

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.6.579>

JCCT 2024-11-70

피난안전구역 설치에 따른 준초고층 아파트의 피난소요시간 분석

An Analysis of the Required Safety Egress Time of Semi-High-Rise Apartment According to the establishment of the Evacuation Safety Zone

조윤하*, 공하성**

Yoonha Cho*, Hasung Kong**

요약 이 연구의 목적은 주거 전용 준고층 아파트에 피난 안전 구역 설치 유무가 피난 안전성에 미치는 영향을 분석하는 것이다. 이를 위해 pathfinder 프로그램을 이용하여 17층에 피난안전구역을 설치한 39층 아파트를 가상 모델로 6가지의 시나리오에 따라 수용인원을 단계적으로 증가시켰을 때 피난소요시간이 최대 509.8초가 단축되는 것으로 분석되었다. 피난 동선 최적화와 엘리베이터 설치의 추가적인 피난소요시간 단축의 변수로 피난안전구역 설치의 효율성을 높이는 것으로 나타났다. 이 연구는 피난안전구역을 이용한 준고층 아파트의 안전성을 분석함으로써, 피난안전구역 설치의 시사점 및 제안점이 논의되었다.

주요어 : 준초고층아파트, 피난안전구역, 피난소요시간

Abstract The purpose of this study is to analyze the effect of the installation of evacuation safety zones in residential semi-high-rise apartments. To this end, it was analyzed by the pathfinder program that RSET(Required Safety Egress Time) was shortened up to 509.8 seconds when the number of people was gradually increased according to three scenarios as a virtual model for the 39-story apartment with an evacuation safety zone on the 17th floor. Optimizing evacuation routes and installing elevators have been shown to increase the efficiency of installing evacuation safety zones as variables that reduce RSET. By analyzing the safety of semi-high-rise apartments using evacuation safety zones, this study discussed the implications and suggestions of establishing an evacuation safety zone.

Key words : Semi-High-Rise Apartments, safe evacuation zones, RSET(Required Safety Egress Time)

1. 서 론

2023년 국정감사 시 제출자료에 의하면 전국 30층 이상 고층 건물은 아파트가 3,885개, 복합건축물 690개, 업무시설 90개등 총 4,692개로 집계되었다. 고층 건물의

약 80%가 주거지이다.

과학 기술의 발달로 더욱 풍부해진 자원과 기술을 이용한 건축물의 고층화는 세계적인 추세로 자리잡고 있다.

고층건축물이란 30층 이상이거나 높이가 120m 이상

*정회원, 우석대학교 일반대학원 소방·안전공학과 박사과정(제1저자)

**정회원, 우석대학교 소방방재학과 교수(교신저자)

접수일: 2024년 7월 25일, 수정완료일: 2024년 8월 30일

게재확정일: 2024년 10월 15일

Received: July 25 2024 / Revised: August 30, 2024

Accepted: October 15, 2024

**Corresponding Author: 119wsu@naver.com

Dept. of Fire and Disaster Prevention, Woosuk Univ, Korea

인 건축물을 정의한다. 초고층건축물이란 고층 건축물 중에서도 50층이상이거나 높이가 200m이상인 건축물로 정의되어 있다.

따라서 준초고층 건축물이란 고층 건축물 중 초고층 건축물이 아닌 것을 말하며 층수가 30층 이상이고 50층 미만인 건축물, 혹은 높이 120m 이상이고 200m 미만인 건축물로 정의되어 있다.

초고층 건축물에 대한 다른 나라의 법적 기준을 살펴보면 다음과 같다.

일본에서의 초고층 건축물에 대한 정의는 높이가 60m를 넘는 건축물로서 1개층의 높이를 3m로 계산하였을 때 약 20층에 해당된다.

중국에서는 '고층 건물 콘크리트 구조에 대한 기술 규정'(JGJ3-2002)에서 10층 이상 또는 높이가 28m를 초과하는 철근 콘크리트 구조를 고층 건물 구조라고 규정한다. 높이가 100m를 넘으면 초고층 건물이라고 한다.

미국의 경우는 IBC(International building code)에서 고층 건축물의 기준을 정의하고 있다. 고층건축물은 "소방서 차량이 접근할 수 있는 가장 낮은 층부터 사람이 거주할 수 있는 가장 높은 층의 바닥까지를 측정한 높이가 22.9m 이상인 건물"로 정의하며 있으며 이유로는 소방차량의 사다리 및 기타 장비와 전술의 차이에 의하여 결정한다.

이상에서 살펴본 국가들과 한국에서의 규정을 비교하여 살펴보면 한국의 규정이 다른나라에 비해 건물의 높이나 기준이 많이 높다는 것을 알 수 있다.

한국에서 발생한 고층건축물의 화재를 살펴보면 2010년에 발생한 우신골드스위트 화재가 있다. 또한 2020년 10월 8일에 울산에서 발생한 33층 준초고층 주상복합인 삼환아르누보에서 발생한 화재가 있다. 삼환아르누보화재는 건물 12층부터 33층까지 외벽을 태우고 93명이 병원에 옮겨진 사고이다.

화재 규모가 너무 크다 보니 불씨도 어마어마하게 날려서 건너편 약 180m 거리에 있는 마트 옥상까지 옮겨 붙었으며 근처의 주유소와 울산 남구의 큰 병원인 굿모닝 병원까지 있어서 굉장히 위험한 상황이었다.

이처럼 준초고층 건축물의 화재는 높은 건축물의 특징으로 화재가 난 건축물뿐만 아니라 주변에 위치한 건축물에도 많은 영향을 미치고 있으며 강풍 등 외적 환경에도 영향을 많이 받으며 대형화재로의 확산이 용이하여 특히 화재안전에 대한 영향력이 크다 하겠다.

이처럼 매우 큰 화재 사고임에도 사망자가 단 한 명도 나오지 않은 이유는 15층에 위치한 피난층과 28층에 위치한 중간 대피층에 주민들이 대피할 수 있었기 때문이다. 이 2곳에 대피한 주민은 100명이 넘었으며 모두 안전하게 구조되었다.

삼환 아르누보 화재는 2017년 영국에서 발생했던 24층 아파트인 런던 그렌펠 타워 화재 사고와 매우 유사한 사례로 특히 건물 외장재를 통해 불길이 순식간에 번지는 것과 새벽이라는 화재 시간대가 동일하다. 다만 삼환 아르누보 아파트는 대참사로 번진 영국의 그렌펠 타워와 달리 옥상 이외에 15층과 28층에도 피난 공간이 있어서 피난이 신속하게 이뤄진 덕분에 삼환 아르누보의 33층보다 더 낮은 24층이었던 영국 런던 그렌펠 타워의 화재 사고와 비교하면 삼환 아르누보에서는 사망자 없이 가벼운 피해로 끝났다는 차이점이 있어 큰 의미를 가지고 있다. 삼환 아르누보는 피난 안전구역의 설치하지 않아도 되는 상황에 해당 되었던 건물이었음에도 불구하고 중간 대피층을 마련해 고층 건축물 화재에서는 피난 공간이 매우 중요한 피난요소임을 증명하였다. 이 화재로 인하여 피난 안전구역의 설치를 더욱 강화해야 한다는 필요성이 부각되고 있다.

이러한 사고들을 계기로 사각지대에 놓여 있던 고층 건축물의 화재에 대한 위험성과 안전 문제 등이 이슈로 떠올랐다.

이에 준초고층에 해당하는 아파트의 화재에 대한 피난 분석을 통하여 재실자의 피난 안전에 대하여 연구해 보고자 한다.

박현식(2022)[1]은 "고층건축물 피난용 엘리베이터 설계기준 개선 방안에 관한 연구"에서 피난용 엘리베이터의 개념과 엘리베이터 구조와 분류에 따른 특징을 비교하고, 국내외 피난용 엘리베이터 설치 및 운영 동향을 분석하였다. 또한 피난용 엘리베이터 전문가의 대면 설문조사를 통해 설계상 난점을 조사 및 분석하고, 국내 고층 건축물 피난 시뮬레이션 피난시간 계산, 국내 피난용 엘리베이터의 설계 기준과 국외 피난용 엘리베이터 설계 기준을 비교 검토하여 문제점을 도출하고 개선 방향을 제시하고자 한다.

또한 피난용 엘리베이터의 구조적 설계 보호 기준, 초고층 건축물 특성에 따른 피난용 엘리베이터 설계 대수 및 설치 기준, 피난용 엘리베이터 운행방식, 운행통제 및 비상 대피 교육·훈련 등에 따른 설계의 문제점 등 피

난용 엘리베이터 설계 및 운영에 관한 문제점들을 해외 연구 사례 및 설계 기준과 비교하였으며, 엘리베이터 용량, 설치 대수, 속도 대피 인원 고층 건축물의 피난 특성을 고려한 성능 위주 기반 설계 및 최적화 설계 기준을 제시하여 국내 피난용 엘리베이터의 개선 방향을 제시하였다. 또한 과거에는 화재나 재난이 발생하면 엘리베이터 사용을 금지하도록 하였으나 건축물이 고층화되면서 피난자들의 신속한 대피로 생명을 보호하기 위해 피난용 엘리베이터 이용의 필요성과 활용을 위한 관심과 연구가 활발히 진행되고 있다.

한성재, 김효은, 이명식(2022)[2]은 고층 건축물 즉각적 피난 안전 대응에 관한 연구에서 고층 주거건축물은 공동주택이라는 건축물의 특수성과 고층의 공동 주거 특성 때문에 모든 재실자가 지상까지 도달하였을 때 피난이 완료되었다고 할 수 있음으로 효과적인 피난 시설은 스스로 지상까지 위험을 회피하여 도달할 수 있는 시설이 설치되어야 한다. 건축물 외부로 신규 피난로를 구현하여 양방향 탈출이 가능하게 하면서도 건축물 내부에 설치되어 재실자의 피난 인지성과 유효성이 있는 제품들이 설치되도록 유도 및 강제해야 한다. 탈출형 피난 시설들의 유효성이 확보되기 위해서는 남녀노소 이용 가능, 층수와 상관없이 설치 가능, 외부 동력 없이 지상까지 연속 작동 가능, 대피 과정의 2차 피해 예방 가능, 상하 옆집과 피난 시설 훼손 여부, 외관의 디자인 훼손 여부. 이런 조건을 충족하면서도 고층 주거건축물에 꼭 필요한 공간에 피난 시설을 설치하는 것이 피난의 피난 유효성을 높인다는 점을 연구하였다.

최규철, 나관주, 설영미 (2014)[3]는 고층 건축물의 피난 기구 도입 필요성에 관한 연구에서 고층 건물 화재에서는 화재층에서 피난층까지 신속한 대피가 이루어져야만 인명피해를 최소화할 수 있다. 현행 국가화재안전기준(NSFC 301)이 정하는 적용성 있는 피난 기구 중 고층 건축물에 적용이 가능한 피난 기구를 선정하여 현장 적용시험을 통한 11층 이상에서 적용 가능성을 분석하였다. 현장 시험 결과 현재 11층 이상에서 제한하고 있는 피난 기구의 문제점을 보완하여 신기술로 개발된 신개념 승강식 피난기는 소방기관의 안정성 검사와 성능인증시험을 마친 제품으로 고층 건축물 피난 기구로 도입하여도 문제가 없다는 분석 결과를 얻었다. 전력을 사용하지 않고 피난자의 체중(體重)을 이용하는 승강식 피난기는 고층건축물 화재시 짧은 시간에 많은 인원의 피난

이 가능한 피난 기구임을 확인하였다. 특히 장애인이나 중증환자 등이 이용하는 건물에서 이용자 특성을 고려한 피난기구로는 무동력으로 작동되는 승강식피난기가 맞춤형 피난기구로 적용성이 있음을 확인하였다.

JIANG Zhong-an, CHEN Mei-ling, WEN Xiao-hua(2011)[4]는 초고층 학생 아파트의 Building Exodus 피난시뮬레이션을 사용하여 피난로인 계단폭의 너비에 따라 피난시간을 분석하였다.

공하성, 이다은(2011)[5]은 대구지역 고층 건축물의 화재 안전 대책에서 고층 건축물에서 다양성과 복잡성으로 인하여 인구가 밀집되고 불특정

다수인이 이동 및 거주하는 공간으로서 경제적 활성화가 되는 반면, 그 높이로 인하여 화재와 같은 재난 발생시 인명안전 건축물에서는 다양성과 복잡성으로 인하여 인구가 밀집되고 불특정 등의 어려움이 발생할 수 있다. 고층 건축물의 화재 안전 대책으로 아파트의 종합 정밀 점검에 대한 기준강화, 사용이 간편한 에어줄식 간이스화용구의 설치, 경미한 전기설비 설치공사에도 국가기술자격자의 시공 의무화 등을 제안하였다.

이처럼 고층 건축물의 피난에 관하여 다수의 연구를 하였으며, 외국에서의 초고층 학생아파트의 피난을 연구한 사례는 있으나, 일반인들로 구성된 일반 고층 아파트 거주민들의 피난에 대한 분석은 연구가 미흡한 실정이다.

이 연구에서는 D시에 위치한 39층 고층 아파트에서의 화재 발생에 대하여 인원 및 연령 성별을 다양하게 구성하여 피난시뮬레이션 분석을 통해 피난 시간과 피난 경로를 분석하고 공동주택은 피난용 승강기의 설치가 면제되는 점과 공동주택에서의 계단너비가 120cm[6] 이상인 경우 피난안전구역의 설치가 면제되는 경우를 연구하여 문제점을 도출하고 개선 방향을 연구하고자 한다.

II. 시뮬레이션의 구성

2.1 건축물 개요

본 연구의 대상은 D시에 위치한 고층 건축물로서 2012년 사업 승인을받은 지상 39층의 아파트이다. 대상 건축물은 30층 이상의 초고층 아파트로서 계단너비를 120cm 이상 확보하여 피난안전구역의 설치를 면제받아 건축하였다. 이 아파트는 동일하게 84m²로 구성되

어 있으며 1층에 2개의 입구를 가지고 있으며 각각 3세대, 2세대의 구성으로 1개층에 5세대가 구성되어 있다. 이 연구에서는 지상 22층에서 화재가 발생하였다는 가정하에 분석을 하였다.

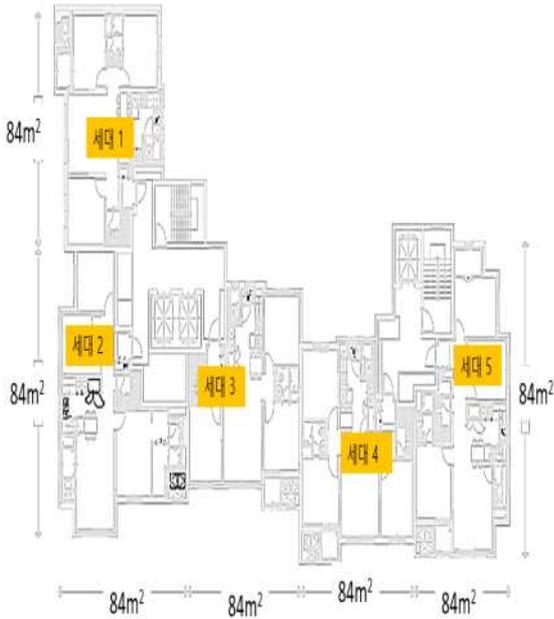


그림 1. 건축물의 2층 ~ 30층 기준층 평면도
Figure 1. A floor plan of the 2nd to 30th floors of the building

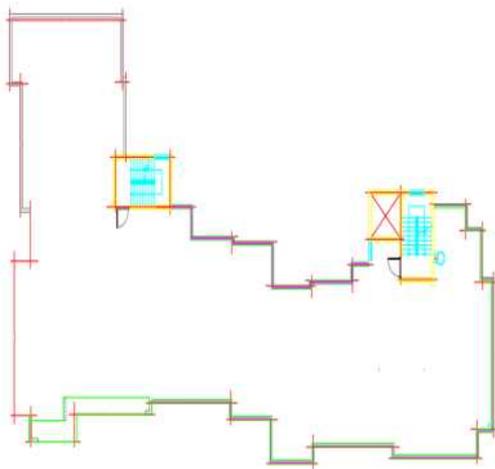


그림 2. 건축물의 옥상층 평면도
Figure 2. floor plan of the rooftop of a building

2.2 수용 인원 산정

가) 실제 인원 에 의한 수용 인원

아파트의 1개 층에 5세대가 있으므로 주거환경의 특성을 고려하고, 통계청 주택의 종류별 거주인원 평균 84m^2 을 적용하면 평균거주 인원수는 세대당 2.7[7]명에 해당됨으로 평균 가구원수를 적용하여 아파트 1개층의 실제 거주 인원 평균 13.5명으로 계산하여 39개 층의 수용 인원을 계산하여 526.5명으로 527명으로 계산한다.

나) 성능 위주 설계기준에 의한 수용 인원

「소방시설 등의 성능 위주 설계 방법 및 기준」에 의한 시나리오에 따른 시뮬레이션은 인명 안전 기준에 따라 <표 IV-1> 기준을 적용하여 주거용도 아파트의 수용 인원은 $18.6\text{m}^2/\text{인}$ 을 적용한다.

해당 건축물은 1개의 층에 5개의 세대로 구성되어 있으며 각각 바닥면적은 84m^2 로 설계되어 5세대로 구성되어 1개층의 바닥면적의 합은 420m^2 이다.

따라서 인명안전기준 인원계산에 의하여 1개층의 수용인원은 22.58으로서 39층을 계산하여 880명으로 산정한다.

다) 소방시설 설치기준 적용에 의한 수용 인원

한국에서의 수용 인원 산정 방법은 「소방시설 설치 및 관리에 관한 법률, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」에 명시하고 있으며 아파트는 침대가 있는 숙박시설의 특정소방대상물로 분류하여 침대의 수 (2인용침대는 2인으로 산정)를 합한 수로 산정하였으며 복도, 계단 및 화장실의 면적은 포함하지 않고 계산한다.

각 세대별로 방이 3개 있으며 안방은 2인용 침대로 계산하고 작은 방 2개는 1인용 침대로 계산한다.

1층에 구성된 동일한 면적의 5개 세대중 1세대의 면적이 84m^2 으로서 침대가 있는 방의 갯수가 3개이므로 화장실면적 5.8m^2 을 제외한 면적으로 산정하면 수용인원은 $78.2\text{m}^2/4\text{인}$ 로 산정하여 세대당 19.55명의 인원으로 산정하고, 5세대 면적이 동일함으로 97.75명으로 산정한다.

해당 건축물은 1개의 층에 97.75명으로서 39층을 계산하면 3,812.25명으로 올림하여 3,813명으로 산정한다.

표 1. 수용인원 기준
 Table 1. Based on capacity

사용 용도	면적(㎡)	실제이용 인원(명)	인명안전기준		소방시설설치기준	
			㎡/인	인원(명)	접수	인원(명)
A세대	84	2.7	18.6	4.516	4	19.55
1개층	420	13.5		22.58		97.75
계	527	아동 : 79	880	아동 : 132	3813	아동 : 572
		성인 : 304		성인 : 507		성인 : 2199
		노인 : 144		노인 : 241		노인 : 1042

III. 시나리오와 입력변수

3.1 시나리오의 구성

대상아파트는 피난, 방화 구조 등의 기준에 관한 규칙」에 의거 계단너비를 120cm 이상으로 건축하여 피난안전구역을 면제한 아파트이며, 상업시설이 포함되지 않은 아파트 단독용도로 건축된 건축물로서 피난용 승강기가 면제된 아파트로서 모든 피난은 계단을 이용한다.

시뮬레이션에서의 계단 너비는 실제 계단너비를 적용하여 130cm를 적용하였으며, 화재는 22층에서 발생하는 것으로 가정하여 23층 주민부터는 옥상으로 피난하는 것으로 설정한다.

설정 인원은 2023년 통계청 자료 연령대별 인구구조를 적용하여 10대이하 15%, 20대에서 50대까지 57.66%, 60대에서 70대까지를 노인으로 27.34%로 설정한다.

시나리오에 적용되는 가상의 피난안전구역은 건축물 전체 층수의 2분의 1에 해당하는 층으로부터 상하 5개층 이내에 1개소[8] 이상 설치하여야 하는 규정에 의거 17층에 설치하기로 한다.

<표 1>에 의해 시나리오 1-1은 2023년 통계청 가구당 평균인원을 적용하여 세대당 2.7명으로 계산하였으며 2023년 통계청 자료 연령대별 인구구조를 적용하여 아동 79명, 성인 312명, 노인 136명으로 구성하였다.

22층의 화재상황으로 재실자 527명이 계단을 이용하여 1층과 옥상으로 피난하는 구성으로 설정한다.

시나리오 1-2는 2023년 통계청 가구당 평균 인원

을 적용하여 시나리오 1-1과 동일하게 인원을 구성하였으며, 설치 의무규정은 면제되지만 17층에 피난안전구역 설치를 한다고 가정하였다.

재실자 527명이 계단을 이용하여 1층과 옥상, 그리고 17층에 설정된 피난안전구역으로 피난하는 구성으로 설정한다.

시나리오 2-1은 인명안전기준을 적용하여 재실자를 880명으로 설정하여 계단을 이용하여 1층과 옥상으로 피난하는 구성으로 설정한다.

시나리오 2-2는 인명안전기준을 적용하여 재실자 880명이 계단을 이용하여 1층과 17층의 피난안전구역, 그리고 옥상으로 피난하는 구성으로 설정 하였다.

시나리오 3-1은 특정소방대상물의 규모에 따라 갖추어야 하는 소방시설 설치기준에 의하여 재실자를 3,813명으로 설정하여 계단을 이용하여 1층과 옥상으로 피난하는 구성으로 설정하였다.

시나리오 3-2는 특정소방대상물의 규모에 따라 갖추어야 하는 소방시설 설치기준에 의하여 재실자를 3,813명으로 설정하여 1층과 17층의 피난안전구역, 그리고 옥상으로 피난하는 구성으로 설정하여 시뮬레이션 하였다.

표 2. 시나리오의 구성
 Table 2. Configuring Scenarios

시나리오	수용인원기준	수용인원(명)	피난장소
1-1	실제인원	527	○ 1층 ○ 옥상
1-2			○ 1층 ○ 피난안전구역 ○ 옥상
2-1	성능위주설계 기준에 의한 수용 인원	880	○ 1층 ○ 옥상
2-2			○ 1층 ○ 피난안전구역 ○ 옥상
3-1	소방시설 설치 기준에 의한 수용인원	3813	○ 1층 ○ 옥상
3-2			○ 1층 ○ 피난안전구역 ○ 옥상

3.2 재실자의 입력변수

아파트의 특성상 성인, 어린이, 노인으로 구성하였으며 재실자의 세대분포는 2024년 통계청 자료 연령대별

인구구조[9]를 적용하여 10대이하 15%, 20대에서 50대까지 57.66%, 60대에서 70대까지를 노인으로 27.34%로 설정 하였다. 표로 정리하면 <표 3>과 같다.

표 3. 연령대별 구성 (2024년)
Table 3. Demographic by age group (2024)

통계청 구분		시나리오를 위한 재편성	
구분	인구 분포(%)	재실자 구성	구성 비율(%)
10대미만	6.21	아동	15
10대	8.79		
20대	12.31	성인	57.66
30대	13.36		
40대	15.17		
50대	16.82		
60대	14.92	노인	27.34
70대	7.82		
80대	4.6		
계	100		100

아동은 10대까지의 남자와 여자의 신장 및 어깨너비를 정리하여 평균치로 적용하였고 성인은 20세부터 59세의 남자와 여자의 신장 및 어깨너비를 정리하여 평균치로 적용하였다. 노인은 한국 통계청 자료에 60대 이상으로 하여 남자와 여자의 신장과 어깨너비를 정리하여 평균치를 적용하였다.

Pathfinder 프로그램에 사용하는 인원은 신체 치수 중 신장과 어깨너비를 기준으로 아동, 성인, 노인[10]으로 구분하였으며 표4과 같이 보행속도는 아동, 성인, 노인 으로 자료를 찾아 입력변수를 적용시켰다.

표 4. 재실자의 보행속도 및 신체치수 기준

Table 4. Criteria for the occupant's walking speed and physical dimensions

재실자 구성	보행속도 (m/s)	신장 (mm)	어깨너비 (mm)
아동	0.77 [11]	1,419	307
성인	1.19 [12]	1,670	377
노인	0.92 [13]	1,618	369

3.3. 피난안전구역의 최소 면적 기준 설정

「건축물의 피난. 방화구조 등의 기준에 관한 규칙」에 의거 피난안전구역의 면적 산정기준을 살펴보면 식(1)과 같다.

$$\text{피난안전구역의 면적} = (\text{피난안전구역 윗층의 재실자수} \times 0.5) \times 0.28\text{m}^2 \quad \text{-----}(1)$$

로 규정되어 있으며 피난안전구역의 재실자수를 산출하기 위한 사용형태별 재실자밀도는 「건축물의 피난. 방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 별표 1의 2에 정의되어 있다.

표 5. 재실자 밀도
Table 5. occupant density

구분	분류	재실자밀도(m ² /인)
주거	호텔등 숙박시설	18.6
	공동주택	18.6

이와 같은 자료에 근거하여 피난층을 17층에 설정함으로 피난층 윗층에 22개층이 존재하며 재실자의 수를 곱하여 계산한다.

시나리오 1-2와 시나리오 2-2의 피난구역의 면적을 산정하면 각각 46.2m²와 69.546m²로 계산되기에 아파트의 특성상 84m²인 1세대를 피난구역을 설정하였으며 시나리오 3-2의 피난안전구역 면적을 계산하면 301.07m²로 계산되기에 336m²인 4세대를 피난안전구역으로 설정하였으며 아파트의 특성상 세대로 표현하여 정리하면 <표6>과 같다.

표 6. 피난안전구역의 면적 설정
Table 6. Setting the Area of the Evacuation Safety Zone

시나리오 구분	1층재실자 수 (명)	피난안전 구역 면적(m ²)	설 정 값	
			면적(m ²)	세대수
1-2	13.5	41.58 ⁽¹⁾	84	1
2-2	22.58	69.546 ⁽²⁾	84	1
3-2	97.75	301.07 ⁽³⁾	336	4

주) (1) 13.50명 × 22층 × 0.5 × 0.28 = 41.58m²
(2) 22.58명 × 22층 × 0.5 × 0.28 = 69.5464m²
(3) 97.75명 × 22층 × 0.5 × 0.28 = 301.07m²

IV. 결과 및 고찰

4.1 시나리오 1-1

<그림 3>과 같이 수용인원을 527명을 기준으로 하여 계단을 이용하는 피난이며 화재가 22층에 가정되었으므로 1층부터 22층까지는 1층 출구로 피난을 유도하고 23층부터는 옥상으로 피난을 유도하였다.

실험결과 옥상으로 229명이 피난을 완료하고 나머지 298명은 1층 출구로 피난을 하였다.

전체 재실자 527명의 피난을 완료하는데 소요된 시간은 309.8초이다.



그림 3. 시나리오 1-1
 Figure 3. Scenario 1-1

4.2 시나리오 1-2

<그림 4>와 같이 수용인원을 527명을 기준으로 하여 계단을 이용하는 피난이며 화재가 22층에 가정되었으므로 17층에 피난안전 구역을 설정하여 1층부터 11층까지는 1층으로 피난을 유도하고 12층부터 23층까지는 17층의 피난구역으로 피난하는 것으로 설정하였으며 24층부터는 옥상으로 피난을 유도하여 시뮬레이션 하였다.

1층으로 피난한 인원은 149명이며 17층의 피난안전구역으로 148명이 피난하였다. 옥상으로 대피한 인원은 230명이다

전체 재실자 527명의 피난완료에 소요된 총시간은 183.3초이다. 동일한 조건에서 피난층이 없는 시나리오 1-1과 비교하면 126.5초가 단축되었다.

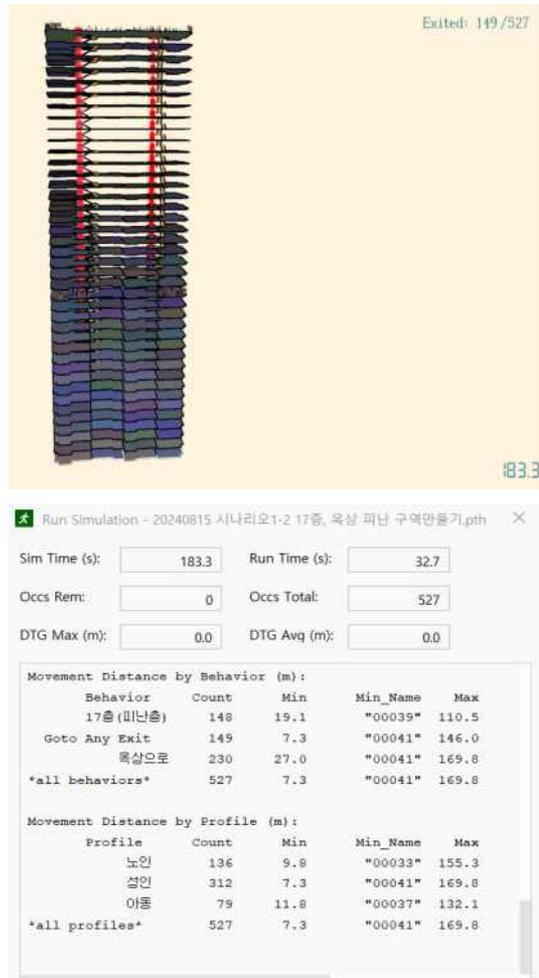


그림 4. 시나리오 1-2
 Figure 4. Scenario 1-2

4.3 시나리오 2-1

<그림 5 >와 같이 수용인원을 성능위주설계기준의 인원을 적용하여 인원을 880명으로 산정하였다. 화재는 전체 시나리오에서 동일하게 22층에서 발생한 것으로 가정하였으며 계단을 이용하여 1층과 옥상층으로 피난을 유도하였으며 1층으로 피난한 인원은 506명이며 옥상으로 대피한 인원은 374명이다. 피난에 소요된 총시간은 377.3초이다.

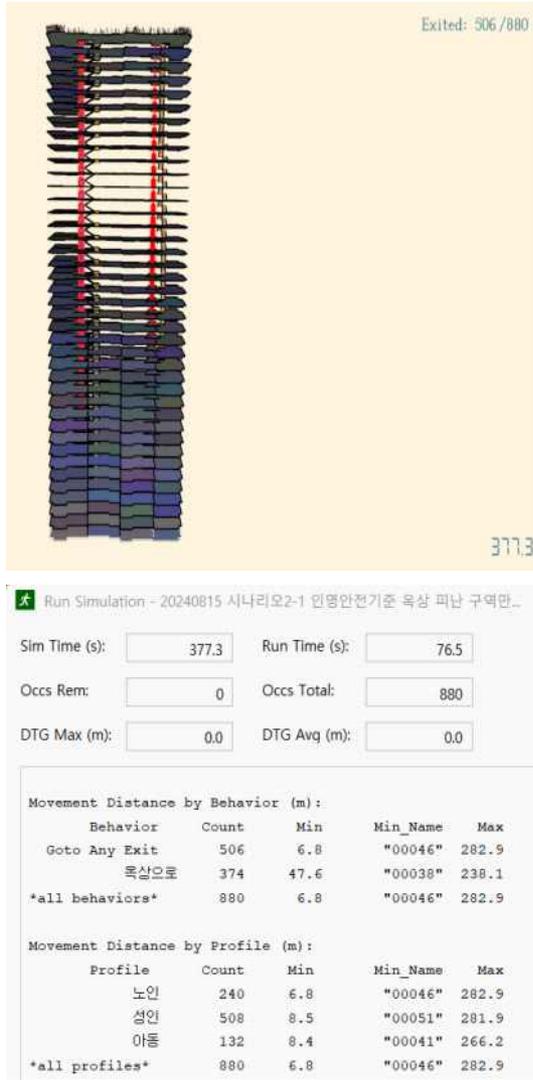


그림 5. 시나리오 2-1
Figure 5. Scenario 2-1

4.4 시나리오 2-2

<그림 6 >과 같이 수용인원을 성능위주설계기준의 인원을 적용하여 인원을 880명으로 산정하여 계단을 이용하는 피난이며 화재가 22층에 가정되었으므로 17층에 피난안전 구역을 설정하여 1층부터 11층까지는 1층으로 피난을 유도하고 12층부터 23층까지는 17층의 피난구역으로 피난하는 것으로 설정하였으며 24층부터는 옥상으로 피난을 유도하여 시뮬레이션하였다.

1층으로 피난한 인원은 253명이며 17층의 피난안전구역으로 253명이 피난하였다. 옥상으로 대피한 인원은 374명이다 전체 채실자 880명의 피난완료에 소요된 총시간은 219.5초이다.

동일한 조건에서 피난층이 없는 시나리오 2-1과 비교하면 157.8초가 단축되었다.





그림 6. 시나리오 2-2
 Figure 6. Scenario 2-2

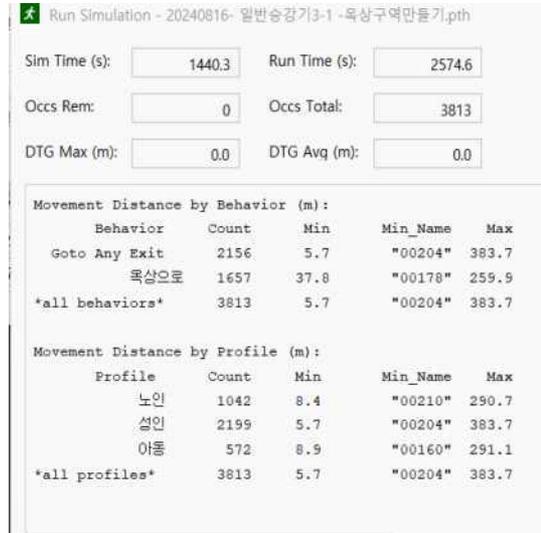
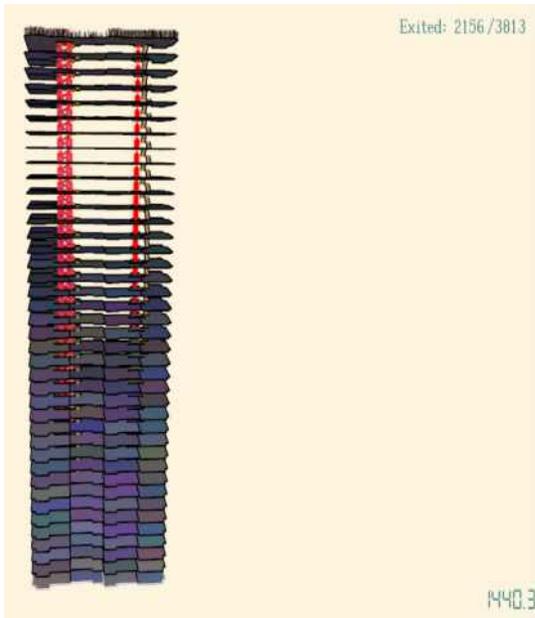


그림 7. 시나리오 3-1
 Figure 7. Scenario 3-1

4.5 시나리오 3-1

<그림 7>과 같이 수용인원은 소방시설 설치기준 인원을 적용하여 3,813명으로 산정하였다. 화재는 전체 시나리오에서 동일하게 22층에서 발생한 것으로 가정하였으며 계단을 이용하여 1층과 옥상층으로 피난을 유도하였으며 1층으로 피난한 인원은 2,156명이며 옥상으로 대피한 인원은 1,657명이다. 제실자 3,813명이 피난에 소요된 총시간은 1,441.3초이다.



4.6 시나리오 3-2

<그림 8>과 같이 수용인원은 소방시설 설치기준 인원을 적용하여 3,813명으로 산정하여 계단을 이용하는 피난이며 화재가 22층에 가정되었으므로 17층에 피난안전구역을 설정하여 1층부터 11층까지는 1층으로 피난을 유도하고 12층부터 23층까지는 17층의 피난구역으로 피난하는 것으로 설정하였으며 24층부터는 옥상으로 피난을 유도하여 시뮬레이션하였다. 1층으로 피난한 인원은 1,121명이며 17층의 피난안전구역으로 1,035명이 피난하였다. 옥상으로 대피한 인원은 1,657명이다. 전체 제실자 3,813명의 피난완료에 소요된 총시간은 930.5초이다. 동일한 조건에서 피난층이 없는 시나리오 3-1과 비교하면 509.8초가 단축되었다.



그림 8. 시나리오 3-2
Figure 8. Scenario 3-2

4.7 시나리오의 비교분석

시나리오 1-1과 1-2는 수용인원이 527명으로 17층에 피난안전구역이 설정되어 있는 경우에는 피난시간이 126.5초가 단축되었으며, 시나리오 2-1과 2-2는 수용인원이 880명으로 17층에 있는 피난안전구역으로 피난할 경우 피난시간이 157.8초가 단축되었으며, 시나리오 3-1과 3-2는 수용인원이 3,813명으로 중간에 피

난안전구역이 있을 경우 509.8초가 단축되었다.

모든 시나리오에서 1층과 옥상으로 피난하는 경우보다 중간층에 위치하는 피난안전구역의 설정이 재실자들의 피난 시간이 짧았다.

수직으로의 피난만이 존재하는 아파트의 피난에서 중간에 위치하는 피난안전구역의 설치 유무는 피난에 많은 영향을 미치는 것을 확인하며 이것은 결국 피난의 거리가 영향이 크다는 것을 확인 할 수 있었다. 시뮬레이션의 결과는 <표 7>과 같다.

표 7. 시뮬레이션의 결과

Table 7. the results of the simulation

구분	수용인원 (명)	피난소요 시간(s)	시간차 (s)
1-1	572	309.8	126.5
1-2		183.3	
2-1	880	377.3	157.8
2-2		219.5	
3-1	3,813	1,440.3	509.8
3-2		930.5	

이상의 결과를 토대로 다음의 사항을 제안한다.

먼저, 주거를 목적으로 하는 아파트의 경우 예외조항이 많이 있음을 확인하였다. 고층건축물의 경우 피난승강기 설치가 의무화 되어 있음에도 주거목적의 아파트에는 피난용 승강기의 설치를 예외로 하고 있다. 또한 계단 폭의 넓이 기준을 120cm이상 설치하면 피난안전구역의 설치의무를 예외로 하고 있다. 아파트는 노인과 아동이 같이 거주하는 곳이므로 예외를 적용하지 않기를 제안한다.

다음으로, 피난안전구역의 확대 설치를 제안한다. 고층 건축물의 피난에서 피난안전구역의 설치 유무는 재실자들의 피난에 큰 영향을 미친다.

따라서 피난안전구역의 설치 기준 강화를 통하여 30층 이하에도 피난안전구역의 의무 설치를 검토해 보아야겠다.

V. 결론

이 연구에서는 고층건축물이지만 주거공간으로만 구성되어 있는 아파트의 경우 피난승강기의 설치가 면제되어 있으며 피난안전구역또한 계단폭의 너비 기준으로 설치면제가 면제되어 있음을 확인하였다.

이러한 상황에서 피난상황이 발생할때에는 계단으로의 이용만이 허용될 뿐이다. 따라서 피난에 소요되는 이동거리의 단축이 유일한 피난시간의 단축방법이라 할 수 있겠다.

(1) 피난안전구역의 확대 설치

고층 건축물의 피난에서 피난안전구역의 설치 유무는 재실자들의 피난에 큰 영향을 미친다.

따라서 피난안전구역의 설치 기준 강화를 통하여 주거 전용 아파트의 30층 이하에도 피난안전구역의 의무 설치를 검토해 보아야겠다.

(2) 피난안전구역의 설치위치의 적정화

피난의 효과를 극대화 하기 위하여 적정한 층에 피난 안전구역의 위치를 설정할 필요가 있다. 건축물의 전체 높이 2분의 1을 기준으로 상층에 설치하거나 하층에 설치하게 되어 있는데 연구를 통하여 피난의 효율을 증가시킬 수 있는 층을 추가적으로 연구할 필요가 있다.

(3) 피난용 승강기의 설치

30층 이상의 고층건축물은 피난용 승강기의 설치가 의무화되어 있지만 주거를 목적으로 하는 아파트의 경우는 피난용 승강기의 설치를 예외적으로 면제 할 수 있다.

피난 시 동반 보호자를 필요로 하는 어린이와 노인들이 다수 거주하고 있는 상황에서 모든 세대에서 피난용 승강기로 이요하여 RSET을 감소시킬 필요가 있겠다.

References

[1] Hyunsik Park. "A Study on the Improvement of Design Criteria for Elevators for Evacuation in High-rise Buildings." Domestic PhD thesis University of Seoul Department of Disaster Science, General Graduate School, 2022.
[2] Han Sung-jae, Kim Hyo-eun, Lee Myung-sik. (2022.). A Study on the Immediate Evacuation Safety Response for High-rise Buildings - Focusing on the Immediate Fire Evacuation

Method. Thesis Collection of the Fall Academic Presentation Conference of the Korean Architectural Association in 2022, Vol. 42 No. 2 (Volume 78).
[3] Choi Kyu-chul, Na Pan-ju, and Seol Young-mi. (2014). Journal of the Korean Fire and Fire Society = Fire science and engineering, v.28 no.3, 2014, pp.10 - 19
[4] JIANG Zhong-an*, CHEN Mei-ling , WEN Xiao-hua,(2011), Experiment and Simulation Study on High-rise Student Apartment Fire Personal Evacuation in the Campus, Procedia Engineering,Vol. 11 pp.156 - 161
[5] Gong Ha-sung and Lee Da-eun (2011) Fire Safety Measures for High-Rise Buildings in Daegu, 26th Fall Conference of Korea Safety and Management Science in 2011, pp.263
[6] Article 15 of the Regulations on the Standards for Evacuation and Fire Protection Structures, etc. of Buildings at the National Legal Information Center (Standards for Installation of Stairs) (<https://www.law.go.kr>)
[7] National Statistical Portal (kosis) Population Situation Data 2024
[8] Article 34 (4) of the Enforcement Decree of the Building Act of the National Legal Center (<https://www.law.go.kr>)
[9] National Statistical Portal (kosis) Population Situation Data 2024
[10] Statistics Korea, (male) Korean body size survey, 2020(http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=115&tblId=TX_115190170&conn_path=I2)
[11] National Statistical Office of Korea (Women) Korean Human Body Scale Survey (Women), 2020(http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=115&tblId=TX_115190170&conn_path=I2)
[12] Stephanie Studenski. at al,"Gait Speed and Survival in Older Adults", American Medical Association(2011), pp.50~51
[13] SFPE, "The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering",5th edition(2013), p.2216