[Technical Paper]

주거용 구조의 오피스텔 성능위주설계 향상 방안에 대한 연구

송영주 · 서동길* · 김미선* · 김학중**†

동신대학교 소방행정학과 교수, *에이원소방 이사, **송실사이버대학교 소방방재학과 교수

A Study on the Improvement Plan of Performance-based Design of Officetels of Residential Structure

Young-Joo Song · D-ong-Gil Seo* · Mi-Seon Kim* · Hak-Joong Kim**†

Professor, Dept. of Fire Administration, Dongshin Univ.,

*Managing director, A-ONE Fire Protection Co., Ltd.,

**Professor, Dept. of Fire & Disaster Prevention, Soongsil Cyber Univ.

(Received September 2, 2021; Revised September 30, 2021; Accepted November 1, 2021)

요 약

본 연구는 주거용 구조의 오피스텔 성능위주설계 시 수행되는 채실자 밀도, 피난 지연시간, 세대 내 방화문의 개방 정도가 피난 안전성 평가에 어떠한 영향을 미치는지 파악하고 현실적 대안을 제시하기 위한 논문이다. 본 연구를 수행하기 위해 먼저 2020년 12월까지 시행되었던 광주광역시의 성능위주설계 대상 건축물 중 주거용 구조의 오피스텔 대상 건수 및 비율에 대해 선행조사를 하였다. 그런 다음 2가지 대표적인 type을 선정하고, 각 type에 대해서 채실자 밀도는 9.3 m²/person, 18.6 m²/person을 적용하고, 피난 지연시간은 W1, W2를 적용하며, 방화문의 개방 정도는 전체 개방, 1/4 개방, 누설 틈새를 각각 적용하여 총 32가지 case에 대해서 피난 안전성 평가를 수행하였다. 피난 안전성 평가 결과 18.6 m²/person, W2, 누설 틈새를 적용할 때 모든 case에서 피난 안전성이 확보되는 것으로 나타났다. 따라서, 주거용 구조의 오피스텔 성능위주설계 시 채실자 밀도는 주거용도인 18.6 m²/person을 적용하고, 피난 지연시간은 W2를 적용하며 방화문의 개방 정도에 누설 틈새를 적용하는 좀 더 현실성 높은 설계 방안을 제안하고자 한다.

ABSTRACT

This study aims to identify the effect of the occupant density, application of the evacuation delay time, and the degree of opening of the fire doors in the household, parameters that are used in the performance-based design of the officetels of a residential structure, on the evaluation of evacuation safety and to suggest realistic alternatives. To this end, a preliminary survey was conducted on the number and ratio of residential officetels among the performance-based design targets in Gwangju Metropolitan City, which were implemented up to December 2020. Following this, two representative examples were selected, and for each type, an occupant density of 9.3 m²/person and 18.6 m²/person and an evacuation delay time of W1 and W2 were applied. In addition, for the degree of opening of the fire doors, full opening, 1/4 opening, and leakage gap were applied. With these conditions, the evaluation of evacuation safety was performed for 32 cases. Results of the evaluation showed that evacuation safety was secured in all cases for an occupant density of 18.6 m²/person, an evacuation delay time of W2, and the application of a leakage gap to the opening of the fire door. Therefore, using the above mentioned three parameters for the performance-based design of officetels of residential structures, we have proposed a more realistic design method in this study.

Keywords : Officetels of residential structure, Performance-based design, Evacuation safety assessment

† Corresponding Author, TEL: +82-2-708-7841, FAX: +82-2-708-7749, E-Mail: khj4513@mail.kcu.ac

© 2021 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

1. 서 론

최근 급속한 경제성장으로 인한 인간의 삶의 질 향상과 건설기술의 발달, 대지의 한계성과 다양한 욕구 등을 충족시키기 위해 건축물이 초고층화, 복합 대형화, 지하 침층화 되어감에 따라 새로운 공간 또는 비정형화된 공간이 창출되면서 화재의 양상이 복잡·다양해지고 피난 동선도 길어져 기존의 획일적이고 일률적인 법규위주설계(prescriptive-based design)만으로 충분한 안전을 확보하기 어려운 문제점이 나타나고 있다. 이에 국내에서는 2011년 7월에 개정된 「소방시설공사업법」과 「화재안전, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제15조의 3에 의해 일정 규모 이상의 특정소방대상물에 대해 성능위주설계(performance-based design, PBD)를 의무적으로 적용하도록 규정하고 있다⁽¹⁾. PBD는 화재안전의 목적을 달성하기 위해 가연물의 종류와 양, 열방출률(heat release rate, HRR), 화재성장속도, 용도별 재실자 밀도(수용인원), 피난 지연시간 등 공학 기반의 구체적인 성능을 제시하고 과학적으로 평가하여 정량화된 안정성을 확보하여야 하는데 가장 일반적으로 사용되는 방법이 피난 안전성 평가이다. 피난 안전성 평가는 화재 시물레이션을 수행하여 피난허용시간(available safe egress time, ASET)을 산정하고 피난 시물레이션을 수행하여 피난완료시간(required safe egress time, RSET)을 산정한 뒤 두 값을 비교하여 RSET이 ASET을 초과하지 않도록 하여야 한다.

성능위주설계의 피난 안전성 확보와 관련된 선행연구로서, Song 등⁽²⁾은 지하 주차장과 같이 구획된 공간의 면적이 넓고 피난 경로가 다양한 경우에 대해 피난 안전성 확보 방안을 제시하였고, Song 등⁽³⁾은 주거형태의 건축물에 대해 피난 지연시간과 방화문의 개방 정도에 따른 피난 안전성 확보 방안을 제시하였다. 그러나 성능위주설계 시 국내의 현실상 복합건축물로 일정 비율을 차지할 수 밖에 없는 오피스텔에 대해 피난 안전성 확보 방안을 제시한 연구는 찾아보기 어렵다. 건축 시 업무기능과 주거기능을 동시에 고려한 우리나라 특유의 건축물인 오피스텔의 경우 법령(건축법과 주택법)간의 공간용도 적용 방법의 차이가 있음에도 불구하고 일반업무시설로 분류하는 건축법만을 적용하고 있다. 특히 주거용 구조의 오피스텔의 경우, 실제 거주용으로 사용되고 있으므로 건축물의 종류나 시설에 따라 분류하는 건축법 기준인 업무용도를 적용하는 것보다는 공간용도 및 재실자 활동에 따른 용도를 분류하는 해외기준⁽⁴⁾(IBC, Building Act 등)을 사용한 주거용도를 적용하는 것이 바람직함에도 PBD 설계 시 재실자 밀도는 업무용도를 주로 적용하고 있다. 또한, 통계청 「인구총조사」의 국내 평균 가구원 수가 2019년 기준 2.4명으로 현실을 반영한 적절한 설계가 되기 위해서는 PBD 설계 시 재실자 밀도를 반영한 피난 지연시간 기준을 업무용도 보다는 주거용도를 적용하는 것이 바람직함에도 업무용도와 주거용도를 혼용하고 있어 좀 더 보수적인 설계를 회피하고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 주거용 구조의 오피스텔에 대한 법령상의 규율을 먼저 고찰하였다. 그런 다음 광주광역시에서 수행되었던 PBD 대상 건축물 중 주거용 구조의 오피스텔에 대해 선행 조사하여 재실자 밀도, 피난 지연시간, 방화문의 개방 정도를 분석하였다. 이것을 바탕으로 대표적인 2가지 type을 선정하고 각 type별 재실자 밀도 2가지, 피난 지연시간 2가지, 방화문의 개방정도 4가지 경우를 각각 적용하여 총 32가지 경우에 대한 피난 안전성 평가를 실시하고 비교 평가하여 문제점을 살펴본 후 개선된 PBD의 피난 안전성 평가 방안을 제안하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

상기 목적을 달성하기 위해 광주광역시에 위치한 지하 2층 지상 38층, 최고높이 107 m, 연면적 66,443 m² 성능위주설계 대상물 중 11,110.93 m²의 오피스텔 A와 지하 2층 지상 36층, 최고높이 120.4 m, 연면적 50,731 m² 성능위주설계 대상물 중 35,043.6 m²의 오피스텔 B를 대상으로 연구의 범위를 한정하며 개선된 성능위주설계 피난 안전성 평가 방안을 제안하기 위해 다음과 같은 방법으로 연구를 수행하였다.

첫째, 주거용 구조의 오피스텔에 대한 법령상의 규율을 살펴보기 위해 선행연구 자료를 검토한다. 둘째, 화재시나리오는 주거용 구조의 오피스텔 내 부주의에 의한 소파 화재로 화재성장속도는 실물화재곡선을 적용하고 최대 열방출률은 3,500 kW를 적용하며, 세대 내 방화문의 개방 정도는 전체 개방, 1/4 개방, 업무용도를 적용한 누설 틈새, 주거용도를 적용한 누설 틈새의 4가지 경우에 대해서 화재시물레이션을 설정한다. 셋째, 피난시나리오는 재실자 밀도를 업무용도인 9.3 m²/person과 주거용도인 18.6 m²/person으로 적용하고, 피난 지연시간은 W1, W2를 적용하여 총 4가지 경우에 대해서 피난 시물레이션을 설정한다. 넷째, 주거용 구조의 오피스텔의 대표적인 2가지 type에 대해서 화재 시물레이션과 피난 시물레이션 16가지 경우를 각각 적용하여 총 32가지 경우의 피난 안전성 평가를 수행하고 비교 평가하여 문제점을 도출한 다음 개선된 성능위주설계 피난 안전성 평가 방안을 제안한다.

3. 주거용 구조 오피스텔의 이론적 고찰 및 선행조사

3.1 주거용 구조 오피스텔의 법령상 규율

3.1.1 건축법

건축법에 의한 건축물의 종류와 시설은 「건축법」 시행령 별표 1에서 정하고 있으며, 이에 따른 단독주택은 단독주택·다중주택·다가구주택·공관으로 구분되고, 공동주

Table 1. Officetel Building Standard Comparison of Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

Officetel Building Standards	1988	1995	1998	2004	2006	2009	2010
Ratio of work space among dedicated area	70%	70%	50%	70%	70%	70%	-
Prohibit installation of floor heating	○	-	-	○	○ ¹⁾	○ ²⁾	○
Prohibition of bathroom installation and restrictions on toilet size	○	○	○ ³⁾	○ ⁴⁾	○	○	-
Prohibited installation of balcony	○	○	○	○	○	○	○
In the case of a complex building, an officetel exclusive entrance	○	○	○	○	○	○	○ ⁵⁾

1) Floor heating installation is prohibited when the exclusive area exceeds 50 m²

2) Floor heating installation is prohibited when the exclusive area exceeds 85 m². Same from 2010 to present

3) Only the installation of bathrooms with bathtubs is prohibited

4) Less than one bathroom, less than 3 m² bathroom sizes, and no bathtub installation allowed. Same as 2006 and 2009

5) Excluding applications for buildings with a floor area of less than 3,000 m² since 2013

택은 아파트·연립주택·다세대주택·기숙사로 구분되며, 업무시설은 공공업무시설과 일반업무시설로 구분된다. 그러나 건축법과 동법시행령에서는 오피스텔을 주거용과 업무용으로 나누어 구분하고 있지 않다. 따라서, 건축법상 주거용 구조의 오피스텔도 업무용 오피스텔과 동일하게 취급된다⁵⁾. 오피스텔의 구체적인 건축 방법에 대해서는 ‘국토교통부 고시’ 제2015-266호의 오피스텔의 건축기준에서 정하고 있는데 동 고시에 따른 오피스텔의 건축기준은 각 사무구획별 노대(발코니)를 설치하지 않아야 하고, 지상층 연면적 3,000 m² 이상인 복합용도인 경우 전용 출입구를 별도로 설치해야 하며 전용면적이 85 m²를 초과하는 경우 온돌·온수온돌 또는 전열기 등을 사용한 바닥난방을 설치하지 않아야 한다.

3.1.2 주택법

「주택법」 제2조 1호에서 주택이란 ‘세대의 구성원이 장기간 독립된 주거생활을 할 수 있는 구조로 된 건축물의 전부 또는 일부 및 그 부속토지’를 말하며, 단독주택과 공동주택으로 구분한다⁶⁾. 그러나 이러한 한정적인 주택의 개념은 고령화와 1~2인 가구의 증가 등으로 인해 기존에 주택으로 분류되지는 않지만 실제 거주용으로 사용되는 시설을 포함하지 못하는 문제가 있었다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 2010년 4월 5일에 주택법을 개정하여 동법 제2조 4호에서 ‘주택 외의 건축물과 그 부속토지로서 주거시설로 이용 가능한 시설 등’을 말하는 준주택을 정의하였고 같은 해 7월 5일 동법 시행령 제4조에서 「건축법」 시행령 별표 1의 건축물 중 기숙사, 다중생활시설, 노인복지주택, 오피스텔을 준주택의 종류와 범위로 정함으로써 오피스텔의 주거기능이 대폭 인정되었다. 이러한 오피스텔의 건축기준은 정부의 방침에 따라 여러 차례 개정되어왔는데 이것을 나타내면 Table 1⁷⁾과 같다.

국내에서는 주택시장의 수급 조절을 위해 오피스텔의 건축기준을 변경하면서 오피스텔의 개념도 함께 변화해 왔다. 오피스텔의 도입 초기에는 난방설비 자체를 금지하는

등 순수한 업무시설로서 규정하고 주거기능을 최소한으로 제한하였다가 1995년부터 약 10년간 바닥난방 설치 금지 규정을 삭제하는 등 규제를 대폭 완화하고 1998년 업무공간 비중도 줄어들면서 주거용 구조의 오피스텔 공급이 확산되는 계기가 마련됨에 따라 오피스텔이 주거용의 목적으로 관심이 높아졌다. 그러나 2000년대 초반 아파트 규제로 인한 오피스텔의 공급물량이 급격하게 확대됨에 따라 정부에서는 주거용 구조의 오피스텔 공급을 제한하기 위해 2004년 오피스텔의 바닥난방 설치 금지조항을 재도입하고 업무공간 비중도 다시 높이는 등의 규제를 강화하였다. 그러다가 2006년에는 전용면적 50 m² 이하, 2009년에는 전용면적 85 m² 이하에는 바닥난방이 다시 가능해지고, 2010년 이후에는 업무공간 비중 조항이 폐지되고 욕실 설치 금지 조항도 폐지되면서 오피스텔은 명실상부 주거용 준주택으로 자리매김하게 되었다.

3.2 국내 평균 가구원 수

평균 가구원 수는 일반 가구원 수를 일반가구 수로 나누어서 산출할 수 있는데, 일반 가구원 수는 자녀 수에 대한 의사결정과 같은 가족 가치관이나 가족 규범, 그리고 경제적 여건 등과 같은 현실적인 제약 요인의 영향을 받은 출산율과 가구 구성의 변화를 반영한 것이고, 일반가구에 한 주택에 살면서 취사, 취침 등 생계를 같이하는 가구로 혼인, 출산, 입양으로 이루어진 가족 단위를 말하며 생활을 같이하는 가구나 5인 이하의 친구 또는 혈연관계가 없는 사람들끼리 모여 생활을 같이하는 비친족 가구를 모두 포함하는 것으로 통계청의 국내 평균 가구원 수를 나타내면 Figure 1과 같다.

국내 전국 가구의 평균 가구원 수는 1970년 5.2명에서 1980년 4.5명, 1990년 3.7명, 2000년 3.1명, 2010년 2.7명, 2019년 2.4명으로 꾸준히 감소하고 있으며 주거용 구조의 오피스텔에서 일반적으로 많이 사용되고 있는 전용면적 84 m²에 대해서 재실자 밀도를 비교할 때 주거용도인 18.6 m²/person을 적용하면 4.52명이 되어 약 1.9배 정도 높으며,

Figure 1. Average number of household members.

Figure 2. Performance based design preference survey.

업무용도인 9.3 m²/person을 적용하면 9명이 되어 약 3.75배 정도가 높아 PBD 설계 시 재실자 밀도를 업무용도로 적용할 경우 현실과 동떨어진 과설계가 될 우려가 있다.

3.3 성능위주설계대상 선행 조사

선행 조사한 대상 건축물은 광주광역시에서 진행되었던 성능위주설계 대상 건축물로 2011년부터 2020년까지 10년 동안 총 25건이 수행되었다. 수행되었던 건축물은 모두 복합건축물로 이중 오피스텔이 포함된 복합건축물은 19건으로 성능위주설계 대상 건축물의 약 76.0%를 차지하고 있으며 이 오피스텔은 모두 주거용 구조의 오피스텔이다. 여기에서, 재실자 밀도를 살펴보면 업무용도인 9.3 m²/person이 11건으로 약 57.9%를 차지하고 있고 주거용도인 18.6 m²/person은 8건으로 약 42.1%를 차지하고 있다. 그다음 비화재실의 피난 지연시간을 살펴보면 업무용도와 주거용도를 혼용해서 적용하고 있는데 총 19건 중 업무용도 W1인 60 s가 8건으로 약 42.1%, W2인 180 s가 1건으로 약 5.3%를 차지하고 있고 주거용도 W1인 120 s가 8건으로 약 42.1%, W2인 240 s가 2건으로 약 10.5%를 차지하고 있으며, W3를 적용한 경우는 하나도 없었다. 끝으로, 화재실의 방화문 개방 정도를 살펴보면 전체 개방, 1/4 개방, 누설 틈새를 혼용해서 적용하고 있는데 초기에 수행했던 2곳의 대상 건축물은 기록이 없고, 한 가지 경우를 적용한 대상물은

10곳, 두 가지 경우를 적용한 대상물은 4곳, 세 가지 경우를 모두 적용한 대상물은 3곳으로 총 27가지 경우에 대해서 전체 개방은 9건으로 약 33.3%를 차지하고 있고, 1/4 개방은 10건으로 약 37.0%를, 누설 틈새는 8건으로 약 29.6%를 차지하고 있다. 이것을 나타내면 Figure 2와 같다.

주거용 구조 오피스텔의 경우 실제 거주용으로 사용되기 때문에 재실자 밀도 적용 시 주거용도 기준을 적용하는 것이 바람직하나 약 57.9%가 업무용도 기준을 적용하였으며, 비화재실의 피난 지연시간 적용 시에도 약 47.4%는 업무용도 기준을 적용하여 피난 안전성 평가를 수행한 것으로 나타났다. 더욱이 W1의 경우 CCTV 설비를 갖추어 방송을 통해 육성지침을 제공하거나 훈련된 직원에 의해 육성지침을 제공하는 경우에 적용할 수 있는데, 주거용 구조 오피스텔의 경우 국내 현실상 사생활 침해^(8,9) 등의 이유로 W1을 적용할 수 없는 상황임에도 불구하고 약 84.2%가 W1을 적용하여 피난 안전성 평가를 수행한 것으로 나타났다.

4. 피난 안전성 평가

4.1 피난 안전성 평가 대상

본 논문에서 수행된 피난 안전성 평가는 실제 현장에서 수행되고 있는 피난 안전성 평가와 같은 방식으로 진행하였으며 피난 안전성 평가 대상은 주거용 구조의 오피스텔

Table 2. Evacuation Safety Evaluation Target

Officetel A	Officetel B

에서 일반적으로 많이 사용되고 있는 복도형의 서로 다른 두 가지 type으로 실제 성능위주설계를 실시한 대상 건축물 중 오피스텔 2곳을 선정하여 오피스텔 A와 오피스텔 B로 나누어 실시하였다. 오피스텔 A의 경우 84 type의 전용면적 84.97 m² (공용면적 포함: 122.54 m²)인 2세대와 59 type의 전용면적 59.83 m² (공용면적 포함: 86.28 m²)인 2세대 그리고 공용부분인 복도와 피난계단 2곳으로 구성되어 있으며, 오피스텔 B의 경우 84A type의 전용면적 84.94 m² (공용면적 포함: 122.07 m²)인 7세대와 84B type의 전용면적 84.74 m² (공용면적 포함: 122.07 m²)인 1세대 그리고 공용부분인 복도와 피난계단 2곳으로 구성되어 있다. 이것에 대한 자세한 구성을 나타내면 Table 2와 같다.

4.2 화재 시뮬레이션 모델링

화재 시뮬레이션 프로그램은 전산유체역학(computational fluid dynamics, CFD)과 저속 열유동 해석에 적합한 Navier-Stokes 방정식을 기본으로 하는 fire dynamics simulation (FDS) Version 6.7.5를 사용하였다. 모델링 시 적용된 화재는 소방청 국가화재정보센터의 2019년 화재통계연감자료를 바탕으로 발화요인별 화재 현황 중 가장 높은 비율을 차지하는 부주의⁽¹⁰⁾를 선택하여 두 가지 type 모두 다 세대 내 흡연 중 담배꽂초로 인한 소파에서 화재가 발생한 것으로 가정하였으며, 화원의 크기는 1 m × 1 m로 가정하였다. 열방출률은 3,500 kW로 미국 국립표준기술연구소(national institute of standards and technology, NIST)의 소파 화재 특성 평가 시험 결과인 실물화재곡선을 적용하였고, 연소물질은 소파 구성물질 중 인명안전기준에 가장 먼저 도달하는 가시거리에 영향이 가장 큰 SOOT_yield를 기준으로 발연량이 다른 물질에 비해 매우 높은 물질에 속하는 Polyurethane-GM21을 선정하였다. 그리고 해석공간의 mesh 크기는 오피스텔 A의 경우 0.2 × 0.2 × 0.1 m, 오피스텔 B의 경우 0.2 × 0.2 × 0.2 m를 적용하였고 해석공간의 적정성 검사인 NUREG의 민감도 수용범위(4~16)에 만족하는 7.9를 적용하여 수행한 후 모델링 하였으며, 특히 오피스텔 A의 경우 연기 및

열유동의 정확도를 높이기 위해 Z 방향을 0.1 m로 적용하였다. 화재 시뮬레이션 모델링 입력값을 나타내면 Table 3과 같다.

화재로 인한 영향과 감지 시간을 측정하기 위해 감지기 및 측정장치를 설치하였으며, 감지기는 연기감지기를 거실에 설치하여 감지 시간을 측정하였다. 인명안전기준에 도달하는 시간을 측정하기 위해 방화문에 감지장치를 설치하였고, 최종 피난완료 시점인 피난계단 입구에도 감지장치를 설치하였다. 감지장치와 측정장치의 설치 위치를 나타내면 Table 4와 같다.

출입문의 누설 틈새 면적은 ‘특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A)’의 12조 기준을 적용하고, 방화문의 크기는 가로 1 m, 세로 2.1 m이며 감지기 동작 시까지 방화문은 닫힌 상태를 유지하며 피난을 위하여 개방되는 시간 이후 방화문은 닫히는 것으로 시뮬레이션을 수행하였다. 누설 틈새를 적용한 방화문의 개방 시간은 피난 시뮬레이션에서 도출된 재실자가 문을 통과하는 시간을 기준으로 하였으며 주거용도의 피난 지연시간을 적용하면 Table 5와 같다.

4.3 피난 시뮬레이션 모델링

피난 시뮬레이션의 입력 조건에는 재실자 밀도, 재실자 비율, 재실자의 신체 치수(키, 어깨너비), 보행속도와 감지 시간 및 비화재실의 피난 지연시간을 입력하였다. 먼저 재실자 밀도는 ‘소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준’ 별표1의 업무용도인 9.3 m²/person과 주거용도인 18.6 m²/person⁽¹¹⁾을 적용하였으며, 배치된 수용인원의 계산된 값을 나타내면 Table 6과 같다.

피난 개시시간은 화재 인지 후 피난을 시작할 때까지의 시간을 의미하며, 화재실과 비화재실로 나누어 피난 개시시간을 적용하였다. 화재실의 경우 ‘일본건축방재계획지침’의 바닥면적을 통해 산출한 값과 감지기가 작동하는 시간을 비교하여 둘 중 큰 값을 적용하였으며, 30 s 미만일 경우 30 s로 적용하였다⁽¹²⁾. 오피스텔 A의 경우 ‘일본건축

Table 3. Fire Simulation Modeling of Officetel A and B

Cells	0.2 × 0.2 × 0.1 m (Number of cells for mesh : 348,392)		0.2 × 0.2 × 0.2 m (Number of cells for mesh : 618,240)	
	Grid limit	Size of applied grid	Sensitivity	Suitability
	0.10~0.40 m	$\delta_{x,y} = 0.2 \text{ m}, \delta_z = 0.1 \text{ m}$	15.8	Fit
		$\delta_{x,y,z} = 0.2 \text{ m}$	7.9	Fit
Set point	Combustible	Polyurethane - GM21		
	Reaction species	C = 1.0, H = 1.8, O = 0.3, N = 0.05, CO_yield = 0.01, SOOT_yield = 0.131		
	Heat release rate (3,500 kW)
Modeling

Table 4. Location of Measuring Devices and Detectors

Modeling
	Smoke movement, Visibility, Temperature, CO, CO ₂ , O ₂ , Smoke detector ($\alpha_e = 0.86, \beta_e = -1.09, \alpha_c = 1.56, \beta_c = -1.04$, Obscuration specification = 30.21 %/m)	

방재계획지침'의 계산 결과는 $aT_0 = 2\sqrt{84.97} \approx 19 \text{ s}$ 로 계산되었으며, 감지기는 40 s에 작동하여 둘 중 큰 값인 40 s를 적용하였다. 오피스텔 B의 경우 '일본건축방재계획지침'의 계산 결과는 $aT_0 = 2\sqrt{84.94} \approx 19 \text{ s}$ 로 계산되었으며, 감지기는 52 s에 작동하여 둘 중 큰 값인 52 s를 적용하였다. 오피스

텔 A, B의 비화재실에서의 피난 개시시간은 감지기 작동시간과 피난 지연시간의 합을 적용하였으며, 피난 지연시간은 '소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준' 별표1의 피난 지연시간 기준⁽¹³⁾을 적용하였다. 이것을 나타내면 Table 7과 같다.

Table 5. Leakage Gap Applied - Open time (Residential evacuation delay time applied)

Division		Occupant density (9.3 m ² /person)				Occupant density (18.6 m ² /person)			
		Fire room (s)		Non-fire room (s)		Fire room (s)		Non-fire room (s)	
Officetel A	Residential W1	Point 1	41~58	Point 2	163~177	Point 1	42~52	Point 2	167~173
				Point 3	165~173			Point 3	165~170
				Point 4	167~179			Point 4	169~174
	Residential W2	Point 1	41~58	Point 2	283~297	Point 1	42~52	Point 2	278~293
				Point 3	285~293			Point 3	285~290
				Point 4	287~299			Point 4	289~294
Officetel B	Residential W1	Point 1	57~70	Point 2	176~191	Point 1	60~68	Point 2	176~181
				Point 3	178~189			Point 3	177~185
				Point 4	177~193			Point 4	177~191
				Point 5	175~193			Point 5	175~185
				Point 6	178~192			Point 6	178~191
				Point 7	174~190			Point 7	174~186
				Point 8	175~190			Point 8	175~183
	Residential W2	Point 1	57~70	Point 2	296~311	Point 1	60~68	Point 2	296~301
				Point 3	298~309			Point 3	297~305
				Point 4	297~313			Point 4	297~311
				Point 5	295~313			Point 5	295~305
				Point 6	298~312			Point 6	298~311
				Point 7	294~310			Point 7	294~306
				Point 8	295~310			Point 8	295~303

Table 6. Deployed Capacity

Division	Occupant density	Type	Household	Sum household	Corridor	Total
OfficetelA	9.3	59	59.83/9.3 = 7	7 × 2 = 14	128.04/9.3 = 14	48
		84	84.97/9.3 = 10	10 × 2 = 20		
	18.6	59	59.83/18.6 = 4	4 × 2 = 8	128.04/18.6 = 7	25
		84	84.97/18.6 = 5	5 × 2 = 10		
OfficetelB	9.3	84A	84.94/9.3 = 10	10 × 7 = 70	190.20/9.3 = 21	101
		84B	84.74/9.3 = 10	10 × 1 = 10		
	18.6	84A	84.94/18.6 = 5	5 × 7 = 35	190.20/18.6 = 11	51
		84B	84.74/18.6 = 5	5 × 1 = 5		

Table 7. Evacuation Start Time of Non-Fire Room

Division	Detector operating time (s)		Evacuation delay time (W1&W2) (s)		Appliance (s)
Officetel A	40 (30 s if less than 30 s)	+	60 (Office W1)	=	100
			180 (Office W2)		220
			120 (Residential W1)		160
			240 (Residential W2)		280
Officetel B	52 (30 s if less than 30 s)	+	60 (Office W1)	=	112
			180 (Office W2)		232
			120 (Residential W1)		172
			240 (Residential W2)		292

5. 고 찰

5.1 방화문 개방 정도에 따른 ASET (피난 허용시간)

Table 8은 세대 내 방화문을 전체 개방, 1/4 개방, 누설 틈새를 적용하여 인명안전기준에 도달하는 피난 허용시간

을 측정한 것으로 누설 틈새의 경우 채실자 밀도와 피난 지연시간에 따라 문이 개방되는 시간이 다르기 때문에 업무용도의 피난 지연시간 OW1, OW2와 주거용도의 피난 지연시간 RW1, RW2 그리고 업무용도의 채실자 밀도 9.3 m²/person과 주거용도의 채실자 밀도 18.6 m²/person을 각각

Table 8. ASET According to the Degree of Opening of Fire Door

Division		Full open (s)	1/4 open (s)	Leakage gap (s)							
				OW ¹⁾		OW ²⁾		RW ³⁾		RW ⁴⁾	
				OOD ⁵⁾	ROD ⁶⁾	OOD	ROD	OOD	ROD	OOD	ROD
Officetel A	Point 1	81	80	79		79		79		79	
	Point 2	159	177	600 * ⁷⁾		600 *		600 *		600 *	
	Point 3	150	174	600 *		600 *		600 *		600 *	
	Point 4	141	176	600 *		600 *		600 *		600 *	
	Point 5	182	208	600 *		600 *		600 *		600 *	
	Point 6	168	192	600 *		600 *		600 *		600 *	
Officetel B	Point 1	91	86	87	87	86	87	86	87	86	87
	Point 2	156	179	600 *	600 *	356	600 *	316	314	402	600 *
	Point 3	262	309	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *
	Point 4	303	361	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *
	Point 5	297	366	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *
	Point 6	268	321	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *
	Point 7	179	204	600 *	600 *	577	600 *	600 *	600 *	579	600 *
	Point 8	125	139	455	600 *	281	600 *	238	235	334	600 *
	Point 9	216	253	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *
	Point 10	320	380	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *	600 *

1) Office delay time W1, 2) Office delay time W2, 3) Residential delay time W1, 4) Residential delay time W2

5) Office Occupant Density : 9.3 m²/person, 6) Residential Occupant Density : 18.6 m²/person 7) 600 over

적용하였다. 오피스텔 A의 경우 전체 개방에서 Point 1 (화재실 방화문)에서 측정된 결과 가시거리에 의한 영향으로 81 s로 측정되었고 Point 2~4 (비화재실 방화문)에서는 141~159 s로 측정되었으며 화재지점으로부터 가장 먼 지점인 Point 5, 6 (피난계단 방화문)에서는 168~182 s로 측정되었다. 1/4 개방에서는 Point 1에서 80 s, Point 2~4에서는 174~177 s, Point 5, 6에서는 192~208 s로 측정되어 전체 개방과 비교 시 시간이 늘어났지만 비슷한 경향을 가지는 것으로 나타났다. 누설 틈새의 경우 재실자 밀도와 관계없이 Point 1에서는 79 s, Point 2~4 (비화재실 방화문), Point 5, 6 (피난계단 방화문)에서 모두 600 s 이상 측정되어 ASET에 도달하는 시간이 더 늘어나는 특징이 있다.

오피스텔 B의 전체 개방에서 Point 1 (화재실 방화문)에서 측정된 결과 가시거리에 의한 영향으로 91 s로 측정되었고 화재 근접부와 가까운 Point 8 (비화재실 방화문)에서 측정된 결과는 가시거리에 의한 영향으로 125 s로 측정되었으며 상대적으로 조금 더 먼 곳인 Point 2~3, 6~7 (비화재실 방화문), Point 9 (피난계단 방화문)에서는 156~268 s로 측정되었고 가장 먼 곳인 Point 4~5 (비화재실 방화문), Point 10 (피난계단 방화문)에서는 297~320 s로 나타났다. 1/4 개방과 누설 틈새를 적용한 경우에는 전체 개방한 경우에 비해 시간이 늘어났으며 오피스텔 A와 마찬가지로 ASET에 도달하는 시간이 더 늘어나는 특징이 있다. 다만, 누설 틈새의 경우 재실자 밀도를 주거용도로 적용한 경우가 업무용도로 적용한 경우보다 ASET에 도달하는 시간이

좀 더 증가하는 경향이 있다.

피난 지연시간과 재실자 밀도, 방화문의 개방 정도에 따른 ASET을 측정된 결과, 오피스텔 A, B 모두 전체 개방을 적용한 경우보다 1/4 개방을 적용한 경우가, 1/4 개방을 적용한 경우보다 누설 틈새를 적용한 경우가 ASET에 좀 더 늦게 도달하는 경향이 있다. 특히 누설 틈새를 적용할 경우, 건물의 구조가 단순하면 재실자의 밀도는 상관이 없지만 구조가 복잡한 경우에는 재실자 밀도를 주거용도로 적용하는 것이 업무용도로 적용한 경우보다 ASET에 좀 더 늦게 도달하는 경향이 있다.

5.2 피난 지연시간에 따른 RSET (피난완료시간)

Table 9는 피난 지연시간과 재실자 밀도에 따른 RSET을 측정된 결과이다. 오피스텔 A에서 업무용도의 피난 지연시간 OW1 (60 s)를 적용한 결과, Point 1 (화재실 방화문)에서의 피난 개시시간은 감지시간이 40 s로 40 s를 적용하였으며, 업무용도의 재실자 밀도(OOD, 9.3 m²/person)를 적용한 결과 이동시간은 18 s로 피난 완료시간은 58 s로 측정되었고 주거용도의 재실자 밀도(ROD, 18.6 m²/person)를 적용한 결과 이동시간은 12 s로 피난 완료시간은 52 s로 측정되었다. Point 1에서의 RSET은 감지 시간과 이동시간만 적용되므로 피난 지연시간에 관계없이 업무용도의 재실자 밀도(OOD, 9.3 m²/person)에서는 58 s, 주거용도의 재실자 밀도(ROD, 18.6 m²/person)에서는 52 s로 모두 동일하게 측정된다. Point 2~4 (비화재실 방화문)에서의 피난 개시시간은 감

Table 9. Evacuation Delay Time RSET

Division		Detection time	Evacuation delay time				Travel time		REST							
			OW1	OW2	RW1	RW2	OOD	ROD	OOD (9.3 m ² /person)				ROD (18.6 m ² /person)			
									OW1	OW2	RW1	RW2	OW1	OW2	RW1	RW2
Officetel A	Point 1	40	-				18	12	58				52			
	Point 2		60	180	120	240	17	13	117	237	177	297	113	233	173	293
	Point 3						13	10	113	233	173	293	110	230	170	290
	Point 4						19	14	119	239	179	299	114	234	174	294
	Point 5						44	35	144	264	204	324	135	255	195	315
	Point 6						43	33	143	263	203	323	133	253	193	313
Officetel B	Point 1	52	-				18	16	70				68			
	Point 2		60	180	120	240	19	9	131	251	191	311	121	241	181	301
	Point 3						17	13	129	249	189	309	125	245	185	305
	Point 4						21	19	133	253	193	313	131	251	191	311
	Point 5						21	13	133	253	193	313	125	245	185	305
	Point 6						20	19	132	252	192	312	131	251	191	311
	Point 7						18	14	130	250	190	310	126	246	186	306
	Point 8						18	11	130	250	190	310	123	243	183	303
	Point 9						57	34	169	289	229	349	146	266	206	326
	Point 10						59	41	171	291	231	351	153	273	213	333

지 시간 40 s, 피난 지연시간 60 s로 100 s를 적용하였으며, 업무용도의 채실자 밀도(9.3 m²/person)를 적용한 결과 이동시간이 13~19 s로 피난 완료시간은 113~119 s로 측정되었고 주거용도의 채실자 밀도(18.6 m²/person)를 적용한 결과 이동시간은 10~14 s로 피난 완료시간은 110~114 s로 측정되었다. Point 5, 6 (피난계단 방화문)에서의 피난 개시시간은 감지시간 40 s, 피난 지연시간 60 s로 비화재실 방화문과 같이 100 s를 적용하였으며, 업무용도의 채실자 밀도(9.3 m²/person)를 적용한 결과 이동시간이 43~44 s로 피난 완료시간은 143~144 s로 측정되었고 주거용도의 채실자 밀도(18.6 m²/person)를 적용한 결과 이동시간은 33~35 s로 피난 완료시간은 133~135 s로 측정되었다. 오피스텔 A의 Point 2~6 (비화재실 및 피난계단 방화문)에서의 RSET은 업무용도의 피난 지연시간 OW1 (60 s)을 기준으로 업무용도의 피난 지연시간 OW2 (180 s)는 120 s, 주거용도의 피난 지연시간 RW1 (120 s)은 60 s, RW2 (240 s)는 180 s 각각 증가하는 것으로 측정되었다.

오피스텔 B에서 업무용도의 피난 지연시간 OW1 (60 s)를 적용한 결과, Point 1 (화재실 방화문)에서의 피난 개시시간은 감지시간이 52 s로 52 s를 적용하였으며, 업무용도의 채실자 밀도(OOD, 9.3 m²/person)를 적용한 결과 이동시간은 18 s로 피난 완료시간은 70 s로 측정되었고 주거용도의 채실자 밀도(ROD, 18.6 m²/person)를 적용한 결과 이동시간은 16 s로 피난 완료시간은 68 s로 측정되었다. Point 1에서의 오피스텔 A와 마찬가지로 RSET은 감지 시간과 이동시간만 적용되므로 피난 지연시간에 관계없이 업무용도의 채실자 밀도(OOD, 9.3 m²/person)에서는 70 s, 주거용도의 채실자 밀도(ROD, 18.6 m²/person)에서는 60 s로 모두 동

일하게 측정된다. Point 2~10 (비화재실 및 피난계단 방화문)에서의 피난 개시시간은 감지시간 52 s, 피난 지연시간 60 s로 112 s를 적용하였으며, 업무용도의 채실자 밀도(9.3 m²/person)를 적용한 결과 이동시간은 18~59 s로 피난 완료시간은 129~171 s로 각각 측정되었고, 주거용도의 채실자 밀도(18.6 m²/person)를 적용한 결과 이동시간은 9~41 s로 피난 완료시간은 121~153 s로 각각 측정되었다. 오피스텔 B의 Point 2~10 (비화재실 및 피난계단 방화문)에서의 RSET은 오피스텔 A와 마찬가지로 업무용도의 피난 지연시간 OW1 (60 s)을 기준으로 업무용도의 피난 지연시간 OW2 (180 s)는 120 s, 주거용도의 피난 지연시간 RW1 (120 s)은 60 s, RW2 (240 s)는 180 s 각각 증가하는 것으로 측정되었다.

피난 지연시간과 채실자 밀도에 따른 RSET을 측정한 결과, 오피스텔 A, B 모두 주거용도의 채실자 밀도(ROD, 18.6 m²/person)를 적용한 경우가 업무용도의 채실자 밀도(OOD, 9.3 m²/person)를 적용한 경우보다 피난 이동시간이 줄어들어 RSET에 도달하는 시간이 더 줄어드는 특징이 있다. 즉, 채실자 밀도를 주거용도로 적용한 경우가 업무용도로 적용한 경우보다 RSET에 도달하는 시간이 좀 더 감소하는 경향이 있다. 또한, 주거용도의 채실자 밀도(ROD, 18.6 m²/person)와 주거용도의 피난 지연시간 RW2 (240 s)를 적용한 경우는 업무용도의 채실자 밀도(OOD, 9.3 m²/person)와 업무용도의 피난 지연시간 OW1 (60 s)를 적용한 경우보다 피난 인원이 줄어들어 피난 이동시간은 감소하지만 피난 지연시간은 상대적으로 더 늘어나서 전체적인 피난 완료시간은 증가된 피난 지연시간에 감소된 피난 이동시간을 뺀 만큼의 RSET이 증가하게 되어 더 보수적인 설계방식을 적용할 수 있다.

Table 10. Evacuation Safety Assessment According to the Degree of Opening of Fire Doors

Division		ASET (s)				RSET (s)		Stability evaluation					
		Full	1/4	Leakage		Load density (m ² /person)		Full		1/4		Leakage	
				OOD	ROD	9.3	18.6	O ¹⁾	R ²⁾	O	R	O	R
Officetel A	Point 1	81	80	79	79	58	52	○	○	○	○	○	○
	Point 2	159	177	OW1:600	OW1:600	OW1:117	OW1:113	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:237	OW2:233	×	×	×	×	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:177	RW1:173	×	×	×	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:297	RW2:293	×	×	×	×	○	○
	Point 3	150	174	OW1:600	OW1:600	OW1:113	OW1:110	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:233	OW2:230	×	×	×	×	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:173	RW1:170	×	×	○	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:293	RW2:290	×	×	×	×	○	○
	Point 4	141	176	OW1:600	OW1:600	OW1:115	OW1:114	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:239	OW2:234	×	×	×	×	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:179	RW1:174	×	×	×	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:299	RW2:294	×	×	×	×	○	○
	Point 5	182	208	OW1:600	OW1:600	OW1:144	OW1:135	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:264	OW2:255	×	×	×	×	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:204	RW1:195	×	×	○	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:324	RW2:315	×	×	×	×	○	○
	Point 6	168	192	OW1:600	OW1:600	OW1:143	OW1:133	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:263	OW2:253	×	×	×	×	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:203	RW1:193	×	×	×	×	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:323	RW2:313	×	×	×	×	○	○
Officetel B	Point 1	91	86	86~87	87	70	68	○	○	○	○	○	○
	Point 2	156	179	OW1:600	OW1:600	OW1:131	OW1:121	○	○	○	○	○	○
				OW2:356	OW2:600	OW2:251	OW2:241	×	×	×	×	○	○
				RW1:316	RW1:314	RW1:191	RW1:181	×	×	×	×	○	○
				RW2:402	RW2:600	RW2:311	RW2:301	×	×	×	×	○	○
	Point 3	262	309	OW1:600	OW1:600	OW1:129	OW1:125	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:249	OW2:245	○	○	○	○	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:189	RW1:185	○	○	○	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:309	RW2:305	×	×	×	○	○	○
	Point 4	303	361	OW1:600	OW1:600	OW1:133	OW1:131	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:253	OW2:251	○	○	○	○	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:193	RW1:191	○	○	○	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:313	RW2:311	×	×	○	○	○	○
	Point 5	297	366	OW1:600	OW1:600	OW1 ¹⁾ :133	OW1 ¹⁾ :125	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2 ²⁾ :253	OW2 ²⁾ :245	○	○	○	○	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1 ³⁾ :193	RW1 ³⁾ :185	○	○	○	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2 ³⁾ :313	RW2 ³⁾ :305	×	×	○	○	○	○
	Point 6	268	321	OW1:600	OW1:600	OW1:132	OW1:131	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:252	OW2:251	○	○	○	○	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:192	RW1:191	○	○	○	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:312	RW2:311	×	×	○	○	○	○
	Point 7	179	204	OW1:600	OW1:600	OW1:130	OW1:126	○	○	○	○	○	○
				OW2:577	OW2:600	OW2:250	OW2:246	×	×	×	×	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:190	RW1:186	×	×	×	×	○	○
				RW2:579	RW2:600	RW2:310	RW2:306	×	×	×	×	○	○
	Point 8	125	139	OW1:455	OW1:514	OW1:130	OW1:123	×	○	○	○	○	○
				OW2:281	OW2:469	OW2:250	OW2:243	×	×	×	×	○	○
				RW1:238	RW1:235	RW1:190	RW1:183	×	×	×	×	○	○
				RW2:334	RW2:366	RW2:310	RW2:303	×	×	×	×	○	○
	Point 9	216	253	OW1:600	OW1:600	OW1:169	OW1:146	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:292	OW2:266	×	×	×	×	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:226	RW1:206	×	○	○	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:348	RW2:326	×	×	×	×	○	○
	Point 10	320	380	OW1:600	OW1:600	OW1:171	OW1:153	○	○	○	○	○	○
				OW2:600	OW2:600	OW2:291	OW2:273	○	○	○	○	○	○
				RW1:600	RW1:600	RW1:231	RW1:213	○	○	○	○	○	○
				RW2:600	RW2:600	RW2:351	RW2:333	×	×	○	○	○	○

¹⁾ O : Office, ²⁾ R : Residential

5.3 피난안전성 평가 결과

Table 10은 실제 수행한 성능위주설계의 피난 안전성 평가를 바탕으로 형태는 유사하나 크기가 다른 오피스텔 A와 B를 구분하여, 방화문의 개방 정도와 피난 지연시간 및 채실자 밀도를 각각 적용한 피난 안전성 평가의 결과이다. 오피스텔 A에서 방화문을 전체 개방한 경우, Point 1 (화재실 방화문)에서는 피난 지연시간 W1, W2와 채실자 밀도 업무용도(9.3 m²/person), 주거용도(18.6 m²/person) 모두 피난 안전성을 확보하는 것으로 나타났다. 그러나 Point 2~6 (비화재실 및 피난계단 방화문)에서는 OW1을 제외한 OW2, RW1, RW2 모두 피난 안전성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다. 즉, 화재실 거주자만 안전한 피난이 가능한 것으로 나타났으며, 비화재실의 거주자는 일부(OW1을 적용한 경우)에서만 피난 안전성이 확보되고 나머지(RW1, OW1, OW2)의 경우에는 피난 안전성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다. 방화문을 1/4 개방한 경우, Point 1에서는 전체 개방과 마찬가지로 모두 피난 안전성을 확보하는 것으로 나타났으나 Point 2~6에서는 OW1에서만 피난 안전성이 확보되고 RW1에서는 일부만 피난 안전성이 확보되며 OW2와 RW2에서는 모두 피난 안전성이 확보되지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 누설 틈새를 적용한 경우에는 채실자 밀도와 피난 지연시간 OW1, OW2, RW1, RW2와 관계없이 모두 피난 안전성을 확보하는 것으로 나타났다.

오피스텔 B에서 방화문을 전체 개방한 경우, Point 1 (화재실 방화문)에서는 피난 지연시간 W1, W2와 채실자 밀도 업무용도(9.3 m²/person), 주거용도(18.6 m²/person) 모두 피난 안전성을 확보하는 것으로 나타났다. 그러나 Point 2~10 (비화재실 및 피난계단 방화문)에서는 OW1, OW2, RW1, RW2 모두 피난 안전성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다. 즉, 좀 더 상세히 설명하면 화재실 거주자만 안전한 피난이 가능한 것으로 나타났으며, 비화재실 거주자는 일부(OW1을 적용한 경우, Point 8 제외)에서만 피난 안전성이 확보되고 나머지(RW1, OW1, OW2)의 경우에는 피난 안전성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다. 방화문을 1/4 개방한 경우, Point 1에서는 전체 개방과 마찬가지로 모두 피난 안전성을 확보하는 것으로 나타났으나 Point 2~10에서는 OW1에서만 피난 안전성이 확보되고 OW2, RW1, RW2에서는 일부만 피난 안전성이 확보되는 것으로 나타났다. 그러나 누설 틈새를 적용한 경우에는 오피스텔 A와 마찬가지로 채실자 밀도와 피난 지연시간 OW1, OW2, RW1, RW2와 관계없이 모두 피난 안전성을 확보하는 것으로 나타났다.

6. 결 론

본 논문에서는 광주광역시에서 수행되었던 PBD 대상 건축물 중 주거용 구조의 오피스텔에 대해 선행 조사하여 채실자 밀도, 피난 지연시간, 방화문의 개방 정도를 분석한

다음 대표적인 2가지 type을 선정된 후 32가지의 Case에 대해 피난 안전성 평가를 수행하여 개선된 PBD의 피난 안전성 평가 방안을 제안하고자 하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 광주광역시의 2020년도까지 실시된 PBD의 피난 안전성 평가를 조사한 결과 총 25건으로 모두 복합건축물이며 이중 오피스텔은 19건으로 약 76.0%의 매우 높은 비중을 차지하고 있고 이 오피스텔은 모두 주거용 구조의 오피스텔이다. 이때 채실자 밀도는 업무용도가 11건(약 57.9%), 주거용도가 8건(약 42.1%)을 차지하고 있으며 비화재실의 피난 지연시간은 총 19건 중 업무용도의 피난 지연시간 W1인 60 s가 8건(약 42.1%), W2인 180 s가 1건(약 5.3%), 주거용도의 피난 지연시간 W1인 120 s가 8건(약 42.1%), W2인 240 s가 2건(약 10.5%)을 차지하고 있다. 또한, 화재실의 방화문 개방 정도는 전체 개방은 9건(약 33.3%), 1/4 개방은 10건(약 37.0%), 누설 틈새는 8건(29.6%)을 차지하고 있다.

둘째, 피난 지연시간과 채실자 밀도, 방화문의 개방 정도에 따른 ASET을 산정한 결과, 오피스텔 A, B 모두 전체 개방을 적용한 경우보다 1/4 개방을 적용한 경우가, 1/4 개방을 적용한 경우보다 누설 틈새를 적용한 경우가 ASET에 좀 더 늦게 도달한다. 특히 누설 틈새를 적용할 경우, 건물의 구조가 단순한 오피스텔 A의 경우 채실자 밀도는 큰 영향을 미치지 않지만 구조가 복잡한 오피스텔 B의 경우 채실자 밀도를 주거용도로 적용하는 것이 업무용도로 적용한 경우보다 피난 인원이 감소하고 그로 인한 화재실 방화문의 개방 시간 또한 감소하여 ASET에 좀 더 늦게 도달하는 것으로 나타났다.

셋째, 피난 지연시간과 채실자 밀도, 방화문의 개방 정도에 따른 RSET을 측정한 결과, 주거용도의 채실자 밀도(18.6 m²/person)를 적용한 경우가 업무용도의 채실자 밀도(9.3 m²/person)를 적용한 경우보다 피난 이동시간이 줄어들어 RSET에 도달하는 시간이 오피스텔 A는 4~10 s, 오피스텔 B는 10~18 s 더 줄어드는 특징이 있다. 즉, 채실자 밀도를 주거용도로 적용한 경우가 업무용도로 적용한 경우보다 RSET에 도달하는 시간이 좀 더 감소하는 경향이 있다. 그러나, 주거용도의 채실자 밀도(ROD, 18.6 m²/person)와 피난 지연시간 RW2 (240 s)를 적용한 경우는 업무용도의 채실자 밀도(OOD, 9.3 m²/person)와 피난 지연시간 OW1 (60 s)를 적용한 경우보다 피난 인원이 줄어들어 피난 이동시간은 감소하지만 피난 지연시간은 상대적으로 더 늘어나서 전체적인 피난 완료시간은 증가된 피난 지연시간에 감소된 피난 이동시간을 뺀 만큼의 RSET이 증가하게 되어 더 보수적인 설계방식이 된다.

본 연구의 결과에서 확인하였듯이 주거용 구조 오피스텔의 경우 실제 주거용으로 사용되기 때문에 채실자 밀도 적용 시 주거용도 기준을 적용하는 것이 바람직하나 약 57.9%가 업무용도 기준을 적용하였으며 더욱이 W1의 경우 CCTV 설비를 갖추어 방송을 통해 육성지침을 제공하거나

훈련된 직원에 의해 육성지침을 제공하는 경우에 적용할 수 있는데, 국내 현실상 사생활 침해 등의 이유로 W1을 적용할 수 없는 상황임에도 불구하고 약 84.2%가 W1을 적용하여 피난 안전성 평가를 수행한 것으로 나타났다. 그리고 이러한 현실을 개선하기 위해 피난 지연시간과 재실자 밀도, 방화문의 개방 정도에 따른 피난 안정성 평가를 실시한 결과 동일한 조건에서 재실자 밀도를 주거용도로 적용하는 것이 업무용도로 적용하는 것보다 ASET는 증가하고 RSET는 감소하는 경향이 나타났으며, 주거용도의 재실자 밀도, W2의 피난 지연시간, 누설 틈새의 방화문 개방을 적용한 경우 시뮬레이션 모든 Case에서 피난 안전성이 확보되는 것으로 나타났다. 따라서, 향후 주거용 구조의 오피스텔 성능위주설계 시에는 실제 사용되는 공간 및 재실자 활동 용도 등을 고려하여 재실자 밀도는 주거용도인 18.6 m²/person을 적용하고, 피난 지연시간은 W2를 적용하며 이와 함께 방화문의 개방 정도에 누설 틈새를 적용하는 좀 더 현실성 높은 설계 방안을 제안하고자 한다. 본 연구는 피난 안전성 평가 시 법으로 규정된 재실자 밀도와 피난 지연시간의 적용과 세대 내 방화문의 개방 정도가 피난 안전성 평가에 어떠한 영향을 미치는지 파악하기 위한 논문이므로 향후 성능위주설계 시 국내 현실에 적합하고 정확한 평가를 수행하기 위한 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다. 또한, 본 연구는 주거용 구조의 오피스텔 성능위주설계 시 현실성을 높이기 위해 기준을 제안한 논문이므로 업무용 구조의 오피스텔에 대해서는 본 연구에서 제안한 사항을 적용할 수 없다는 것을 밝혀 둔다. 향후에는 좀 더 보수적인 성능설계를 위해 방화문의 개방정도에 완전 개방, 1/4 개방 되었을 때 Active System을 적용한 성능확보방안에 대한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

References

1. S. H. An, S. Y. Mun, I. H. Ryu, J. H. Choi and C. H. Hwang, "Analysis on the Implementation Status of Domestic PBD (Performance Based Design) - Focusing on the Fire Scenario and Simulation", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 32, No. 5, pp. 32-40 (2017). <https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2017.32.5.32>
2. Y. J. Song, I. C. Kong and H. J. Kim, "A Study on Improvement of Evacuation Safety Evaluation for Performance Based Design in Underground Parking Lot", Fire Science and Engineering, Vol. 33, No. 2, pp. 85-97 (2019). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2019.33.2.085>
3. Y. J. Song, D. G. Seo and M. S. Kim, "A Study on the Safety of Evacuation according to Evacuation Delay Time and Fire Door Openness: Based on Residence Types", Fire Science and Engineering, Vol. 34, No. 2, pp. 156-165 (2020). <https://doi.org/10.7731/KIFSE.0c0708c4>
4. S. R. Park and E. K. Hwang, "A study on the Improvement through the Comparison of Occupant Density in Domestic and Foreign Countries", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 14, No. 3, pp. 253-261 (2014). <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2016.16.2.27>
5. Y. N. Kim, H. C. Kong and E. J. Lee, "A Study on Conditions and Satisfaction of the Residential Officetel Residents", Proceedings of 2014 Spring Annual Conference, The Korean Housing Association, pp. 365-371 (2014).
6. 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). <https://doi.org/10.6107/JKHA.2016.27.6.145>
7. B. S. Kim, "Legislative Improvement on Residential Officetels", Real Estate Law Review, Vol. 24, No. 1, pp. 45-74 (2020). <https://doi.org/10.32989/rel.2020.24.1.45>
8. S. E. Hwang, "Alleviating Effects of CPTED Factors Applied in Multi-Family Housing in Korea on the Fear of Crime", Seoul National University of Science and Technology Graduate School of Nano IT Design Fusion, Korea (2019).
9. J. K. Han, "A Study on Establishment and Management of the Crime Prevention CCTV", Journal of Public Society, Vol. 8, No. 4, pp. 109-137 (2018). <https://doi.org/10.21286/jps.2018.11.8.4.109>
10. National Fire Agency of Republic of Korea, "Fire Statistical Yearbook of National Fire Data System", pp. 24 (2019).
11. National Fire Agency of Republic of Korea, "Performance Based Design Methods and Standards on Fire-Fighting System Installation Act", Annex 1 3-c (2011).
12. The Building Center of Japan, "Building Disaster Prevention Planning Guidelines", pp. 142 (1997).
13. National Fire Agency of Republic of Korea, "Performance Based Design Methods and Standards on Fire-Fighting System Installation Act", Annex 1 3-b (2011).