[Technical Paper]

적외선불꽃감지기 치환감시시험의 타당성 분석

정종진

한국소방산업기술원 소방기술연구소 책임연구원

Validity of Bench Test Method for Infrared Flame Detector

Jong-Jin Jung

Researcher, Fire Technology Lab, Korea Fire Institute

(Received December 21, 2020; Revised December 29, 2020; Accepted December 30, 2020)

요 약

본 연구에서는 적외선불꽃감지기 감도시험인 실거리 시험의 한계성을 극복하고 이를 대체할 수 있는 실내 치환감시시험 방법의 타당성을 분석하였다. 적외선불꽃감지기의 치환시험을 위하여 마이크로버너(구경 6 mm)를 사용하였으며, 거리별 광량을 측정하기 위하여 IR센서의 출력단 전압을 취득하였다. 또한 실거리시험을 위하여 화원으로 노르말 헵탄(n-Heptane)을 사용하였으며 각 거리에서 광량을 IR센서로 측정하였다. 벤치시험기를 개발하여 적외선 불꽃감지기의 실내에서의 거리별 광출력 특성을 측정하였고, 실외에서의 실거리 광특성을 측정하여 비교하였다. 그 결과, 2가지 방법 모두 거리별 같은 광특성을 확인할 수 있었다. 본 연구를 통하여, 적외선 불꽃감지기의 성능을 확인하기 위하여 실시하는 실제거리에서의 실험을 대체할 수 있는 실내에서 실시하는 치환시험법의 타당성을 확인할 수 있었으며, 또한 이 시험법을 활용한다면 불꽃감지기의 품질개선과 개발에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

ABSTRACT

In this study, the validity of an indoor bench test to replace and overcome the limitations of the real-range test, an infrared flame detector sensitivity test, was analyzed. A micro burner (diameter 6 mm) was used to substitute for the infrared flame detector. In order to measure the amount of light by distance, the voltage at the output end of the IR sensor was acquired. In addition, normal heptane (n-heptane) was used as a fuel for the actual distance experiment, and the amount of light at each distance was measured using an IR sensor. A bench tester was developed to measure the light output characteristics of infrared flame detectors by distance inside, and the actual distance optical characteristics from outside were measured and compared. As a result, both methods were able to confirm the same optical characteristics by distance. This study confirmed the validity of the bench test method conducted inside, which can replace the experiment at the actual distance conducted to confirm the performance of the infrared flame detector. If this test method is used in the future, it is believed the flame detector will improve product quality and development.

Keywords : Bench test, Infrared flame detector, Real-range test, Micro burner, IR sensor

1. 서 론

최근 IT기술의 발전과 더불어 불꽃감지기의 성능향상 연구도 이루어지고 있으며, 문화재 시설 등에도 감지기의 사용 및 활용의 폭도 넓어지고 있는 실정이다⁽¹⁻³⁾. 또한 감시영역(거리)가 넓은 불꽃감지기도 제조사들이 경쟁적으로 개발되고 있어 그 활용성은 더 넓어질 것이며 시장도 확대되어 질 것으로 예상된다.

현재 국내에서는 불꽃감지기의 거리에 대한 감도시험을 확인하기 위하여 제조사에서 제시하는 감시거리지점에 불꽃감지기와 화원을 직선상에 설치하여 성능시험을 수행하고 있으나, 이 방법은 2가지 정도의 문제점을 가지고 있다. 첫째, 제조사에서 감시거리가 수 십 미터 되는 불꽃감지기를 개발할 경우, 실제거리에서 성능시험을 실시하면서 개발하는 것은 매우 어려운 일이다. 그 정도의 직선거리 시험장을 갖추고 있는 제조사는 매우 드물며, 현재 대부분의 제

Figure 1. Schematic diagram of bench experiment.

조사는 인증기관의 시험장을 대여하여 성능시험을 하고 있어 많은 불편을 겪고 있는 실정이다. 둘째, 시험장에 설치된 노르말 헵탄(n-Heptane)화원이 바람, 습도, 기압 등의 외부환경에 영향을 받고 있어 시험의 신뢰성에 문제를 야기할 우려가 있는 것이 현실이다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 자외선 불꽃감지기의 치환감시시험법의 타당성 연구를 진행한 바 있다⁽⁴⁾. 이 연구는 자외선 불꽃감지기에 한정되어 치환감시시험법의 타당성을 분석한 것으로 적외선 불꽃감지기 치환감시시험의 타당성 연구는 아직 이루어지지 못하였다. 적외선 불꽃감지기의 치환실험은 IR센서가 광량에 비례해서 반응하는 UV센서와는 다르게 광량의 변화량에 반응하기 때문에 실거리실험에서의 화원 플리커링(Flickering)현상을 반영하여 실내 치환실험에서의 광량 변화를 고려한 연구의 진행이 필요하여 실험장치의 구성이 정교해야 하며 많은 반복 실험이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 이러한 변수를 고려하여 실제거리 실험의 한계성을 극복하고 성능시험의 신뢰성을 보다 높일 수 있는 적외선 불꽃감지기의 실내 치환감시시험법의 타당성을 분석하였다. 치환실험을 실시하기 위한 실험장치를 제작하였으며, 실제거리실험과 실내치환실험을 실시하여 치환감시시험방법의 가능성과 타당성을 확인하였다. 본 연구에서 “감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준”⁽⁵⁾ 내에 있는 시험법을 설명할 경우에는 ‘시험’이라는 용어로, 그 외의 경우에는 ‘실험’의 용어로 정의하였다.

2. 불꽃감지기 치환실험

2.1 실험의 구성 및 방법

실험의 구성도는 Figure 1과 같다. 치환실험은 불꽃감지기의 실거리에서의 불꽃감지성능을 확인하기 위하여 실내에서 실시하고자 하는 실험으로 이를 위한 실험장치가 필요하다. 이 장치의 중요한 항목은 다음과 같다.

- (1) 화원 : 마이크로버너(구경 6 mm, 연료: 연료는 KS M 2150 (액화석유가스))
- (2) 마이크로버너는 공기구멍을 폐쇄한 상태에서 불꽃의 길이가 5 cm가 되도록 조절
- (3) 시야각 “0°”의 위치(정면)에서 감지기를 화원과 마주 보도록 설치
- (4) 적외선불꽃감지기는 초퍼(Chopper)를 사용하여 광량 조절(초퍼 속도 : 4 Hz)

실험중 불꽃의 높이 5 cm를 유지하기 위하여 유량계와 압력조절기를 설치하였으며, 적외선불꽃감지기의 광량 변화를 위하여 초퍼를 설계 및 제작하여 화원 앞에 설치하였다. 초퍼의 개구부는 Figure 1에서 화원의 개구부와 중심축을 일치시켜 화원의 광량이 감지기에 전달되도록 하였다 (Figure 2). 이 초퍼는 일정한 속도로 회전할 수 있도록 모터로 제어가 가능하도록 설계하였다.

치환감시시험은 불꽃감지기를 실내에서 시험하기 위한

Figure 2. Photo of chopper.

Table 1. Specifications of flame detector

General spec.	Wavelength	UV (185~260 nm), IR (4.3 μ m)
	Range (m)	30 m
	Viewing angle	100°
	Reaction time	4~10 s
	Humidity	0~95% Relative Humidity
Electrical spec.	Working voltage	DC24V
	Power consumption	2.4 W

것으로, 액화석유가스를 연료로 하는 마이크로버너를 사용한다. 또한 시야각은 제조사에서 제시하는 값이며 시험에서는 시야각 “0°”는 감지기가 화원을 정면을 보면서 하는 시험이며, 본 연구에서도 치환감시시험방법의 타당성을 확인하고자 시야각은 “0°”로 설정하였다.

초퍼는 적외선불꽃감지기의 경우에는 수광량의 변화량

에 의해 반응하여 감지기 센서 출력을 내 보내게 되어 있어 수광량의 변화를 표현하기 위하여 초퍼를 제작하여 사용한다.

2.2 실험용 불꽃감지기

본 연구에서는 불꽃감지기 내의 자체 신호처리를 통하여 감지기 내로 유입되는 광량을 전기적인 값으로 읽어들이는 장치가 필수적이다. 실제 불꽃감지기 내에는 자외선 센스와 적외선 센서 등 여러 종류의 센스로 구성되어 화원에서의 파장대를 검출하여 화재신호로 판단하는데 사용되고 있다⁽⁶⁻⁸⁾. 본 연구에서는 적외선센서(IR센서)의 출력신호를 변환하여 광량의 변화에 반응하는 아날로그 전압 출력을 만들어 내고, 이 값을 이용하여 거리별 화원의 광량값으로 사용하였다. 또한 광량의 변화에 반응하는 전기적인 출력신호를 처리하기 위하여 데이터취득장치(DAQ) 및 컴퓨터를 사용하여 데이터를 취득하였으며, 이 신호를 컴퓨터에서 모니터링 할 수 있도록 하였다.

실험에 사용한 불꽃감지기의 사양은 Table 1과 같다. 불꽃감지기의 주요 성능을 보면 UV-IR 기능을 갖는 감지기로서 시야각 100°, 공칭감시거리 30 m인 감지기이다. 실험용으로 사용하기 위하여 IR센서 구동회로의 출력단 전압을 광량값으로 사용하였다.

2.3 치환실험 결과

실험은 화원으로부터 1.5 m지점을 기점으로 0.5 m간격으로 멀리하면서 최대 5 m까지 실험을 수행하였다. Figure 3은 IR불꽃감지기의 각 거리에서의 출력전압 특성을 나타낸 것이다. 감지기가 화원으로부터 멀어짐에 따라 광량은 출력값

Figure 3. Output voltage for each distance.

이 감소하는 것을 알 수 있으며, 각 거리별 파형에서 약간의 광량값이 변하는 것은 화원 전단에 설치하는 초퍼가 회전하면서 초퍼 슬롯 사이로 들어오는 빛의 양의 변화 때문이다.

Figure 4는 IR불꽃감지기의 거리별 출력전압을 평균한 것으로서, Figure 3의 시간에 대한 그래프를 거리에 대한 그래프로 나타낸 것이다. 화원으로부터 감지가 멀어짐에 따라 출력전압은 선형으로 감소하는 것을 알 수 있다. 이때 선형방정식을 구하면 식(1)과 같다.

$$y = -45x + 410 \quad (1)$$

식 (1)은 치환실험에서 IR불꽃감지기의 광량이 거리에 선형적으로 감소하는 것을 의미하므로 특정 거리에서 광량값을 확인할 수 있다는 의미를 가지며 또한 실거리실험에서 나타나는 거리별 광량의 값과 어떤 추세변화를 나타내는 지 확인할 수 있는 관계식이다.

3. 불꽃감지기 실거리실험

3.1 실거리실험 구성

치환시험의 가능성과 타당성을 확인하기 위해서는 실내에서의 치환실험 광량값 특성 곡선과 실거리에서의 광량값 특성을 비교해야 하므로 실거리실험을 수행하였다. Figure 5⁽⁹⁾는 실거리실험을 위한 구성을 나타낸 것이다. 화원은 “감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준”을 준수하였다(크기 33 cm × 33 cm, 햅탄)⁽⁵⁾. 실험은 적외선불꽃감지기를

화원으로부터 최대 35 m에서 최소 10 m까지 변화시켜가며 수행하였고, 각 거리에서의 광량의 변화를 아날로그 출력값으로 측정하였다. Figure 6은 실거리실험의 장면을 나타낸 것이다.

3.1 실거리실험 결과

Figure 6과 같이 실거리실험 장치를 구성하여 적외선불꽃감지기를 사용하여 출력전압을 측정하였다. 화원에서부터 10 m지점을 시작점으로 5 m간격으로 측정하였고 최대 35 m까지 실시하였다. Figure 7은 적외선불꽃감지기의 각 거리에서의 출력전압 특성을 나타낸 것이다. 적외선불꽃감지기의 출력전압은 교류전압의 형태를 떠나 일정한 모양을 가지지 않음을 볼 수 있다. 치환실험에서의 원판의 회전으로 IR (적외선)신호가 주기적으로 변화되었으나, 실거리실험에서는 화염의 특성상 바람 등의 외부환경으로 인해 실내에서 보다 플리커링(Flickering)이 자유롭게 일어나서 IR 감지기의 응답특성이 일정한 모양으로 나타나지 않는다. 각 거리에서의 전압 파형을 살펴보면, 10 m지점에서는 IR 신호의 변화폭(420 mV~450 mV)이 크지 않으나, 10 m지점보다 상대적으로 먼 위치인 30 m 이상에서는 광량의 변화폭이 크게 나타남을 볼 수 있다.

Figure 8은 적외선불꽃감지기의 거리별 출력전압의 평균값을 구한 것으로서 Figure 7의 시간에 대한 그래프를 거리에 대한 그래프로 나타낸 것이다. 화원으로부터 거리가 멀어짐에 따라 출력 전압(광량)이 작아짐을 알 수 있다. 식(2)는 이 직선의 기울기를 나타낸 것이다.

$$y = -4.5x + 380 \quad (2)$$

Figure 4. Distance vs. voltage at bench experiment.

Figure 5. Diagram of real distance experiment.

Figure 6. Photo of real distance experiment.

Figure 7. Output voltage for each distance.

Figure 8. Distance vs. voltage at real distance experiment.

4. 치환실험과 실거리실험 비교 검토

본 절에서는 치환실험과 실거리실험의 두 데이터(Figure 4 과 Figure 8)를 사용하여 본 연구에서 관심을 갖는 실거리에서의 출력전압과 실내에서의 출력전압과의 관계를 분석하였다.

치환실험결과 그래프(Figure 4)와 실거리실험 결과 그래프(Figure 8)를 살펴보면 y절편의 값은 상수이므로 고려대상에서 제외하면 식(1)과 식(2)의 직선의 방정식에서 알 수 있듯이 기울기가 10배 차이가 난다. Figure 8을 보면 x축의 실거리가 실내 치환실험 거리(Figure 4의 x축)의 10배임을 알 수 있다. 따라서 두 그래프(Figure 4과 Figure 8)는 동일한 기울기를 가지는 직선의 방정식임을 알 수 있다.

이 두 실험결과와 의미는 다음과 같다. 실거리 최대감시 거리에서의 출력전압 특성식과 같은 기울기(값)를 갖는 치환실험의 출력 특성식을 찾아낸다면 앞에서 언급한 바와 같이 불꽃감지기 작동/부작동 성능시험을 실거리에서 실시할 필요 없이 실내에서 치환실험을 실시해도 같은 성능을 확인할 수 있다는 것이다. 이는 제조사의 입장에서는 불꽃감지기를 개발할 때 특히 30 m용, 50 m용과 같이 감시영역이 넓은 경우에 성능확인을 실거리에서 할 필요 없이 실내에서도 성능확인 시험을 할 수 있다는 큰 장점이 되며, 품질개선 등에도 활용이 가능하다.

5. 결 론

본 연구에서는 적외선불꽃감지기를 대상으로 실내에서의 치환감시시험의 타당성을 분석하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 치환실험장치를 제작하여 치환실험과 실거리실험을 수행하여 치환감시시험의 타당성을 확인하였다. IR불꽃감지기의 적외선 센서를 사용하여 실거리 10 m부터 35 m까지의 광량을 측정하였으며, 또한 실내 치환실험을 위한 마이크로버너의 불꽃을 조절하고 광량의 변화를 조절하는 초퍼 등으로 구성된 실험장치를 제작하였다. 이 장치를 이용하여 불꽃으로부터 1.5 m~5 m까지의 광량을 측정하였다. 이 두 실험의 결과를 통하여 광량과 거리의 특성 곡선의 기울기가 일치함을 확인하여 치환감시시험법의 유효성과 타당성을 확인하였다.

2) 적외선불꽃감지기의 IR센서 신호를 적절히 사용하면

치환감시시험에 유효하게 사용가능함을 확인하였다. 제조사에서는 이러한 불꽃감지기를 설계하여 제품개발 시 치환감시시험에 적절히 사용한다면 광량과 거리 사이의 출력특성을 얻을 수 있게 된다.

이상과 같이 본 연구에서는 적외선불꽃감지기 감도시험인 실거리 시험의 한계성을 극복하고 이를 대체할 수 있는 실내 치환감시시험 방법의 유효성과 타당성을 분석하였다. 감지기 제조사 등에서 이러한 방법을 사용한다면 제품의 품질관리와 성능개선에 크게 기여할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구가 성공적으로 진행될 수 있도록 협조해 주신 제조사 관계자 분들께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

References

1. J. J. Kim, D. K. Kwak, T. J. Lee, D. H. Park and J. H. Kim, "A Study on Current Status and Problem Analysis of Flame Detector", Proceedings of 2017 Conference, Power electronics, pp. 495-496 (2017).
2. B. H. Lim, "A Study on the Improvement of the Characteristic of Ultraviolet Infrared Flame Detector for Fire Detection", Ph.D Thesis, Chosun University, pp. 10-12 (2006).
3. Y. G. Chol, "A Study on the Adaptability of Flame Detectors (With the Focus of Cultural Heritages Constructed with Wood)", Master's Thesis, Kyungwon University (2011).
4. J. J. Jung, "Study on Development and Feasibility of Bench Tester for UV Flame Detector", Journal of Korean Soc. Hazard mitig., Vol 20, No. 2, pp. 147-152 (2020).
5. KFI Certification Code no 2019-102, "Technical Standards of Product Inspection and Approval of a Type of Detector" (2016).
6. D. H. Baek, "Fire & Electrical Facilities", Dong Il Publishing, Korea, pp. 124-130 (2012).
7. S. H. Kang, S. H. Joo, K. T. Kim, S. I. Lee, S. K. Joo, H. Jeong, J. H. Jeun and U. K. Kim, "Fire Electrical Equipment Basics", Shin Kang Moon Hwa Publishing, Korea, pp. 41-45 (2007).
8. S. H. Kang, K. T. Kim, U. G. Kim, Y. S. Kim, S. I. Lee, Y. Y. Lim, J. H. Jeun, H. Jeong, S. G. Joo and J. H. Joo, "Fire Electrical Equipment Basics", Shin Kang Moon Hwa Publishing, Korea, pp. 37-40 (2011).
9. J. J. Jung, "A Study on the Measurement of Flame Light of a Flame Detector", Fire Protection Technology Research, Vol. 8, No. 4, pp. 46 (2015).