

## 열원 및 재료에 따른 스프링클러 온도 특성 분석

최재형<sup>1</sup>, 유우준<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한라대학교 소방방재학과, <sup>2</sup>경일대학교 소방방재학부

### Analysis on the Temperature Characteristics of Sprinkler by External Heat Source and Material

Jae-Hyeong Choi<sup>1</sup>, Woo Jun You<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Fire and Disaster Prevention, Halla University

<sup>2</sup>School of Fire Safety, Kyungil University

**요약** 본 연구에서는 반 밀폐된 구획 공간을 구성하고 있는 천장 재료가 강화유리, 철판 그리고 샌드위치 판넬인 경우 열유속 10 kW/m<sup>2</sup> ~ 30 kW/m<sup>2</sup>인 조건에서 스프링클러 헤드 작동온도에 미치는 영향을 실험적으로 분석하였다. 이를 위해서 프라우드 상사를 고려한 축소 모형 실험장치를 제작하였으며, 천장의 재료가 철판, 강화유리 및 샌드위치 판넬 각각인 경우에 대해서 열저항과 천장 표면온도 그리고 스프링클러 주위의 온도와 작동시간을 측정하고 열전달 관계식을 분석하였다. 그 결과 열유속 10 kW/m<sup>2</sup>이상이고 강화유리, 철판 및 샌드위치 판넬의 표면온도 100 °C 이상인 경우 스프링클러 주위 온도를 예측하기 위한 실험상수를 도출하였으며, 보다 다양한 건축 재료 및 마감 환경에 대한 실험 자료가 구축된다면 표면에 전달되는 열 유속의 값에 의해서 비 화재 상태에서 스프링클러가 작동할 수 있는 조건을 예측할 수 있는 것으로 판단된다.

**Abstract** In this study, the effect on the sprinkler head operating temperature was experimentally analyzed when the ceiling materials constituting the semi-closed compartment space were tempered glass, steel plates, and sandwich panels. The heat flow rate was 10 kW/m<sup>2</sup> to 30 kW/m<sup>2</sup>. A reduced model experimental device was created based on Proud scale analysis, and the thermal resistance, ceiling surface temperature, temperature, and operation time around the sprinkler were measured for each of ceiling material. The heat transfer relationship was analyzed based on these values. As a result, an experimental constant was derived to predict the temperature around the sprinkler when the heat flux was 10 kW/m<sup>2</sup> or higher and the surface temperature of the tempered glass, steel plate, and sandwich panel was 100°C or higher. If experimental data on more diverse building materials and finishing environments are obtained, it is believed that the conditions under which a sprinkler can operate in non-fire conditions can be predicted by the value of the heat flow velocity transmitted to the surface.

**Keywords** : External Materials, Froude Scale Law, Heat Responsive Element, Response Time Index, Thermal Characteristics of Sprinkler

본 연구는 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원(21AR5012)에 의해 수행되었으며, 관계제위께 감사드립니다.

\*Corresponding Author : Woo Jun You(Kyungil Univ.)

email: wjyou79@gmail.com

Received October 4, 2023

Revised November 1, 2023

Accepted November 3, 2023

Published November 30, 2023

### 1. 서론

스프링클러 설비는 화재가 발생하게 되면 스프링클러 헤드 감열부에 열이 전달되어 온도가 상승하게 되고 작동온도 이상에서 감열체가 용융 또는 파괴되면서 소화용수가 공급되어 화재를 진압하는 자동 화재진압 소화설비이다[1-3]. 스프링클러 헤드의 감열부는 열이 쉽게 전달될 수 있도록 하기 위해서 열전도 계수가 높은 재료를 사용하고 있으며, 국내외에서는 스프링클러의 작동 성능을 평가하기 위해서 반응시간지수(RTI : Response Time Index, 이하 RTI)를 산출하여 RTI의 값이  $50 \text{ m}^{1/2}\cdot\text{s}^{1/2}$  이하인 경우 조기반응,  $50 \sim 80 \text{ m}^{1/2}\cdot\text{s}^{1/2}$ 인 경우 특수반응,  $80 \sim 350 \text{ m}^{1/2}\cdot\text{s}^{1/2}$ 인 경우 표준반응으로 구분하고 있다[4-6].

RTI는 비오투 수(biot number)가 매우 작은 경우를 가정한 집중열 용량법(lumped heat capacity method)에 의해서 산출된 관계식으로 감열부의 형상과 열전도계수에 의해서 결정되는 상수값을 의미한다[7,8]. 따라서 스프링클러 헤드의 RTI 값이 결정되면 주위의 온도, 열기류의 온도와 속도 그리고 스프링클러 헤드의 작동온도에 의해서 스프링클러 헤드가 작동하는 시간은 달라지게 된다 [2,9]. 스프링클러 헤드에 따라서 RTI가 산출되기 때문에 열기류의 온도와 속도가 높은 경우 작동시간은 작아지게 되고 동일한 조건에서 겨울철과 같이 주위의 온도가 낮아지게 되면 작동시간은 증가하게 된다. 이러한 현상은 겨울철뿐만 아니라 여름철에 주위의 온도가 올라가는 경우에도 나타나게 되어 동일한 열기류와 속도 조건에서 주위의 온도가 상승하게 되면 작동시간은 짧아지게 된다.

특히, 여름철 랙크식 창고 등과 같은 반 밀폐된 구획 공간에서 고온의 열전달 현상은 주위의 온도를 지속적으로 상승시키고 스프링클러 헤드 표면에 열이 축적되면 열적시간상수(thermal time constant)에 의해서 감열체의 온도가 상승하게 된다[10,11]. 이러한 경우 환기 조건에 따라서 스프링클러헤드 주변에 작은 유속이 형성되어도 감열부의 높은 표면온도와 주위의 온도에 의해서 스프링클러 헤드의 RTI 지수가 상승하게 되어 감열부가 이탈되거나 파괴되는 현상이 나타날 수 있다. 스프링클러헤드 감열체가 파손되어 오작동을 하게 되면 하나의 스프링클러헤드에서 방사되는 양은 분당 80리터 이상이며, 화재조기진압형(ESFR: Early Suppression Fast Response) 헤드와 같이 대유량을 사용하는 경우에는 수 손 피해가 더욱 심각해질 수 있다. 하지만 그럼에도 불구하고 현재까지 외부 열원 및 건축물 천장을 구성하고 있

는 재료 특성에 따라서 스프링클러의 감열부 온도 상승률을 분석한 자료는 매우 부족한 상태이다.

본 연구에서는 프라우드 축소법칙을 적용하여 외기에서 방사되는 열유속의 크기가  $0\sim35 \text{ kW/m}^2$ 인 경우 랙크식 창고 등에서 사용하고 있는 철판, 유리, 샌드위치판넬의 재료를 선정하여 열원의 크기가 스프링클러 표면온도에 미치는 영향을 실험자료를 구축하였으며, 스프링클러 작동에 영향을 미치는 RTI 관계식의 상관관계를 고찰해 보고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 열전달 현상 검토

스프링클러의 반응시간지수는 국내와 일본 그리고 UL과 FM 등에서 G. Heskestad가 제시한 Eq. (1)의 관계식을 일반적으로 사용하고 있다[10].

$$RTI = \frac{-u^{0.5}t_r}{\ln\left(1 - \frac{T_e - T_o}{T_g - T_o}\right)} \tag{1}$$

Where,  $u$  denotes air velocity,  $t_r$  denotes operating time,  $T_e$ ,  $T_o$ , and  $T_g$  denote operating temperature of sprinkler head, initial temperature, and air temperature.

Eq. (1)에 따라서 RTI의 값이 조기반응인  $50 \text{ m}^{1/2}\cdot\text{s}^{1/2}$ , 표준반응인  $80 \text{ m}^{1/2}\cdot\text{s}^{1/2}$ 과  $150 \text{ m}^{1/2}\cdot\text{s}^{1/2}$ 에 대해서 기류의 속도( $u$ )가 1 m/s, 초기온도( $T_o$ ) 25 °C 그리고 기류의 온도( $T_g$ )가 작동온도( $T_e$ )인 68 °C와 같은 경우 아래의 그림과 같이 산출할 수 있다.

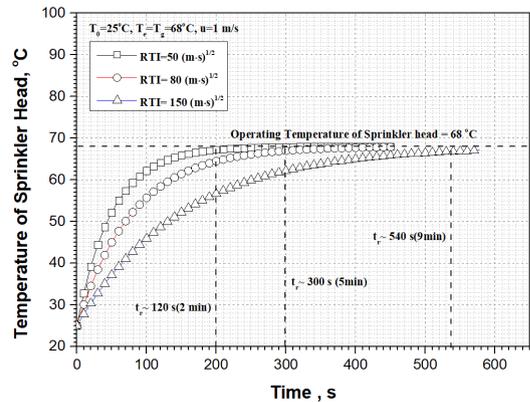


Fig. 1. Time-temperature curve according to RTI value of sprinkler head

Fig. 1은 기류의 온도가 68 ℃인 비 화재인 경우 RTI 이론 관계식을 사용하여 스프링클러의 작동온도를 나타낸 결과이다. 그림에서 보듯이 조기반응인 RTI 50 m<sup>1/2</sup>·s<sup>1/2</sup>인 경우 스프링클러의 작동시간은 약 2 분 그리고 표준반응인 80 m<sup>1/2</sup>·s<sup>1/2</sup> 과 150 m<sup>1/2</sup>·s<sup>1/2</sup>에인 경우 작동시간은 5분과 9분 정도에서 대류의 열유속 1 m/s인 조건하에서 고온에 지속적으로 노출되었을 때 작동이 가능한 결과를 나타내고 있다.

여름철 등 고온의 환경에서 랙크식 창고와 같은 구조물에 대해서 외부에서 내부로 복사열이 전달되는 현상은 Fig. 2와 같이 단순화 하여 나타낼 수 있다. 그림에서 보듯이 스프링클러 감열체의 온도( $T_{sp}$ )가 상승하는 원인은 고온의 열원(heat source)이 천장 외장재의 외부 표면 온도( $T_{s,out}$ )를 상승시키고 전도( $q_{s,cond}$ )에 의해서 내부의 표면 온도( $T_{s,in}$ )가 증가하는 현상이 나타난다.

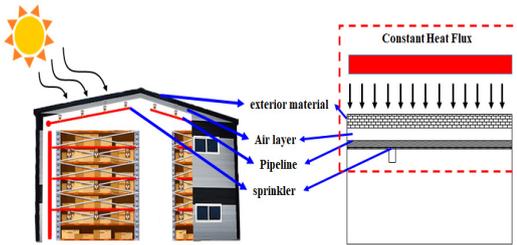


Fig. 2. Schematic diagram of heat flux supply according to outdoor conditions of buildings such as rack-type warehouses

외부로부터 열전달 현상이 지속되면 건축물 내부 표면 온도가 증가하여 부력에 의해서 열기류가 발생하게 되고 건축물 내부의 대류( $q_{conv,in}$ ) 또는 복사( $q_{rad,in}$ )에 의한 열전달 현상이 스프링클러에 발생하게 된다. 따라서 정상 상태 내부 열 발생이 없고 외장재 및 스프링클러의 물성이 균질한 조건을 고려하였을 때 열저항 회로는 Fig. 3과 같이 표현할 수 있다. 그림에서 보듯이 스프링클러가 작동하는 온도( $T_s$ )를 68 ℃로 가정하면, 면적을 고려한 총 열저항( $R_{tot}$ , m<sup>2</sup>·K/W)은 Eq. (2)와 같이 구할 수 있으며, 천장 외장재의 재료 특성에 따라서  $T_{sp}$ 가 68 ℃ 이상이 되기 위한  $T_{s,in}$ 와  $T_{s,out}$  그리고 열원( $q_{Heat}$ )에 대한 상관 관계를 도출할 수 있는 것으로 판단된다[12].

$$R_{tot} = \frac{L_s}{k_s} + \left( \frac{1}{1/h} + \frac{1}{1/h_r} \right)^{-1} \quad (2)$$

Where,  $L_s$  denotes material thickness,  $k_s$  denotes

thermal conduction coefficient of the material,  $h$  and  $h_r$  denote convective heat transfer coefficient and radiant heat transfer coefficient, respectively

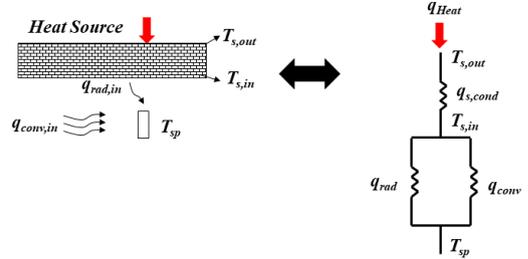


Fig. 3. Thermal resistance circuit according to external heat flux conditions

## 2.2 축소모형 실험장치 구성

본 연구에서는 고온의 외기 열원 조건 변화에 따른 스프링클러 감열부 열전달 현상을 분석하기 위해서 Froude Scaling Law을 고려하여 제 규모의 대표 길이 ( $L_p$ )와 축소 규모의 대표 길이( $L_M$ )의 비를 상사변수( $\lambda$ ) 값으로 산출하여 Fig. 4와 같이 제작하였으며, 시험체의 크기는 가로와 폭이 0.8 m이고 높이가 1.0 m의 크기로 수력 직경을 사용하여 대표 길이를 환산하면 약 0.6 m 정도이다[12].

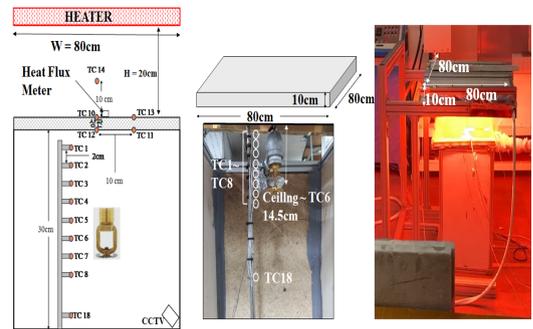


Fig. 4. Schematic diagram and picture of experiment.

복사열을 방사하기 위한 히터의 열유속은 0 ~ 35 kW/m<sup>2</sup>이고 천장 재료(철판, 유리, 샌드위치판넬) 그리고 축소 실험체를 구성하고 있는 내화보드로 구성하였으며, 본 연구에서 사용한 계측장비 규격을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Specification of Equipment

Component	Specification
Thermo-couple	K-Type Wire, Range: -200 ~ 1,000℃
Heat Flux Meter	Bolter Type, Range : 0 ~ 100 kW/m <sup>2</sup> , VDC 0 ~ 5V
DAQ	Voltage: 20mV to 100V, 1-5V F.S., Chnnels: 20ch, Accuracy: ±0.1%
CCTV+VCR	CCTV : DH-HAC-HFW1220SLN, VCR : DAHUA DHI-XVR5108HS-4KL
Heat Source	18 kW, Halogen Type, 380 V 3phase

### 2.3 실험 결과 분석

외기 열원을 대체하기 위한 히터의 열유속 변화는 인버터 용량 변화에 따른 히터 표면온도 그리고 일정한 거리에서 열 유속계의 측정값을 사용하여 정확성을 검증하였으며, 그 결과를 Fig. 5에 나타냈다.

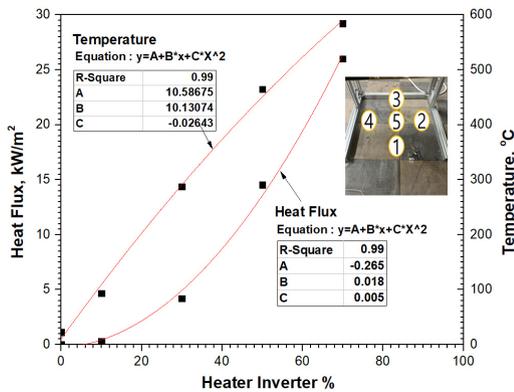


Fig. 5. Calibration results of heat flux and temperature.

Fig. 6는 본 연구에서 사용한 천장 재료를 나타낸 것으로 강화유리 5 mm와 주름진 형상의 철판 0.4 mm 그리고 샌드위치 판넬 40 mm를 사용하였으며, 구조물은 내화 보드로 제작하여 외부와 내부의 표면온도를 측정하여 열저항(heat resistance)을 산출하고자 한다.

Fig. 7은 본 연구에서 사용한 철판, 강화유리, 그리고 샌드위치 판넬 각각에 대해서 열유속 변화에 따른 열저항( $R_{tot}$ )의 크기를 산출한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 열유속의 크기가 10 kW/m<sup>2</sup>이상인 경우 강화유리  $R_{tot}$ 는 3 m<sup>2</sup>·K/kW로 낮은 반면 철판은 약 5 m<sup>2</sup>·K/kW 그리고 샌드위치 판넬은 10 m<sup>2</sup>·K/kW정도인 것을 확인할 수 있다. 동일 열유속 조건( $q_{Heat}$ )에서  $R_{tot} \approx \Delta T/q_{Heat}$ 의 관계를 갖고 있기 때문에  $R_{tot}$ 의 값이 클수록 스프링클러가 설치된 내부의 온도차가 증가하

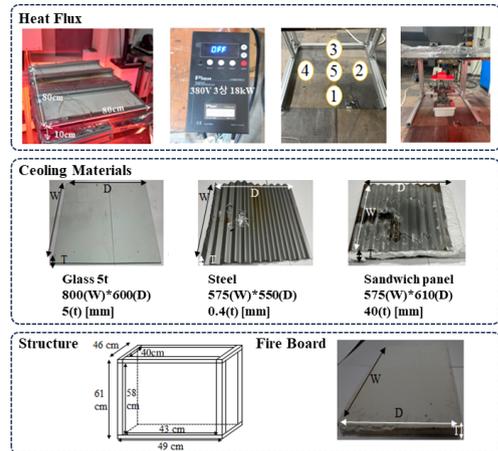


Fig. 6. Pictures of heat flux, ceiling materials and structure.

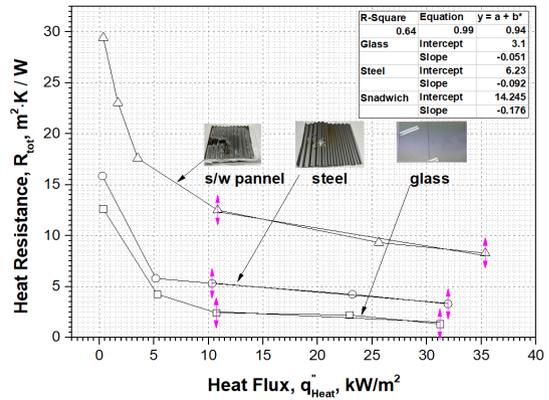


Fig. 7. Resistance heat in accordance with heat flux for Glass, Steel and Sandwich panel

는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서 사용한 건축물 재료에 따른 열저항 관계는 Eq. (3)과 같은 관계를 갖는 것으로 나타났으며  $a_1$ 과  $b_1$ 은 열유속 측정값 10 kW/m<sup>2</sup> 이상인 경우 선형보간법에 의해서 산출한 실험상수로서 Table 2에 나타내었다.

$$R_{tot} = a_1 + b_1 \times q_{Heat} \quad (3)$$

Where,  $a_1$  and  $b_1$  denote experimental constants,  $q_{Heat}$  denotes heat flux.

Fig. 8은 열저항 변화에 따른 철판, 강화유리, 그리고 샌드위치 판넬 각각의 외부 표면온도( $T_{out,s}$ )를 측정하여 나타낸 결과이다. 외부 표면온도는 스프링클러설비가 설치된 천장 재료나 환경 조건에 따라서 달라질 수 있기 때문에 여름철과 같은 고온 환경에서 스프링클러 표면온도

를 결정하는 주요 인자로 판단되며, 열저항과 Eq. (4)와 같은 관계를 갖는 것으로 나타났다. 여기서 실험상수  $a_2$ 와  $b_2$ 는 외부 표면온도( $T_{out,s}$ )의 값이 100 °C 이상인 경우 실험값을 선형 보간법에 의해서 구한 실험상수로 Table 2에 나타났다.

$$T_{out,s} = a_2 + b_2 \times R_{tot} \quad (4)$$

Where,  $a_2$  and  $b_2$  denote experimental constants.

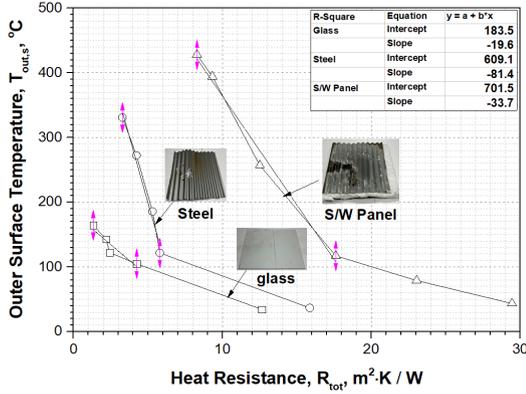


Fig. 8. Characteristics of outer surface temperature according to heat resistance

Fig. 9은 철판, 강화유리, 그리고 샌드위치 판넬 각각의 외부 표면온도( $T_{out,s}$ )와 스프링클러헤드 주위온도와와의 상관관계를 나타낸 결과이다. 그림에서 보듯 실험에서 사용한 모든 재료에 대해서 기울기는 열저항에 비례하여 서로 다른 크기를 갖는 반면 외부 온도가 증가함에 따라서 선형적으로 증가하였으며, Eq. (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$T_{sp} = a_3 + b_3 \times T_{out,s} \quad (5)$$

Where,  $a_3$  and  $b_3$  denote experimental constants.

실험상수  $a_3$ (K)과  $b_3$ (K<sup>2</sup>m<sup>2</sup>/kW)은 실험상수로 Table 2에 나타내었으며, 본 연구에서 도출한 재료의 열저항 크기 변화를 고려한 스프링클러 인접면 주위 온도에 대한 관계를 종합하면 아래의 Eq. (6)과 같이 정리할 수 있다.

$$T_{sp} = c_1 + c_2 q_{Heat} \quad (6)$$

Where,  $c_1$  denotes  $a_1 b_2 b_3 + a_2 b_3 + a_3$ ,  $c_2$  denotes  $b_1 b_2 b_3$ .

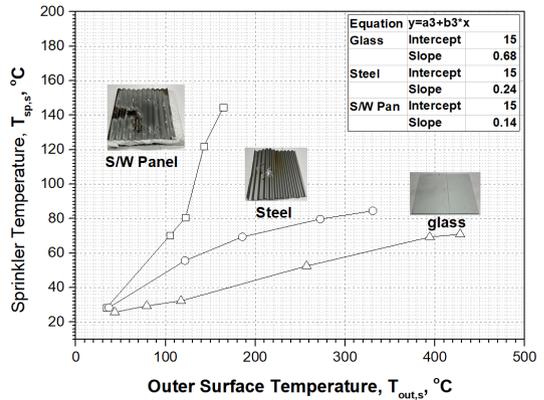


Fig. 9. Characteristics of sprinkler temperature according to outer surface temperature

Table 2는 Eq. (3)~(5)의 실험 상수를 정리한 표이며, 각각의 상수는 주위 환경과 재료의 물성 및 형상에 영향을 받는 인자로 보다 많은 실험 자료를 구축함으로써 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 2. Experiment constants for glass, steel and sandwich panel

Material	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$	$a_3$	$b_3$
glass	3.09	-0.05	184.00	-20.00	15.00	0.68
steel	6.3	-0.100	609.00	-82.00	15.00	0.24
sandwich panel	14.20	-0.180	702.00	-34.00	15.00	0.14

Fig. 10은 Eq. (6)에 따른 열유속의 크기에 따라서 스프링클러 주위 온도 측정값과 스프링클러의 작동시간을 측정하여 나타낸 결과이다. 그림에서 보듯이 스프링클러 주변의 온도가 작동온도 68 °C를 초과하지 않는 경우 최대 6시간 이상 작동하지 않았으며, 표면 주위의 온도가 작동온도 이상인 구간에서는 약 200 s에서 최대 약 5,000 s 범위에서 감열부가 이탈되는 현상이 나타났다. 따라서 Eq. (3)~(6)과 같이 주변의 열원과 재료 특성에 따라서 실험 상수가 결정된 경우 건축물 외부 및 스프링클러의 표면 온도를 예측하여 비 화재 상태에서 스프링클러 작동 환경의 예측이 가능할 것으로 판단된다.

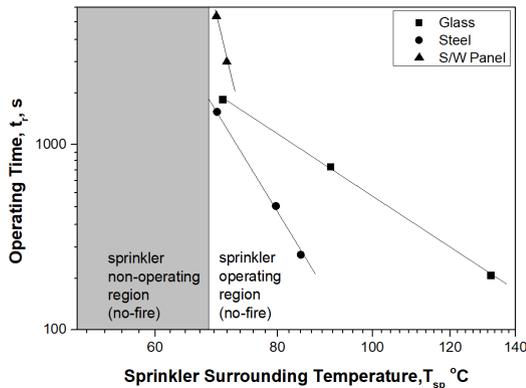


Fig. 10. Prediction method of the operating time of sprinkler by surrounding temperature of sprinkler.

### 3. 결론

본 연구에서는 건축물 재료와 외기의 열원 조건에 따른 스프링클러 주위의 온도와 작동시간에 대한 기초 연구를 수행하였다. 이를 위해서 축소 모형 실험장치를 제작하였으며, 동일 열원 조건에서 5 mm의 강화유리, 0.4 mm의 철판 그리고 40 mm의 샌드위치 판넬의 표면온도와 열저항 관계식을 분석하여 다음과 같은 관계를 분석하였다.

첫째, 동일 열유속 조건에서 재료에 따른 열저항 변화를 측정된 결과 강화유리의 열저항은  $3 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{kW}$ 로 낮은 반면 철판은 약  $5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{kW}$  그리고 샌드위치 판넬은  $10 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{kW}$ 정도인 것으로 나타났다.

둘째, 열 유속 변화에 따른 외부 표면온도와 스프링클러 주위의 온도를 측정하여 실험 상수를 도출하였으며, 본 연구의 실험식은 열유속  $10 \text{ kW}/\text{m}^2$  이상이고 외부 열원에 의한 표면온도  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  이상인 강화유리, 철판 및 샌드위치 판넬에서 오차범위  $\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$  이내에서 예측이 가능할 것으로 판단된다.

셋째, 스프링클러의 작동온도 측정 결과 본 연구에서 도출한 스프링클러 표면온도 산출 방법에 따라서 비 화재 조건에서 스프링클러의 작동 가능성을 예측할 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 실험 상수값은 재료의 물리적 특성과 마감 상태에 따라서 달라질 수 있는 값으로 보다 다양한 범위의 실험 자료 구축이 필요한 것을 판단된다.

### References

- [1] Jaesung Oh, Sung-Woo Lee, Tae-Young Jung, Sung-Hwa Eo, Seung-Tae Hong, "A Study on the Flow Diffusion tendency of Thermal Fluid through Sprinklerhead Fire Experiment", *Proceedings of KSME Annual Meeting 2022*, The Korean Society of Mechanical Engineers, Jeju, Korea, pp.1844-1848, Nov. 2022.  
<http://www.riss.kr/link?id=A108425371>
- [2] Sung-Chan Kim, "Activation Conditions of Sprinkler Head Considering Fire Growth Scenario." *Fire Science and Engineering*, Vol.34, No.4, pp. 45-51, 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.7731/kifse.6e144583>
- [3] W. J. You, "Analysis on the Effects of the Heat Loss Coefficient on the Operation Time of Sprinkler in Compartment Fire," *Fire science and engineering*, Vol.32, No.5, pp. 34-39, Oct. 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.7731/kifse.2018.32.5.034>
- [4] Bromann and Mark, "The Design and Layout of FireSprinkler Systes", Technomic Pub. Co., 1997.
- [5] Y. R. Kim, D. M. Lee, "A Study on the Wood's Metal of Sprinkler Head Heat Sensor", *Proceedings of the Korea Institute of Fire Science and Engineering Conference*, Korean Institute of Fire Science and Engineering, Yongin, Korea, pp. 221-232, Nov. 2002.
- [6] O. S. Kwon, J. H. Lee, "Experimental Study on the Characteristics of Thermal Sensitivity for Fusible Alloy Type Sprinkler Head", *Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering*, Vol.9, No.1, pp. 20-29, Mar. 1995.
- [7] Standard for Automatic Sprinklers for Fire-Protection Service, UL 199.
- [8] Standards of Model Approval and Inspection Technology for Sprinkler Head, National Emergency Management Agency Notice No. 2010-63.
- [9] Valerie Ziavras, "The Basics of Sprinkler Thermal Characteristics", NFPA Today, 2021, Available From: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/Blogs-Landing-Page/NFPA-Today/Blog-Posts/2021/06/22/The-Basics-of-Sprinkler-Thermal-Characteristics> (accessed Sep. 20, 2023)
- [10] G. Heskestad, R. G. Bill, Jr., "Modeling of Thermal Responsiveness of Automatic Sprinklers", *Fire Safety Science*, Vol.2, pp.603-612, 1989.  
DOI: <https://doi.org/10.3801/iafss.fss.2-603>
- [11] W. J. You, H. J. Moon, M. C. Youm, H. S. Ryou, "An Investigation on the Thermal Characteristics of Heat-Responsive Element of Sprinkler Head," *Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering*, Vol.26, No.3, pp.79-84, Jun. 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2012.26.3.079>
- [12] INCROPERA, Frank P., et al. Fundamentals of heat and mass transfer. New York: Wiley, 1996.

최 재 형(Jae-Hyeong Choi)

[정회원]



- 2008년 2월 : 경상국립대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 경상국립대학교 전기공학과 (공학박사)
- 2012년 3월 ~ 2014년 2월 : 소방청 특수재난현장긴급대응기술개발사업단 사무국장
- 2014년 3월 ~ 2022년 2월 : 동양대학교 건축소방안전학과 부교수
- 2022년 3월 ~ 현재 : 한라대학교 소방방재학과 조교수

<관심분야>

소방설비, 전기화재

---

유 우 준(Woo Jun You)

[정회원]



- 2007년 8월 : 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부 (공학석사)
- 2016년 2월 : 중앙대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2007년 12월 ~ 2016년 6월 : 한국소방산업기술원 주임연구원
- 2016년 3월 ~ 2023년 8월 : 동양대학교 건축소방안전학과 조교수
- 2023년 9월 ~ 현재 : 경일대학교 소방방재학부 조교수

<관심분야>

소방설비, 열유체해석, 성능위주설계