

건물화재시 경계면 선정에 관한 연구

A Study on the Decision of the Interface Height in Compartment Fire

허 만 성*
Hur, Man-Sung

.....
Abstract

The objective of this research is to study on the decision of the interface height in a room in case of trashcan, chair, carpet and sofa as a fire starter in a residential room by performing the experimental studies. For the decision of the interface height, the temperatures of various positions in fire room are measured and the averaged temperatures are calculated from these measured temperatures every time and height. The temperatures of all the positions in fire room are obtained as the basis of the measured temperatures and the middle point of the highest temperature slope is decided as the interface point. The interface heights were distinct and were around 1[m] maintaining constant state. However, at the time of the maximum temperature, the interface height was lowered to 0.25[m]-0.75[m] from the floor.

국문요약

화재시 실내의 경계면 선정에 관한 연구를 하기 위하여 쓰레기통, 의자, 카펫 및 소파의 화재실험을 실제건물에서 수행하였다. 경계면의 선정을 하기위해서 화재실의 온도변화가 큰 지점은 여러 곳 온도를 측정하고, 각 측정점의 온도를 시간과 높이별로 평균온도를 구한다. 또한 기본 측정점을 기준으로 화재실 전체구역에 대한 평면의 온도분포를 구하여 온도변화가 가장 큰 지점을 경계면의 높이로 정한다. 이결과 어느 화재의 경우나 경계면이 뚜렷이 나타났고, 경계면 높이는 1[m] 근처에서 일정한 상태 값을 유지하였다. 다만, 최대온도를 나타내는 시간에는 경계면 높이가 0.25[m]내지 0.75[m]까지도 내려왔다.

.....
1. 서 론

건물내의 화재실험은 최근 들어 국내에서도 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직은 미비한

* 중경공업전문대학 소방안전관리과 교수, 평의원

단계라 할 수 있다. 미국, 일본 등에서는 연료의 종류 및 형태에 따른 실내화재에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 1982년 Parker는 여러물질의 산소 소비량에 대한 열방출량을 계산하였고¹⁾, Harland와 Anderson은 화재시 인간의 사망에 영향을 주는 가스를 분석한 결과 사망자 중

50[%]이상이 일산화탄소에 의한 사망이었음을 밝혔고²⁾, 1983년 Wickström, Sundström와 Holmstedt는 버너 위에 위치한 후드에서 화재의 배기가스를 수집하여 가스의 농도를 측정하였다³⁾. 1985년 Lee는 침실화재시 연기, 일산화탄소의 발생량을 측정하여 플래시오버의 발생시간을 계산하였다⁴⁾. 일본에서는 1988년 동경소방청에서 지하공간에 대한 축소된 실험에서 배연설비 효과와 지하 아트리움내의 연기유동 현상을 파악하였다⁵⁾. 1991년 Lilly는 실제 화재실험을 통하여 ASET프로그램으로 온도와 플래시오버 시간을 계산하였다⁶⁾. 1992년 Gottuk, Roby와 Peatross는 연료로 핵산, 전나무, PMMA, 폴리우레탄폼의 4가지 연료를 2.2[m³] 구획에서 연소시켜 연소가스를 측정하였다⁷⁾. 한편, 국내에서는 1993년 정길순은 목재연료의 실내 모형화재실험에서 연기층의 온도와 안전대피시간을 구하였고⁸⁾, 최금란은 아트리움에 대한 내부 온도분포를 측정하여 수치계산 결과와 비교하였다⁹⁾. 1996년 윤명오는 철근콘크리트 구조 공동주택 실물화재실험에서 온도 및 연기농도 변화값을 측정하고, 인간의 생존가능시간을 파악하였다¹⁰⁾. 그러나 화재실험은 많이 하였지만 실험의 결과로부터 경계면을 계산하거나 이론과 비교한 논문은 찾아 볼수 없었다.

따라서 본 연구의 목적은 zone model에서 경계면의 높이를 구하는 것은 매우 중요하나 실제적인 실험에서 경계면의 높이를 구한 예를 찾아 보지 못한 관계로 실험을 통하여 얻은 데이터로부터 경계면의 선정방법을 연구하므로써 화재실험을 하는 다른 연구자들이나 화재모델링의 기초자료 및 피난대책에도 도움을 주고자 한다.

2. 실험방법

화재실험은 1층 슬라브건물에서 실시하였다. 그림 1은 실험한 건물에 설치된 실험장치의 개략도이다. 여기서, (A), (B), (C), (D), (E), (F) 및 (T)는 열전대의 측정위치이고, (P)는 천정에서의 가스측정점이고, (Q)는 벽의 상부쪽 압력측정점이며, (V)는 비디오 촬영점이다.

실험시 가연물의 제원은 표 1.에 나타냈고, 표 2.는 방의 크기, 문과 창문의 크기를 나타낸다. 가연물은 화재실의 중앙 바닥에 두고 점화하는 신문지를 사용하였다. 의자, 소파의 점화원은 신문지 17장이 들어 있는 원형 쓰레기통을 사용하여 점화시켰고, 모든 창문과 현관문은 밀폐된 상태로 하였다. 다만 화재실에서 복도로 통하는 문은 완전히 열린상태로 실험을 하였다.

온도측정은 0.6[mm] K-type(chromel-alumel) 열전대로 화재가 발생한 방의 온도분포를 측정하였다. 그림 1.에서 화재실의 온도 측정 지점은 6개(A, B, C, D, E, F)를 선정하고 각 지점의 측정위치는 방바닥에서 0[m], 0.5[m], 1[m], 1.5[m], 2[m], 2.3[m], 2.5[m], 2.7[m], 2.9[m]의 9개 지점에 열전대를 각각 설치하여 총 54개를 설치하였다. 여러 측정점에서의 온도값들은 프로세스 링크(KAYE instruments inc. DIGISTRIP-4, 128 channel)를 사용하여 개인용 컴퓨터(PC-486)에 10초 간격으로 저장하였다

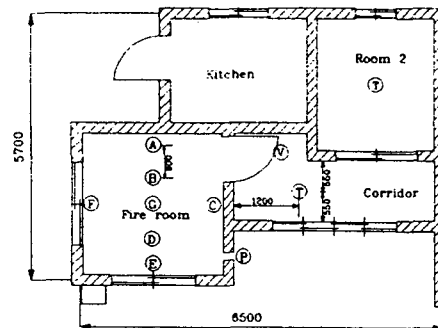


그림 1. 실험장치의 측정점.

표 1. 가연물의 크기와 재질.

가 연 물	크 기[cm]	재 질
쓰레기통	23×29×49	폴리에틸렌
의 자	36×51×88	폴리에틸렌
카 페 트	190×250	-
소 파	73×73×80	폴리우레탄(틀 : 나무)

표 2. 방과 문의 크기.

이름	방 크기 (m)	문 크기 (m)	창문크기 (m)
화재실	2.55w×2.55L ×2.90H	0.81w×1.82H	1.52w×1.21H
복도	1.73w×3.40L ×2.90H	1.52w×1.82H	0.81w×1.82H
옆방	2.26w×2.48L ×2.90H	3.28w×2.10H	1.21w×1.10H

3. 경계면 선정방법

Zone model에서 중요한 과정의 하나인 경계면 높이(interface height)를 구하기 위하여는 실험시 또는 실험후에 다음과 같은 과정을 거쳐 구하는 것이 좋다고 생각된다.

(1) 화재실험을 할 때 가능하면 온도변화가 큰 지점은 여러 곳에 같은 높이별로 온도를 측정한다.

(2) 각 측정점의 온도를 같은 시간과 높이별로 평균온도를 구한다.

(3) 기본 측정점을 기준으로 화재실 전체구역에 대한 Correlation을 하여 화재실 평면도의 온도분포를 구한다.

(4) 위의 과정을 거쳐 온도변화가 가장 큰 지점의 중앙을 연결하여 경계면 높이로 정한다.

4. 결과 및 고찰

그림 2.는 쓰레기통 화재가 발생하였을 때 화재실 내부 지점에서의 높이에 따른 온도변화를 나타내는 것이다. 바닥, 0.5[m] 및 천정속은 다른 상부층 높이에 비하여 온도가 낮은 60[°C]미만을 나타내었다. 1[m] 높이에서는 1.5[m] 높이보다 약간 떨어진 중간 상태를 나타내었다. 5[m] 이상에서는 거의 온도차이가 없이 일정한 온도변화 상태를 유지하였다. ㉑, ㉒, ㉓, ㉔ 그리고 ㉕ 지점도 지점과 비슷한 경향을 나타내었다.

그림 3.은 쓰레기통 화재시 ㉑, ㉒, ㉓, ㉔ 및 ㉕ 지점의 같은 높이의 10초에서 200초 사이의 화재실 평균온도변화를 나타내는 것이다.

그림 4.는 9개 높이에 따른 같은 평면에서의 온도변화를 100초일 때 실험으로 얻은 6개 지점의 온도를 화재실 전체의 지점에 Correlation 하여 얻은 것으로 방 평면의 온도분포를 잘 나타내주고 있다.

그림 3.과 그림 4.를 비교해 보면 화재의 초기 상태에서부터 줄곧 천정속은 거의 온도변화가 없이 60[°C]미만의 일정한 상태를 유지하였다. 이는 반자로 열이 차단되고 일부는 천정의 벽으로 열전도에 의한 열의 손실이 있기 때문이다. 그림 3.에서 화재초기는 zone의 구분이 분명하지 않게 나타났으나, 40초부터는 zone의 구분이 되기 시작하여 천정속, 2.7[m]에서 1.5[m]사이, 1.5[m]에서 0.5[m]사이, 0.5[m]이하로 zone이 구분되어진다. 특히 1.5[m]에서 0.5[m]사이의 온도차이가 다른 곳보다 크기 때문에 급경사를 나타내었다. 따라서 온도변화가 가장 크게 변하는 지점의 중앙을 경계로 잡아 그 점을 연결하여 경계면으로 잡아서 그 위쪽을 상부층, 아래쪽을 하부층으로 정하고 상부층과 하부층의 온도의 평균을 내어서 이론적인 zone modelling과 비교를 할 수 있다.

그림 5.는 의자화재가 발생하였을 때 화재실 내부 ㉑지점에서의 높이에 따른 온도변화를 나타내는 것이다. 이 경우도 쓰레기통화재와 마찬가지로 바닥, 0.5[m] 및 천정속은 다른 상부층 높이에 비하여 낮은 온도를 유지하였다. 1[m] 높이에서는 다른 위쪽의 온도보다 약간 떨어진 중간 상태를 나타내었다. 1.5[m] 이상에서는 거의 온도차이가 없는 같은 온도범위를 나타내주었다.

그림 6.은 의자화재시 ㉑, ㉒, ㉓, ㉔, ㉕, ㉖ 지점의 같은 높이의 10초에서 200초 사이의 화재실 온도변화를 나타내는 것이다. 쓰레기통 화재와 같이 화재의 초기상태에서부터 줄곧 천정속은 거의 온도변화가 없이 60[°C]미만의 낮은 상태를 유지하였고, zone의 구분도 분명히 나타나지 않았으나, 50초 이후부터는 zone의 구분이 형성되기 시작하여 천정속, 2.7[m]에서 1.5[m]사이, 1.5[m]에서 0.5[m]사이, 0.5[m]이하로 구분된다. 특히 1.5[m]에서 0.5[m]사이의 급격

한 온도변화를 나타내었다. 그래서 경계면은 이 사이의 중간지점을 잡아서 연결하였다. 바닥이 0.5[m] 높이보다 온도가 높게 나타난 이유는 일부의 가연물이 바닥에 떨어져 타는 관계로 나타났다.

그림 7.은 9개 높이에 따른 같은 평면에서의 온도변화를 100초일 때 실험으로 얻은 6개 지점의 온도를 화재실 전체의 지점에 Correlation 하여 얻은 것으로 방 평면의 온도분포를 잘 나타내주고 있다. 100초가 되었을 때는 천정속, 천정에서 2[m]사이, 1.5[m], 1[m]이하로 zone이 구분되어 진다.

그림 8.은 카펫화재가 발생하였을 때 화재실 내부 ㉠지점에서의 높이에 따른 온도변화를 나타내는 것이다. 이 경우도 바닥과 천정속은 낮게 나타났으나, 0.5[m]는 카펫가 바닥에 깔려 있는 관계로 천정속보다도 온도가 높게 나타났다. 1[m] 높이에서 2.7[m] 높이까지는 거의 온도차이가 없이 일정한 상태를 나타내주었다.

그림 9.는 카펫화재시 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣, ㉤, ㉥지점의 같은 높이의 10초에서 200초 사이의 화재실 온도변화를 나타내는 것이다. 부분적으로 바닥의 온도가 급격히 상승한 것은 온도 측정점인 열전대에 화염이 닿은 관계로 온도가 급격히 상승한 것을 나타내주고 있다.

그림 10.은 9개 높이에 따른 같은 평면에서의 온도변화를 170초일 때 실험으로 얻은 6개 지점의 온도를 화재실 전체의 지점에 Correlation 하여 얻은 것이다.

화재의 초기상태인 80초까지는 zone의 구분이 거의 없는 일직선 상태를 유지하였고, 이 후부터 zone의 구분이 생기기 시작하여 150초부터는 천정zone, 2.7[m]에서 1[m]사이, 0.5[m], 바닥zone으로 구분되었다. 경계면은 측정점의 온도 기울기가 최대인 지점의 중앙을 정하였다.

그림 11.은 소파화재가 발생하였을 때 화재실 내부 ㉠지점에서의 높이에 따른 온도변화를 나타내는 것이다. 이 경우는 바닥에서 0.5[m] 높이의 온도변화는 완만한 경향을 나타내었지만 1[m] 높이는 다른 위쪽 온도보다 두드러지게 낮은 온도를 유지하였다. 1.5[m]이상 2.7[m]

높이까지는 거의 온도차이가 없는 일정한 변화 상태를 나타내주었다. 천정인 2.9[m] 높이에서는 온도가 급상승할 때까지는 바닥과 0.5[m] 높이의 온도와 같은 낮은 온도를 유지하다가 플래시오버기간에 반자에 불이 붙어 타기 시작하여 온도는 급상승하기 시작하였다. 그래서 800초 근처에서는 초대온도까지 육박한후 급강하하여 2.7[m] 높이의 온도변화와 같은 경향을 나타내었다.

그림 12.는 소파화재시 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣, ㉤, ㉥지점의 같은 높이의 210초에서 400초 사이의 화재실 온도변화를 나타내는 것이다. 화재의 초기상태인 210초까지는 거의 온도의 구분 생기지 않다가 220초 이후부터 천정zone, 2.7[m]에서 1.5[m]사이, 1[m]에서 0.5[m]사이, 바닥 zone으로 구분이 생기기 시작하였다. 400초 이후부터는 2.7[m]에서 1[m]까지는 고른 분포상태를 나타내었다. 따라서 경계면의 측정점은 최대온도의 기울기를 갖는 점을 연결하여 경계면으로 잡았다.

그림 13.은 9개 높이에 따른 같은 평면에서의 온도변화를 300초일 때 실험으로 얻은 6개 지점의 온도를 화재실 전체의 지점에 Correlation 하여 얻은 것이다.

그림 14.는 쓰레기통, 의자, 카펫 및 소파화재시 가장 온도변화가 큰 지점의 중앙을 연결하여 경계면 높이를 구하여 서로 비교한 것이다. 최대온도에 다달을 때는 경계면 높이는 평균치인 1[m]보다 더욱 낮게 내려왔다. 봉우리가 2개이상 생기는 의자와 소파화재는 봉우리가 생길때마다 즉 급격한 온도변화가 있는 곳에서는 경계면 높이가 더욱 바닥으로 내려와 0.25[m] 내지 0.75[m]까지도 내려 왔다가 다시 정상상태인 1[m] 근처를 유지하여 쇠퇴기까지 지속되었다.

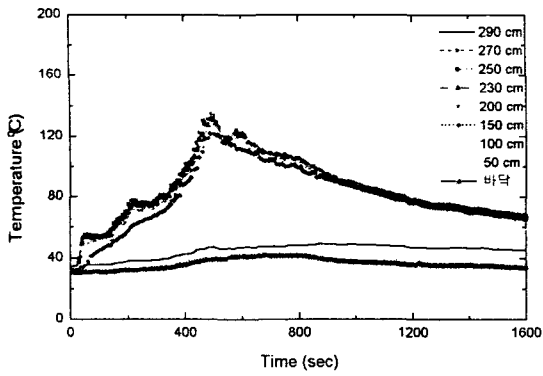


그림 2. 쓰레기통 화재시 ㉠점의 온도분포도.

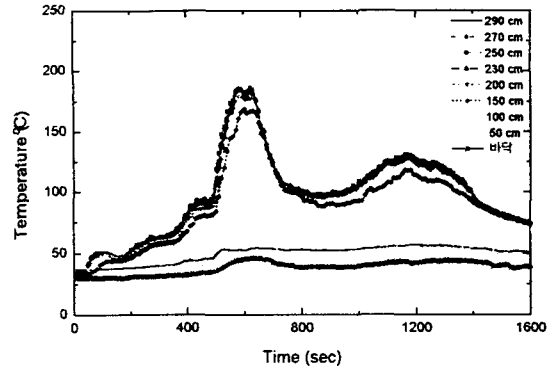


그림 5. 의자 화재시 ㉠점의 온도분포도.

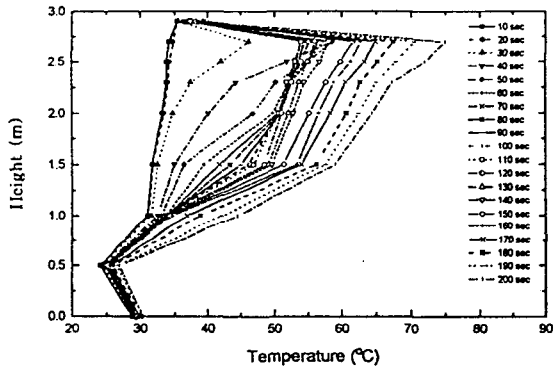


그림 3. 쓰레기통 화재시 10초에서 200초 사이의 평균 온도분포도.

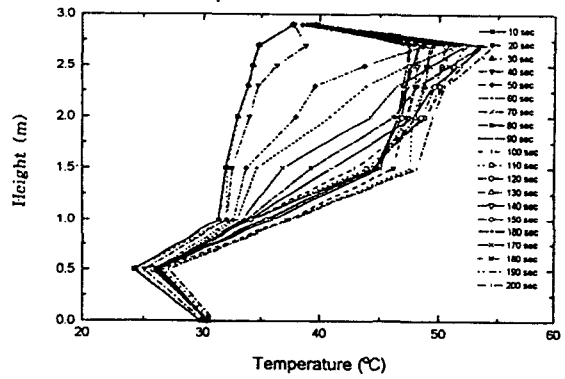


그림 6. 의자 화재시 10초에서 200초사이의 평균온도 분포도.

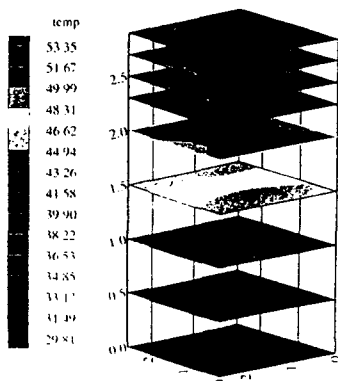


그림 4. 쓰레기통 화재시 평면의 온도분포도(100초).

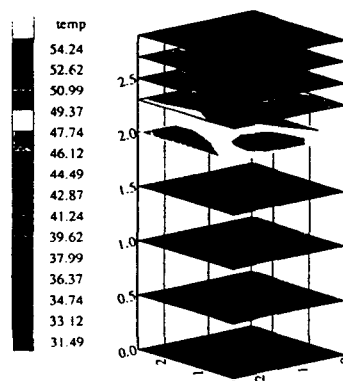


그림 7. 의자 화재시 평면의 온도분포도(100초).

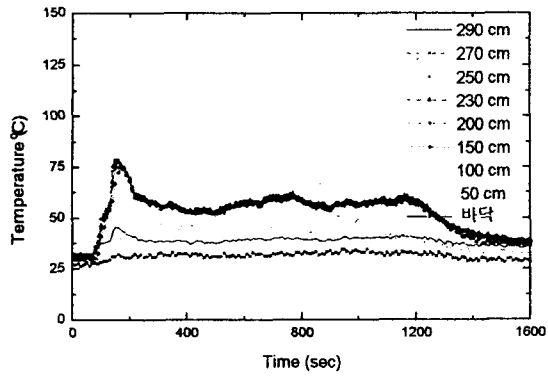


그림 8. 카펫 화재시 ㉠점의 온도분포도.

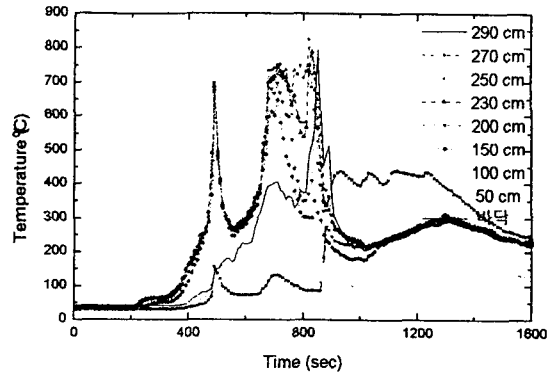


그림 11. 소파 화재시 ㉠점의 온도분포도.

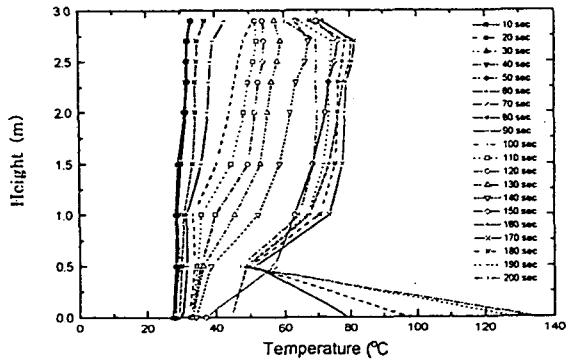


그림 9. 카펫 화재시 10초에서 200초 사이의 평균 온도 분포도.

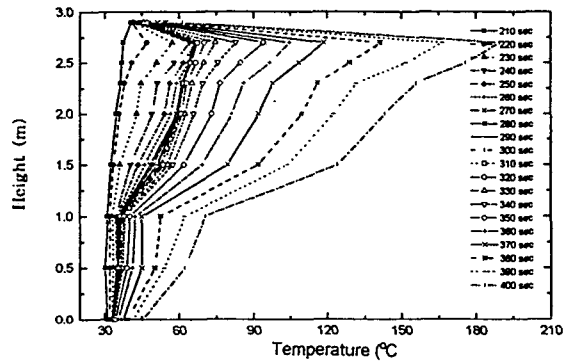


그림 12. 소파 화재시 210초에서 400초사이의 평균온도 분포도.

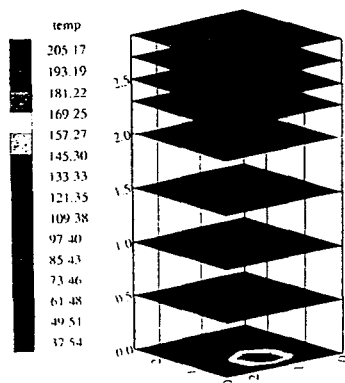


그림 10. 카펫 화재시 평면의 온도분포도(170초).

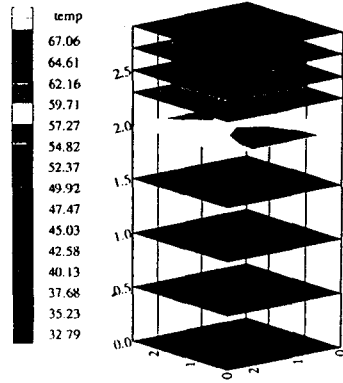


그림 13. 소파 화재시 평면의 온도분포도(300초).

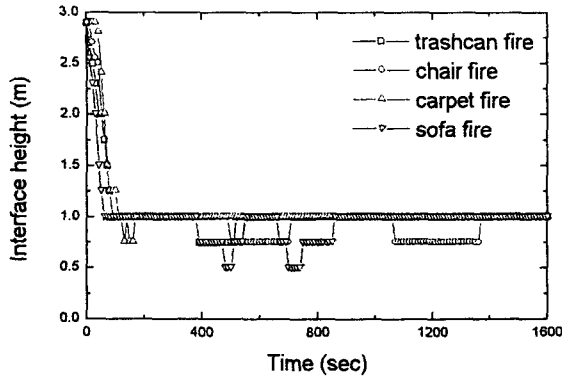


그림 14. 각 가연물의 경계면 높이의 비교도

5. 결 론

건물화재시 zone model의 중요한 과정의 하나인 경계면 높이를 구하는 방법에 관하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 화재실험을 할 때 가능하면 온도변화가 큰 지점은 여러 곳에 같은 높이별로 온도를 측정하고, 각 측정점의 온도를 같은 시간과 높이별로 평균온도를 구한다.

둘째, 기본 측정점을 기준으로 화재실 전체구역에 대한 평면도의 온도분포를 구하여 서로 비교하며 온도변화가 가장 큰 지점을 경계면의 높이로 정한다.

셋째, 실험결과 경계면이 뚜렷이 나타났고, 경계면 높이는 1[m] 근처에서 일정한 상태값을 유지하였다. 다만, 최대온도를 나타내는 시간에는 경계면 높이가 0.25[m]내지 0.75[m]까지도 내려왔다.

넷째, 급격한 온도변화가 생길 때마다 봉우리가 생기고 봉우리가 생길때마다 경계면도 더욱 아래로 내려오는 경향을 나타냈다.

참 고 문 헌

1. Parker, W. J., "Calculations of the heat re-

lease rate by oxygen consumption for various applications", National Bureau of Standards, March, 1982

2. Harland, W. A. and Anderson, R. A., "Causes of Death in Fires", Proceedings Smoke and Toxic Gases from burning plastics, 15/1, 15/19, London, 1982

3. Wickstr m, U., Sundstr m, B. and Holmstedt. G., "The Development of a Full-scale room fire test", Fire Safety Journal, 5(1983) pp.191-197

4. Lee, B. T., "Effect of wall and room surfaces on the rates of heat, smoke and carbon monoxide production in a Park lodging bedroom fire," NBSIR 85-2998, February, 1985

5. 東京消防廳 火災豫防審議會, "都市の 地下空間における 施設の 防火安全對策に係る 調査報告書," 平成 3年 3月

6. Lilly, D. G., "Computerized reconstruction of building fires", ASME international computers in engineering conference, Santa Clara, CA, August 18-22, 1991

7. Gottuk, D. T., Roby, R. J. and Peatross, M. J., "Carbon monoxide production in compartment fires", J. of Fire Prot. Engr., Vol 4(4), 1992, pp. 133-150

8. 정 길 순, "목재연소의 실내화재성상과 안전대피시간", 충북대학교 산업안전공학과, 석사논문, 1993년

9. 최 금 관, "고층건물의 아트리움 공간에 있어서 화재 성상에 관한 연구", 경북대학교 건축공학과, 석사논문, 1993년

10. 윤 명 오, "철근콘크리트 구조 공동주택 실물화재 실험연구-화재성상 파악 및 취약부위 도출을 중심으로-", 한국화재·소방학회지 10권 3호(통권 23호), 1996, 9

11. 공기조화 냉동공학회, "공기조화·냉동·위생공학편람, 제2권 공기조화", pp. II 19-21, 1991년 9월