 교대로 8단을 서로 직각으로 설치하였다. 각 목재의 배열은 길이에 따라 동일한 간격을 갖도록 스테이플로 고정하였다. 밀도 16~20 kg/m³, 압축강도 147~160 N을 갖는 크기 91 cm×100 cm, 두께 7.5 cm의 스폰지(Polyether Foam Cushion)를 2개의 시험용 가상가구에 크기 2×2 cm의 스테이플 32개를 사용하여 덮어씌웠으며 각 스폰지는 가상가구 위 상부 후레임부를 15 cm, 측면 후레임부를 17 cm씩 덮어 씌웠다. 스폰지 각 4면의 말단으로부터 7.5 cm 간격으로 1면 당 4개의 스테이플을 사용하여 가상가구에 스폰지를 부착하였다.

3) 온도측정

주거용 공간에서의 화재를 가정한 시험실 내부의 온도특성을 파악하기 위하여 Fig.1 및 Fig.2와 같이 화원 직상부와 천정아래 7.5 cm 및 바닥으로부터 1.6 m 위의 온도를 측정하였으며, 석면와이어 피복의 0.6 mm ϕ 의 열전대(K-type)를 온도측정장치에 연결하여 실시간 데이터를 저장하였다.

4) 스프링클러 헤드 설치

3개의 측벽형 스프링클러 헤드를 Fig.1 및 Fig.2와 같이 시험실에 설치하였으며 이중 두 개의 헤드는 시험실의 최대길이(8.1 m) 방향의 벽에 설치하고, 세 번째 헤드는 화원으로부터 멀리 떨어진 문쪽에 설치하였다. 디플렉타의 위치는 천정아래 10 cm 되는 지점에 위치하도록 설치하였다.

3. 결론

본 연구에서는 주거형 스프링클러 헤드의 소화성능 확인을 위하여 바닥면 및 벽면의 살수분포 특성이 확인된 측벽형 스프링클러 헤드에 평균 작동온도 72.4 $^{\circ}$ C, 평균 반응시간지수(Response Time Index) 46.4(m \cdot s)^{1/2}의 조기반응형(Fast Response)의 퓨지블링크형 감열체(Heat response element)를 조립하였다.

측벽형 스프링클러 헤드를 폭 4.2 m, 길이 8.1 m, 천정높이 2.4 m의 시험실 측벽에 3개를 설치하여 시험 중 스프링클러 헤드가 화재로 인하여 1개 작동시 방사압력 2.56 kgf/cm²에서 정격방수량 80 ℓ /min(방출계수 K=50)로, 2개 작동시 방사압력 1.8 kgf/cm²에서 67 ℓ /min(방출계수 K=50)로 방사되도록 설정하였다. 시험실 구석에 위치한 주거용으로 사용되는 가연물을 가정한 화재모형에 점화하여 10분 동안 화재시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 화원에 근접한 방향의 측벽에 설치된 스프링클러 헤드는 Fig.3과 같이 N-헵탄 점화 후, 화원에 가장 근접 설치된 스프링클러 헤드 1개만 2분 14초에 작동되었으나, 화원 반대방향의 측벽에 설치된 스프링클러 헤드의 경우 Fig.4와 같이 개구부에 인접

설치된 스프링클러 헤드를 제외한 2개의 스프링클러 헤드가 N-웍단 점화 후, 각각 1분 55초, 1분 57초에 작동 되었다.

2. 화원에 근접한 방향의 측벽에 설치된 스프링클러 헤드보다 화원으로부터 더 먼 개구부 방향의 측벽에 설치된 스프링클러 헤드가 먼저 작동됨으로써 스프링클러 헤드의 작동 시간은 개구부의 위치에 영향을 받는 것으로 나타났다.
3. 화재모형의 연소로 인하여 시간의 제곱승(t^2 fire growth)에 따라 급격하게 성장한 실내 온도는 스프링클러 헤드의 작동과 동시에 급격히 감소되었다.
4. 스프링클러 헤드의 최대 작동개수는 2개이었으며 이후 시험실 내부 천정부의 최대온도는 258 °C, 피난 거주자의 호흡선을 기준으로 한 바닥으로부터 1.6 m 위의 온도는 연속해서 34초 이상 동안 54 °C를 초과하지 않음으로서 화재 제어(fire control)개념의 소화성능을 갖는 것으로 나타났다.

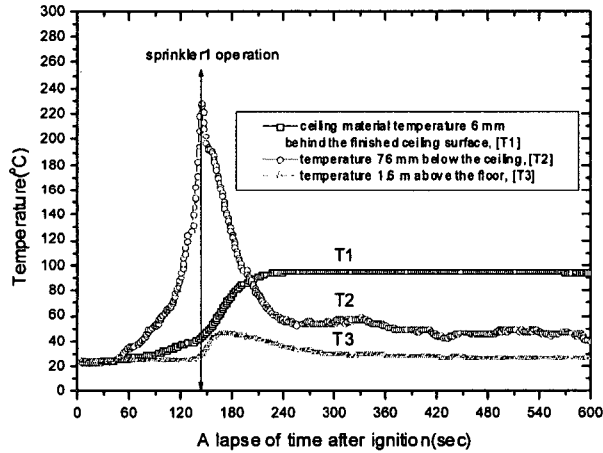


Fig.3 Temperature vs. time under sprinkler operation [I]

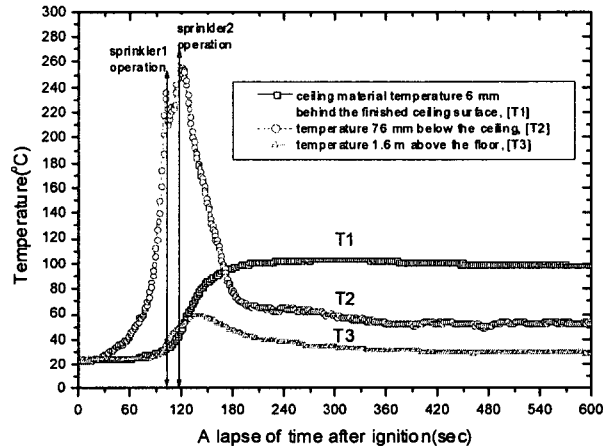


Fig.4 Temperature vs. time under sprinkler operation [II]

참고문헌

1. 스프링클러헤드의형식승인및검정기술기준(행정자치부고시 제1999-29호), 1998
2. 화재안전기준(행정자치부고시 제2004-6호)
3. Part 1 Requirements and test methods for sprinklers, Automatic Sprinkler System : ISO-6182(1993)
4. Residential Sprinklers for Fire Protection Service, UL 1626(July 10, 2001)
5. Automatic Sprinklers for Fire Protection Service, UL 199(October 8, 1997)
6. Standard for the Installation of Sprinkler Systems, NFPA 13(1994)
7. Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One-and Two-Family Dwellings and Manufactures Homes, NFPA 13 D(1994)