

[Research Paper]

건물형 전통시장 화재발생시 피난안전성 확보를 위한 규모별 주요구조부 내화보강 연구

장혜민 · 황정하^{*†}

경북대학교 건설환경에너지공학부 대학원생, *경북대학교 건축학부 교수

A Study on the Enhancement of Fire Resistance Function in Primary Structure Department of Building Type Traditional Market

Hye-Min Jang · Jung-Ha Hwang^{*†}

Doctoral Student, School of Architecture and Civil Engineering, Kyungpook National University,
^{*}Professor, School of Architecture, Kyungpook National University

(Received May 30, 2020; Revised June 28, 2020; Accepted June 29, 2020)

요 약

본 연구는 건물형 전통시장의 화재 시뮬레이션을 통해 실내온도를 도출하여 온도구배를 이용하여 주요구조부의 온도를 산출하여 구조체 한계온도에 도달하는 시간과, 피난 시뮬레이션을 이용하여 도출된 피난완료시간을 비교하여 피난안전성을 평가하였다. 피난안전성이 확보되지 않는 건축물의 주요구조부재에 내화보강을 0.01~0.035 m 두께로 실시하는 것을 개선안으로 제시하여 피난안전성을 확보하고자 하였다. 소형과 중형은 내화보강이 0.025 m 이상일 때, 중대형과 대형은 0.035 m 이상 보강시 안전성이 확보되는 것으로 나타났다. 이에 피난안전성의 확보하기 위해선 내화 보강이 적용되어야 할 것으로 판단된다.

ABSTRACT

This study evaluates the safety of an asylum through a fire simulation of building Type traditional markets. We derive the building's indoor temperature, use the observed variation in temperature gradient to calculate the temperature of the main structure, and finally compares the time required to attain the limit temperature of the structure its time of escape. To ensure improved security of the asylum, the government has proposed a fire-resistance improvement plan for the major structural parts of buildings are not safe with thickness of 0.01 m and 0.035 m. Fire-resistance reinforcement for small - and medium-sized vehicles is more than 0.025 m, in thickness; moreover safety can be ensured for medium and large-sized vehicles fire using fire resistant reinforcement of over 0.035 m. Accordingly, in order to ensure the safety of an asylum, fire-resistant reinforcement measures may be considered.

Keywords : Building traditional market, Fire resistance performance, Structural safety, FDS, EURO-CODE

1. 서 론

국내 전통시장은 2019년 기준 전국에 1,450개가 있으며, 중소벤처기업부는 최근 5년간 267건의 화재가 발생하였다고 발표하였다. 이렇듯 전통시장의 화재는 매년 지속적으로 발생하고 있으며, 불특정다수가 출입하고, 건물 간 인동 거리가 좁고, 밀집도가 높으며, 전통시장 70%의 건축물이

20년 이상 되어 노후화 되어있어 화재에 매우 취약한 조건을 갖추고⁽¹⁾ 있다. 선행연구를 통해 전통시장의 평면형태와 내부배치에 따른 피난안전성을 평가하였으나, 복도 폭을 확대하는 등의 방법을 통해 병목현상을 해결해야 하는 것으로 나타나, 기존 건축물의 보안을 통해 피난안전성을 확보해야 하는 방안의 제안이 필요할 것으로 여겨졌다⁽²⁾. 이러한 전통시장의 대부분 콘크리트 구조체로 되어 있어 내

[†] Corresponding Author, TEL: +82-53-950-8544, FAX: +82-53-950-6590, E-Mail: peter@knu.ac.kr

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

화성이 우수한 것으로 알려져 있으나 2016년 발생한 서문시장 4지구 화재에 노출된 구조체가 붕괴한 일이 발생하였다. 이러한 콘크리트 구조물은 기본적으로 콘크리트 재료 자체의 낮은 열전도율 특성으로 내화성능을 확보하고 있으나 화재발생시 콘크리트 내부 수분의 기화로 인해 파괴가 발생 할 수 있다⁽³⁾. 또한, 그러나 화재와 같은 600 °C 이상의 고온 환경에서 급격히 내력이 저하하는 등 열화현상이 심각한 것으로 알려져 있다⁽⁴⁾. 하지만 화재발생시 주요 구조 부재가 어느 정도의 시간과 온도에 노출되었는지를 알 수 없으므로, 부재의 피해 정도를 정확히 판단하기 어렵다. 화재발생시 주요구조부의 붕괴로 인하여 인명피해의 발생 가능성이 있으나, 콘크리트 주요구조의 안전 확인은 식별에 어려움이 따르고 있다⁽⁵⁾.

본 연구는 건물형 전통시장의 화재발생시 주요구조부가 고온의 환경에서 파괴의 가능성이 높으므로, 이용자의 안전을 확보하기 위하여 시장규모별 구조안전성을 평가하고 내화보강 대안을 제시하여 주요구조부의 안전성을 평가하였다.

1.2 연구 방법 및 범위

본 연구는 건물형 전통시장 화재발생시를 대비하여, 구조안전성을 평가하고 시장규모별 내화보강 대안을 제시하여 주요구조부의 안전성을 확보하기 위한 연구로 방법 및 범위는 다음과 같다.

- 1) D도시에 위치한 건물형 전통시장을 현장 조사하여 평면형태와 내부배치 유형을 시장규모별로 분류하고, 일반유형을 도출하여, 규모에 따른 평균 면적과, 평균 점포개수 및 평균 점포면적을 도출하였다.
- 2) 건물형 전통시장 규모별 화재시물레이션(FDS)을 실시하여 실내기온 변화를 도출하고, 주요구조부 온도를 산출한 후, 구조한계온도 649 °C을 기준으로 구조제한계시간(Structure Limited Temperature, SLT)을 도출하였다.
- 3) 피난 시물레이션 프로그램인 Pathfinder ver. 2018을 이용하여 건물형 전통시장 규모에 따른 이용자의 피난소요시간(Required Safety Egress Time, RSET)을 도출하고 구조제한계시간(SLT)과 비교하여 피난안전성을 분석하였다.
- 4) 건물형 전통시장 주요구조부에 내화몰탈 보강 [ALT-1~3]: 0.01~0.035 m을 실시한 후, 피난안전성 평가하였다.

2. 내화성능기준 및 전통시장의 현황

2.1 국내외 내화성능기준

국내는 건축법 시행령 제56조(건축물의 내화구조)에 포함 될 경우, 주요구조부(보와 기둥, 바닥 및 외벽)에 대해 내화구조설계를 실시하도록 내화성능을 규정하고 있으며, 국토해양부 고시 제 2010-331호는 “내화구조의 인정 및 관리기준”에서 규칙 제 3조의 “기타 내화구조의 성능지정”에 근거한 내화구조의 확인 성능기준만을 규정하고 있다. 그

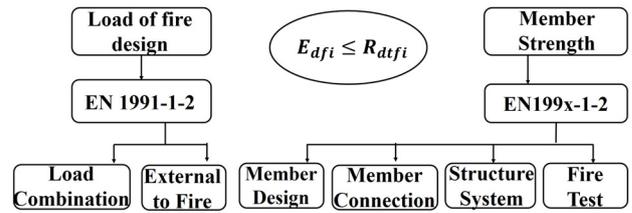


Figure 1. Considerations for the design of fire resistant structure of EURO-CODE.

러나 화재 시 고려해야 할 화재조건, 화재하중, 화재실 구획, 구조 및 내화 피복재료의 역학적 특성과 열적특성 및 환기 횟수 등이 고려되지 않아 현행 기준으로 주요구조부에 대한 피난안전성 확보예측이 어려운 실정이다.

Euro-code의 내화구조설계법은 Figure 1과 같이, EN 1991-1-2 (이하, EC1)는 표준화재시 화재하중 조합과 설계 질차, 역학적 기타 화재노출로 구분하며 온도해석, 화재곡선, 부록(풍향에 대한영향 등)을 다루며, EN 1992-1-2 (이하, EC2)는 화재시 콘크리트 구조설계에 필요한 재료 및 부재 등에 대한 특성과 설계에 대한 사항을 EN 1993-1-2 (이하, EC3)는 강재 구조설계에 필요한 재료 및 부재 등에 대한 특성과 설계에 대한 사항을 다룬다. EN 1994-1-2 (이하, EC4)는 EC2, EC3의 재료성질에 대한 정리와 합성부재의 설계법에 대해 R (Load bearing resistance, 하중지지력), E (Integrity, 차염성), I (Insulation, 차열성)의 3가지 성능기준을 기본으로 구조물 부재의 용도별 요구조건을 다룬다. 이와 같이 Euro-code는 성능위주소방설계를 적용하기 위하여 구조물의 종류와 용도 및 규모에 따라 적절한 내화설계를 실시하고 있다⁽⁶⁾.

2.2 국내 건물형 전통시장의 현황

국내 전통시장은 2019년 기준 전국에 1,400여개가 있으며, 대부분이 대도시와 같은 인구가 밀집되어 있는 지역에 집중되어 있어 화재발생시 인명피해 위험성이 크다. 전통시장은 점포개수에 따라 소형과 중형, 중대형 및 대형으로 구분되며, 외부형태에 따라 건물형과 장옥형, 노점형 및 주택복합형, 4가지로 구분되며⁽⁷⁾ D도시 전통시장 데이터 서비스에서 제공하는 전통시장의 형태에 따른 설립연도의 변화는 Figure 2와 같이 나타났다⁽⁸⁾. 1970년 이후 건물형 전통시장의 수가 증가하고 있으며, 2000년 이후에 신축된 전통시장의 경우 87%가 상가건물형으로 이루어져 있는 것으로 나타났다.

내부배치는 일반적인 상가와 같이 1층 점포가 바로 외부와 접촉되는 외부점포형(Outside store, Oss)과 이용자가 건물내에서 점포와 접촉을 할 수 있는 바둑판형(Check, Chk) 및 점포가 일렬로 나열되어 마주 보며, 사이에 넓은 복도 폭으로 구성된 정렬형(Alignment store, Als) 3가지로 구분된다⁽⁹⁾. 이를 D도시에 위치한 건물형 전통시장의 평면형태와

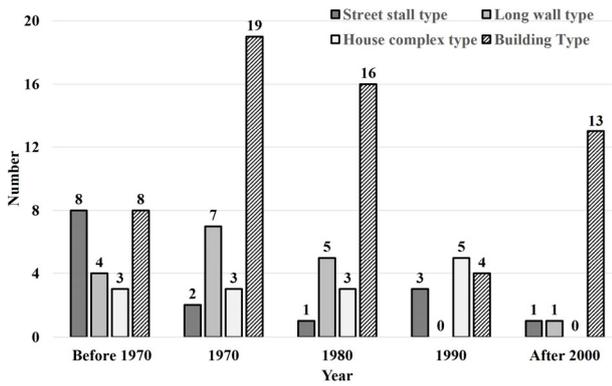


Figure 2. The Yearly Status of the Traditional Market in D City (As of 2019).

Table 1. Plan and Internal Layout type in the Traditional Building Market

Form	Rectangular	Notching	Truncated	Cruciform
Plane				
Internal layout	Outside Store	Check	Alignment Store	

내부배치는, Table 1과 같이 나타났다. 소형과 중형시장은 다양한 평면형태 가지고 있으며, 중대형과 대형시장은 사각형(Rec) 평면형태만으로 나타났다. 내부배치를 살펴보면 소형시장은 이용자의 접근성을 높이기 위한 외부점포형(Oss)만이 나타났으며, 중대형과 대형시장은 공간을 효과적으로 사용하기 위한 바둑판형(Chk)이 높은 비율로 나타났다. 그러나 중형시장은 다양한 내부배치 유형의 전통시장이 분포하고 있는 것으로 나타났다.

3. 화재발생시 건물형 전통시장의 실내기온과 주요구조부 온도

3.1 화재 시뮬레이션 입력조건

건물형 전통시장 화재발생시 구조안전성을 평가하여 시장규모별 내화보강 대안을 제시하여 주요구조부의 안전성을 확보하기 위하여 D도시에 위치한 건물형 전통시장을 대상으로 화재피난안전성 평가를 위한 입력조건은 Table 3과 같다.

건물형 전통시장의 평면형태와 내부배치를 분류한 Table 2를 근거로 시장규모별 다수의 형태와 배치를 일반적인 형태로 간주하여, 대상건축물의 평면형태와 내부배치는 Table 3의 상단과 같이 선정하여 화재 시뮬레이션을 실시하였다.

Table 2. Floor Plan and Interior Layouts in D-City Traditional Markets

Market Size	Plane				Internal Layout		
	Rec	Not	Tru	Cru	Oss	Chk	Als
Small (less than 100 stores)	10	1	3	6	20	0	0
Medium (More than 100 and less than 500 stores)	4	9	3	4	10	3	6
Medium-large (More than 500 and less than 1,000 stores)	3	0	0	0	0	3	0
Large (More than 1,000 stores)	2	0	0	0	0	2	0

Table 3. Input Data for Fire Simulation in D-City Traditional Markets Scale

Market Size	Small	Medium	Medium Large	Large
Plane	Rec	Not	Rec	Rec
Internal Layout	Oss	Oss	Chk	Chk
Average Store Area Ratio [%]	44.6	38.8	51.1	63.2
Average Store Area [m ²]	41.2	20.5	6.7	8.9
Average Number of Stores [n]	72	180	729	2968
Main Reaction Substance	Plastic	Plastic	Polyester	Cotton
Initial Room Temp [°C]	20			
Measurement Points [n]	90	90	180	250
Running Time [s]	720~950			

평균 점포면적 비율은 바둑판형을 가진 중대형과 대형시장이 높게 나타났으며, 중형시장이 가장 낮은 것으로 나타났는데 이는 공간활용의 효율이 낮은 절각형의 평면형태를 가진 것으로 나타났다. 점포의 평균면적은 소형시장이 가장 크고, 중대형시장이 가장 작은 것으로 나타났다.

화재발생은 1층 건축물의 중앙부에서 발생하여 급격하게 연소 확대되는 상황으로, 건축물의 구조체는 콘크리트 구조체이며, 소형과 중형시장은 주요품목이 액세서리 및 잡화이고, 중대형과 대형시장은 주요품목이 포목류로 점포마다 1.8 m 높이에 적재되어 있는 것으로 가정하였다. 실내기온은 외벽과 기둥에서 0.02 m 이격하고, 바닥부터 천정 사이를 0.2 m 간격으로 14등분하여 얻어진 기온 가운데 가장 높은 온도를 실내기온으로 설정하였다.

3.2 화재발생시 건물형 전통시장 규모별 실내기온 및 구조체 온도변화

화재발생시 시장 규모별 실내기온의 변화는 Figure 3 및 Table 4와 같이, 규모가 작은 소형시장의 기온상승이 가장

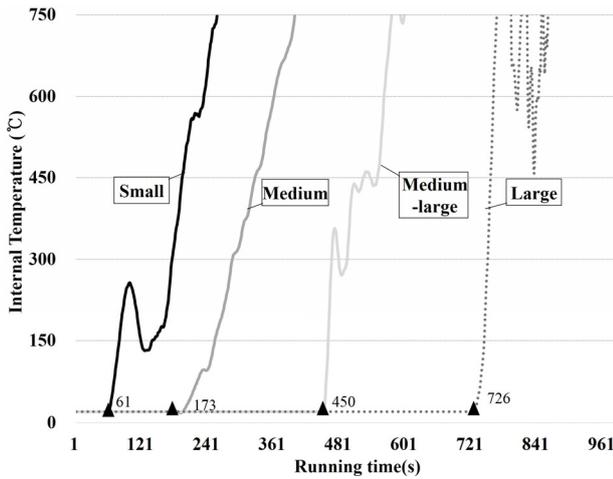


Figure 3. Indoor temperature by market size in case of fire[°C].

Table 4. Time of Room Temperature by Size of Building-Type Traditional Market in Case of Fire

Temp [°C]	Small	Medium	Medium-large	Large
900	272	419	626	778
750	257	398	574	766
600	232	360	560	759
450	193	325	522	754
300	174	284	493	749
150	78	252	458	742
20	61	173	450	726

빠르게 나타났으며, 규모가 큰 중대형과 대형시장은 화재가 건물 중앙에서 발생하여 실내기온에 서서히 영향을 주는 것으로 나타났다.

콘크리트 구조물은 화재발생시 일정시간동안 그 성능을 유지 할 수 있다. 고강도 콘크리트 기둥 보의 내화성능 관리기준에 따르면 내화성능 판단은 최고온도가 649 °C를 초과하면 구조체가 안전하지 않는 것으로 간주한다. 건축물의 실내기온을 화재 시뮬레이션(FDS)을 통하여 도출하였으며 아래 온도구배 식 (1)~(2)을 이용하여 건축물 주요구조부의 온도변화를 계산하였다. 외부온도는 2018년 평균온도인 12 °C, 내부온도는 20 °C, 구조체의 입력조건은 다음 Table 5와 같다.

$$R_i = \frac{T_i - T_o}{R} \quad (1)$$

여기서 R_i 는 단위면적당 열류량, T_o 는 외부온도 T_i 는 내부온도 R 은 열저항을 의미한다.

$$\Delta T_i = \frac{R_i}{R_t} \times T \quad (2)$$

Table 5. Conditions of Structural Section

Division	Thermal Conductance [W/m · k]	Specific Heat [J/kg °C]
Block	0.96	750
Insulation	0.036	-
Concrete	2.4	880
Plasterboard	0.19	1134

Table 6. Time of the Temperature of the Major Structural Parts by the Size of the Building-type Market in Case of Fire

Temp[°C]	Small	Medium	Medium-large	Large
900	273	426	618	778
750	252	406	575	773
649	219	372	567	765
450	196	340	508	754
300	178	297	470	749
150	83	257	464	742
20	62	183	456	726

T_i 는 벽체의 온도변화, R_i 는 온도저항, T 는 재료온도를 의미한다.

식 (1)~(2)을 이용하여 건물형 전통시장의 규모별 주요 구조부 온도변화는 Table 6과 같이 산출하였다. 구조체한계 온도는 내화성능관리기준에서 제시한 649 °C로 하였으며, 구조체의 온도가 649 °C를 초과하면 구조파괴가 발생 할 수 있으므로 안전이 확보되지 않는 것으로 가정 하였다. 소형시장은 62 s에 온도상승이 시작되어 157 s가 경과한 219 s에 구조체한계온도인 649 °C에 도달하는 것으로 나타났고, 중형시장은 183 s부터 온도상승이 시작되어 189 s 경과한 372 s에 구조체한계온도에 도달하며, 중대형시장은 456 s부터 온도가 상승하기 시작하여 111 s가 경과한 567 s에 구조체한계온도에 도달하고, 대형시장은 726 s부터 온도가 상승하여 765 s에 도달하는 것으로 나타났다.

Table 7. User Information by Size of Traditional Market in D City

Size	User density [m ² /p]	Gender	Teenage [%]	youth [%]	The aged [%]
Small	0.8	Male	3.1	51.1	12.3
		Female	1.6	25.6	6.2
Medium	1.2	Male	3.4	41.7	9.4
		Female	2.8	34.6	7.9
Medium-Large	0.5	Male	2	39.1	11
		Female	1.8	35.9	10.1
Large	0.6	Male	1.7	32.9	10.7
		Female	2.1	39.2	12.8

Table 8. Comparison of SLT and RSET by Size in Building-Type Traditional Markets

Size	User Number[p]	SLT [s]	RSET [s]
Small	963	219	< 248
Medium	5,145	386	< 389
Medium-Large	11,022	536	< 634
Large	42,555	750	< 808

4. 피난안전성 평가를 통한 주요구조부 보강 제안

4.1 건물형 전통시장 규모별 피난소요시간(RSET) 도출

건축물의 피난소요시간(Required Safe Egress Time, RSET)을 도출하기 위하여 피난시뮬레이션 프로그램인 Pathfinder를 실시하였다. 시장규모별 이용자 정보는 Table 7과 같이 D 도시 건물형 전통시장에서 조사된 이용자 밀도와[m²/인] 연령대별 성별 비율을[%]^(10,11) 이용하였고, 연령대와 성별

Table 9. Thermal Conductivity and Specific Heat of Refractory Mortar

Temp [°C]	30	100	200	300	400	500	600	700
W/m · k	0.034	0.034	0.020	0.05	0.05	0.05	0.059	0.068
J/kg °C	1500							

에 따라 보행속도를 적용하였다⁽¹²⁾.

시뮬레이션을 실시하여 Table 8과 같이 시장 규모별 피난소요시간(RSET)을 구조제한계시간(Structure Limit Time, SLT)과 비교하였을 때, 피난소요시간(RSET)이 구조제한계시간(SLT)보다 크게 나타나 화재발생시 피난안전성이 확보되지 않음을 알 수 있다. 이는 화재발생시 이용자의 피난이 완료되기 전에 건물형 전통시장 주요구조부의 붕괴가 발생할 가능성이 있는 것으로 여겨지므로, 내화보강을 실시하여 건축물의 안전이 확보되어야 한다.

4.2 주요구조부 보강 제안

건물형 전통시장 화재발생시 구조체의 안전성을 확보하고자 주요구조부인 기둥, 바닥 및 외벽에 내화 몰탈을 0.01 ~ 0.035 m 도포하는 보강방안을 제시하고, 이를 구조체에 보강한 후, 시장규모별 주요구조부의 시간경과에 따른 구조체의 온도변화를 분석하였다. 내화몰탈의 열전도율과 비열은 Table 9를 이용하였다⁽¹³⁾.

4.2.1 구조체 내화몰탈 0.01 m 보강시 [ALT-1]

건물형 전통시장의 내화보강을 위해 주요구조부에 0.01 m 두께 내화몰탈 도포 시, 구조체의 온도변화는 Figure 4, Table 10과 같이 나타났다. 소형시장은 온도상승이 기존 62 s에 비해 89 s로 온도상승시간이 27 s 지연되었으며, 구조체 한계온도도 기존 219 s보다 23 s 지연된 242 s로 나타났다. 중형시장은 온도상승이 기존 183 s에 비해 11 s 지연된

Table 10. Time of Structural Temperature by Market Size when Reinforcing 0.01 m Fire Resistance Mortar [ALT-1]

Temp [°C]	Small			Medium			Medium-Large			Large		
	Exi	Del	Rei	Exi	Del	Rei	Exi	Del	Rei	Exi	Del	Rei
900	273	+20	293	426	+4	430	618	-7	611	778	+12	790
750	252	+20	272	406	+9	415	575	+24	599	773	+4	777
649	219	+23	242	372	+3	375	567	+26	593	765	+8	773
600	210	+26	236	370	+0	370	564	+26	590	759	+12	771
450	196	+26	222	340	+10	350	508	+26	534	754	+12	766
300	178	+11	189	297	+3	300	470	+29	499	749	+12	761
150	83	+29	112	257	+7	264	464	+31	495	742	+13	755
20	62	+27	89	183	+11	194	456	+27	483	726	+11	737

Exi : Existing, Del : Delay, Rei : Reinforcement

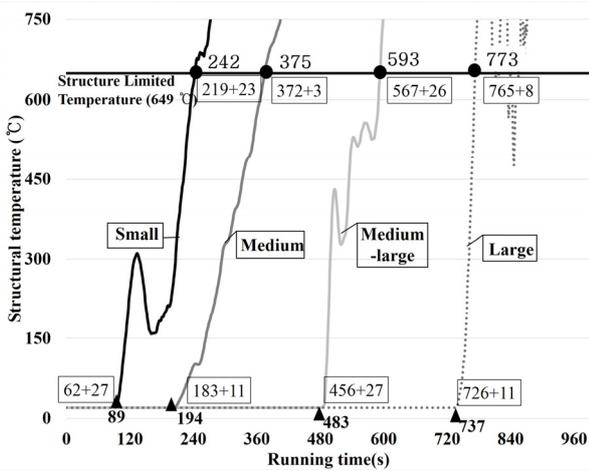


Figure 4. Temperature of structural parts by market size when reinforcing 0.01 m Fire Resistance mortar [ALT-1].

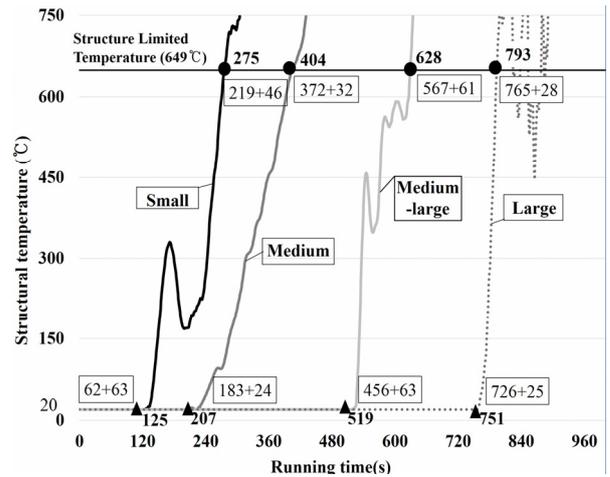


Figure 5. Temperature of structural parts by market size when reinforcing 0.025m Fire Resistance mortar [ALT-2].

Table 11. Time of Structural Temperature by Market Size when Reinforcing 0.025 m Fire Resistance Mortar [ALT-2]

[unit: s]

Temp [°C]	Small			Medium			Medium-Large			Large		
	Exi	Del	Rei	Exi	Del	Rei	Exi	Del	Rei	Exi	Del	Rei
900	273	+48	321	426	+26	452	618	+27	645	778	+32	810
750	252	+53	305	406	+25	431	575	+59	634	773	+25	798
649	219	+46	265	372	+32	404	567	+61	628	765	+28	793
600	210	+61	271	370	+23	393	564	+62	626	759	+33	792
450	196	+60	256	340	+18	358	508	+34	542	754	+32	786
300	178	-14	164	297	+19	316	470	+66	536	749	+32	781
150	83	+66	149	257	+27	284	464	+68	532	742	+32	774
20	62	+63	125	183	+24	207	456	+63	519	726	+25	751

Exi : Exisecting, Del :Delay, Rei : Reinforcement

194 s로 나타났으며, 구조체한계온도에 도달하는 시간도 기존 372 s보다 3 s 지연된 375 s로 나타났다.

중대형시장은 온도상승시간이 기존 456 s에 비해 27 s가 지연된 483 s에 나타났고, 구조체한계온도에 도달하는 시간도 기존 567 s 대비 26 s 지연된 593 s로 나타났다. 대형시장의 온도상승시간은 기존 726 s보다 11 s 지연된 737 s로 나타났고, 구조체한계온도에 도달하는 시간도 기존 765 s보다 8 s 지연된 773 s로 나타났다.

4.2.2 구조체 내화물탈 0.025m 보강시 [ALT-2]

건물형 전통시장의 주요구조부에 내화물탈을 0.025 m 두께로 도포시 구조체의 온도변화는 Figure 5, Table 11과 같이 나타났다. 소형시장은 온도상승이 기존 62 s 대비 63 s 지연된 125 s로 나타났으며, 구조체한계온도에 도달하는 시간이 기존 219 s 대비 46 s 지연된 265 s로 나타났다. 중형시장은 온도상승이 기존 183 s보다 24 s 지연된 207 s로 나타났으며, 구조체한계온도에 도달하는 시간은 기존 372 s보다

32 s 지연된 404 s로 나타났다. 중대형시장은 온도상승시간이 기존 456 s에 비해 63 s 지연된 519 s로 나타났으며, 구조체한계온도에 도달하는 시간은 기존 567 s보다 61 s 지연된 628 s로 나타났다. 대형시장의 온도상승은 기존 726 s보다 25 s지연된 751 s로 나타났고, 구조체한계시간이 기존 765 s보다 28 s 지연된 793 s로 나타났다.

4.2.3 구조체 내화물탈 0.035 m 보강시 [ALT-3]

건물형 전통시장의 주요구조부에 내화물탈을 0.035 m 두께로 도포시, 구조체의 온도변화는 Figure 6 및 Table 12와 같이 나타났다.

소형시장은 온도상승이 기존 62 s 대비 80 s 지연된 142 s로 나타났으며, 구조체한계온도에 도달하는 시간도 기존 372 s보다 42 s 지연된 414 s로 나타났다. 중대형시장은 온도상승시간이 기존 456 s보다 80 s 지연된 536 s로 나타났고, 구조체한계 온도 도달시간도 기존 536 s보다 73 s 지연된 640 s로 나타났다. 대형시장은 기존 726 s보다 35 s 지연

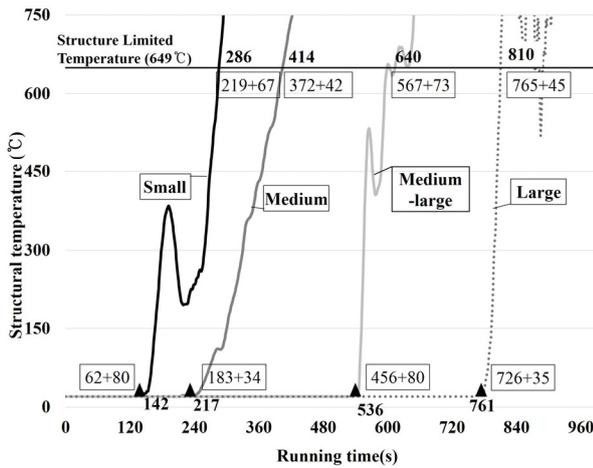


Figure 6. Temperature of structural parts by market size when reinforcing 0.035 m Fire Resistance mortar [ALT-3].

된 761s로 나타났고, 구조제한계시간이 기존 765s보다 45 s 지연된 810 s로 나타났다.

4.3 보강 제안에 따른 시장 규모별 피난안전성 평가

건물형 전통시장의 건축물 주요구조부의 내화물탈 보강을 [ALT-1~3]과 같이 0.01~0.035 m 도포하는 보강방안을 실시하였을 때, 화재발생시 건축물 주요구조부에 대한 피난안전성 평가는 Table 13과 같이 나타났다.

시장규모별 피난안전성을 살펴보면, 점포수가 100 개 미만인 소형시장은 기존 구조제한계시간[SLT]과 피난소요시간[RSET]을 비교하였을 때 주요구조부에 내화물탈 0.01 m 보강한 [ALT-1]의 경우 구조제한계시간이 23 s 지연되었으나, 구조체의 안전성이 확보되지 않는 것으로 나타났다. 주요구조부에 내화물탈 0.025 m 보강한 [ALT-2]의 경우 구조제한계시간이 56 s가 지연되었고, 구조부에 내화물탈 0.035 m 보강한 [ALT-3]은 67 s 지연되었다. [ALT-2] 0.025 m, [ALT-3] 0.035 m 보강시 구조안전성이 확보되는 것으로 나타났다.

점포수가 500개 미만인 중형시장은 기존 구조제한계시간[SLT]과 피난소요시간[RSET]을 비교하였을 때 주요구조부에 내화물탈 0.01 m 보강한 [ALT-1]의 경우 구조제한계

Table 12. Time of Structural Temperature by Market Size when Reinforcing 0.035 m Fire Resistance Mortar [ALT-3]

[unit: s]

Temp [°C]	Small			Medium			Medium-Large			Large		
	Exi	Del	Rei	Exi	Del	Rei	Exi	Del	Rei	Exi	Del	Rei
900	273	+55	328	426	+27	453	618	+37	655	778	+41	819
750	252	+42	294	406	+16	422	575	+73	648	773	+40	813
649	219	+67	286	372	+42	414	567	+73	640	765	+45	810
600	210	+73	283	370	+26	396	564	+30	594	759	+50	809
450	196	+73	269	340	+26	366	508	+52	560	754	+50	804
300	178	+1	179	297	+33	330	470	+85	555	749	+50	799
150	83	+84	167	257	+43	300	464	+87	551	742	+51	793
20	62	+80	142	183	+34	217	456	+80	536	726	+35	761

Exi : Existing, Del :Delay, Rei : Reinforcement

Table 13. Evaluation of Evacuation Safety by Reinforcing Fire Resistance Mortar

Size	RSET [s]	Exi [s]	ALT-1		ALT-2		ALT-3		
			Fire Resistance Mortar 0.01 m Rei [s]	Delaying Time [s]	Fire Resistance Mortar 0.025 m Rei [s]	Delaying Time [s]	Fire Resistance Mortar 0.035 m Rei [s]	Delaying Time [s]	
				Ratio[%]		Ratio[%]		Ratio[%]	
Small	248	>	219	242	+23	275	+56	286	+67
					+11				+26
Medium	389	>	372	395	+23	404	+32	414	+42
					+6				+9
Medium-Large	634	>	567	593	+26	628	+61	640	+73
					+5				+11
Large	808	>	765	773	+8	793	+28	810	+45
					+1				+4

Exi : Existing, Rei : Reinforcement

시간이 23 s 지연되었으나, 구조체의 안전성이 확보되지 않는 것으로 나타났다. 주요구조부에 내화물탈 0.025 m 보강한 [ALT-2]의 경우 구조체한계시간이 32 s가 지연되었고, 구조부에 내화물탈 0.035 m 보강한 [ALT-3]은 42 s 지연되어, [ALT-2] 0.025 m, [ALT-3] 0.035 m 보강시 구조안전성이 확보되는 것으로 나타났다.

점포수가 1,000개 미만인 중대형시장은 기존 구조체한계시간[SLT]과 피난소요시간[RSET]을 비교하였을 때, 주요구조부에 내화물탈 0.01 m 보강한 [ALT-1]의 경우 구조체한계시간이 26 s 지연되었고, 주요구조부에 내화물탈 0.025 m 보강한 [ALT-2]의 경우 구조체한계시간이 61 s가 지연되었으나, 구조체의 안전성이 확보되지 않는 것으로 나타났다. 구조부에 내화물탈 0.035 m 보강한 [ALT-3]은 73 s 지연되어, [ALT-3] 0.035 m 보강시 구조안전성이 확보되는 것으로 나타났다.

점포수가 1,000 개 미만인 대형시장은 기존 구조체한계시간[SLT]과 피난소요시간[RSET]을 비교하였을 때 주요구조부에 내화물탈 0.01 m 보강한 [ALT-1]의 경우 구조체한계시간이 8 s 지연되었고, 주요구조부에 내화물탈 0.025 m 보강한 [ALT-2]의 경우 구조체한계시간이 28 s가 지연되었으나, 구조체의 안전성이 확보되지 않는 것으로 나타났다. 주요구조부에 내화물탈 0.035 m 보강한 [ALT-3]은 45 s 지연되어, [ALT-3] 0.035 m 보강시 구조안전성이 확보되는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구는 건물형 전통시장 화재발생시 피난안전성 확보를 위하여 시장규모별 건축물의 실내기온을 이용하여 주요구조부 온도를 도출하고 피난소요시간[RSET]과 비교하여 피난안전성을 평가한 후, 주요구조부의 피난안전성을 확보하기 위한 내화보강을 제안한 연구로 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 국내의 내화설계는 건물용도, 층수와 높이만을 고려해서 내화시간을 제시하고 있으나, EURO-CODE의 경우 하중지력, 차염성 및 차열성 3가지 기준을 기본으로 주요구조부의 용도별 요구 조건을 고려한 성능기반 설계가 반영되어있어 구조물의 종류와 용도 및 규모에 따라 적절한 내화설계를 실시하고 있다.

2) 화재 시뮬레이션 FDS를 실시하기 위하여 건물형 전통시장의 규모에 따라 일반적인 형태를 선정하였다. 화재 시나리오는 화재발생은 1층 건축물의 중앙에서 발생하여 급격하게 연소 확대되는 상황이며, 점포마다 1.8 m 높이로 가연성의 상품이 적재되어 있는 것으로 가정하였다.

화재시뮬레이션을 통해 실내기온을 도출한 후, 열전달 방정식을 이용하여 주요구조부 온도를 산출하고, 피난 시뮬레이션을 이용하여 도출한 피난소요시간(RSET)과 구조한계온도 649 °C에 도달하는 구조체한계시간(SLT)과 비교

하여 피난안전성을 평가하였을 때, 피난소요시간(RSET)이 구조체한계시간(SLT)보다 크게 나타나 화재발생시 피난안전성이 확보되지 않았으므로, 내화보강을 실시하여야 하는 것으로 판단된다.

3) 주요구조부의 피난 안전성을 확보하고자 주요구조부인 기둥, 바닥 및 외벽에 내화 물탈을 0.01~0.035 m 도포한 후, 시간경과에 따른 구조체의 온도변화를 분석하였다. 소형시장과 중형시장의 경우 내화보강이 0.025 m 이상하였을 때 구조안전성이 확보되는 것으로 나타났으며, 중대형시장과 대형시장은 0.035 m 이상 내화 보강시 구조안전성이 확보되는 것으로 나타났다.

연구를 통하여 건물형 전통시장에 화재가 빈번히 발생할 우려가 예상되며 이를 성능위주소방설계를 반영한 주요구조부 내화 보강이 적용되어야 할 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 2019년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019R1A6A3A13092943).

References

1. I. H. Koo, Y .C. Shin, Y. J. Kwon, H. Yoshihiko and O. Yoshifumi, "A Case Study on the Propagation Process of Market Fire in Korea: in the Case of the Sinjin Market Fire", Proceedings of 2010 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 43-47 (2010).
2. H. M. Jang, Y. H. Bae, J. Y. Son, W. H. Hong and J. H. Hwang, "Evaluation of Evacuation Safety According to the Floor Plan and Internal Layout of Building-type Traditional Markets", Journal of The Korean Society of Living Environmental System, Vol. 26, No. 3, pp. 321-331 (2019).
3. B. H. Kans, "Properties of High-heated Concrete", Magazine of the Korea Concrete Institute, Vol. 14, No. 2, pp. 17-23 (2002).
4. J. Spicer, R. Osiander, L. C. Aamodt and R. B. Givens, "Microwave Thermoreflectometry for Detection of Rebar Corrosion", Structural Materials Technology III: An NDT Conference, San Antonio, TX, SPIE, pp. 402-409 (1998).
5. C. W. Lim, K. I. Han, S. J Lee and D. W Lee, "Analysis and Reinforcement Method on the Damaged Structures of Fire", Magazine of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 16, No. 1, pp. 45-54 (2012).
6. K. Min, "Structural Fire Design of Steel Structures Using Eurocodes", Journal of the Korean Association for Spatial Structures, Vol. 13, No. 3, pp. 19-25 (2015).

7. "Survey on the Management of Traditional Markets" (2010).
8. Daegu Traditional Market Service Agency, "Traditional Market Data Service" (2013).
9. Y. K. Baek, "A Study on the Characteristics of Architectural Form in Urban Space", Master's Thesis, Soonchunhyang University (2014).
10. H. M. Jang, Y. H. Bae, J. Y. Son, W. H. Hong and J. H. Hwang, "Analysis of Required Safe Egress Time Reflecting the Floating Population of the Medium-sized Traditional Market Building Type", International Conference of Asia Institute of Urban Environment (2018).
11. H. M. Jang, Y. H. Bae, J. Y. Son, W. H. Hong and J. H. Hwang, "A Study on the Occupant Load Factor of the Traditional Market in Daegu", SAREK Summer Annual Conference, pp. 398-401 (2018).
12. S. J. Park, J. S. Lee, D. H. Kang, E. H. Jung, H. S. Jun, S. B. Park and J. S. Lee, "A Study on the Walking Speed and Stretch by Age", Proceedings of 2007 Fall Conference of ESK, pp. 430-434 (2007).
13. J. W. Lim, S. K. Kim, T. W. Kim, S. G. Song, G. C. Lee and S. Y. Seo, "FEA for Improving Fire Resistance Capacity of Reinforced Concrete Structures Strengthened with CFRP", Proceedings of the Korea Concrete Institute, Vol. 29 No. 2 pp. 680-680 (2017).