

아케이드형 재래시장의 지붕 환기구 개선 방안에 관한 연구

A Study on Improvement of the Roof Vents in the Arcade Traditional Market

마쵸차오1(Jun Chao Ma)¹, 이병현(Byung Hyun Lee)², 이경희(Kyung Hee Lee)^{3*}

¹부산대학교 건축공학과 대학원, ²김해대학교 소방안전관리과, ³부산대학교 건축공학과

¹Graduate Course, Department of Architectural engineering, Pusan National University, Pusan, 46287, Korea

²Department of Fire safety management, Gimhae College, Gyeongsangnam-do, 50811, Korea

³Department of Architectural engineering, Pusan National University, Pusan, 46287, Korea

(Received August 3, 2017; revision received November 7, 2017; Accepted: November 13, 2017)

Abstract A fire simulation was performed to analyze the temperature and smoke exhaust performance of roof vents of the arcade traditional market by comparing a basic model (Case A) and an improvement model (Case B~Case E). Temperature analysis by heat showed a low temperature distribution because Case E discharged smoke in both directions of length compared to other cases. However, the effect of heat by life safety standards was satisfied. The smoke exhaust analysis by smoke showed the highest performance because Case C was exhausted to 1 m on both sides of length.

Key words Arcade(아케이드), Traditional market(재래시장), Roof vents(지붕 환기구), Temperature(온도), Smoke exhaust(배연), FDS(화재시뮬레이션)

† Corresponding author, E-mail: samlgh@pusan.ac.kr

기호설명

D : 화재직경 [m]

Q : 열방출율 [kW]

C_p : 주변공기 비열 [kJ/(kg·K)]

T : 주변공기 온도 [K]

g : 중력가속도 [m/s^2]

그리스 문자

ρ : 주변공기밀도 [kg/m^3]

δx : 격자크기 [m]

1. 서 론

지역경제를 활성화하기 위한 하나의 방편으로 재래시장의 현대화와 시장 정비를 촉진하여 지역상권의 활성화가 이루어졌다. 유통산업의 균형 있는 성장을 도모하고자 환경개선사업을 시작하게 되었으며, 이에 도로를 따라 형성된 많은 재래시장은 깨끗하고 불편함이 없도록 기둥으로 지탱하는 아치 또는 반원형의 천장 등을 연속하여 가설한 구조물인 아케이드의 형태가 많이 설치되었다. 그러나 외기에 노출된 아케이드는 구조적 형태에 따라 열, 빛, 환기, 소방 방재적 측면에서 여러 가지 문제가 나타나고 있다. 아케이드 내부로 유입된 일사량이 적절하게 배출되지 못하여 발생하는 과열현상과 시장의 많은 이용자들이 의한 환기 부족으로 실내공기질의 상태도 좋지 않게 나타나고 있다.⁽¹⁾ 또한 방재시설, 대피시설 등이 미비하여 화재발생시 점포 소실로 인한 재산상의 피해와 인명사고를 유발시킬 우려가 있으며, 화재발생시 연기의 발생으로 인한 배출이 지연되는 문제점이 발생한다.⁽²⁾

따라서 아케이드형 재래시장의 지붕 환기구 형태에 따라 화재발생시 열에 대한 온도와 연기가 원활하게 배출할 수 있는 구조로 개선할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 화재시뮬레이션 프로그램인 FDS를 이용하여 지붕 환기구 형태 변화에 따른 온도 및 배연성능을 기본 모델과 개선 모델을 비교 분석하여 개선 방안을 파악하고자 한다.

2. 해석 대상 아케이드형 재래시장

2.1 아케이드형 재래시장의 개요

아케이드형 재래시장의 배치형태는 일자형과 십자형 등으로 구분되어 형성되었으며, 지붕의 형태는 아케이드로 설치되어 비, 눈 또는 햇빛의 유입을 차단시키는 것뿐만 아니라, 시장의 영역도 명확하게 한정시켰다. 일반적으로 상부 슬라이딩 도어가 수동 또는 자동 개폐방식으로 설치되어 시장내부에 쾌적한 환경을 조성해 주었다.

아케이드가 설치된 전통시장의 지붕형태는 ARC형, 반원형, 박공형으로 구분되었으며, 그 중 ARC형 지붕은 일반적으로 가장 많이 사용되는 지붕 형태로 곡선 형태를 적용하여 시장내부의 분위기를 부드럽고 안정감 있는 환경으로 조성하고 있다. 반원형 지붕은 ARC형 지붕에 비해 좁은 소규모로, 박공형 지붕은 ARC형 지붕에 비해 구조물이 “人”자형으로 형성되었다.

2.2 해석 대상

부산광역시의 전통시장은 2014년을 기준으로 169개 영업되고 있으며, 아케이드로 설치된 전통시장은 30여 개이다. 해석 대상 부산지역 아케이드형 재래시장은 Table 1과 같으며 일자형과 십자형으로 이루어져 있다. 건물높이는 6 m~10.5 m이며, 통로폭은 4 m~7 m, 지붕높이는 8 m~12 m, 통로길이는 50 m~330 m로 조사되었다. 또한 지붕형태 및 재료는 Table 2와 같다. 아케이드형 지붕형태는 대부분 ARC형이며 반원형과 박공형도 있다. 또한 지붕재료는 주로 폴리카보네이트이며, 일부 막구조로 되어있다.

본 연구에서는 부산지역의 아케이드형 재래시장 중 부산시 중구에 위치한 부평시장을 대상으로 분석하였다. 부평시장은 2008년 처음 개발될 때는 일자형으로 준공되었으나 2014년 재개발되어 아케이드 배치형태가 십자형으로 증축되었으며 배치형태는 Fig. 1과 같다.

Table 1 Busan area arcade traditional market

Market	Local area	Straight	Cruciform	Building height	Passage width	Roof height	Length of the aisle
Gamjeon	Sasang-gu	2006	2008	8.5 m	6 m	10 m	185 m
Gupo	buk-gu	2007	2010	6.5 m	6 m	9 m	125 m
Bujeon	Busanjin-gu	2008	2011	9.0 m	6 m	11 m	330 m
Chungmu	Jung-gu	2009	2014	6.5 m	7 m	9 m	50 m
Bupyeong	Jung-gu	2010	2014	10.5 m	6 m	12 m	230 m
Namhang	Yeongdo-gu	2010	2014	6.0 m	4 m	8 m	260 m
Bansong	Haeundae-gu	2010	2011	10.0 m	6 m	12 m	145 m
Deokpo	Buk-gu	2010	2014	10.0 m	7 m	12 m	155 m
Sinpyeong	Saha-gu	2010	-	8.5 m	5 m	10 m	330 m
Cheonghak	Yeongdo-gu	2010	-	8.5 m	5 m	10 m	135 m

Table 2 Busan area arcade roof shapes and materials

Market	Local area	Roof material	Roof type	Vent components
Gamjeon	Sasang-gu	PTFE	Semicircular	Discontinuity
Gupo	Buk-gu	Polycarbonate	ARC, Semicircular	Discontinuity
Bujeon	Busanjin-gu	Polycarbonate	ARC	Discontinuity
Chungmu	Jung-gu	PTFE	Gable	Consecutively
Bupyeong	Jung-gu	Polycarbonate	ARC	Discontinuity
Namhang	Yeongdo-gu	Polycarbonate	ARC	Discontinuity
Bansong	Haeundae-gu	Polycarbonate	ARC	Consecutively
Deokpo	Buk-gu	PTFE	ARC	Discontinuity
Sinpyeong	Saha-gu	Polycarbonate	ARC	Discontinuity
Cheonghak	Yeongdo-gu	Polycarbonate	ARC	Discontinuity



Fig. 1 Bupyeong market placement type.

3. FDS를 이용한 배연성능평가

3.1 시뮬레이션 개요

FDS(Fire Dynamics Simulation)는 미국 NIST에서 개발된 시뮬레이션 프로그램으로서 화염이나 연기와 같이 화재에 의해 유도된 유체 흐름에 대해 해석하는 전산유체역학(CFD) 모델이다. FDS는 Navier Stokes 방정식을 수치적으로 풀어내는데 이방정식은 저속흐름 그리고 화재로부터 생성된 연기나 열전달에 중점을 두는 열적 유동의 해석에 적당한 것이다.⁽³⁾ Smokeview는 CFAST¹⁾에서와 마찬가지로 FDS 시뮬레이션 결과를 디스플레이 하는데 이용되는 개별 가시화(separate visualization) 프로그램이다. 본 연구에 적용된 버전은 FDS 6.2를 사용하였다.

3.2 해석 모델 설정 조건

3.2.1 기준 모델(Case A) 개요

본 연구 대상지는 환기구 길이 8 m, 환기구 폭 6 m, 환기구 높이 1.5 m, 환기구 간격 10 m, 지붕 높이 12 m, 가로 길이 230 m, 세로 길이 132 m, 건물 높이 10.5 m, 통로 폭 6 m, 점포 폭 5 m로 되어 있다.

Case A의 평면도와 입면도는 Fig. 2와 같다.

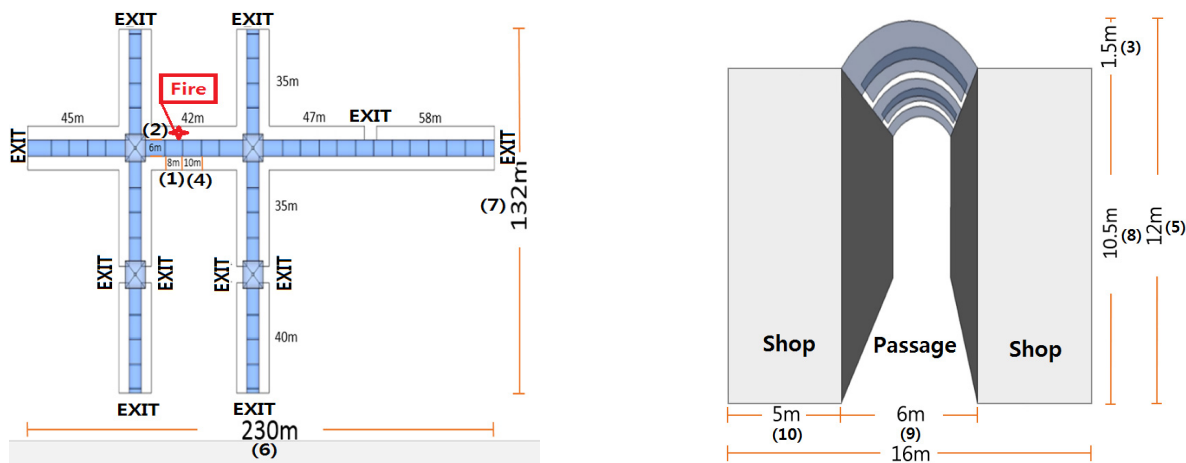


Fig. 2 Floor plan(left) and elevation(right).

1) CFAST(Consolidated of Fire and Smoke Transport Model) : 화재시뮬레이션에 이용되는 준 모델의 대표적 모델로서 화재 발생 시 건물 구획 내 연기층 높이, 화재 가스 및 온도 분포에 대한 특정한 화재의 영향을 계산하는 데 사용되는 2 구역 화재 모델이다.

Table 3 Basic and improvement model specification

	Vent length	Vent width	Vent height	Vent interval	Roof height	Horizontal length	Vertical length	Building height	Passage width	Shop width
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Case A	8	6	1.5	10	12	230	132	10.5	6	5
Case B	4	6	1.5	5	12	230	132	10.5	6	5
Case C	8	6	1.5(2.5)	10	12	230	132	10.5	6	5
Case D	-	-	1.5	-	12	230	132	10.5	6	5
Case E	-	-	1.5	12	12	230	132	10.5	6	5

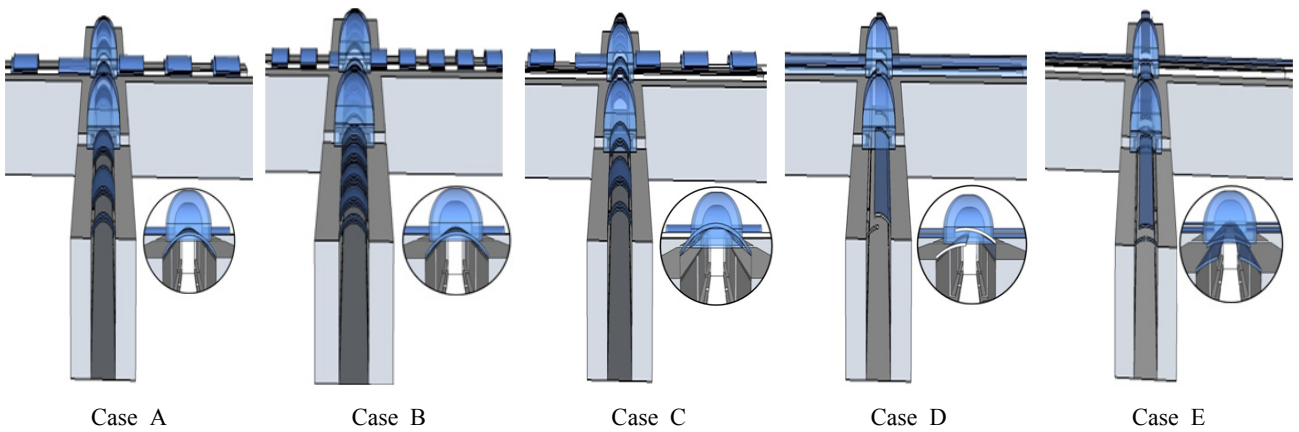


Fig. 3 Elevation by basic and improvement models.

3.2.2 개선 모델 개요

개선 모델 해석 대상은 부산지역의 아케이드 재래시장에서 가장 많이 시공되고 있는 Case A을 대상으로 가로 길이, 세로 길이, 지붕 높이, 건물 높이, 통로 폭과 점포 폭은 그대로 둔 상태에서 화재발생시 지붕 환기구 형태 변화에 따른 온도 및 배연 성능확보를 확인하기 위하여 환기구 길이, 환기구 폭, 환기구 높이와 환기구 간격을 변경시켜 4개의 Case를 설정하였다. 기본 모델과 개선 모델의 제원은 Table 3과 같다. Case B의 경우 Case A를 기본으로 하고 환기구 길이 4 m, 환기구 간격 5 m로 조정하였다. Case C의 경우 Case A의 조건과 동일하나 환기구를 설치하기 전 1 m를 띄우고 환기구를 설치하였다. Table 3에서 Case 3의 Vent height의 괄호안의 수치로 2.5 m로 표시되었다. 즉 환기구 길이 방향으로 1 m가 화재발생시 Open 되도록 하였으며 그 위에 환기구가 설치된 형태이다. Case D는 중간의 환기구를 없애고 1 m 높이 차이가 나는 두 개의 곡선지붕을 위아래로 설치하였으며 하부 곡선지붕은 슬라이딩 루프도어 개폐장치로 설치되었다. 화재발생시 하부 곡선지붕을 Open 할 수 있도록 하였다. Case E는 Case D의 조건과 비슷하나 하부 곡선지붕을 양옆으로 2개 설치하여 슬라이딩 루프도어 개폐장치로 설치되었다. 화재발생시 2개 하부 곡선지붕을 Open 할 수 있고 평일에 비가 오거나 태양광을 차단하기 위해 하부 곡선지붕을 Close하도록 하였다. 기본 및 개선 모델별 입면도는 Fig. 3과 같다.

3.2.3 시뮬레이션 입력 조건

화재 시뮬레이션 입력조건의 화원은 화재발생의 위험성이 클 것으로 예상되는 의류매장을 선정하였으며, 대표물질로 나일론을 선정하였다. 화재하중은 100 kg/m², 열방출량은 3,000 kW/m²로 설정하였다. 화재의 위치는 x축 방향으로 82 m, y축 방향으로 13.5 m 위치에서 발생하는 것으로 하며 Fig. 2의 Fire 위치로 한다. 화원의 크기는 1 m×1 m, 시뮬레이션 시간은 360초로 설정하였으며, 시뮬레이션 입력 조건은 Table 4와 같다. 화재 시뮬레이션의 결과값에 대한 신뢰성을 높이기 위한 방법 중 해석공간의 적절한 격자크기 설정이 주요 변수가 된다. 화재 근방의 Characteristic length scale은 MaCaffery의 연구에 의한 식(1)과 같이 화재 반경특성을 제한한다.

Table 4 Simulation input data

Device	Input data	Device	Input data
Temperature	25.5℃	HRR	3,000 kW
Pressure	101,325 Pa	Mesh size	0.2 m×0.2 m×0.2 m
Oxygen mass	0.23 kg	Simulation time	360 s
Carbon dioxide mass	0.000595 kg	Fire size	1 m×1 m Nylon
Relative humidity	40%	Fire point	82 m×13.5 m
Visibility	30 m	Measurement time	every 30 s
Market size	230 m×132 m×12 m		

$$D = \left[\frac{Q}{\rho \cdot C_p \cdot T \cdot \sqrt{g}} \right]^{\frac{2}{5}} \quad (1)$$

시뮬레이션의 격자크기 민감도 수용범위는 미국원자력규제위원회에서 정하고 있는 $D/\delta x$ 4~16으로 설정하였고⁽⁴⁾ 계산된 민감도 값은 7.4로 적정범위 안에 들어갔다.

3.3 해석 모델 결과

3.3.1 열에 의한 온도 분석

화재시뮬레이션을 통한 최고 온도를 보면 Case A, Case B, Case C, Case D의 경우 약 175℃, Case E의 경우 약 125℃를 보였다. Case D와 Case E는 환기구가 중간 중간에 있지 않고 길이방향으로 길게 되어 있어 다른 Case에 비해 천장 전체로 연기가 확산되었으며 온도분포도 천장 전체에 걸쳐 나타나는 것으로 분석되었다. 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준에서 정하는 인명안전기준은 인체 호흡한계선인 1.8 m에서 열에 의한 온도는 60℃ 이하로 정하고 있으며 전체적으로 60℃ 이하의 온도분포를 보였다. 인명안전기준에 의한 온도의 영향은 Case별 모두 피난에 있어 안전하다고 판단되었다. 위의 결과로 볼 때 Case E가 길이의 양방향으로 연기배출이 이루어지는 관계로 온도분포도 비교적 다른 Case에 비해 낮은 분포를 보였다. 시뮬레이션 180초 때의 Case별 온도분포는 Fig. 4와 같다.

3.3.2 연기에 의한 배연성능 분석

화재발생시 발생하는 연기에는 각종 유해가스가 혼합되어 있다. 유기물의 열분해 및 연소 중의 화학반응은 복잡하고 온도나 산소 농도에 따라 다양하며, 중간 생성물의 발생 과정도 다르다. 화재시에 발생하는 열분해 물질 및 가연성가스, 연소가스, 공기 등의 혼합 기체를 일반적으로 연기라고 한다. 이들 영향은 가시도 저하에 따른 시각적 장애, 극도의 불안감, 공포심에 따른 심리적 장애 및 일산화탄소 등의 중독과 산소 결핍에 따른 호흡 장애, 심신의 기능 장애, 생리적인 장애 등을 받게 된다. 연기에 의한 인간의 행동은 패닉현상을 보이게 되며 공포심으로 인해 행동의 제약을 받게 된다.

화재시뮬레이션을 통한 연기농도를 시간의 경과함에 따라 Case별 모두 천장에 체류 및 확산되면서 환기구를 통해 배출되는 것을 알 수 있었다. Case A와 Case B는 비슷한 양상을 보였으나 Case B의 경우가 환기구 수가 많은 관계로 보다 더 연기농도가 낮게 나타났고 잘 배출되는 것으로 분석되었다. Case A~Case C를 비교하였을 경우 Case C가 양쪽에 길이방향으로 1 m 띄우고 환기구를 설치한 관계로 더 높은 배출성능을 보였다. Case D와 Case E의 경우 길이방향으로 길게 환기구가 형성이 되어 연기농도가 천장 상부에 길게 늘어져 있으며 배출되는 양상은 비슷하였으나 Case E가 더 나은 성능을 보였다. 전체적으로 볼 경우 연기농도와 배출성능으로 볼 경우 Case C가 가장 높은 성능을 보이는 것으로 분석되었다. 시뮬레이션 180초 때의 Case별 연기농도분포는 Fig. 5와 같다.

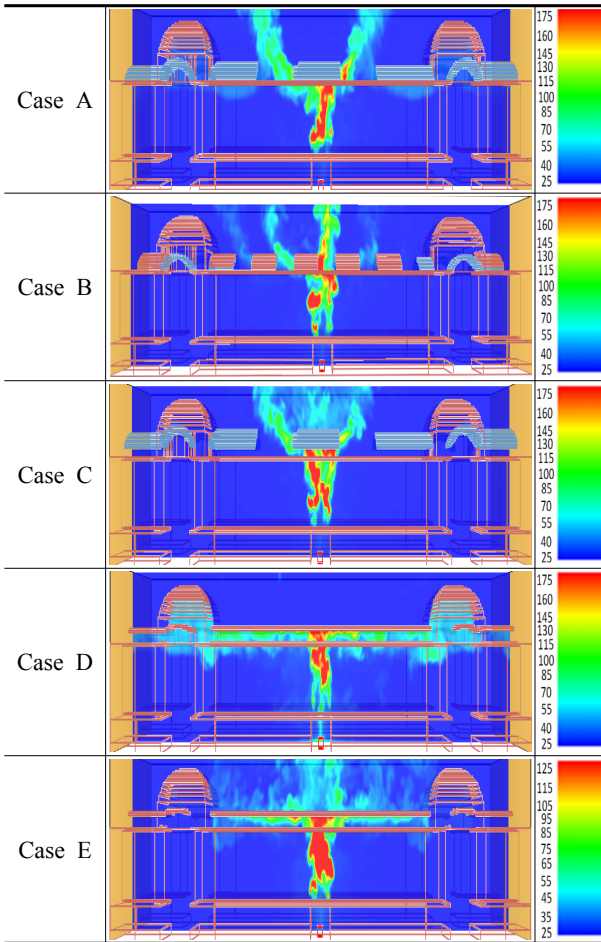


Fig. 4 Temperature distribution 180 s.

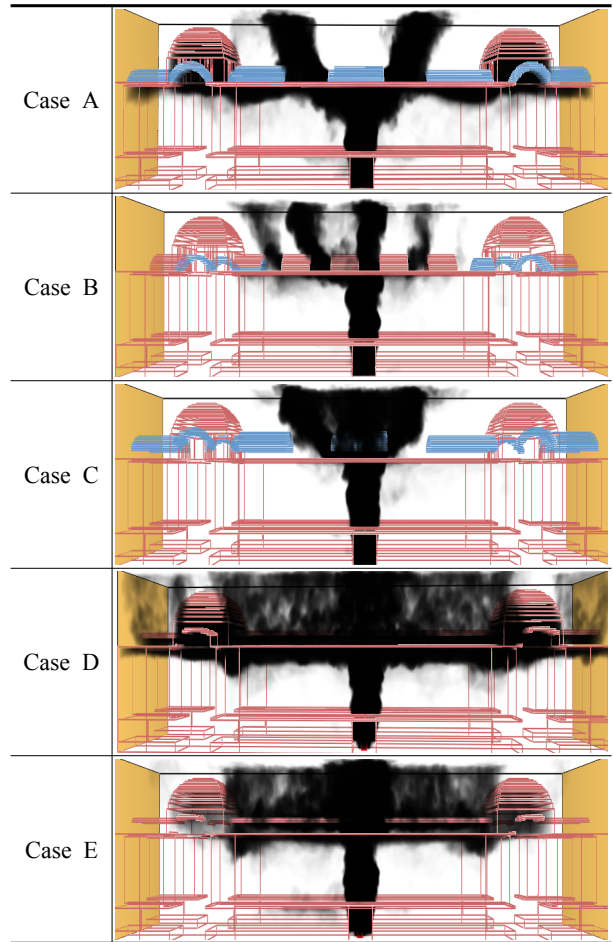


Fig. 5 Smoke concentration distribution 180 s.

4. 결 론

아케이드형으로 설치된 재래시장에서 화재발생시 통로 내부의 열과 연기의 배연성능을 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

- (1) 열에 의한 온도 분석은 Case E가 길이의 양방향으로 연기배출이 이루어지는 관계로 다른 Case에 비해 낮은 온도분포를 보였다. 그러나 인명안전기준에 의한 열에 의한 영향은 모두 만족하는 것으로 분석되었다.
- (2) 연기에 의한 배연성능 분석은 양쪽에 길이방향으로 1 m를 띄운 상태로 배출이 되므로 연기농도와 배출 성능으로 볼 경우 Case C가 가장 높은 성능을 보이는 것으로 분석되었다.

지역경제의 활성화를 위해 아케이드형 재래시장은 증가할 것으로 보이기 때문에 화재 안전성에 대한 강화가 필요할 것으로 보이며 피난 시 가장 위험요소로 작용하는 연기의 배출성능을 기초로 하여 연구·개발을 통한 피난성능을 확보하는데 부응할 것으로 사료된다.

References

1. Kim, K. H., Kim, T. Y., Roh, J. W., and Kim, B. S., 2008, Ventilation Performance Analysis of Arcade-type Markets according to the Market Structure and Arcade Form, Journal of Architectural institute of Korea Planning & Design

Vol. 24, No. 9, pp. 261-270.

2. Kim, T. Y., Kim, T. Y., Roh, J. W., and Kim, B. S., 2003, Study on Smoke Eliminating Performance of Arcade-type Conventional Market, Conference of Architectural institute of Korea, Vol. 23, No. 1, pp. 725-728.
3. Lee, B. H., Lee, J. G., and Lee, K. H., 2014, Reduction Methods for Egress Time of Studio-Apartment of a Double-Loaded Corridor Type, Journal of KIAEBS, Vol. 8, No. 3, pp. 111-116.
4. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition Fire Dynamics Simulator User's Guide p. 37.