

[Research Paper]

## 무인계수시스템을 이용한 대형할인점의 재실자밀도 예측

서동구 · 황은경<sup>†</sup>

한국건설기술연구원 건축도시연구소

### Prediction of Occupant Load Density using People Counting System in Discount Stores

Dong-Goo Seo · Eun-Kyoung Hwang<sup>†</sup>

Building and Urban Research Institute, Korea Institute of Civil engineering and building Technology

(Received November 1, 2017; Revised November 1, 2017; Accepted November 7, 2017)

#### 요 약

본 논문은 대형할인점에 대한 재실자밀도 예측을 통하여 현행 기준의 적합성을 검증하는 연구로서, PCS (People Counting System)을 이용한 실측조사와 내부자료조사를 수행하여 전국의 대형할인점에 대한 재실인원 및 95% 신뢰구간을 도출하였다. 실측조사의 결과, 최대재실인원이 발생하는 시각은 16~18시로 나타났으며, 크리스마스이브와 설날 전 주말에 최대재실인원이 나타났다. 최대재실인원의 결과는 판매건수에 의한 내부자료와의 관계를 통해 회귀식을 도출할 수 있었으며, 이 식은 선행연구를 통해 검증하였다. 이러한 과정에 따라 50개의 대형할인점의 내부자료를 분석하였다. 그 결과 95% 신뢰구간은 2.7~2.9 m<sup>2</sup>/pers. 으로 도출되었고, 국내외 기준과 비교했을 때 오차는 크지 않았다. 따라서 본 연구에서는 보수적인 측면을 고려하여 대형할인점의 재실자밀도 기준을 2.7 m<sup>2</sup>/pers. 로 제안하였다.

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to verify the suitability of the current standards by predicting the density of the occupant load density for discount stores. An internal data survey as well as an actual survey using a People Counting System (PCS) were employed to ascertain the number of occupants and 95% confidence interval of nationwide discount stores. According to the results of the actual survey, the time and days on which the maximum number of occupants were reached was from 16:00 to 18:00 and Christmas Eve and the weekend before New Year's Day, respectively. From the results of the maximum number of occupants, a regression equation was derived from the relationship between the internal data and the amount of sales, and this equation was verified in a previous study. Thus, the internal data of 50 discount stores were analyzed using this process. As a result, the 95% confidence interval was determined to be 2.7~2.9 m<sup>2</sup>/pers. and the error level was not large compared to the domestic and foreign standards. Therefore, this study proposes that a conservative estimate of the standard occupant load density for discount stores is 2.7 m<sup>2</sup>/pers.

Keywords : Occupants Load Density, People Counting System, Discount Stores, Evacuation Safety Design

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건축물 내 상주하는 인원을 예측하는 것은 건축환경설계, 성능위주 화재안전설계, 피난용량산정, 소방시설 설치 및 위험성평가 등 인적인자를 필요로 하는 다양한 분야에서 활용된다. 재실인원은 이용하는 건물의 용도 및 특성별로 다양하게 나타날 수 있고, 정원(Fixed number of people)의 유형에 따라 다르게 나타날 수 있다.<sup>(1)</sup>

이와 같이 다양하게 존재하는 재실인원을 설계 및 평가 등에 활용하기 위해 표준적인 척도로서 제시되는 것이 재실자밀도(Occupant Load Density)이다. 재실자밀도는 활용되는 분야에 따라 다르게 나타날 수 있는데 건축환경설계 등에서는 최적의 인원을 산정하는데 활용되고, 화재 발생에 따른 피난안전 측면에서는 최대 재실자밀도를 제시해주는 특징이 있다.<sup>(2)</sup>

고정좌석을 갖는 집회용도 등과 같이 특정한 재실인원이 존재하는 건축물의 경우는 최대 상주할 수 있는 인원

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-Mail: [ekhwang@kict.re.kr](mailto:ekhwang@kict.re.kr), TEL: +82-31-910-0355, FAX: +82-31-910-0392

© 2017 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

이 발생될 확률이 비교적 적기 때문에 대부분의 국가에서는 고정좌석 수로 제시해주는 것이 일반적이다.<sup>(3)</sup> 한편 판매용도 또는 위락용도 등과 같이 불특정한 재실인원이 존재하는 건축물의 경우는 최대 인원을 예측하기 어렵고 특히 명절, 할인기간 및 휴가기간 등 일시적으로 집중되어 최대인원, 즉 최대 수용인원을 초과하는 상황도 발생하기도 한다.

이 중 대형할인점은 다양한 이벤트에 의해 최대 재실인원이 발생될 가능성이 높고, 판매 전용공간이 대부분 하나의 대공간(Large Space)으로 이루어지는 특징이 있어 층으로 구분되어 있거나 다양한 소매점이 밀집되는 백화점 또는 쇼핑센터와는 구분된다. 더욱이 최근에는 주상복합 내에 입점하는 추세이기 때문에 화재안전성 측면에서는 반드시 정확한 재실인원의 산정이 필요하다. 물론 현재 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 시행령」, 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」, 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」에서 재실자밀도 또는 수용인원을 제시해주고 있으나 현행의 기준은 국외기준을 인용한 결과로서 국내의 실정에 적합한지에 대한 평가가 필요할 것으로 판단된다. 이에 대한 내용은 박수로 등<sup>(3)</sup>의 연구에서 자세하게 기술되어 있다.

한편 대형할인점의 재실자밀도에 대하여 김영일 등<sup>(4)</sup>은 대형할인점에 대한 직접조사 및 내부기관자료 등을 이용하여 재실인원을 예측하고, 이를 통한 피난안전설계를 수행하였다. 서동구 등<sup>(5)</sup>은 대형할인점에 대하여 현장 실태조사를 실시하였으며, 조사자를 투입하고 재실인원이 많을 것으로 예측되는 기간(명절 등)에 계수기를 이용하여 실측하였다.

국외의 경우도 대형할인점은 재실인원이 가변성이 높기 때문에 실태조사가 요구되고, 기준의 적합성에 대한 논의가 있었다. Gan 등<sup>(6)</sup>은 대형할인점에 대하여 조사방법론의 장단점을 비교하였고, 이에 표본조사방법을 사용하여 중국의 대형할인점에 대한 실측조사를 실시하였다. 이에 단계별로 시간대별 재실자밀도를 도출하고 측정범위(Sample space)별 평균 재실자밀도를 제안하였다. 또한 Sanctis 등<sup>(2)</sup>은 판매시설 종류에 따른 연간 자료를 수집하여 확률론적 접근법을 활용해 모델을 제시하고, 현행기준의 적합성과 초과확률에 대해 논의하였다. 하지만 확률론적 접근법의 자료는 위험성 평가에 활용되며 성능위주설계 등 최대 인원을 요구하는 기

준에는 적합하지 않다고 지적해 실측조사를 통한 최대재실자밀도를 제시하는 것이 중요하다고 기술하였다. 한편, 국내의 경우 기준의 적합성을 확인하는 측면에서 진행된 연구는 주거용도<sup>(7)</sup>, 업무용도<sup>(8,9)</sup>에 국한되고, 불특정다수가 상주하는 대형할인점에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대형할인점의 재실자밀도 기준의 적합성을 검토하는 것을 목적으로 자동으로 입출입을 감지하고 이를 컴퓨터 프로그램으로 실시간 입력이 가능한 무인계수시스템(People Counting System; PCS)을 이용한 실시간 정보를 수집(이하, 실측조사)하는 방법과 조사대상물 내에서 자체적으로 수집하는 판매건수(이하, 내부자료조사)를 조사하였다. 또한 실측조사와 내부자료조사의 결과를 비교하여 관계식을 도출하고 선행연구보다 확장된 자료로서 현행기준의 적합성을 평가하였다.

## 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서 진행하는 실측조사는 PCS를 이용하여 1개의 대상물을 선정해 실측조사 표본을 수집하고 이에 대한 결과와 내부자료조사를 통해 얻어진 결과의 회귀분석을 통하여 전국 50개의 건축물에 대한 재실인원을 추정하는 방법을 이용하였다. 또한 이에 대한 결과를 선행연구로부터 조사된 내용과 비교를 통해 검증함으로써 본 연구조사의 결과의 타당성을 검토하는 방법을 이용한다. 따라서 본 연구에서 조사된 결과를 국내의 전체 대형할인점의 표본으로 인지하는 것은 어려우며, 기준 개선을 위한 기초적인 자료로서 제공하는 것으로 연구범위를 제한한다.

## 2. 재실자밀도의 현행기준 및 시사점

판매용도의 건축물은 「건축법 시행령」 제3조의 5관련 별표 1의 용도별 건축물의 종류에서 ‘판매시설’로 분류되고 크게 도매시장, 소매시장 및 상점으로 구분되고 있다. 일반적으로 이해하고 있는 대형할인점은 소매시장으로서 「유통산업발전법」 제2조 제3호에 따라 대규모 점포에 해당되고, 3,000m<sup>2</sup> 이상의 규모로 분류된다.

판매시설의 재실자밀도 기준은 Table 1과 같이 세부공간으로 구분하여 적용되는데 이는 건축물의 다양한 용도 군에 대하여 설계자가 쉽게 공간별로 적용하기 위함이다. 기

Table 1. Standards of Occupant Load Density (OLD)

Building Use		a	b	c
Underground and Ground Floor (In Refuge Floor)		2.8	(2.8)	-
Other Floors (2nd Floor or Above)		5.6	(3.7)	-
Retails		-	-	2.0
Mall Type Stores	Stores	-	-	2.0
	Aisles	-	-	4.0
Storage and Delivery Docks		27.9	-	2.7
Restaurants · Bars · Cafe		-	-	1.0

준별로 살펴보면 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」a)에서는 초고층건축물의 피난안전구역 면적을 산정하기 위하여 재실자밀도를 규정하고, 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」b) 및 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법 시행령」c)은 피난인원 산정을 목적으로 하고 있다.

기준으로 정하는 범위는 다소 상이할 수 있으나 판매공간과 통로, 음식점 및 배송공간 등으로 구분하고 있다. 판매공간은 2.0~2.8 m<sup>2</sup>/pers. 통로나 판매층이 아닌 경우에는 4.0~5.6 m<sup>2</sup>/pers. 으로 정하고 있다. 또한 배송공간이나 창고 등의 형태의 공간은 2.70 또는 27.9 m<sup>2</sup>/pers. 으로 정하고 있고, 음식점 등에서는 1.0 m<sup>2</sup>/pers. 의 높은 재실자밀도를 적용하는 특징이 있다.

한편, 현행기준의 재실자밀도 설계 값은 IBC<sup>(10)</sup>와 NFPA101<sup>(11)</sup>의 값을 그대로 적용하고 있는데 이들의 값이 국내의 상황을 반영하는 설계 값인지에 대한 평가는 반드시 필요하다. 인적인자는 문화, 사회 및 인체크기 등 국가마다 차이가 있고, 인원이 집중되는 시기 등 변수가 다양하기 때문에 국내의 실정을 반영한 설계기준 값이 정립되어야 할 것으로 판단된다.

더욱이 판매용도와 같이 불특정 다수가 상주하는 건축물의 경우는 가능한 최대의 재실자밀도를 적용하는 것이 안전성 측면에서 유리할 수 있으나 최대인원이 발생될 확률(특별한 이벤트 등)이 상당히 미미하기 때문에 사실상 설계로서 수용할 수 있는 범위를 정하는 것이 중요하다.<sup>(2,12)</sup>

따라서 보다 많은 표본자료 분석을 통해 기준정립을 위한 분석이 요구되며, 대표성을 가질 수 있는 설계 값이 제시되어야 할 것으로 판단된다. 하지만 그러한 자료를 구축하기에는 상당한 시간과 비용이 요구되기 때문에 본 연구에서는 1차적인 접근으로서 선행연구보다 많은 자료를 수집하고, 내부자료조사 등으로 활용할 수 있는 방법으로 접근하였다.

### 3. 재실자밀도 조사방법

#### 3.1 조사시기 선정 및 조사대상물

업무용도, 집회용도 및 주거용도 등 고정좌석 수를 조사하거나 정원을 확인하는 방법으로 재실인원을 파악할 수 있는 용도의 경우는 조사시기에 대한 영향을 많이 받지 않는다. 하지만 판매용도와 같이 불특정 다수가 이용하고 예상되는 재실인원이 초과되는 확률이 존재하는 용도의 경우는 반드시 조사시기의 선정이 매우 중요한 변수로 작용된다.<sup>(3,5)</sup>

본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 명절과 크리스마스 등 다양한 이벤트가 포함되는 시기를 결정하였다. 선행연구에서도 이와 같은 사항을 고려하여 진행<sup>(4,5)</sup>하였지만 이벤트의 주위기간을 고려하지 못하기 때문에 어느 시점에 최대 재실인원이 존재할 것이라는 예상은 연구조건에 불과

하다. 따라서 본 연구에서는 이벤트 일자의 주위도 고려한 자료를 수집하는 것을 목표로 하였으며, 더욱이 평일과 주말과의 차이를 중점적으로 살펴보았다. 이에 따라 조사시기는 2016년 10월 3일부터 2017년 2월 5일까지 4개월간의 자료를 수집하였다.

조사대상물은 서울에 위치한 대형할인점을 선정하였으며 주상복합건축물 내 지하 1,2층에 위치하고 있다. 총 매장면적은 15,414 m<sup>2</sup>이고, 배송공간 및 부속공간 등을 제외한 매장유효면적은 4,902 m<sup>2</sup>이다. 매장내 출입할 수 있는 주출입구는 총 4곳이며, 외부로부터 출입이 가능한 2곳과 지하주차장으로 출입이 가능한 에스컬레이터 2곳이다.

#### 3.2 무인계수시스템(PCS)

PCS는 유동인력을 파악해 검출, 추적 및 계수(Counting) 하는 것으로서 제한된 구역 내 재실인원을 측정하는 시스템이다. 대형상가나 쇼핑몰, 공연장 및 박물관 등 불특정 다수가 이용하는 건물에서 실시간 방문인원 또는 이동 동선 등을 확인하기 위한 목적으로 다양하게 활용되고 있다.<sup>(13)</sup> 일반적으로 PCS는 오버헤드(Overhead) 시점에 설치된 단일 카메라 시스템으로 입·출입하는 인원을 계수하여 컴퓨터에 실시간으로 저장되는 방식을 사용한다. 이러한 PCS를 활용을 위해 대형할인점(조사대상물)의 주출입구 상부마다 IP Camera를 설치하였으며, 각 출입구별로 실시간 출입인원 계수결과를 10분단위로 수집하였다. PCS의 측정방법을 Figure 1에 나타내었다. 24시간동안 촬영을 실시하기 때문에 PCS로 측정되는 인원은 매장내 직원 수까지 포함하여 재실인원을 측정하였다.

#### 3.3 실측조사 및 내부자료조사

실측조사에서 수집되는 자료는 1개의 건축물에 국한된 결과이기 때문에 자료 수집의 확장이 요구된다. 자료수집 확장에 관해서는 선행연구에서도 한계성으로 지적된 문제<sup>(1,6,7,9)</sup>로서 본 연구에서는 다양한 표본을 수집하는 방법으로 시설별 판매건수의 자료의 확보를 대응하였다. 판매건수의 자료는 대형할인점에서 재실자가 쇼핑을 종료하는 시점에서 이루어지는 행위로서 일간 누적된 인원을 추정하는

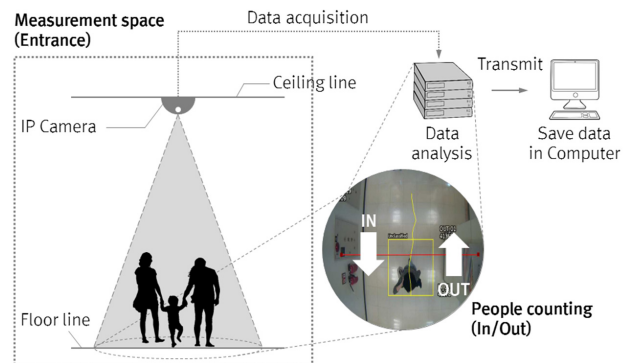


Figure 1. Method of people counting system.

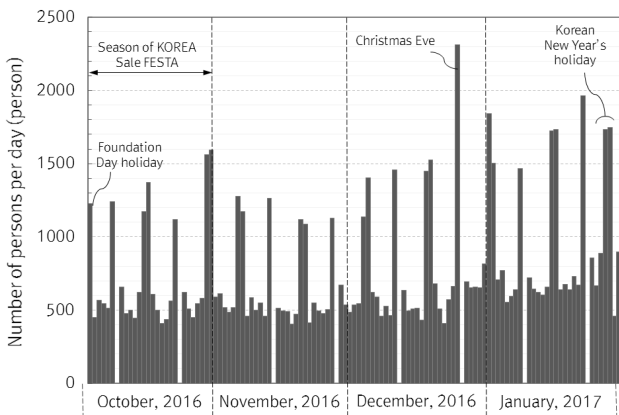


Figure 2. The variation of the daily number of occupants.

데 적합한 자료로 판단된다.

하지만 내부자료조사에 의한 자료는 해당 매장을 이용하는 실제 인원수를 반영하지는 않는다. 대형할인점에서는 대부분 그룹을 형성하여 쇼핑을 하는데 보통 그룹 당 1번의 판매건수가 발생하기 때문에 자료의 불확실성에 대한 검토가 요구된다. 스위스에서 조사한 결과에 의하면 전체 재실인원 중 1인그룹(50%), 2인그룹(35%), 3인그룹(10%) 및 4인그룹(5%)의 비율로 1번의 판매가 이루어지는 것으로 나타났다.<sup>(2)</sup> 하지만 스위스에서 조사된 결과는 소규모 점포에 대한 결과이고, 국내의 쇼핑형태와는 다르기 때문에 본 연구에서는 동일기간 동안 판매건수와 누적재실인원의 비교를 통해 총 인원과 판매건수와의 관계를 도출한다. 또한 누적재실인원과 최대 재실인원과의 관계에 대하여 회귀분석을 실시함으로써 판매건수와 최대재실인원과의 관계를 분석하는 방법으로 수집가능한 전국의 대형할인점의 자료를 수집하는 것으로 자료의 확장성을 대응하였다.

#### 4. 재실자밀도 조사결과 및 분석

##### 4.1 대형할인점 실측조사 및 내부자료조사 비교

PCS를 이용하여 일별 최대재실인원(4개월간)의 조사결과를 Figure 2에 나타낸다. 조사결과는 10분 단위로 측정하여 최대인원이 나타나는 시점을 선정하였으며, 도출시각은 12:30~21:30의 범위로 넓게 분포되었지만 평균적으로 저녁 식사 준비시간인 16시~18시 정도로 나타났다. 최대 재실인원이 나타난 시점은 1순위로는 크리스마스에(2016년 12월 24일(토))에 2,310 pers.으로 나타났고, 2순위로는 설날 전 주말(2017년 1월 21일(토))에 1,964 pers. 으로 측정되었다. 평일과 주말(공휴일 포함)의 평균값은 주말이 평일보다 약 2.4배 높은 결과로 도출되었다.

최대재실인원은 2016년 코리아세일페스타의 마지막 주말, 크리스마스, 설날 등 이벤트에 따라 높은 재실인원이 도출되었다. 1년 중 이벤트가 다양하게 나타날 수 있지만 주기적인 이벤트가 최대인원에 영향을 미친다고 할 수 있

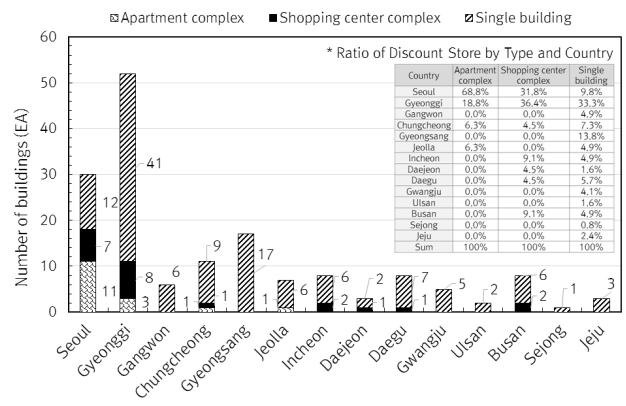


Figure 3. Number of discount store by type and local government.

으며, 이러한 결과는 이미 선행연구에서도 기술하였지만 본 연구에서는 보다 많은 기간에 대해서 분석하였기 때문에 그 영향인자를 정량적으로 보여주는데 의의가 있다고 할 수 있다.

한편, 실측조사를 통해 도출된 결과는 현황을 파악할 수는 있지만 재실자밀도 기준으로 활용하기에는 표본의 수가 적다. 재실인원은 전국적으로 분포되어 있는 대형할인점의 유형 및 지역여건 등에 따라 상이할 수 있기 때문에 다양한 표본의 수집이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 전술한 바와 같이 내부자료조사(판매건수)에 대한 조사를 수행하였다. 여기서 판매건수는 유형 및 지역여건 등의 상황을 반영할 수 있도록 전국의 대형할인점 중 동일한 점포에 대하여 유형 및 지역으로 구분하여 자료를 수집하였다.

Figure 3은 전국의 대형할인점 중 점유율이 높은 동일 업체에 대한 현황을 나타낸 것으로서, 점포의 유형은 단일건물(Single building)이 76.4%로 가장 높은 비율로 나타났고, 상가복합(Shopping center complex) 및 주상복합(Apartment complex)는 서울특별시와 경기도에서 높은 비율을 차지했다. 대형할인점은 최초 단일 건물로 건설되었지만 소비패턴 및 문화 등이 변화되면서 상가복합 및 주상복합의 유형으로 변화되고 있고, 이러한 변화는 계속되어질 것으로 전망된다. 따라서 대형할인점의 유형 및 지역에 대하여 전체적인 경향을 확인할 필요가 있기 때문에 전국 161개소 중 자료 수집이 가능한 50개소의 점포의 내부자료를 수집하였다.

내부자료조사로 수집된 결과는 누적판매건수( $N_s$ )로서, 이는 최대재실인원( $N_{max}$ )을 의미하는 것은 아니기 때문에 실측조사로 얻어진 1일 누계인수( $N_c$ )와  $N_{max}$ 와의 상관관계를 분석하여  $N_s$ 의 결과로  $N_{max}$ 를 예측하는 방법을 기술한다. 여기서 도출된 결과는 지역여건이나 판매실적정도 등 점포 특성에 따라 상이할 수 있으나 신뢰성이 높은 결과를 얻기 위해서는 상당히 많은 조사가 요구되기 때문에 전술한 바와 같이 실측조사 결과와 비교하는 것으로 대응하였다. 실측조사한 대형할인점에 대하여  $N_c$ 와  $N_s$ 의 상관관계를 Figure 4에 나타내었다.  $N_c$ 와  $N_s$ 의 상관관계는 결정계수

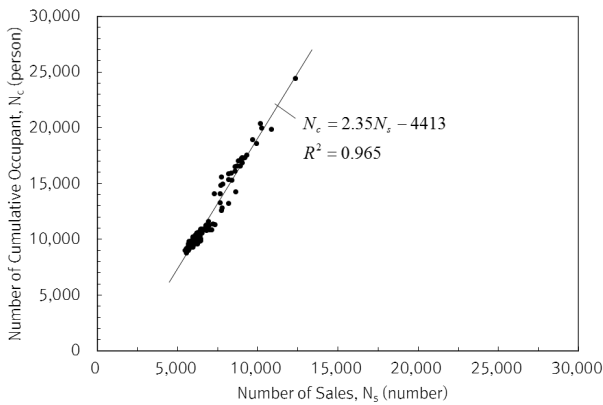


Figure 4. A Relations between  $N_c$  and  $N_s$ .

가 0.965로 상당히 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났으며, 평균적인 비율로 1그룹당 2.65 pers.이 쇼핑하는 것으로 예상되고 회귀식은 식(1)과 같다.

$$N_c = 2.35N_s - 4413 \quad (R^2 = 0.965) \quad (1)$$

여기서,  $N_c$ 는 1일 누계인수(pers.),  $N_s$ 는 누적판매건수(Number)을 의미한다.

또한 Figure 5에 나타낸 바와 같이 실측조사로 얻어진  $N_c$ 와  $N_{max}$ 의 관계를 분석하였다.  $N_c$ 는 최대인원이 발생하는 일자 및 시각에 따라 다르게 나타날 수 있지만 4개월간의 분포형태를 보면 선형에 가까운 기울기를 보이는 것으로 확인할 수 있다.  $N_{max}$ 는 다양한 변수에 의해 변화될 수 있지만 실측조사 결과, 신뢰도 있는 결과로 판단된다. 이에  $N_c$ 와  $N_{max}$ 의 회귀식을 식(2)에 나타낸다.

$$N_{max} = 0.123N_c - 678 \quad (R^2 = 0.908) \quad (2)$$

여기서,  $N_{max}$ 는 최대재실인원(pers.)을 의미한다.

식(1)과 식(2)의 관계에 따라  $N_s$ 와  $N_{max}$ 의 관계를 식(3)과 같이 나타낸다.

$$N_{max} = 0.289N_s - 1221 \quad (3)$$

$N_{max}$ 이 발생하는 시각을 예측할 수는 없지만  $N_s$ 의 값으로 경향을 확인할 수 있다. 하지만 식(3)은 1개소에 대한 결과 값이기 때문에 자료의 확장성을 확보하기 위해서는 추가적인 실태조사 결과와의 검토가 요구된다. 따라서 대형할인점에 대하여 재실인원을 조사한 선행연구의 결과 값<sup>(5)</sup>에 대하여 분석을 수행하였다. 선행연구 실측조사결과는 최대재실인원( $N'_{max}$ )과 판매건수( $N'_s$ )를 이용해 식(3)으로 계산한 최대재실인원( $N_{max,eq.3}$ )을 비교하였다. 그 결과는 Figure 6과 같으며, 수치가 유사한 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 식(3)을 이용해 전체 대형할인점에 대한 최대재실

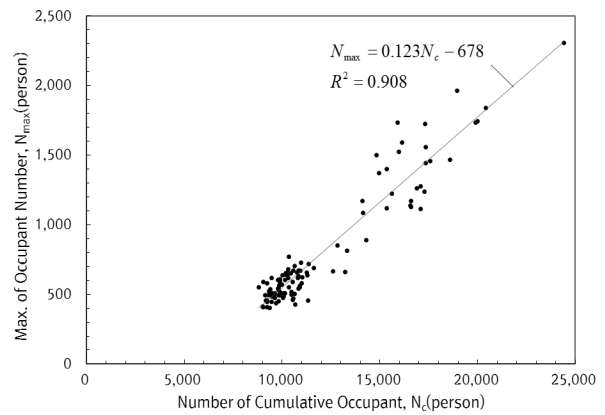


Figure 5. A Relations between  $N_{max}$  and  $N_c$ .

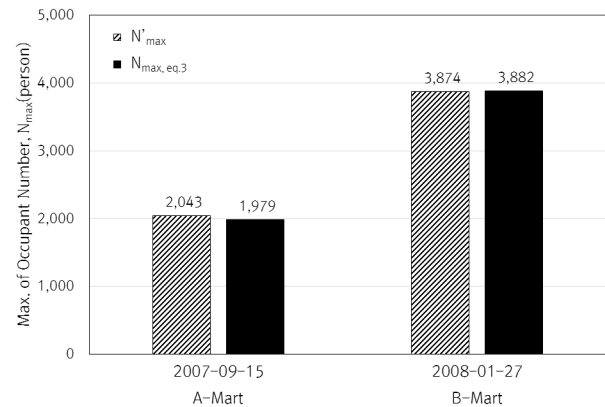


Figure 6. A Comparison of Discount Stores in  $N'_{max}$  and  $N_{max,eq.3}$ .

인원을 도출하는 것으로 하였다.

#### 4.2 내부자료조사 결과

내부자료조사는 전술한 바와 같이 총 50개소의 대형할인점을 분석하였다.  $N_s$ 에 대하여 식(3)을 이용해  $N_{max}$ 를 분석하였고, 조사의 시기는 2016년 9월 1일~2016년 9월 30일의 1개월의 자료를 분석하였다. 또한 본 자료에서는 추석연휴기간(2016.09.14.~2016.09.16.)이 포함된다. 조사된 결과에 따라  $N_{max}$ 는 매장유효면적( $A_f$ )의 관계를 식(4)를 이용해 재실자밀도(OLD)로서 분석하였다.

$$OLD = \frac{N_{max}}{A_f} \quad (4)$$

여기서, OLD는 재실자밀도(m<sup>2</sup>/pers.),  $A_f$ 는 매장유효면적(m<sup>2</sup>)을 의미한다. 여기서 매장유효면적은 판매대, 배송공간 및 부속공간(에스컬레이터, 엘리베이터, 화장실, 직원전용공간 등)을 제외한 매장 순면적(net area)을 의미한다.

1개월의 자료를 분석한 것이지만 표본수( $n$ )는 시계열을 포함하여 1,449개가 수집되었으며, 그 결과를 Figure 7에 나

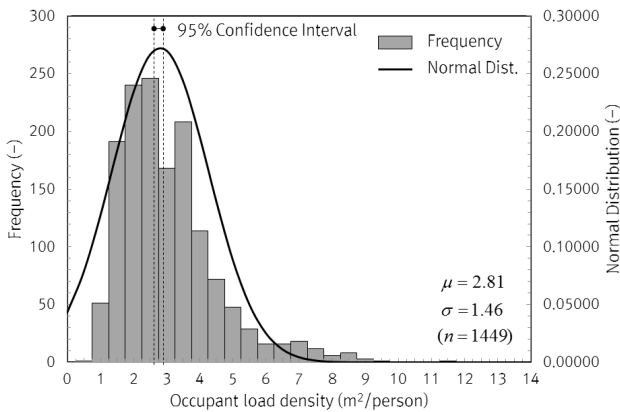


Figure 7. Results of Frequency in Occupant Load Density

타내었다. 표본의 결과가 1.5~3.5에 집중된 점으로는 조사 시기가 추석연휴 및 휴가기간 등이 포함되는 상황이 반영된 것으로 판단된다. 또한 식(5)와 같이 95% 신뢰구간을 구하게 되면 2.7~2.9 m<sup>2</sup>/pers. 로 나타난다. 한편, 실측조사의 결과 중 주말(공휴일 포함)의 결과에서는 최대 재실자밀도는 2.12 m<sup>2</sup>/pers., 명절(설날)이 포함된 주말 및 공휴일에 대한 평균이 2.79 m<sup>2</sup>/pers. 인 것을 감안하면 상당히 유사한 결과로 사료된다.

$$\left[ \bar{X} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{X} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] \quad (5)$$

여기서,  $\bar{X}$ 는  $N_{max}$ 의 평균(pers.),  $\sigma$ 는  $N_{max}$ 의 표준편차(pers.),  $n$ 은  $N_{max}$ 의 표본수(number)를 의미한다.

### 4.3 국내외 기준과의 비교

조사된 결과를 근거로 하여 이를 전체적으로 검증하는 것은 어렵지만 현행 국내의 기준과 비교하여 현행기준의 적정성은 평가할 수 있을 것으로 사료된다. Table 2는 국내외 기준과 본 연구에서 도출된 신뢰구간을 나타낸 것(10,11,14-17)으로서, 현행 기준은 신뢰구간 내에 존재하고, 차이가 있다하더라도 상당히 미미한 차이로 판단된다. 국외의 경우 대부분 2.0~3.0의 기준을 활용하고 있는 것을 감안하면 본 연구의 결과로부터 신뢰구간 중 보수적인 기준을 적용하여 2.7 m<sup>2</sup>/pers. 이 적당한 수치로 판단된다. 한편, 최근 IBC는 2.8 m<sup>2</sup>/pers. 에서 5.6 m<sup>2</sup>/pers. 으로 다소 완화된 기준을 사용하고 있는데 실제자료를 기반으로 수정되었는지 여부는 확인되지는 않지만 실제로 국외에서도 다양한 접근방법에 따라 개선이 지속되고 있는 것을 확인할 수 있다. 국내 역시 사회, 문화 등이 급격하게 변화되고 있기 때문에 인적인자를 기반으로 한 연구 및 조사가 주기적으로 진행되어야 하며, 기준의 적합성에 대한 면밀한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Table 2. A Comparison of OLD by countries

Country/Codes		OLD (m <sup>2</sup> /pers.)
Korea	Building Code	2.8
	High-rise Special Law	2.0
	Performance Based Fire Safety Design	2.8
USA	IBC	5.6
	NFPA 101	2.8
Japan	PBD of Evacuation	2.0
New Zealand	Building Code	3.5
Hongkong	Code of Practice for Fire Safety in Buildings	3.0
UK	BS 9999	2.0
Result of Study		2.7~2.9

## 5. 결론 및 향후연구방향

대형할인점의 재실자밀도 기준의 적합성을 검토하는 것을 목적으로 PCS를 이용한 실측조사와 판매건수에 의한 내부자료조사를 수행하였다. 또한 이를 통해 전국적으로 분포되어 있는 대형할인점의 신뢰구간을 도출함으로써 재실자밀도 수치의 신뢰구간을 도출하였고, 국내외 기준과 비교한 결과, 상당히 의미있는 결과로 판단되었다. 그 결과의 세부적인 결과를 다음에 나타낸다.

PCS를 이용하여 대형할인점의 재실인원을 조사한 결과 최대재실인원이 나타나는 시각은 평균적으로 16시~18시에 발생했으며, 크리스마스이브와 설날 전 주말에 최대인원이 나타났다. 또한 평일과 주말의 평균값은 주말이 평일보다 약 2.4배 높은 결과로 도출되었다. 이러한 결과는 1년 중 정기적인 이벤트에 의해 변화되는 것으로 예상되며, 이는 선행연구에서도 지적된 바 있다.

또한 PCS를 통해 얻어진 실측조사 자료와 판매건수에 의한 내부자료를 분석한 결과 판매건수로부터 최대재실인원을 예측할 수 있는 회귀식을 도출하였다. 이 결과는 선행연구의 결과를 통해 검증하였고, 50개 대형할인점에 대하여 최대재실자밀도를 도출하였다. 최대 재실자밀도는 95% 신뢰구간이 2.7~2.9 m<sup>2</sup>/pers. 으로 나타났으며, 국내외 기준과 비교하였을 때 의미 있는 결과로 고려될 수 있다. 이에 따라 대형할인점의 재실자밀도 기준을 보수적인 측면으로 고려하면 2.7 m<sup>2</sup>/pers.로 제시될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 판매시설 재실자밀도 기준의 적합성을 평가하는 것이지만 대형할인점에 국한되었기 때문에 백화점, 쇼핑센터 등의 유형에 적용되기에는 한계점이 도출된다. 현재 선행연구가 미흡한 것을 감안하면 본 연구의 성과가 의미있는 결과로 생각되지만 실제 기준으로 정립되기 위해서는 다양한 조건(건물유형, 지역조건 등)을 고려한 추가

조사가 요구된다. 특히 IBC와 같이 기준의 완화가 이루어지는 것과 같이 기준이 무조건 적으로 강화되는 것 뿐 만 아니라 과설계 방지를 위한 실측조사 등이 이루어져 보다 명확한 설계인자 개선이 필요할 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원(과제번호:17AUDP-B100356-03)에 의해 수행되었습니다. 또한 분석에 사용한 자료를 제공해준 점포들에게 특별히 감사드립니다.

## References

1. D. G. Seo and E. K. Hwang, "A Study on the Establishment of Occupant Load Density Considering Safety Ratio of Design", *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 16, No. 2, pp. 27-33 (2016).
2. G. D. Sanctis, J. Kohler and M. Fontana, "Probabilistic Assessment of the Occupant Load Density in Retail Buildings", *Fire Safety Journal*, Vol. 69, pp. 1-11 (2014).
3. S. R. Park and E. K. Hwang, "A Study on the Improvement through the Comparison of Occupant Density in Domestic and Foreign Countries", *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 14, No. 3, pp. 253-261 (2014).
4. Y. I. Kim, M. O. Youn, J. H. Kim and W. H. Kim, "The Improvement of Evacuation Performance for Discount-Store in Underground", *Fire Science and Engineering*, Vol. 15, No. 1, pp. 93-99 (2001).
5. D. G. Seo, Y. C. Shin, J. Y. Lee and Y. J. Kwon, "An Investigation Study on the Coefficient of Occupants Density for Performance Evacuation Capacity Computation in Buildings", *Fire Science and Engineering*, Vol. 23, No. 5, pp. 1-8 (2009).
6. T. X. Gan, X. G. Xie and Z. R. Hu, "Application of Sample Inventorying Methodology in Surveying Occupant Density at Public Spaces", *Procedia Engineering*, Vol. 52, pp. 112-118 (2013).
7. D. G. Seo and E. K. Hwang, "A Study on the Adequacy Evaluation of Criteria of Occupant Load Factor in Residential Buildings", *Journal of the Korean Housing Association*, Vol. 27, No. 6, pp. 145-153 (2016).
8. W. H. Kim, R. Hu and H. Kim, "A Occupant Load Density and Computer Modelling of Evacuation Time in Office Buildings", *Fire Science and Engineering*, Vol. 13, No. 3, pp. 35-42 (1999).
9. E. K. Hwang and H. J. Youn, "A Basic Survey for the Guideline of the Office Occupant Load", *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 11, No. 6, pp. 45-51 (2011).
10. International Code Council (ICC), "International Building Code", Section 1004, Occupant load, Table 1004.1.2. (2012).
11. NFPA 101, "Life Safety Code", National Fire Protection Association, USA (2003).
12. V. Brannigan and C. Smidts, "Performance Based Fire Safety Regulation under International Uncertainty", *Proceedings of Human Behaviour in Fire the First International Symposium*, Belfast, Northern Ireland, pp. 411-420 (1998).
13. G. N. Ko, Y. S. Lee and N. M. Moon, "People Counting System by Facial Age Group", *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol. 51, No. 2, pp. 69-75 (2014).
14. The Building Center of Japan, "The Verification Method for Egress Safety, Calculation Examples and Commentray", 2001 Edition, Inoueshoin (2001).
15. Department of Building and Housing, "Extract from the New Zealand Building Code", Clauses C1-C6 Protection from Fire (2012).
16. Building Department (BD), "Code of Practice for Fire Safety in Buildings", Part B, B4(Assessment of Occupant Capacity), Hongkong (2011).
17. BS 9999, "Code of Practice for Fire Safety in the Design, Management and Use of Buildings", BSI Standards Publication, British Standard Institution (2008).