



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工 學 碩 士 學 位 論 文

아케이드形 在來市場의  
火災特性에 관한 數值的 研究



2011年 8月 日

釜 慶 大 學 校 產 業 大 學 院

安 全 工 學 科

姜 承 模

工 學 碩 士 學 位 論 文

아케이드形 在來市場의  
火災特性에 관한 數值的 研究

指導教授 朴 外 哲

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2011年 8月 日

釜 慶 大 學 校 產 業 大 學 院

安 全 工 學 科

姜 承 模

# 姜承模의 工學碩士 學位論文을 認准함

2011年 8月 日



主 審 工學博士 崔 載 旭



委 員 工學博士 權 五 憲



委 員 工學博士 朴 外 哲



# 목 차

1. 서 론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 동향	7
1.3 연구의 목적	9
1.4 연구의 필요성	10
1.5 연구 방법	13
1.6 관련법규	14
2. 기본 모델 설정	20
2.1 아케이드형 재래시장의 기본 유형	20
2.2 아케이드의 지붕 형태	25
2.3 연구대상 모델 선정	30
2.4 국내·외 아케이드형 재래시장 사례조사	36
1) 부산 지역 재래시장	36
2) 일본 재래시장	38
3. 화재시뮬레이션	39
3.1 FDS의 개요	39
3.2 FDS 해석 모델	42

4. 결과 및 분석 .....	48
4.1 Case에 따른 결과분석의 비교 .....	48
4.2 조건별 온도변화 분석 .....	54
5. 결 론 .....	70
기호설명 .....	72
참고문헌 .....	75
Abstract .....	77



## 표 목 차

Table 1 최근 5년사이 대규모점포수 증가현황 .....	1
Table 2 연구 대상 건축물의 제원 .....	13
Table 3 아케이드형 재래시장의 제원조사 .....	36
Table 4 일본시장의 아케이드 형태 및 특징 .....	38
Table 5 화재공간의 제원 .....	46
Table 6 화재공간구성에 따른 화재 시나리오 .....	47
Table 7 $z = 1.5\text{ m}$ 인 화점 5m에서의 온도 및 가시거리의 평균값 .....	49
Table 8 연기 농도와 가시거리 .....	53

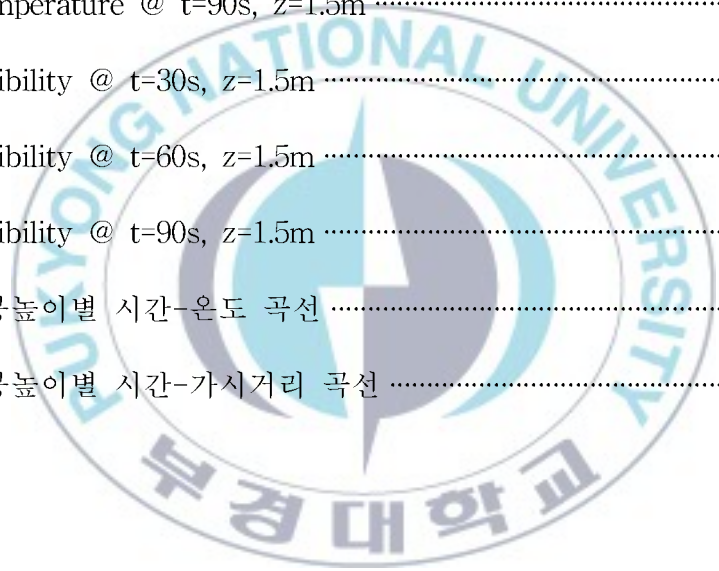


## 그 립 목 차

Fig. 1 최근 5년간 대규모 점포수의 증감 추이 .....	2
Fig. 2 구매자가 가장 자주 가는 소매업체 .....	3
Fig. 3 소매업체별 평균 구매 회수 및 구매 금액 .....	4
Fig. 4 가로형 재래시장의 가로폭 분류 .....	21
Fig. 5 가로형 재래시장에 형성된 주변건물의 높이분포 .....	23
Fig. 6 아케이드 지붕의 유형 .....	25
Fig. 7 아케이드의 지붕 높이 .....	27
Fig. 8 아케이드의 환기구 .....	29
Fig. 9 부산 부평시장 .....	31
Fig. 10 부산 부평시장 환기구 및 지붕 (1) .....	32
Fig. 11 부산 부평시장 환기구 및 지붕 (2) .....	33
Fig. 12 부산 부평시장 환기구 및 지붕 (3) .....	34
Fig. 13 부산 부평시장 환기구 및 지붕 (4) .....	35
Fig. 14 일반적인 형태의 아케이드 .....	37
Fig. 15 기본모델의 형태 .....	43
Fig. 16 화재공간의 형태 (1) .....	44
Fig. 17 화재공간의 형태 (2) .....	45
Fig. 18 화점에서 5m 지점의 평균 온도 .....	50



Fig. 19 화점에서 5m 지점의 평균 가시거리 .....	51
Fig. 20 Temperature @ t=30s, y=3.0m .....	55
Fig. 21 Temperature @ t=60s, y=3.0m .....	56
Fig. 22 Temperature @ t=90s, y=3.0m .....	57
Fig. 23 Temperature @ t=30s, z=1.5m .....	59
Fig. 24 Temperature @ t=60s, z=1.5m .....	60
Fig. 25 Temperature @ t=90s, z=1.5m .....	61
Fig. 26 Visibility @ t=30s, z=1.5m .....	63
Fig. 27 Visibility @ t=60s, z=1.5m .....	64
Fig. 28 Visibility @ t=90s, z=1.5m .....	65
Fig. 29 지붕높이별 시간-온도 곡선 .....	67
Fig. 30 지붕높이별 시간-가시거리 곡선 .....	68



# 1. 서 론

## 1.1 연구의 배경

재래시장은 서민들에게 정서적으로 친숙한 구매장소로서 전국 1,500여곳이 있으나 주민의 소득수준 향상과 백화점, 대형 할인점 등의 현대적인 유통시설이 늘어남에 따라 구매력이 쇠퇴하고 있으며, 유통시장의 전면 개방과 소비자의 쾌적하고 편리함을 추구하는 구매성향, 전자상거래의 활성화 등으로 재래시장에 대한 매력도 상대적으로 하락하고 있는 추세이다.

이는 지식경제부의 전국유통업체 현황조사에서도 그대로 나타나고 있다. Table 1을 보면 1999년부터 2003년까지의 대규모 점포를 대상으로 한 조사에서 재래시장의 수는 정체 상태를 보이고 있지만, 대형점은 최근 5년 사이에 151개가 증가 하였으며, 증가율 173%로서 꾸준히 증가하고 있다는 것을 알 수 있다. Fig. 1에서는 같은 기간 동안 서울과 전북 지역에서는 약간의 감소를 보이지만 전반적으로 재래시장보다 대형점 또는 대규모 점포의 증가가 훨씬 많음을 보여준다.<sup>1)</sup>

Table 1 최근 5년사이 대규모 점포수 증가현황

	계	시장 (재래시장)	백화점	대형점	쇼핑센터	도매센터	기타 대규모점포
증가수	181	2(12)	7	151	15	1	5
증가율	10.8%	0.1%(1.9%)	7.7%	173.6%	48.4%	25%	38.5%

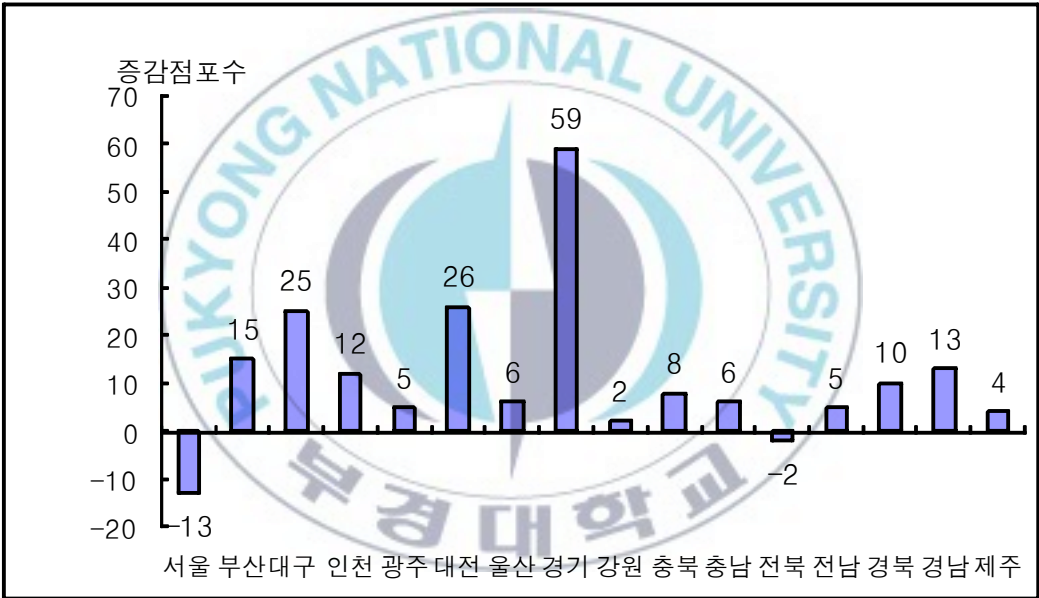


Fig. 1 최근 5년간 대규모 점포수의 증감 추이

또한 2009년 8월 지식경제부, 중소기업청 및 대한상공회의소에서 추진하여, 닐슨컴퍼니코리아에서 조사한 중소유통 경영실태 조사 결과 보고<sup>2)</sup>에서는 Fig. 2와 같이 구매자가 가장 자주 가는 소매업체를 SSM 26.8%, 개인대형슈퍼마켓 20.9%, 대형마트 19.8%, 재래시장 12.9% 등의 순으로 나타났다. 소매업체별 평균 구매 회수 및 구매 금액에 대해서도 Fig. 3과 같이 나타났는데, 이 자료 역시 대형마트와 재래시장을 비교해 보았을 때 그 차이가 크다는 것을 알 수 있다.

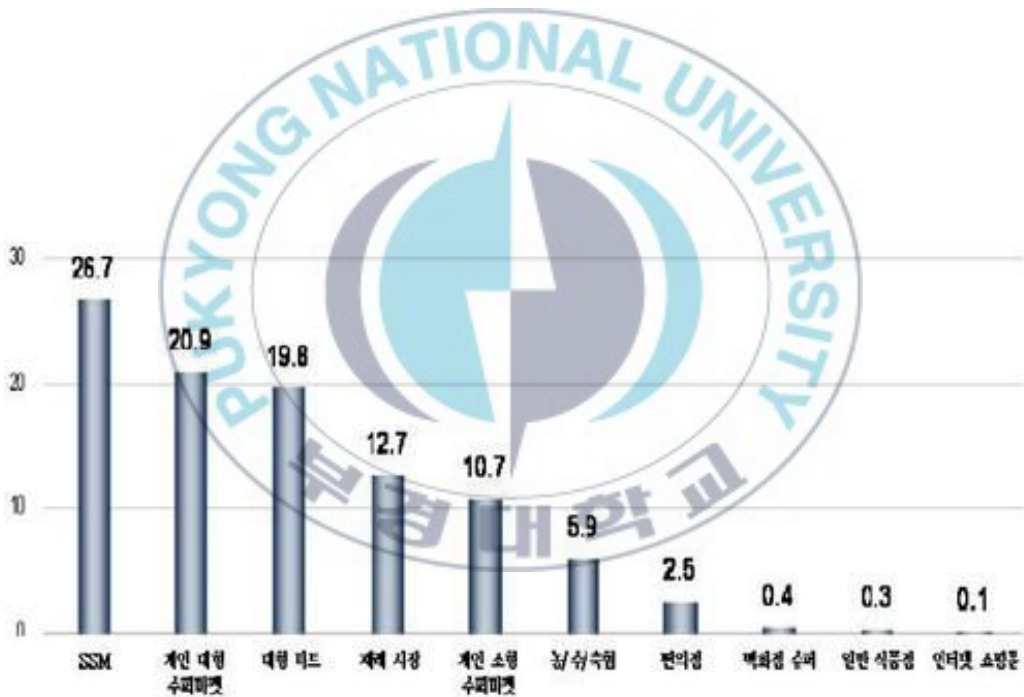


Fig. 2 구매자가 가장 자주 가는 소매업체 비율(%)

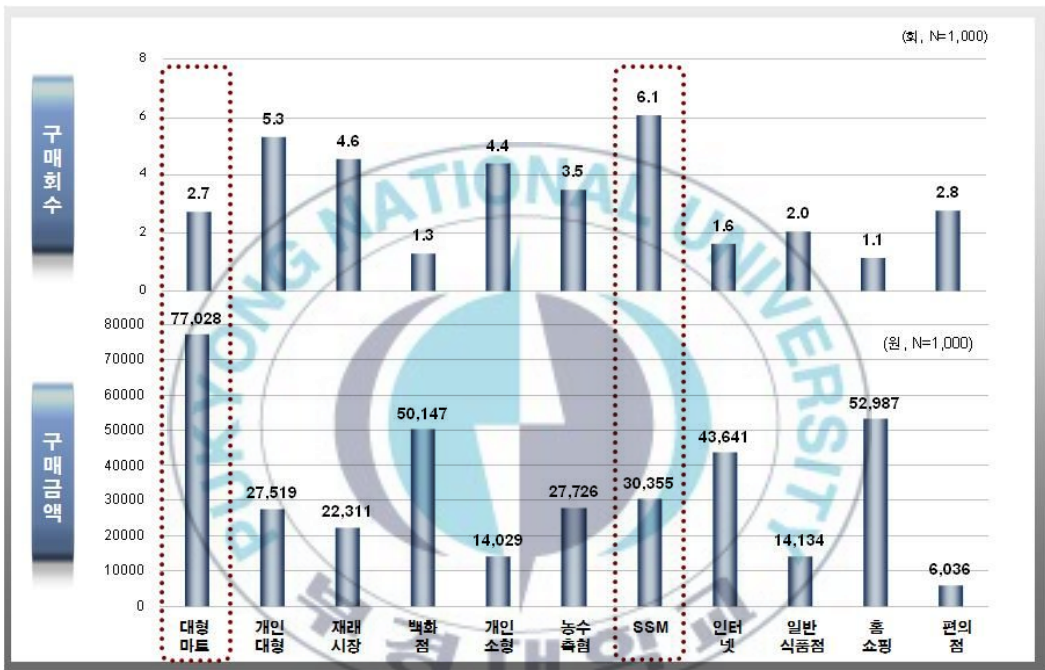


Fig. 3 소매업체별 평균 구매 회수 및 구매 금액

이와 같이 대형 할인점의 증가는 곧 재래시장의 쇠퇴로 이어지고 시장의 대부분을 차지하는 영세상인들은 자신들의 생존권을 확보하기 위한 대책으로 시장환경개선사업을 추진하게 되었으며, 그 일환으로 시장통로 상단부에 아케이드를 설치하는 사례가 많아 지고 있다. 그러나 현대화된 대형마트와 달리 재래시장은 다음과 같은 환경적인 특성에 의해 화재에 매우 취약한 형태를 띠고 있다.

#### 1) 노후화 된 건물

재래시장의 상인들은 대부분 같은 위치와 같은 건물에서 수 십년간 영업을 유지하고 있으며, 가문 대대로 같은 업종에 종사하는 사람들도 많이 있다. 따라서 오래된 건물이 많게 되고 그에 따라 설비의 노후화로 인해 화재 발생의 위험이 매우 높다.

#### 2) 진열 상품으로 인한 높은 화재하중

많은 종류의 상품이 진열 되는 특수한 상황으로 인해 시장은 화재하중이 매우 높은 장소이며 화재시 다량의 열·연기가 발생한다는 특성이 있다.

#### 3) 취약한 소방시설

연면적이 400㎡가 되지 않는 지상2층 또는 지상3층의 소규모 건물이 대부분인 재래시장은 소방 관련법상 소방시설의 적용 대상에서 제외되어 자동화재탐지설비, 옥내소화전설비, 스프링클러설비와 같은 소방시설이 설치되어 있지 않아 화재의 인지시간이 다소 지연될 수 있고 초기 화재에 신속한 대응이 어렵다.

#### 4) 좁은 보행자 도로

구조상 오래된 건물이 밀집되었다는 조건과 더불어 시장은 4m~8m 정도

의 좁은 통로를 보유하고 있어 행인들의 통행 및 비상시 소방차량의 이동이 원활하지 못해 연소 확대의 위험이 있다.

#### 5) 넓은 전기배선

건축물이 노후 되었다는 것은 건축부재 뿐만 아니라 그를 구성하고 있는 각종 설비도 함께 노후 되었음을 의미한다. 노후 건축물에서 특히 위험한 것은 전기 배선의 누전 등에 의한 전기화재의 위험이 상존하고 있다는 것이다.

#### 6) 다량의 화기 사용

냉·난방이 잘 되지 않는 환경적인 특성상 전기용품의 사용이 많아짐에 따라 과부하가 걸리게 되거나 난로 등 화기 취급의 부주의에 의해 화재 발생 위험이 매우 높다.

또한 초기 화재에 대한 대응이 미흡했을 경우 연소확대의 위험이 매우 큰 특성을 가지고 있어 관할 소방 당국은 상시 요주의 소방대상물로 엄격한 관리를 하고 있다.

## 1.2 연구 동향

아케이드형 재래시장은 그 특수한 조건으로 인해 많은 연구의 대상이 되고 있다. 재래시장의 외부형태 및 현황영역의 연구로서 김광호 등<sup>5)</sup>은 아케이드형 재래시장의 동계 실내환경 실태조사 연구를 통해 재래시장 아케이드의 사례를 선정하여 실내 온열환경과 공기환경을 비교하여 디자인 요소를 결부시켜 규명하였고, 김병선 등<sup>6)</sup>은 재래시장 환경개선 사업과 아케이드 도입 실태 조사연구를 통해 재래시장의 현황과 재래시장의 활성화 정책을 분석 하였으며, 김태연 등<sup>7)</sup>은 아케이드형 재래시장의 배연성능에 관한 연구를 통해 아케이드형 재래시장의 환기용 개구부에 의한 배연성능을 CFD를 이용하여 파악하였다.

추적가스법을 이용한 연구로서는 Fundamental Tracer Gas Measurement<sup>8)</sup>가 있으며, Daniels<sup>9)</sup>는 Technology of Ecological Building을 통해 풍동실험을 이용해 건물내부의 기류해석 및 풍압분포도를 살피고 자연환기를 해석하였다. 김영성<sup>10)</sup>은 복잡한 지형내 오염물질의 대기확산 풍동실험을 통해 축소모델의 풍동실험 결과를 실제 규모까지 확대 해석 하였으며, 송두삼<sup>11)</sup>은 실측 및 풍동실험을 통한 고밀도 시가지에서의 오염물질 확산의 예측 및 평가를 통해 현장 실측과 풍동실험을 실시하여 풍동실험의 정확성을 표현하였다.

CFD를 이용한 연구로서 Murakami<sup>12)</sup>는 대형시장의 풍동실험을 통해 풍압의 분포를 CFD 경계조건으로 사용한 연성 해석을 하였고, Shen<sup>13)</sup>은 풍동실험과 CFD의 효과적 비교를 위한 컴퓨터그래픽 해결 방안을 제시 하였으며, Robins<sup>14)</sup>는 대기확산 모델링에 대한 풍동실험과 CFD를 통한 연성 해석을 발표 하였다.

이 연구들에서 열의 방출, 오염물질의 배출, 화재시 배연 등 아케이드의 실



내 환경을 조절하기 위해 공통으로 관련된 것이 환기이다. 그러나 시장구조와 아케이드 형태에 있어서 특히, 아케이드의 높이가 환기성능 및 가지거리에 미치는 영향과 관련된 연구사례는 그리 많지 않아 아케이드를 설계하기 위한 기초 데이터가 부족한 실정이다.



### 1.3 연구의 목적

위와 같이 선행 되어진 아케이드형 재래시장의 연구는 주로 환기에 대한 내용이며 화재시 발생하는 열·연기의 배출과 관련된 연구는 많지 않다.

이러한 배경에서 본 연구는 아케이드형 재래시장에 대한 소방시설의 적용 실태 및 소방 관련 기관의 소방시설 설치에 대한 지침에 대하여 조사하고, 아케이드로 인한 화염과 연기의 거동 및 가시거리 변화를 여러 가지 Case에 따라 화재시물레이션을 통해 연구하여 향후 재래시장 시설 현대화사업의 소방시설 적용 및 아케이드 계획에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 이러한 환경적인 특성하에 화재발생시 아케이드가 화재에 미치는 열적 특성 및 아케이드 높이에 따른 가시거리를 화재시물레이션을 통하여 알아보고 피난에 유효한 가시거리를 확보할 수 있는 최소한의 아케이드 높이를 알아보고자 한다.

## 1.4 연구의 필요성

### 1) 재래시장의 현대화사업에 대한 화재안전 측면의 안전성 검토

기존 재래시장의 건물들은 대부분 30년이상 노후화로 인해 화재의 발생가능성이 상존하고 있으나 건물 대다수가 소규모 건축물이라 화재를 초기에 감지하고 경보를 발할 수 있는 자동화재탐지설비의 설치대상에서 제외되어 있다. 이러한 점 때문에 재래시장은 소방당국에서는 상시 특별 화재예방 관심지역으로 분류하여 관리되고 있는 실정이다.

대형마트와 같은 첨단화된 매장에 대한 경쟁력을 갖추기 위해 도입한 재래시장 현대화사업이 현대화된 쾌적한 환경을 갖춘 만큼 화재예방 및 화재안전 측면의 안전성 검토도 함께 이루어져야 할 것이다.

물론 이러한 아케이드형 재래시장의 추진 배경에는 관할소방서의 허가동의 이전에 건축심의위원회를 개최하여 설치하여야 할 소방시설 등에 대한 심의를 거치도록 하고 있으나 이는 단순히 현장여건과 출동하는 소방인력 및 장비등에 대비한 화재진압 효율성만을 재고한 단편적인 보완책에 지나지 않는다고 사료되며 보다 실질적인 화재예방 및 진압에 대한 매뉴얼이 절실하다 하겠다.<sup>3)</sup>

### 2) 화재영향평가의 필요성

재래시장 화재사례에서 알 수 있듯이 시장에서의 화재는 많은 인명과 재산의 피해를 낳을 수 있으며 인접 건물과의 이격거리가 짧은 관계로 자칫 도시화재로 발전할 가능성도 없지 않다. 국내에 이러한 재래시장 아케이드가 설치된 것은 불과 10년도 채 되지 않았으며 아케이드가 설치된 시장에 화재가 발

생된 예가 없으며 화재영향평가 또한 이루어지지 않아 위험성에 대한 불안감을 내포하고 있다.

### 3) 아케이드의 재질에 대한 신뢰성

천정부에 설치되는 아케이드는 비가림의 주목적이 있는 시설이며, 상부 슬라이딩 도어가 개폐되는 방식에 의한 환기로 시장내 쾌적한 환경을 추구한다. 그러나 그 재질을 살펴보면 폴리에스테르 계열로서 고온에서 용융이 되는 난연성의 재질이며 이는 화재시 아케이드 부분의 용융으로 인한 2차 피해도 예상되는 바 그에 대한 대책도 함께 강구되어야 할 것으로 사료된다.

또한, 용융이 되지 않는 불연성의 재질일 경우 시스템의 오류로 인해 슬라이딩 도어가 정확히 개폐되지 않는다면 화재시 다량의 불연성 가스의 체류로 인하여 질식 피해가 있을 수 있으므로 개폐의 신뢰성 확보에 최선을 다해야 할 것이다.

### 4) 개구면적의 적정성

아케이드가 설치된 재래시장의 통로는 하나의 긴 터널의 형상을 하고 있다. 양쪽 끝부분이 완전히 개방되어 있고 측면 또한 각 건물간 틈새로 인해 화재시 연소에 필요한 충분한 산소공급 공간을 지니고 있다. 아울러 아케이드 설치부까지의 높이가 평균 6m 정도로 비교적 높아 온도 및 밀도차에 의한 자체 부력으로 열·연기의 빠른 상승이 예상되며, 현장 특성상 화재하중이 비교적 높은 가연물에서 발생 되는 엄청난 양의 열·연기는 단시간내에 6m 정도되는 좁은 통로의 시장을 독성가스로 채울 것이다.

따라서, 이처럼 많은 양의 열과 연기를 배출시킬 수 있는 충분한 면적의 슬라이딩 도어가 요구된다.

#### 5) 기타의 소방시설 필요성 여부

부산지역의 재래시장에 설치된 대표적인 소방시설은 습식연결살수설비, 상수도를 이용한 옥외소화전설비 및 자동화재탐지설비이다.

건축허가 이전 건축심의위원회에서 심의·의결한 위와 같은 소방시설에 대한 효용성 또한 검토해 볼 필요가 있다고 생각한다.

재래시장은 보통 길고 좁은 통로로 이어져 있어 화재시 소방차 및 소방장비의 투입이 극히 곤란한 곳이 많으리라 예상되며 이에 대비하여 상수도를 이용한 연결살수 내지는 옥외소화전설비에 대한 설치 목적은 비교적 타당하다고 하겠다. 그러나 화재시 발생하는 열과 연기는 소방대원의 접근과 정확한 화점을 조준하는데 상당한 어려움을 줄 것이다. 또한 통로 부분에만 설치된 연결살수헤드에서 뿜어져 나오는 물방울은 점포내에서 발생한 화재의 화점에는 직접 도달할 수 없으므로 진화를 기대하기 어려울 것이며 이로 인한 인접건물로의 화염확산은 더욱 진화에 어려움을 가져다 줄 것이다.

이러한 관점에서 볼 때 일본의 경우 처럼 시장건물 옥상에 방수층을 설치하여 정확한 화점의 방수로 확산되는 화재에 대한 대비를 추가하는 것도 좋은 방법중의 하나라고 하겠다.

## 1.5 연구 방법

1) 화재시뮬레이션의 대상인 건물은 부산 부평시장의 환경개선사업 1차 구간으로서 제원은 Table 2와 같다. 철골 구조로 높이 12m이고, 소화설비로는 습식연결살수설비와 옥외소화전 설비가 설치되어 있다.

화재시뮬레이션은 FDS5.0을 사용 하였으며 소비자들이 이용하는 시장통로를 대상으로 하여, 화재 발생시 호흡선에서의 가시거리, 온도 등을 계산하였다.

Table 2 연구대상 건축물의 제원

구 분	내 용
건 물 명	부평시장 환경개선사업 1차
구 조	철골 구조
크 기	40m(길이) x 6m(폭) x (4.5m, 8m, 12m)(높이)
용 도	재래시장
소방 및 방재설비	습식연결살수설비, 옥외소화전설비, 자동화재탐지설비, 비상방송설비, 등

## 1.6 관련법규

### 1) 아케이드의 열환경, 공기환경, 방재환경 설계기준<sup>4)</sup>

재래시장의 아케이드 설계와 관련하여 열환경, 공기환경, 방재환경을 고려한 설계기준을 제시하고 있다.

가. 열환경 설계기준 : 아케이드 실내의 과열방지를 위한 지붕의 형태, 높이, 재료 및 환기창의 위치와 크기, 형식 등을 제시.

나. 공기환경 설계기준 : 냄새 및 분진 등으로부터 실내공기환경의 개선을 위한 자연중심의 환기계획 기준을 제시.

다. 방재환경 설계기준 : 화재시 연기확산 방지 및 효과적 배연을 위한 방재 계획 기준을 제시.

### 2) 열환경과 공기환경 설계기준

가. 적절한 온도와 습도 그리고 실내공기의 질을 유지할 수 있도록 계획한다.

나. 배연이 원활하지 않을 것으로 예상되는 지역에는 강제 환기장치를 설치한다.

다. 환기구 높이가

ㄱ. 지붕의 높이 8m 미만일 때

- 환기구가 연속적으로 설치되었을 경우, 환기구의 높이는 0.5m이상 확보한다. (단 불연속적으로 설치될 경우 달리 결정할 수 있다.)
- 환기구가 불연속적으로 설치될 경우, 환기구 높이는 1.0m이상 확보해야 하며 연속적으로 설치한 환기면적을 100%로 본다면 60%이

상 유지해야 한다.

- 환기구는 입구측보다는 중앙부위에 조밀하게 배치한다.

ㄴ. 지붕의 높이 8m 이상일 때

- 환기구가 연속적으로 설치되었을 경우, 환기구의 높이는 0.75m이상 확보한다. (단, 불연속적으로 설치될 경우 달리 결정할 수 있다.)
- 환기구가 불연속적으로 설치될 경우, 환기구 높이는 1.0m이상 확보해야 하며 연속적으로 설치한 환기면적을 100%로 본다면 60%이상 유지해야 한다. 환기구는 입구측 보다는 중앙부위에 조밀하게 배치한다.

ㄹ. 환기구 너비는 환기구 높이의 2배이상으로 한다.

마. 환기구를 불연속적으로 설치할 경우, 교차로 부분에는 반드시 환기구를 설치한다. (단, 교차로 부분에 슬라이딩루프를 설치하는 경우에는 별도의 환기구를 설치하지 않아도 된다.)

바. 아케이드의 지붕높이는 최하 높이를 기준(Clearance)으로 소방차량의 원활한 통행을 위해 4.5m이상으로 결정한다. (단 관할소방서와의 협의 하에 4.0m이상도 가능하다.)

사. 지붕재료의 투과율은 10%~40% 범위내에서 시장상황에 따라 적당하게 설정한다.

## 2) 방재환경 설계기준

가. 3층이상 건물밀집지역에는 화재진압을 위한 오픈구간을 만들기 위해



슬라이딩 루프도어 등을 설치한다. 오픈구간의 최소 길이는 관할 소방서와 협의하여 6m 이상을 확보 하여야 하며 수동 또는 자동으로 개폐가 가능해야 한다. 자동개폐가 가능한 구조일 경우에도 수동전환이 가능해야 한다.

나. 화재의 발화와 확산을 억제하기 위해서 지붕재료와 점포상부의 차양재료는 스티로폼이 들어간 eps판넬 등의 사용을 금지하고, 화재에 대한 저항성이 강한 난연등급 이상의 재료를 사용한다.

다. 내화성이 높은 자재를 선택한다.

### 1.5 재래시장 환경개선사업 소방협의 관련 지침<sup>3)</sup>

#### 1) 제정목적

가. 아케이드 시공 등에 대한 소방시설 적용의 통일성 확보

나. 재래시장에 대한 화재예방과 환경개선사업의 적극적 지원

#### 2) 적용범위

가. 재래시장 및 상점가 육성을 위한 특별법 제2조의 각호로 한다

나. 다만, 제2조 각호 중 제2호, 10호 및 11호에 대하여는 소방 환경과 주변 여건 등을 판단하여 이 지침을 적용하지 아니할 수 있다.

#### 3) 소방협의 사항 및 절차

가. 재래시장 및 상점가 육성을 위한 특별법 제40조에 의한다.

나. 소방협의 사항은 다음의 각 항목에 의하되 소방서 자체심의위원회 구

성·운영 후 탄력적으로 적용한다.

ㄱ. 소방시설의 설치 및 유지에 관한 사항

ㄴ. 화재진압 및 방화관리에 관한 사항

ㄷ. 기타 소방관련 법령에서 규정하고 있는 사항

다. 자체심의위원회 위원 구성은 5인 이상 9인 이하(위원장 포함) 인원으로 구성한다.

ㄱ. 위원장 : 소방서 예방안전과장

ㄴ. 위 원 : 소방서 담당이상, 관할 구청 담당자, 상가번영회 등 시장  
관계인

4) 소방시설 설치에 관한 협의사항

가. 점포별 소화기 1대 또는 20미터당 1대 설치

나. 시장통로 40m마다 지상식 소화전(비상소화장치함 포함) 설치

다. 아케이드 기둥이나 주변 벽 등에 지면으로부터 1.5미터 이하의 높이에 소화기 설치

라. 경보설비는 자동화재탐지·비상경보설비 등 시장의 여건에 맞는 설비를 설치

마. 소화설비는 스프링클러·연결살수설비 등 시장의 여건에 맞도록 탄력적 설치. 다만, 연결살수설비를 설치하는 경우에는 소화전과 직결하고 송수구와 병행하여 구역별 차단밸브(선택밸브) 설치

ㄱ. 송수경계구역을 40m단위로 설정

ㄴ. 헤드는 아케이드 하단부에 설치

ㄷ. 송수압력은 스프링클러설비 화재안전기준에 의한 압력 이상이 되도록 설치

ㄹ. 송수구 선택밸브 이후에 자동배수밸브 설치

5) 아케이드 시공은 다음과 같은 내용을 적극적으로 협의 반영한다.

가. 아케이드 시공은 화재발생시 다량의 연기 및 유독가스가 원활히 배출될 수 있는 구조로 설치하고 배연이 원활하지 않을 것으로 예상되는 지역에는 강제 환기장치를 설치

나. 원활한 공기소통을 위해 아케이드를 인접한 건물보다 2~3m 높게 설치하고 소방차량의 통행에 지장이 없도록 지면에서 아케이드 지붕까지의 높이는 6m이상으로 설치

다. 3층 이상의 건물밀집지역에는 화재진압을 위한 오픈(open)구간을 만들기 위해 슬라이딩 루프도어(roof door) 등을 설치

ㄱ. 슬라이딩 루프도어 개폐장치의 전원은 전용으로 설치

ㄴ. 슬라이딩 루프도어 개폐장치는 전기스위치에 의한 수동방법과 연기감지기 연동에 의한 자동방법을 병행하여 설치

라. 아케이드 지붕에 배연효과를 높일 수 있도록 별도의 배출지붕(Roof Ventilator) 설치

마. 지붕과 기존건물 외벽의 이격거리는 1m이상 확보

바. 지붕재료와 점포상부의 차양재료는 화재에 대한 저항이 강한 난연등

급이상(불연재)의 재료 사용

사. 환기구는 입구측보다 중앙부위에 조밀하게 배치

아. 지붕처마 돌출부분은 연기가 아케이드 내부에 체류하지 않고 밖으로 자연스럽게 빠져 나갈 수 있는 구조로 설치

#### 6) 기타 협의 및 지도·권고사항

가. 노점가판대 및 점도가판대는 바퀴를 달아 이동이 용이하게 설치

나. 각 점포별 누전차단기 의무적으로 설치

다. 비상방송 및 안내방송을 위한 방송설비 설치

라. 유도등 설치 및 점포 셔터전면에 관창주입이 가능한 구조의 천공

마. 내부 통로 좌우측에 황색선 표시로 비상통로 확보(폭 4미터이상 권장)

바. 아케이드 설치 통로 교차부분 고가차 등 특수차 활동 공간 확보 권장

사. 연결살수설비 헤드 및 감지기 배치는 사각부분이 없도록 설치

## 2. 기본 모델 설정

### 2.1 아케이드형 재래시장의 기본 유형<sup>15)</sup>

아케이드는 상인들의 취향 보다는 재래시장의 유형에 따라 그 형태가 달라 지므로 기본 유형을 살펴볼 필요가 있다. 재래시장의 기본 유형을 보면 크게 가로형, 광장형, 건물형 재래시장으로 나눌 수 있다. 가로형 재래시장의 경우, 도로를 중심으로 양쪽 건물들에 의해 상가가 형성된 시장을 말한다. 광장형 재래시장은 시골의 5일장과 같이 큰 광장을 중심으로 노점 또는 주변의 건물에 의해 형성된 시장이다. 또한 건물형 재래시장은 일반 상가건물에 의해 형성된 시장을 말하며 환경개선 사업보다는 재개발·재건축 사업이 주로 이루어지고 있다.

아케이드가 계획된 재래시장은 주로 가로형 재래시장에서 나타나고 있다. 가로형 재래시장은 주변에서 흔히 볼 수 있는 재래시장으로 가로에 의해 형성되어 아케이드 적용이 용이하다. 가로형 재래시장의 유형은 가로폭에 의한 분류, 주변건물의 형태, 도로 공간의 이용양태와 특성으로 구분할 수 있으며 다음과 같이 나타내었다.

#### 1) 가로폭에 의한 분류

가로형 재래시장의 이용양태를 결정하는 요소 중 하나가 가로의 폭이다. 가로의 폭은 도로폭과 보도폭으로 구성되어 있으며 다른 요소에 비해 도로폭이 규격화되어 있어 분류하기가 쉽다. 전체 가로폭은 Fig. 4와 같이 크게 4가지 유형으로 분류할 수 있다.

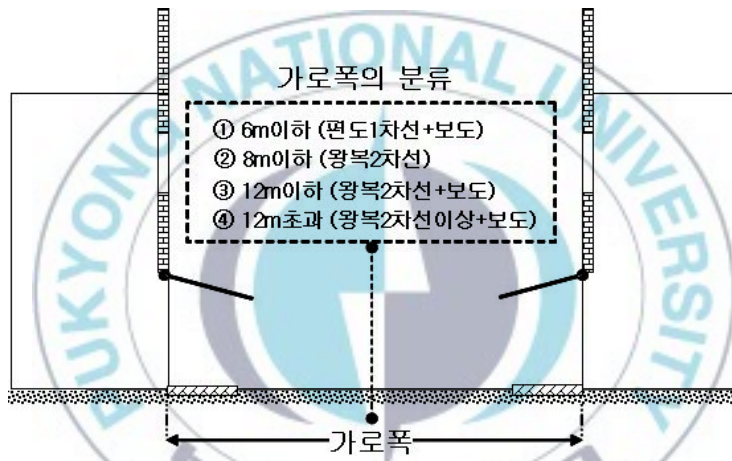


Fig. 4 가로형 재래시장의 가로폭 분류

## 2) 주변건물의 구성에 따른 분류

가로형 재래시장의 주변건물 구성을 보면, 주변건물은 Fig. 5와 같이 일반적으로 2층을 중심으로 1층~4층의 분포를 보이고 있으며, 가로를 중심으로 건물이 대칭적으로 배치되어 있다. 건물의 층수가 2층인 경우, 1층은 점포로 사용되고 있으며 2층 이상은 점포나 또는 주택으로 사용되고 있다.

2층으로 구성된 건물의 기본구성을 보면, 점포의 깊이는 각 시장의 여건에 따라 다르지만 6m~12m의 분포를 보이고 있다. 층고는 1층의 경우 3.5m~4.5m로 분포하고 있으며 주로 3.5m이상이다. 또한 2층의 층고는 2.5m~3.5m 사이에서 분포하고 있으나 3.0m가 대부분이다. 1층 창의 유리부분의 높이는 2.0m~2.5m의 범위로서 상가 전체의 전면 창으로 분포하고 있으며 2층 창의 높이는 0.9m~1.2m사이에서 분포하고 있다. 기타 가로에 형성된 건물의 자세한 높이는 Fig. 5에 정리하였다.

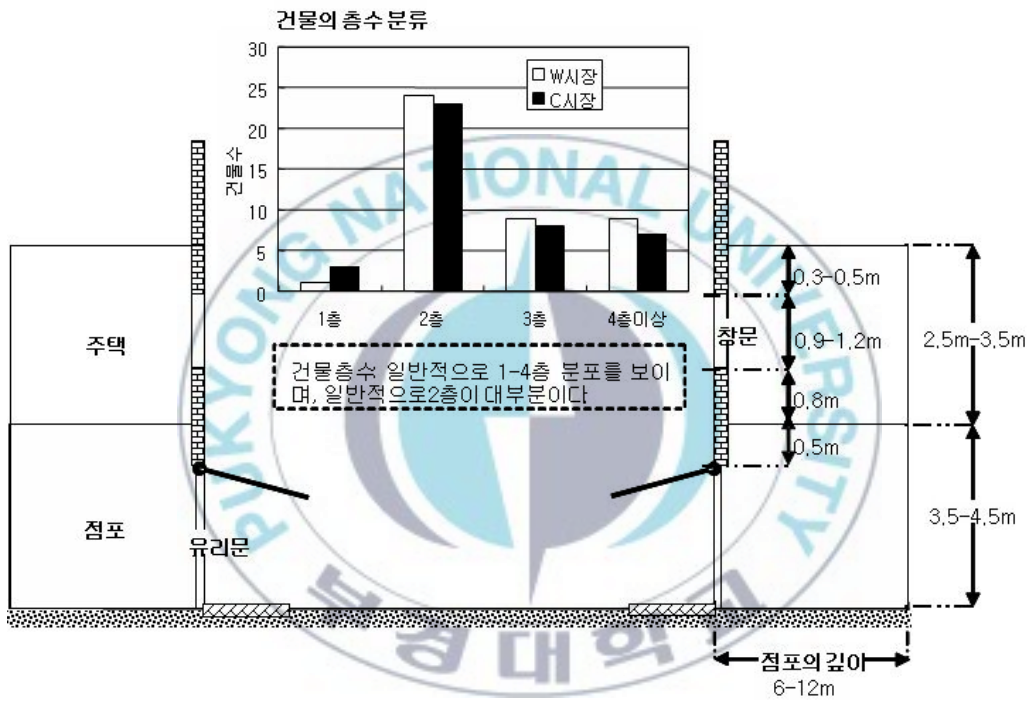


Fig. 5 가로형 재래시장에 형성된 주변건물의 높이분포



### 3)도로 공간의 이용양태에 따른 분류

재래시장의 이용양태는 도로의 폭과 건물의 배치 등 도로와 주변건물의 특징에 의해 영향을 받는다. 재래시장의 도로 공간 이용양태에 따른 유형을 보면, 보행자 전용 대칭도로와 비대칭도로, 보행자 우선 대칭도로와 비대칭도로, 인도·차도 혼합형 대칭도로와 비대칭도로 등으로 구분할 수 있다. 이중 가장 일반적으로 아케이드가 도입되는 유형은 보행자 우선과 인도·차도 혼합형 대칭도로에서 나타나고 있다.

다음은 도로를 보행자가 통행하는 형태에 대해 나타내었다.

가. 보행자 전용의 경우, 주택 밀집지역 뿐만 아니라 전국 규모의 대형시장에서도 찾아볼 수 있다. 가로폭이 6m이하 이며, 도로의 용도는 인도·차도 혼합형과 같이 일정 영업시간에는 보행자가 우선 하며, 그 외의 비영업 시간에는 차량이 진입할 수 있도록 되어 있다. 왕복 2차선에 보도가 없는 형태를 보이고 있다.

나. 보행자 우선의 경우, 주택 밀집지역에 주로 나타나고 있는 유형으로 가로폭이 6m이하를 보이고 있으며, 도로의 용도는 차량 보다는 주로 보행자의 통로로 사용되고 있다. 6m정도의 충분한 가로폭일 경우 도로 중앙부에서 차량의 통행이 가능하다.

다. 인도·차도 혼합형은 대칭인 경우 왕복2차선과 보도로 이루어 졌고, 가로폭이 12m이하를 보이고 있다. 비대칭인 경우, 주로 왕복2차선 이상과 보도로 이루어 졌으며 가로폭이 12m초과를 보이고 있다.

## 2.2 아케이드의 지붕 형태

### 1) 지붕유형

현재 완료 되었거나 계획 중인 재래시장 아케이드의 유형을 보면 몇 가지의 형태가 복합적으로 나타나고 있지만 그 유형을 분리해 보면 Fig. 6과 같다. 단면 형태의 경우, 크게 지붕구조에 따라 이중지붕구조와 단층지붕구조로 나눌 수 있으며 환기구의 형태에 따라 모니터형과 볼트형으로 구분할 수 있다.

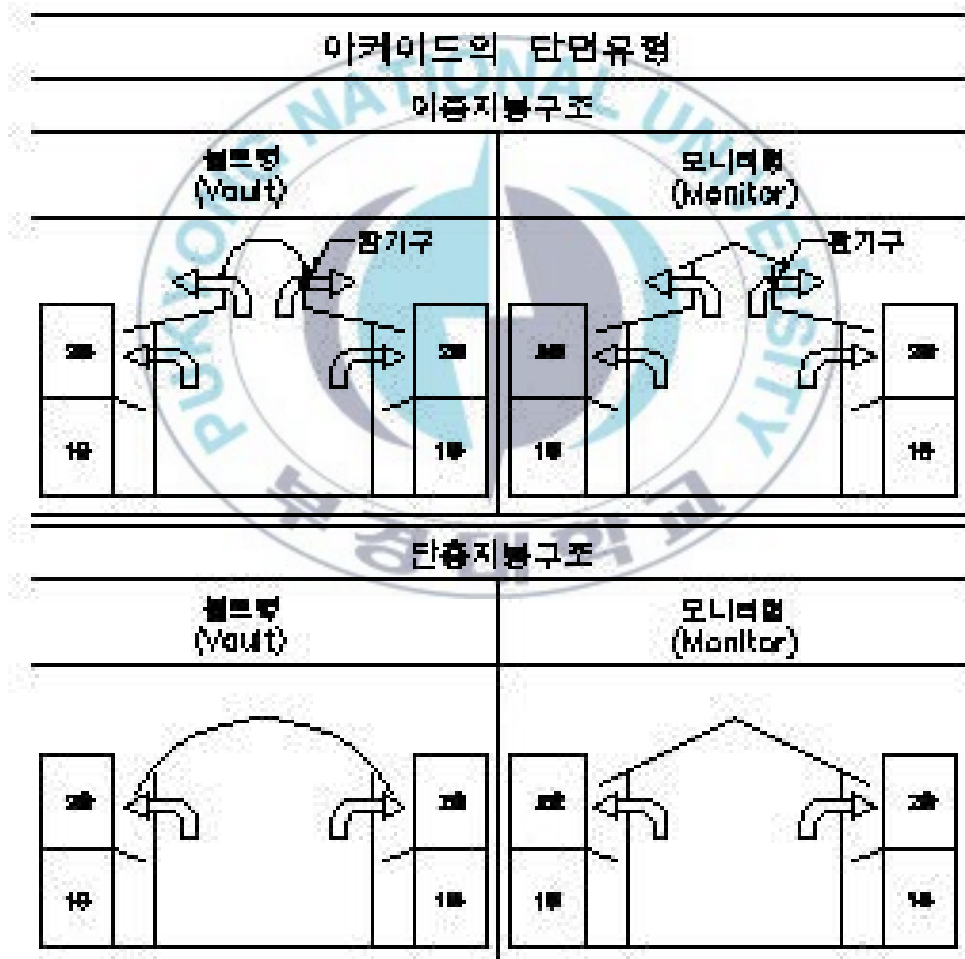


Fig. 6 아케이드 지붕의 유형

## 2)지붕 높이

아케이드에 있어서 실내체적은 화재시 연기가 하강하는 속도에 많은 영향을 미치는 중요한 요소이다. 따라서 가로폭과 지붕 높이는 시공되어 지는 정도에 따라 영향을 미치는 정도가 다를 것이다. 일반적으로 재래시장의 지붕 높이는 약 5m 정도에서 분포하고 있다. 앞서 언급한 소방관련시설 지침에는 소방차의 원활한 출입을 위하여 지붕 높이를 4.5m이상 확보하도록 하고 있으며, 화재의 확산 등을 방지하기 위하여 일정한 간격의 이격 거리를 두고 있다. 따라서 아케이드 지붕 높이 변수는 4.5m를 기본으로 최대 12m까지 4개의 조건으로 분류 하였다.

- 가. 지붕 높이 : 4.5m
- 나. 지붕 높이 : 6.0m
- 다. 지붕 높이 : 8.0m
- 라. 지붕 높이 : 12.0m



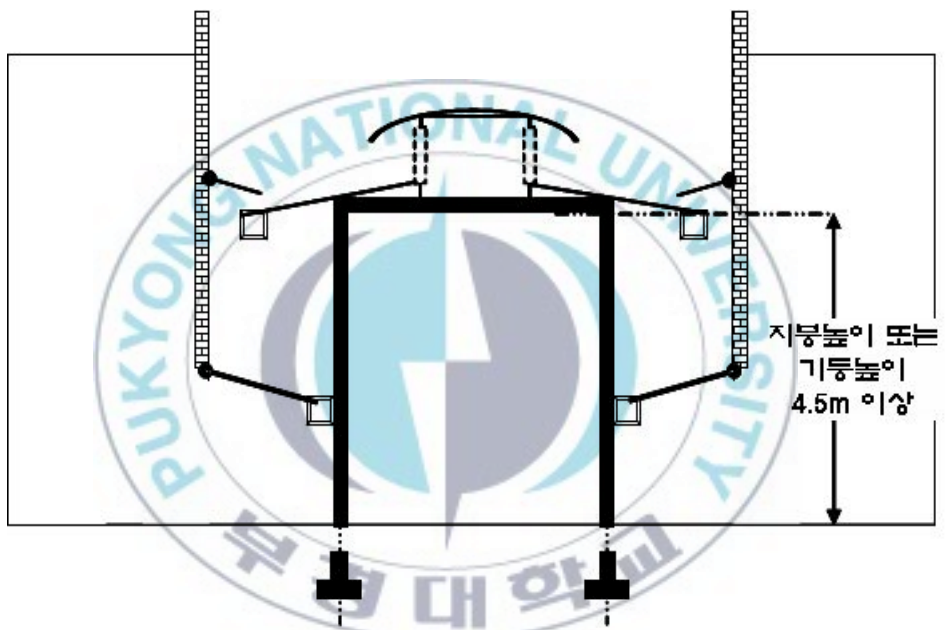


Fig. 7 아케이드의 지붕 높이

### 3)아케이드의 환기구

아케이드의 환기구는 열의 유·출입 통로이며, 실내의 오염물질을 외부로 방출하고, 화재시 유독가스의 확산을 막는 중요한 역할을 한다. 그러므로 환기구는 평상시 환기 목적과 화재시 열·연기의 방출이 원활히 이루어 질수 있도록 유지관리를 철저히 하여야 하며, 자동 동작과 수동 동작이 모두 가능할 수 있는 시스템을 갖추어야 한다.



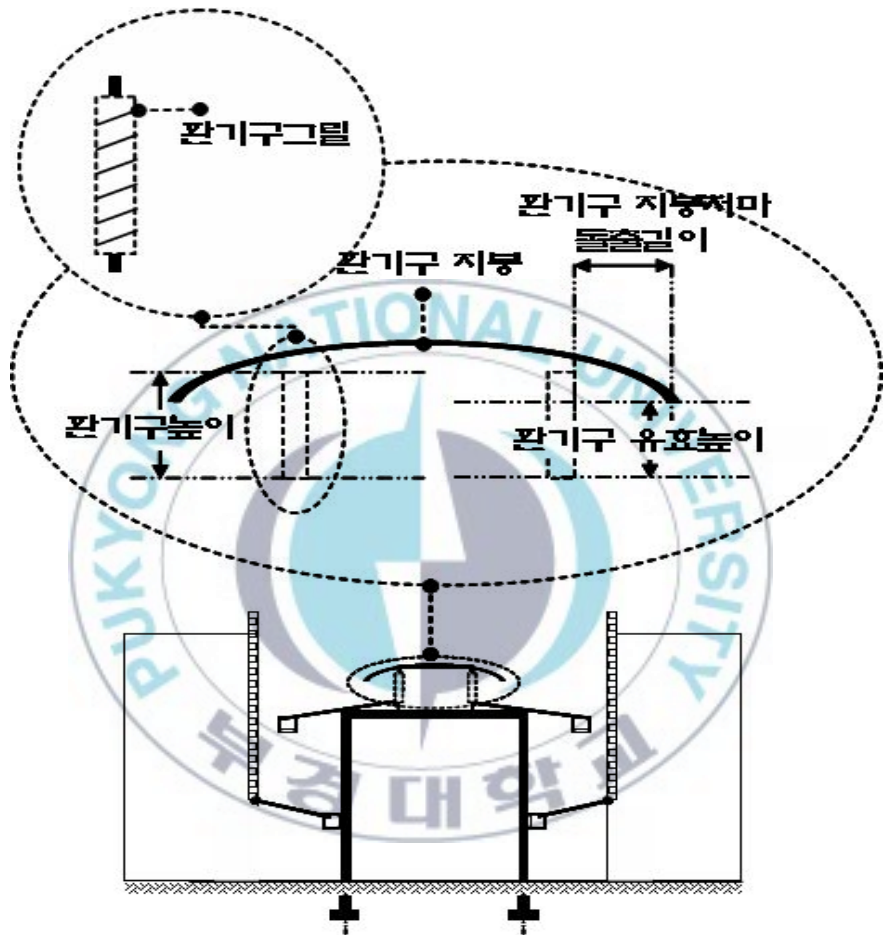


Fig. 8 아케이드의 환기구

## 2.3 연구대상 모델 선정

화재시 열·연기의 배출 능력을 평가 하기위해 실제 아케이드가 설치된 부산의 부평시장을 기본적인 모델로 선정하였다. 이를 위해 아케이드형 재래시장의 특성을 조사하였으며, 통행 도로와 주변건물의 기본구조, 아케이드의 기본 구성을 설정하였다.

실제 부산 부평시장은 아래 Fig. 9 ~ Fig. 13과 같이 단층지붕형태의 볼트형(Vault) 아케이드를 채택하고 있으며 환기구 및 지붕의 높이는 12m이나, 소방관련지침 내용중 아케이드의 최저높이를 4.5m로 규정한 점을 고려하여 기본모델에서의 높이를 4.5m, 6m, 8m, 12m 4가지 조건으로 환기성능 변화를 분석하고자 한다.





Fig. 9 부산 부평시장





Fig. 10 부산 부평시장 환기구 및 지붕 (1)



Fig. 11 부산 부평시장 환기구 및 지붕 (2)



Fig. 12 부산 부평시장 환기구 및 지붕 (3)



Fig. 13 부산 부평시장 환기구 및 지붕 (4)

## 2.4 국내·외 아케이드형 재래시장 사례조사

### 1) 부산 지역 재래시장

부산에 위치한 아케이드형 재래시장은 30여개가 있는데 이중 부평, 신평, 부전, 남항, 청학, 반송, 구포, 충무새벽, 감전새벽, 덕포 10개 시장은 Table 3과 같다.

Table 3 아케이드형 재래시장의 제원조사

시장명	지역	건물높이	지붕구조	환기구	통로폭	지붕높이	통로길이
부평	중구	10.5m	철골돔형	볼트형	6m	12m	40m
신평	사하	8.5m	철골돔형	볼트형	5m	10m	30m
부전	진구	9.0m	철골돔형	볼트형	6m	11m	50m
남항	영도	6.0m	철골돔형	볼트형	4m	8m	40m
청학	영도	8.5m	철골돔형	볼트형	5m	10m	35m
반송	해운대	10.0m	철골돔형	볼트형	6m	12m	40m
구포	북구	6.5m	막구조	볼트형	5m	9m	60m
충무새벽	중구	6.5m	막구조	볼트형	7m	9m	50m
덕포	북구	10.0m	막구조	볼트형	7m	12m	40m
감전새벽	사상	8.5m	막구조	볼트형	6m	10m	50m

Fig. 14는 근래 부산의 재래시장에 설치되고 있는 일반적인 형태의 아케이드를 표현한 것이다.

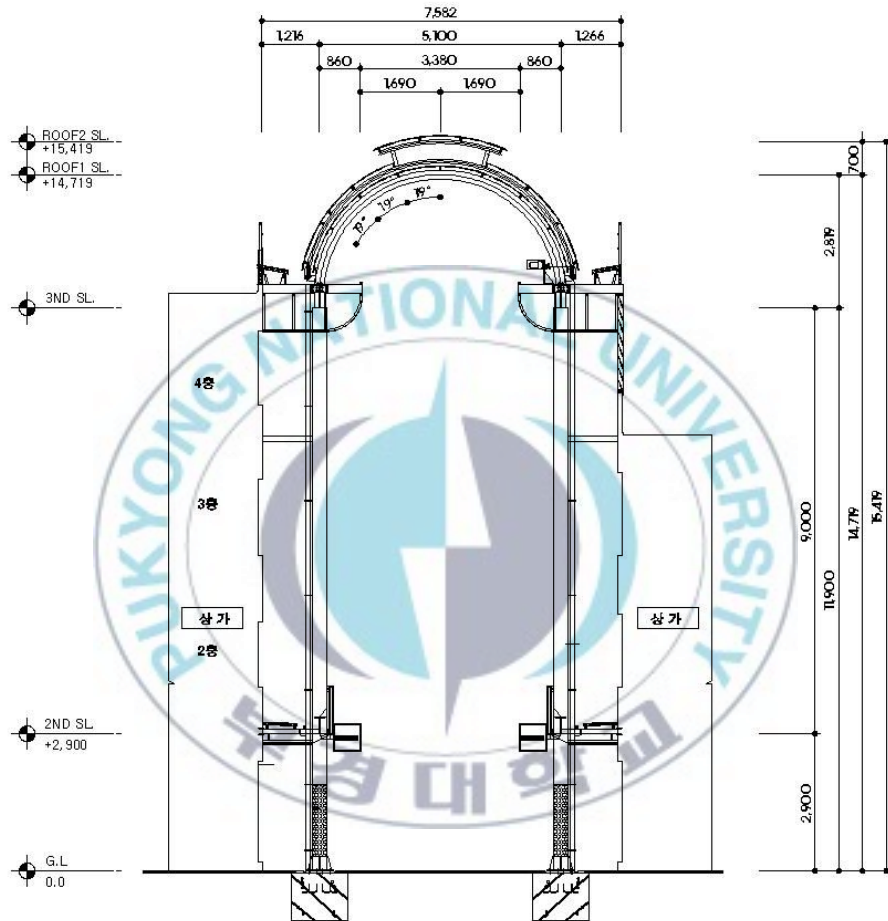


Fig. 14 일반적인 형태의 아케이드

## 2) 일본의 재래시장

일본에 설치된 아케이드형 재래시장의 형태를 조사하여 살펴보고 Table 4로 분류하였다. 일본의 상점가에서도 아케이드형 시장을 형성하고 있으나 그에 따른 뚜렷한 설계기준은 없는 실정이다.<sup>16)</sup>

아케이드형 시장의 분류를 살펴보면 양쪽에 설치된 양쪽 지붕형과 한쪽에 설치된 한쪽 지붕형이 있고, 형태에 따라 실버형, 징검다리형, 합장형, 루버형과 돔형이 있으며, 그 특징은 Table 4와 같다.

Table 4 일본시장의 아케이드 형태 및 특징

분 류	형 태	특 징
한쪽형	실버형	개폐식 구조의 환기구가 설치되어 있어서 배연의 효과가 있으며, 채광조절이 가능하다.
	징검다리형(지붕고정)	구조가 단순하며 양옆에 작은 틈새를 통해 환기가 이루어 진다.
	징검다리형(슬라이드)	지붕의 중앙부분이 슬라이드 형태여서 개폐가 가능하다.
	루버형	천정형 구조물들을 가리기 위해 조명을 구조물 밑에 설치 하였다.
	돔형	유리와 폴리카보네이트가 재질이며 자연채광을 많이 이용하였다.
양쪽형	실버형	개폐식구조의 환기구가 설치되어 있어서 배연의 효과와 채광조절이 가능하다.
	합장형(개폐식)	아케이드 중앙을 기준으로 양쪽으로 개폐가 가능한 형태이다.
	합장형(지붕고정)	아케이드가 고정이 되어서 배연을 위해 양쪽에 작은 환기구를 설치하였다.
	루버형	루버 위쪽에 조명을 설치하여 실내의 분위기를 형성시켰다.
	돔형	자연채광을 주로 이용한다.

### 3. 화재시물레이션

#### 3.1 FDS의 개요

본 연구에 사용된 전산유체역학모델 FDS(Fire Dynamics Simulator)<sup>17)</sup>는 미국 NIST의 BFRL(Building and Fire Research Lab)에서 개발된 수치해석 프로그램으로서 화재시물레이션용으로 개발되어 국내외에서 널리 사용되고 있다.

##### 1) 유동모델

화재와 관련된 유동 및 열전달을 지배하는 질량, 운동량 및 에너지 보존방정식 등은 다음과 같다.

i) 질량보존 방정식

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (1)$$

ii) 화학종 방정식

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_i) + \nabla \cdot \rho Y_i \mathbf{u} = \nabla \cdot \rho D_i \nabla Y_i + \dot{m}_i''' \quad (2)$$

iii) 운동량 방정식

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} \mathbf{u} + \nabla p = \rho \mathbf{f} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}_{ij} \quad (3)$$

iv) 에너지 방정식

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot \rho h \mathbf{u} = \frac{Dp}{Dt} + \dot{q}''' - \nabla \cdot \mathbf{q} + \Phi \quad (4)$$

v) 이상기체 상태방정식

$$p = \frac{\rho R T}{M} \quad (5)$$



여기서,  $\frac{Dp}{Dt} = \frac{\partial p}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla p$  는 시간에 대한 압력의 물질도함수이며,

$$h = \int_{T_0}^T C_p(T') dT', \quad \nabla = \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right), \quad \mathbf{u} = (u, v, w) \text{이다.}$$

전단응력  $\tau$  는 다음과 같이 정의된다.

$$\tau_{ij} = \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} (\nabla \cdot \mathbf{u}) \right) \quad (6)$$

에너지 방정식에서 점성소산함수  $\Phi$  는 다음과 같다.

$$\Phi \equiv \tau_{ij} \cdot \nabla \mathbf{u} \equiv \mu \left[ \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)^2 - \frac{2}{3} \delta_{ij} (\nabla \cdot \mathbf{u})^2 \right] \quad (7)$$

여기서,  $\delta_{ij}$  는  $i=j$  일 때 1 이고  $i \neq j$  일 때 0 이다.

화재로 인한 유동은 난류를 수반하므로, 이상의 편미분방정식의 해를 구하기 위해서는 난류모델이 필요하다. FDS 에서는 대와류모사(Large Eddy Simulation, LES)가 기본으로 포함되어 있어 본 연구에서도 LES 를 사용하였다.

## 2) 연소모델

FDS 의 연소모델도 이와 같은 혼합분율(mixture fraction) 연소모델을 사용하고 있으며, 연소반응식은 다음과 같다.



여기서  $\nu$  는 화학양론계수, F 는 가연성가스, P 는 연소생성물이다. 위의 화학양론식에서의 산소와 가연성가스의 관계는 다음과 같다.

$$\frac{\bar{m}_F'''}{\nu_F M_F} = \frac{\bar{m}_O'''}{\nu_O M_O} \quad (9)$$

$s = v_O M_O / v_F M_F$  라 하면, 혼합분율  $Z$  는 다음과 같다.

$$Z = \frac{sY_F - (Y_O - Y_O^\infty)}{sY_F^I + Y_O^\infty} \quad (10)$$

여기서  $Y_O^\infty$  : 대기 중의 산소의 질량분율

$Y_F^I$  : 혼합가스 중의 연료의 질량분율

$Y_O$  : 산소의 질량분율

$Y_F$  : 연료의 질량분율

$M_O$  : 산소분자량

$M_F$  : 연료분자량

$Z = 0$  인 경우 대기중에 산소만 존재함을 뜻하며,  $Z = 1$  인 경우는 공간내 연료만이 존재하는 것을 의미한다. 혼합분율 연소모델은 연료와 산소의 반응이 무한히 빨리 이뤄지는 것으로 가정한다.

### 3) 복사모델

FDS 에서 복사열전달 계산에 비산란 회색가스에 대해서 wide band 모델이 사용되었다. 복사열전달 방정식의 해는 유한체적법 (finite volume method) 을 이용하여 계산하였다. 연소중에 부유되는 연기입자의 복사강도( $I$ ) 는 다음의 Stefan-Boltzmann 식을 만족하는 이상적인 복사체인 흑체(blackbody) 의 개념을 도입하였다.

$$I = \sigma T^4 / \pi \quad (11)$$

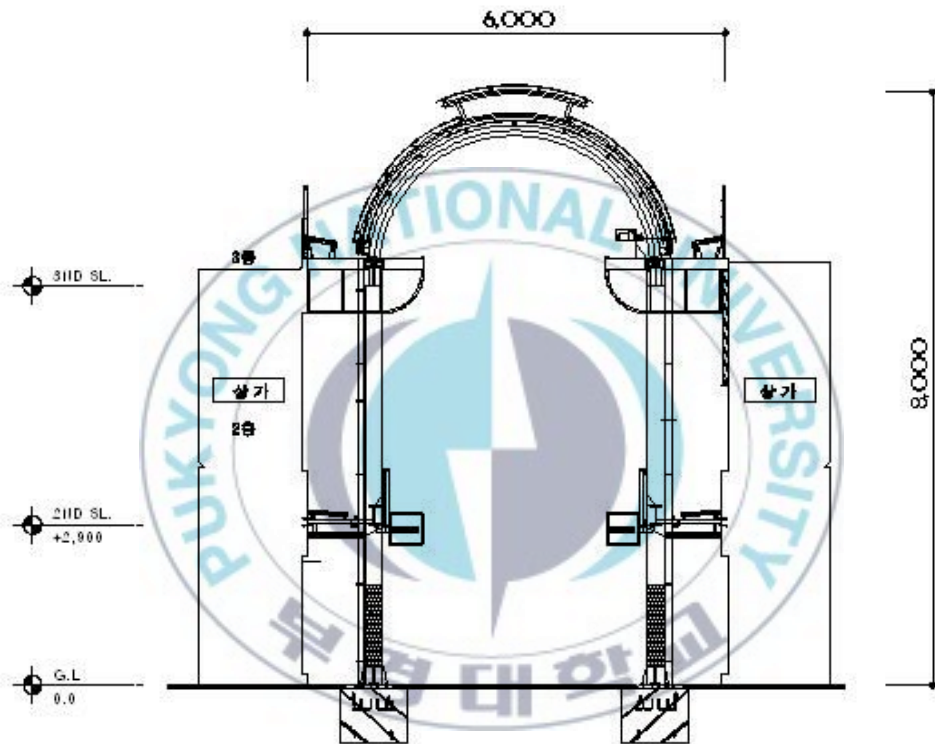
여기서,  $T$  는 흑체표면의 절대온도(K) 이고,  $\sigma$  는 Stefan - Boltzmann 상수이다. 복사모델과 관련된 FDS 의 기본값을 그대로 사용하였다.

### 3.2 FDS해석을 위한 모델

기본모델의 환기구 및 지붕높이는 4.5m, 6m, 8m, 12m이고 시장통로의 길이는 40m, 가로폭은 6m로 설정하였다. 이를 정리하여 평면형태와 단면형태로 나타낸 것이 Fig. 14이다. 평면형태는 상부에서 내려다 본 경우의 모양이며 중간에 검은 부분이 시장통로를 나타낸다. 단면형태는 측면 즉 통로 입구에서 바라본 모양이다. 기본모델을 기준으로 디자인 변수들에 따른 아케이드 환기 성능의 변화를 분석하고, 기본모델과의 비교를 통해 아케이드 환기에 대한 설계기준을 도출하고자 한다.



(a) 평면형태



(b) 단면형태

Fig. 15 기본 모델의 형태

본 연구에 사용된 기본 모델은 부산광역시 중구 소재 부평시장의 실제 크기와 동일하게 유동해석공간을 모델링하였고 Fig. 16과 Fig. 17은 사용모델의 형태를 나타냈고, Table 6은 화재시물레이션을 위한 화재공간의 제원을 표로 나타냈다.

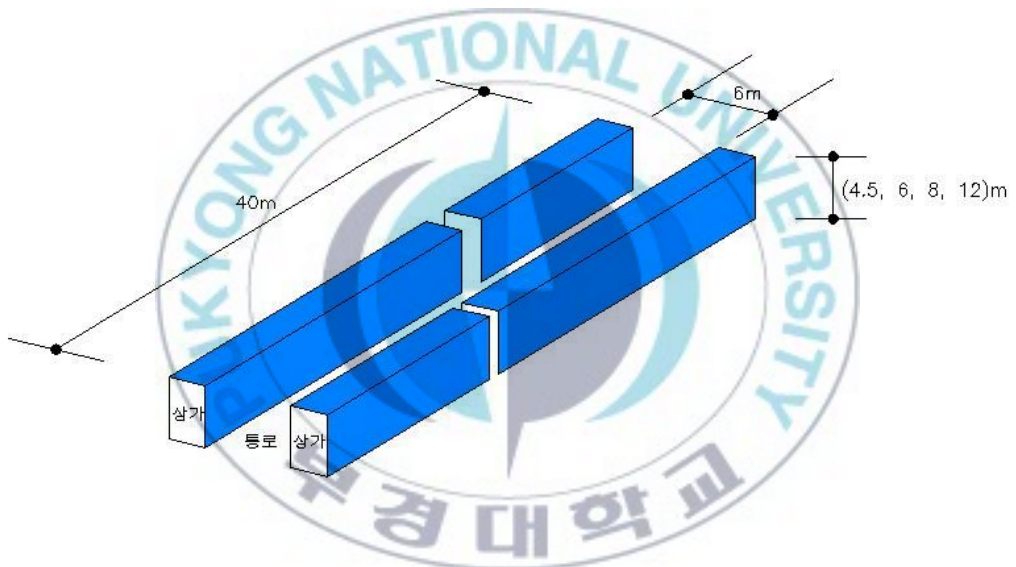


Fig. 16 화재공간의 형태 (1)

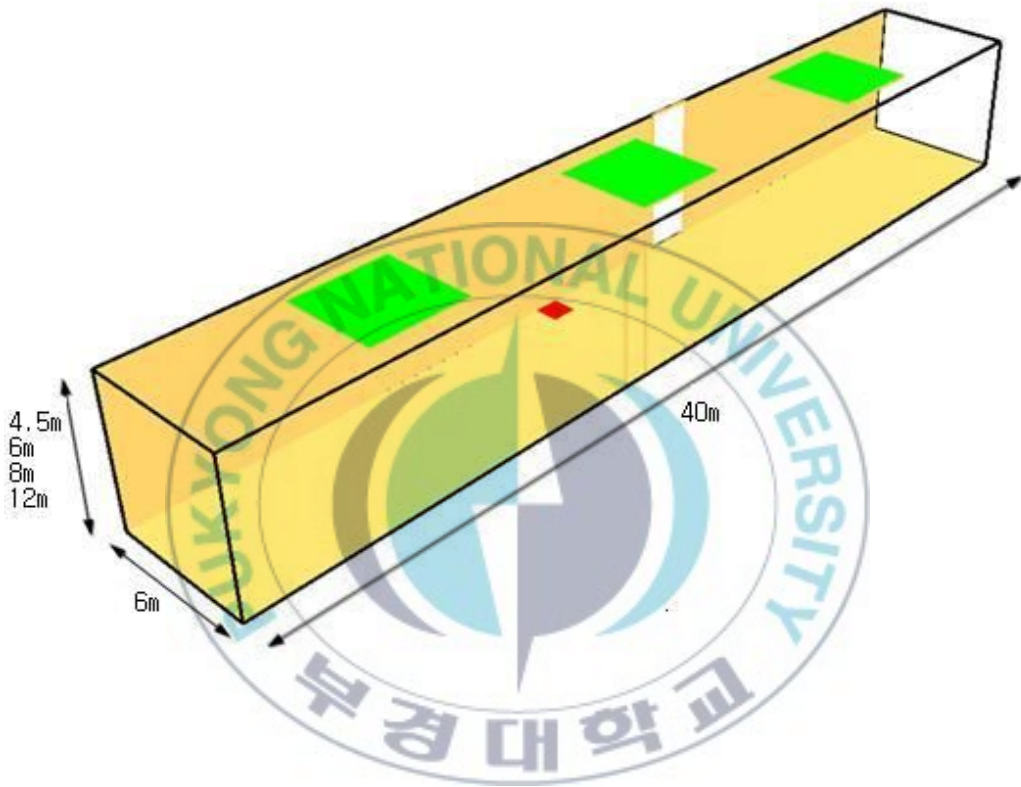


Fig. 17 화재공간의 형태 (2)

Table 5 화재공간의 제원

화재공간의 크기	(4.5, 6, 8, 12) m x 6 m x 40 m
개구부의 면적	0.8 m x (4,6,8,10,12) m 1 개소(건물간 이격거리) 1.8 m x (4,6,8,10,12) m 1 개소(건물간 이격거리) 4.0 m x 4.0 m 3 개소 (천정 슬라이딩 루프)
화 재 의 크기	10 MW
격 자 의 크기	0.25 m × 0.25 m × 0.25 m
계 산 시 간	100 초
화 원 의 크기	2 m x 2 m 의 폴리우레탄 화재
화 재 위 치	17.9m x 5.5m
감지기의 작동온도	작동온도 : 72℃
온도 및 가시거리 측정 위치	8.0m x 3.0m x 1.5m(화재위치에서 5m 떨어진 지점)
온도 및 가시거리 측정 시점	30초, 60초, 90초

Table 6 화재공간구성에 따른 화재 시나리오

	조 건	개구부	비 고
<b>Case 1</b>	<b>지붕높이 4.5 m</b>		
Case 1 - 1	가시거리	개방	바닥에서 1.5m
Case 1 - 2	온 도	개방	바닥에서 1.5m
<b>Case 2</b>	<b>지붕높이 6.0 m</b>		
Case 2 - 1	가시거리	개방	바닥에서 1.5m
Case 2 - 2	온 도	개방	바닥에서 1.5m
<b>Case 4</b>	<b>지붕높이 8.0 m</b>		
Case 3 - 1	가시거리	개방	바닥에서 1.5m
Case 3 - 2	온 도	개방	바닥에서 1.5m
<b>Case 6</b>	<b>지붕높이 12.0 m</b>		
Case 4 - 1	가시거리	개방	바닥에서 1.5m
Case 4 - 2	온 도	개방	바닥에서 1.5m



## 4. 결과 및 분석

### 4.1 Case에 따른 결과분석의 비교

아케이드형 채래시장의 상부 슬라이딩 도어는 자동 또는 수동으로 개폐가 가능하도록 설계 및 시공이 되어있다. 우천시 비가림 효과가 있는 동시에 상부의 개방으로 환기의 성능이 있으며, 화재시 연기의 배출효과도 있다.

본 연구에서는 슬라이딩 도어가 개방되었을 경우의 아케이드 높이별 온도 및 가시거리를 측정하였다. 비교되는 평균값 구간은 실질적인 변화를 보이고 있는 30초~100초로 하였고 위치는 화원에서 5m 떨어진 지점이며 공간내 호흡선 높이( $z=1.5\text{m}$  인  $x-y$  평면)에서의 온도, 가시거리의 평균값은 Table 7과 같다.



Table 7  $z = 1.5$  m 인 화점 5m에서의 온도 및 가시거리의 평균값

	temp.[°C]	visibility[m]
Case 1(지붕 높이 4.5m)	28.0	2.4
Case 2(지붕 높이 6m)	23.3	6.9
Case 3(지붕 높이 8m)	22.1	6.0
Case 4(지붕 높이 12m)	19.5	18.5

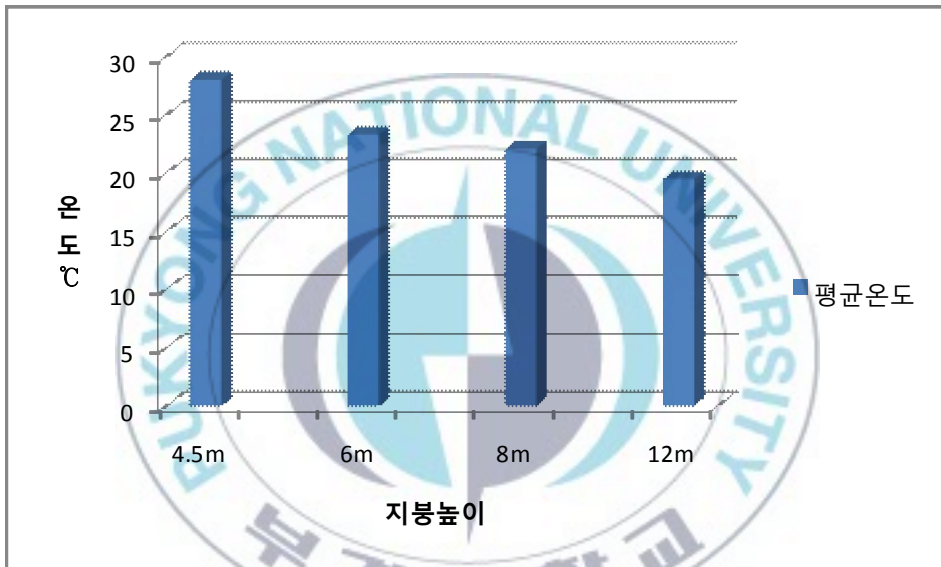


Fig. 18 화점에서 5m 지점의 평균 온도

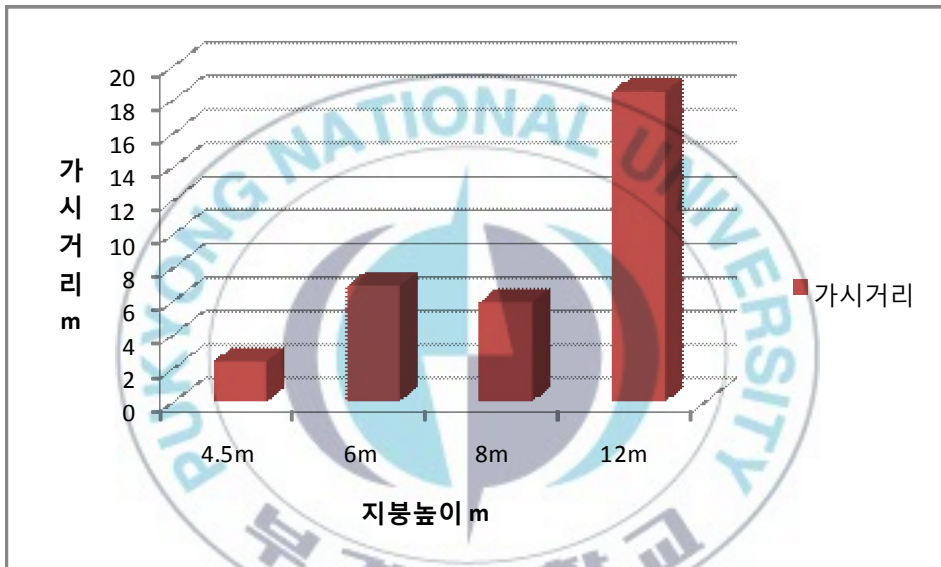


Fig. 19 화점에서 5m 지점의 평균 가시거리

위 결과에서 화점에서 5m 떨어진 지점에서의 평균 온도를 보면 지붕높이 4.5m에서의 평균 온도( $t=28.0^{\circ}\text{C}$ )가 Case 중 가장 높으며 지붕높이 순으로 평균온도가 낮게 나타났다. 화점에서 5m 떨어진 지점에서의 평균 가시거리 역시 지붕높이 4.5m에서의 평균 가시거리( $\text{vis}=2.4\text{m}$ )가 Case 중 가장 낮게 나타났다.

다만, 8m의 경우가 6m의 경우 보다 온도가 낮고, 가시거리가 짧은 이유는 상승된 연기의 열손실로 인해 8m의 개구부가 6m의 개구부보다 늦게 개방된 이유로 판단된다.

전체적인 온도의 결과에서 지붕높이 6m 까지는 온도의 변화가 어느 정도 있으며 8m 내지는 12m 에서는 온도의 변화가 많지 않다는 것을 알 수 있었다.

가시거리의 결과에서는 다량의 연기 발생으로 가시거리에 많은 영향이 있었다. 가시거리가 5m미만이 된 시점은 4m의 경우 25초, 6m와 8m의 경우 30초, 12m의 경우 간헐적이었다. 다소 특이할 점은 초기 연기 발생후 상승된 연기가 상부에서부터 차 내려오다가 개구부의 개방시 기류의 역류로 순간적으로 바닥까지 도달하는 현상도 목격 되었다.

위의 결과에서 지붕의 높이는 온도와 가시거리에 많은 영향이 있음을 알수 있는데 Table 8에서 가시거리 5m는 피난과 화재진압에 지장을 초래할 수 있는 정도이다.

Table 8 연기의 농도(감광계수)와 가시거리<sup>18)</sup>

감광계수 ( $C_S, m^{-1}$ )	가시거리( $L, m$ )	상 황
0.1	20~30	연기감지기가 작동할 정도의 농도
0.3	5	건물내부에 익숙한 사람이 피난에 지장을 느낄 정도의 농도
0.5	3	어두침침한 것을 느낄 정도의 농도
1.0	1~2	거의 앞이 보이지 않을 정도의 농도
10	0.2~0.5	화재 최성기 때의 농도, 유도등이 보이지 않을 정도의 농도
30	-	출화실에서 연기가 분출될 때의 농도

## 4.2 조건별 온도변화 분석

이 장에서는 측정위치, 시간 및 지붕높이별 온도의 변화를 분석하였다.

측정위치는 통로의 중심선( $y=3.0\text{m}$ )과 사람의 호흡선( $z=1.5\text{m}$ )으로 하였고, 시간은 30초, 60초, 90초로 하였으며 지붕높이는 4.5m, 6m, 8m, 12m의 경우로 실시하였다.



Fig. 20은 통로의 중심( $y=3.0\text{m}$  인  $x-z$ 평면)의 화재 발생 30초 경과( $t=30\text{s}$ ) 후 온도를 표시한 것이다.

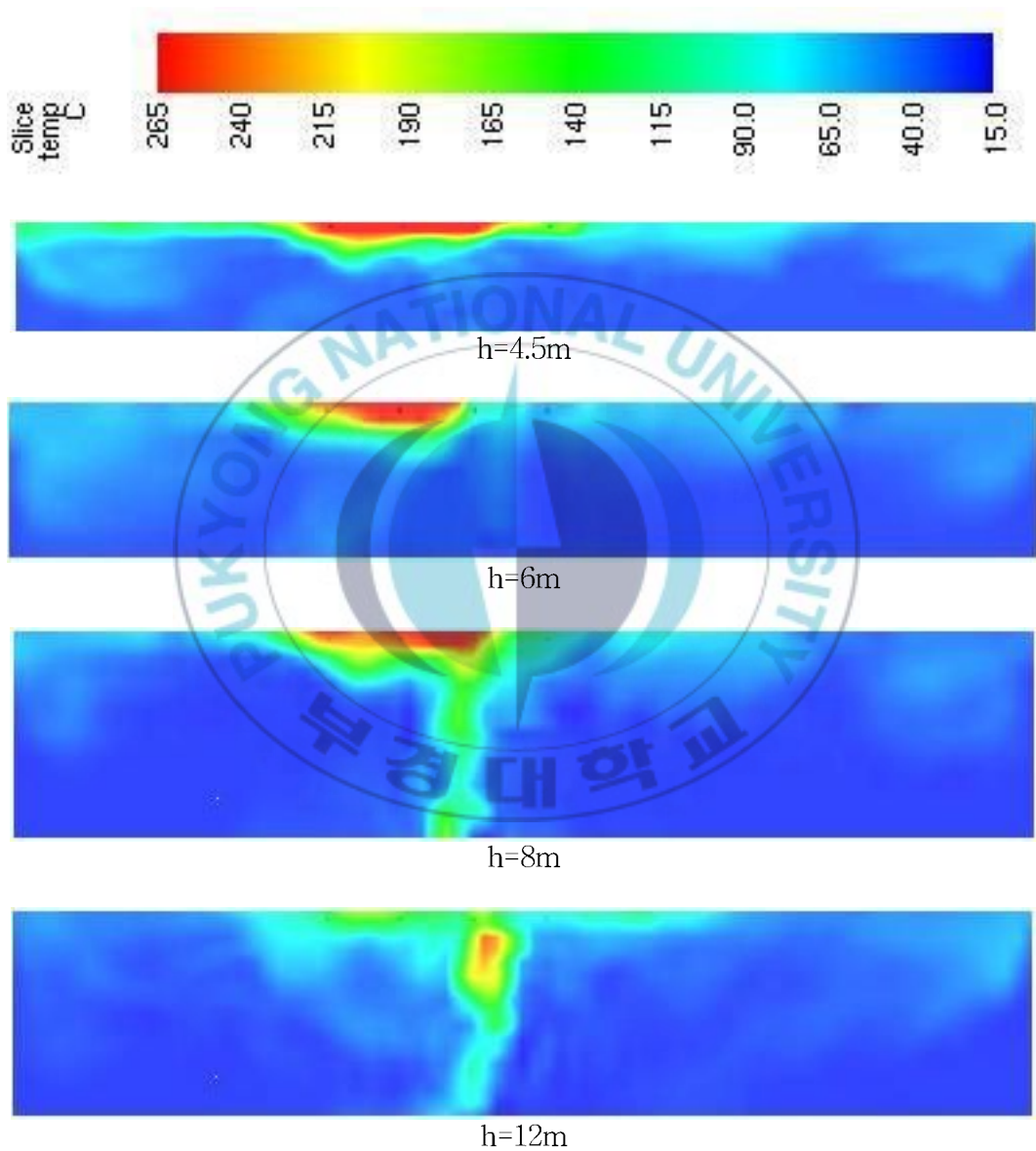


Fig. 20 Temperature @  $t=30\text{s}$ ,  $y=3.0\text{m}$



Fig. 21은 통로의 중심( $y=3.0\text{m}$  인  $x-z$ 평면)의 화재 발생 60초 경과( $t=60\text{s}$ ) 후 온도를 표시한 것이다.

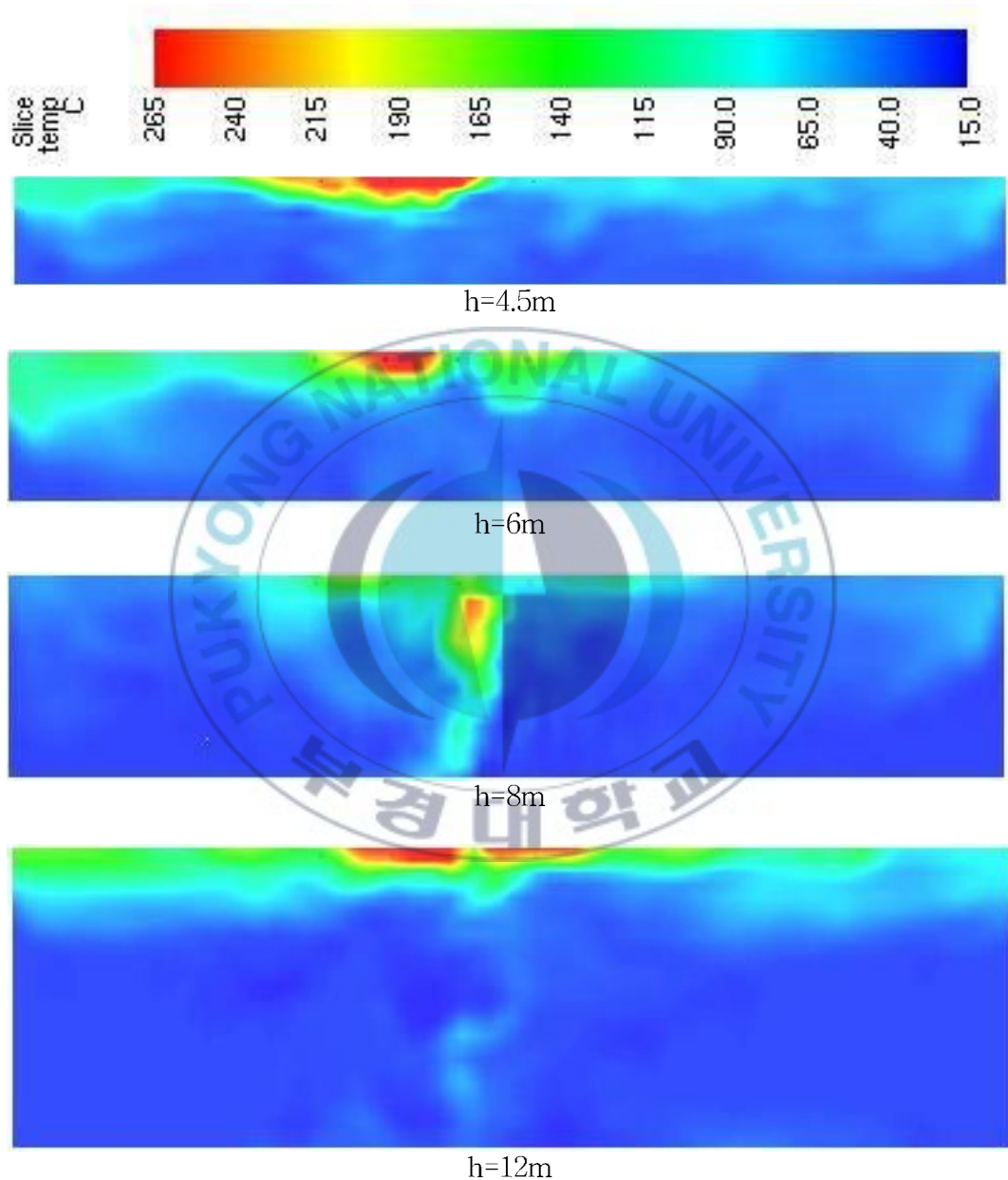


Fig. 21 Temperature @  $t=60\text{s}$ ,  $y=3.0\text{m}$

Fig. 22은 통로의 중심( $y=3.0\text{m}$  인  $x$ - $z$ 평면)의 화재 발생 90초 경과( $t=90\text{s}$ ) 후 온도를 표시한 것이다.

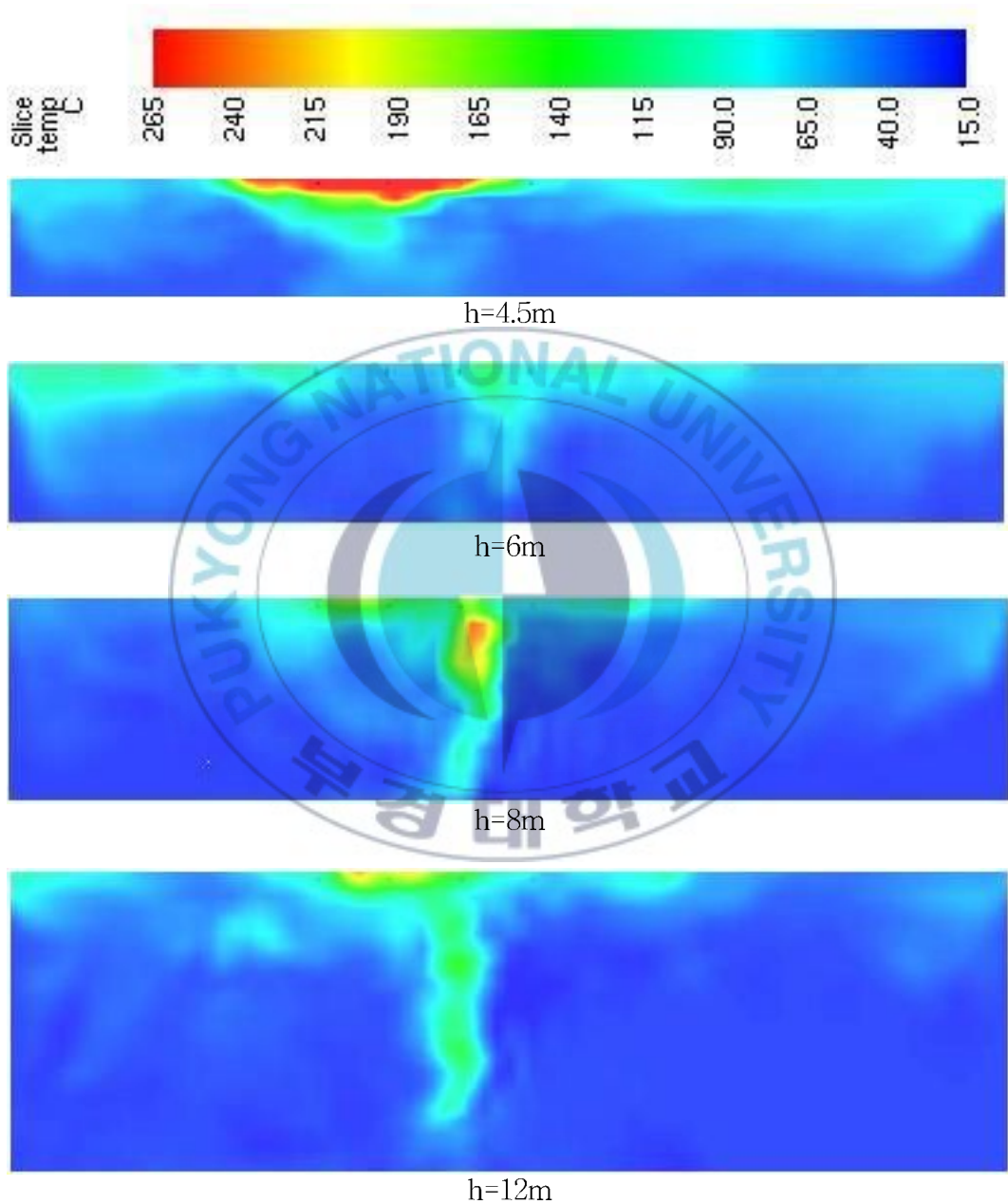


Fig. 22 Temperature @  $t=90\text{s}$ ,  $y=3.0\text{m}$

위의 결과를 보면 시간의 경과에 따라 지붕의 높이가 높을수록 경미한 온도의 상승을 보이는데 이는 실험공간의 크기가 크고 주변의 Vent공간으로 신선한 공기가 계속적으로 유입되기 때문이며 상부 공간에만 어느 정도 열기가 체류한다.

따라서, 시간 및 지붕의 높이별 온도 변화를 분석한 결과 지붕의 높이가 높을수록 시간에 따른 온도의 변화가 적었다.



Fig. 23은 호흡선 높이( $z = 1.5\text{ m}$ 인  $x$ - $y$  평면)의 화재 발생 30초 경과( $t=30\text{s}$ ) 후 온도를 표시한 것이다.

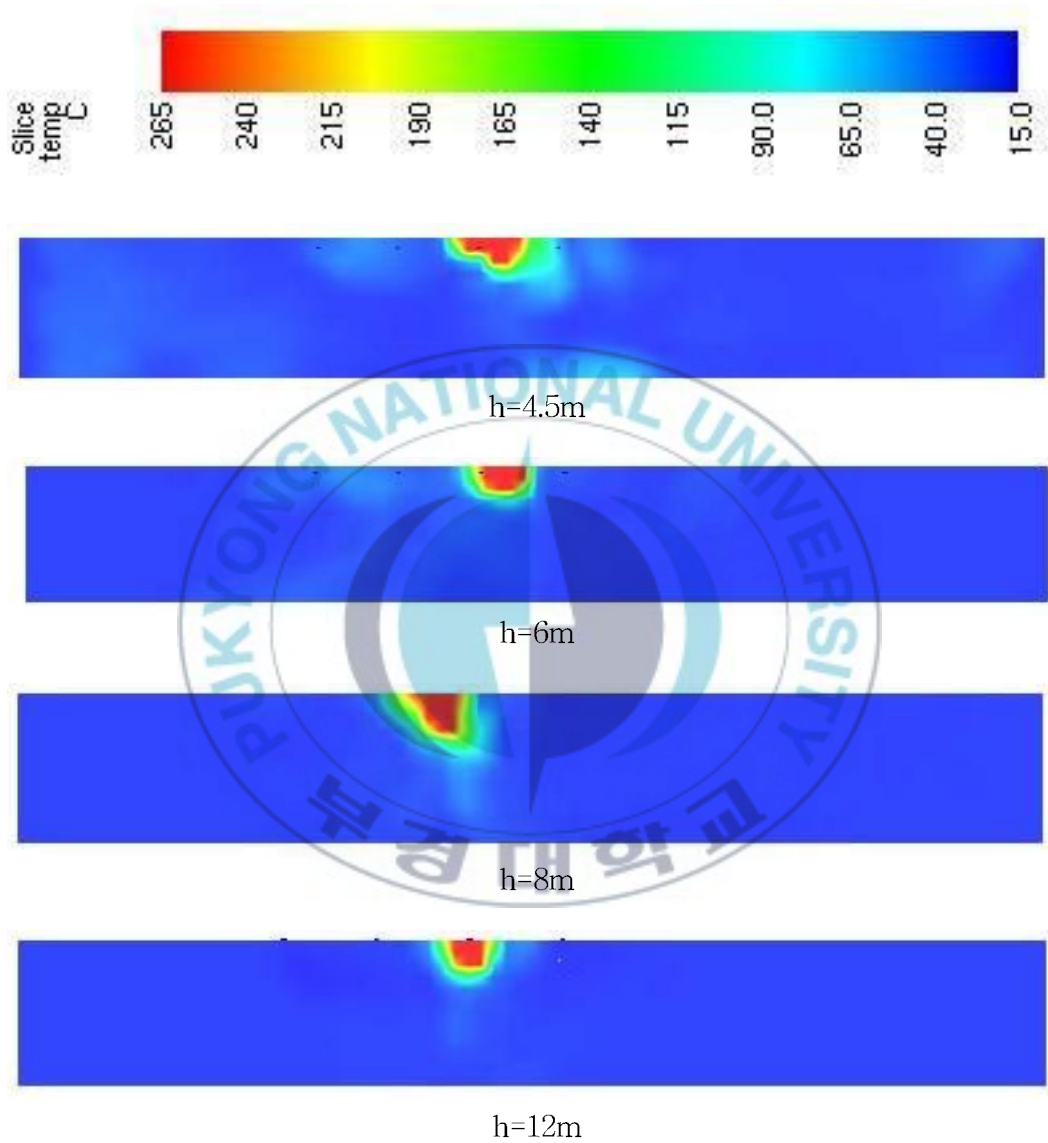


Fig. 23 Temperature @  $t=30\text{s}$ ,  $z=1.5\text{m}$

Fig. 24는 호흡선 높이( $z = 1.5\text{ m}$  인  $x$ - $y$  평면)의 화재 발생 60초 경과( $t=60\text{s}$ ) 후 온도를 표시한 것이다.

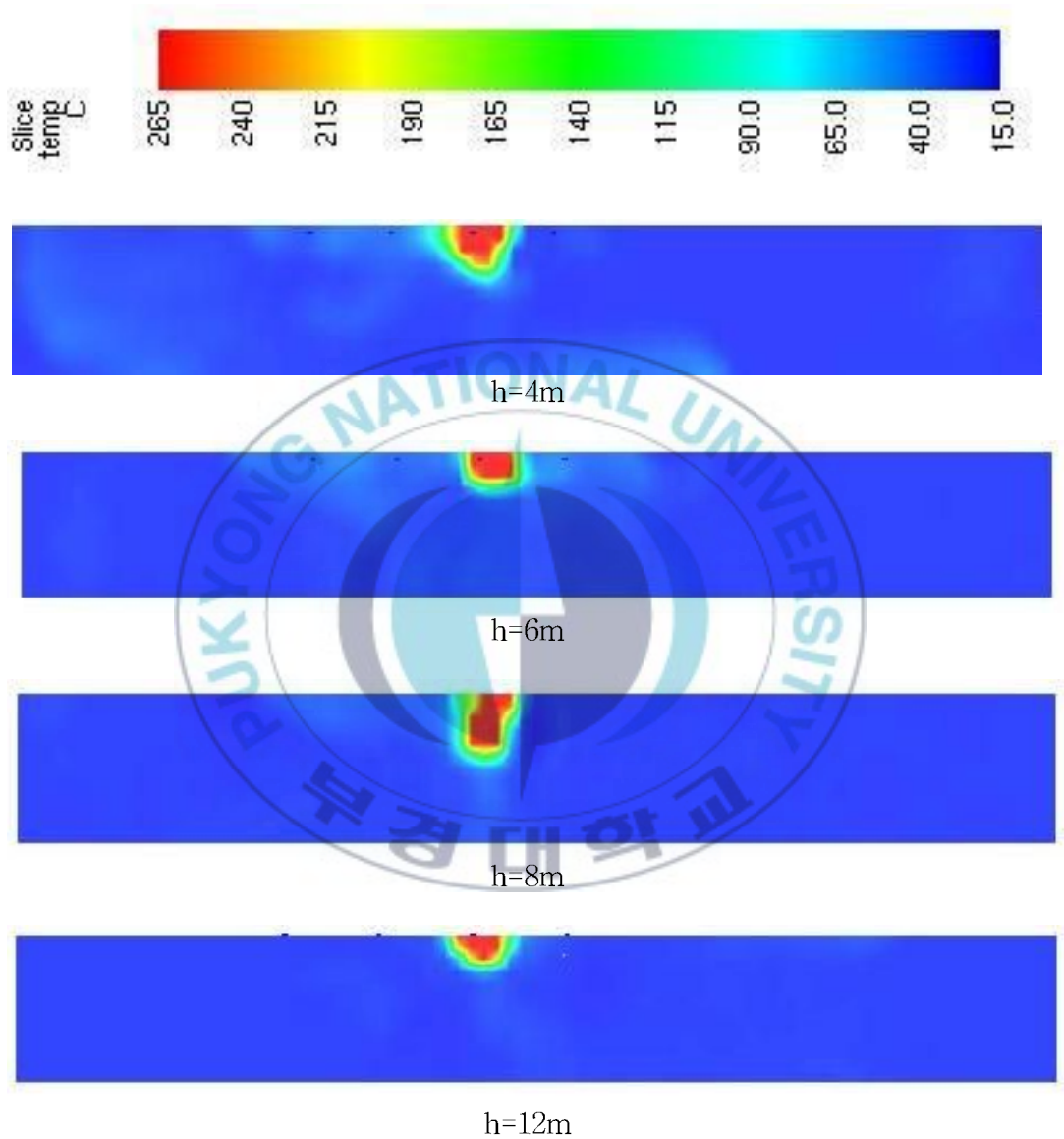


Fig. 24 Temperature @  $t=60\text{s}$ ,  $z=1.5\text{m}$

Fig. 25는 호흡선 높이( $z = 1.5\text{ m}$ 인  $x$ - $y$  평면)의 화재 발생 90초 경과( $t=90\text{s}$ ) 후 온도를 표시한 것이다.

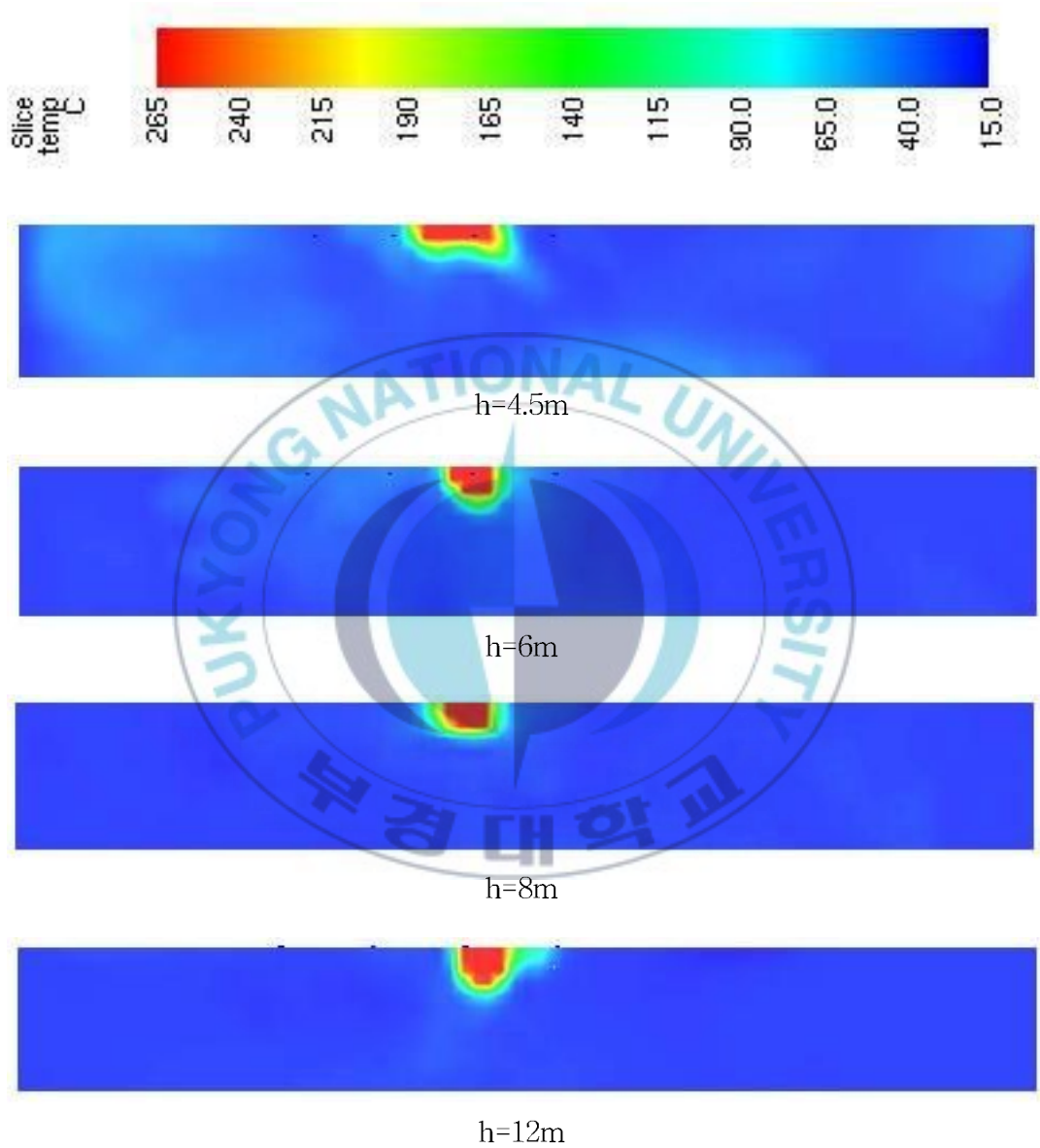


Fig. 25 Temperature @  $t=90\text{s}$ ,  $z=1.5\text{m}$

호흡선 높이( $z = 1.5\text{m}$  인  $x\text{-}y$  평면)의 온도 변화를 시간별로 분석한 결과를 보면 지붕높이  $4.5\text{m}$ 의 경우 화재 발생 이후 꾸준히 온도가 상승함을 알 수 있으며 지붕높이가 높을수록 약한 상승을 보여주고 있다. 그러나 지붕높이  $12\text{m}$ 에서는 온도의 변화가 거의 없는 것으로 보아 지붕의 높이가 높은 아케이드가 호흡선에서의 온도측면에서 유리함을 알 수 있다.



Fig. 26은 호흡선 높이( $z = 1.5\text{ m}$ 인  $x$ - $y$  평면)의 화재 발생 30초 경과( $t=30\text{s}$ ) 후의 가시거리를 표시한 것이다.

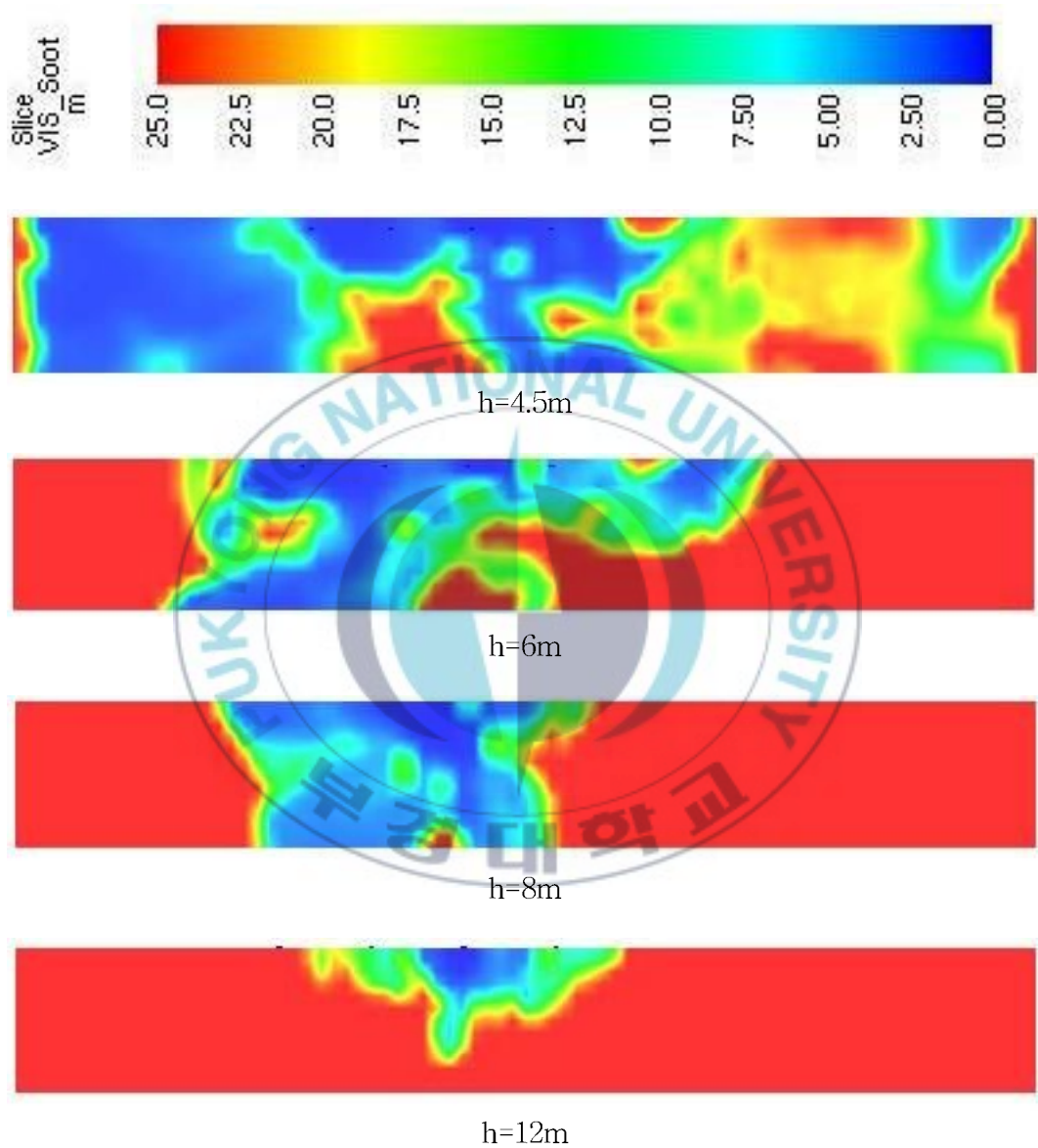


Fig. 26 Visibility @  $t=30\text{s}$ ,  $z=1.5\text{m}$



Fig. 27은 호흡선 높이( $z = 1.5\text{ m}$ 인  $x$ - $y$  평면)의 화재 발생 60초 경과( $t=60\text{s}$ ) 후의 가시거리를 표시한 것이다.

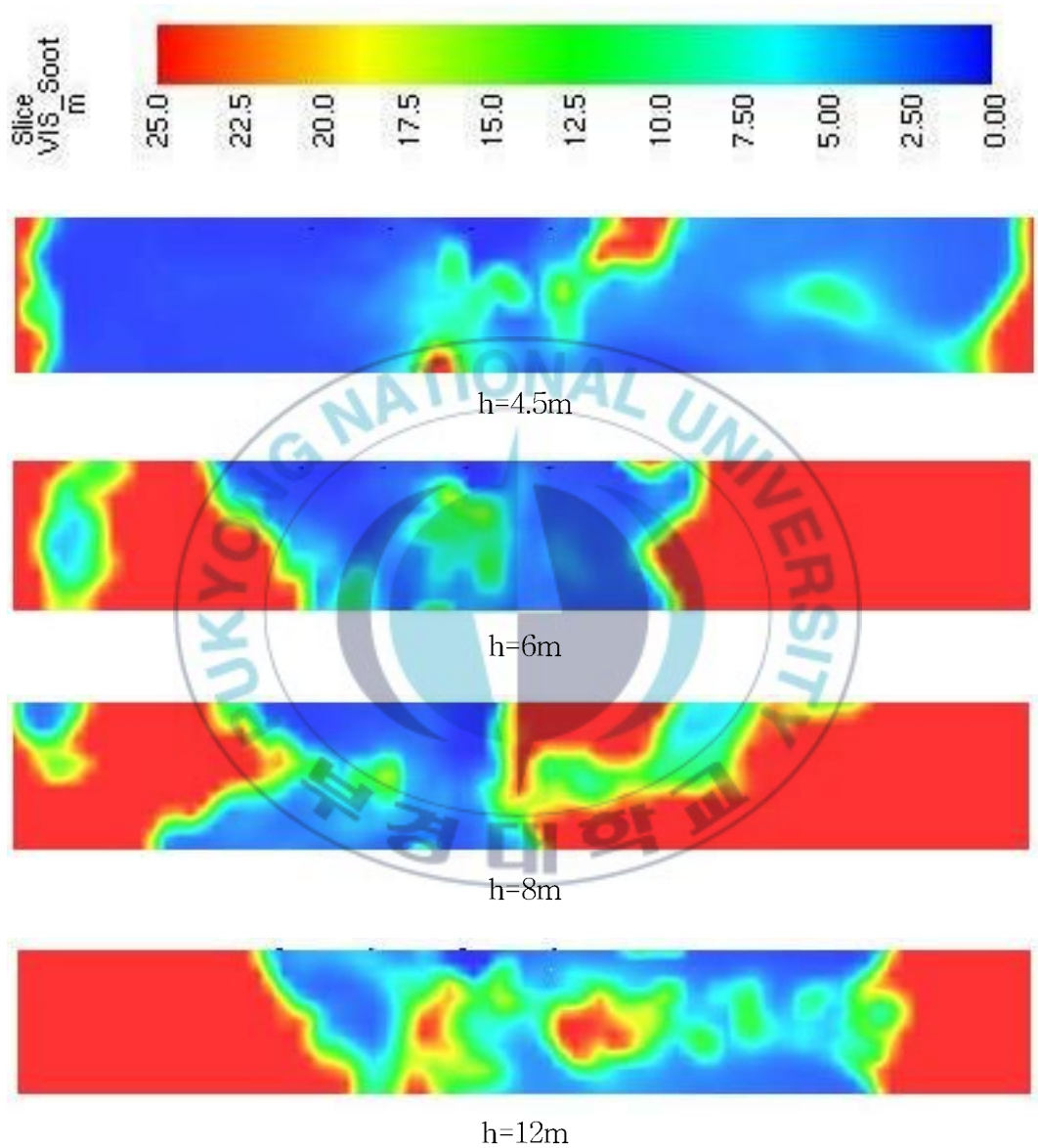


Fig. 27 Visibility @  $t=60\text{s}$ ,  $z=1.5\text{m}$

Fig. 28은 호흡선 높이( $z = 1.5\text{ m}$ 인  $x$ - $y$  평면)의 화재 발생 90초 경과( $t=90\text{s}$ ) 후의 가시거리를 표시한 것이다.

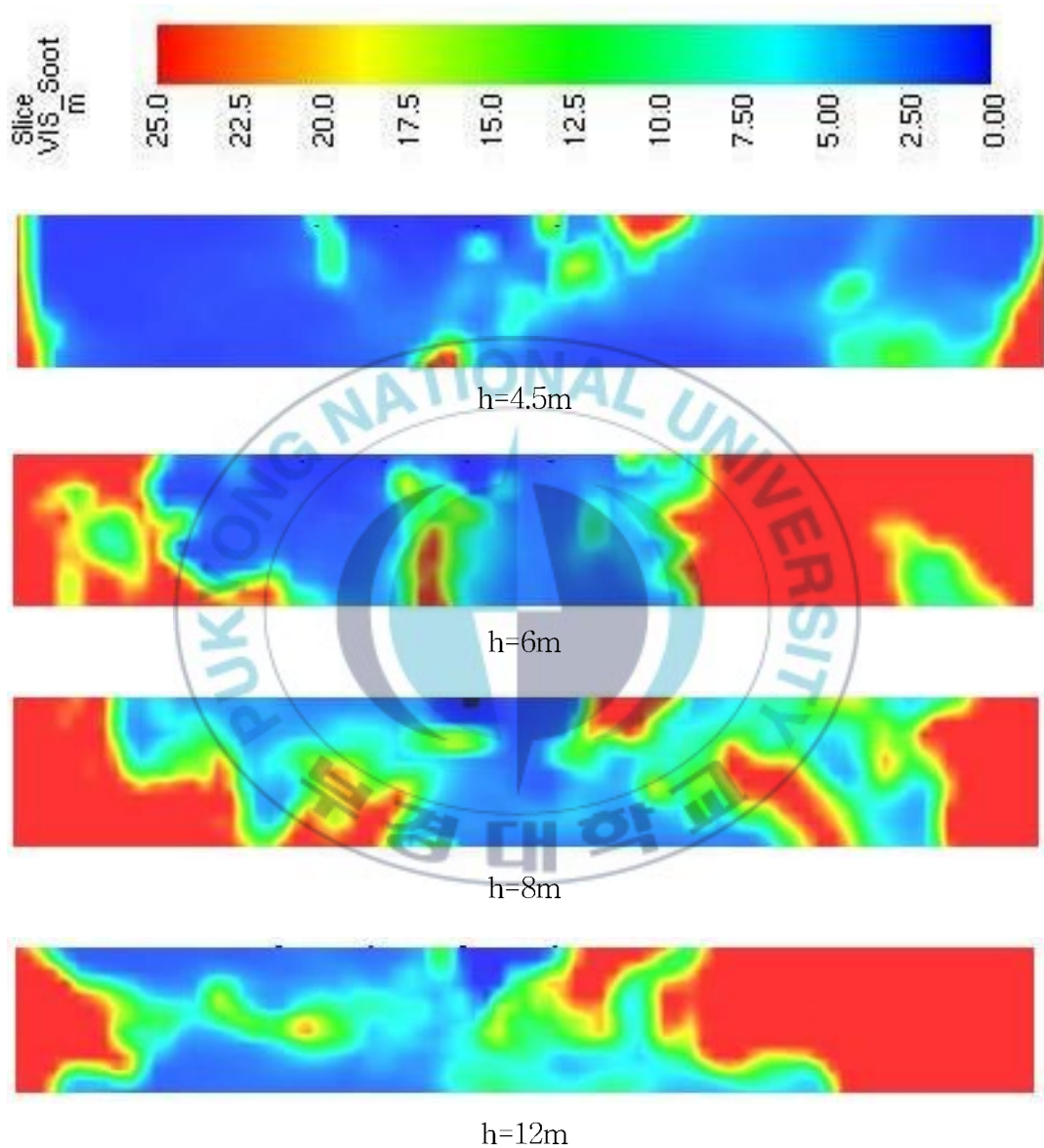


Fig. 28 Visibility @  $t=90\text{s}$ ,  $z=1.5\text{m}$

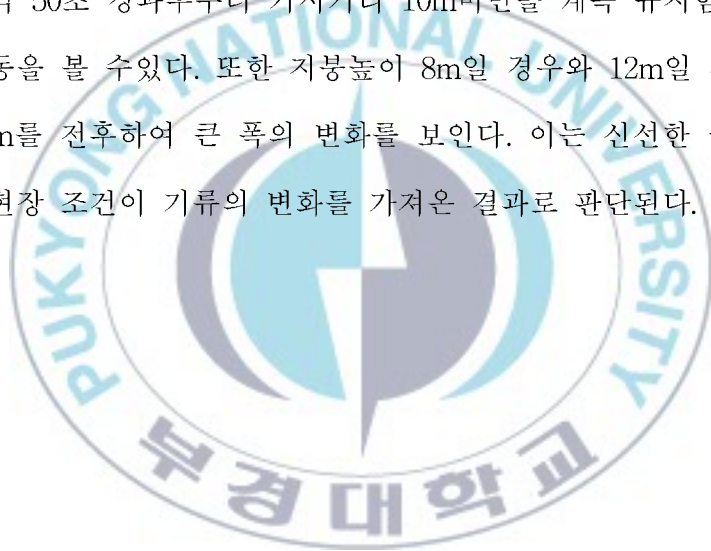
위의 결과는 호흡선 높이( $z = 1.5\text{ m}$  인  $x$ - $y$  평면)의 가시거리를 시간별로 나타낸 것으로 시간이 경과함에 따라 모든 Case에서 꾸준한 가시거리의 저하를 보이고 있는데 지붕높이  $4.5\text{m}$ 의 경우 약 30초 경과후 급격한 저하를 보이고 있다. 화원 부근에서는 모든 조건에서 가시거리가  $5\text{m}$ 미만이었으며 지붕높이가 높을수록 화원에서 거리가 멀수록 가시거리가 길었다. 이는 주변의 공기 유입경로로부터 공기 유입이 이루어졌기 때문이며 지붕의 높이가 높을수록 연기를 보유할 수 있는 공간이 더 크기 때문이다.



Fig. 29는 지붕높이별 시간-온도, Fig. 30은 시간-가시거리 변화를 그래프로 나타낸 것이다.

Fig. 29의 지붕높이별 시간-온도 곡선에서 지붕의 높이가 낮을수록 높은 온도에 분포하며 온도의 변화폭도 심하다. 이는 화재 공간의 체적이 작음에 따라 열이 축적되는 시간이 상대적으로 짧기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 30의 지붕높이별 시간-가시거리 곡선에서 지붕높이 4.5m의 경우 약 30초 경과후부터 가시거리 3m미만을 계속 유지하는 것과 달리 지붕높이가 6m일 경우는 약 50초 경과후부터 가시거리 10m미만을 계속 유지함과 동시에 낮은 폭의 유동을 볼 수있다. 또한 지붕높이 8m일 경우와 12m일 경우는 가시거리가 약 15m를 전후하여 큰 폭의 변화를 보인다. 이는 신선한 공기의 유입경로가 많은 현장 조건이 기류의 변화를 가져온 결과로 판단된다.



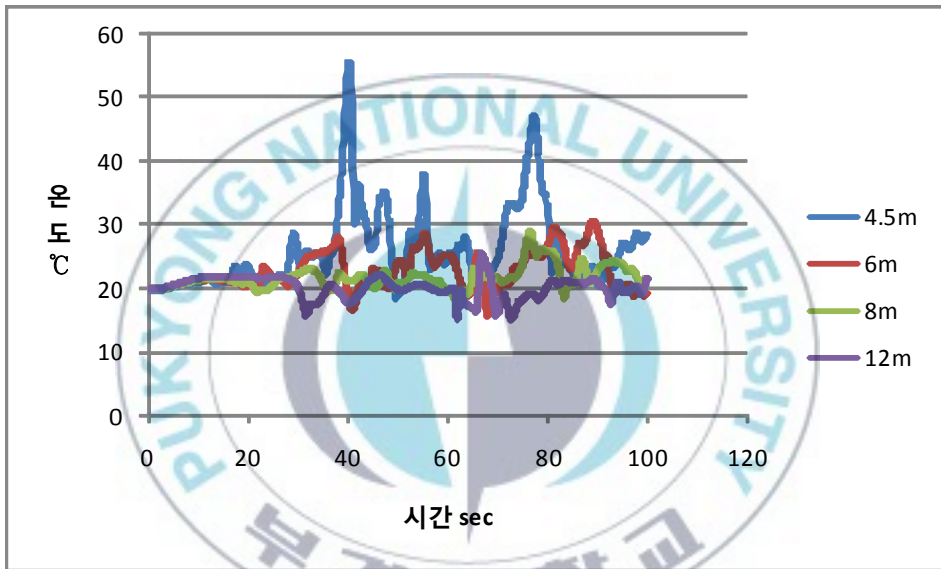


Fig. 29 지붕높이별 시간-온도 곡선

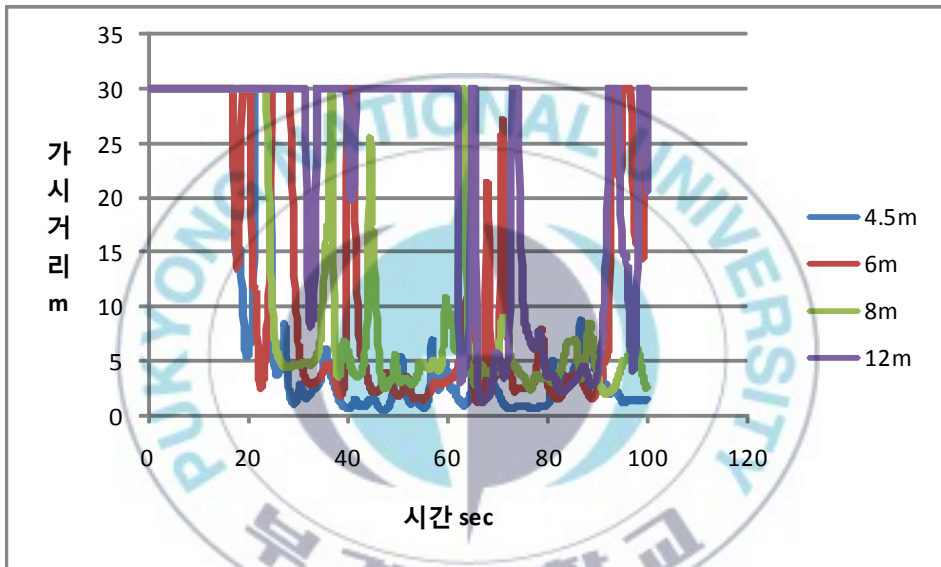


Fig. 30 지붕높이별 시간-가시거리 곡선

## 5. 결론

본 연구에서는 아케이드형 재래시장에서 화재가 발생했을 때 통로 내부에서의 온도상승과 가시거리의 변화를 측정하여 아케이드의 유효한 설치높이를 알아보고자 실제 시공된 부산부평시장을 대상으로 FDS를 이용한 화재시뮬레이션을 수행하였다. 시장 통로의 중심에서 열방출률 1MW의 화재가 발생한 것으로 가정하고 천장높이 4.5m, 6m, 8m, 10m에 대하여 화원에서 5m 떨어진 지점에서의 평균온도와 평균가시거리 그리고 통로 중심선과 호흡선 높이 평면의 온도와 가시거리 분포를 비교하였다. 연구 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 호흡선(바닥에서부터 1.5m)높이에서의 평균온도는 지붕높이가 가장 낮은 4.5m의 경우가 가장 높았으며 지붕의 높이가 높을수록 온도가 낮게 나타났다. 지붕높이 8m와 12m의 경우에는 온도차가 크지 않아 지붕이 높으면 온도차가 작음을 확인하였다. 그러므로 지붕의 높이가 화재시 평균온도를 결정하는 중요한 인자임을 알 수 있었다.

2) 통로 중심선에서의 천장 부근 온도 분포에서도 지붕높이 4.5m인 경우에 온도가 가장 높았고, 지붕의 높이가 높을수록 온도가 낮았다. 지붕높이 4.5m의 경우 약 250℃이었으나, 6m의 경우 약 110℃, 8m 및 12m의 경우 약 95℃로 나타났다.

3) 호흡선 높이에서의 온도는 지붕높이가 4.5m와 6m의 경우에 시간에 따라

약간 상승하였으나, 8m와 12m의 경우에는 20℃를 유지하였다. 이는 공간의 크기에 의한 것으로 판단되며 지붕의 높이를 가능한 한 높이는 것이 타당함을 알 수 있다.

4) 호흡선 높이에서의 가시거리 분석에서 지붕높이 4.5m의 경우 극히 짧은 시간에 가시거리가 3m미만으로 악화된다. 이는 지붕높이가 낮아 연기가 체류할 수 있는 공간이 작기 때문이다. 지붕높이 6m, 8m, 12m의 경우에도 시간의 경과에 따라 차츰 가시거리가 감소하므로, 체류 인원이 원활하게 대피하기 위하여 지붕높이를 가능한 한 높게 할 필요가 있다.

5) 지붕높이가 낮을수록 온도가 높고 가시거리가 짧으므로 지붕이 높은 시장에서 체류인원의 피난 및 소방대원의 진화작업이 유리하다. 특히 대피에 지장이 있는 가시거리인 5m를 기준으로 하였을 때 아케이드의 높이는 8m이상으로 하는 것이 안전한 것으로 판단된다.



## 기 호 설 명

### NOMENCLATURE

$A_r$	cross-sectional area	[ m <sup>2</sup> ]
$C$	visibility factor	[ - ]
$C_p$	constant pressure specific heat	[ J/kg·K ]
$Fr$	froude number	[ - ]
$f$	external force vevtor	[ - ]
$g$	acceleration of gravity	[ m/s <sup>2</sup> ]
$H$	height of tunnel	[ m ]
$h$	enthalpy	[ KJ/kg ]
$I$	radiation intensity	[ kW/m <sup>2</sup> ]
$I_o$	radiation blackbody intensity	[ kW/m <sup>2</sup> ]
$K$	light extinction coefficient	[ 1/m ]
$K_g$	tunnel grade factor	[ - ]
$K_m$	mass light extinction coefficient	[ m <sup>2</sup> /kg ]
$L$	length	[ m ]
$M$	molecular weight of the gas mixture	[ - ]
$M_i$	molecular weight of the gas mixture	[ - ]

$\dot{m}_i'''$	mass production rate of <i>i</i> he species per unit volume	[ kg/m <sup>3</sup> ]
$p$	pressure	[ N/m <sup>2</sup> ]
$Q$	characteristic fire size	[ MW ]
$Q_b$	exhaust flow rate	[ m <sup>3</sup> /s ]
$Q_s$	smoke release rate	[ m <sup>3</sup> /s ]
$q$	radiation heat flux vector	[ kW/m <sup>2</sup> ]
$R$	universal gas constant	[ J/mol·K ]
$S$	visibility	[ m ]
$T_f$	temperature of fire source	[ K ]
$T_O$	temperature of ambient	[ K ]
$t$	time	[ sec ]
$u$	velocity vector(u, v, w)	[ m/s ]
$V_c$	critical velocity	[ m/s ]
$Y_i$	mass fraction of <i>i</i> he species	[ - ]
$Y_O^\infty$	mass fraction of oxygen in the ambient	[ - ]
$Y_F^I$	mass fraction of fuel in the fuel stream	[ - ]
$Y_s$	soot yield	[ - ]
$Z$	mixture fraction	[ - ]

## GREEK LETTERS

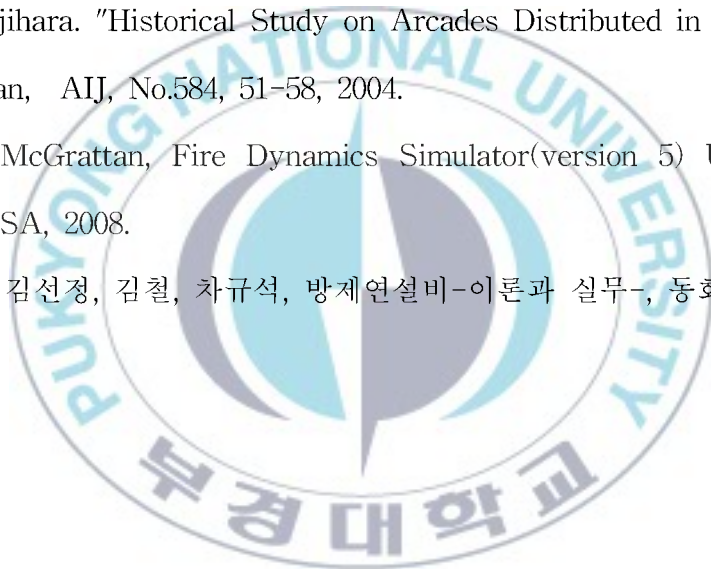
$\mu$	Dynamic viscosity	[ kg/m·s ]
$\nu$	stoichiometric coefficient	[ - ]
$\rho$	density	[ kg/m <sup>3</sup> ]
$\sigma$	Stefan-Boltzmann constant	[ W/m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup> ]
$\tau_{ij}$	shear stress tensor	[ N/m <sup>2</sup> ]
$\Phi$	dissipation function	[ W/m <sup>3</sup> ]



## 참 고 문 헌

- 1) 지식경제부, 2003 상반기 전국 유통업체 현황조사 결과, pp. 4, 2003.
- 2) 지식경제부, 중소유통 경영실태 조사 결과 보고, pp. 28~30, 2009.
- 3) 부산소방본부, 재래시장 환경개선사업 소방협의 관련 지침, pp.1~6, 2006.
- 4) 서울특별시 재래시장 대책반, 재래시장 아케이드 표준 설계 지침, 2004.
- 5) 김광호, 서혜수, 김태연, 노지웅, 김병선, “아케이드형 재래시장의 동계 실내 환경 실태조사 연구”, 대한건축학회 학술발표대회논문집, Vol.23 No.1, pp.717~720, 2003.04.
- 6) 김병선, 김태연, 노지웅, 김광호, “재래시장 환경개선 사업과 아케이드 도입 실태 조사연구”, 대한건축학회 학술발표대회논문집, Vol.23 No.1, pp.721-724, 2003.
- 7) 김태연, 김광호, 노지웅, 김병선, “아케이드형 재래시장의 배연성능에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회논문집, Vol.23 No.1, pp.725-728, 2003.04.
- 8) Ashrae, Fundamental, 2001.
- 9) K. Daniels, The Technology of Ecological Building, 1997.
- 10) 김영성, “복잡한 지형내 오염물질의 대기확산 풍동실험”, 한국대기보전학회지 제11권, 제2호, pp.145-152, 1995.
- 11) 송두삼, “실측 및 풍동실험을 통한 고밀도 시가지에서의 오염물질 확산의 예측 및 평가”, 한국풍공학회 제7권, 제1호, pp.91-98, 2003.
- 12) S. Murakami et al. “Model Experiment on Indoor Climate of Large-ScaleRoom”, 生産研究41卷2号, 1989.

- 13) Q.Shen, "Comparisons of Wind Tunnel Experiments and Computational Fluid Dynamics Simulation", Journal of Visualization, Vol.6, No.1, 2003.
- 14) A. Robins, "Wind tunnel Dispersion Modeling Some Recent and Not so Recent Achievements", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol.91, pp.1777-1790, 2003.
- 15) 홍구표, "풍동실험과 CFD를 이용한 아케이드형 재래시장의 환기량 해석", 연세대학교 석사학위논문, 2005.
- 16) M. Tsujihara. "Historical Study on Arcades Distributed in East Japan, J.Archit. Plan, AIJ, No.584, 51-58, 2004.
- 17) K. B. McGrattan, Fire Dynamics Simulator(version 5) User's Guide, NIST, USA, 2008.
- 18) 추병길, 김선정, 김철, 차규석, 방제연설비-이론과 실무-, 동화기술, 2009.



# A Numerical Study on Characteristics of Arcade-type Markets Fire

Seung-Mo Kang

*Department of Safety Engineering, Graduate School of Industry,  
Pukyong National University*

## Abstract

A fire simulation using FDS on the arcade type Busan Bupyeong Market was carried out to find out its optimum roof height by computing the temperature and visibility when a fire was broken out. The fire was assumed to locate at the center of market passageway with a 1MW heat release rate. Four roof heights of 4.5m, 6m, 8m and 10m were selected. The temperatures and visibilities, at a point of 5m distance from fire source and at the ceiling along the longitudinal centerline of the space, were compared. Following conclusions were obtained from the results.

- 1) The average temperature at the respiration line (1.5m high from the floor) was the highest when the roof height was 4.5m, and decreased

with increasing roof height. The temperature difference was very small between the two roof heights, 8m and 12m. This confirms that the roof height is an important factor in the determination of average temperature due to a fire.

- 2) The temperature in the ceiling area above the passageway centerline was 250°C for the roof height 4.5m, and 110°C for 6m. The both roof heights 8m and 12m yielded were approximately the same temperature, 95°C.
- 3) The temperature at a point of the respiration line for the roof height of 4.5m was also higher than that for 6m. There was no temperature difference in the cases of 8m and 12m. From these results, It is confirmed that this is due to the size of the space, and hence a higher roof is desirable.
- 4) The visibility analysis at the respiration line showed that, in the case of roof height 4.5m, the visible distance was less than 3m within a few seconds from the fire start. This is caused by the small size of the space. The visible distance gradually decreased with time in the cases

of 6m, 8m and 12m. These results also show that the roof height should be as high as possible so that the people in the market may escape safely.

- 5) The higher temperature and shorter visible distance for lower roof heights implies that a market with a higher roof height is desirable for safe evacuation and efficient firefighting operation. In this study, it was found the height of arcade should be at least 8m to meet the minimum visible distance 5m for safe evacuation.

