

차동식 스포트형 열감지기의 인공 가속열화특성에 관한 연구 A Study of the Rate of Rise Spot Type Heat Detector on the Artificially Accelerated Aging Characteristics

김찬영

Chan-Young Kim

우석대학교 소방안전학과
(2011. 1. 3. 접수/2011. 4. 8. 채택)

요 약

차동식 스포트형 공기 팽창식 열감지기를 인위적으로 높은 온도에서 가속열화시켜 경년변화되는 특성에 대하여 연구하였다. 이 연구는 현장에 설치된 감지기가 화재 또는 점검기기에 의한 고온의 열에 노출되었을 경우에 감지기의 동작에 미치는 영향을 분석하기 위하여 실험하였다. 실험결과 현장에서 5년 동안 사용되었던 2005년 B사 감지기는 100°C의 온도에서 1시간 동안 노출되었을 경우에 감지기가 동작하지 않는 경우가 발생하였다. 이것은 감지기 감열실내의 팽창된 공기가 리크공 이외의 곳에서 리크 되었기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 감지기의 동작표시를 나타내는 LED는 온도가 160°C까지 올라갔음에도 불구하고 모두 정상적으로 동작하였다. 따라서 동작표시 LED의 회로소자는 고장은 발생하지 않았음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

This paper presents the results of artificially accelerated aging characteristics of the rate of rise spot type heat detectors. This experiment carried out to investigate the detector's operating characteristics when a fire was broken out or the regular tests were performed. The result showed that the delay of operating time or no-operation of heat detector which was made by company B and used in the field for 5 years may be occurred even at the 100°C. This result is due to the leakage of inflated air from heat chamber. However the operating display LED was not out of order, even if the temperature was increased up to 160°C.

Key words: Rate of rise spot type heat detector, Artificially accelerated aging characteristics, Diaphragm, Heat chamber, LED

1. 서 론

화재의 조기발견을 위해 사용되는 화재감지기는 열감지기, 연기감지기, 불꽃감지기 등 많은 종류가 개발되어 사용되고 있고,¹⁾ 이들 감지기에 대한 특성시험 연구가 많이 진행되어 왔다.^{2,3)}

적응성이 있는 감지기 설치의 화재예방에 반드시 필요하다. 특히 차동식 스포트형 열감지기는 실제 현장에서 가장 많이 사용되고 있고, 화재예방에 큰 역할을 담당하고 있다. 그러나 일반적으로 감지기는 한 번 설

치되면 건물이 철거될 때까지 사용된다. 즉 차동식 스포트형 열감지기 제2종은 작동시험기준인 “실온보다 30°C 높은 온도이고 풍속 85cm/s인 수직기류에 투입하는 경우 30초 이내에 작동”하여야 한다.⁴⁾ 따라서 현장 점검기기로 점검하여 위의 작동기준에 이상이 없을 경우에는 계속해서 사용하고 있는 실정이다.³⁾ 그러나 현장에 설치된 감지기가 화재로 인하여 고온을 받았을 경우나 현장 점검기기로 점검되는 동안에 감지기가 급격하게 높은 온도(120°C 이상)에 노출될 가능성이 존재한다.

따라서 화재가 발생하거나, 감지기를 장기간 사용함에 따라 점검횟수가 증가하면서 감지기의 경년변화가

능성이 존재할 수 있다. 결국 장기간 사용된 감지기는 감열실에 자연적인 열화와 인위적인 점검동안에 발생한 온도상승으로 성능저하가 발생하여 작동시간의 지연이나 최악의 경우에는 동작하지 않는 경우가 발생할 가능성이 있다.

차동식 스포트형 열감지기에 대한 연구는 주로 감지기 및 점검기기의 개발에 관한 연구^{5,6)}가 주를 이루어왔고, 온도상승에 의한 감지기의 열화 가능성을 평가한 연구는 거의 진행되지 않은 상태이다.

따라서 본 논문에서는 신품 및 경년품의 차동식 스포트형 공기 팽창식 열감지기가 자연적이든 인위적이든 간에 고온에 노출되었을 때 나타나는 동작특성에 대하여 실험하고 분석하여 그 결과에 대하여 논의하였다.

2. 차동식 스포트형 공기 팽창식 열감지기의 불량원인

차동식 스포트형 열감지기의 불량원인은 자연적인 노화와 시공·관리 불량으로 나눌 수 있다. 자연적인 노화는 사용연수가 증가함에 따라 발생하는 것으로 감지기를 만든 기술 및 재질을 개선함에 따라 사용연수가 증가될 수 있다. 시공 및 관리 불량은 감지기 설치 및 유지보수를 적절하게 함으로서 불량원인을 원천적으로 제거할 수 있다.

2.1 자연적인 노화에 의한 불량

차동식 스포트형 열감지기를 장기간 사용함에 따라 나타날 수 있는 자연적인 노화종류를 Table 1에 정리하였다. 노화의 종류는 다이어프램부식, 감열실의 리크, LED 점등 표시회로 고장, 리크공 막힘 등으로 구분할 수 있다.

다이어프램의 부식은 습도 및 부식성가스에 의한 것으로 부식성가스가 체류하는 장소에서 장기간 사용시

발생할 수 있고 부식의 정도에 따라서 감지기의 동작이 지연되거나 동작하지 않게 된다.

감지기를 장시간 사용함에 따라 접합부의 재질이 노화되거나, 화재 또는 점검기기를 사용한 점검 중에 발생하는 급격한 열팽창에 의해 접합부 간에 틈이 생겨 감열실에서 팽창한 공기가 접합부에서 리크 되어 감지기의 동작이 지연되거나 작동하지 않게 될 수 있다. 또한 리크공 유리봉 주위의 고무사이로 리크가 발생할 수 있다.

LED 점등회로 표시등 고장은 온도상승과 외부유입 전압에 의해 발생할 수 있다. 온도상승은 화재나 감지기 점검기에서 발생할 수 있고, 외부유입전압은 충격전압이나 고주파 등이 회로에 유입하는 경우이다.

감지기의 리크공은 유리관에 구멍을 만들어 감열실 공기를 이동시키도록 되어 있다. 온도가 서서히 상승할 경우에 감열실의 공기를 내보내는 역할을 하여 감지기의 오작동을 방지하기 위해 사용된다. 그러나 감지기를 사용하는 주위환경에 미세먼지가 존재하는 경우에는 리크구멍을 통하여 공기가 이동함에 따라 리크구멍이 막히게 되고 결국 감지기가 오보를 일으킬 수 있다.

2.2 시공·관리 부적절운영에 의한 불량

차동식 스포트형 열감지기가 조기동작, 지연동작, 부동작이 발생하는 경우는 노화이외에도 감지기의 시공 및 관리 소홀에 따라서 발생할 수 있다. 차동식 스포트형 열감지기를 시공 및 관리 불량에 따른 불량종류를 Table 2에 정리하였다.

불량의 종류는 점점간극 조정불량, 충격에 의한 감열실 체적의 감소, 표면오염, 접촉불량 등으로 구분할 수 있다.

다이어프램에 있는 점점과 고정점점의 간격을 조정하는 정도에 따라 감지기의 동작시간에 영향을 미친다.

Table 1. Natural Aging of Detector

자연노화	원 인	동작결과
다이어프램 부식	- 습도 - 부식성 가스	지연 또는 부동작
감열실의 리크	- 온도상승에 따른 열팽창 - 접촉재질의 자연노화 - 리크공 고무재질의 탄성저하	지연 또는 부동작
LED 점등 표시회로 고장	- 온도상승 - 과전압 유입	LED 부동작
리크공 막힘	- 환경 영향(미세먼지)	조기동작

Table 2. Installation and Management Faulty of Detector

시공·관리 불량	원 인	동작결과
점점간극 조정불량	넓게 설정	지연 또는 부동작
	좁게 설정	조기동작
감열실 기계적 충격	감열실 체적감소	지연 또는 부동작
표면오염 (페인트, 분진)	열전달 차단	지연
접촉불량	접속단자 헐거움	부동작

또한 감지기 감열실이 충격에 의해 체적이 감소되었을 경우에는 감지기의 동작이 지연되거나 동작하지 않을 수 있다.

감지기 표면에 부착된 오염물질도 감지기 동작에 영향을 준다. 감지기의 감열부가 분진 등에 오손되거나, 리모델링 경우에 도포하는 페인트는 감열실내로 열전달을 방해하여 동작지연의 원인이 된다.

또한 감지기의 접속을 쉽게 할 수 있도록 전선을 감지기의 접속단자에 삽입하도록 감지기가 제작되어 있다. 이것은 시공이 매우 편리한 장점이 있다. 그러나 어떤 감지기는 접속점이 매우 느슨한 경우도 있다. 이 경우에 우연하게도 시공 직후에는 도통시험이나 동작시험에서 정상적으로 동작하였으나, 전선이 약간 움직였을 경우에 접속불량이 발생하여, 감지기가 동작하지 않는 경우도 발생할 수 있다.

3. 실험

3.1 실험대상

현장에서 5년(2005년 감지기) 및 3년(2007년 감지기) 동안 사용된 경년품과 신품(2010년 감지기)의 차동식 스포트형 공기 팽창식 열감지기 40개를 확보하여 실험하였다. Table 3에는 실험에 사용된 감지기의 제작연도, 제작회사, 기호 및 수량을 나타냈다. 제작된 감지기의 제작회사는 인의의 알파벳 대문자로 표시하였으며 기호는 제작연도와 제작회사를 병기하여 표시하였다.

3.2 실험방법

감지기를 인공으로 가속열화 시키기 전에 신품과 경년품 감지기 제2종에 대한 감도시험을 하였다. 준비된 40개의 감지기 중에서 2005년도 B사 감지기 9개 중에서 3개의 감지기가 동작하지 않았다. 따라서 동작특성에 이상이 없는 정상인 감지기를 대상으로 온도를 높여가며 인공 가속열화 실험을 하였다. 감지기를 발열식 점검기기로 동작시킨 상태에서 작동표시등인 LED

의 점등된 상태를 확인하고 감지기를 온도조절이 가능한 챔버(chamber)에 넣고 정해진 온도(80°C)에서 1시간 동안 유지시킨 후, 챔버 외부에서 25°C로 급격하게 냉각시켜 현장 점검기기로 동작되는 시간과 온도를 측정하였다. 시험을 마치면 감지기를 다시 동작시켜 이전보다 20°C 높은 온도의 챔버에 감지기를 넣어 이전과 동일한 방법으로 실험하여 160°C까지 올리면서 실험하였다.

Figure 1은 P형1급 수신기와 연결된 감지기를 실온에서 동작시킨 상태에서 챔버 안으로 옮겨 온도를 올린 사진과 도형이다. 챔버는 온도를 자동으로 조절할 수 있는 기능을 가지고 있다. 이와 같이 감지기가 동작된 상태에서 챔버에 넣어 열화시킨 이유는 화재 또는 점검기기 사용시, 감지기가 동작되는 상태에서 열을 받는 경우를 모의하기 위해서 하였다.

Figure 2는 차동식 스포트형 열감지기를 열화시킨 온도 schedule을 나타낸 다이어그램이다. 온도특성은 80°C에서 20°C씩 높여가며 160°C까지 높였다. 감지기 동작시험은 감지기를 급속하게 냉각시킨 후 실온(room temperature, 25°C)에서 감지기 점검기기로 동작되는 온

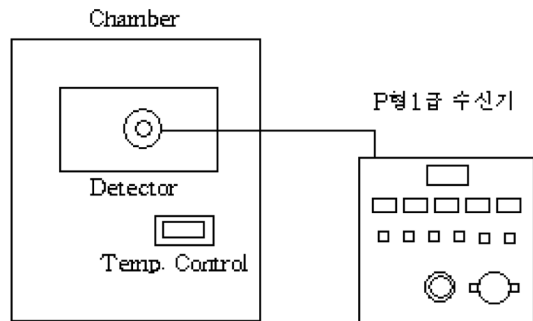


Figure 1. Photograph and diagram of chamber and P1-type receiver.

Table 3. Manufacturer and Fabricated Years of Detector

제작연도	제작회사	기호	수량
2005	A사	2005A	10
2005	B사	2005B	9
2007	A사	2007A	4
2007	J사	2007J	7
2010	G사	2010G	10
합계			40

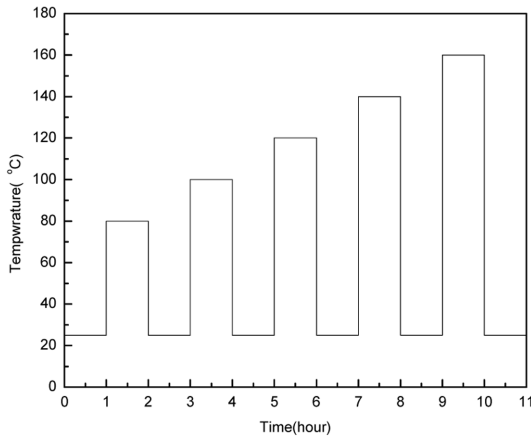


Figure 2. Schematic diagram of temperature schedule.



Figure 3. Operating test for heat detector.

도와 시간을 측정하였다.

Figure 3은 챔버에서 열화시킨 후 25°C로 냉각시킨 다음 현장 점검기로 측정하는 모습의 사진이다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 현장 점검기의 온도특성시험

현장 점검기는 동화엔지니어링사의 할로겐램프식 점검기를 사용하였다. 점검기가 정상적으로 동작하는 여부를 확인하기 위해 동작시의 온도 상승 상태를 확인하였다. 점검기의 컨트롤러에 표시되는 온도와 시간을 측정하였다.

Figure 4에서 알 수 있듯이 현장 점검기로 이번 실험에 사용된 5종류의 감지기를 넣고 측정한 온도특성이 매우 유사하게 나타났다. 이 측정결과는 비록 실험

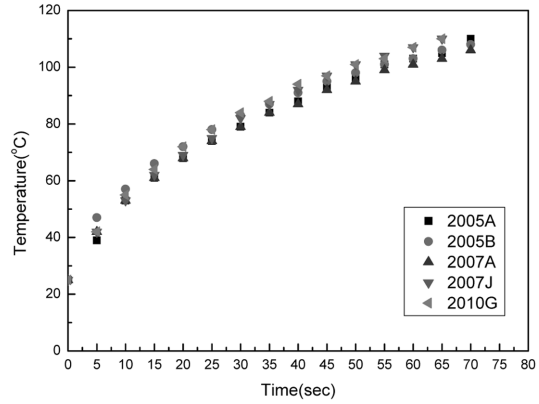


Figure 4. Temperature characteristic of tester with detectors.

에 사용된 감지기의 모양이 약간씩 다르더라도 점검기의 시간에 따른 온도특성이 매우 일정한 것을 알 수 있었다. 따라서 점검기의 온도특성에 신뢰성이 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 현장 점검기를 동작시켰을 때 30초 이내에 실온보다 30°C 높은 온도로 유지되었다.

4.2 동작특성

4.2.1 온도에 따른 감지기의 동작시간

Figure 5는 2005년 A사 및 B사 감지기의 동작시간 특성을 나타낸 그래프이다. 가로축은 열화온도를 나타냈고 세로축은 감지기의 동작시간을 나타냈다.

2005년에 제작된 A사 감지기는 온도가 140°C될 때까지 모두 30초 이내에서 동작하다가, 온도가 160°C되었을 때 10개 중 3개는 30초가 넘어 동작하였고, 6개는 결코 동작하지 않는 영구고장이 발생하였다.

2005년 B사의 감지기는 온도가 100°C되었을 때 6개 중 1개는 동작시간이 30초를 넘어서 동작하였고, 1개는 영구고장이 발생하였다.

Figure 6은 2007년 J사와 2010년 G사 감지기의 동작시간특성을 나타낸 그래프이다. 열화온도가 증가함에도 불구하고 감지기의 동작시간에 큰 변화가 없었다.

4.2.2 열화온도에 따른 감지기의 영구고장

Table 4는 온도에 따라 영구고장이 발생한 감지기의 수량을 보여준다. Table 4에서와 같이 온도가 증가함에 따라 감지기 고장 특성이 다음과 같이 다양함을 알 수 있다.

2005년 A사의 감지기는 열화온도를 140°C까지 올렸을 때까지 고장이 발생하지 않다가, 온도가 160°C되었

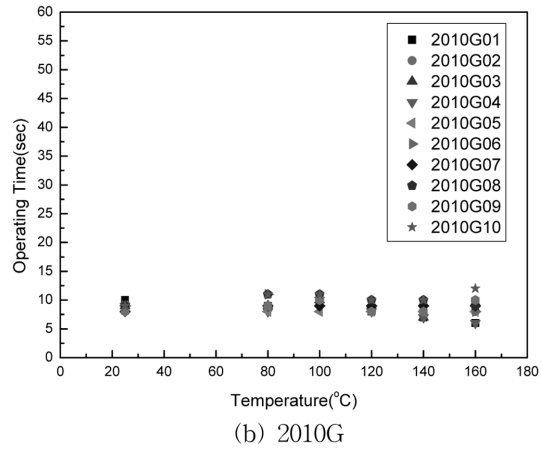
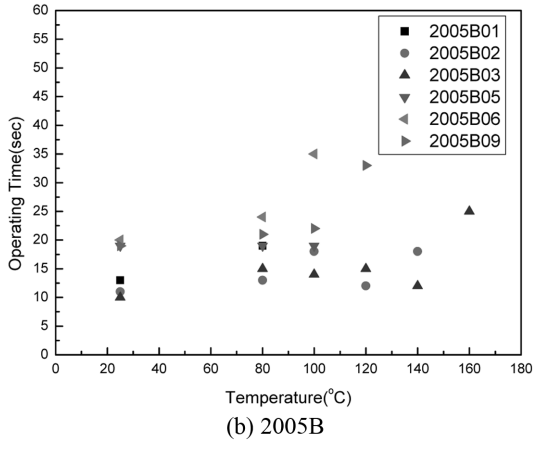
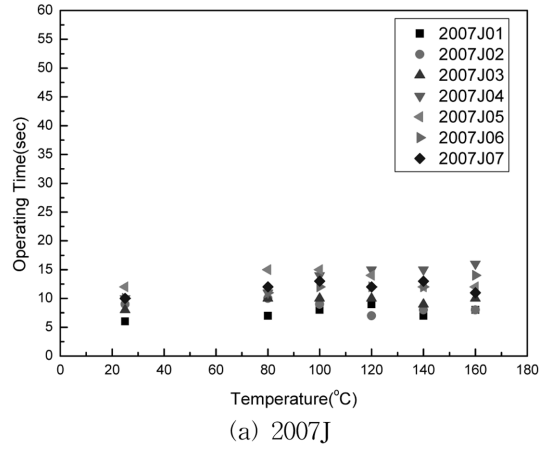
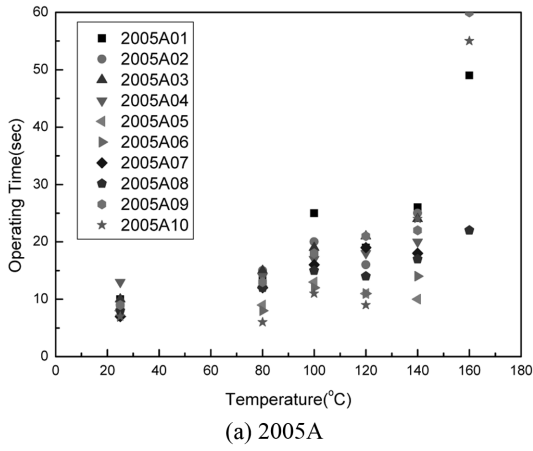


Figure 5. Operating time of detectors fabricated at 2005 as a function of temperature.

Figure 6. Operating time of detectors of 2007J and 2010G as a function of temperature.

을 때 10개 중 6개의 감지기가 동작하지 않았다. 한번 동작하지 않는 감지기는 더 이상 동작하지 않는 영구 고장이 되었다.

2005년 B사 감지기는 실온 상태에서 10개 중 3개에서 고장이 발생해 있었고, 나머지 감지기도 온도가 증가함에 따라 100°C에서부터 고장이 발생하기 시작하여, 결국 160°C에서 9개 중 8개가 고장에서 발생하였다. 따라서 2005년도 B사의 감지기는 사용 중에 상당부분 노화가 진행된 것으로 판단된다.

2007년 A사 및 J사의 감지기를 비교하여 보면 동일년도에 제작된 감지기라도 특성차이가 큰 것을 알 수 있다. 2007년 A사 감지기는 4개 중 3개가 고장 났으나 2007년 J사 감지기는 160°C 온도에서도 7개 모두에서 고장이 발생하지 않았다. 이것은 회사마다 감지기 조립시 사용되는 접합재질이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

Table 4. Quantities of Permanent Failure of Detectors on aging Temperature

Name & Number	Temp. [°C]	Temperature [°C]						Failure Quantity
		25	80	100	120	140	160	
2005A	10	0	0	0	0	0	6	6/10
2005B	9	3	0	1	2	1	1	8/9
2007A	4	0	0	0	1	0	2	3/4
2007J	7	0	0	0	0	0	0	0/7
2010G	10	0	0	0	0	0	0	0/10

2010년 G사의 감지기는 열화온도가 160°C까지 상승하였더라도 감지기가 정상적으로 동작하였다.

종합해보면 동일년도에 제작된 감지기(2005년 A 및

B사, 2007년 A 및 J사)라 하더라도 제작회사에 따라 감지기는 동작특성이 다르다는 것을 알 수 있었다.

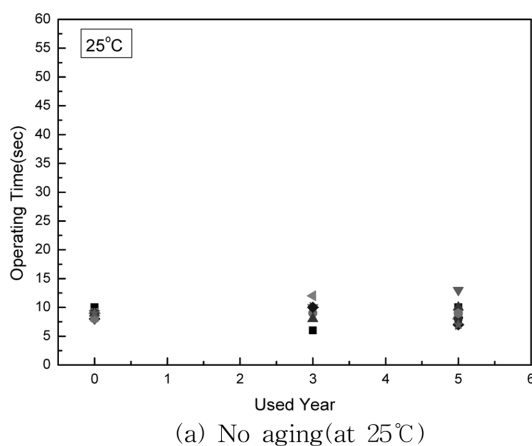
감지기가 온도에 따라 열화 되었을 경우에 동작하지 않는 이유는 감열실내의 공기가 쉽게 빠져나갈 간극이 존재하는가 여부일 것이다. 이것은 두 가지 이유로 인하여 발생할 것으로 판단된다.

첫째는 감지기 감열실의 재질이 열팽창 차이에 의해 접합재가 감열실 금속과 분리되어 간극이 생기고 이 틈새로 감열실에서 팽창된 공기가 빠져 나갔기 때문이다.

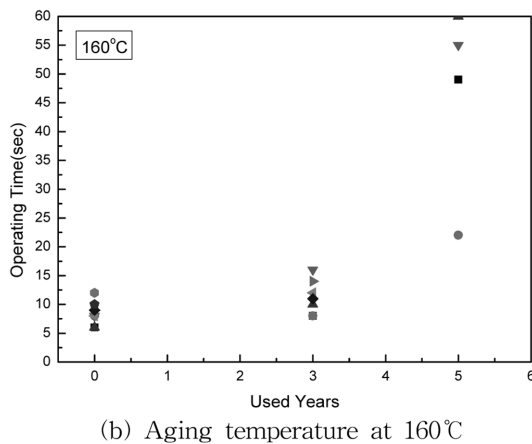
둘째는 감지기 유리 리크봉을 둘러싸고 있는 고무사이로 감열실의 팽창된 공기가 빠져 나갔기 때문이다. 결국 감열실 간극의 존재여부는 감열실의 접합재료 사용되는 재질의 특성에 달려 있다고 할 수 있다.

4.2.3 사용연수 및 열화온도에 따른 동작특성

사용연수 및 열화온도에 따른 감지기 동작특성을



(a) No aging(at 25°C)



(b) Aging temperature at 160°C

Figure 7. Operating time versus used years of detector depending on the temperature at (a) 25°C and (b) 160°C.

Figure 7에 나타냈다. 사용연수가 0년은 2010년 G사, 3년은 2007년 J사, 5년은 2005년 A사의 감지기이다. 감지기를 실온 25°C에서 측정하였을 경우에 감지기의 동작특성은 사용연수와 상관없이 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 감지기를 160°C까지 열화시킨 후, 동작시간을 측정하였을 경우에 신품(사용연수 0년) 감지기는 동작시간에 차이가 없었으나 경년품의 경우에는 동작시간이 증가되는 것으로 나타났다. 이 이유는 감지기 감열실에 사용되는 접합재질(접착제 또는 리크 유리봉 패키징고무)이 자연상태에서 경년변화된 것을 의미한다. 이렇게 경년변화된 접합재질에 높은 온도가 인가되면 특성저하가 발생해 결국 감지기의 고장으로 이어지는 것으로 판단된다.

4.2.4 감지기의 동작표시등 고장 여부

감지기의 동작표시 LED는 화재가 발생한 위치의 감지기 동작상태를 표시하는 역할을 하는 것으로 화재점검 및 조사에 중요한 역할을 한다. 따라서 이 실험에서 사용된 각각의 열화온도에서 감지기의 동작표시등인 LED의 고장여부를 확인하였다. 그러나 모든 감지기의 LED는 감지기가 동작하였을 경우에는 점등되었다. 따라서 최대 160°C 온도까지 감지기가 열을 받았을 경우라도 LED 회로에 고장이 발생하지 않았다.

5. 결 론

감지기가 화재 또는 점검기에 의해 고온을 받았을 경우의 동작특성을 모의하기 위하여 인위적으로 높은 온도로 감지기를 가속 열화 시키고 실험한 결과, 감지기의 동작시간이 지연되거나, 동작하지 않는 경우가 발생하였다. 특히 가속열화시키는 온도가 증가할수록 그리고 경년기간이 길수록 동작하지 않는 감지기가 증가하였다. 아래에 연구결과를 요약하였다.

- (1) 2005년 B사의 경년품의 감지기는 열화온도가 100°C의 온도에서도 동작하지 않는 감지기가 발생하였다.
- (2) 동일년도에 제작된 감지기(2005년 A 및 B사, 2007년 A 및 J사)라 하더라도 제작회사마다 감지기의 동작특성이 다르다.

(3) 감지기가 온도에 따라 열화되었을 경우에 동작하지 않는 이유는 감열실내의 공기가 빠져나갈 간극의 존재여부이고, 이것은 감지기 감열실의 재질이 열팽창 차이에 의해 접합재가 감열실 금속과 분리되어 간극이 생기고 이 틈새로 감열실에서 팽창된 공기가 빠져 나갔기 때문이거나, 감지기 유리 리크봉을 둘러싸고 있는 고무가 온도상승에 따라 탄성이 줄어 유리봉과 고

무사이로 감염실의 팽창된 공기가 빠져 나갔기 때문이다.

(4) 감지기를 160°C까지 열화시킨 후에 동작시간을 측정하였을 경우에 신품감지기는 동작시간에 차이가 없었으나 경년품의 경우에는 동작시간이 증가되는 것으로 나타났다. 이것은 감지기 감염실에 사용되는 접합재질(접착제 또는 고무)이 경년변화 되었다는 것을 의미한다.

(5) 최대 160°C 온도까지 감지기가 열을 받았을 경우라도 LED 회로에 고장은 발생하지 않았다.

감사의 글

“이 논문은 우석대학교 교내 학술연구비 지원에 의하여 수행된 연구임”.

참고문헌

1. Z. Liu and A.K. Kim, “Review of Resent Develop-

- ments in Fire Detection Technologies”, *Journal of Fire Protection Engineering*, Vol.13, No.2, pp.129-149(2003).
2. 백원돈, 김시국, 옥경재, 이춘하, 지승욱, “이온화식연기감지기의 사용기간에 따른 응답특성 연구”, *한국화재소방학회 논문지*, Vol.22, No.4, pp.61-64(2008).
3. 사공성호, 김시국, 이춘하, 정종진, “화재실험을 통한 주택용 연기감지기 응답특성에 관한 연구”, *한국화재소방학회 논문지*, Vol.23, No.4, pp.98-103(2009).
4. 한국소방산업기술원, “감지기의 형식승인 및 검정기술기준”(2009).
5. 김시국, 옥현대, 양승현, 지승욱, 이춘하, “차동식스포츠형열감지기 현장점검용 표준화기기 개발에 관한 연구”, *한국화재소방학회 논문지*, Vol.22, No.3, pp.85-92(2009).
6. 차하나, 옥경재, 김시국, 이춘하, 지승욱, “화재감지 현장점검의 문제점 및 개선방안에 관한 연구”, *한국화재소방학회 논문지*, Vol.22, No.4, pp.50-53(2008).