

스프링클러 作動特性과 避難評價에 관한 實證的 研究

- An Empirical Study on the Sprinkler Operational
Characteristics and Escape Time Estimation -

진복권 *

Jin Bok Kweon

Abstract

The trends in building construction these days are moving towards having better work spaces and greater suitability for the use of information technology. Therefore people can work in a more relaxed delightful and pleasant environment. Accident such as like fire could cause the mass destruction of human beings. This paper aims to evaluate the path of the spread of a fire and the suitability of fire fighting appliances for maximum egress time. General advanced phase of compartment. Aswell, we analyzed and verified the path of the flame in compartment fires. Also we conducted an analysis of the adaptation of sprinkler systems concerned with sprinkler RTI. Moreover those evaluation is made more earlier by the development and use of computer simulation program and rapid progress to apply Pbfd (Performance Based Fire Design)

Keywords : Sprinkler RTI & Pbfd

* 인천북부소방서 대응관리과

2006년 5월접수; 2006년 6월 수정본 접수; 2006년 6월 게재확정

1. 서론

실내화재(Compartment Fire)의 일반적인 진행양상은 전실화재(Flash Over)의 발생여부가 대형화재로의 연소 확대와 인명대피에 가장 큰 요인으로 작용한다. 그러므로 오피스빌딩, 공장 등 건축물 내 화재의 연소특성과 화세의 전파경로를 예측하고 스프링클러 등 소방안전시설의 작동유무를 관찰하여 그 적응성여부를 판단하는 것은 건축물 내의 안전시스템 확보에 절대적 요인이라 할 수 있다. 또한 국내 소방기술은 그동안 선진제도를 받아들이는 과정에서 많은 오류를 범하여 왔다. 제도이면에 있는 그들만의 문화와 역사적 배경 그리고 제도를 살아 움직이게 할 수 있는 기본적인시설(Infrastructure) 및 체계(System)를 염두에 두지 않고 표면에 보이는 제도 자체만 적용하려 하였기 때문이다. 화재현상에 대하여 공학적으로 분석할 능력이 없는 경우 이미 발생하였던 화재 경험에서 그 대처방안을 모색할 수밖에 별다른 도리가 없다. 그러나 다행히도 방화 공학의 눈부신 발전과 건축물 설계의 다양성으로 인하여 법규적 규제가 아닌 스스로의 필요에 의해 화재 현상을 공학적으로 접근하여 소방시스템설계가 도입되고 있는 것이 오늘의 현실이다. 그러므로 본 연구에서는 경험위주의 규제적인 소방시스템 설계를 가지고 건축물 화재 전개과정에 있어서 그 적응성여부를 판단함에 있어 화재에 대한 공학적 접근과 컴퓨터를 활용한 시뮬레이션을 실시하여 발화 건축물에 대한 연소 확대경로와 경보시설 등 소방시스템의 작동적정성, 그리고 재실자에 대한 안전 피난을 위한 피난 적응성 평가를 실시하여 건축물에 적응성이 있는 소방안전설계의 제안을 그 목적으로 하였다.

2. PBF(D (Performance Based Fire Design)

2.1 PBF(D의 개요

성능기준의 소방설계(Performance Based Fire Design : PBF(D)는 이러한 방화공학의 진전과 다양한 Modeling의 발달로 자연스럽게 도입된 설계방식이다. [1] 과거에는 화재에 대한 체계적이고 과학적인 연구가 준비되어 있지 않았기 때문에 화재발생에 따른 조사와 경험을 토대로 사양기준(Prescriptive)적인 법규를 만들어 적용시켜왔다. 사양기준규정은 중요 화재들에게서 밝혀진 여러 조사결과 및 원인들에 의하여 밝혀진 결과물로서 제정되었으며 이러한 것들은 이미 발생되었던 재난의 재발 방지를 위한 것이었다. 그러나 이는 화재에 대한 과학적인 근거보다 경험과 발생한 화재원인 조사에 기초를 둔 경험위주의 규제적인 소방설계방법이다. 이러한 설계는 경험에 의한 것이기 때문에 사양기준에 의한 소방법규에 맞추어 시공할 경우 특정한 부분에 대하여는 소방시설이 과도하게 되며 반대로 화재하중이 높아 소방시설이 집중되어야 하는 장소에는 모자라게 설계될

우려가 있다. 이러한 설계는 경험에 의한 것이기 때문에 사양기준에 의한 소방법규에 맞추어 시공할 경우 특정한 부분에 대하여는 소방시설이 과도하게 되며 반대로 화재 하중이 높아 소방시설이 집중되어야 하는 장소에는 모자라게 설계될 우려가 있다. 뿐만 아니라 건축기술의 급속한 발전에 따른 다양한 건축 공간에는 현행 소방법규의 적용에 한계가 있는 실정이다. 다행히도 현재에는 다양한 공학적 기법들이 실험에 의하여 개발되어져 대상 건축물에 대한 화재발생 양상을 정확하게 예측하고 이에 대한 방재 시스템의 설계가 가능하여졌다.

2.2 성능기준 소방설계의 구성요소

소방안전의 목적은 화재와 관계되어 달성되는 안전의 전반적인 성과이며 법규나 규정에 의하여 성립되고 명백하게 정의되어야 한다. 이것은 일반적이며 정상적인 근거로 평가될 수 있다.

<표 2-1> 성능기준 소방설계 단계별 검토항목

구 분	검 토 내 용
1. 목 적	인명안전, 재산보호
2. 기능요건	피난수단 확보, 연기로부터의 안전
3. 성능요건	연기층의 높이 제한
4. 검증수단	승인된 검증수단과 설계법
5. 검증방법	최신 연구성과, 기술개발 등이 포함된 공학적 기법

성능기준의 이상적인 체계는 NKB(북유럽건설 평의회)가 제안한 5레벨시스템이며 각 레벨은 위(표 2-1)와 같다. 이 표의 1~3에서 나타난 성능요구에 대한 적합성은 4에서 검증하며, 이를 위한 확인수단은 5부분의 공학적 계산법과 시험방법 등에 의하여 행하여진다. 여기서 중점적으로 보아야 할 부분은 바로 이 부분이며, 검증의 수단은 최신의 연구 및 기술개발의 성과에 의하여 좌우된다고 할 수 있다. 1~3은 법적으로 규제를 하고 나머진 검증수단이나 공학적 기법은 설계자나 건축주에게 일임을 한다. 즉 건축계획이 성능요구에 만족하는 것이 증명만 되면 설계의 자유도를 최대한 보장받을 수 있는 시스템인 것이다. 이러한 성능기준 소방설계를 완성하기 위하여 미국방화협회(National Fire Protection Association)에서는 NFPA Code 5000 Chapter5에서 PBFDF의 내용, 절차, 한계에 대하여 설명하고 있다.[2]

2.3 PBFDF의 절차

2.3.1 설계 프레임워크

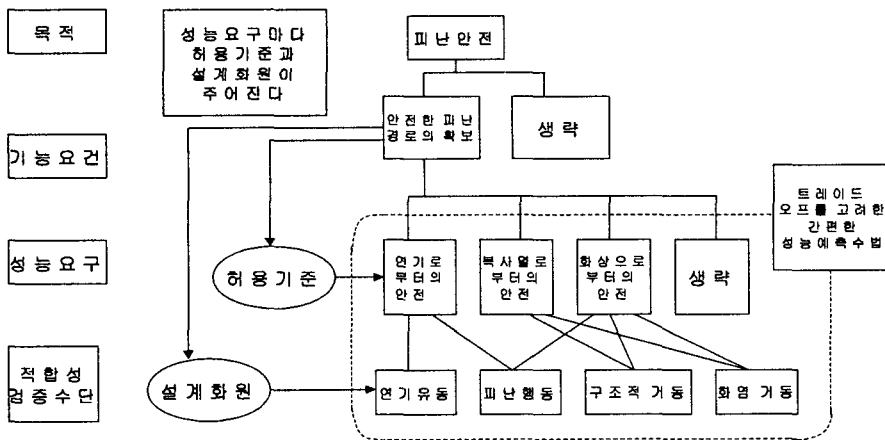
설계법의 프레임워크로는 시간 추적형의 해석에 의한 설계와 기능요건으로 분해한 후 독립적으로 적합성을 검증하는 방법 2가지가 제안되고 있다.[3]

가. 시간추적형

시간추적형 설계법은 영국규격(BS)의 드래프트가 그 발상이다. 영국에서는 성능기준을 시행하고 상당한 시간이 경과하였는데 최근에 설계법의 가이드 라인이 BS규격으로 제시되었다. BS의 프레임 워크를 기초로 ISO/TC92/SC4(화재안전공학)에서 테크니컬리포트가 작성되어 지금은 각국이 도입하는 단계이다. 소방안전 시스템 전체를 발화방지, 연기유동, 연소 확대감지와 소화, 소방활동, 피난 등의 6가지서브시스템(SS)으로 나누고, 각 SS에는 발열속도, 연기온도의 분포, 피난자의 분포, 소방대 분포, 연소부분의 확대, 감지와 소화, 소방활동, 피난의 6가지 서브 시스템(SS)으로 나누며, 각 SS내에서는 각종 공학적 기법을 사용하여 예측한다.

나. 기능요건 분해형

일본 건설성 종합기술개발 프로젝트 『방·내화성능평가기술의 개발(화재안전설계분과회)』에서 소방안전설계법의 틀을 마련하였고, 아래<그림 2-2>에 그 일부를 나타냈다. 소방안전상 고려해야 할 각각의 기능요건에 대해 표준적인 화원(설계화원)을 설정하여 각종 공학적 계산으로 그 결과가 허용치를 초과하지 않는다는 것을 확인하는 방법이다.



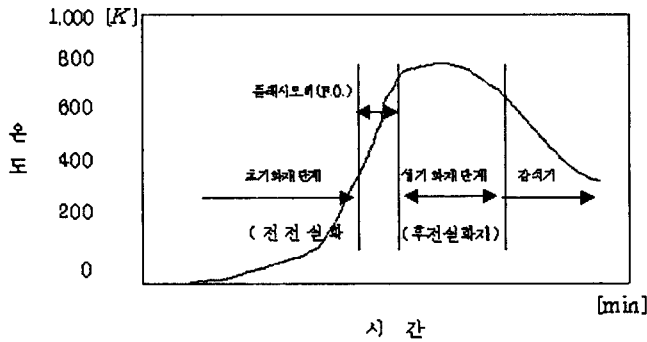
<그림 2-2> 성능기준소방설계 절차의 프레임워크

3. 실내화재의 특성

3.1 실내화재의 공학적분석

실내화재(Compartment Fire)의 진행은 전실화재(Flash Over)의 발현여부가 절대적인 영향을 미친다. 그러므로 구획공간내의 연소특성과 화재의 전파경로를 예측한다는 것은 건축공간내의 화재에 대한 안전성 확보와 스프링클러시스템 등 유사시를 준비한

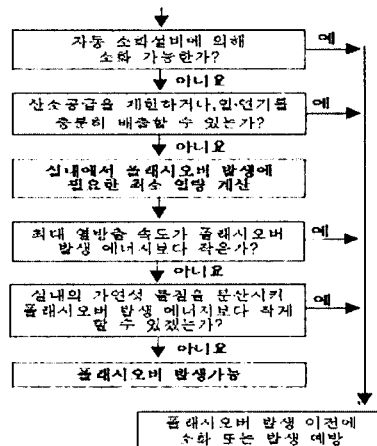
화재안전설비 시스템의 작동유무 그리고 재실자에 대한 피난확보에 중요한 의미를 갖는다. 그러나 실대확대모형을 가지고 발화건축물에 대한 Flash Over를 예측하고 소방설비시스템의 작동유무와 재실자에 대한 피난적정성을 평가한다는 것에는 현실적인 한계가 있다. 실내화재의 공학적 분석방법은 실내에 존재하는 가연물질이 단독적으로 연소하기 시작하여 실내 전체로 까지 화재가 연소 확대되는 상황을 예측하는 것이다. 일반적으로 구획공간내의 화재성상은 아래<그림 3-1>과 같이 진행되어 나가는 것이 일반적이다.



<그림 3-1> 실내화재 전개과정

3.2 Pbfd와 플래시오버의 관계

성능위주 방화설계란 방화공학을 이용하여 화재 현상을 모델링하고, 그 결과를 방화설계에 응용하는 것을 말한다. 건축물의 화재 안전 확보와 관련하여 플래시오버의 발생여부는 재실자의 실내 체류 가능 시간 및 피난소요 시간과 더불어 중요한 요소가 된다. 이러한 측면에서 볼 때 플래시오버 발생 가능성의 판단은 성능위주 방화설계 과정에서 필수적이라고 할 수 있다



<그림 3-2> Flash Over 전개과정

3.3 플래시오버의 예측

일반적으로 Flash Over의 전개과정은 <그림3-2>와 같으며 NFPA555(Guide on Methods for Evaluating Potential for Room Flash Over)에 의한 플래시오버 발생가능성 평가방법에 관한 지침에 따른 것이다. Flash Over 이후의 화재성상은 화재의 확산이 실 전체로 확산되어져 실내의 연소 가능한 모든 물질이 연소하게 되고 실내온도가 1,200℃이상 상승하게 되어 인명의 손실은 물론 건축물의 붕괴까지도 야기되어 진다. 그러므로 Flash Over에 대한 예측은 매우 중요하며 이에 대한 판단은 화실내의 천장류의 온도를 실험식을 사용하여 예측 가능하다.

3.4 플래시오버에 필요한 조건

플럼영역을 고려하지 않는 연기층의 평균온도는 화재의 크기(\dot{Q})와 환기요소($A_0\sqrt{H_0}$)에 영향 받는다. 화재크기 \dot{Q} 가 클수록 그리고 환기구가 작을수록 연기온도는 높아질 것으로 기대된다. 대부분의 이러한 열류는 방의 가열된 상부표면에서 기인한 것이지 화원 부위의 화염에서 직접적으로 오는 것이 아니다. 플래시 오버는 연소속도가 40g/s를 초과할 때 발생한다.

3.5 플래시 오버에 필요한 연소속도

제한된 환기조건하의 구획에서의 목재에 대한 연소속도는 다음 관계로 나타낼 수 있다. 한편 플래시 오버가 일어나기 위한 연소속도의 제한에 대한 개념이 실험적 관찰에 근거하였는데 구획내의 열방출율의 임계치를 조사하는 것이 더 합리적인 것 같다.

$$\dot{m} = k \cdot A_0 \sqrt{H_0} [\text{kg/s}] \quad \text{단, } A_0 : \text{환기개구부의 면적}$$

$$H_0 : \text{환기개구부의 높이}$$

$$k : \text{상수}$$

3.7 화재성장속도

물질에 따라 구획공간내의 화재성장속도는 매우 다르다. 시간의 변화에 따른 연소 시 발생하는 열량은 시간의 제곱에 비례하게 되는데 이것은 미국산업표준국(NIST)의 40회에 걸친 건축물 연소시험에 의해 입증되었다.[4]

단, \dot{Q} : 발열속도 또는 열방출율 [kw]
 $\dot{Q} = at^2$ a : 화재성장속도를 지배하는 상수 [kw/sec²]
 t : 시간 [sec]

화재성장속도	a 값의 범위
Fast Fire	$a > 0.0444$
Medium Fire	$0.062 < a < 0.0444$
Slow Fire	$0.0027 < a < 0.0062$

3.8 스프링클러 작동시간예측과 RTI

3.8.1 스프링클러설비 작동시간 예측

실내 공간을 보호하기 위한 스프링클러의 작동시간을 예측함으로써, 정확한 스프링클러의 설치 간격 및 열적 특성치를 선택할 수 있다. 여기서 열적 특성치란 스프링클러 작동 온도 및 열적 민감도를 말한다. 분사밀도(Spray Density)는 코드를 만족하는 것으로 간주하여 변수로 삼지 않는다. 그러나 스프링클러가 너무 늦게 작동하여 여러 개의 헤드가 동시에 개방되면 분사밀도가 떨어지게 되므로 화재를 진압할 수 없게 된다.

3.8.2 스프링클러 설비의 작동과 RTI

화염으로부터의 상승기류와 Sprinkler 열 감지부 사이의 열 교환은 아래 식으로 나타내어진다.

$$mc \cdot dT_e/dt = hA(T_g - T_e) + q_r - C'(T_e - T_0)$$

- 단, m : 열감지부의 온도
 C : 열감지부의 비열
 T_e : 열감지부 온도
 t : 시간
 h : 대류열전달계수
 A : 열감지부 표면적
 T_g : 상승기류의 온도
 q_r : 복사열 전달량
 C' : 전도열 전달계수
 T_0 : 주위온도

일반적으로 화재발생 시 열감지부에서의 열 전달은 상승기류와 대류열전달이 전도나 복사열 전달에 비해 훨씬 크므로 상기 식은 다음과 같이 간략화 할 수 있다.[5]

$$dT_e/dt = 1/\tau(T_g - T_e)$$

$$\tau = m \cdot c/hA$$

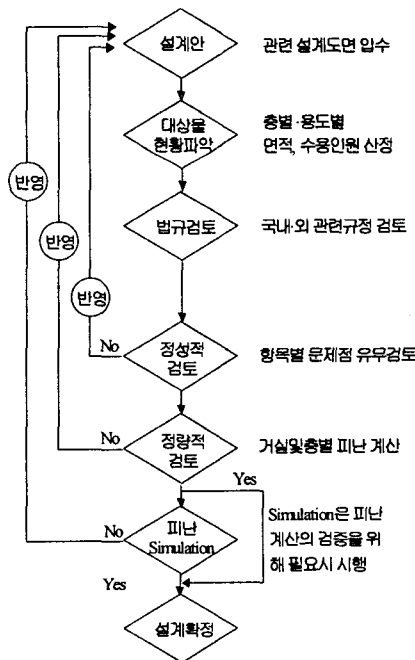
4. 피난계획과 안전성평가

4.1 실내온도예측

실내 온도가 상승하면 의식을 잃게 되어 정상적인 피난을 할 수 없게 된다. 의식을 잃지 않고 피난을 지속할 수 있는 최고 온도는 100℃에서 110℃사이이다. 따라서 실내 온도의 예측은 연기 발생과 함께 피난 가능시간을 판단하는데 필수적인 요소이다.

4.2 피난계획

화재 등 위급상황발생시 인명안전측면에서 고려할 때 건축물의 피난계획은 가장 중요한 검토요인이라 할 수 있다. 일반적으로 사고발생 시 건물 내 재실자의 원활하고 안전한 피난을 위하여 피난계획은 피난유도계획과 피난시설계획으로 구분할 수 있으며 그 진행과정은 <그림4-1>같이 전개되어간다. 구분할 수 있으며 그 진행과정은<그림4-1>같이 전개되어간다. 피난유도계획이란 화재 등 사고발생 시 재실자들에게 사고발생에 따른 정보를 전달하여 사고 상황을 인지할 수 있도록 하는 것을 말하며 이때 피난하는 재실자들이 피난 경로를 상실하지 않도록 하는 조치계획도 포함한다. 피난시설계획이란 피난에 소요되는 시설들의 적절한 배치와 활용성에 대한 검토를 말하는 것으로계단, 복도 등 피난의 경로가 되는 시설을말하며 피난동선이 고려된 배치를 통하여적정한 안전성을 확보하는 것을 말한다.



<그림 4-1> 피난계획의 전개과정

4.3 피난평가

4.3.1 절차

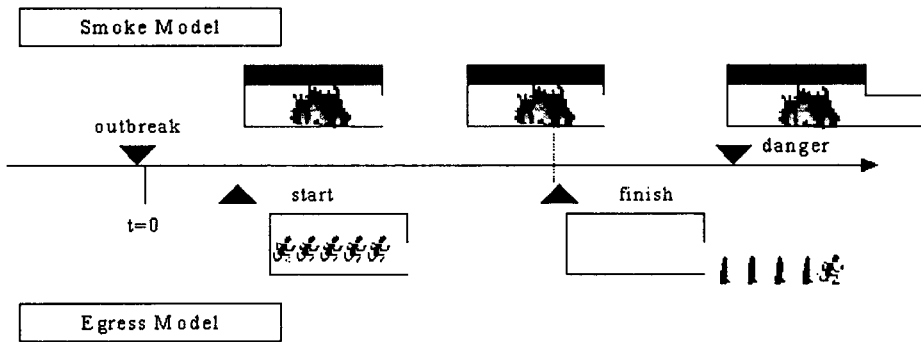
피난안전성능평가는 예상되는 화재를 가정하고 이에 따른 거실과 복도의 연기유동과 연기 층 하강시간을 계산한 후 거실에서부터 안전구획까지의 피난시간을 산출하여 두 가지를 비교함으로써 피난안전성능을 판단한다.

4.3.2 평가요소

피난안전성 평가요소는 최소피난시간(Required Safe Egress Time : RSET)과 허용피난시간(Available Safe Egress Time : ASET)을 산출하여 비교함으로써 평가한다. RSET는 재실자들의 성별, 연령별 특성을 고려한 보행속도, 피난경로의 효율성, 안전구획까지의 거리와 같은 인자들에 의하여 계산된다. ASET의 경우 피난에 영향을 미치는 조건 즉 화재시나리오에 의해 산출된 Flash Over 도달시간, 피난가능높이까지의 연기 층 하강시간을 기준으로 하여 산출한다.

4.3.3 평가방법

설계자는 예상되는 화재가 발생하여 피난에 필요한 최소시간과 체류불가능에 이르는 시간을 비교하여 화실내의 피난자가 피난에 지장을 받는 위험한 상황이 일어나는지의 여부를 분석하여 안전성을 평가한다.[6]



<그림 4-2> 피난안전성평가 전개과정

5. 화재시나리오 선정

실현 가능한 시나리오를 작성하기 위해서는 많은 요소들을 고려하여야 한다. 화재 시나리오 내용에는 화재의 속성과 건물 특성, 그리고 거주 인원의 속성 등을 감안하여야 하며 NFPA Code 101에서는 화재 시나리오 구성 시 최소한 다음 내용을 포함하도록 규정하고 있다.[7]

- 가. 발화요소(발화원, 위치 및 재료, 다른 연소품목)
- 나. 최소한 한 개의 열 방출 속도 곡선(HRRC)
- 다. 점유자 위치
- 라. 점유자 특성
- 마. 특수요소(차폐, 설비상태불량, 열린 문)

5.1 화재 시나리오 의 구성

인천시내에 소재한 오피스빌딩으로 지상 25층 지하3층 규모의 건물로서 사무실A와 사무실B 등 2가지 사례를 가지고 시나리오를 구성하는 한편 다음 사항을 가정·평가하였다.

5.2 피난 시나리오

5.2.1 가정

화재 시 전 층에 피난방송을 실시하여 대상건물의 모든 재실자가 일시적으로 피난을 실시한다는 가정이다. 그리고 연기 및 유독성과 화재에 직접적인 피해에 의한 피난계획은 배제하였으며 재실 자는 피난통로에 대한 정보를 선지(先志)하고 있다고 가정하였다. 모든 문은 Open되어 있는 상태로 피난 계단은 2곳에 위치해 있으며, 피난시간의 측정은 대상건물의 모든 사람이 빠져나올 때까지의 시간을 측정하기로 한다. 시뮬레이션은 5층만 실시하되 어느 한 층에 집중되어 있지 않고 고르게 분포하였다고 가정한다. 또한 재실자들의 성별도 NFPA 101코드에 의해 구성하였다.

5.2.2 건축물의 규모

구분 \ 거실	사무실 A	사무실 B	
		zone B1	zone B2
면적 (m ²)	315	192	256
거실인구밀도P(인/m ²)	0.16	0.16	0.16
피난인구대상인구P(인)	50	31	41

6. 결과분석

6.1 스프링클러 설비 작동 판단

본 연구에서 가정한 Sprinkler Head의 열 감지기는 RTI는 260과 50으로 그 작동온도는 347K이며 살수밀도는 Ordinary I 로 0.000107 l/s-m² 이며 연기감지기는 304K에 작동토록 하였다. 상기(표 6-1)에 의하여 감지기별 작동상태를 분석하여 보면 다음과 같다.

<표 6-1> 헤드 개방시간과 RTI

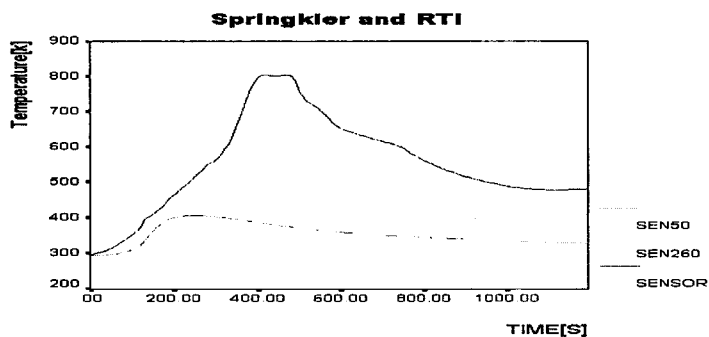
구 분	Fire		RTI 260		RTI 50	
	작동온도[K]	시간[S]	작동온도[K]	작동시간[s]	작동온도[K]	작동시간[s]
s/p Head	.	.	418	172.7	373	126.6
연기감지기	305.8	26.9	305.8	26.9	305.8	26.9

연기감지기는 26.9s, 화실온도 305.8K에, 스프링클러 RTI 260은 (Residential sprinkler) 발화

후 172.7s, 화실온도 418K에 작동되고 있음을 나타내고 있다. 스프링클러가 설치되었을 경우 화실내의 온도가 헤드 개방 후에는 820K를 초과하지 않고 있어 Flash Over는 발생하지 않을 것으로 판단된다. 연기감지기의 경우 일반적으로 사람이 상해를 입어 3도 화상을 입을 수 있는 온도가 373K이므로 연기감지기 작동 시 화실의 온도가 그에 미치지 않아 연기감지기를 설치할 경우 인명대피에 크게 기여할 것으로 판단된다. 또 한편 RTI 50의 경우에는 헤드 개방 후 지속적으로 감지부 주변 온도가 감소되고 있어 본 건물에 적응성이 있는 것으로 판단된다.

6.2 스프링클러 헤드 RTI 상관성

화염 확산으로 인한 스프링클러 헤드 개방시간과 RTI가 스프링클러 개방에 영향을 주는 민감도는 연기감지기의 경우 발화 후 26.9s, 주변온도 305.8K에 연기를 감지 작동하고 있으며 스프링클러 RTI의 상관성을 분석하여 보면 S/P RTI 260의 경우 화재발생 후 172.7s, 화실온도 418K에 작동, S/P RTI 50은 126.6s, 감지온도 373K로 S/P RTI 50의 경우보다 46.1s 후에 작동하고 있어 그 민감도에서 상당한 차이를 보이고 있다.



<그림 6-1> Springkler RTI와 Head 개방온도

뿐만 아니라 화재발생 후 480s때의 바닥면 복사 수열량이 20kW/m², 화실의 온도가 775K에 다다른 최성기 화재 전에 S/P Head와 연기감지기 모두 작동됨을 보이고 있다. 따라서 본 연구에서 Modeling한 실험건물에 설치한 Sprinkler 및 경보 설비가 인명보호와 건축물 화재 진화에 유효한 것으로 평가된다. 스프링클러 헤드별 감지온도와 그때의 화실 온도를 <그림 6-1>에 나타내었다. 스프링클러의 작동은 Flash Over 발생여부를 결정짓는 절대적인 영향을 미치는 것으로 <그림 6-1>에 보는바와 같이 스프링클러 헤드 개방 후에는 화실의 온도가 400K를 초과하지 않고 있으며 스프링클러 헤드 RTI 50의 경우 RTI 260보다 46.1s 조기작동되어 화실의 온도가 300K이하를 나타내 보이고 있어 소화되고 있음을 알 수 있다. 반면 RTI 260의 경우는 발화후 173s에 헤드가 개방되어 진화를 하고 있으나 800s에 이르러서는 화실의 온도가 다시 433K까지 상승되고 있어 소화에 실패하고 있음을 나타내고 있다. 이는 소화설비가 80% 완성되었다고 해서 동일 성능의 소화작업을 수행하는 것이 아니고 계속해서 화실내의 연소상태를 지속시켜 결국

에는 소화에 실패할 수 있는 가능성을 가지고 있음을 보여준다. 따라서 소화설비는 All or Nothing의 의미를 지니고 있다. 그러므로 스프링클러를 설치하였다 하더라도 이와 같은 성능실험은 반드시 필요하다 할 것이다.

6.3 피난평가

6.3.1 사양규정 법에 의한 평가

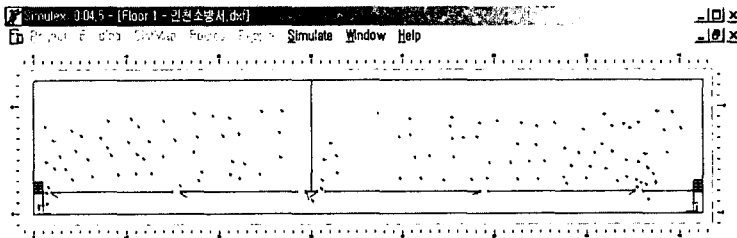
건축법 제 39조와 건축물의 피난, 방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제 10조의 기준에 의하여 출구 통과시간을 구하여 거실 피난평가를 해보면 위(표 6-2)와 같은 결론이 얻어진다.

<표 6-2> 사양규정에 의한 피난평가

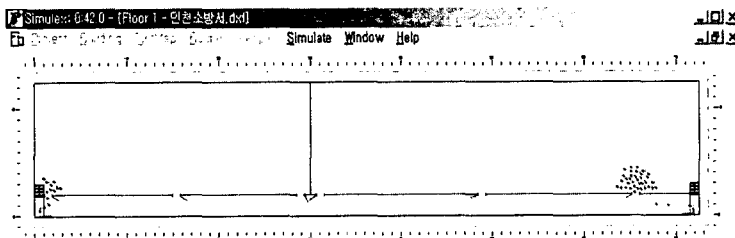
출구문 폭의합계	피난문 폭의 합계	출구통과시간	거실피난시 간	거실허용피난시 간	평 가
1.89[m]	0.99[m]	$\frac{50}{1.5 \times 0.99} = 33.67[s]$	34.0[s]	35.5[s]	OK

6.3.2 피난 시물레이션에 의한 평가

실시간 재실자들에 대한 피난 시물레이션은 아래 <그림 6-2,3>과 같으며 피난 평가를 종합하면 다음과 같다.



<그림 6-2> 피난개시 4.6 s 후 피난상황



<그림 6-3> 42초경과 후 피난상황

위<그림 6-3>의 경우 피난개시 후 42.0초 경과 후의 상황을 나타내는 것으로 8~9명의 체류자가 있는 것으로 분석되며 피난개시 57.6초가 경과될 때 피난이 완료됨을 나타내고 있다. 수리계산의 경우 RSET이 31.0초, ASET이 35.5초로 산출되나 시뮬레이션의 경우는 57.6sec를 보이고 있어 약간의 차이를 보이고 있다. 화재실의 연기 층의 하강이 지면으로부터 1.5m까지 내려오는데 소요되는 시간은 200초가 소요되고, 실내온도가 383.07K에 이르는 시간은 130초가 소요됨으로 ASET가 피난에 소요되는 Margin of safety를 포함한 것으로 평가된다.

7. 결 론

7.1 스프링클러 작동 평가

점화 후 127s가 되면 화실 내의 온도가 373K가 되어 RTI 50 스프링클러헤드가 개방되면서 진화를 시작한다. RTI 260의 경우는 화실 내의 조건이 418K에서, 점화 후 173s에 작동되고 살수 시는 진화가 되어 화실 내의 온도가 383K를 유지하다가 800s에 이르러 화실의 온도가 다시 433K까지 상승되고 있는 것으로 보아 화실을 완전히 진화하지 못하고 계속하여 주변가연물로의 연소를 보이고 있다.

7.2 피난 평가

법규에 의한 피난출구 너비의 사정은 정상인이 화재사고 등이 발생하지 않았을 경우 피난하는 것을 고려한 것이다. 그러한 이유로 오피스빌딩 구획공간화재를 가정하여 본 연구에서 피난 상황을 평가하여 본 결과는 다음과 같다.

- 사무실 A 피난완료 : 58 초
- 사무실 B 피난완료 : 84 초
- 청결층의 높이 1.5m 지속시간 : 200 초
- 피난평가 : ASET > RSET 으로 안전함.

7.3 연구의 한계와 향후 전망

화재의 현상을 공학적으로 접근 하는데에는 상당한 주의와 배려가 있어야 할 것이다. 왜냐하면 현상계를 표현하는 기초방정식의 도입에 있어서 보존법칙의 확립과 정확한 모델링의 수행이 전제되어야 하기 때문이다. 만약 이러한 조건들이 적정수준에 이르지 못한다면 이러한 일련의 과정은 유의성을 상실하게 된다. 이러한 한계에도 불구하고 성능기준에 의한 소방설계는 성능실험을 통한 안전시스템의 유효성 확보와 더불어 실험 데이터를 제공하며 사양규정에 의한 불합리한 문제점에 대하여 공학적인 해결방안을 제시할 수 있으며 방재기술과 위험관리기법의 접목을 가능케 하여 안전 관리를 위험경영의 영역으로 발전시킬 수 있다.

8. 참고문헌

- [1] 김원국, Room Fire Modeling for performance based Fire Protection Design (1999)
- [2] 박창복, "건축물의 피난계획", 소방기술자료집(제 5권), 한국소방안전 협회 (2002) : 16-25
- [3] 김동일, "성능위주의 방화설계와 플래시오버", 소방기술자료집 제 5권(2002),: 16-17
- [4] Quintiere, James G., Principles of fire Behavior, Pre-Publication copy courtesy of Delmar Publishers (1999)
- [5] William, G.B., & Phillips, "Computer Simulation for Fire Protection Engineering", SFPE HandBook . 2nd Edition, Quincy : NFPA (1995)
- [6] 백승태 외 4, "피난의 적정성 검토에 관한 연구", 소방학회 추계 학술 대회 논문집 (2002) : 375-381
- [7] 한국화재보험협회, NFPA101 인명안전코드 (2003)

저 자 소 개

진 복 권 : 소방기술사이고 제4기 소방간부로 인하대학교 대학원에서 경영학 석사 및 동 대학원 산업공학과에서 박사학위를 취득하였다. 현재는 인천북부소방서 대응관리 과장으로 재직 중이며, 주요 관심 분야는 안전공학, 방화공학, FDS 등이다.

저 자 주 소

진 복 권 : 인천 연수구 선학동 금호아파트 2-701호