국내 버스터미널의 재실자밀도 기준 정립을 위한 실측조사 연구

Study on Establishing the Standard for Occupant Load Density in Domestic Bus Terminals

서동구* · 황은경**

Seo, Donggoo*, and Hwang, Eunkyong**

Abstract

Occupant load density standards serve an important role when calculating evacuation capacities for fire safety designs and building safety evaluations. Domestic bus terminals are typical examples of buildings that are used by large numbers of people but do not have domestic occupant load density standards despite their importance in terms of fire safety. Therefore, this work presents the results of a sample survey using the People Counting System (PCS) by surveying bus terminals in Seoul, Korea to build the basic data required to establish occupant load density standards for bus terminals. The survey categorized the space within the terminals into waiting and walking zones; the average occupant load density for the waiting zones was found to be 2.36 m²/person, whereas that for the walking zones was 9.48 m²/person. Furthermore, with reference to the Level of Standard (LOS) for domestic designs, the waiting zones should be at level B or higher and walking zones should be at level A or higher. Survey results based on domestic and international occupant load density standards also show that the observed results for both waiting and walking zones in this study are acceptable with respect to all available standards. However, further research and active discussions between experts are required before these standards can be applied practically.

Key words : Occupant Load Density, Bus Terminal, Evacuation Capacity, Level of Service (LOS)

요 지

건축물의 화재안전설계 및 평가를 위해 피난용량을 산정하는 것에 있어서 재실자밀도 기준은 주요한 역할을 한다. 국내의 버스터미널은 불특정인이 이용하는 건축물로서 화재안전측면에서 매우 중요한 건축물임에 불구하고 국내 재실자밀도 기준은 부재하다. 이에 본 연구에서는 버스터미널에 대한 재실자밀도 기준을 정립을 위한 기초자료 구축을 목적으로 서울특별시에 위치한 버스터미널을 실측조사를 PCS를 이용하여 표본조사를 수행하였다. 조사는 대기공간과 통행공간으로 분류하여 조사하였으며 그 결과 대기공간의 평균 재실자밀도는 2.36 m²/pers, 통행공간은 9.48 m²로 나타났다. 또한 국내 설계기준에서 LOS등급으로 살펴보면 대기공간은 B등급 이상, 통행공간은 A등급 이상으로 도출되었다. 조사된 결과를 국내외 재실자밀도 기준으로 살펴보면 대기공간과 통행공간 모두 기준 범위에 수용될 수 있는 결과로 나타났다. 하지만 기준으로 활용되기 위해서는 보다 다양한 유형의 조사가 요구되며 전문가들과의 활발한 협의가 필요할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 재실자밀도, 버스터미널, 피난용량, 서비스수준

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

여객자동차터미널(이하, 버스터미널)은 여객운송을 목적으로 지역 간 고속버스를 운행하는 전용 정류장을 말한다.

버스터미널은 여객들의 매표와 대기를 위한 주출입홀, 편의시설, 승·하차장 및 운영시설 등의 건축시설물 이외에도 버스의 주차, 점검(수리), 세차 및 주유 등을 위한 시설 등이 별도로 존재한다(Kim and Kim, 2015). 일반적으로 이용객이 머무르는 공간은 전술한 건축시설물로 한정되며 직원과 같이 특정한

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

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

**정회원, 한국건설기술연구원 국민생활연구본부 선임연구위원 · 공학박사

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

을 제외하면 대부분은 불특정인이 이용하는 공간으로 볼 수 있다. 재실인원의 유형이 불특정인이기 때문에 해당 공간을 이용하는 재실인원의 수는 명절이나 주말과 같이 특수한 시기에 따라 차이가 다르고, 일정 시기에 집중될 수 있어 화재안전측면에서는 피난용량이 적절한지에 대한 검토가 필요하다. 더욱이 버스터미널은 전국에 2018년 기준으로 289개소가 존재하며 이 중 대규모 버스터미널은 음식점, 쇼핑센터 및 백화점 등과 연계되기 때문에 보다 철저한 화재안전관리가 요구된다(KOTSA, 2018). 또한 2014년 124명의 사상자를 야기한 고양 버스터미널화재에 같이 버스터미널의 화재위험은 내재되어있는 상황이라고 할 수 있다(Seong, 2019).

하지만 국내의 화재안전관련 기준에서는 버스터미널에 대한 명시적인 기준이 미흡하고, 특히 피난용량을 결정지을 수 있는 피난인원 산정기준에 대한 연구가 매우 미흡하다. 피난인원을 산정하기 위해서는 해당 건축물의 인원수를 직접 파악하는 방법이 있을 수 있겠으나 일반적으로는 재실자밀도 기준을 활용한다(Gan et al., 2013; De Sancitic et al., 2014; Wong, 2004; Wong and Mui, 2006). 버스터미널에 대하여 재실자밀도 기준을 정하고 있는 국내 법령으로는 「건축물의 피난 및 방화구조 등의 기준에 관한 규칙(이하, 건축물 방화구조규칙)」 별표1의 2에서 ‘운수시설’에 해당되는 것이 유일하고 이 기준에서도 업무용도(9.3 m²/pers.)에 포함되어 버스터미널에 대한 명시적인 기준은 미흡하다고 볼 수 있다.

한편, 국외의 경우는 버스터미널이 아닌 공항터미널로서 제한되어 제공되고 있지만 유사한 공간 용도로 설계되는 것을 감안하면 최소한의 피난용량설계에 대한 가이드는 구축된 것으로 판단된다. 재실자밀도 기준은 성능위주설계나 화재위험평가 등을 목적으로 활용되는 주요한 인자이기 때문에 반드시 국내에 대한 실측조사 결과 등을 토대로 기준 마련을 위한 초석을 마련해야 할 것으로 판단된다. 물론 국외의 기준을 인용하는 방법이 존재하나 건물의 사용 형태나 재실인원의 분포 등은 국가별로 사회 또는 문화적 차이가 있을 수 있기 때문에 국내의 상황을 반드시 확인할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 버스터미널에 대한 재실자밀도 기준을 정립하기 위한 기초적인 연구로서 서울특별시에 위치한 버스터미널의 재실자밀도를 실측 조사하여 향후 기준마련의 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구는 국내 버스터미널의 재실자밀도의 기초자료를 제공하기 위해 서울특별시에 위치한 버스터미널에 대하여 약 5개월간 무인계수시스템(People Counting System, PCS)을 이용해 조사를 수행하였다. 조사의 시기는 명절과 주말을 포함하여 진행하였으며 대기공간과 보행공간으로 구분하여 재실자밀도 결과를 수집하였다. 또한 수집된 결과를 이용하여 현재 버스터미널 설계에 이용되는 ‘환승센터 및 복합환승

센터 설계·배치기준(이하, 설계기준)’의 서비스수준(Level of Service, LOS)과의 관계를 살펴보고, 국외 기준과의 비교를 통해 버스터미널의 재실자밀도 수준을 파악하였다. 한편 버스터미널의 재실자밀도와 관련된 연구는 상당히 제한적이기 때문에 별도의 비교평가를 진행하지 않는다.

2. 국내 버스터미널의 유형 및 설계기준

2.1 국내 버스터미널의 유형

버스터미널은 「여객자동차 운수사업법(이하, 여객자동차법)」 제2조에 의하면 ‘여객자동차터미널’로 구분되며 ‘도로의 노면 그 밖에 일반교통에 사용되는 장소가 아닌 곳으로서 승합자동차를 정류시키거나 여객을 승·하차시키기 위하여 설치된 시설과 장소’를 말한다. 그 종류로는 동법 시행규칙 제72조에 따라 ‘공영터미널’과 ‘공용터미널’로 구분된다. 공영터미널은 ‘여객자동차운송사업’에 사용하는 승합자동차를 정류시키기 위한 공영차고지로 사용하기 위하여 지방자치단체가 설치한 터미널이며, 공용터미널은 공영터미널 외의 여객자동차 터미널을 의미한다. 법적으로는 공영과 공용터미널로 구분할 수 있으나 동시에 운영되는 경우가 있고 화재위험이나 재실인원의 현황을 파악하기 위하여 본 연구에서는 2개의 경우를 모두 ‘버스터미널’로 정의하였다.

일정규모 이상의 버스터미널의 경우에는 서론에 언급한 바와 같이 터미널 이용객의 편의를 목적으로 판매, 업무 및 근린생활시설과 연계하여 건축되는 경우가 있다. 한국교통안전공단에서 작성된 「2018년 대중교통 현황조사」에 의하면 버스터미널은 2018년 기준 289개소로 집계되고 있다. 다만, 정류소, 정류장 및 환승장(이하, 정류장 등)의 경우를 포함하면 전국에 780개소가 존재한다(KOTSA, 2018).

버스터미널에 있어서 재실인원의 수는 규모 및 지역사회에 따라 달라질 수 있는데 경기도의 사례(2018년 기준)를 살펴보면 Fig. 1에 나타난 바와 같이 총 32개의 버스터미널 중 연면적 3,000 m² 미만 버스터미널이 15개소(46.9%)로 가장 많이 분포하고 있고 안산, 부천, 동두천, 고양, 광주 및 수원시의 경우에만 연면적 20,000 m²를 초과하는 버스터미널이 일부 구축되어있다.

Fig. 1. Total Floor Area by Administrative District by Bus Terminals (Case of Gyeonggi-do)

경기도의 사례에서 볼 수 있듯이 버스터미널은 규모가 유사하지 않기 때문에 재실인원을 조사하기 위해서는 공간 유형에 따라 재실인원을 측정하는 표본조사방법(Sampling Survey Method)을 활용할 필요가 있다. 표본조사방법은 주로 해수욕장의 인파를 측정하는 페르미추정법(Fermi Estimate Method)을 근거로 하고 있으며 재실인원을 추정하기 위한 방법으로 사용된다(Gan et al., 2013).

2.2 국내 버스터미널 국내 설계기준

버스터미널은 「국가통합교통체계효율화법」 제50조에 의거하여 ‘터미널형 환승센터’로 구분되어 설계 서비스수준을 확보하도록 하고 있다. 설계의 구성은 터미널, 주차장, 버스터미널, 보행이동시설 및 정보안내시설로 구분되고 LOS 기준으로 설계 및 배치방안을 계획하도록 하고 있다. LOS는 A~F로 6등급으로 나뉘며 A가 가장 좋은 상태이고, F는 가장 나쁜 상태를 의미한다. LOS는 Fruin (1971)에 의해 처음 제안되었으며 이용자의 주요 공간 점유 정도 정도에 따라 공간의 혼잡도 및 동선의 이동시 원활도 등을 나타내는 주요 척도이다(Fruin, 1971; Park and Park, 2007).

재실인원에 따른 공간의 면적을 구성하는 LOS등급은 대기공간, 계단 및 보행통로에 적용되며 Table 1에 나타낸 바와 같이 재실자밀도에 따른 보행상태를 정의하고 있다. 대기공간은 E등급($0.23 \text{ m}^2/\text{pers.}$)을 최저 수준으로 하며, A등급은 ‘인접대기자 사이에 한 사람이 더 들어갈 수 있는 수준’으로 정의된다. 또한 보행통로에서도 최소한의 면적을 E등급($0.67 \text{ m}^2/\text{pers.}$)으로 정하고 보행속도를 자유롭게 선택할 수 수준으로 A등급으로 하고 있다. 여기서 LOS등급을 근거로 재실자밀도 조사결과와의 검토를 수행한다.

Table 1. A LOS Standard of Waiting and Walking Spaces

Level	Waiting ($\text{m}^2/\text{pers.}$)	Walking ($\text{m}^2/\text{pers.}$)
A	$1.18 \leq \rho$	$1.66 \leq \rho$
B	$0.78 \leq \rho < 1.18$	$1.18 \leq \rho < 1.66$
C	$0.54 \leq \rho < 0.78$	$0.87 \leq \rho < 1.18$
D	$0.34 \leq \rho < 0.54$	$0.61 \leq \rho < 0.87$
E	$0.23 \leq \rho < 0.34$	$0.47 \leq \rho < 0.61$
F	$\rho < 0.23$	$\rho < 0.47$

3. 버스터미널 재실자밀도 조사방법 및 시기

3.1 조사방법

버스터미널은 전술한 바와 같이 규모가 상이하기 때문에 표본조사방법이 적합하며 공간유형에 대하여 구분된 조사

가 필요하다. 버스터미널을 구성하는 공간에 대한 시설기준은 「여객자동차터미널 구조 및 설비기준에 관한 규칙」에서 정하고 있고 크게 매표실, 대합실, 정류장소, 승강장, 주차장, 화장실, 사무실, 안내실, 배차실, 승무원휴게소 및 간이세차장으로 분류된다(KOTSA, 2018). 각 세부시설은 1일 이용인원에 따라 면적이나 개수가 정해지며 차량의 정비 등과 관련된 공간이 아닌 경우에는 승차를 위해 대기하는 대기공간과 이동에 필요한 통행공간, 그리고 사무실, 안내실 및 승무원휴게소 등 직원이 이용하거나 매점, 음식점 등과 같이 재실인원이 직접 이용하는 공간으로 분류할 수 있다.

직원 전용공간 및 음식점 등은 별도의 재실자밀도 기준이 존재하기 때문에 제외하고 실제로 재실인원이 이용하는 공간을 구분하면 대기공간과 통행공간으로 구분할 수 있다. 따라서 본 조사에서는 대기공간으로 분류되는 승차장 및 매표소 앞의 공간을 ‘대기공간’, 이외의 공간을 ‘통행공간’으로 정의하여 각각 2개의 장소를 대상으로 조사를 수행하였다.

조사의 방법은 IP카메라를 통해 전송된 영상분석을 통해 입·퇴실인원을 측정하는 시스템인 PCS를 이용(Ko et al., 2014; Seo and Hwang, 2019)하였으며 Fig. 2에 조사방법의 개요를 나타낸다. PCS는 IP카메라를 통해 전송된 영상에서 일정범위를 적용해 범위 내에서 이동하는 인원을 측정하는 것으로서 본 조사에서는 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 공간별로 공간면적(Zone)을 설정(가상의 선, Imaginary line)하고 범위 내로 유입되는 인원의 합계로서 재실자밀도를 추정하였다. 대기공간과 통행공간의 측정위치는 Fig. 4에 나타내었다. 또한 대기공간은 실제로 줄을 서서 기다리는 공간이 아닌 대기공간 주위를 설정한 것으로 실제로 유동이 이루어지는 공간을 말한다. 이는 대기만을 위해 대기행렬이 형성되는 공간만을 국한하게 되면 데이터의 형태가 단순해지는 것을 방지하기 위함이다.

Fig. 2. Method of People Counting System

Fig. 3. A Case of Video Analysis (Zone 4)

(a) Waiting zone; Yeongdong Line (Zone 1, 2)

(b) Walking zone; Gyeongbu lines (Zone 3, 4)

Fig. 4. Overview of Measuring Location

한편 PCS는 Zone에 유입되는 인원을 이미지화하여 저장하는 것이 「개인정보보호법」에 의거하여 수집하는 것이 제한되어 있기 때문에 인원수에 대한 정보만 저장되도록 하였다. 또한 공간에 유입되는 인원이 가상의 선을 통과하는 순간마다 계측되기 때문에 초단위로 측정하였을 때 설정된 Zone에 재실인원의 수가 산출하는 것이 어렵다. 이에 Zone을 통과하는 인원을 산출하기 위해 최대 Zone을 30 m² 미만으로 설정하고 해당 공간을 이동하는 누적인원을 누적시간인자 개념을 도입하여 분석하였다. 누적시간인자란 해당 Zone에 계측되는 인원을 누적인원으로 산출하기 위한 제한시간으로 유입이 발생하는 최초 재실인원을 기준으로 Zone의 범위에서 유출되는 제한시간을 의미한다. 누적시간인자는 최대 이동할 수 있는 거리 L_{max} 와 대각선거리 L_d 와의 평균인 평균 보행거리 L_{mean} 을 이용하고 우리나라 연령별 평균보행 속도 v 를 적용(Yoon et al., 2010)하여 누적되는 인원을 산출하였다. 이에 초단위로 유입되는 인원에 대하여 누적되는

시간인자 t_c 을 나타내면 Eq. (1)과 같다.

$$t_c = L_{mean}/v \quad (v=1.2) \quad (1)$$

여기서, t_c 는 누적시간인자(sec), L_{mean} 는 평균보행거리(m)이며, 가로길이와 세로길이의 합으로 구한 최대보행거리 L_{max} 와 대각선길이 L_d 의 평균을 의미한다. 이와 관련하여 Table 2에 공간면적별 누적시간인자와 면적 등의 자료를 나타낸다. 이에 따라 대기공간은 4 sec, 통행공간은 각각 6 및 8 sec로 산출되었다. 여기서 Zone 1, 2의 경우는 대기공간, Zone 3, 4는 통행공간이다.

Table 2. A Data Related to Cumulative Time Factors

Zone	1	2	3	4
Area (m²)	7.0	8.8	20.0	30.0
L_d (m)	4.03	4.30	6.40	7.80
L_{max} (m)	5.5	6.0	9.0	11.0
L_{mean} (m)	4.77	5.15	7.70	9.41
t_c (sec)	4	4	6	8

3.2 조사 시기

조사 시기를 설정하는 것은 최대인원을 산정하는 재실자 밀도 조사에 있어서는 주요한 조건이다(Seo and Hwang, 2017). 버스터미널의 최대인원이 집중되는 것은 일반적으로 명절기간으로 예측되어지고 빈번하게 인원이 집중되는 기간은 주말기간으로 생각된다. 조사대상인 버스터미널의 2018년 이용인원을 살펴보면 Table 3과 같으며 금, 토 및 일요일인 주말이 주중(월~목)에 비해 약 1.9배 수준인 것을 확인할 수 있다. 이에 조사 시기는 명절기간을 포함하기 위하여 2019년 9월 13일부터 2020년 1월 31일로 설정하였다. 포함된 기간에는 주말이 20회 포함되어 있으며 공휴일(개천절, 한글날)이 포함된다. 하지만 조사대상물이 2019년 10월부터 2020년 1월까지 일부공간에 리모델링 공사가 진행되어 Zone 3, 4의 자료에서는 일부 누락된 부분이 존재하였으며 이에 대한 구체적인 자료의 수집개요를 Table 4에 나타낸다.

Table 3. Number of Occupants used by Day of the Week (KOSTA, 2018)

Week	Mean of Occupant Number (person)	Mean of Weekday and Weekend
Monday	28,815	26,176
Tuesday	25,090	
Wednesday	24,780	
Thursday	26,018	
Friday	43,141	50,210
Saturday	57,034	
Sunday	50,455	

Table 4. Overview of Survey Period and Collected Data

Zone	1	2	3	4	Mean
Weekdays (days)	24	32	10	17	18.5
Weekend (days)	22	29	9	14	20.8
Total days (days)	46	61	19	31	39.3
Number of Weekdays Data ($n \times 10^3$)	435	450	200	391	346.6
Number of Weekend Data ($n \times 10^3$)	465	396	77	448	368.9
Number of Total Data ($n \times 10^3$)	901	846	276	839	715.5
Data per Days ($n \times 10^3$)	20	14	15	27	18.8

조사의 시기는 2019년 추석과 2020년 설날을 포함하기 위하여 2019년 9월 13일부터 2020년 1월 31일로 조사하였다. 하지만 조사대상물이 2019년 10월부터 2020년 1월까지 일부 공간에 리모델링 공사가 진행되어 통행공간(Zone 3, 4)의 자료에서는 일부 누락된 부분이 존재하였다. 또한 일별 조사 시간의 범위는 버스터미널의 운영시간인 10:00~22:00까지로 정하여 데이터를 수집하였다.

전체 수집된 자료의 수는 2,862,178개로 상당히 많은 자료를 수집할 수 있었으며 일평균 약 2만개의 데이터를 분석하였다. 데이터의 수가 전체의 인원수를 의미하는 것은 아니지만

버스터미널 내부에서 이동한 재실인원의 유동은 파악할 수 있는 자료로서 수집개수가 많으면 유동인구가 많은 것으로 볼 수 있다. 요일의 구분은 주말의 경우 금, 토 및 일요일과 명절기간(2019년 추석, 2020년 설날) 및 공휴일을 포함하고 주중은 그 외의 결과를 나타낸다.

4. 조사결과 및 분석

4.1 일별 재실자밀도 측정결과

PCS방법을 이용하여 Zone별 재실자밀도를 측정한 결과를 다음에 나타낸다. 수집된 자료는 Zone 2가 측정기간이 가장 길었기 때문에 가장 많은 자료를 수집할 수 있었으며, Fig. 5는 Zone별 측정된 재실자밀도의 일별 평균값을 나타내며, Table 5에 주중과 주말의 평균값을 나타내었다.

Table 5. A Mean Results of Weekdays and Weekends for Occupant Load Density

Zone	Weekday ($m^2/pers.$)	Weekend ($m^2/pers.$)	Total ($m^2/pers.$)
1	2.61 ± 0.27	2.12 ± 0.26	2.29
2	2.60 ± 0.35	2.24 ± 0.30	2.42
3	9.52 ± 0.30	8.94 ± 0.76	9.39
4	9.62 ± 2.08	9.71 ± 2.28	9.57

(a) Zone 1

(b) Zone 2

(c) Zone 3

(d) Zone 4

Fig. 5. A Results of Occupant Load Density by Zone

Zone 4의 경우를 제외하고는 Zone별 평균값의 편차는 크게 나타나지는 않았으며 이는 리모델링 공사가 진행되면서 재실인원의 유동이 감소된 결과로 보인다. Zone 3의 경우는 자료의 수집이 일정기간 이후에 자료가 수집되지 않았으며 결과적으로 Zone 3, 4의 이동경로가 공사로 인해 유입되는 인원이 감소 또는 측정이 되지 않은 것으로 추정된다. 또한 주말과 주중의 결과에서도 볼 수 있듯이 주말의 평균이 주중보다 약 11% 재실자밀도가 높게 나타나는 결과가 도출되었다. 이는 주말과 주중의 결과가 인원의 대기공간 이용빈도 및 이용시간이 중복됨에 따라 총 이용인원이 증가함에 따라 나타나는 결과로 볼 수 있다. 하지만 본 조사는 이용인원이 증가하더라도 Zone 범위 내에서만 측정되는 한계를 갖기 때문에 앞에서 언급한 1일 이용인원이 1.9배 차이가 발생된다고 기술한 내용과는 다소 차이가 있다.

특히 대기공간과 통행공간은 차이가 크게 나타났으며 대기공간의 경우 버스의 탑승을 위해 일시적으로 인원이 증가된 사례가 많은 것으로 판단된다. 통행공간의 경우에도 Table 4의 데이터수를 고려하면 유동인구는 많았다고 할 수 있으나 인원이 일시적으로 집중되는 사례가 대기공간에 비해 적기 때문에 재실자밀도가 높게 나타나지는 않은 것으로 보인다. 또한 명절 및 공휴일의 경우에 있어서는 주말과의 차이가 나타나지 않았으며, 이는 특수한 이벤트 발생에 따라 변동되는 총 재실인원과는 다르게 표본조사에서는 확인할

수 없는 한계라고 생각된다.

4.2 설계기준에 따른 재실자밀도 검토

전술한 바와 같이 설계기준에서 정하고 있는 LOS (Table 1 참조)을 토대로 조사된 결과를 적용하여 분석하였으며 이에 대한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Zone별로 대체적으로 LOS등급이 E등급 미만은 극소로 나타났으며, Zone 1, 2는 대기공간으로 대부분 B등급 이상으로 나타나 대기공간에서 재실인원이 불편함이 느낄 정도의 밀도는 나타나지 않았다. 또한 Zone 3, 4는 통행공간으로 대부분 A등급으로 나타나 통행에 지장이 이루어지는 부분은 없다고 판단된다. 대기공간과 통행공간의 평균은 Zone 1~4의 경우 각각 2.29, 2.42, 9.39 및 9.57 m²/pers.으로 나타났으며 대기공간과 통행공간과는 약 7 m²/pers.의 차이를 보였다.

한편 재실자밀도의 최댓값에 대해서는 극소로 분포되기는 하였지만 Zone 1~4의 경우가 각각 0.20, 0.14, 0.83 및 0.83 m²/pers.으로 나타나 일정시간동안은 재실자밀도의 수준이 모든 공간에서 유사한 것으로 측정되었다. 재실자밀도의 최댓값을 분석하는 것은 피난안전측면에서 중요한 것으로 파악될 수 있으나 나타나는 빈도가 매우 적고, 건축물의 설계나 평가에 있어서 전체적인 구역에 대한 평가를 수행하기 때문에 대기공간을 명확히 할 수 있는 설계기준을 작성할 경우에는 참고할 수 있는 사항으로 생각된다.

Fig. 6. A Histogram of Occupant Load Density according to LOS Standard

4.3 국내외 재실자밀도 기준과의 비교고찰

본 연구에서 조사된 결과에 대하여 국내외 재실자밀도 기준과 비교한 결과를 Table 6에 나타내었다. 국내외 기준은 모두 화재안전을 위해 피난인원을 산정하기 위해 작성된 기준을 활용하였다. 기준에서 명시적으로 버스터미널 기준을 제시하는 국가는 싱가포르가 유일하다. 다만 영국과 뉴질랜드의 경우는 건축물 용도에 따라 별도로 분류하지 않고 공간용도를 기준으로 분류하기 때문에 버스터미널도 이와 같은 기준을 적용받을 것으로 예상된다. 또한 명시적이지는 않지만 국내기준이나 미국 등과 같은 기준을 활용할 경우에도 공항터미널로 분류되는 기준을 설계에 활용할 수 있다.

Table 6. A Comparison of Codes and Survey Results for Occupant Load Density

Codes and Survey Results	Occupant Load Density (m ² /pers.)	Explanation
KR ^a	9.30	Transportation facilities
USA ^b	1.90	Airport terminal
	1.40	Concourse waiting areas
USA ^c	9.30	Concourse for Airport
	1.40	Waiting area for Airport
HK ^d	-	Based on actual design and layout
NZ ^e	10.0	Terminal spaces for Airports
	1.40	Waiting/check-in for Airports
UK ^f	2.00	Waiting area, Visitors lounge
SG ^g	1.50	Passenger arrival and Departure areas (Bus terminal)
	3.0	Others
Survey Results	2.36	Waiting space (mean of Zone 1 and 2)
	9.48	Walking space (mean of Zone 3 and 4)

- a. Rules on standards for evacuation and fire protection of buildings
b. International Building Code (ICC, 2018)
c. NFPA 101, Life Safety Code (NFPA, 2015)
d. Code of Practice for Fire Safety in Building (BD, 2011)
e. Extract from the New Zealand Building Code (DBH, 2012)
f. Code of Practice for Fire Safety in the Design (BSI, 2008)
g. Code of Practice for Fire Precautions in Buildings (SCDF, 2018)

대기공간의 경우를 적용하는 재실자밀도 기준은 국가별로 차이는 일부 있으나 1.4~2.0 m²/pers.으로 상당히 높은 값을 적용하고 있으며, 통행공간 또는 그 외의 공간에 대해서는 3.0~10.0 m²/pers.으로 편차가 크게 나타나는 특징이 있다. 싱가포르와 같이 버스터미널에 대한 기준을 명시적으로 적용하는 경우는 대기공간 1.5 m²/pers., 그 외의 공간 3.0 m²/pers.으로 높은 재실자밀도 기준을 적용하고 있으며 본 연구에서 조사된 결과와 비교하면 대기공간은 수용할 수 있는 기준의 범위이나 통행공간 등에 있어서는 차이가 큰 것으로 판단된다.

버스터미널의 공간은 대체적으로 대기공간과 통행공간으로 분류되며 대기공간은 매표를 위해 대기하는 공간과 버스를 탑승하기 위해 대기하는 공간으로 구분할 수 있다. 국외 기준에서 볼 수 있듯이 대기공간과 통행공간 등의 경우는 기준에서 분류하여 적용하는 것이 화재안전설계 및 평가 등에 활용되기에 적합할 것으로 판단되며, 국내의 기준은 「건축물 방화구조규칙」에 제시되고 있으나 공간을 분리하여 제공하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

본 조사는 1개의 버스터미널을 조사한 것이기 때문에 국외의 재실자밀도 기준과 유사한 수준으로 볼 수도 있지만 전술한 바와 같이 버스터미널은 규모나 위치, 다른 시설과의 연계되는 사항 등에 따라 다른 특징이 있을 수 있기 때문에 보완적인 추가조사가 필요할 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 버스터미널에 대한 재실자밀도 기준을 정립하기 위한 기초적인 연구로서 서울특별시에 위치한 버스터미널의 재실자밀도를 PCS를 이용하여 실측 조사하였다. 또한 이를 토대로 LOS등급과의 관계를 살펴보고 국내외 기준과 비교검토를 수행하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 버스터미널에 대한 PCS를 이용해 조사한 결과 약 286만개의 데이터를 수집할 수 있었으며, 일평균 약 2만개의 데이터를 수집하였다. 또한 대기공간이 통행공간보다 일시적으로 유동인구의 집중이 빈번히 발생하는 것을 확인하였다.
- (2) 버스터미널의 재실자밀도 측정결과 유입되는 인원의 평균은 주말이 주중보다 약 11% 높게 나타났다. 또한 대기공간과 통행공간의 평균 재실자밀도는 Zone 1~4의 경우 각각 2.29, 2.42, 9.39, 9.57 m²/pers.으로 나타났으며 대기공간과 통행공간의 차이가 약 7 m²/pers. 정도 차이를 보였다. 재실자밀도 최댓값은 Zone 2에서 0.14 m²/pers.으로 나타났으나 다른 Zone의 결과도 이와 유사한 결과를 보였다.
- (3) 한편 LOS등급으로 살펴보면 대기공간은 대부분 B등급 이상의 결과를 통행공간은 A등급의 수준을 보였다. 국내외 재실자밀도 기준과의 비교한 결과로는 대기공간은 조사결과 2.36 m²/pers.으로 국외기준의 범위인 1.40~2.00 m²/pers.과 유사한 결과로 나타났으며, 통행공간의 조사결과도 9.48 m²/pers.로 국외기준 3.0~10.0 m²/pers.의 범위에 수용되는 결과로 볼 수 있다.

버스터미널에 대한 재실자밀도 기준이 부재한 상황에서 조사결과의 반영은 시기적으로 어려운 상황이지만 실측 조사된 결과를 토대로 재실자밀도 기준을 정립하기 위한

기초적인 자료로서 활용될 것으로 기대한다. 다만 기준을 적용하기 위해서는 더욱 많은 조사가 필요하며 다양한 분야에서 이에 대한 논의가 활발히 이루어져 보다 현실적인 재실자밀도 기준의 마련이 필요할 것으로 판단된다. 또한 버스터미널의 대기공간은 쾌적한 재실자밀도가 상당히 높기 때문에 화재위험과의 관계 등을 고려하여 세부적인 설계조건 등의 연구가 향후 진행될 필요가 있다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원(20AUDP-B100356-06)에 의해 수행되었습니다. 또한 조사가 원활히 진행되도록 협조해주신 버스터미널 관계자들에게 특별히 감사드립니다.

References

- British Standards Institute (BSI). (2008). *Code of practice for fire safety in the design. Section 5, Table 10 (Examples of typical floor space factors)*. United Kingdom.
- Building Department (BD). (2011). *Code of practice for fire safety in buildings. Part B, B4(Assessment of occupant capacity)*. Hongkong.
- Department of Building and Housing (DBH). (2012). *Extract from the New Zealand building code. Clauses C1-C6 protection from fire*. New Zealand.
- De Sancitic, 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.
- Fruin, J.J. (1971). *Designing for pedestrians: A level of service concept. Proceedings of 50th Annual Meeting of the Highway Research Board*, pp. 1-15.
- Gan, T.X., Xie, X.G., and Hu, Z.R. (2013). Application of sample inventorying methodology in surveying occupant density at public spaces. *Procedia Engineering*, Vol. 52, pp. 112-118.
- International Code Council (ICC). (2018). *International building code. Chapter 10, Section 1004 (Occupant load)*. United States of America.
- Kim, D.H., and Kim, H.Y. (2015). A study on the waiting room space planning of bus terminal: Focused on Seoul express bus terminal. *Proceeding of 2015 Annual Autumn Conference*, Korea Institute of Interior Design, pp. 275-279.
- Ko, G.N., Lee, Y.S., and Moon, N.M. (2014). People counting system by facial age group. *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol. 51, No. 2, pp. 69-75.
- Korea Transportation Safety Authority (KOTSA). (2018). *Report for present-condition investigation public transportation*. Minister of Land Infrastructure and Transport.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2015). *Life safety code, Part 1, Chapter 7, Table 7.3.1.2 (Occupant load factor)*. United States of America.
- Park, C.K., and Park, C.M. (2007). A study on the establishment size-computation and the level of service of airport passenger terminal. *Journal of The Regional Association of Architectural Institute of Korea*, Vol. 9, No. 2, pp. 99-106.
- 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., and Hwang, E.K. (2019). Occupant numbers and adequacy of occupant load density standards for an exhibition hall in Korea. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 19, No. 7, pp. 233-240.
- Seong, H.J. (2019). *A study on smoke diffusion depending on having sprinkler & firewall or not in Goyang general bus terminal*. Master's thesis, Seoul National University of Science and Technology.
- Singapore Civil Defence Force (SCDF). (2018). *Code of practice for fire precautions in buildings, Chapter 1, Table 1.4B (Occupancy load factors)*. Singapore.
- Wong, L.T. (2004). Occupant load factor in local residential old high-rise buildings. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, Vol. 6, No. 4, pp. 197-201.
- Wong, L.T., and Mui, K.W. (2006). Modelling transient occupant loads for offices. *Architectural Science Review*, Vol. 49, No. 1, pp. 53-58.
- Yoon, N.M., Yoon, H.J., Park, J.S., Jeong, H.S., and Kim, G. (2010). The comparative study on age-associated gait analysis in normal Korean. *The Journal Korean Society of Physical Therapy*, Vol. 22, No. 2, pp. 15-23.

Received	September 10, 2020
Revised	September 11, 2020
Accepted	September 22, 2020