

국제 공항터미널 빌딩의 방호전략(Ⅱ)

- Cabin 개념과 Island 개념 -

정 창 기

(위험관리정보센터 차장)

<전호에 이어>

7. 섬 개념(Island Concept)

가. 연소확대

스프링클러로 방호될 수 있는 지역에서는 화재 발생실로부터의 연소확대 기회가 작다. 그러나, 스프링클러 시스템이 화재의 제어에 실패할 수도 있다. 이 건물에서의 콩코스 지역은 매우 높은 천정하의 순환 목적을 위해 필연적으로 개방되고 있어서 스프링클러로 방호될 수 없다. 따라서 대형 공간지역에 대한 통제되지 않는 연소확대가 일어나지 않도록 하기 위해 부가 대책이 검토되어야 한다.

열유동은 신선한 연료에 영향을 미치기 때문에 발화의 높은 원인이 되며, 이격된 연료더미 사이에서 연소확대가 일어날 수 있다. 뜨거운 가스의 화염 바깥쪽에 신선한 연료가 놓여 있을 경우 열방사만으로써 또는 화재 자신의 불꽃으로부터 또는 연기로부터의 결과로 발화가 일어난다. 작은 구획실에서는 연기층의 열복사는 매우 중요하여

최종적으로는 플래시 오버에 이르게 한다. 천정이 높은 구획실에서는 화염을 높은 수준으로 끌고가야 하기 때문에 연기층이 냉각될 것이다. 연기로 부터의 복사는 낮아질 것이고 연소확대의 주요 모드는 불꽃으로부터의 직접적인 복사일 것이다.

발화에 필요한 열유동은 수많은 사람들에 의하여 연구되었다. 작은 불꽃이 존재하는 파이럿트 발화(시험용 점화)와 그렇지 않은 자연발화 사이에는 분명하게 구별된다. 이들 중 첫번째 것은 연소확대와 관련되고 후자는 거리에 대한 연소확대와 관련된다. 후자의 경우에 Babrauskas[7]는 장식된 가구의 복사에 의한 발화에 대해서는 20kw/m^2 (두께 12mm의 목재에 대해서는 40kw/m^2 , 커튼과 같은 가벼운 물질에 대해서는 10kw/m^2)의 값을 사용한다. 20kw/m^2 의 값은 플래시 오버에 대한 기준으로서 Thomas에 의하여 제안되었으며, 다른 연구자가 제안한 값보다 다소 보수적인 값이다.

온도 $T_1(K)$ 에서 뜨거운 표면의 복사에 의해 방

<표 2> 전형적인 캐빈에 대한 연기배출 평가결과 : 스프링클러의 $RTI = 150(\text{m}\cdot\text{s})^{1/2}$, 화재로부터 2.5m 거리에서 작동온도 68°C 에 근거한 계산

캐빈의 용도	설계 화재	천정 높이	Clear Height	스프링클러 작동시의 화재크기(kW)	연기배출속도 (m/sec)
점 포	유형 2	3.5	2.5	3417	18
체크인 데스크	유형 1	2.1	1.6	1450	7.6

사된 열유동 F는 다음과 같다. 즉 :

$$F = \sigma \epsilon (T_1^4 - T_0^4) \dots \dots \dots (5)$$

여기서, $T_0(K)$ 는 주위의 온도이다. 연기와 불꽃에 적합한 복사는 ϵ 의 값이 연구되고 있지만, 여기에서 우리는 대부분의 보수적 가정과 동등한 단일체로 모든 값을 취할 것이다. 순수 열유동의 값은 다음과 같이 주어진다.

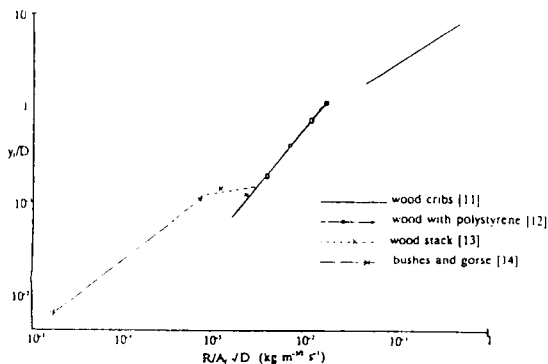
$$f = \phi \epsilon (T_1^4 - T_2^4) \dots \dots \dots (6)$$

여기서, ϕ 는 환경인자이다. 이것은 뜨거운 표면과 타겟 사이의 지정학적 관계를 나타내는 것이다. 이것은 다른 표면에 의하여 방해받는 하나의 표면을 떠나는 복사분율로써 정의된다. 이것에 대해서는 Tien 등[8]의 훌륭한 연구가 있다.

나. 화염의 높이

환경인자를 계산하기 위하여, 신선한 연료의 목표에 직면하고 있는 불꽃지역을 평가하는 것이 필요하다. 최악의 경우는 가연물 지역의 제어되지 않는 화재의 경우이다. 작은 화재의 불꽃높이를 계산하기 위하여는 Whilst 방정식이 적합한데, 지역에 널리 퍼져있는 화재에 대해서는 매우 낮은 값을 주거나 심지어는 (-) 값을 준다.

<그림 3>은 Law[9]에 의하여 여러 가지 소스로부터 수집된 실험적 데이터를 보여주고 있다.



<그림 3> 화재크기의 범위에 대한 화염의 높이

이들은 몇 가지 대형화재를 포함하고 있다. 무차원의 화염높이 y_f/D 는 화재크기의 넓은 범위에 공하는 변수($R/A_s \sqrt{D}$)와 아주 잘 관련되는 것으로 보여지고 있다. 화염의 높이에 대해 라프한 평가를 얻기 위해 이 그림을 사용하는 것은 R에 대하여 값을 가지도록 하는 것이 필요하다. 이 목적을 위하여 화재가 1200s(초)에서 소멸되는 것으로 가정되었다. 이 그림은 화재시 강철의 응답에 대한 계산을 위해 사용되었으며, 가연물의 범위에 대해서는 확실히 낮은 값을 보여주고 있다. 각 물품들이 좀더 신속하게 소멸된다 하더라도, 최악의 경우는 전 면적이 동시에 화재에 휩싸이게 되는 것으로 가정되는 것이다.

좌석지역에 대하여 화재하중은 약 1200kg/m²으로 보여지고 있다. 만일 화재가 약 1200초에서 소멸된다면 R/A_s는 대략 0.01kg/m²s이다. 약 200~700m²의 면적의 좌석지역에 대하여 <그림 3>의 화염높이는 약 1.5~2.5m이다. 여기서는 1000°C($T_1=1273K$)의 정상 온도에서 시트의 화염높이의 2m로 표현되었다. 이것은 화염끝에서의 온도가 540°C 내외이기 때문에 과평가된 것으로 생각하고 있다. 체크인 데스크는 화재 하중이 약간 더 높을지라도, 이것으로 인해 화염의 높이에는 거의 영향을 미치지 않을 것이며, 동일한 접근 방식이 이들과 안내 데스크에도 사용되었다.

점포에 대하여는 화재하중이 상당히 높을 것으로 예상된다. 소매구역에 대해 측정된 값은 CIB [10]에 의하여 주어졌다. 향수판매소, 완구점, 문구 및 가사용품 취급점에 대한 값은 바닥 면적당 420MJ/m²으로 주어진다. 12MJ/kg의 연료를 가정하면 이것은 약 35kg/m²·s이다. 면적을 약 50m²로 양해하면 R/A_s√D는 0.01이고, 화염의 높이는 5.5m로 주어진다. 이것은 1000°C에서 시트 화염의 높이가 5m로 표현된다.

다. 섬 개념의 결론

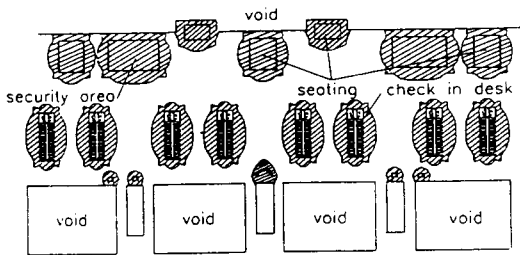
위에서 개념적으로 논의된 절차에 따라, 가연물

지역의 주위마다 적절한 환경요소를 계산함으로써 20kw/m²로 점화운곽을 구성하는 것이 가능하였다. 이 점화운곽의 외부에 연소확대는 발생하지 않는 것으로 추정되었다. 이 절차의 개요는 극히 단순화되었지만 매우 보수적인 것으로 기대된다. 연기와 화염의 열복사와 개방지역에서 충분히 성장한 화재에 대하여 개량된 모델을 이용하면 좀더 양호한 평가결과를 얻을 수 있을 것이다. 그러나, 이번의 경우에는 이러한 부가 노력은 타당하지 않은 것으로 생각되었다.

〈그림 4〉는 MTB 4층의 가연성 부분에 대한 점화운곽의 계산결과를 보여준 것이다. 이것은 가연지역이 충분히 넓게 이격되었다면 스프링클러 설비가 실패하였다 하더라도 연소확대의 가능성은 없는 것으로 보여진다. 공정부분(Canyon), 날개 부분(Wing) 및 2층의 국내선 로비에 대하여 유사한 계산이 수행되었지만 지면의 제약으로 여기에서는 제시하지 않는다.

라. 이동가능한 화재하중

고정된 화재하중지역의 연소확대에 부가하여, 이동가능한 화재하중으로 생각되는 수하물로부터



〈그림 4〉 메인터미널빌딩(MTB) 4층의 간이 평면도
 빗금친 부분은 열유동이 20kW/m² 미만인 부분을 나타낸다.

운송 터미널 내부로 연소확대의 잠재적 가능성이 있다. 이것이 섬 개념에 어떻게 영향을 미칠 수 있는가를 알기 위하여 이러한 가연물의 가능한 분포를 평가하는 것이 바람직하다.

각자의 승객은 수하물을 가지고 있는 것으로 추정되며, 일본법하에서 계산된 수용인원의 피크치가 〈표 3〉에 주어져 있다.(승객들은 화재하중이 매우 낮은 손가방 정도만 가지고 있기 때문에 여기에서는 Wing의 필요성은 고려되지 않았다.) 승객들 사이에서 기대될 수 있는 최소 거리는 〈표 3〉의 마지막 칼럼에 제시되어 있다. 화재의 경우에 대피하는 승객의 대부분은 그들 자신과 함께 그들의 짐을 가지고 있을 것이다. 따라서, 잔류하여 떨어져 있는 수하물 사이의 평균거리는 〈표 3〉에서 제시된 숫자를 초과하여 멀리 있을 가능성이 있다.

직경 1m로 가정된 수하물 화재에 대하여 20kw/m²의 점화운곽선은 식 (4)와 유형 1의 정상화재에 의하여 주어진 원추형의 화염 높이를 가정함으로써 계산될 수 있다. 이것은 중심 대 중심의 이격거리가 1.8m 이상에서는 인접 가연물로의 점화가 일어나지 않을 것이라는 것을 나타내고 있다. 이것은 상기 수하물에 대하여 계산된 최소 이격거리 2.1m 보다 낮은 결과이다. 따라서, 매우 근접해 있는 몇가지 수하물 사이에서 연소확대가 일어난다 하더라도 이런 방식에 의해 개방된 공간에서의 대규모의 연소확대는 예상되지 않는 것으로 결론지을 수 있을 것이다.

8. 맺는 말

구획기능 중의 하나는 가연물 지역 사이에서의 연소확대를 제한하는 것이다. 여기에서는 심지

〈표 3〉 개방지역에서의 수용인원의 밀도

지 역	수용인원	평균인구밀도(m ² /인)	최고인구밀도(m ² /인)	평균이격거리(m)	최소이격거리(m)
MTB 4층	2,750	10.3	7.2	3.2	2.7
공정(canyon)	1,559	6.5	4.6	2.5	2.1
국내선 로비 2층	1,134	6.3	4.4	2.5	2.1

어 구획벽이 없어도 연소확대는 화재 발생실 부분으로 제한될 것으로 보여지고 있다. 가연물 지역 사이에 이격거리를 크게 하고, 화재하중이 높은 지역을 별도 구획함으로써 구획화의 효과는 달성된다. 지붕을 높게 함으로써 개방공간에서의 플래시 오버는 문제가 되지 않는다는 것이 확실시 되고 있다.

참고문헌

- [1] "Integrated Design Method for Fire Protection". Japan Building Centre, Tokyo(1989) (in Japanese)
- [2] Alpert R.L and Ward E.J. Fire Safety Journal, 7, 127, (1984)
- [3] Alpert R.L. Fire Technology, 8, 181 (1975)
- [4] Evans D.D. "The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering". Dinunno P.J(ed), NFPA, Quincy MA 1-138 (1988)
- [5] Heskestad G. and Bill R.G. Fire Safety Journal, 14, 113 (1988)
- [6] Heskestad G. Fire Safety Journal, 7, 25 (1984)
- [7] Babrauskas V. "Will the second item ignite". Report NBSIR 81-2271, NIST, Gaithersburg, MD (1981)
- [8] Tien C.L., Lee K.Y. and Stretton A.J. "The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering". Dinunno P.J.(ed), NFPA, Quincy MA 1-92 (1988)
- [9] Law, M. Private communication.
- [10] "Design Guide : Structural Fire Safety". CIB, Fire Safety Journal 10, (1985)
- [11] Thomas P.H. Combustion and Flame 5, (1961)
- [12] Kruppa J. and Lamboley G. "Contribution a l'etude des incendies dans les batiments de grand volume realises en construction metallique". Service Incendie Doc. No. 1016-5, CTICM, Puteaux (1983)
- [13] Thomas P.H. Fire Research Note 841, Fire Research Station, Borehamwood, UK (1961)
- [14] Broido A and McMasters A.W. "Effects of Mass Fires on Personnel in Shelters". Forestry Service, US Dept Agriculture, Berkeley CA

Nomenclature

- A_f : 화재면적(m^2)
- T_2 : 목표의 온도(K)
- y_f : 화염의 높이(m)
- D : 화재 직경(m)
- M : 연기생성률(kg/s)
- T_1 : 화염의 온도(K)
- y : 높이(m)
- σ : 스테판 상수($kW/m^2 \cdot K^4$)
- F : 복사열유동(kW/m^2)
- Q : 화재열방출속도(kW)
- T_0 : 주변온도(K)
- y_0 : 실제소스의 높이(m)
- ϵ : 복사능(-)
- f : 순복사열유동(kW/m^2)
- R : 연소속도(kg/s)

출전 : Paula Beever. "Cabins and Islands : A Fire Protection Strategy for an International Airport Terminal Building". Proceedings of The third International Symposium. Fire Safety Science, 709~718, 1991.