

주거용 건축물의 재실자밀도 기준 적정성 평가에 관한 연구

A Study on the Adequacy Evaluation of Criteria of Occupant Load Factor in Residential Buildings

서동구*

Seo, Dong-Goo

황은경**

Hwang, Eun-Kyoung

Abstract

The purpose of this study is to grasp the effectiveness of evacuation safety design by verifying the appropriateness of the standard of occupant load factor for residential buildings. To this end, the definition and current standard of occupant load factor for residential buildings were analyzed, and the problems of the current standard were clarified by interviewing professionals. In addition, changes in occupant load factor were examined by year based on statistical research, and evaluation on the current standard 18.6 m²/pers. was performed. As for evaluation methods, the need of redesigning of evacuation capacity was investigated by using evacuation simulation. As a result of the analysis, the most serious problem was clarification of the applicable standard for residential officetel, where the average occupant load factor was 26.1 m²/pers., which was not appropriate. However, as a result of evaluation on evacuation capacity, although there was no difference between statistical research results and the current standard in terms of evacuation capacity, when the standard for business facilities was applied to officetel, evacuation time doubled. Thus, this study suggests that when the current standard is applied to residential officetel, it is necessary to separate between residential use and business use.

Keywords : Occupant Load Factor, Residential Buildings, Adequacy Evaluation

주요어 : 재실자밀도, 주거용 건축물, 적정성 평가

1. 서론

1. 연구의 배경

건축물의 피난용량을 산정하거나 피난경로의 안전설계를 통해 화재 시 인명피해를 저감할 수 있다. 피난용량을 결정하거나 피난안전경로를 설계하기 위해서는 건축물 내 피난해야 하는 재실자수에 대한 예측은 필수적이다. 재실자수 예측에는 일반적으로 재실자밀도(OLF, Occupant Load Factor)를 활용하고 있다. 재실자밀도는 이미 많은 국가에서 기준으로 정하여 피난해야 하는 총 재실자수를 평가할 수 있도록 다양한 공간용도에 활용(BD, 2011; ICC, 2011; NFPA101, 2012; SCDF, 2013, MBIE, 2014)되고 있다.

국내의 재실자밀도는 경보설비, 소화설비 등의 소방시설 설치기준을 설정하는 목적으로 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 시행령 제15조에

의거하여 별표4에 따른 수용인원을 산정하는 반면, 동법 제9조3에 의거하여 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준(국민안전처고시 제2016-30호)」에서 피난자수를 산정하는 척도로서 재실자밀도를 활용하고 있다. 또한 피난안전구역 면적산정을 위해 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 별표1의2에서는 피난안전구역 위층의 재실자수를 산정하기 위한 척도로서 활용되고, 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법」 시행령 제12조에 의거하여 재난예방 및 피해경감계획을 수립하기 위해 별표1에 용도별 거주밀도를 제시해주고 있다.

피난자수를 평가하는 것은 건축물 내 총 피난인원을 안전한 피난장소로 대피시키는 것을 의미하며, 성능위주설계에서는 소요안전피난시간(RSET, Required Safety Egress Time)을 산정하기 위해 활용된다. 또한 국외에서는 건축물의 위험성평가에서 사망자확률 또는 화재 시 예상치사율을 평가하는 용도로 활용되어지고 있다(Magnusson, Frantzych, & Harada, 1997; He et al., 2003).

기술한 바와 같이 재실자밀도가 피난인원을 결정짓는 척도로 활용되기 때문에 실제 건축물을 사용하는 인원들에 대한 정확한 자료가 요구된다. 이는 피난에 있어서 안전한 설계를 지향하는 것과 사회적 비용이 무분별하게 사용될 수 있는 과다설계 등의 문제와도 직결한다. 이러한 내용에 근거하여 국내외 선행연구에서는 다양한 용도에

*정회원(주저자), 한국건설기술연구원 연구원 공학박사

**정회원(교신저자), 한국건설기술연구원 연구위원 공학박사

Corresponding Author: Eun-Kyoung Hwang, Building and Urban Research and Building Institute, Korea Institute of Civil engineering and building Technology, 283 Goyang-daero, Ilsanseo-gu, Gyeonggi-do, Korea E-mail: ekhwang@kict.re.kr

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원(과제번호: 16AUDP-B100356-02)에 의해 수행되었음.

대한 조사를 수행하였다. 대부분 연구의 방법은 실측조사를 통해 실제 재실인원을 파악하는 연구로서 진행되었고, 주거용 또는 사무용 건축물 등과 같이 재실자수가 수용인원에 많은 영향을 주는 건축물에 대하여 실측 또는 건축물의 공간수를 파악하는 방법으로 수행되었다(Roper & Briggs, 1935; Milke & Caro, 1996; Wong & Mui, 2006; Hwang & Youn, 2011; Gan, Xie, & Hu., 2013). 또한 상업시설과 문화시설 등과 같이 불특정다수가 존재하는 건축물은 실제 재실자수를 산정하더라도 최대 재실인원에 대한 확률론적 접근이 필요하다고 제안되고 있다(Seo et al., 2009; Sanctic, Kohler, & Fontana, 2014; Seo & Hwang, 2016). 이와 같이 재실자밀도 수치가 따라 건축물에 적용되는 피난인원 산정이 변화되기 때문에 기준에 있어서의 수치는 정확하고 명료해야 한다.

한편, 주거의 용도로 사용되는 건축물은 거주하는 인원에 대한 조사가 개인영역으로 한정되어 있어 그 조사방법이 비교적 어렵다. 이러한 측면으로 국내 건축물의 주거형태에 따른 재실자밀도 기준은 국외의 기준을 인용하고 있어 피난안전을 위한 재실자밀도 산정에 대한 연구는 미흡하다. 국외에서도 주거용 건축물은 설계하는 형태에 따라 상당한 차이가 있을 것으로 예측하고, 설계기준 편차를 주는 것이 바람직하다고 지적하고 있다(Wong, 2014). 주거의 형태를 갖춘 국내의 건축물은 주택과 같은 주거시설과 기숙사 및 호텔 등과 같은 숙박시설, 그리고 주거용 오피스텔 및 고시원 등이 존재한다. 이러한 시설은 대부분 국외기준을 인용하여 정하고 있기 때문에 국내 주거시설이 이에 적합하지에 대한 평가는 반드시 필요하다. 특히 주거용 오피스텔은 사무소 건축물의 재실자밀도를 적용하고 있는 경우도 존재하기 때문에 과다설계 등의 문제가 나타날 것으로 예상된다. 따라서 반드시 통계적인 자료에 근거한 검토가 필요하다.

2. 연구의 목적

본 연구는 주거용 건축물에 대하여 국내 기준의 적정성을 평가하는 것을 목적으로 국내에 다양하게 분포되고 있는 주거형태를 조사하고 통계자료를 인용하여 분석한다. 현재까지 국내에서 주거용 건축물에 대한 재실자밀도를 추정하는 연구를 수행한 것은 대부분 공동주택의 거주밀도를 산정하여 생활공간을 등을 계산(Park & Park, 1993)하는 건축계획적인 측면에 대한 접근이기 때문에 피난안전측면에서의 적정성 검토는 상당히 의의가 있을 것으로 판단된다.

3. 연구방법 및 범위

본 연구는 통계적 자료를 근거로 하여 주거용 건축물의 재실자밀도의 적정성을 검토하는 것을 목적으로 하기 때문에 신뢰성이 높은 통계자료를 활용한다. 따라서 통계자료는 국가통계포털(KOSIS)에서 제공하는 「2015년 인구주택 총조사」의 결과를 인용하였다. 주거용 건축물에 있어서 공동주택 등과 더불어 그 외의 건축물(주거용 오

피스텔, 고시원, 호텔 및 기숙사 등 숙박시설)의 조사도 필요하지만 통계자료 등이 미흡하기 때문에 본 연구에서는 논외로 하고, 이 중 주거용 오피스텔만 포함하여 진행하였다. 더욱이 주거 유형과 재실자밀도에 대한 국내의 기준을 검토하여 국외기준 인용에 대한 문제점을 검토한다.

또한 주거용 건축물 재실자밀도의 적정성을 확인하기 위해 현행 기준에 대한 실효성 검토를 목적으로 전문가집단을 구성하여 실 설계당시의 문제점을 명확히 하고 이를 근거로 주거유형 및 분석 우선순위 등을 검토한다. 이와 더불어 통계에 근거한 자료에 대해 가상의 건물을 선정하여 피난용량의 차이가 나타나는지에 대해 사례검토를 수행한다.

II. 주거용 건축물의 유형 및 정의

1. 주거용 건축물의 유형 및 국내외 기준

우리나라의 주거용 건축물은 다양한 형태로 존재한다. 「건축법 시행령」 제3조에 의거, 별표1에서는 크게 단독주택과 공동주택으로 구분하고 기숙사는 공동주택에 포함하고 있다. 주택의 정의를 살펴보면 「주택법」 제2조에는 “세대의 구성원이 장기간 독립된 주거생활을 할 수 있는 구조로 된 건축물의 전부 또는 일부 및 그 부속 토지를 말하며, 단독주택과 공동주택으로 구분”라고 기술하고 있다. 또한 「건축물 착공 통계조사 수행규칙」 제2조에는 “독채로 된 살림집, 아파트 등 완전히 구획된 주거용 건축물의 부분으로서 한 가구가 주거생활을 영위할 수 있도록 축조된 건축물과 건축물의 부분으로서 1개 이상의 방과 부엌 및 출입구를 갖추고 있는 것”이라고 정의한다. 이러한 법적인 정의를 인용하면 주거용 건축물의 정의는 “장기간 독립된 주거생활과 1개 이상의 방과 부엌 및 출입구를 갖추고 있는 용도”로 요약할 수 있다.

한편, 피난안전의 측면으로 살펴보면 단기간 체류를 목적으로 사용되는 호텔이나 다중생활시설도 주거의 사용목적에 포함될 수 있고, 고시원 및 업무시설 중 오피스텔이나 수련시설과 같은 대형숙식주거도 이에 포함될 수 있다. 주거용 건축물 용도는 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」에서는 호텔, 기숙사와 아파트 그리고 대형숙식주거로 구분하고 있고, 재실자밀도 계수는 $18.6 \text{ m}^2/\text{pers.}$ 을 적용하고 있다. 예를 들어 세대 유효면적이 90 m^2 인 경우에는 5 pers.(4.84 pers.)을 산정하게 된다. 안전성 측면에서는 많은 재실인원을 포함하게 되면 안전성을 높이지겠지만 피난용량 측면에서 과다설계가 초래되기 때문에 정확한 계수인지에 대한 검증은 반드시 필요하다.

더욱이 주거용 오피스텔의 경우 재실자밀도는 업무시설 또는 주거시설로 적용하는 것에 대한 법적 설명이 부재하고, 업무시설로 간주하게 되면 $9.3 \text{ m}^2/\text{pers.}$ 을 적용하게 되기 때문에 과다설계가 우려된다. 특히 현재는 오피스텔의 공급면적이 $50\text{-}200 \text{ m}^2$ 의 범위로 다양해지고 있고 실 사용하는 인원은 감소하는 경향이 있기 때문에 반드시 주거용 건축물에 대한 다각적인 재실자밀도 적용이 필요하다.

Table 1. Occupant Load Factor by Countries

No.	Occupant Load Factor (m ² /pers.)	
	Accommodation (Hotel, Dormitory, Etc.)	Apartment Houses
1	Hotels and Dormitories: 18.6 Board and Care, Large: 18.6	Apartment Houses: 18.6
2	Hotels: 20 (0.05 pers./m ²)	Apartment Houses: R+1 R: Number of Rooms by Household
3	Accommodation(Hotels): 18.6 With its Bed: Staff+beds* (person)	Apartment Houses: 18.6
4	*Double bed: 2 persons Without bed: Staff+Floor are/3 m ² (person)	
5	Dormitories: 4.7	Residential: 18.6
6	Hotel and Dormitories: 18.6 Board and Care, Large: 18.6	Apartment Houses: 18.6
7	With its bed: Number of bed/Floor area Without bed: 6.25	Living room: 16.6
8	Boarding Houses, Hostels, Hotels, Motels, Guesthouses: Number of bedspaces Dormitories: 3	Flats, - With corridor or balcony access having fire or more flats on each floor served by each staircase: 4.5 - Flat not covered by the above: 9 Tenement houses: 3
9	Bedrooms, Bunkrooms, Dormitories, Hotels, Halls and Wharenui, Wards in hospitals, Operating theatres and similar, Detention quarters: As number of bed spaces and staff when appropriate	
10	Dormitories: 5 Hostel, Hotel, Motel, Guesthouse: 15	
11	Other residential, Apartments, Maisonettes - Gross Floor Area: 15.0 - Private roof garden/terrace of a residential unit: non-simultaneous - Children playground (with playground equipment): 5.0 - Common roof garden/roof terrace accessible to residents and guests: 1.5 (Except areas covered in Annex E(Recessed area LPG cylinder installations)) Student hostel, Dormitory, Old folk's, Home, Orphanage, Children's home, Day-care centre, Kindergarten, Infant care, Army camp, Detention/correction centre: Occupancy load by functional spaces Hotels, Holiday resorts, Boarding houses, Serviced apartments, Convention centres, Private clubs: Occupancy load by functional spaces	

- 1) Installation, Maintenance, and Safety Control of Fire-Fighting System Act, Performance-based Design, 2016 (Korea)
- 2) Special Act on Management of Disasters in Super high-rise buildings and Complex buildings with underground connections, 2016 (Korea)
- 3) Building Act, 2016 (Korea)
- 4) Installation, Maintenance, and Safety Control of Fire-Fighting System Act, Occupant calculation Standard, 2016 (Korea)
- 5) International Building Code, 2012 (USA)
- 6) NFPA 101, Life Safety Code, 2012 (USA)
- 7) Method of Evacuation Safety Verification, 2001 (Japan)
- 8) Code of Practice for Fire Safety in Buildings, 2011 (Hongkong)
- 9) Building Code, 2012 (New Zealand)
- 10) National Construction Code, 2016 (Australia)
- 11) Fire Code, 2013 (Singapore)

<Table 1>은 국내의 재실자밀도의 기준을 나타낸 것이다. 재실하는 형태에 따라 주거용 건축물을 구분하면 공동주택 및 아파트와 같이 원천적으로 공급면적이 정해져 있는 상황에 재실인원의 변동이 있는 경우와 호텔 및 기숙사와 같이 원천적으로 공급면적과 재실인원 제한을 두고 있는 형태, 2가지로 구분할 수 있다. 전자의 공동주택 등은 거주하는 형태가 다양하고 조사되는 시기에 따라 다르게 분포할 가능성이 있다. 후자의 호텔 등은 전자의 공동주택에 비하여 최대 거주인원을 산정할 수 있고 공급면적이 대부분 인원에 비해 작기 때문에 높은 재실자밀도가 발생할 가능성 또한 존재한다. 즉 호텔 및 기숙사 등의 부분에 있어서는 높은 재실자밀도를 적용할 필요가 있다. 기숙사의 경우 홍콩(3 m²/pers.)이나 미국(IBC, 4.7 m²/pers.) 및 호주(5 m²/pers.)에서는 주거용도와 다르게 보고 있고 면적이 비교적 작기 때문에 재실자밀도 계수를 높게 적용하고 있다.

한편 공동주택 및 아파트 등과 같은 경우는 홍콩을 제외하고는 일반적으로 15.0-18.6 m²/pers.을 적용하고 있고, 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법」의 공동주택은 세대별 방의 개수(R)을 적용하는 특징이 있다. 홍콩의 경우는 주택화재에 대비하여 공동주택에 높은 재실자밀도를 제공하고 독립된 주택에 따라 차등된 기준을 제안하고 있다. Milke and Caro(1996)의 연구에 의하면 재실자밀도 기준은 사회적인 변화에 따라 검토하는 것을 권장하고 있고, Mizuno, Harada, & Wakamatsu (2004)도 일본의 재실자밀도를 정립할 때 선행기준을 재검토하는 것이 타당하다고 언급한 바 있다. 특히 홍콩과 싱가포르의 경우는 재실자밀도의 추가조사 및 주거 유형별 상세기준을 적용하는 등의 노력이 이루어지고 있고, 소규모 가구의 증가에 따라 기준개정이 수행되었다(BD, 2011; SCDF, 2013). 국내 역시 1인가구 비율이 2010년 기준 전체 가구의 23.9%를 차지하고 2030년에는 32.7%(709만 가구)로 전망(Choi, Park, & Lee, 2016)되기 때문에 반드시 적정성 검토는 필요하다.

2. 재실자밀도의 정의

재실자밀도는 식(1)과 같이 구획 내에 있는 인원수와 순 바닥면적의 비율이라고 정의할 수 있다.

$$p_{OLF} = A_f / n_p \tag{1}$$

여기서, p_{OLF} 는 재실자밀도(m²/pers.), A_f 는 유효한 바닥면적(m²), n_p 는 재실자수(person)를 의미한다. 주거용 건축물은 아파트 또는 기숙사 등과 같이 사용기간이 비교적 긴 중·장기적 사용공간으로 사용기간에 따라 구분할 수 있다. 다시 말하면, 주거의 목적에 따라 사용기간이 분류된다고 할 수 있다. 본 연구에서는 연구범위에 기술한 바와 같이 중·장기적 사용공간에 대한 부분을 검토하는 것으로 한다.

식(1)에 제시된 바와 같이 재실자밀도는 유효한 바닥면적과 재실인원의 정확한 자료에 의해 결정되기 때문에 이를 조사하고 평가하는 것은 상당히 주요한 사안이다. 주거용 건축물의 유효면적을 측정하는 것은 주거현장에서 가구 등을 제외한 유효한 면적을 산출하는 것이 가장 정확한 방법이다(Milke & Caro, 1996). 이를 정확히 측정하는 것은 상당히 많은 기간이 소요되고, 다량의 표본을 수용하는 것은 물리적으로 쉽지 않다. 하지만 주거용 건축물은 재실자수가 타 건축물 용도에 비해 적기 때문에 전용면적으로 계산하는 것으로도 유효 바닥면적을 산정하는 것은 가능하다. 주거시설에 대해 재실자밀도를 조사한 Wong(2014)의 연구를 살펴보면 설계당시의 건축물의 도면으로 분석하는 것은 가능하지만 실제 거주하는 개인영역별로 분석하는 것은 상당히 어려운 문제로서 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 전용면적의 통계 값을 인용하는 것으로 정하였다.

재실자수의 경우 「인구주택총조사」의 자료를 인용하면 평균적인 인원산출이 가능하고, 전용면적에 따른 재실자밀도 산출이 표준적인 자료로서 제시될 수 있다. 더욱이 주거형태에 따른 분류를 수행하고 있고, 연도별 추이를 확인할 수 있기 때문에 활용이 가능하다.

III. 재실자밀도 기준적용 현황조사

1. 현황조사 개요

주거용 건축물 재실자밀도의 적정성을 확인하기 위해서는 기준이 적정하게 적용되고 있는지에 대한 조사가 필요하다. 이를 확인하기 위해서는 성능위주설계 및 사전재난영향성검토협의 등 재실자밀도를 활용하고 있는 법적인 절차에서 나타나고 있는 문제점의 확인이 필요하다. 특히 전체 건축물 용도 중 재실자밀도 적용 시 문제시 되고 있는 현황을 파악해야 하며, 이를 통한 용도별 조사근거 우선순위를 확인해야 한다. 따라서 본 절에서는 주거용 건축물의 재실자밀도 실효성을 확인하기 위해 전문가 면담 조사를 수행하였다.

전문가 면담에 참여한 응답자는 총 7명의 전문가로 구성하였으며, 성능위주설계 및 사전재난영향성 검토협의 등 화재안전설계를 진행하고 있는 기관과 이를 평가하거나 심사위원의 자격으로서 심사를 수행한 바 있는 전문가로 구성하였다. <Table 2>에 응답자의 전문자격 등을 나타내었다. 조사자의 개인정보의 보호를 위해 경력(년), 자격사항 및 전문분야만을 나타내었다. 조사의 방법과 조건은 <Table 3>에 나타난 바와 같으며, 현재 피난인원을 적용하는 방법, 관련법규, 조사의 우선순위 등에 대하여 면담 조사를 수행하였다. 조사는 2개월간 시행되었고, 응답자별 2회 면담을 통하여 1차 의견조사를 통해 수립한 의견을 정리하여 재차면담을 진행하고 수립할 수 있는 범위를 정하여 수행하였다.

Table 2. Professional Qualification of Respondents

No.	Work experience (yr)	Licenses	Field activity
1	20	Professional engineer fire protection (in Korea)	Fire safety design
2	19		
3	25		
4	15	Professional engineer fire protection (in USA)	Examiner
5	9	Fire protection engineer	
6	12	Professor	Examiner
7	18		

Table 3. Contents of Expert Interview Investigation

Classification	Contents
Purpose	Review of effectiveness of occupant load factor
Method	Interview investigation
Period	2015. 12.~2016. 02. (2 months)
Respondents	7 institution Performance based fire safety design
Contents	1. Survey methods and necessity of Occupant load factor - Applying method of person number to admitted - Applying method according to using form - If there is no standards - Necessity - Problem and Improvement - Proposal of occupant load factor for building use 2. Priorities for buildings that require investigation

2. 조사결과 및 분석

<Figure 1>은 건축물의 피난인원을 산출하는 방법을 나타낸 것으로서, 현재 건축물에서 피난인원을 산정하고 있는 방법(중복답변)으로는 대부분 해당 기준에서 적용하고 있는 재실자밀도를 산정(A)하고 있다. 해당건축물의 기준이 없는 경우는 해외기준을 적용하고 있는 것(C)으로 나타났다. 또한 피난인원을 산정하기 위해 내부자료를 인용(D)하거나 실태조사(B)를 통해 이용하는 경우는 상당히 미흡하였다. 기준을 이용할 수밖에 없는 배경으로는 피난안전설계를 수행하고 평가 받는 과정에서 근거로서 채택이 어려운 문제가 있었고, 더욱이 설계는 짧은 기간 내에 수행이 가능하여야 하기 때문에 해당 건축물의 실태조사를 통해 자료를 수집하기 위한 시간이 부족하다는 의견이 존재하였다.

해외기준을 인용하는 이유로는 국내 기준 중에 적용할 수 없는 용도 등을 적용하기 위한 것으로 조사되었으며, 해외기준으로서는 IBC, NFPA 101 및 BS 기준이 가장 많이 인용되는 것으로 조사되었다. 그 이유로는 적용대상 건축물 용도가 세분화되어 있는 것이 언급되었다. 하지만 이 기준에서도 국내의 오피스텔 및 찜질방 등 국내의 특성이 적용된 건축물 용도가 없는 부분이 가장 큰 문제점으로 지적되었다. 이 중 실태조사를 통해 얻어진 결과를 활용한 사례는 공동주택의 통계값을 인용해 적용한 것으로서, 실제로 주거시설 형태가 다양화되고 있어 기존의 18.6 m²/pers.을 적용하기 어려운 부분에 대하여 의견이 존

재하였다. 하지만 이 사례는 단 1건의 사례로서 설계 심사에서도 근거의 신뢰성 확보에 상당히 시간이 오래 걸린 단점이 있다는 것이 지적되었다.

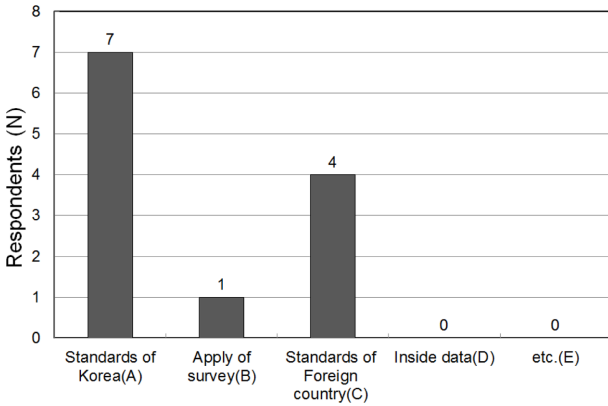


Figure 1. Method of Calculation for Number of People

또한 현재 국내 기준에서 적용되고 있는 재실자밀도 기준의 신뢰성 확보를 위해 통합적인 기준 마련 및 주거시설의 재실자밀도 기준 마련 필요성에 대해 조사하였다. 조사는 5점 척도로 응답을 요구하였으며, 「매우그렇다」 1건, 「그렇다」 6건으로 응답자 모두 반드시 필요한 것에 대하여 긍정적인 의견으로 합의되었다.

현재 재실자밀도 기준 적용시 문제점 및 개선방안에 대한 것에 있어서는 해외기준을 토대로 국내 용도별 재실자밀도를 재조사하는 것이 가장 많은 의견(4건)이었으며, 현행 기준에서 적용하고 있지 않은 용도(오피스텔, 찜질방 등)에 대한 조사를 통한 기준정립이 필요하다는 의견(2건)으로 조사되었다. 이 중 오피스텔이 가장 주요한 이슈로 나타났으며, 그 이유는 설계에 대한 심의 진행 시 주거용과 업무용을 구분하는 기준이 없어 심의별로 다르게 나타나는 것을 지적하였다. 오피스텔은 「건축법시행령」 제3조의5관련 별표1에 의거, 업무시설로 적용되고 있어 주거용 오피스텔로 건축되더라도 명확한 기준이 없기 때문에 심의위원이 주관적인 판단에 따라 심의별로 다르게 나타나는 문제점을 지적하였다. 또한 지역별로 주변인구밀도 및 지역상황이 다르기 때문에 재실자밀도가 다르게 나타날 것이라는 의견(2건)도 존재했다.

이에 대한 내용을 종합하여 전체 건축물용도에 대해 조사 및 기준마련의 우선순위를 조사한 결과, <Figure 2>에 나타난 바와 같이 오피스텔(14건)이 가장 높게 나타났으며, 다음 순으로는 문화 및 집회사설의 대기공간, 대형마트, 주차장, 공동주택 등 순으로 집계되었다.

주거용 오피스텔이 설계 시 가장 난해한 부분으로 나타났고, 더욱이 공동주택의 재실자밀도 신뢰성이 부각되면서 주거용 오피스텔에 대한 적정성 평가가 기준 정립 시 주요한 인자로 판단된다. 또한 공동주택에 대한 통계적인 접근이 필요하며 해당 건축물의 상황을 근거로 한 기준 적정성 확인이 요구된다.

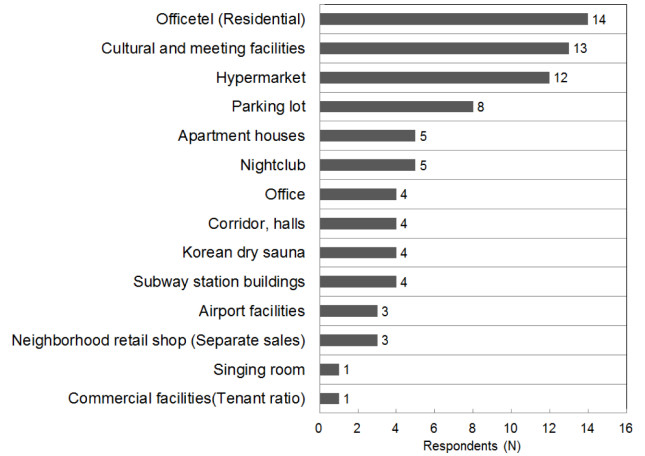


Figure 2. Priority by Building Use

IV. 주거용 건축물 재실자밀도 통계조사

1. 통계조사의 개요

주거용 건축물의 재실자밀도의 값은 시기별로 다르게 나타날 수 있다. 사회적변화 및 생애주기(Life cycle)의 변화에 따른 영향이 크기 때문에 지속적인 검토가 요구된다. 인구사회의 변화는 다양한 분야에 활용되고 있고, 이를 근거로 정부에서는 5년 주기로 「인구·주택 총조사」를 수행하고 있다. 1925년 최초의 인구센서스(Census) 조사를 위해 간이국세조사를 병행(경제활동, 출산력, 인구이동 및 일부 주택에 관한 사항)하여 5년 단위로 현재까지 계속되고 있다. 2015년에는 전수조사에 대해 최초로 등록센서스 방식으로 전환하고, 표본조사를 10%에서 20%로 확대하였으며 인터넷 조사방식과 ICR(Intelligent Character Recognition) 방식 자료입력 등 다양한 조사방법을 적용하고 있다(Census, 2015).

본 통계조사의 인용은 많은 기간 동안 진행되었기 때문에 재실자밀도 적정성 평가에 적합하며, 주거유형별 세대별 인원수 및 주거전용면적 등을 포함하는 자료가 포함되기 때문에 국내 상황을 정확하게 나타낼 수 있을 것으로 사료된다. 다만 실제 거주하는 면적에 대한 유효면적을 정확하게 산출할 수 없는 단점은 존재하지만, 재실자밀도 정의에서 언급한 바와 같이 전용면적을 유효면적으로 산정하여도 총 재실자수가 많지 않기 때문에 이를 평가하는 자료로 적절하다고 사료된다. 특히 본 통계자료는 지역별 특징을 살펴볼 수 있기 때문에 전문가 면담조사에서 지적된 지역별 상황을 파악할 수 있어 국내 재실자밀도 기준 적정성 검증에 실효성이 있을 것으로 판단된다.

2. 통계조사 결과분석

주거용 건축물에 대하여 단독주택, 아파트, 연립주택, 다세대주택, 비 주거용 건축물 및 오피스텔에 대하여 분석하였다. <Figure 3>은 연도별(2005-2015)로 주거전용면적의 분포에 대하여 나타난 것이다. 2005년에 비해 주거용

건축물의 전용면적은 2010년에 증가되고 2015년에는 안정화가 이루어졌다. 2005년 대비 2010년은 평균 334% 증가되었으며, 이 중 오피스텔의 주거전용면적이 평균 356%로 가장 많이 증가된 것을 알 수 있다. 오피스텔은 2006년 12월 사무구획별 전용면적 50 m²을 초과하지 않는 경우에 바닥난방을 허용하고, 2007년 3월 이후 국가청렴위원회가 「주거용 오피스텔」 제도를 도입하면서 오피스텔을 주거용으로 인식하는 것이 보편화되었다(Yoo, Park, & Shin, 2009). 이로 인해 주거전용면적을 넓히고 생활의 편의성 등을 주요한 인자로 고려해 공동주택과 유사한 유형으로 변화된 것으로 사료된다.

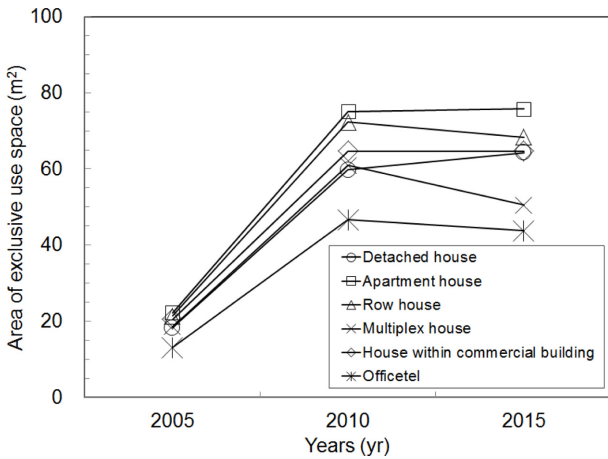


Figure 3. Area of Exclusive Use Space in Housing by Years

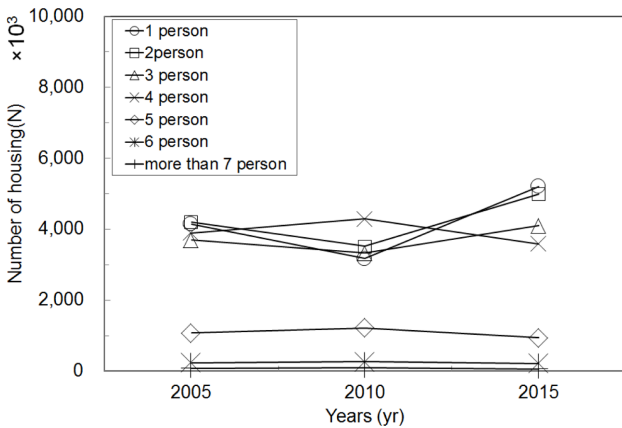


Figure 4. Occupants Number by Years

한편 <Figure 4>는 연도별(2005-2015) 거주자수를 나타낸 것으로서, 1세대 당 1인 및 2인가구는 2005년을 기준으로 2015년에 증가하는 것으로 나타났다. 2010년은 2005년과 비교하여 다소 감소하는 경향이 나타났는데 이는 전체 가구수가 약 8% 감소하였고, 4인가구가 증가함으로써 1인 또는 2인 가구 수가 전체적으로 감소하는 경향이 나타났다고 사료된다. 반면 2015년에는 1인 및 2인가구가 급속도로 증가하였으며 비례적으로 4인가구의 비율이 낮아지는 경향이 나타났다. 최근 저출산·고령화시대가 도

래하고, 1인 거주자의 증가에 따라 다가구용 단독주택 및 오피스텔 등 소규모 형태의 주거형태가 증가하는 이유로서 평가될 수 있겠다(Kim & Moon, 2009).

이에 대하여 정리하면, 주거용 건축물의 전용면적은 2010년과 2015년이 유사한 면적으로 건설되고 있고, 1인 및 2인 가구의 증가를 고려하면 동 주거전용면적에 비해 재실인원은 감소하고 있다고 판단된다. 즉 재실자밀도가 낮아지고 있는 것을 의미한다. 국외의 기준을 인용하고 있는 국내 재실자밀도 기준은 국내 상황을 고려한 계획변경이 필요할 것으로 판단된다.

이러한 결과로서 1인당 주거면적, 즉 재실자밀도를 지역별로 나타내면 <Figure 5>와 같다. 지역별로 단독주택, 아파트, 연립주택, 다가구주택, 비 주거건물 내 주택 및 오피스텔에 대하여 평균값을 적용하였다. 그 결과가 서울이 23.9 m²/pers.으로 가장 높은 재실자밀도로 나타났고, 울산광역시 29.0 m²/pers.로 가장 낮은 재실자밀도를 나타냈다. 수도권에 위치한 서울(23.9), 인천(25.1), 경기도(25.8)의 경우를 제외하고는 평균 27.6 m²/pers.의 재실자밀도를 나타내고 있어 수도권으로 갈수록 소규모 주거유형이 증가되는 것을 알 수 있다.

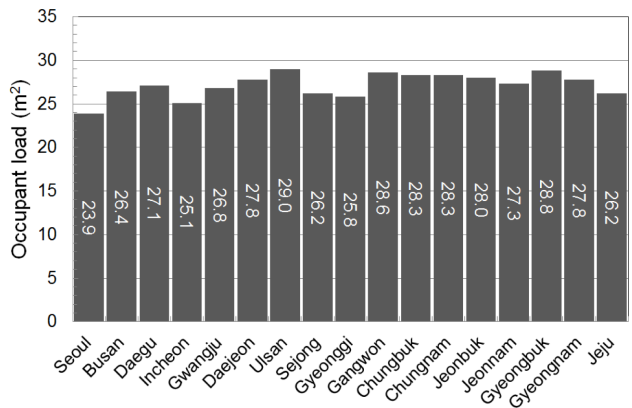


Figure 5. Occupant Load by Regional Groups

<Figure 6>은 주택유형별 재실자밀도를 나타낸 것으로서 다가구주택이 가장 높고, 단독주택이 다른 주택유형보다 낮은 재실자밀도 수치로 나타났다. 재실자밀도 기준으로서 현재 기준(18.6 m²/pers.)은 주택의 현황과는 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 표준적인 수치는 정확하게 판단하기는 어렵지만 평균값으로서 적용하면 주거용 건축물의 경우는 26.1 m²/pers.으로 제한할 수 있다. 반면 재실자밀도 기준적용은 안전한 설계를 지향하고 있기 때문에 실제 주택내 거주자가 많지 않더라도 최소한의 안전율을 적용하는 것이 필요하다. 따라서 실제 주거용 건축물의 평균값(26.1)을 적용하는 것은 적정성 검토가 요구된다. 따라서 이에 대하여 현행기준(18.6)과 본 연구에서 도출된 평균값(26.1)의 비교를 피난시물레이션을 활용하여 검토함으로써 피난용량 변화여부를 검토한다. 또한 앞에서 언급되었듯이 주거용 오피스텔에 대하여 업무시설(9.3)으

로 적용되었을 경우를 고려하여 피난용량 변화여부를 동시에 분석할 필요가 있다.

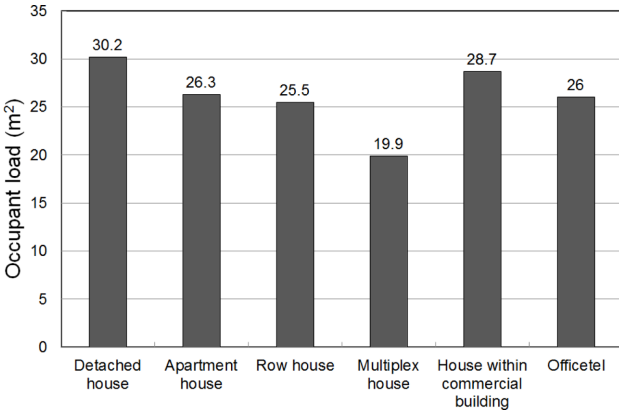


Figure 6. Occupant Load by Type of Housing

V. 주거용 건축물 피난안전시간 계산

1. 피난시뮬레이션의 개요

본 시뮬레이션의 목적은 재실자밀도 기준으로 적용되는 수치와 본 연구에서 진행된 통계적인 값을 인용하여 적용하는 수치와의 상관관계를 분석하는 것으로서, 피난시간의 차이가 실제로 과다설계가 되는지의 여부와 현행 기준으로 적용하여도 문제가 발생되지 않는 여부를 검증하는 것으로 한다. 본 연구에서는 소요안전피난시간(RSET)을 범용 피난 소프트웨어인 SIMULEX(Kim & Yoon, 1999)를 이용하여 분석하였다. 주거시설의 화재특성은 다양하게 분포될 수 있으나 본 연구에서는 주거용 건축물에 대한 재실자밀도 조건에 따른 피난시간만을 분석하였다.

피난시간은 건축물의 형태, 재실자의 피난행동특성 및 화재성상에 따라 다르게 분포될 수 있지만 동일조건하에 피난시간만을 측정하는 것이 목적이기 때문에 동일한 조건에서 재실자수만 변수로 두고 진행하는 것으로 하였다. 그 이유로는 주택의 피난특성이 층 피난안전의 경우 적은 재실자수를 근거로하며, 전관피난을 적용했을 경우 병목현상(Bottleneck effect)이 피난계단에서만 적용되기 때문에 소방대가 도착하는 골든타임 5분을 적용하여 허용안전피난시간(ASET, Available Safety Egress Time)을 결정하였다.

피난시뮬레이션의 조건으로는 재실자밀도 기준과 통계자료에 의한 조사결과를 적용하여 평가하였다. 또한 오피스텔의 경우 업무시설로 적용되었을 경우를 동시에 평가함으로써 피난용량 변화를 상호 비교하였다. 주거용 건축물은 오피스텔로도 활용되고 있는 주거용 건축물의 평면을 활용하고, 지상 10층 규모로 1개 층에 3세대수가 존재한다고 가정한 후 시뮬레이션을 진행하였다. 건축물의 평면 및 재실자밀도 조건은 <Figure 7>에 나타내었다.

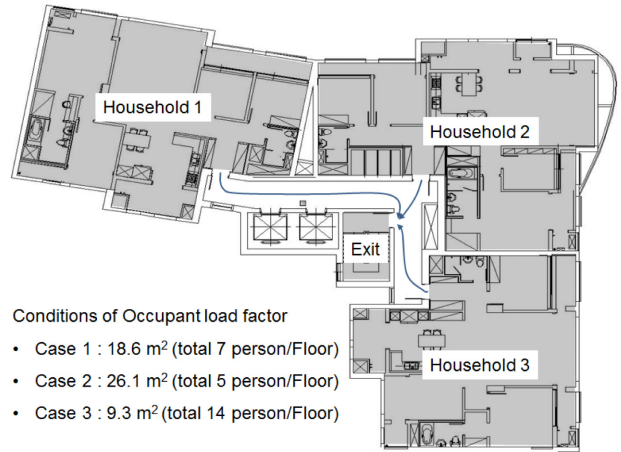


Figure 7. Plan of Housing (Simulation)

2. 피난시뮬레이션 결과 및 분석

<Figure 8>은 시뮬레이션상의 재실자를 배치한 것의 일례를 나타낸 것으로서 오피스텔(9.3)을 적용한 것이다. 또한 <Table 4>는 전관 피난시간을 나타낸다. 총 피난시간은 Case 1은 4분 28초, Case 2는 2분 32초, Case 3는 8분 57초로 나타났다. 총 피난시간의 차이는 총 피난인원과 밀접한 관계가 있는데 Case 1은 70 pers., Case 2는 50 pers., Case 3는 140 pers.의 차이가 있다. 이는 층 피난에서는 관계가 없지만 계단부분에서 병목현상 발생으로 전체 피난시간에 영향을 미친 것으로 판단된다. 현행기준(Case1)과 통계값(Case2)을 비교하면 총 피난시간이 약 2



Figure 8. Placement of Occupants (Simulation-Case 3)

Table 4. Results of Simulation (Total Evacuation Time)

Classification	Case 1	Case 2	Case 3
Occupant load factor (m²/pers.)	18.6	26.1	9.3
Total evacuation time(minsec)	4m 28s	2m 32s	8m 57s

분정도 차이가 나타나지만 ASET의 범위에 포함되기 때문에 피난용량의 차이는 발생하지 않는다.

하지만 업무시설기준(Case3)을 적용하게 되면 현행기준(Case1)의 약 2배의 차이를 보이며, ASET의 범위를 초과하기 때문에 피난용량의 증가를 통해 안전성을 확보할 필요가 있다. 즉 과다설계가 예상되며 주거용 오피스텔의 경우는 공동주택 현행기준(18.6)으로 적용하는 것을 성능위주설계 및 사전재난영향성검토협의 등의 설계심의회에 반영되어야 할 것으로 판단된다.

VI. 결론 및 향후연구방향

본 연구는 주거용 건축물에 대한 재실자밀도 기준의 적정성을 검증하여 피난안전설계의 실효성을 나타내는 것으로서 주거용 건축물의 정의 및 현행 재실자밀도 기준 현황을 분석하였다. 또한 재실자밀도 기준의 문제점을 명확히 하기 위하여 전문가 면담조사를 실시하였고, 그 결과로 오피스텔과 공동주택 기준의 적정성 검토가 필요한 것을 도출하였다. 더욱이 기준에 적용되는 수치에 대하여 통계자료를 분석함으로써 주거유형별 평균 재실자밀도를 도출하고 이를 피난시물레이션을 통해 피난용량의 적정성을 검증하였다. 이에 대한 세부내용을 다음에 정리한다.

(1) 주거용 건축물에 대하여 현행 법령 등에 적용되고 있는 재실자밀도 기준은 국외의 기준을 인용하고 있기 때문에 적정성 평가가 반드시 요구된다. 특히 주거용 오피스텔에 대한 과다설계 문제점을 전문가 면담조사를 통해 얻을 수 있었고, 통계조사를 통해 재실자밀도의 평균값(26.1)을 도출하였다. 또한 지역별로 수도권지역과 가까울수록 소규모 가구의 증가로 재실자밀도가 높아지는 경향을 알 수 있었다.

(2) 재실자밀도의 적정성을 평가하기 위해 피난시물레이션을 활용해 검토한 결과, 통계값(26.1)은 현행기준(18.6)에 비해 피난시간이 약 2배 빠른 결과로 나타났지만 피난용량에는 차이가 없기 때문에 과다설계보다는 안전설계로서 적절할 것으로 나타났다. 하지만 과다설계 문제가 제시된 오피스텔에 대하여 업무시설(9.3)로 검토한 결과 현행기준에 비해 피난시간이 약 2배 늦어지는 결과로 나타나 피난용량의 증가가 요구되면서 과다설계가 나타났다. 따라서 주거용 오피스텔에 대하여 기준을 적용할 경우는 반드시 현행기준(18.6)을 적용하는 것을 제안하였다.

본 연구에서는 통계적인 자료를 근거하여 이를 평가하였지만 다양한 표본에 따른 실제 사용 측면, 즉 주거용 건축물에 대한 유효면적을 전수조사를 통해 평가하거나 단기간 거주를 목적으로 하는 건축물(고시원, 호텔 등의 숙박시설)에 대한 평가가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. 더욱이 오피스텔은 건축형태는 다양하게 변화되고 있고 주거, 상업 및 업무 등이 복합적으로 연계된 건축물이 증가되고 있기 때문에 주거와 상업, 주거와 업무 등 피난동선이 동일 및 상이할 경우에 대한 다각적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Building Department (BD) (2011). *Code of practice for fire safety in buildings, Part B, B4(Assessment of Occupant Capacity)*. Hongkong: Building Department.
2. Census (2015). *Population and housing census*. Retrieved from <http://www.census.go.kr>
3. Choi, J. H., Park, S. J., & Lee, D. H. (2016). The study on the characteristics of shared space composition of shared housing for one-person household. *Journal of the Korean Housing Association*, 27(5), 1-10.
4. Gan, T. X., Xie, X. G., & Hu, Z. R. (2013). Application of sample inventorying methodology in surveying occupant density at public spaces. *Procedia Engineering*, 52, 112-118.
5. He, Y., Horasan, M., Taylor, P., & Ramsay, C. (2003). Stochastic modelling for risk assessment. *Proceedings of the Seventh International Symposium, International Association for Fire Safety Science*, Vol.7 (pp. 333-344), Australia.
6. Hwang, E. K., & Youn, H. J. (2011). A basic survey for the guideline of the office occupant load. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 11(6), 45-51.
7. International Code Council (ICC) (2012). *International Building Code*. USA: International Code Council, INC.
8. Kim, O. Y., & Moon, Y. K. (2009). Housing analysis of one person household. *Journal of Residential Environment Institute of Korea*, 7(2), 37-53.
9. Kim, W. H., & Yoon, M. O. (1999). A review of evacuation computer model. *Proceedings of Korea Institute of Fire Science and Engineering Conference*, Vol.33, No.1, (pp. 155-160), Seoul, Korea.
10. Magnusson, S. E., Frantzich, H., & Harada, K. (1997). Fire safety design based on calculations: Uncertainty analysis and safety verification. *Fire Safety Journal*, 27, 305-334.
11. Ministry Business Innovation and Employment (MBIE) (2014). *C/VM2. Verification method: Framework for fire safety design*. New Zealand Building Code Clauses C1-C6. Protection from Fire, Table 3.1(Occupant densities), Part 3(Movement of People), Occupant Numbers. New Zealand: MBIE.
12. Milke, J. A., & Caro, T. (1996). *Evaluation of survey procedures for determining occupant load factors in contemporary office buildings*. Building and Fire Research Laboratory. USA: National Institute of Standards and Technology.
13. Mizuno, M., Harada, K., & Wakamatsu, T. (2004). Analysis on target safety level for egress from a fire room and a fire floor in typical office buildings. *Fire Science and Technology*, 23(5), 402-462.
14. National Fire Protection Association(NFPA) 101 (2012). *Life safety code*. USA: National Fire Protection Association Editor.
15. Park, T. B., & Park, Y. H. (1993). A study on the architectural planning of the density of the multiple housing (IV). *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 9(3), 53-66.
16. Roper, D. C., & Briggs, L. J. (1935). *Design and construction of building exits*. National Bureau of Standards

- Miscellaneous Publication M151. Washington: United States Government Printing Office
17. Sanctic, G. D., Kohler, J., & Fontana, M. (2014). Probabilistic assessment of the occupant load density in retail buildings. *Fire Safety Journal*, 69, 1-11.
 18. Seo, D. G., & Hwang, E. K. (2016). A study on the establishment of occupant load density considering safety ratio of design. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 16(2), 24-33.
 19. Seo, D. G., Shin, Y. C., Lee, J. Y., & Kwon, Y. J. (2009). An investigation study on the coefficient of occupants density for performance evacuation capacity computation in buildings. *Journal of Fire Science and Engineering*, 23(5), 1-8.
 20. Singapore Civil Defence Force (SCDF) (2013). *Fire code 2013*, Table 1.2A (Occupancy Load Tables). Singapore: Singapore Civil Defence Force.
 21. Wong, L. T. (2014). Occupant load factor in local residential old high-rise buildings. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, 6(4), 197-201.
 22. Wong, L. T., & Mui, K. W. (2006). Modelling transient occupant loads for offices. *Architectural Science Review*, 49, 53-58.
 23. Yoo, H. Y., Park, Y. J., & Shim, W. G. (2009). A study on the current situation and characteristic of the residential officetel in Gangnam-gu, Seoul. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning and Design*, 25(6), 91-102.

Received: November, 30, 2016

Revised: December, 15, 2016

Accepted: December, 21, 2016