

## 실내화재에서의 열감지기 동작특성 분석

# Analysis on Activation Characteristic of Heat Detectors in a Compartment Fire

Hocheol Ryu\*

Department of Safety Engineering of Chungbuk National University, Gaesin dong, Cheongju , Republic of Korea

### ABSTRACT

The first operation of alarm system starts at a detector. And the largest effect is produced on the operation of detector by the fire source position and installation position. Nevertheless, the Korean standard for the installation of detector only specifies matters of fire detector installation according to area and height, without consideration of installation position and fire source position. Therefore, this study carried out a fire test in consideration of detector installation position and fire source position (5 places) in order to minimize casualties owing to the fast operation of fire detector when a fire occurred. Considering that it took the longest time for a detector close to a wall to work in the results of this test, it was possible to find that a minimum clearance to the wall was required.

### KEYWORDS

Spot Type Heat Detector  
Operating time  
Installation Point  
Separation  
Distance  
Fire source

소방대상물에서의 경보설비는 실내에 있는 사람들에게 화재를 최초로 알려주는 설비로써, 보다 많은 사람들을 대피시킬 수 있도록 하는 매우 중요한 역할을 한다. 이에 자동화재탐지설비와 같은 경보설비의 최초동작을 빠르게 하기 위한 연구가 필요하다. 이러한 자동화재탐지설비에서 감지기의 동작은 설치위치와 화원의 위치에 따른 영향을 가장 많이 받는다. 그럼에도 불구하고 국내의 감지기 설치 기준은 설치 위치와 화원의 위치는 중시하지 않고 면적과 높이에 따른 화재감지기 설치에 대한 사항만을 규정하고 있다. 따라서 본 연구에서는 실내에 열감지기와 보를 설치하고, 일반적인 화재를 가정하여 5 개소의 화원을 발생시켜 설치된 감지기의 동작시간을 측정하였고, 감지기의 설치위치와 화원의 위치를 고려한 화재실험을 통하여 열감지기의 동작특성을 분석한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다. 열감지기는 벽면에 근접하게 설치된 감지기에서 작동지연현상이 보였으며, 벽면에서 적어도 22cm 이상 이격해서 설치하여야 한다. 화원이 보 외측에 존재할 때 감지기는 보에서 55cm 이격한 거리에서 동작이 가장 빨랐다. 또한 화원에 근접한 감지기와 가장 늦게 동작한 감지기의 동작시간의 차이는 피난거리로 환산하였을 때 최대 115 m 의 피난거리가 확보되는 것으로 나타났다. 이를 통하여 적합한 위치와 적응성을 고려한 감지기의 선택은 피난개시 시간을 최소화시켜 줄 수 있는 것을 확인하였다.

열감지기  
동작시간  
설치 위치  
이격 거리  
화원  
피난개시시간

© 2014 Koea Society of Diaster Information All rights reserved

\* Corresponding author. : Tel : +82-010-5463-9414 Fax : +82-43-250-9716  
Email : [ti9713@hanmail.net](mailto:ti9713@hanmail.net)

### ARTICLE HISTORY

Recieved Oct. 08, 2014  
Revised Oct. 09, 2014  
Accepted Oct. 20, 2014

## 1. 서론

현대의 복잡한 소방대상물에는 소방법에서 요구하는 경보설비 및 초기 소화설비 등의 많은 소방시설이 구비되어 있음에도 불구하고, 화재 발생 시에는 많은 재산손실과 인명 피해가 끊임없이 발생하고 있다.

일반적으로 소방대상물에서 화재가 발생한다면 소방설비가 제 역할을 해주기를 기대하지만, 정비 불량, 시설 OFF 등의 다양한 원인으로 인하여 작동에 실패하는 경우도 있으며, 동작은 했지만 피해가 생기는 경우도 있는 실정이다. 1999년 10월의 인천 인현동 호프집 화재사고는 35분 여만에 진압되었으나, 57명의 사상자 발생하였고, 2014년 5월의 장성노인병원 방화사건에서는 20여분 만에 29명의 사상자 발생하였다. 따라서 소방대상물에서의 자동화재탐지설비는 실내에 있는 사람들에게 화재를 최초로 알려주는 설비로써, 보다 많은 사람들을 대피시킬 수 있도록 하는 매우 중요한 역할을 한다.

이에 자동화재탐지설비와 같은 경보설비의 최초동작을 빠르게 하기 위한 연구가 필요하다. 감지기의 초기 동작이 빠르면 그만큼 피난개시시간이 빨라지기 때문이다. 이러한 자동화재탐지설비에서 감지기의 동작은 설치위치와 화원의 위치에 따른 영향을 가장 많이 받는다. 그럼에도 불구하고 국내의 감지기 설치 기준은 설치 위치와 화원의 위치는 중시하지 않고, 외국(Choi, 2005) 소방법을 따라 면적과 높이에 따른 화재감지기 설치에 대한 사항만을 규정하고 있다(NFPA, 2002; ISO 7240-9, 2012; Jung, 2003). 미국(NFPA 72, 2007)에서는 화재감지기 설치기준이 우리나라와는 달리 화재하중이나 화재가 발생했을 때 방출되는 열량 등 다양한 변수를 고려하여 화재감지기를 설치하도록 규정하고 있다.

따라서 본 연구에서는 실내에 열감지기를 설치하고, 일반적인 화재를 가정하여 5 개소의 화원을 발생시켜 설치된 감지기의 동작시간을 측정하였으며, 최적의 설치 위치를 찾고자 하였다. 감지기의 최적의 설치 위치는 화재가 발생했을 때, 보다 빠른 감지와 작동으로 인하여 피난개시시간(Jung, 1993)을 줄여 인명피해를 최소화할 수 있을 것이다.

## 2. 감지기에 대한 국가화재안전기준 및 설치실태

### 2.1 국내기준

자동화재탐지설비의 감지기 설치에 관한 국내의 기준은 국가화재안전기준(NFSC 203 제7조)을 따른다(NFSC 203, 2013). 그 기준은 부착높이에 따른 감지기의 종류와 부착높이와 소방대상물에 따른 감지기의 종류를 제시하고 있다. 추가적으로 차동식열감지기는 다음의 기준에 따라 설치한다.

- 감지기는 공기유입구로부터 1.5 m 이격한다.
- 감지기는 천장 또는 반자의 옥내에 면하는 부분에 설치한다.
- 차동식 스포트형 감지기는 면적규정에 따라 바닥면적마다 1개 이상을 설치한다.
- 스포트형 감지기는 45° 이상 경사되지 아니하도록 부착한다.

위와 같이 차동식 감지기에 대한 설치 기준은 공기유입구로부터의 이격거리를 제한한 규정 외에는 달리 없다.

### 2.2. 미국기준

미국은 NFPA 72에 따라 감지기를 설치하고 있다. 그 내용은 아래와 같다(NEMA Notification, 2012).

- 설치 장소의 가연물을 고려한다.
- 천정 높이를 고려한다
- 천정 형태를 고려한다
- 열감지기는 벽으로부터 10 cm 이상 떨어져 설치하고
- 천정으로부터 10 내지 30 cm 내의 벽에도 설치 가능하다.
- 미국방화관리규정에서의 감지기 설치 규정은 화재하중이나, 천정의 높이, 천정의 형태, 실내 환기 등을 고려하여 열감지기 또는 연기감지기 등을 선택해야 한다. 또한 감지기 설치시에 설치 간격과 위치를 공학적 검토결과에 따른다.

### 2.3. 감지기 설치 실태조사

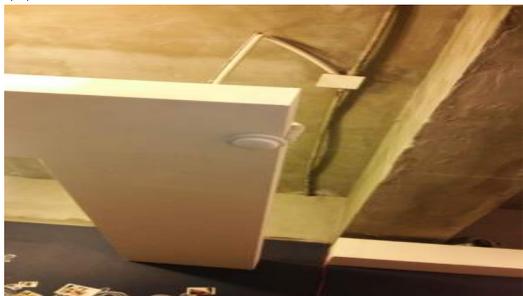
각종 건물에 부착되어 있는 감지기를 대상으로 설치 사례를 조사하였다. 국가화재안전기준에 따라 적법하게 부착된 감지기이지만, 실내의 한편으로 치우치게 설치되었으며, (a)실 중앙이 보로 구획되어진 사례, (b)천정과 벽이 만나는 지점에 설치된 사례, (c)천정면에 부착하지 않고 중간 마감재에 부착한 사례, (d)천정형 히터에 근접하게 시공된 사례 등이 있었다. Fig. 1.은 위 사례들과 같이 부착된 감지기의 사진이다.



(a) Detector installed close to the beam



(b) Detector installed close to the wall



(c) Only one detector installed on interior



(d) Detector installed close to the heater

Fig. 1. Status of installed detector

현재 대부분의 소방대상물에서 높이와 면적에 대한 규정만을 고려한 감지기의 설치로 인하여 계절성 부하 및 벽 기 타 열 유동을 방해하는 건물 구조 등이 감지기의 감지 능력이 저하시킬 것으로 판단된다. 국내에서는 높이와 면적에 대한 규정에 따른 시공을 하고 있으나, 국외와 같이 용도를 고려한 구체적인 안이 제시되어야 한다.

## 3. 실험장치 및 방법

### 3.1. 실험장치

#### 3.1.1. 일반화재 실험장치

열감지기의 위치에 따른 동작시간을 분석하기 위하여 4.2(L)×2.6(W)×2.5(H) m의 벽돌조로 되어 있는 화재실험실을 이용하였다. 열감지기가 설치되는 천정면은 석고보드에 철판을 덧대어 만들어진 구조이며, 개구부는 1.3(L)×1.9(H) m의 구조이다. 실험에 사용된 수신기는 P형1급(AC 220 V, DC 12 V,창구식, 반도체식)으로 국내 L사의 제품이며, 2014년 생산된 제품이며, 감지기는 국내 S사에서 2014년에 제작한 차동식 스포트형 감지기(DC 24 V, 2종, 재용형, 보통형 비방수형, 직경 11 cm)를 사용하였다. 목적은 캐나다산 소나무를 일정한 크기(0.3(L)×0.03(W)×0.03(H) m)로 제작 후 상온에서 말려서 사용하였다. Fig. 2는 화재 실험을 위한 화재실험장치의 개요를 나타낸 것이다.

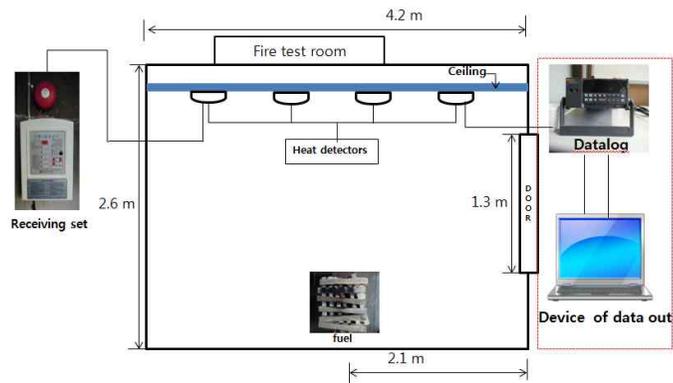
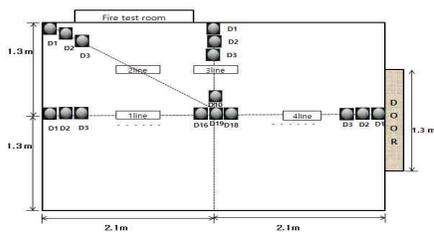
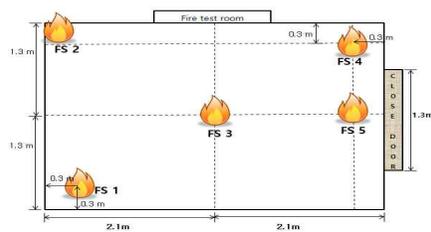


Fig. 2. Experimental setup

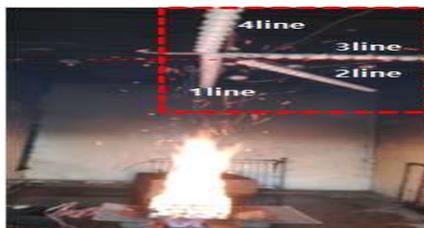
감지기는 차동식 열감지기를 화재실험실의 중심부를 기점으로 천정면에 부착하였다. Fig. 3.(a)는 천장에 설치된 감지기를 나타내었다. 총 4 line으로 구성하였으며, 1 line에는 감지기 D1부터 감지기 D16, 2 line에는 감지기 D1부터 감지기 D19, 3 line에는 감지기 D1부터 감지기 D10, 4 line에는 감지기 D1부터 감지기 D18개를 설치하여, 총 63개를 부착하였다. 또한 각각의 감지기는 수신기에 직접 연결되어 동작 시 이를 경보하는 구조로 하였고, 하나의 감지기가 1개의 지구표시창에 표시되도록 하였다. 감지기와 감지기 사이, 감지기와 수신기 사이의 전선은 내화전선(FR cable)을 사용하여 화재실험실의 화염과 열에 견디도록 하였고, 수신기는 화재실험실 외부에서 조작이 가능토록 하였다. Fig. 3.(b)는 화원의 위치를 표시한 그림이다. 화재실험실내의 5곳을 지정하여 화원을 이동시키면서 실험을 하였다. Fig. 3.(c)는 실제 화재실험 장치를 구성하여 화원을 인가한 사진이다.



(a) The location of rise spot type detector installed on the ceiling



(b) The location of fire source



(c) The photo and detailed drawing of actual detector installation



(d) The photo of actual beam installation

Fig. 3. Status of installed detector

### 3.1.2. 보를 고려한 화재 실험장치

일반화재 실험장치와 동일한 화재실험실에서 수신기와 감지기도 동일한 제품이며, 화원도 같은 형태의 목재를 상온에서 말려서 사용하였다. 보는 불연성의 재질로 3가지 크기로 제작하였다. 길이는 2.6(L) m로 하였으며, 0.3(W)×0.3(H) m, 0.4(W)×0.4(H) m, 0.5(W)×0.5(H) m의 크기로 하였다. 보는 화재실의 중심부(2.1 m 지점)에 설치하였다. 일반화재 실험에서의 1 line 과 2 line 감지기를 이용하였고, 1 line 에는 감지기 D1부터 감지기 D16, line에는 감지기 D1부터 감지기 D19, 총 35개를 부착하였다. Fig. 3.(d)는 실제 보를 설치한 화재실험실의 사진이다. 보는 지지대를 사용하여 천장에 고정을 하였고, 은박 접착테이프를 사용하여 보와 천장의 틈새를 막았다.

## 3.2. 실험방법

### 3.2.1. 일반화재 실험방법

일반적인 화재를 가정하기 위하여, 소화기의 소화능력 판정 등에 사용하는 목재(wood cribs)를 상온에서 건조(함수율 18 - 20 %)시켜 일정한 규격(0.3(L)×0.03(W)×0.03(H) m)[6] 으로 만든 후, 한 층에 6개씩 5단으로 설치하였고, 그 하부에 알코올로 점화하도록 하였다(수동식 소화기의 검정기술기준 준용). 점화보조제인 알코올은 200 ml를 사용하였다. 감지기 동작시간은 점화기로 점화한 직후부터 감지기가 동작할 때까지의 시간으로 하였다. 감지기는 고정된 상태로 하였으며, 화원의 위치는 중요한 지점을 5곳을 선정하였다. FS 1은 개구부에서 가장 먼 좌측 모서리(벽에서 30 cm 이격), FS 2는 개구부에서 가장 먼 우측 모서리(벽에 밀착), FS 3는 화재실의 중심부, FS 4는 개구부에 근접한 우측(벽에서 30 cm 이격), FS 5는 개구부에서 인접한 지점(개구부에서 30 cm 이격)을 선정하였다. 바람의 영향에 대해서는 테스트((TESTO)사의 풍속계를 이용하여 화재실험 전, 중, 후에 측정하였다.

### 3.2.2. 보를 고려한 화재 실험방법

세가지 크기의 보를 화재실 중심부의 천정면에 각각 설치한 후, 일반화재와 같은 방법으로 실험을 하였다. 보의 외측에 목재를 설치하였고, 알코올 200 ml를 사용하여 점화하였다. 감지기 동작시간은 점화기로 점화한 직후부터 동작할 때까지의 시간으로 하였다. 화원의 위치는 FS 5 지점으로 하였다. 출입구에서 풍속의 변화(0 m/s, 1 m/s, 1.8 m/s, 2.5 m/s)를 주어 바람의 영향에 대해서도 실험을 하였다.

## 4. 결과 및 고찰

화원의 위치와 감지기 설치위치에 따른 화재감지기 동작시간의 분석결과는 다음과 같다.

### 4.1 출입구를 밀폐한 경우

FS 1의 경우는 LINE 3이 전체적으로 빠르게 동작하였고, LINE 2에서 대체적으로 느리게 반응하였다. LINE 3이 빠르게 동작한 것은 화원에 근접하였기 때문이다. 또한 각 라인의 D1 쪽으로 갈수록 느리게 동작하였다. Fig. 4.(a)은 FS 1인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 1의 D15이 가장 빠랐고, LINE 2의 D2가 가장 느리게 동작하였다. 동작시간의 차이는 70초 정도였다.

FS 2의 경우는 LINE 1이 전체적으로 빠르게 동작하였고, LINE 4에서 대체적으로 느리게 반응하였다. 화원에 근접한 LINE 1이 빠르게 동작하였고, 화재실의 벽면쪽에 위치한 각각의 감지기는 동작시간의 차이가 나타났다. Fig. 4.(b)는 FS 2인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 1의 D1이 가장 빠랐고, LINE 4의 D2가 가장 느리게 동작하였다. 동작시간의 차이는 73초였다.

FS 3의 경우는 LINE 4가 전체적으로 느리게 동작하였고, 초기에는 LINE 2가 빠르게 반응하다가 중반으로 가면서 LINE 1과 대체적으로 비슷하게 동작하였다. Fig. 4.(c)은 FS 3인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타

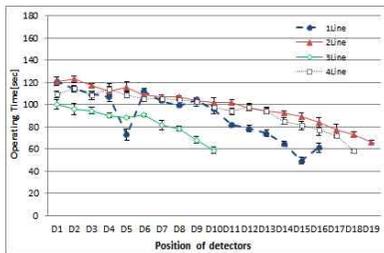
낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 2의 D3이 가장 빨랐고, LINE 4의 D4가 가장 느리게 동작하였다. 동작시간의 차이는 115초였다.

FS 4의 경우는 LINE 4이 전체적으로 빠르게 동작하였고, LINE 1과 LINE 2에서 대체적으로 느리게 반응하였다. 화재실의 벽면쪽에 위치한 각각의 감지기는 동작시간의 차이가 확연히 나타났으며, Fig. 4-2와 비슷한 경향을 나타내었다. Fig. 4.(d)은 FS 4인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 4의 D9이 가장 빨랐고, LINE 1의 D1가 가장 느리게 동작하였다. 동작시간의 차이는 66초였다.

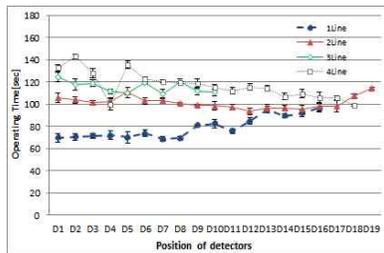
FS 5의 경우에서는 LINE 4가 전체적으로 빠르게 동작하였고, LINE 1과 LINE 2에서 대체적으로 느리게 반응하였다. Fig. 4.(e)은 FS 5인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 4의 D8이 가장 빨랐고, LINE 1의 D1가 가장 느리게 동작하였다. 동작시간의 차이는 99초였다.

이러한 실험에서 벽체에 근접하게 설치된 D1이나 D2 감지기가 나중에 동작한 결과로 볼 때, 또한 감지기의 직경이 11 cm임을 감안한다면 적어도 22cm는 이격시켜야 할 것이다.

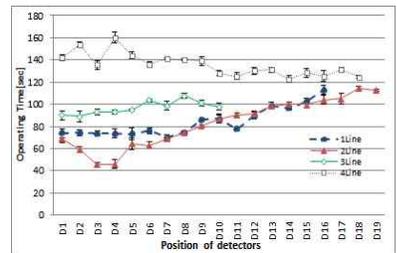
최적의 감지기 설치위치를 찾는 연구는 지난하다. 가연물의 종류, 가연물의 양, 화원의 위치, 개구부, 보의 크기, 천정의 형상, 실의 면적 등 고려하여야 할 변수가 상당히 많다. 때문에 본 실험결과에서는 감지기를 설치할 때 피해야 하는 위치를 먼저 확인하였다.



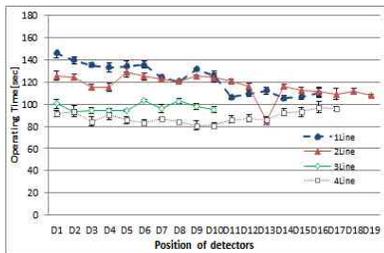
(a) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, closed Gateway, Fire source 1)



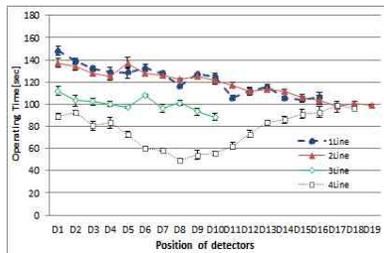
(b) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, closed Gateway, Fire source 2)



(c) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, closed Gateway, Fire source 3)



(d) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, closed Gateway, Fire source 4)



(e) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, closed Gateway, Fire source 5)

Fig. 4. Result of Test (closed Gateway)

#### 4.2 출입구를 개방한 경우

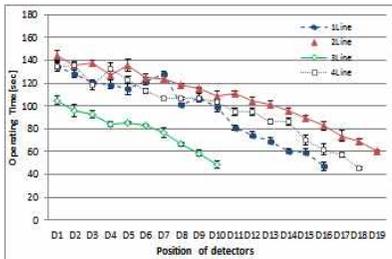
FS 1의 경우에는 LINE 3이 전체적으로 빠르게 동작하였고, LINE 2에서 대체적으로 느리게 반응하였다. LINE 3이 빠르게 동작한 것은 화원에 근접하였기 때문이다. 또한 각 라인의 D1 쪽으로 갈수록 느리게 동작하였다. Fig. 5.(a)은 FS 1인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 1의 D16이 가장 빨랐고, LINE 2의 D1가 가장 느리게 동작하였다. 동작시간의 차이는 97초였다.

FS 2의 경우에는 LINE 1이 전체적으로 빠르게 동작하였고, LINE 4에서 대체적으로 느리게 반응하였다. LINE 1이 빠르게 동작한 것은 화원에 근접하였기 때문이다. 화재실의 중심쪽에서는 각 라인의 감지기가 비슷한 동작시간을 가지는 경향이 있으며, 화재실의 벽면쪽에 위치한 각각의 감지기는 동작시간의 차이가 확연히 나타났다. Fig. 5.(b)는 FS 2인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 1의 D2가 빠르게 동작하였다. LINE 4의 D2에서 D5가 동작하지 않았다. 동작시간의 차이는 44초였다.

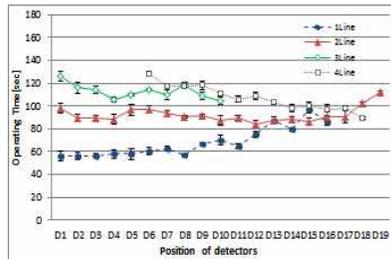
FS 3의 경우에는 LINE 4가 가장 느렸고, LINE 2가 빠르게 동작하였다. LINE 4가 전체적으로 느리게 동작한 것은 화원과 반대방향에 위치한 때문이다. Fig. 5.(c)는 FS 3인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 2의 D3이 가장 빨랐고, LINE 4의 D2가 가장 느리게 동작하였다. LINE 4의 D3과 D4가 동작하지 않았다. 동작시간의 차이는 124초였다. 화원2의 LINE 4의 D2와 D4, D5가 동작하지 않았고, FS 3의 LINE 4의 D4가 동작하지 않았다. 이것은 감지기 자체의 원인으로 생각된다.

FS 4의 경우에는 LINE 4가 전체적으로 빠르게 동작하였고, LINE 1과 LINE 2에서 대체적으로 느리게 반응하였다. 화재실의 벽면쪽에 위치한 각 라인의 감지기는 동작하기 까지 많은 시간이 소요되었다. Fig. 5.(d)는 FS 4인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 4의 D1이 가장 빨랐고, LINE 1의 D1가 가장 느리게 동작하였다. 동작시간의 차이는 64초였다.

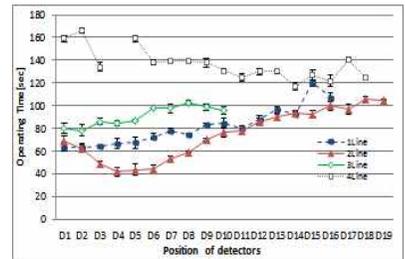
FS 5의 경우에는 LINE 4가 전체적으로 빠르게 동작하였고, LINE 1과 LINE 2에서 대체적으로 느리게 반응하였다. Fig. 5.(e)는 FS 5인 경우의 각 라인에서의 감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 화원에서 가까운 LINE 4의 D3이 가장 빨랐고, LINE 1의 D1가 가장 느리게 동작하였다. 동작시간의 차이는 87초였다.



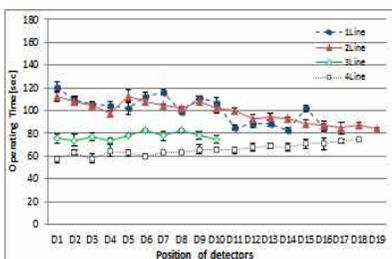
(a) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, open Gateway, Fire source 1)



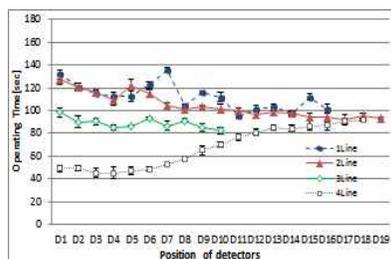
(b) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, open Gateway, Fire source 2)



(c) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, open Gateway, Fire source 3)



(d) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, open Gateway, Fire source 4)



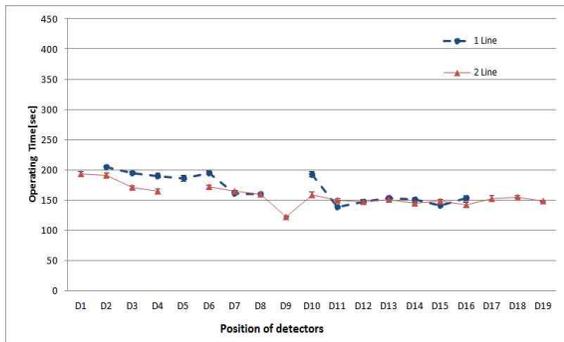
(e) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, open Gateway, Fire source 5)

Fig. 5. Result of Test (open Gateway)

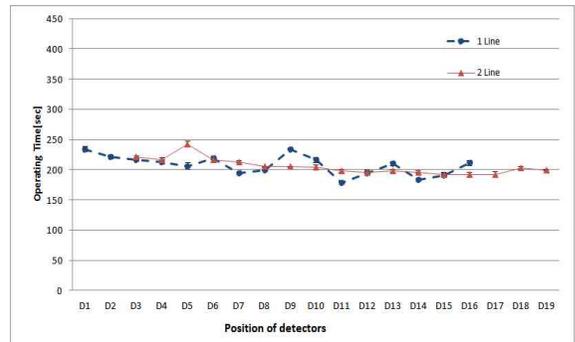
### 4.3. 보를 고려한 실험의 경우

#### 4.3.1. 보의 크기가 30 cm인 경우

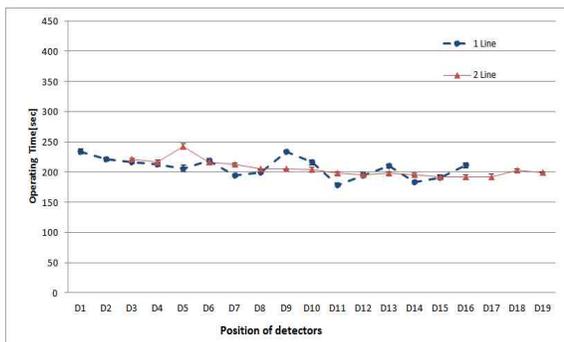
Figure. 6. (a) 는 바람이 없을 경우 보의 존재가 감지기 동작에 미치는 영향을 살펴보았다. 2 line의 D9이 가장 동작이 빨랐으며, 1 line의 D2가 가장 느렸다. 1 line의 D1은 시간이 8분을 경과하여도 동작이 없기에 미동작으로 간주하였다. Figure. 6. (b) 는 풍속이 1.0 m /s 일 경우를 나타내었다. 벽면에 근접한 1 line의 D1이 가장 느렸고, D11이 가장 빨리 동작하였다, 보에 근접한 1 line의 D16은 동작하지 않았다. Figure. 6. (c) 는 풍속이 1.8 m /s 일 경우를 나타내었다. 벽면에 근접한 1 line의 D1이 가장 느렸고, D11이 가장 빨리 동작하였다, 2 line의 D1은 동작하지 않았다. Figure. 6. (d) 는 풍속이 2.5 m /s 일 경우를 나타내었다. 벽면에 근접한 2 line의 D4가 가장 느렸고, D11이 가장 빨리 동작하였다. 상대적으로 바람의 강도가 약했던 앞의 실험에서 보다는 감지기 동작시간이 전체적으로 낮아졌다. 그것은 실의 규모에 비해 바람의 영향이 큰 것으로 생각된다.



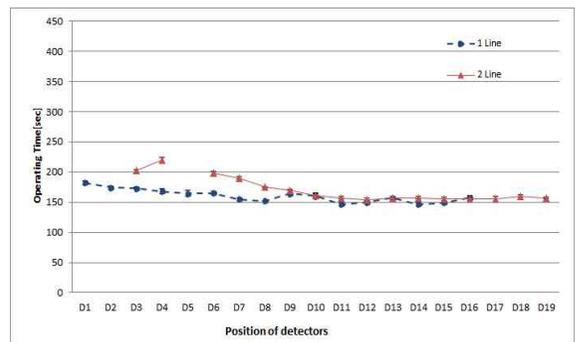
(a) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0 m/s, 0.3(W)×0.3(H) m, Fire source 5)



(b) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.3(W)×0.3(H) m, 1.0 m /s, Fire source 5)

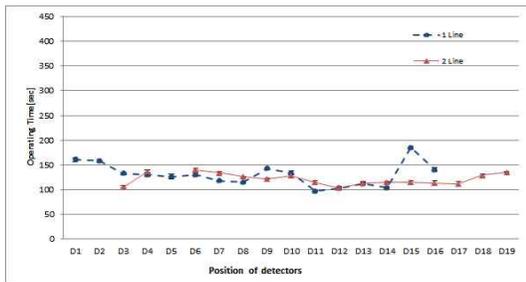


(c) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.3(W)×0.3(H) m, 1.8 m /s, Fire source 5)

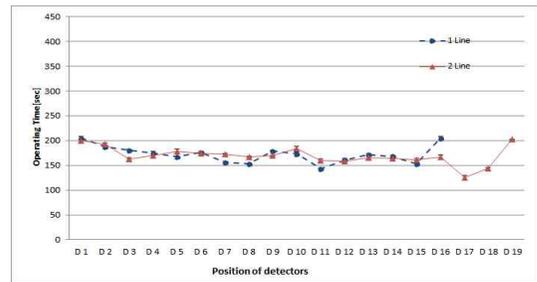


(d) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.3(W)×0.3(H) m, 2.5 m /s, Fire source 5)

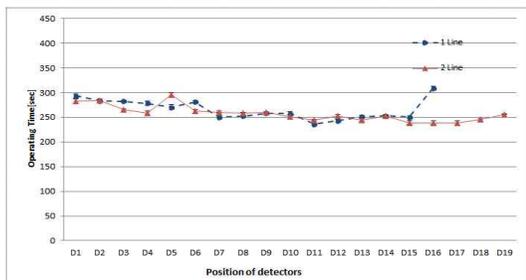
Fig. 6. Result of Test (Installed beam, 0.3(W)×0.3(H) m)



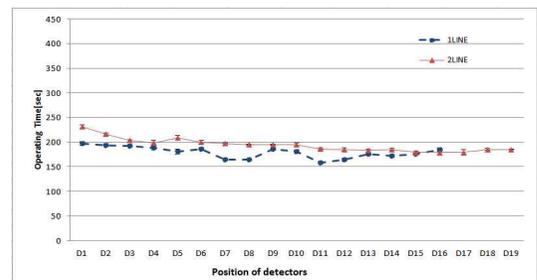
(a) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.4(W)×0.4(H) m, 0.0 m /s, Fire source 5)



(b) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.4(W)×0.4(H) m, 1.0 m / s, Fire source 5)



(c) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.4(W)×0.4(H) m, 1.8 m / s, Fire source 5)



(d) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.4(W)×0.4(H) m, 2.5 m /s, Fire source 5)

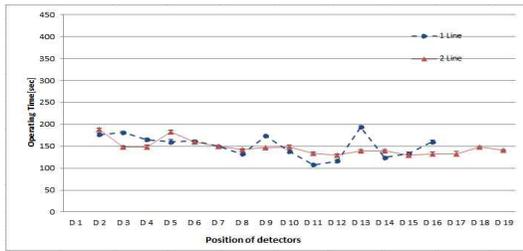
Fig. 7. Result of Test (Installed beam, 0.4(W)×0.4(H) m)

#### 4.3.2.보의 크기가 40 cm 인 경우

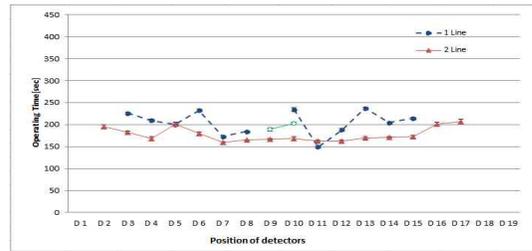
Figure 7. (a) 는 바람이 없는 경우이다. 1 line의 D11이 가장 동작이 빨랐으며, 1 line의 D1가 가장 느렸다. 2 line의 D1, D2 는 동작하지 않았다. Figure 7. (b) 는 풍속이 1.0 m /s 일 경우를 나타내었다. 바람이 없는 경우이다. 1 line의 D11이 가장 동작이 빨랐으며, 1 line의 D1가 가장 느렸다. Figure 7. (c) 는 풍속이 1.8 m /s 일 경우를 나타내었다. 1 line의 D11이 가장 동작이 빨랐으며, 1 line의 D16이 가장 느렸다. Figure 7. (d) 는 풍속이 2.5 m /s 일 경우를 나타내었다. 1 line의 D11이 가장 동작이 빨랐으며, 1 line의 D16이 가장 느렸다.

#### 4.3.3.보의 크기가 50 cm 인 경우

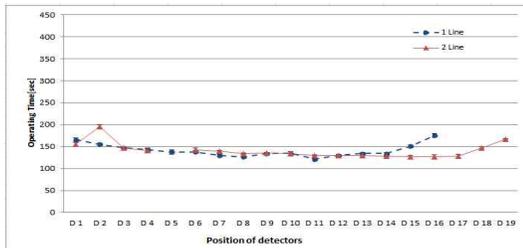
Figure 8. (a) 는 바람이 없는 경우이다. 1 line의 D11이 가장 동작이 빨랐으며, 1 line의 D13이 가장 느렸다. 1 line과 2 line의 D1이 동작하지 않았다. Figure 8. (b) 는 풍속이 1.0 m /s 일 경우를 나타내었다. 1 line의 D11이 가장 동작이 빨랐으며, 1 line의 D1, D2가, 2 line의 D1 이 동작하지 않았다. Figure 8. (c) 는 풍속이 1.8 m /s 일 경우를 나타내었다. 1 line의 D11이 가장 동작이 빨랐으며, 2 line의 D2가 가장 느리게 동작하였다. Figure 8. (d) 는 풍속이 2.5 m /s 일 경우를 나타내었다. 1 line의 D11이 가장 동작이 빨랐으며, D15와 D16은 미동작이었다. 보(화원이 보의 외측에 존재)가 있을 때에는 주로 1 line의 D11이 가장 빠르게 동작하였다. 이 실험 조건에서는 보로부터 55cm 이격하여 감지기를 설치하는 것이 가장 최적의 위치인 것으로 판단된다. 감지기 인근에 보가 있을 때에는 동작에 영향을 받는다. 또한 보의 크기에 상관없이 일정거리만큼 이격시켜야 하며, 바람의 영향은 적었다. 보의 크기가 30 cm, 40 cm일 때에 보에 근접한 감지기는 벽면에 근접한 감지기만큼이나 늦게 동작하거나 동작하지 않았다. 보의 크기가 50 cm 경우에는 벽체에 근접한 D1, D2 가 동작하지 않았고, 보에 근접한 감지기는 동작시간이 오래 걸리거나 동작하지 않는 경우도 있었다. 1.8 m /s 와 2.5 m /s 일 경우에도 보에 근접한 감지기는 동작에 상당한 시간이 소요되었다.



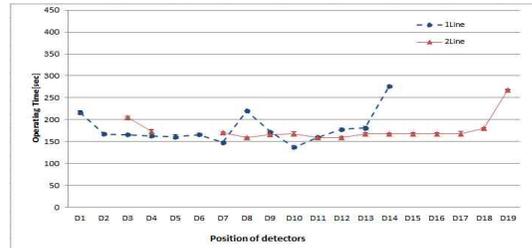
(a) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.5(W) $\times$ 0.5(H) m, 0.0 m / s, Fire source 5)



(b) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.5(W) $\times$ 0.5(H) m, 1.0 m / s, Fire source 5)



(c) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.5(W) $\times$ 0.5(H) m, 1.8 m / s, Fire source 5)



(d) Operating time by the location of rise spot type detector (Case : wood cribs, 0.5(W) $\times$ 0.5(H) m, 2.50 m / s, Fire source 5)

Fig. 8. Result of Test (Installed beam, 0.5(W) $\times$ 0.5(H) m)

#### 4.4. 동작시간에 대한 피난거리 분석

화재는 주로 대류와 복사에 의해 실 전체로 확산되는데, 전체적으로 화원에 근접한 감지기의 동작이 빨랐고, 벽면에 근접한 각 라인의 감지기가 느리게 동작하였다. 벽면에 근접한 감지기가 늦게 동작한 것은 기류의 흐름이 벽면에 의해 방해(Dead air pocket) 받기 때문일 것으로 판단된다. 목재화재에서는 벽면에 근접하게 설치된 D1과 D2 감지기가 대체로 동작에 시간이 걸렸다. 화재 시에 연기(열 및 유독가스 포함)는 대류에 의해 실 전체로 확산된다. 건물 화재에 있어 화재 초기의 유독가스에 의한 질식이 사망자의 대부분을 차지한다. 따라서 감지기는 화재 초기에 동작이 완료되어야 하며, 화재 경보를 인지한 재실자는 신속하게 대피를 하여야 한다. 대피자의 피난속도는 일반적으로 1.0 m/s 정도(Lee S H, 2001; Lee Y J, 2000)이며, 피난시간은 보행속도에 좌우된다. 피난속도는 짐이 없는 신체 건강한 성인 1명을 대상으로 하였고, 출구에서의 병목현상은 없는 것으로 하였다. 개구부를 밀폐한 경우의 실험에서 보듯이 가장 빨리 동작한 감지기와 늦게 동작한 감지기의 시간차이는 화원의 위치에 따라 각각 64초, 73초, 115초, 66초, 99초 였다. 이것에 일반적인 보행속도가 1m/s 임을 감안한다면, 각각 64 m, 73 m, 115 m, 66 m, 99 m의 피난거리가 확보된다는 것이다. 표는 각각의 실험결과를 예상 피난거리로 나타낸 것이다.

Table 1. Estimated Evacuation Distance According to a Difference of Operating Time

Gateway	Difference in the operating time(s)	Estimated evacuation distance(m)
Closed	64 ~ 115	64 ~ 115
Open	44 ~ 124	44 ~ 124

일반적으로 화재 초기시에 연기의 감광계수는 0.1(연기가 희미하게 감돌 정도)이며, 건물 내를 잘 모르는 사람의 가시거리는 30 m 정도이다. 따라서 화재경보를 더 빨리 인지한다는 것은 건물 내부에 익숙하지 않는 사람도 가시거리를 확

보하여 안전하게 피난할 수 있다는 것을 뜻한다. 초기화재시 대피의 시작은 감지기의 동작으로 인한 경보음으로부터 시작한다. 최적의 감지기 위치는 대피개시 시간을 빠르게 하여 대피하는 시간을 늘려준다. 일반적인 보행속도를 생각하면 30초 일찍 경보를 인지하면 30 m를 대피할 수 있다는 것이고, 그것은 화재로 인한 위험지역을 좀 더 일찍 벗어날 수 있다는 것이다. 국가화재안전기준(NFSC 203 제7조)에 의한 차동식 감지기에 대한 설치 기준은 공기유입구로부터의 이격거리를 제한한 규정 외에는 달리 없어서, 실제 현장에서는 각각의 여건에 따라 부착하고 있는 실정이다. 하지만 우리가 간과하고 있는 감지기의 설치 위치가 화재경보장치의 신뢰성과 대피시간에 많은 영향을 끼친다는 것을 알아야 한다. 따라서 감지기의 동작을 방해하는 벽체, 기둥 등의 장애물들을 고려하여 설치할 것이며, 또한 설치규정도 고려해야 할 것이다.

본 실험 결과에서는 벽면에 근접한 감지기의 동작에 걸리는 시간이 가장 많이 요구된 것으로 보아, 벽면으로부터의 최소 이격거리가 필요함을 알 수 있었다. 또한 일반적인 화재의 경우 열감지기 동작 시간과 화재하중을 생각한다면 연기감지기를 설치하거나, 연기감지기와 열감지기를 병행하여 설치하는 방법도 고려할만 하다.

## 5. 결론

본 연구에서는 감지기의 설치위치와 화원의 위치를 고려한 화재실험을 통하여 열감지기의 동작특성을 분석한 것으로 본 연구의 실험조건하에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 열감지기 설치위치에 대하여 목재를 사용한 화재의 경우 벽면에 근접하게 설치된 감지기에서 동작지연현상이 보였다. 따라서 충분한 대피시간을 확보하려면 벽면에서 적어도 22cm 이상 이격해서 설치하여야 한다.

(2) 화원이 보 외측에 존재할 때 감지기는 보에 근접할수록 늦게 동작하는 경향을 보였고, 보에서 55cm 이격한 거리에서 동작이 가장 빨랐다.

(3) 목재화재와 같은 일반 가연물 화재의 경우 화재 초기에서 다량의 연기가 발생하기에, 적응성을 고려하여 연기감지기를 설치하는 것이 초기에 화재감지를 하는데 도움을 줄 수 있을 것이다

(4) 개구부를 밀폐한 경우의 실험에서 가장 빠르게 동작한 감지기와 가장 늦게 동작한 감지기의 동작시간의 차이를 피난거리로 환산하였을 때 최대 115 m 의 피난거리가 확보되는 것으로 나타났다. 이를 통하여 적합한 위치와 적응성을 고려한 감지기의 선택은 피난개시 시간을 단축시켜 줄 수 있는 것을 확인하였다.

## References

- Choi, M.S. (2005). "A Experimental Study on Responsiveness Characteristics of Fire Detectors and Sprinkler Heads." master's thesis, graduate school, Seoul Industry University.
- NFPA (2002). SFPE handbook of fire protection engineering, 3rd ed. pp.1-41.
- ISO 7240-9 (2012). Fire Detection and Alarm Systems-Part 9: Test Fires for Fire Detectors.
- Jung, K.S., Lee, B.K. (2003). "A Study on Response Characteristics of Ionization Smoke Detector Influenced by Air Stream." Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 17, No. 2, pp. 6-9.
- NFPA 72 (2007). National Fire Alarm Code.
- Jung, K.S., Tae,S.H., Lee, B.K. (1993). "Fire Growth of Wood Gribs and Available Safe Egress Time" Journal of KIIS Vol. 8, No. 2, pp. 72-77.
- National Fire Safety Code 203 (2013). Fire Alarm System.
- NEMA Notification (2012). No.2012-17, Korean Fire Equipment Inspection Standards for Fire Detectors.
- Lee, S.H. (2001). "An Estimation of Evacuation Time based on Evacuation Behaviors." master's thesis, The Graduate School of Industrial & Information Technology, Kyonggi University.
- Lee, Y.J. (2000). "A Study on the Architectural Proposals to Advance Fire and Egress Safety Performance of High-rise Apartment in Korea." doctor's thesis, graduate school, Dankook University.