

국제 공항터미널 빌딩의 방호전략(I)

— Cabin 개념과 Island 개념 —

본고는 주어진 법규나 현행 제도상 여건 등에 얽매이지 않고 실제로 화재현상을 시뮬레이션 하여 그 결과를 토대로 실질적인 대책을 제시하고자 하는 것으로서 좋은 예가 될 것으로 사료되어 2회로 나누어 소개하고자 한다.



정 창 기
(위험관리정보센터 차장)

〈개요〉

건축적이고 기능적 관점 때문에 운송터미널 건물은 흔히 대형 미구획 공간으로 설계된다. 따라서, 이러한 대형 공간에서는 화재 및 연소확대를 제한하는 수단으로써의 내화벽체가 없다. 그럼에도 불구하고, 이 논문에서는 일본의 오사카만(灣)에 건축된 초대형 국제공항터미널 빌딩의 경우에 화재안전을 어떻게 달성할 수 있는지를 보여주고 있다.

화재안전의 전략은 2가지 설계안에 의존한다. 이들중 첫 번째 것은 점포와 같이 높은 화재하중의 부분은 면적이 제한되고 뚜렷한 경계를 가지고 있다는 것이다. 따라서, 이들 부분에는 스프링클러도 별도 방호되어야 하고 시스템으로 연기를 추출해내야 한다는 것이 제안되고 있다. 이것은 “Cabin Concept(船室개념)”로 알려져 있다. 두

번째는 좌석을 포함하는 가연물 지역 사이에는 대형 순환공간으로 분리되는 경향을 보이고 있다. 그러나 이들 각 부분의 심각한 화재로부터 열복사를 고려할 때, 그들 사이의 연소확대는 문제가 되지 않는다는 것이다. 이것은 “Island Concept(섬개념)”이란 용어로 정의된다.

1. 머리말

국제공항터미널 건물에 대한 최근의 설계는 대형 미구획 공간을 확보토록 하고 있다. 이것은 사람들의 이동을 쉽게 하고 바람직한 공간을 확보해 주기 위한 것이다. 화재안전의 관점으로 볼 때, 높은 천정은 대형의 연기 저장소를 제공하며, 그러한 공간의 개방성은 비상구에 대한 확실한 접근을 가능케 한다.

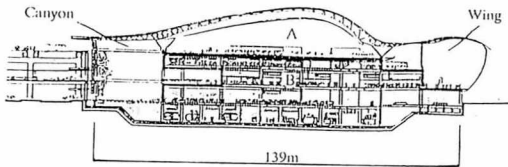
여기에서는 새로운 공항터미널의 상황에서 이 마지막 문제에 대한 관점을 논의한다. 이 시설은 일본의 관서(關西)지역을 위해 건립 되었으며, 연간 25만의 승객의 운송을 담당한다. 중요한 공공부분은 내부로 연결된 일련의 공간으로 구성되며, 안전을 위해 화재공학적 계산의 필요성이 제기되고 있다.

2. 터미널 건물의 배치

메인 터미널 건물(MTB)은 4개의 층으로 설계되어 있다. 〈그림 1〉에 단면도가 보여지고 있다.

B로 표기된 지역내에서는 일본의 건축기준법에서 지정된 소방대책의 이행이 대체로 가능하였다. 이 지역은 점포, 식당, 사무실 및 수하물 회수와 운반시설을 포함한다.

〈그림 1〉 터미널 빌딩의 단면도



여기에서는 A로 표기된 지역을 다룬다. 도착 광장(콩코스)은 높이 26m, 길이 280m이다. 이것은 공항 출입구로부터 건물에 대한 접근로이며, 모든 층으로 이동을 가능케 한다. 층 상부에는 높이가 약 7m와 19m의 Canyon(空井부분)을 가로 지르는 다리가 있다. 이들은 2층의 국내선 출발 로비와 4층의 국제선 출발 콩코스로 접근할 수 있도록 한다. 4층은 초대형의 휘어진 지붕 아래에 있으며, 폭은 약 80m, 길이는 280m이다. 최정상부의 지붕은 바닥으로부터 약 20m 위에 있다. 공항 출입구쪽 탑승 라운지는 날개쪽에 위치하고 있다. 이것은 2, 3층에서 메인 터미널 건물에 인접해 있으며 도착 승객을 위한 게이트 라운지를 확보하고 공항 출입구쪽으로는 접근을 위해 양방향으로 확장되어 있다. 날개부분은 길이가 약 1700m이며 높이는 중앙부의 20m에서 말단부분의 6m까지 분포되어 있다.

이들 각 공간은 심지어 연결되지 않은 것조차도 일본의 건축 기준법의 구획조항 하에서 허용되는 것보다도 볼륨 측면에서 엄청나게 크다. 따라서, 이것은 화재 및 연기제어의 적정수준이 다른 방식으로 성취될 수 있다는 것을 설명하는 것이 필요하였다.

3. 방호전략

연기와 연소확대를 감소시키기 위해 개발될 수 있는 여러 가지 건물 설계안이 확인되었다. 이들

중 첫번째 것은 높은 화재하중 부분은 크기가 제한되고 명확하게 경계를 짓는 것이다. 이들은 점포, 구내매점 및 면세구역과 탑승수속 데스크로 확인되었다. 그러한 지역은 국부적 스프링클러 방호와 배연시스템을 설치하는 것이 가능하였다.

개방된 콩코스 공간은 좌석, 작은 안내 데스크 및 승객용 수하물을 구성하는 화재하중이 낮은 지역이다. 상대적으로 작은 화재로부터의 연기를 함유하기 위해 적정 창고보다 더 큰, 아주 높은 천정이 대부분의 지역에 설치되어 있다. 그밖의 것이 기술되기 위하여 연기로부터 안전 대피를 고려하기 위해 별도 연구가 수행되었다.

이 건물은 원래 고정된 가연물 지역 사이에 순환을 위한 공간을 가지고 있다. 이들이 충분히 멀리 이격되어 있다면, 방호되지 않은 지역(또는 스프링클러로 방호된 지역에서 스프링클러 시스템이 실패한 경우)에서 통제되지 않은 화재로 인한 연소확대가 바람직하지 않은 방향으로 나타날 수도 있다.

4. 일본의 통합 설계지침

유의할 점은 이 건물을 위해 화재전략의 개발이 가능한 곳은 어디나 소방에 대한 일본의 통합된 설계지침(Japanese Integrated Design Guide; JIDG)[1]에서 제안된 접근방식이 취해졌다는 것이다. 이것은 이 프로젝트가 시작된 즈음에 새롭게 출간된 것이었다. 이것은 건물방호의 여러 가지 관점에 대하여 완전하고 논리적인 접근방식을 제공하는 아마도 유일무이한 방식이며, 전세계에서 수행된 연구작업에 신뢰성을 줄 것이다. 이것을 작성한 시기가 일본에서는 무법상황이었다 할지라도, 그럼에도 불구하고 이것은 수행된 여러 분석에 대하여 좋은 출발점을 제공하였으며, 이것의 이용은 당국과의 협상에 관심을 불러일으켰다.

5. 설계화재

화재안전조치의 설계에 이용하기 위해 일본의

통합 설계지침(JIDG)에서 제안된 2가지 ‘설계화재’가 만들어졌다. 이것은 유형 1과 유형 2로 명명되었다. 양쪽 화재는 모두 초기단계에서는 성장하고 있으나, 지정된 시간이 경과한 후에는 정상상태가 되었다. 성장단계는 <표 1>에서 보는 바와 같이 2개의 선형 지역으로 구성되어 있다.

<표 1> 일본의 유형 1 및 유형 2 설계화재의 요약

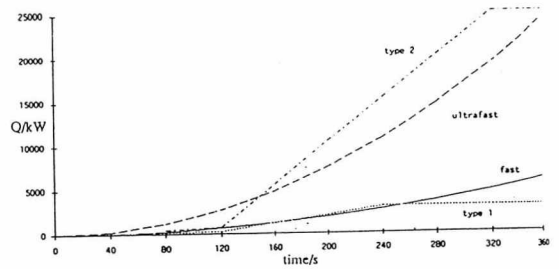
설계화재의 유형	시간/초	열방출률/kW	화재면적/m ²
1	0	0	0
	120	300	1.7
	240	3,000	1.7
2	0	0	0
	120	750	0.5
	320	25,000	17

유형 1 화재는 점유자가 깨어있는 일반적 화재에 대해 JIDG에서 권고된 것이다.

성장단계는 미국의 연구자들에 의하여 개발된 “신속” 화재에 대하여 비교될 것이다[2]. 이것은 포물선형으로 성장하는 것으로 기술되었다. 즉, 열방출 속도가 시간의 제곱에 따라 증가한다. 실험적 연구에 근거하면, 이것은 여러 가지 유형의 장식가구와 적재된 플라스틱 상품에 대하여 잘 적용하는 것으로 알려졌다. <그림 2>는 유형 1 화재와 신속화재 사이의 비교를 보여준 것이다. 개방지역과 체크인 데스크에 대하여, 다른 공항에 대하여 이전에 만들어진 측정에 근거하여 가능한 화재하중의 분석이 수행되었는데, 약 12kg/m²의 나무 발열량 상당의 수치가 산출되었다. 이것에 근거하여 유형 1 화재는 보수적이지만 좌석이나 수하물 화재에 대해 비합리적 모델은 아니라는 것이 제시되었다.

유형 2 화재는 점포용으로 JIDG에서 권고된 것이다. 이것은 미국에서의 실험적 연구인 고인화성 플라스틱 물품의 적재터미에 적합한 것으로 알려진 “Ultrafast(초신속)” 화재와 비교될 수 있을 것이다. 이 유형 2 화재가 <그림 2>에 보여지고 있다. 따라서, JIDG에서 제안된 설계화재는 특정

<그림 2> 신속 및 초고속 화재인 유형 1과 유형 2의 비교



화재하중에 대해 다른 소스로부터 예기될 수 있는 성장속도와 잘 일치되는 것으로 보여진다. 유형 2 화재는 좀더 높은 화재하중이 있는 것으로 확인된 지역, 예를 들면 면세구역이나 구내 매점 같은 지역에 대한 설계의도에 맞추어진 것이었다.

6. Cabin Concept(선실 개념)

가. 개념의 원리

선실 개념의 의도는 이들 선실지역으로부터의 연소확대 및 연기유동이 통제된 콩코스의 화재하중이 높은 지역을 보호하기 위한 것이다. 선실 개념은 보호될 지역이 스프링클러 설비를 지지하고 연기를 일시 보관하기 위해 천정으로 덮혀질 것을 필요로 하고 있다. 그럼에도 불구하고 선실은 어느 한 쪽이 개방되어 있다. 연기 배출 시스템은 예상되는 연기를 제거하고 개방 지역으로 연기유동을 방지하도록 설계되어 있다.

나. 스프링클러의 작동

연기 배출 시스템의 설계를 위하여 화재크기는 최초의 스프링클러 작동을 수반하는 정상속도에서 제어되는 것으로 가정된다. 이 논의중에서 천정 높이를 낮게 설정한 것은 매우 보수적으로 가정된 것이다. 스프링클러 작동 시간은 미 NIST의 프로그램인 Detact를 이용하여 예측되었다. 이 소프트웨어는 화재시 천정의 제트류의 온도와 속도를 예측하며 정상적 또는 완만하게 성장하는 화재에 대응하는 스프링클러의 온도를 계산한다.

천정에서의 제트류에 대한 예측은 Albert의 관

계식[3]에 근거한 것이다. 이들 방정식은 제한되지 않은 천정하부의 정상화재에 대한 이론적 고려 사항과 실험적 연구로부터 유도된 것이다. 상대적으로 제한된 천정의 실제 조건하에서, 뜨거운 가스층은 천정의 제트류 아래에 일정 기간이 경과한 후에 누적될 것이다. Evans[4]는 천정 제트류의 화재가스의 속도와 온도증가의 결과를 보여주는 이론적 분석을 제시하였다. 따라서, Detact에서의 미구획 방정식의 이용은 스프링클러 온도가 저평가되고 작동시간은 과평가되는 것으로 나타났다. 따라서, 최저의 안전한계를 도입하였다.

방정식이 정상화재보다는 오히려 성장하는 화재에 이용된다면 여러 가지 상황이 제기된다. 화재가스가 스프링클러 위치에 도달하기 전에 일정시간이 경과된다. 이것은 성장하는 화재에 대하여, 정상상태 방정식이 스프링클러 대응시간을 저평가한다는 것을 의미할 것이다. 이 실수는 화재의 정도가 클수록 더 크다. Evans는 포물선 화재에 대해 이러한 실수를 평가하였다. 일본에서의 유형 1 화재, 유형 2 화재와 미국의 신속·초신속 화재 사이의 유사성의 견지에서 이러한 실수는 유사한 것으로 가정될 것이다. 캐빈용으로서의 가장 가까운 스프링클러의 거리와 천정 높이에 대한 전형적인 값에 대해서, 예측된 온도 상승의 실수는 10초 후에는 20%, 30초 이내에서는 5%로 떨어지고 있다. 스프링클러의 작동시간이 이보다 훨씬 길기 때문에, 정상상태 방정식이 수용될 수 있다고 결론되었다.

스프링클러의 응답은 단 하나의 감도 변수 즉, Heskestad에 의하여 정의된 RTI(응답시간지수)에 의하여 특성화된 스프링클러 요소에 대하여 열이 이동된다고 가정함으로써 Detact에 모델링된다. 스프링클러 요소로부터 프레임과 파이프 밖으로의 열손실은 무시된다. 이것은 완만한 화재에 대한 완만한 스프링클러에 대하여는 열 손실이 중요하다라는 것을 보여주고 있다[5]. 화재가 신속히 성장하는 이번 경우와 일본에서 통상 사용되는 스

프링클러의 경우에는 약 $150(m.s)^{1/2}$ 내외의 RTI 값이 적당하다. 이러한 견지에서 열손실에 대한 어떠한 시정도 부당한 것으로 생각되었다.

다. 연기 배출

화재가 성장하기 시작하고 일단 화세(불기둥)가 캐빈 천정에 도달하면, 결국 연기가 이용 가능한 공간을 채울 것이다. 천정의 연기 감지에 따라, 기계적 배출 시스템이 작동될 것이다. 정상적인 연기 생산속도 M은 Heskestad의 방정식[6]에 의하여 계산된다.

$$M = 0.071Q^{1/3}(y - y_0)^{5/3} [1 + 0.026Q^{2/3}(y - y_0)^{-5/3}] \dots\dots\dots(1)$$

여기서, y는 가연물 상부와 연기저장공간 기저 사이의 분명한 높이이다. 보수적 접근방식으로 볼 때, 가연물의 정상부는 층수준(층간 높이)으로 가정되었다. 변수 y_0 는 실제 화재원이며 다음과 같이 주어진다[6]:

$$y_0/D = -1.02 + 0.083Q^{2/3}/D \dots\dots\dots(2)$$

Q는 화재로부터 대류열의 방출속도이다. 상기 식은 연기층이 화염상부에 있는지 적용한다. 바꿔 말하면,

$$M = 0.054Q_y / (0.166Q^{2/5} + y_0) \dots\dots\dots(3)$$

여기서, 화염높이 y_f 는 다음과 같이 주어진다.

$$y_f/D = -1.02 + 0.230Q^{2/5}/D \dots\dots\dots(4)$$

고려되는 각 캐빈에 대하여, 배출되어야 하는 연기의 질량속도는 상기 방정식을 사용하여 계산된다. 연기의 온도는 화재에 의하여 발생하는 모든 열이 연기층으로 간다고 가정함으로써 평가되었다. 그리고 나서, 관련된 배출량이 계산될 수 있다. 화재로부터 많은 열이 복사로 잃어지기 때문에 연기 산출속도와 온도는 과평가 연기량과 보다 높은 안전한계로 과평가될 것이다. ☹

<다음호 계속>