

한국과 미국의 연기감지기 배치기준 비교

A Comparison about Smoke Detector Spacing Standard of Korea and United States

공 하 성* · 윤 정 미* · 최 영 혁*

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

안전기준은 우리 손으로 직접 화재성상에 대한 분석과 연구를 통해 나온 정량적 데이터를 기준으로 만들어진 것은 아니다.

대부분 선진국의 소방 규정을 모티브로 삼고 있으며 자동화재 탐지설비 역시 일본 소방법을 카피해 사용하고 있는 실정이다.

최근 성능위주 소방 설계에 대한 관심이 크게 늘고 있지만 대한민국 국가화재안전기준의 자동화재탐지설비 중 화재감지기 설치기준은 면적에 따라 규정된 숫자를 적정하게 배치해 놓은 수준에 불과하다. 기준에 대한 공학적인 배경 없이 일본의 감지기 설치기준을 그대로 카피해 왔기 때문이다[6].

가장 중요한 각종 수치의 근거가 마련되지 않고 있는 실정으로 화재안전기준 내에는 무수히 많은 숫자와 단위들이 있지만 어느 하나 기술적·과학적으로 타당성이 있는 백그라운드는 찾기 어렵다는 지적이다. 이에 대해 관련 전문가들은 기술적인 백그라운드를 갖는 규정이란 대외적으로 강력한 경쟁력을 보유할 수 있다고 조언한다.

이 같은 화재발생에 대해 성능위주의 소방설계와 최적의 소방시설물이 요구되고 있지만 화재 안전에 대한 사회적 인식이 낮아 대형화·복합화 되는 건축물을 안전하게 방호할 수 있는 법적인 제도장치가 요구된다는 목소리가 높아지고 있다.

모든 방재시스템의 센서 역할을 하는 열, 연기감지기는 빌딩에 있어서 화재발생을 가장 처음에 감지하는 초기 감지장치로서 정확하고 성능이 입증되는 설치기준을 갖는다는 것은 중요한 일이라 할 것이다

이에 본 논문에서는 연기감지기의 배치기준에 관하여 한국의 사양위주 설계와 미국의 성능위주 설계를 비교 분석하였다.

* 경일대학교 소방방재학부

1.2 선행연구동향

최근 인구의 대도시 집중화 현상이 심화되면서 건축물의 양식도 대형화·복합화 되는 추세로 초고층 건물과 대형지하 공간 등이 늘고 있지만 화재발생에 대한 대응 방안은 아직까지 미흡한 실정이다[3].

소방시설물에 설치되는 소방시설 제품들 대부분은 하향평준화 된 설치 기준을 적용하고 있어 급변하는 시대상에 미처 볼 때 제도적으로 개선되지 못해 정체되어 있는 상황이다.

<표 1>에서 보는 바와 같이 성능위주 소방설계에 관한 연구는 초고층 건물의 성능위주 소방 설계 방안에 관한 연구, 스프링클러 헤드의 방화설계에 대한 특성, 성능위주 소방설계의 국내도입에 관한 고찰, 연기감지기의 화재실험을 통한 특성제시하는 연구 등 이었는데 본 연구에서는 연기감지기의 배치기준에 관하여 한국의 사양위주 설계와 미국의 성능위주 설계를 비교 분석 하고자 한다.

<표 1> 선행연구동향[5][8][9][6][7]

연구자	연구주제	연구내용
박상태, 이복영, 안제순(2002)	기류변화에 의한 이온화식 연기감지기의 응답특성	이온화식 연기감지기의 응답특성에 대해 실험적으로 감도특성치를 구하여 응답특성을 정립
안영주, 김찬오, 이홍주, 김종훈(2002)	병원에서의 광전식 주소형 아날로그 연기감지기의 비화재보 감소방안에 대한 연구	비화재보사례를 줄일 수 있는 기초자료를 제시해 원인을 파악
이복영, 정길순, 이병곤(2003)	이온화식연기감지기의 기류응답특성 연구	이온화식연기감지기의 응답특성을 바탕으로 성능위주설계기법 개발을 위한 기반기술자료 제시
백원돈, 김시국, 옥경재, 이춘화, 지승욱(2008)	이온화식연기감지기의 사용기간에 따른 응답특성 연구	연기감지기의 응답특성을 연구하여 화재경보 시스템의 유지관리를 위한 기초자료 제시
사공성호, 김시국, 이춘하, 정종진(2009)	화재실험을 통한 주택용 연기감지기 응답특성에 관한 연구	주택용 화재감지기로 적합한 연기감지기의 응답특성을 분석하고자 화재시험방법을 응용해 화재성상에 따른 연기감지기의 응답특성 분석 및 화재실험

2. 이론적 고찰

2.1 성능위주 소방설계의 기초이론

선진 각국에서는 연소특성, 화재전파, 소화설비의 최적화, 피난 및 화재모델링 등 성능위주설계를 가능하게 하는 핵심요소기술 및 법제도화를 위한 성능위주 소방 설계기준 등에 관한 많은 연구를 수행 해왔다. 성능위주 소방 설계에서 경보형화재감지기는 화재 피해에 신속하고 효과적으로 대응할 수 있는 가장 효과적인 설비로 인식하고 있으며, 이미 많은 방재 선진국들이 설치를 의무화해 시행하고 있는 방재 정책이다.

성능위주설계의 목적은 소방대상물에 대한 화재특성(가연물의 양, 가연성 정도, 열방출율 등)을 파악하여 공학적인 기법을 통해 화재안전대책을 수립하는 데 의의가 있다. 이중 NFPA 72은 가연물 화재 성장 속도와 최대 열방출률, 화재강도계수, 공기 유속 등을 고려해 화재 역학적으로 설치기준을 마련한 PBD(performance based design-성능위주의 설계) 제도이다[3].

<표 2> 외국의 연기감지기(Smoke Detector) 설치의무화 현황

미국	NFPA 72, national fire alarm code(화재경보코드)에 의거 모든 세대용 주거시설내에 연기감지기 설치를 의무화하고 있음. *NFPA : National Fire Protection Association
영국	1991년 건축법(building regulations)의 제정을 통해 모든 신설 주택에 연기감지기 설치가 제도화되면서 2004년 5월까지 전체 주택의 약 80%에 연기감지기가 설치되어 있는 것으로 나타남. ▷영국의 소방차는 주택화재의 1/5만 출동하는데, 주택에도 대부분 연기감지기가 설치되어 있어 화재가 확대되기 전에 경보를 울려 초기진화가 가능하기 때문인 것으로 나타남
일본	1991년 주택방화대책협의회가 구성되어 활동하다가 2004. 8. 2 소방법 개정을 통해 모든 주택에 주택용 화재경보기 설치를 의무화하였으며, 기존 주택에 대해서는 조례로 정하도록 함.
호주	1990년 2월부터 가정용 연기감지기(smoke alarm)를 모든 주거용건물의 소유주에게 최소한 각 층 1개 이상 설치토록 법으로 강제하고 있음
캐나다	온타리오법에 의거해 모든 주택에 감지기가 설치되고 있음

PBD제도는 화재로부터 귀중한 인명과 재산의 안전을 확보하기 위한 기존 소방역량의 고도화를 지향하는 전문적 구상을 도출하는것을 기본 취지로 고효율·저비용 설계개념으로 미국, 일본 등 화재관련기준들이 선진화 된 국가에서 시행하는 것이다.

<표 2>에서 보는 바와 같이 외국의 연기 감지기(Smoke Detector) 설치의무화 현황을 보면 1990년대 전반에 영국을 중심으로 서서히 정비되기 시작하였으며, 1990년대 중반 이후에 컴퓨터 성능의 발전과 함께 영국, 호주, 뉴질랜드 등 영연방 국가에서 성능위주설계법을 중심으로 한 PBD 제도가 구체적으로 도입되어 있는것을 확인할 수 있다.

2.2 연기감지기의 기초이론

연기란 화재가 발생했을 때의 초기 징후로서 연소 시에 탄소를 함유한 물질이 고온으로 분해하여 증발함으로써 발생하는 고체나 액체의 미립자로 된 에어로졸을 말한다. 연기의 양이 지정된 양 이상이 되었을 때 화재 경보를 발하는 재래의 연기감지기는 한 장소에서 단위시간당 일정량 이상의 연료가 연소를 할 때를 화재로 본다는 의미를 가지고 있다.

연기감지기의 탐지원리는 연기의 성상과 입자의 크기에 대해 공기 중에 부유하고 있는 입자를 검출하는 것이다. 스포트형 연기 감지기는 크게 검출원리에 따라 이온화식, 광전식 스포트형, 분리형 그리고 연기복합형으로 나눌 수 있다.

2.2.1 이온화식 스포트형 연기감지기

주위의 공기가 일정한 농도의 연기를 포함하게 되는 경우에 작동하는 것으로서 일국소의 연기에 의하여 이온전류가 변화하여 작동하는 것을 말한다.

2.2.2 광전식 스포트형 연기감지기

주위의 공기가 일정한 농도의 연기를 포함하게 되는 경우에 작동하는 것으로서 일국소의 연기에 의하여 광전소자에 접하는 광량의 변화로 작동하는 것을 말한다.

2.2.3 광전식 분리형 감지기

발광부와 수광부로 구성된 구조로 발광부와 수광부 사이의 공간에 일정한 농도의 연기를 포함하게 되는 경우에 작동하는 것을 말한다.

2.2.4 연기복합형

이온화식 스포트형 연기감지기와 광전식 스포트형 연기감지기의 성능이 있는 것으로서 두 가지 성능의 감지기능이 함께 작동될 때 화재신호를 발신하거나 또는 두 개의 화재신호를 각각 발신하는 것을 말한다.

3. 연기감지기의 배치기준

3.1 사양위주의 설계기법(한국)

한국은 소방방재청 고시에 따른 자동화재탐지설비의 화재안전기준(NFSC 203)에 의해 연기감지기의 배치기준을 다음과 같이 정의하고 있다[9].

일반적인 경우 감지기의 부착높이에 따라 <표 3>과 같이 바닥면적마다 1개 이상으로 설치하도록 규정하고 있다.

<표 3> 일반적인 경우

부착높이	감지기의 종류	
	1종 및 2종	3종
4m 미만	150m ²	50m ²
4m 이상 20m 미만	75m ²	설치불가

복도 및 통로 등 특수한 경우에는 <표 4>와 같이 일정간격의 보행거리마다 설치하고 계단 및 경사로의 경우에는 수직거리마다 설치하도록 하고 있다. 또한 벽 또는 보로부터는 0.6m이상 떨어진 곳에 설치하도록 규정하고 있다.

<표 4> 특수한 경우

구분	설명
복도 및 통로	30m(3종은 20m)에 설치
계단 및 경사로	수직거리 15m(3종은 10m)에 설치
천장 또는 반자부근	배기구 부근에 설치
벽 또는 보	0.6m 이상 떨어진 곳에 설치

현재 사용하고 있는 연기감지기의 배치기준은 오랜 세월을 지나 현재에 이르고 있으나 그 내용을 보면 기술적으로 크게 변화된 내용은 없다. 가장 중요한 각종 수치의 과학적 근거가 마련되어 있지 않다.

3.2 성능위주의 설계기법(미국)

연기감지기의 위치는 화재의 연기거동과 천장기류 흐름, 연기 발생률, 시간이 지나 감에 따라 미립자 변화 그리고 사용되는 감지기의 독특한 작동 특성을 알고 있는 바에 기초하여야 한다.

불꽃 화재에서 연기감지기의 응답은 천장높이와 화재성장의 크기와 비율에 의하여 영향을 받는다. 불꽃 화재의 열 에너지는 열을 열감지기에 접근시키듯이 연기감지기에 연기 입자를 접근시킨다. 화재에 의해 생성되는 연기 양과 열의 양 사이 관계가 연료와 그것이 연소하는 방법에 많이 의존하는 반면, 온도와 연기의 광학밀도 사이의 관계는 불꽃 기둥 내에서 그리고 천장의 불꽃 기둥 근처에서 본질적으로 일정하게 남아 있음을 알 수 있다.

훈소 화재에서 열에너지는 연기 입자를 연기감지기로 접근시키는데 용이하게 작용한다. 그러나 일반적으로 에너지 방출률은 적고, 화재 성장률은 느리므로 공기 흐름과 같은 다른 요인들이 연기 입자의 연기감지기로의 이동에 더 강한 영향을 줄지도 모른다. 부가적으로 훈소 화재에서는 온도와 연기의 광학적 밀도 사이의 관계는 일정하지 않다.

연기감지기는 산란광, 광 전송 손실(광흡수) 또는 이온 전류의 감소를 감지한다. 입자 농도, 크기, 색깔, 그리고 입자크기는 각각의 감지기술에 다른 영향을 미친다. 불꽃

화재에 의해 생성되는 직경 1 마이크로 이하 입자의 농도에는 혼소화재에 의해 생성되는 것보다는 훨씬 크다. 역으로 더 큰 입자의 농도는 혼소화재에서 더 크다. 더 작은 입자는 집적되어 시간이 갈수록 그리고 화재 원인에 묻혀 버리게 되면 더 크게 형성되는 것으로 알려져 있다. 먼저 입자 농도와 성격을 예견하고 둘째로, 입자 감지기의 응답을 예견하기 위한 충분한 자료를 제공하기 위하여는 더욱 많은 연구가 필요한 실정이다.

연기감지기와 등록된 연기감지기는 등록된 간격이 주어지지 않는다. 연기감지기는 30 ft (9.1 m) 중앙에 완만한 천장에 보 또는 장선되어 있는 천장과 높은 공기 이동을 가진 공간에 대한 간격을 경험적으로 줄여서 설치하는 것이 일반적인 관습이 되어왔다. 천장높이에 따른 간격조정은 본 연구에서와 같이 반드시 지켜져야 한다.

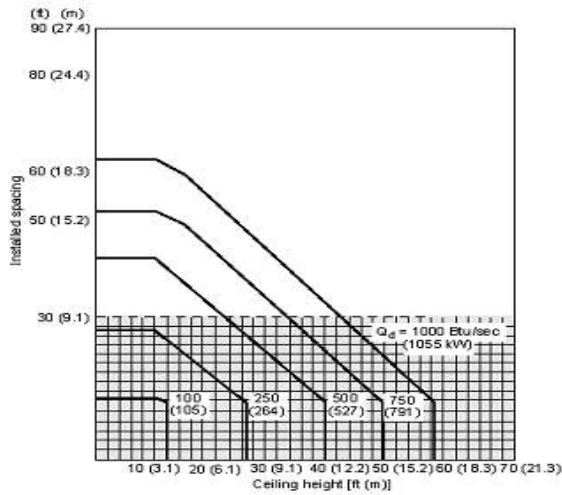
감지기의 연기 이동은 전적으로 화재 기둥의 역동성에 있다는 가정에 기인한다. 연기의 광학적 밀도에 대한 가스 온도 상승율은 상수이며, 감지기는 20°F(-6.7°C)에 동등한 온도 상승의 상수 값에서 작동할 것으로 추측되는데, 이것은 비교적 민감한 감지기에 의하여 감지될 많은 일반 연료로부터의 연기가 농도를 나타내는 것으로 고려된다. 많은 연료/감지기 결합이 보다 높은 온도 상승에서 작동을 하게 하는 원인이 되는 것에 주의하여야 한다. 아울러 감지기 설계는 연기가 들어오는 것을 크게 방해하지는 않는 것으로 가정된다. 30 ft (9.1 m)를 초과하는 간격은 Qd가 1000 Btu/sec 이상일 때 기하학적으로 성장하는 불꽃 화재를 감지하는 데에 알맞음을 분명하게 나타낸다.

열 방출율이 대략 250 Btu/sec 이하인 화재 성장 초기단계에서는 높은 천장을 가진 공간의 환경적 영향은 연기의 이동을 지배한다. 그런 환경적 영향의 예는 난방, 냉방, 가습과 환기이다. 화재로부터의 열 에너지의 보다 큰 방출이 그러한 환경적 영향을 극복하는 것을 요구한다. 성장하는 화재의 열 방출의 충분히 높은 단계까지 다다를 때까지 천장 열감지기의 보다 가까운 간격은 감지기의 화재에 대한 응답을 그다지 개선시키지 않을지 모른다. 그러므로 천장 높이만을 고려할 때 30 ft (9.1m)보다 가까운 연기감지기 간격은 기술상의 분석이 부가적인 이점을 가져오리라는 것을 나타내는 예를 제외하고는 보장되지 않을지도 모른다. 다른 구조적 특성 또한 고려해야 한다.

연기감지기의 간격을 결정하는 데 사용되는 방법은 열감지기에 사용되는 것과 유사하며 화재의 크기, 화재 성장률과 천장 높이에 기초한다. 연기감지기 설치 간격을 결정하기 위하여 [그림 1, 2, 3]을 사용하려면 설계자는 먼저 감지기를 원하는 크기의 한계치 Qd를 선택해야 한다. 화재크기 한계치 Qd 이외의 설계자는 예상되는 화재 성장률을 고려해야 한다. [그림 1, 2, 3]은 각각 빠른, 중간, 느린 불꽃화재에 사용된다. 열 방출율과 화재 성장률 자료는 <표 5>을 참조하여 결정한다.

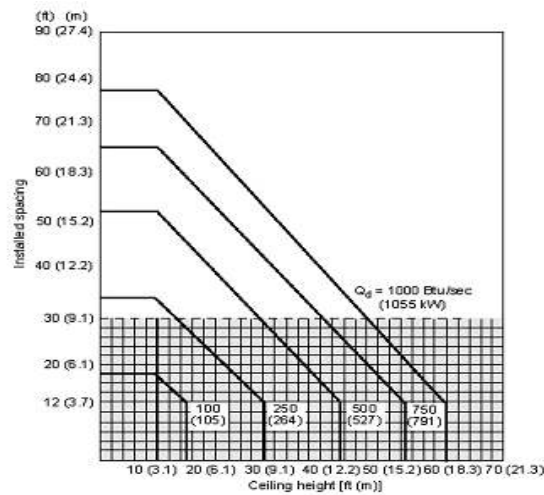
<표 5> 화재감지협회 분석의 최대 열방출율

물질	근사값(Btu/sec)
우유곽을 담은 중간크기 휴지통	100
우유곽을 담은 대형 배럴	140
폴리우레탄 폼으로 씌워진 의자	350
라텍스 폼 매트리스 (방문에서의 열)	1200
가구가 비치된 거실 (노출된 문에서의 열)	4000-8000



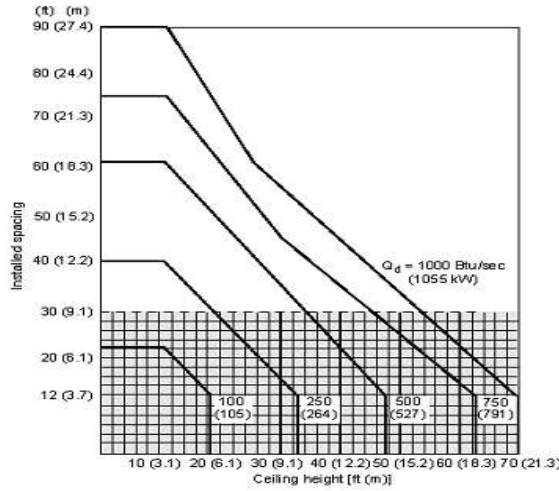
빠른 화재 성장률 $T_g = 150$ 초

[그림 1] 연기감지기(빠른속도화재) 거리산출 그래프



중간 화재 성장률 $T_g = 300$ 초

[그림 2] 연기감지기(중간속도화재) 거리산출 그래프



느린 화재 성장률 $T_g = 600$ 초

[그림 3] 연기감지기(느린속도화재) 거리산출 그래프

4. 결 론

세계 선진 각국에서는 이미 20-30년 전부터 성능위주의 소방설계(Performance Based Fire Protection Design, 이후 PBD로 표기)를 법제도화 하기 위하여 많은 노력을 기울여 왔다. 우리나라도 소방의 관점에서 건축물의 화재안전계획에 대한 전문적인 판단능력과 개입을 전제로 이상적으로는 연기감지기의 위치로 화재의 연기기둥과 천장기류 흐름, 연기 발생률, 시간의 경과에 따른 미립자 변화 그리고 사용되는 감지기의 작동 특성을 바탕으로 현실적인 구현가능성을 고려한 완성도 높은 성능위주설계 연기감지기 배치기준의 제도적 준비가 필요하다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 박동하 “성능위주설계를 위한 화재감지기배치의 공학적연구” 한국화재·소방학회는 문지 Vol.24 No.1 pp.17-57 (2010)
- [2] 사공성호, 김시국, 이춘하, 정종진 “화재실험을 통한 주택용 연기감지기 응답특성에 관한 연구” 한국화재소방학회 논문지, Vol.23 No4. pp98-103 (2009)
- [3] 서울시립대학교 산학협력단 “차세대 핵심소방안전기술개발사업 PBD 표준절차서 및 설계기준 연구개발” 소방방재청 (2009)
- [4] 최규출, 송윤석, 차종호 “제연덤퍼 누설량 시험에 관한 연구-제연시스템의 성능위주설계를 위하여-” 한국화재소방학회 논문지, Vol.23 No3. pp131-137
- [5] 박상태, 이복영, 안제순 “기류변화에 의한 이온화식 연기감지기의 응답특성” 한국

- 화재·소방학회 추계학술논문발표회(2002)
- [6] 백원돈, 김시국, 육경재, 이춘화, 지승욱 “온화식연기감지기의 사용기간에 따른 응답특성 연구” 한국화재소방학회 논문지 Vol.22 No.4 pp.62-64 (2008)
 - [7] 사공성호, 김시국, 이춘하, 정종진 “화재실험을 통한 주택용 연기감지기 응답특성에 관한 연구” 한국화재소방학회 논문지 Vol.22 No.4 pp.62-64 (2009)
 - [8] 안영주, 김찬오, 이홍주, 김종훈 “병원에서의 광전식 주소형 아날로그 연기감지기의 비화재보 감소방안에 관한 연구” 한국화재·소방학회 추계학술논문발표회(2002)
 - [9] NFSC 203 제7조제3항제10호9(2009. 08. 24)