국내 산업전시장에 대한 재실인원 실측조사 및 재실자밀도 기준 적정성에 관한 연구

Occupant Numbers and Adequacy of Occupant Load Density Standards for an Exhibition Hall in Korea

서동구* · 황은경**

Seo, Donggoo*, and Hwang, Eunkyong**

Abstract

This study aimed to obtain the basic data for performance-based evacuation safety designs by surveying the occupant numbers in an exhibition hall using the people counting system (PCS) and to verify the adequacy of the current criteria for occupant load density. To this end, we conducted a nine-month long survey on the exhibition hall to investigate occupant load densities according to the exhibition type. The exhibitions were categorized into two types. The maximum occupant load density of a nurturer exhibition was 6.3 m²/person while that of a general exhibition was 6.1 m²/person. Thus, the maximum occupant load density values were similar for the two types. However, there was a difference in frequency between the two types such that the nurturer exhibition showed the occupant load density close to the maximum value. In addition, a slight difference between the results of investigating the occupant load density criteria (0.45~2.8 m²/person, according to building codes such as IBC, BS, and NZBC) and the results of the actual survey was verified.

Key words : Occupant Load Density, Exhibition Hall, People Counting System, PBD

요 지

본 연구는 산업전시장에 있어서 재실인원을 무인계수시스템을 이용하여 실측조사함으로써 현재 재실자밀도 기준에 대한 적정성을 확인하고 성능위주 피난안전설계의 기초자료를 확보하는 목적을 갖고 있다. 이를 위해 산업전시장에 대하여 9개월 동안 조사를 실시하여 전시유형에 따른 재실자밀도의 수준을 조사하였다. 전시유형을 2가지로 분류하여 육아전시회의 최대 재실자밀도는 6.3 m²/인으로 도출되었고 일반전시회는 6.1 m²/인으로 유사한 결과가 도출되었다. 한편 빈도수는 2가지의 유형이 차이를 보였으며 육아전시회의 경우가 최댓값에 가까운 재실자밀도를 나타냈다. 또한 국내외 재실자밀도 기준에 대하여 조사한 결과(0.45~2.8 m²/인), 실측조사와는 다소 차이가 있는 것으로 확인하였다.

핵심용어 : 재실자밀도, 산업전시장, 무인계수시스템, 성능위주 피난안전설계

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

건축물의 피난안전설계에서 재실인원의 수는 매우 중요한 인자이다. 피난계산을 수행하기 위해서는 재실인원의

수, 보행속도, 유효유동계수 및 피난지연시간 등 다양한 인자가 필요로 하지만 이 중에서 재실인원을 파악하는 것은 피난용량의 수준을 결정하는데 많은 영향을 미친다.

국외의 사양설계에서도 ‘수용인원’에 따른 피난용량 계산은 중요하게 고려하고 있고 특히 결정론적 방법의 성능위주

*교신저자, 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원, 공학박사(Tel: +82-31-910-0622, Fax: +82-31-910-0392, E-mail: donggooseo@kict.re.kr)

Corresponding Author, Member, Ph.D., Department of Living and Built Environment Research, KICT

**정회원, 한국건설기술연구원 선임연구위원, 공학박사

Member, Ph.D., Senior Research Fellow, Department of Living and Built Environment Research, KICT

설계에서는 필요한 피난시간(Required Safe Egress Time, RSET)에 영향을 미치기 때문에 대부분의 국가에서는 재실인원을 결정할 때 설계자의 재량보다는 기준으로 설정하는 것이 일반적이다(Building Center of Japan, 2001; BSI, 2008; Building Department, 2011; Singapore Civil Defence Force, 2013; NFPA, 2015; ICC, 2018).

이에 대하여 국내의 경우도 피난안전설계를 위해 개별법령에서 목적은 다소 상이할 수 있으나 재실자밀도를 기준으로 정하고 있다. 관련법령으로는 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법(초고층재난관리법) 시행령」의 용도별 거주밀도, 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」의 피난안전구역 면적 산정기준 및 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」의 화재 및 피난시뮬레이션 시나리오 작성 기준이 있다. 하지만 언급된 규정의 재실자밀도 기준은 미국, 영국 및 일본 등의 선진국 기준을 인용함으로써 실제 국내의 상황을 반영하지 못하였다.

특히 불특정 다수인이 이용하는 건축물 용도, 이를테면 판매용도, 운수용도 및 전시용도 등에 있어서는 국가의 문화 및 사회적 특성에 따라 다르게 나타날 수 있기 때문에 이에 대한 검증은 반드시 필요하다(Seo and Hwang, 2017).

이 중 전시용도의 경우는 「건축법시행령」의 건축물 용도에 의하면 박물관, 미술관, 과학관, 문화관, 체험관, 기념관, 산업전시장 및 박람회장으로 구분되고 일부는 사전예약을 통해 단체관람 등으로 관리가 되지만 대부분은 일정시간 내 많은 인원이 방문하고 이를 정량적으로 파악하는 것은 매우 어렵다.

더욱이 전시용도 중 산업전시장 및 박람회장(이하, ‘산업전시장’)은 재실인원이 전시하는 목적에 따라 내부 전시부스의 유형 및 면적 등이 다르기 때문에 피난안전설계의 위험요소로 작용될 가능성이 크다고 지적되고 있다(Seo et al., 2016). 또한 산업전시장은 재실인원을 조사하는 사례가 매우 적고 실측보다는 내부의 자료를 인용하거나 단기간에 조사된 자료로 실태를 파악하기에 정보가 미흡하다(Youn et al., 2011). 특히 전시장의 특성상 영유아 또는 고령자 등의 재난약자가 다수 참여하는 전년도 고려될 수 있어 화재안전 측면에서 재실인원의 수준을 파악하는 것은 매우 중요한 연구로 판단된다.

따라서 본 연구는 산업전시장에 있어서 재실인원을 실측 조사하여 현재 재실자밀도 기준에 대한 적정성을 분석하고, 피난안전설계에 적용될 수 있는 기초적 자료를 구축하는데 목적이 있다. 또한 선행된 연구보다 장시간의 조사를 실시하여 보다 신뢰성 있는 자료를 구축하는데 주안점을 두었다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구는 산업전시장의 재실인원을 측정하고 이를 이용해 국내 재실자밀도 기준을 검토하는 것을 목적으로 다음의 연구방법으로 수행하였다.

첫째, 대상건축물의 재실인원 측정은 무인계수시스템(People Counting System, PCS)을 이용해 전시장별 전체 재실인원을 10분 단위로 측정함으로써 최대 재실인원에 대한 정보를 수집한다.

둘째, 전시장별 면적은 산업전시장의 전시 유형에 따른 평균 유효면적을 사용하여 총면적(gross area)을 이용하였으며 전시부스의 영향은 제외하였다.

셋째, 조사된 결과와 국내의 재실자밀도 기준을 비교함으로써 국내 재실자밀도 기준의 적정성을 검토하였다.

넷째, 조사된 결과는 국내 산업전시장의 일부를 조사한 것으로서 모든 전시장 형태를 포함하지는 않지만 전시유형에 따른 결과를 조사함에 따라 향후 재실자밀도에 대한 기초자료로서 제시하였다.

2. 산업전시장의 분류 및 재실유형

산업전시장에 대하여 Yun (2001)은 “전시주최자, 출판업체, 관람객이 전시장에서 마케팅이 이루어지는 총체적 개념으로 마케팅 이외에 상호간 인적, 물적 교류를 통하여 상호이해와 교류를 심화하고 이해증진은 물론 발달된 기술과 문물, 문화를 도입 또는 비교하는 참가자간의 커뮤니케이션의 한 장”이라고 정의하고 있다. 산업전시장의 정의로 많은 연구자들이 기술하는 것이 일부 다를 수 있겠으나 기술 등의 홍보를 위해 전시하여 방문하는 관람객에 의해 교류가 이루어지는 것으로 볼 수 있다. 대부분의 산업전시장은 종합박람회, 전문전시회, 종합 또는 전문전시장으로 구분되며 국내에서 주로 이루어지는 전시는 종합박람회의 유형을 띄고 있다(Yun, 2001).

한국전시산업진흥회의 전시장 규모에 관한 통계를 살펴보면 국내 전시장 규모로는 고양시에 위치한 킨텍스가 가장 큰 규모로 이루어져있으며 다음으로 부산광역시의 벡스코, 서울특별시의 코엑스 순이다. 대부분 시설의 형태는 홀(hall)로 구분하여 운영하고 전시하는 규모나 유형에 따라 합치거나 분할하는 운영방식을 하고 있다(AKEI, 2017).

UN산하 아시아 태평양 경제사회 위원회(Economic and Social Commission of Asia and Pacific, ESCAP)에서는 5가지로 전시회를 분류하고 있는데 이를 기반으로 대한무역투자진흥공사(Korea Trade-Investment Promotion Agency, KOTRA)에서는 종합박람회, 전문박람회, 종합전시회 및 전문전시회로 전시회의 규모, 기술부문 및 국가 등의 차이에 따라 구분하고 있다.

한편, 재실자밀도와 관련해서는 전시하는 목적에 따라 전시 관람객 수의 차이가 있고, 이중 최대의 재실인원을 상정하여 피난안전설계 및 계획 등에 적용되는 것을 감안하면 가능한 최대 인원을 상정하는 것이 합리적이다. 따라서 본 연구에서는 전시회 중 인원이 집중도가 높은 전시회를 중심으로 재실인원을 도출하고, 집중도가 낮은

전시회도 함께 분석하여 재실자밀도의 차이에 대해 분석하였다.

3. 재실자밀도 조사방법 및 조건

3.1 재실자밀도 조사방법 및 시기

산업전시장은 일부 분야의 기술, 물품 및 컨퍼런스 등에 따라 제한된 구획 내 다양한 전시공간을 연출하고 특정 또는 불특정 인원이 관람하는 특징이 있다. 대부분의 전시는 관계자만 참석하거나 단체관람 등의 국한된 인원만으로 진행하나 건축박람회 또는 육아전시회 등과 같이 특정 분야의 전시회이지만 전시되는 물품 등이 다양하여 불특정 다수가 이용하게 되는 경우도 존재한다. 이에 산업전시장 방문객에 대한 세부적인 조사를 위해서는 전시유형별 재실인원의 특성을 전시목적, 전시기간 및 시간에 맞춰 조사하는 것이 필요하다.

또한 산업전시장은 접근성, 교통수단 및 규모 등에 따라 방문객의 수가 다르고 전시장의 활용성이 높은 곳에 집중될 수 있다. 이에 Kim et al. (2016)이 전국의 전시장 공급면적과 연간 가동률, 연간 가동일을 분석하여 연간 사용면적을 분석 결과를 인용하여 고양시에 위치한 KINTEX를 조사대상물로 선정하였다. 해당 산업전시장은 총 2개의 전시장과 10개의 전시홀을 보유하고 있다. 모든 전시홀에 대한 조사를 진행하게 되면 다양한 표본을 수집할 수 있으나 조사 소요비용과 협조 등을 고려하여 본 연구에서는 3개의 전시홀(3~5홀)을 대상으로 하였다.

전시홀의 총면적(Gross area)은 3~4홀의 경우는 10,773 m², 5홀은 10,611 m²이며, 유효면적은 전시홀 내부의 레이아웃을 결정하면서 공간을 사용하지 않는 공간면적(설비공간, 자재보관공간 및 인원통제공간 등)이 존재하기 때문에 전시유형에 따라 평균 순면적을 도출하였으며 재실자밀도 계산에 적용되는 부분은 결과분석에서 논의하도록 한다.

조사기간은 8개월(2018.5.1.~2018.12.31.)을 관찰하였으며 조사방법은 무인계수시스템(PCS)을 이용하였다. 무인계수시스템은 카메라, 센서 또는 기타 전자장비를 활용하여 특정 동선부나 출입문을 지나가는 사람을 자동으로 계수하여 이를 자료화하는 시스템(Seo and Hwang, 2017)을 말하며, PCS를 이용한 조사방법에 대해서는 3.2절에 기술한다.

3.2 무인계수시스템(PCS) 활용 조사방법

무인계수시스템은 카메라, 센서 또는 기타 전자장비를 활용하여 특정 동선부나 출입문을 지나가는 사람을 자동으로 계수하여 이를 자료화하는 시스템을 말한다(Seo and Hwang, 2017). 무인계수시스템이 활용되는 이유로는 객관성, 일관성 및 효율성 측면 등이 존재하며 활용성 측면에서 비교대상이 되는 것은 인력에 의한 계수방법이다. 인력에 의한 계수시

스템을 이용하는 것은 과거부터 현재까지 널리 사용되는 방법이나 자료의 객관성 및 분석방법 측면에서 자료의 신뢰성이 저하되고 고비용을 요구하기 때문에 많은 기간을 두고 관찰하는 조사에는 한계점을 갖는다(Seo et al., 2009).

한편, PCS의 측정방법은 일반 센서형, 영상 분석형, 3D센서형(열화상방식, 감압방식 등)으로 구분된다. 일반 센서형은 IR 또는 RF센서를 이용하는 방식으로 출력부와 수신부를 통해 해당 센서 사이의 물체 움직임을 감지하는 방식으로 측정방법은 단순하지만 정확도가 낮아 인원계수보다는 단순한 인원유동의 크기 등을 산정할 때 활용된다. 또한 3D센서형은 다른 방식에 비해 우수한 정확도를 보이거나 측정범위가 넓게되는 경우에는 정확도가 저하되고 다른 방식에 비해 고비용이 요구된다.

한편, 영상 분석형은 과거의 CCTV를 통한 영상분석을 진행한 것과 같이 카메라로부터 얻어진 영상자료를 분석하는 것을 컴퓨터 프로그램으로 분석하는 것으로 자료 수집과 정확도 측면에서 널리 사용되고 있다. 특히 천장에서 측정하는 헤드카운터방식의 경우 출입구에서의 인원 측정의 높은 정확도를 나타낸다.

산업전시장의 경우 다른 건축물에 비해 층고가 높고 계수해야 되는 출입구의 범위가 넓기 때문에 비교적 고정적으로 계수의 정확도가 높은 헤드카운터 방식을 적용하였다. 또한 적용되는 알고리즘에는 영상에 움직이는 물체와 배경을 실시간으로 분리하여 물체 인식 정확도를 향상시키는 배경·전경 알고리즘, 물체와 전경이 배경으로부터 구분이 되면 계속적으로 그 물체의 움직임을 추적하여 물체 구분 및 중복계수를 방지하는 물체 추적 알고리즘을 적용하여 신뢰성을 확보하였다.

Fig. 1에 IP카메라의 설치 위치를 나타내었다. 전시홀 입구의 층고는 4.5 m로 측정범위는 1개의 IP카메라가 2개의 출입문을 측정할 수 있다. 출입문의 개수는 3~4홀은 총 6개, 5홀은 2개의 출입문이 존재하며 IP카메라로부터 측정된 데이터는 유선신호를 통해 클라우드 시스템에 자료가 축적된다. 축적된 자료는 초단위로 저장되는데 이에 대하여 출입인원의 명확한 유동량을 측정을 위해 10분 동안 누계인수에 대한 자료를 수집하였다. 이에 대한 PCS자료의 조사방법 프로세스를 Fig. 2에 나타내었으며 기본적인 시스템의 구조는 선행 연구의 방법을 참고하였다(Seo and Hwang, 2017).

Fig. 1. Installation of IP Camera

Fig. 2. Method of People Counting System

3.3 전시홀별 전시유형 및 유효 수집자료

Table 1은 전시홀별 전시유형에 대하여 일정을 나타낸 것이다. 대상으로 하는 산업전시장은 총 112회의 전시를 개최(2018년 기준)하고 있고 이중 본 연구의 조사기간 및 대상 전시홀에 해당되는 전시는 49건으로 집계되었다. 다만 1~3전시홀에 중첩되어 있어 재실인원의 중복성 및 집계 오류가 발생하는 건을 제외하면 총 8건의 전시유형이 분석되었다.

조사에 포함되는 육아전시회의 경우 전시기간 중 업체자료에 의하면 4일 기준 약 9만명 참관하고 일일 참관객의 수가 주말에 최대 약 3만명 정도로 집계되고 있다.

Table 1. Exhibition Schedule and Period by Exhibition Hall

Case	Field of exhibition (Month)	Term (days)	Exhibition hall		
			3	4	5
1	Nurturer A (May)	4	-	○	○
2	Local specialties (Jun)	4	-	○	○
3	Energy tech. (Jun)	3	-	-	○
4	3D printing (Jun)	3	-	-	○
5	LED tech. (Jun)	3	○	○	-
6	Nurturer B (Aug)	4	○	○	-
7	Nurturer C (Oct)	4	○	○	-
8	Beauty (Oct)	4	○	○	○

육아전시회를 제외한 전시는 기술 또는 문화적인 유형으로 산업전시장에서 진행되는 일반적인 전시회로 판단된다.

또한 재실인원에 대한 측정은 10시에 시작되어 18시에 종료되는 것으로 하였으며, 측정시간 이외의 범위에서는 재실인원이 발생하였어도 분석에 포함하지 않았다. 또한 내부의 인원은 해당 전시회에 참여하는 기업 등의 관계자이기 때문에 이 인원에는 대한 부분은 직원으로 간주하여 참여기 관 수의 2배를 산정하여 재실인원에 포함하였다.

4. 재실자밀도 조사결과 및 분석

4.1 산업전시장 재실인원 조사결과

8개의 전시홀별 재실인원의 조사결과를 Fig. 3에 나타내었다. Figs. 3 (a), (f), (g)에서 높은 재실인원이 측정되었으며 모두 평일보다 주말에 최댓값이 나타났다. 육아전시회 A(Case1)에서 3,075인(15:40, Sat.)으로 가장 많은 인원이 참석한 것으로 나타났으며 이는 육아전시회를 주최한 기관에서 조사한 결과와 유사하다.

또한 육아전시회 C (Case 7)에서는 가장 적게 관람한 일자의 최대인원이 817인에 비해 가장 많이 관람한 일자의 최대인원 2,864인으로 나타나 약 3.5배 이상의 차이가 나타났다.

한편 지역특산물(Case 2), 에너지기술(Case 3), 3D프린팅(Case 4) 및 LED기술(Case 5)은 전시회별로 재실인원의 차이는 있으나 평일과 주말의 차이가 거의 없고 유사한 재실인원의 수준을 보이고 있다. 특정기술을 전시하는 등의 전시유형에서는 재실인원의 변화가 전시일정에 비해 뚜렷하게 나타나지 않는 것으로 나타났다. 다만 에너지기술 및 3D프린팅은 5전시홀에서 단독으로 진행된 것이기 때문에 재실인원이 작지만 재실자밀도의 수준은 다를 수 있다. 이에 관해서는 유효면적 계산이후의 재실자밀도에서 기술한다.

뷰티전시회(Case 8)에서는 육아전시회 수준에는 미치지 못하나 상당한 재실인원이 나타나고 있다. 뷰티전시회는 3개의 전시홀을 통합하여 진행한 것으로 규모면에서 재실인원이 증가한 것으로 보이며 실제로 재실자밀도 개념으로 보면 높은 재실자밀도를 보이기 어렵다고 판단된다.

4.2 전시홀별 유효면적의 계산

전시홀은 전시회의 목적에 따라 관람객의 연령별, 성별, 전문성 등을 고려하여 전시부스의 계획이 다르게 이루어진다. 전시부스 공간은 인포메이션(Information), 이벤트(Event), 디스플레이(Display), 회의(meeting) 및 서비스(Service) 공간의 5가지 요소로 구분되고 전시유형에 따라 각 공간 구성의 비중이 다르게 나타난다. 하지만 국내의 전시회의 공간구성은 디스플레이 위주의 획일적인 전시공간 구성을 보이고 있다는 특징이 있다(Suh, 2006).

조사한 전시홀의 경우에도 전시목적이 차이가 있음에도 불구하고 디스플레이의 비중이 높아지고 있었으나 최근에는 육아전시회의 경우 커피숍, 수유공간 및 휴게공간 등의 서비스공간을 20% 정도 차지하여 관람객의 편의성을 증가시키고 있는 특징이 있다. 다만 전술한 바와 같이 자재를 보관하거나 안전상의 문제로 인원을 통제하는 공간(인원 통제공간)은 모든 전시홀에서 이루어지고 있었으며 이 공간의 면적은 약 1,000 m²로 적용되고 있다.

1) 산업전시장의 관람객의 쾌적성 및 편리성의 요구로 서비스공간을 증가시켜 운영하고 있음(산업전시장 관계자 인터뷰).

Fig. 3. A Results of Occupant number by Exhibition Hall

또한 전시부스에 의해 통로가 형성되는 특징을 갖고 있어 재실자밀도가 밀집되는 형태를 갖고 있지만 본 연구에서는 전시부스의 면적을 포함하여 계산하였다. 전시부스에 대한 개념은 백화점의 경우와 유사하게 고려될 수 있는데 판매 장소와 통로를 구분하는 것이 그 사례라고 할 수 있다. 다만, 전시부스의 형태는 전시유형에 따라 다르게 나타나고 표준적인 면적을 산정하는 것은 한계가 존재하기 때문에 순면적을 사용하지 않고 총면적으로 계산하는 것으로 진행하였다. 이에 Table 2에서는 8개의 전시사례에 따른 전시홀별 유효면적을 나타내었으며 인원 통제공간의 면적을 제외한 면적은 제외하여 나타내었다.

Table 2. Effective Area by Exhibition Hall

Case	Exhibition hall			Control space area (m ²)	Effective area (m ²)
	3	4	5		
1	-	○	○	1,000	19,384
2	-	○	○	1,000	19,384
3	-	-	○	1,000	9,611
4	-	-	○	1,000	9,611
5	○	○	-	1,000	19,546
6	○	○	-	1,000	19,546
7	○	○	-	1,000	19,546
8	○	○	○	1,000	29,157

4.3 재실자밀도 조사결과 분석

재실자밀도는 전술한 재실인원과 유효면적과의 관계를 통해 도출된다. 조사의 결과에서 제도적으로 유용한 결과는 최대 재실자밀도를 구하는 것이지만 본 연구에서는 재실자밀도의 추이가 전시유형, 시간 및 일정에 따른 것에 대하여 살펴보는 것으로서 다양한 재실자밀도 값을 분석한다.

전시유형은 재실인원 분포 특성을 근거하여 2개의 유형으로 구분하여 도출하였다. 첫 번째 유형으로 육아전시회 3건에 대한 내용을 분석(육아전시회)하고 두 번째 유형으로 일반적인 전시회의 사례를 종합하여 분석(일반전시회)한다. 산업전시장의 종합적인 이해를 위해 전체를 함께 분석하는 것도 가능하나 재실인원이 집중되는 추이가 다른 것을 감안하여 2개의 유형으로 구분하여 분석하였다.

또한 유효면적이 상당히 넓기 때문에 실제로 적은 인원이 존재할 경우 재실자밀도의 값이 적게 분포될 수 있다. 이에 범위는 50 m²/인이 넘는 경우도 있었으나 빈도수가 매우 적기 때문에 측정된 재실자밀도 값이 낮은 부분에 대해서는 제외하여 분석하였다.

Fig. 4는 육아전시회에 대한 재실자밀도 빈도 및 정규분포를 나타낸다. 총 557건의 데이터를 수집하였고, 최대 재실자밀도는 육아전시회 A에서 6.3 m²/인(15:40, Sat.)으로 도출되었다. 평균값은 13.2 m²/인, 중앙값은 10.7 m²/인이며 95%

신뢰구간은 12.6~13.7 m²/인으로 나타났다. 본 조사의 결과는 누계된 값이 아닌 실제 점유(10분간)하는 인원 대한 결과로 최대 재실자밀도로 도출된 결과를 반영하면 바닥면적이 30,000 m²인 경우 전시홀 내부에는 4,628인이 점유하는 것을 나타내는 것으로서 내부의 전시부스에 의한 레이아웃으로 구획되는 것을 감안하면 피난용량에 대한 계획을 상세히 고려해야 하는 것을 보여주는 결과이다. 특히 육아박람회 는 웨건(Wagon), 유모차 등을 보유하는 특징이 있어 피난계획에서도 이러한 부분을 고려할 필요가 있다.

Fig. 4. A Results of Frequency and Normal Distribution of Occupant Load Density (Nurturer)

일반전시회의 경우는 Fig. 5에 재실자밀도 빈도 및 정규분포를 나타낸다. 총 753건의 데이터를 수집하였고, 평균값은 20.2 m²/인, 중앙값은 19.7 m²/인이며 95% 신뢰구간은 20.1~21.3 m²/인으로 나타났다. 앞에서 언급한 바와 같이 육아전시회에 비해 적은 재실자밀도 수치가 수집되었으나 최대 재실자밀도는 6.1 m²/인으로 육아전시회의 수준으로 나타났다. 최대 재실자밀도가 도출된 전시회는 에너지기술 전시회로 14시 50분에 나타났다. 해당 전시회를 진행할 때 단체 관람으로 인해 집중도가 높아진 것으로 보이며 5 전시홀만 단독으로 운영하는 전시회로서 기술 전시회를 진행하더라도 높은 재실자밀도가 도출될 수 있다는 것을 확인하였다.

Fig. 5. A Results of Frequency and Normal Distribution of Occupant Load Density (General)

4.4 국내외 재실자밀도 기준과의 비교 고찰

국내외 산업전시장과 관계되는 재실자밀도 기준을 Table 3에 나타내었다. 국내의 경우는 「초고층재난관리법」의 용도별 거주밀도와 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」의 피난안전구역의 면적 산정기준에서 정하고 있다. 전자는 좌석이 없는 극장, 회의장, 전시장 및 그 외로 구분하여 로비, 홀 및 전실을 포함하고 있으며 제공되는 재실자밀도 값은 $0.6 \text{ m}^2/\text{인}^2$ 으로 정하고 있고 후자는 문화·집회용도에서 고정 좌석을 사용하지 않는 공간에 대하여 $0.45 \text{ m}^2/\text{인}$ 을 적용하고 있다. 명확하게 산업전시장이나 무역전시장 등을 표기하지는 않았지만 유사용도로서 전시장, 박물관 등의 포괄적인 재실자밀도를 적용하는 것에는 동일한 기준을 갖고 있다.

Table 3. Effective Area by Exhibition Hall

Country	USA ¹	NZ ²	UK ³	HK ⁴	JP ⁵	KR ⁶	KR ⁷
OLD* ($\text{m}^2/\text{pers.}$)	2.8	1.4	1.5	2.0	2.0	0.6	0.45

* Occupant load density

¹ International Building Code

² Building code

³ British standard

⁴ Code of practice for fire safety in building

⁵ The verification method for egress safety

⁶ Special act (high-rise and complex building)

⁷ Rules on Standards for evacuation and fire protection of buildings

국외의 경우 미국의 IBC는 집회용도로서 전시관 및 미술관에 대하여 $2.8 \text{ m}^2/\text{인}$, 뉴질랜드는 전시장 및 무역박람회에 대하여 $1.4 \text{ m}^2/\text{인}$ 으로 정하고 있다(DBH, 2012). 영국은 전시회와 전시실로 구분하여 적용하는데 전시회는 $1.5 \text{ m}^2/\text{인}$, 전시실은 $7.0 \text{ m}^2/\text{인}$ 으로 적용하는 특징이 있다. 홍콩은 갤러리, 전시공간 및 박물관에 대하여 $2.0 \text{ m}^2/\text{인}$ 으로 정하고, 일본은 전시장 및 그 외의 용도에 대하여 기준을 마련하고 ‘전시물 주위를 자유롭게 이동할 수 있는 것’으로 명확히 표현하며 재실자밀도는 $2.0 \text{ m}^2/\text{인}$ 을 정하고 있다. 산업전시장의 재실자밀도 기준은 일부 차이가 있지만 대체적으로 $0.45 \sim 2.8 \text{ m}^2/\text{인}$ 으로 정하며 영국의 경우에는 전시실로 구분하여 $7.0 \text{ m}^2/\text{인}$ 을 정하는 특징이 있다.

국내외 재실자밀도 기준은 과거의 실측조사에 기인하여 정립되었을 가능성이 높다. 하지만 실측된 조사에 기인하더라도 실측조사는 조사시기 및 문화적 차이에 의해 달라지기 때문에 일반적으로는 기준을 마련하기 위해 국가의 위원회 및 공청회 등에서 보수적인 결정을 진행한다(Spearpoint and Hopkin, 2018).

보수적인 기준을 적용되는 것에 대하여 1922년 연례 NFPA회의 진행과정에서 건축출구기준위원회(Building Exits

Code Committee)가 실시한 설문조사에서 사무실의 재실자밀도를 $9.3 \text{ m}^2/\text{인}$ 으로 적용하는 방법에 대해 논의하였다. 이 위원회에서는 “... $9.3 \text{ m}^2/\text{인}$ 의 수치가 보수적이라고 생각한다...”는 의견이 있었지만 그 이후에 보수적 기준이라는 언급은 없었고, 상업시설의 경우에는 이러한 언급이 이루어지지 않았다(Schulte, 2014). 다시 말하면 불특정 다수가 존재하는 건축물은 언제나 재실인원이 증가할 수 있다는 전제를 하고 있기 때문에 기준에서 실측조사보다 보수적인 기준을 갖더라도 안전측면에서는 합리적으로 판단된다. 반면, 상업공간에 대하여 실측조사나 국외의 기준에서는 재실자밀도 기준보다 초과될 확률의 측정범위를 0.01~5.9%의 범위로 기술되고 있고, 최대 재실자밀도가 되더라도 $0.11 \text{ m}^2/\text{인}$ 이 되며 $0.28 \text{ m}^2/\text{인}$ 의 재실자밀도에서는 재실인원의 행동이 정지된다고 기술된다(Cote and Harrington, 2006; De Sanctis et al., 2014).

한편 조사결과에서는 일반전시회의 경우 95% 신뢰구간이 $20.1 \sim 21.3 \text{ m}^2/\text{인}$, 육아전시회는 $12.6 \sim 13.7 \text{ m}^2/\text{인}$ 으로 도출된 바와 같이 실제 건축물의 사용적인 측면에서는 다소 차이가 있다. 전술한 바와 같이 화재 시 안전율에 대한 것을 고려하여 조사시기 및 대상건축물의 특징에서 나타날 수 있는 표본이기 때문에 최대 재실자밀도를 적용하는 것은 실측조사의 결과를 그대로 이용하는 것이기 보다는 기준의 적정성에 대한 다양한 전문가의 의견 수렴이 무엇보다 중요하다고 생각된다.

따라서 현재 재실자밀도 기준이 대부분 현장의 실측결과보다 강화된 기준으로 적용되는 것이기 때문에 안전측면에서는 허용될 수 있는 기준으로 판단된다. 다만 재실자밀도 기준은 건축물의 용도가 실제 이용되는 측면을 고려하면 과다설계 등의 요소가 일부 있는 것으로 생각되기 때문에 주기적이고 반복적인 측정을 통해 보다 현실성있는 기준을 마련하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구는 산업전시장에 있어서 재실인원을 실측조사하여 현재 재실자밀도 기준에 대한 적정성을 확인하고 성능위주 피난안전설계의 기초적 자료를 구축하는 것으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 산업전시장의 재실인원 실측조사 결과 육아전시회의 경우 평일과 주말의 최대 재실인원의 차이가 3.5배 이상 차이가 나타났고, 유효면적과의 관계에서는 전시홀 내부의 상황이 변화되는 것을 감안하여 총면적을 사용하는 것이 조사계획에서는 합당할 것으로 판단되었다.

둘째, 재실자밀도의 실측조사 결과, 산업전시회를 2가지 유형으로 분류하여 분석하면 육아전시회 및 일반전시회의 경우 최대 재실자밀도가 각각 $6.3, 6.1 \text{ m}^2/\text{인}$ 으로 도출되어 최댓값에 대해서는 차이가 보이지 않았다. 다만, 재실자밀도

2) 현행기준은 $\text{인}/\text{m}^2$ 로 재실자밀도 기준 값을 비교하기 위해 단위는 $\text{m}^2/\text{인}$ 으로 통일하여 계산하였음.

빈도에 따른 분포는 육아전시회 및 일반전시회의 95% 신뢰구간이 각각 12.6~13.7, 20.1~21.3 m²/인으로 차이가 있었으며 재실인원의 분포는 전시유형에 따라 다르게 나타나는 것을 확인하였다.

셋째, 국내외의 재실자밀도 기준은 0.45~2.8 m²/인의 범위로 정하고 있고 전시장, 미술관 및 박물관 등과 함께 분류하여 정하는 특징이 있었다. 실측조사결과와는 다소 차이가 있었으나 피난계획 측면에서 안전율을 고려하면 적절한 것으로 판단된다. 다만 문화, 경제 등의 변화에 따라 재실인원의 변화는 계속되어질 것으로 판단되며 이에 대해서는 화재공학 측면에서 엔지니어가 판단하여 적절한 설계가 요구된다. 재실자밀도의 조사는 조사시기, 위치, 규모, 문화 및 경제적인 사회흐름에 따라서도 변화되는 인자이기 때문에 특히 기준으로 마련된 부분을 완화하는 측면, 즉 안전측면을 완화하는 부분에 있어서는 반드시 엔지니어의 상세한 검토가 요구된다. 또한 본 조사에서 포함되지 못한 재난약자에 대한 연령별, 성별 및 장애유무 등에 대한 다양한 전시유형에 대한 조사연구가 진행되면 피난안전설계에 대한 많은 기초적 자료가 제공될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원(19AUDP-B100356-05)에 의해 수행되었습니다.

References

- Association of Korea Exhibition Industry (AKEI). (2017). *Statistics of exhibition industry in Korea*.
- British Standards Institute (BSI). (2008). *Code of practice for fire safety in the design. Section 5 (Designing means of escape), Table 10 (Examples of typical floor space factors)*. UK.
- Building Center of Japan. (2001). *Method of evacuation safety in building. Chapter 3*. Japan.
- Building Department. (2011). *Code of Practice for Fire Safety in Buildings. Part B, B4(Assessment of Occupant Capacity)*. Hongkong.
- Cote, R., and Harrington, G. (2006). *NFPA 101 Life safety code handbook* (12th ed.). National Fire Protection Association, Quincy, MA, USA.
- Department of Building and Housing (DBH). (2012). *Extract from the New Zealand building code. Clauses C1-C6 protection from fire*.
- International Code Council (ICC). (2018). *International building code. Chapter 10, Section 1004 (Occupant Load)*. USA.
- Kim, J.B., Lee, K.J., and Kim, D.K. (2016). Developing models to forecast exhibition using area of convention centers in Korea. *Journal of Tourism and Leisure Research*, Vol. 28, No. 10, pp. 341-361.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2015). *Life safety code. Part 1, Chapter 7, Table 7.3.1.2 (Occupant load factor)*. USA.
- De Sanctis, G., Kohler, J., and Fontana, M. (2014). Probabilistic assessment of the occupant load density in retail buildings. *Fire Safety Journal*, Vol. 69, pp. 1-11.
- Schulte, R.C. (2014). *Fire protection history: Part 250: 1918 (Design occupant factors-department stores)*. Building Code Resource Library.
- Seo, D.G., and Hwang, E.K. (2017). Prediction of occupant load density using people counting system in discount stores. *Fire Science and Engineering*, Vol. 31, No. 6, pp. 53-59.
- Seo, D.G., Hwang, E.K., Kim, J.H., and Kim, W.H. (2016). An experimental study on the cognition of evacuation sign in large exhibition space. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 16, No. 6, pp. 28-34.
- Seo, D.G., Shin, Y.C., Lee, J.Y., and Kwon, Y.J. (2009). An investigation study on the coefficient of occupants density for performance evacuation capacity computation in buildings. *Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 1-8.
- Singapore Civil Defence Force. (2013). *Fire code, Table 1.2A(Occupancy load tables)*. Singapore.
- Spearpoint, M., and Hopkin, C. (2018). A review of current and historical occupant load factors for mercantile occupancies. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1107, 072005. doi:10.1088/1742-6596/1107/7/072005
- Suh, J.H. (2006). A study on trends and types of space formation in exhibit stands. *Journal of Basic Design and Art*, Vol. 7, No. 4, pp. 299-307.
- Yun, S.S. (2001). *A study on planning elements of construction of exhibition center: Focusing on the present status of exhibition industry at home and abroad and the cases of constructing exhibition center*. Master's thesis, Yonsei University.
- Youn, H.J., Hwang, E.K., Kim, J.S., and Kim, J.H. (2011). The current analysis for development occupancy density of buildings. *Proceeding of 2011 KIFSE Annual Spring Conference*, Korea Institute of Fire Science and Engineering, pp. 227-232.

Received	November 8, 2019
Revised	November 8, 2019
Accepted	November 15, 2019