

# 노인 요양병원에서 화재 시 군집유형에 따른 피난 성능 분석 모델에 관한 연구

A Study on the Evacuation Performance Analysis Model Considering Clustering Types at the Fire Event in Geriatric Hospital

김미정\* Kim, Mijung | 권지훈\*\* Kweon, Jihoon

## Abstract

**Purpose:** The purpose of this study is to present an evacuation performance analysis model that can derive vulnerable evacuation spaces with considering the movement behavior as per the elderly groups in the event of a fire in a geriatric hospital. **Methods:** The evacuation characteristics of geriatric hospital users were investigated through the review of precedent studies. First, the occupant conditions and the evacuation scenario were set to analyze a study target hospital. Then, the evacuation simulation was carried out considering the group types and the density of each group. Finally, an evacuation performance analysis model according to the group type was presented based on the simulation results. **Results:** The results of this study are as follows: (1) The evacuation performance according to the group type is to be clarified through the suggested study model. (2) It is necessary to secure a ramp or an emergency elevator to distribute the evacuation personnel at the design stage because congestion occurs due to collisions between evacuees on the stairs and delays the evacuation time. (3) It is necessary to consider the evacuation stairs and openings of sufficient size by analyzing the frequency of congestion occurrence and the escape routes of occupants in advance to identify the space where the evacuation flow overlaps. **Implications:** It is expected that the study result is to be used as primary data for studies that consider the elderly and clustering evacuation behavior in the event of a fire in a geriatric hospital.

주제어: 노인요양병원, 피난, 군집 보행, 군집유형, 피난 취약 공간

Keywords: Geriatric Hospital, Group Walking, Cluster Types, Evacuation Vulnerable Space

## 1. 서론

### 1.1 배경 및 목적

최근 수십 년간 생활 수준이 향상되고 의료서비스의 접근성이 확대되면서 고령사회에 이르렀다. 통계청에 따르면 2018년의 65세 이상 고령자 비율이 전체 인구의 14.3%로 이미 우리나라는 고령사회에 진입했고, 2021년 기준 65세 이상 고령자의 비율이 전체 인구의 16.5%로 853만 7천 명에 달하며, 이후 고령 인구의 비율이 지속해서 증가하여 2025년에는 전체 인구의 20.3%에 이르는 초고령사회로 돌입하고 2060년에는 43.9%에 이를 것으로 예측했다(통계청, 2021: 16). 고령 인구의 증가와 사회문화적 환경변화는 의료 서비스를 비롯해 요양 서비스에 관한 수요도 증가시켰다. 그 결과

요양 서비스가 필요한 신체기능저하군의 고령 환자들의 요양병원 입소가 증가하고, 입원 기간이 장기화하면서 요양 병원 기관 수가 증가하게 되었다(이정택, 2017: 9). 노인 요양병원은 입소 환자를 비롯해 의료진, 방문자 등 다양한 사람들이 이용하는 집단시설에 속한다. 또한 입소 환자들 대다수가 자력으로 피난이 어려운 피난 취약계층으로서, 일반인들과 비교해 인지적 능력과 신체적 능력이 현저하게 떨어지고, 24시간 병원에서 상주하며 일상생활에서 도움이 필요한 중증환자가 많다. 이러한 노인 요양병원의 특성상 화재 발생 시에 대형 인명피해가 우려되므로 화재 예방을 위해 고령자의 피난 행태에 따른 연구가 필요하다(김종범 외, 2010).

따라서 본 연구에서는 노인 요양병원에서 화재 시 고령자의 군집유형에 따른 이동 행태를 고려하여 피난에 취약한 공간을 도출하는 연구 모델을 통해 피난 성능 분석 모델을 제시하는 것을 목적으로 한다.

\* 정회원, 석사과정건축학과, 계명대학교(주저자: bellabee00@stu.kmu.ac.kr)

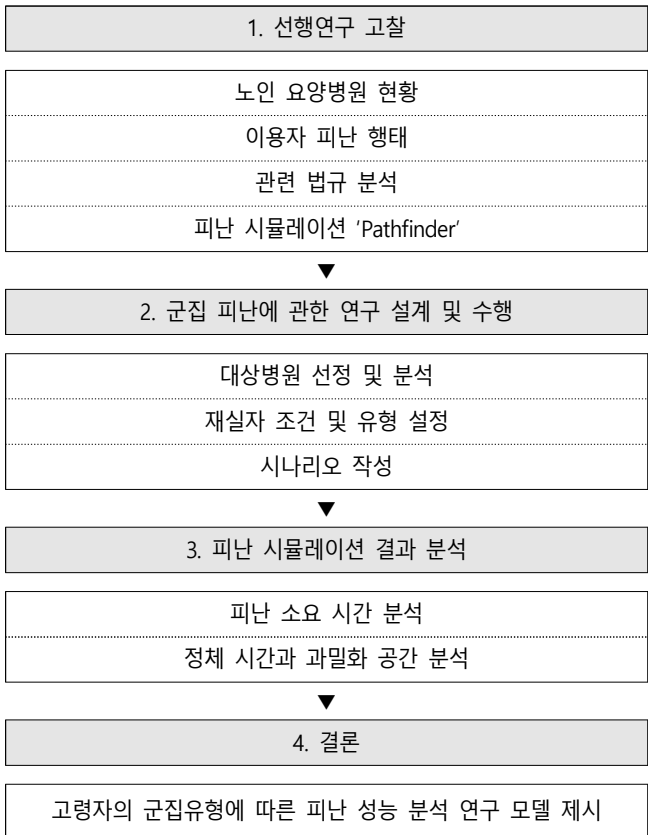
\*\* 정회원, 교수, 건축학전공, 계명대학교(교신저자: jkweon@kmu.ac.kr)

## 1.2 연구 방법

노인 요양병원은 거동이 불편한 고령자가 대다수이므로 일반 건축물의 재실자 평균 보행속도보다 느리고, 각종 장애와 질환으로 피난에 있어 제약을 받아 화재 시 더 큰 인명피해가 우려된다. 이를 방지하기 위해서 고령자의 피난 특성을 고려한 화재 군집 피난에 관한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 노인 요양병원의 이용자 피난 행태를 고려한 연구 모델을 기반으로 피난 시뮬레이션을 진행하여 피난 취약 공간을 분석하고, 군집유형에 따라 피난 성능을 비교 분석할 수 있는 분석 모델을 제시하기 위해 다음 [그림 1]과 같은 순서로 연구를 진행하였다.

- 1) 노인 요양병원의 현황을 파악하고, 선행연구 고찰을 통해 노인 요양병원 이용자의 피난 특성을 조사한다. 관련 법규와 시뮬레이션 프로그램에 대해 조사하며 연구모델 설계를 구체화한다.
- 2) 연구 대상병원을 선정하고, 각 공간에 대한 분석과 선행연구 고찰 결과를 기반으로 연구 모델의 재실자 조건과 시나리오를 설정하고 피난 시뮬레이션을 진행한다.
- 3) 시뮬레이션 결과 피난 소요 시간과 정체 시간에 대해 분석하고, 정체되는 원인과 과밀화 공간을 도출하여 군집유형이 피난을 진행하는 데에 있어서 어떠한 영향을 미치는지를 정량적으로 분석한다.
- 4) 시뮬레이션 결과 분석을 기반으로 하여 군집 피난유형을 고려한 피난 성능 분석 연구 모델을 제시한다.

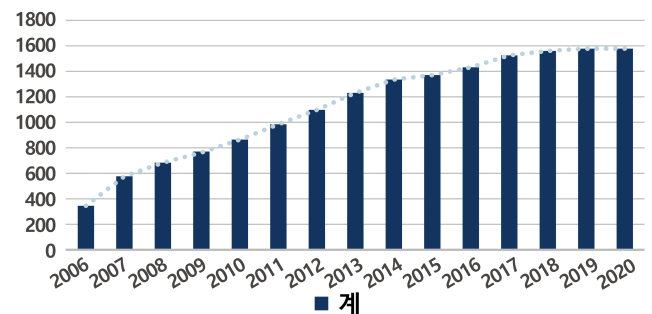


[그림 1] 연구 절차

## 2. 선행연구 고찰

### 2.1 노인 요양병원 현황

요양병원은 노인성 질환, 만성질환, 외과 수술 또는 상해로 인해 주로 장기입원이 필요한 입원 환자를 대상으로 하는 의료기관이다. 2000년대 초 급속한 고령화에 대비하여 정부에서는 고령자에 대한 요양 시설 관련 의료혜택과 지원 범위를 확대하여 요양병원의 진입장벽을 낮추었고, 그 결과 요양병원의 접근성이 높아지게 되면서 요양 서비스에 대한 환자들의 수요도 증가하게 되었고 그 결과 2006년에는 360개에서 2017년 1,529개, 2020년 1,582개로 현재 지속해서 증가하고 있다(대한요양병원협회, 2021: 17-20). 기간별 요양병원의 현황은 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 연구 절차 기간별 요양병원 현황 (통계청, 2021)  
출처: 통계청 자료(2021)를 바탕으로 작성

김중범(2010)의 연구에서는 노인요양시설은 자력으로 피난이 불편한 환자들이 많으며, 환자별 보행 상태가 다양하므로 재실자 전원의 이동 시간이 분산된다는 점을 지적하며 SIMULEX를 이용해 피난 시간 개선 효과를 검토하였다(김중범, 2010).

이현호(2019)의 연구에 따르면 전국의 40%의 노인 요양병원이 복합건물에 설치되어 있는데, 이는 단독 건축물과 비교해 화재에 취약하고 대다수의 노인 요양병원이 거동이 불편한 환자가 많음에도 불구하고 자력 피난이 어려운 3층 이상에 있어 특히 화재 피난에 취약하다고 하였다(이현호, 2019: 36).

정기신(2020)의 연구에 따르면 요양원과 요양병원을 포함하여 노인 의료복지시설의 화재사례를 분석함으로써, 주로 고령자가 이용하는 노인 의료복지시설의 주요 화재 특성은 대부분 희생자가 자력 피난이 어려웠고, 피난 지원인력이 적을 때 보다 큰 인명피해가 나타난다(정기신, 2020: 34-35).

Cahalan 외(2007)의 연구에서는 재난 시 노인의 신체적·인지적 특성으로는 보행이나 차량을 사용하는 경우 모두 이동 능력에 제한이 있고, 최대 절반 이상의 85세 이상이 치매를 겪고 있으며, 언어 사용에 있어 어려움이 있거나 청력 및 시력이 감퇴하는 경향이 나타나고, 청년의 반응속도에 비해 느린 것으로 나타난다(Cahalan, et al. 2007).

Simkins 외(2005)의 연구에서는 노인 시설에서 화재 발생 시 평균 대비 노인 화재 사망률은 65세에서 75세의 경우 2배, 85세 이상일 경우 4배로 나이가 증가할수록 화재 사망률이 점차 증가하는 것으로 나타난다(Simkins, et al. 2005).

## 2.2 이용자 피난 행태

이강훈(1997)의 연구에 따르면 일반적으로 재난 발생 요인은 다양하고, 재실자들의 개인별 신체적, 심리적 특성이 다르므로 행동 패턴을 예측하기 어려우나, 화재 안전의 관점에서 보면 화재 발생 시 일반적인 유형이 나타나는 경향이 있다고 하였다. 화재 피난 시 대피 장소에 함께 모이는 '추종 경향 행동' 패턴이 나타나는데, 이는 건축물 시설의 유형에 따라 다르게 나타난다. 재실자가 상대적으로 밀집된 '대공간 집합시설'에서는 거실 내의 사람들이 집단을 형성해 피난하는 '군집 피난 형'이 형성되기 쉽고, 재실자가 각 거실에 분산된 '소공간 숙박 시설'과 '복합 시설'에서는 각 재실자가 화재를 탐지하는 시간이 달라 피난 시간이 늦어지는 '피난 지연형'이 나타나기 쉽다(이강훈, 1997). 다양한 재실자가 이용하고, 24시간 상주하는 인원이 많은 노인 요양병원에서는 화재 시 군집 피난 형과 피난 지연형이 함께 나타나 더욱 화재에 취약하다고 볼 수 있다.

김응식 외(2016)의 연구에서는 피난 시 재해 약자의 피난 안전성을 확보하기 위해 재해 약자의 이동속도를 분석하였는데, 그 결과 정상인의 수평 이동속도는 1.2m/s, 고령자의 경우 이동 형태에 따라 이동속도가 변화하는데 정상 이동속도는 0.7m/s, 이동 보조기구를 이용하는 경우 0.57m/s의 속도로 수평면을 이동한다(김응식 외, 2016).

임해원 외(2021)의 연구에서는 노인요양시설에서의 입소 노인, 직원 등의 행위 및 특성(성별, 연령, 보행속도 등)을 분석하기 위해 현장 조사와 직원과의 인터뷰를 진행하였고 이를 기반으로 시뮬레이션 모델을 구현하였다(임해원 외, 2021).

Hunt 외(2013)의 연구에서는 병원 피난 시뮬레이션을 진행하였는데, 화재 발생 시 휠체어 환자는 조력자 1명이 규격 770\*520(mm)의 비상용 피난 의자를 이용해 피난을 돕고, 침상 환자는 조력자 4명이 규격 1600\*430(mm)의 들것으로 피난을 돕는다. 휠체어를 준비하는 과정에서 비상용 피난 의자는 35.9초, 들것은 67.6초의 시간이 발생한다(Hunt, et al. 2013).

서동구 외(2010)의 연구에 따르면 군집 밀도 1.0인/m<sup>2</sup>, 보행속도 0.79m/s일 때 군집 보행이 형성되기 시작하고, 군집 밀도가 4.0인/m<sup>2</sup>일 때, 보행속도가 0.21[m/s]로 밀도가 증가함에 따라 보행속도가 점차 느려진다는 결과가 도출되었다. 군집 밀도가 4.0인/m<sup>2</sup> 이상의 군집에서 체류가 발생하므로 효과적인 피난 계획이 성립되기 위해서는 4.0인/m<sup>2</sup> 이하의 군집을 허용하고 이에 맞는 효율적인 피난 방법이 제시되어야 한다(서동구 외, 2010).

홍해리 외(2011)의 연구에 따르면 일반적으로 피난에서 보행속도는 다양한 요인에 영향을 받는데, 피난하는 사람의 행동능력이나, 피난 군집 밀도, 피난 경로의 조건, 열이나 연기의 상황 등에 따라 달라진다. 고령화의 시대에 맞게 고령자를 고려한 군집 보행속도에 관한 조사에 따르면 군집에 있어서 고령자의 비율이 증가할수록 전체 군집 보행속도가 감소하는 것으로 나타났다(홍해리 외, 2011).

## 2.3 관련 법규 분석

"의료법 시행규칙 34조"의 [별표 3]과 [별표 4]에 따르면 요양 병원은 환자가 장기입원하는 기관으로, 식당과 휴게실, 욕실, 화장실, 복도를 갖추어야 하고 2층 이상이면 계단과 엘리베이터를 갖추어야 한다. 또한, 입원실은 원칙적으로 지하층과 3층 이상에 설치할 수 없으나, 예외적으로 건물이 내화 구조로 되어있으면 3층 이상도 설치할 수 있도록 지정되어 있다. 입원 환자를 30명 이상 수용할 수 있어야 하며, 입원실 내 최대 6개의 병상까지 설치할 수 있고, 병상 간의 거리가 최소 1.5m 이상 띄워져야 한다.

"소방시설의 성능 위주 설계 방법 및 기준"에서 "[별표 1] 화재 및 피난 시뮬레이션의 시나리오 작성 기준"에서는 각 '건물의 용도별 피난 가능 시간의 기준'과 '사용 용도별 수용인원 산정기준'을 제시하였다. 먼저, 건물의 용도별 피난 가능 시간 기준에서 병원과 요양소, 그 밖의 공공숙소는 거주자 대부분은 주변의 도움이 필요하므로 다른 용도보다 피난 가능 시간이 더 길게 정해져 있다. W1의 상황은 방재센터나 CCTV 설비가 갖춰진 통제실의 방송을 통해 육성으로 피난 지침을 제공하는 경우와 해당 공간 내 모든 거주자가 인지할 수 있는 육성 피난 지침을 제공하는 경우이다. W2의 상황에서는 녹음된 음성 메시지 또는 훈련된 직원과 함께 경고 방송을 제공할 수 있는 경우이고, W3의 상황은 화재경보 신호를 이용한 경보설비와 함께 비훈련직원을 활용할 경우를 의미한다. 의료기관의 피난 가능 시간 기준은 다음 [표 1]과 같다.

[표 1] 건물의 용도별 피난 가능 시간의 기준 (단위 : 분)

용도	W1	W2	W3
병원, 요양소, 그 밖의 공공숙소 (대부분 거주자는 주변의 도움이 필요)	< 3	5	> 8

"노인복지법 시행규칙"의 "[별표4] 노인 의료복지시설의 시설 기준 및 직원 배치기준"에 따르면 입소자의 30명 이상일 경우 시설의장 1명, 사무국장 1명, 의사 또는 계약의 1명 이상, 간호(조무)사는 입소자 25명당 1명, 물리치료사는 1명, 요양보호사는 입소자 2.5명당 1명, 사무원 1명, 영양사 1명, 조리원 입소자 25명당 1명, 위생원 1명, 관리인 1명이 배치되는 것을 기준으로 한다.

"건축법 시행령 제34"의 "직통 계단 설치기준"에서 건축물의 피난층 외의 층에서는 피난층 또는 지상으로 통하는 경사로를 포함하는 직통 계단을 거실의 각 부분으로부터 계단에 이르는 보행거리가 30m 이하가 되도록 설치해야 한다. 그러나 건축물의 주요구조부가 내화 구조 또는 불연재료로 된 건축물은 50m 이하가 되도록 허용된다.

"건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제15조의2"에 따르면 "복도의 너비 및 설치기준"에서는 당해 층 거실의 바닥면적 합계가 200m<sup>2</sup> 이상인 경우 양옆에 거실이 있는 의료시설의 복도는 1.8m 이상, 기타의 복도는 1.2m로 규정하고 있다.

## 2.4 피난 시뮬레이션 'Pathfinder'

본 연구에서 사용한 프로그램은 Thunderhead Engineering 사가 개발한 Pathfinder로, 동일 회사에서 개발한 FDS 기반 화재 시뮬레이션 프로그램 Pyrosim과 연동할 수 있는 피난 시뮬레이션 프로그램이다(전인범 외, 2018). Pathfinder Manual에 따르면 Pathfinder는 일반 보행자뿐만 아니라 노인 요양병원 특성상 거동이 불편한 재실자의 특성도 고려하여 피난 상황을 설정할 수 있고, 조력자의 도움이 필요한 휠체어 환자나 침상 환자의 치수를 설정할 수 있어 본 연구 분석 프로그램으로 채택하게 되었다(Thunderhead Engineering, 2020). 또한, 재실자들끼리 군집으로 설정해 군집 밀도를 조정하여 피난 상황을 분석할 수 있어 본 연구에서 연구하고자 하는 군집 피난에 대해서도 분석할 수 있다. 군집유형에 따른 피난 성능을 분석하는 것에 목적이 있어서 피난 상황을 설정하고, 군집유형에 따른 피난 결과를 비교할 수 있고, 재실자의 다양한 정보를 추출할 수 있어서 Pathfinder 2021을 이용하여 본 연구 시뮬레이션을 진행하였다.

## 3. 군집에 관한 연구 설계 및 수행

### 3.1 대상병원 선정 및 분석

본 연구의 대상병원은 의왕시에 있는 노인 요양병원으로 지상 1층부터 지상 4층으로 이루어져 있다. 대상병원의 지하 1층은 전기실과 기계실 등 각종 설비실로 이루어져 있어 재실자의 출입이 제한되므로 분석 공간은 지상층으로 한정하였다.

대상병원은 대지면적 3,461.90㎡ 중 건축면적이 1,324.62㎡로 건폐율이 38.26%, 연면적이 4,982.49㎡로 용적률이 131.28%이다. 지상 1층에는 크게 상담실과 회의실을 비롯한 사무실(업무공간)과 공용공간인 식당과 프로그램실이 배치되어 있고, 지상 2층은 치료공간인 물리치료실과 기능 회복실, 프로그램실로 구성되어 있다. 지상 3층은 휴게실과 다목적실, 지상 4층은 직업재활실로 이루어져 있고 지상 1층부터 지상 4층까지 모두 96개 요양 병상을 갖춘 병실이 있다. 대상병원을 층별 용도와 면적을 정리하면 다음 [표 2]와 같다.

[표 2] 대상병원의 층별 용도 및 면적

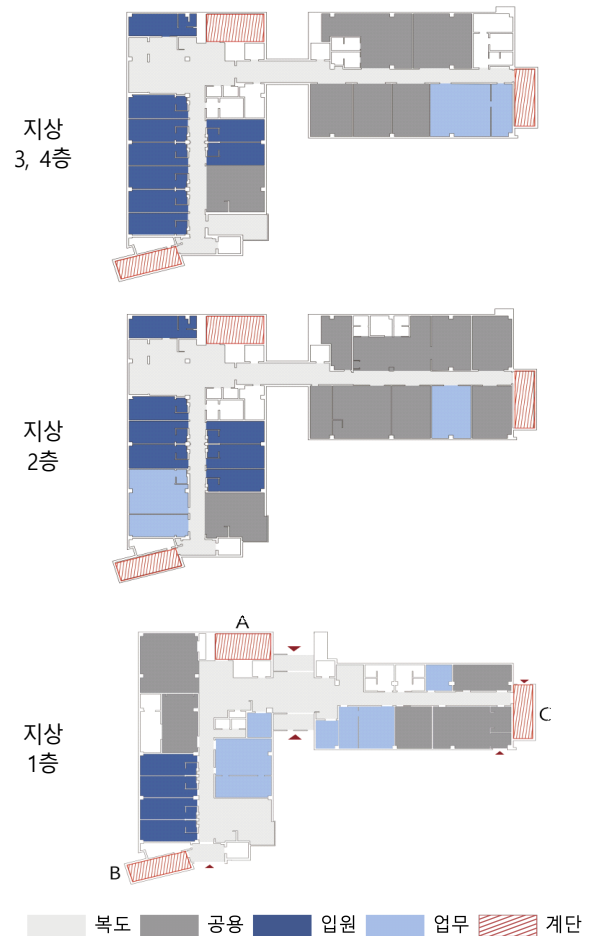
구분	시설	면적(㎡)
지하 1층	전기실, 기계설비실, 발전기실, 창고	437.8
지상 1층	사무실, 식당, 다목적실 자원봉사 대기실, 병실(12병상)	1,121.9
지상 2층	물리치료실, 기능 회복실, 병실(21병상)	1,183.1
지상 3층	휴게실, 다목적실, 간호사실, 병실(27병상)	1,140.1
지상 4층	휴게실, 린넨실, 직업재활실, 병실(36병상)	1,099.3
총면적		4,982.2㎡

대상병원에서 피난 시 이용하는 복도의 폭은 기준 폭 1.8m)보다 최소 0.4m, 최대 1.6m 폭의 여유가 있는 2.2m에서 3.4m로

설계되어 있다. 주출입구<sup>2)</sup>의 규격은 5.8m, 부출입구의 규격은 1.9m이다. 각 실의 내부 출입구 문 규격은 각각 1m와 1.5m로 이루어져 있고, 3개소의 직통계단실<sup>3)</sup> 중 2개는 1m 나머지는 1.75m의 문으로 설치되어 있다. 대상병원 내에 3대의 승강기가 설치되어 있으나, 화재 시 계단을 통해 피난하도록 설정하여 시뮬레이션에서 제외하였다. 다음은 [표 3]은 대상병원 내 설치 규격을 정리한 도표이고, [그림 3]은 대상 병원의 공간 구성과 주출입구와 계단실을 표현한 그림이다.

[표 3] 대상병원 내 설치 규격

영역	규격
복도	2.2m ~ 3.4m
주출입구	5.8m
부출입구	1.9m
내부 출입문	1m, 1.5m
직통계단실 출입문	1m, 1.75m



[그림 3] 대상 병원의 공간 구성

- 1) 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제15조의 2
- 2) [그림 3] 지상 1층 중앙부에 위치
- 3) 북측에 위치한 계단실은 계단실 A, 남측에 위치한 계단실은 계단실 B, 동쪽에 위치한 계단실은 계단실 C로 표기

### 3.2 재실자 조건 설정

피난 시뮬레이션을 진행하기 위해서는 재실자별 보행 상태나 재실자의 신체 치수, 보행속도 등 재실자 조건이 설정되어야 하므로 다음과 같이 설정하였다.

본 연구 모델에서 재실자의 유형은 입소 노인과 일반 성인으로 구성된다. 입소 노인은 보행 상태에 따라 자력 보행이 가능한 일반 환자, 이동 보조기구환자 그리고 자력 보행이 불가해 도움이 필요한 휠체어 환자, 침상 환자로 총 4개의 유형으로 구분된다. 일반 성인은 화재 시 바로 대피하는 방문자와 자력 보행이 불가능한 환자의 피난을 돕는 관리자로 2개의 유형으로 구분된다.

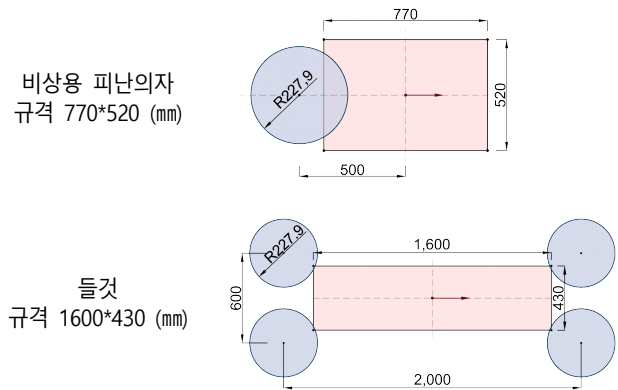
다음 피난 시뮬레이션 재실자의 어깨너비는 한국인 인체치수조사 보고서(국가기술표준원, 2015)를 토대로 설정하였다. 일반 환자의 어깨너비는 65세 한국인의 평균 어깨너비 값인 35.5cm로 설정하였고, 이동 보조기구환자는 이동 보조기구의 치수인 43cm, 휠체어, 침상 환자는 각각 비상용 피난 의자와 들것에 의해 피난하게 되므로 피난 기구의 치수로 설정하였다. 이때 비상용 피난 의자의 규격은 770\*520mm이고, 1명의 조력자가 피난을 돕고, 들것은 1600\*430mm로 4명의 조력자가 피난을 돕는 것으로 설정하였다. 방문자와 관리자로 구성된 일반 성인은 재실자의 연령이 다양한 점을 고려하여 어깨너비는 20대부터 50대의 평균 신체 치수를 반영하여 최소 35cm에서 최대 41cm로 설정하였다. 이때 방문자와 관리자의 어깨너비는 동일하게 적용하였다.

재실자의 수평 보행속도는 선행연구(김용식 외, 2016)의 결과를 기반으로 설정하였다. 고령자의 경우 보행 상태에 따라 보행속도가 변화하는데 이때, 일반 환자의 수평 보행속도는 0.7m/s, 이동 보조기구환자는 0.57m/s의 속도로 수평면을 이동하도록 설정하였다. 휠체어 환자와 침상 환자 유형은 자력 보행이 불가하므로 보행속도 설정에서 제외하였다. 방문자와 관리자의 수평 보행속도는 동일하게 1.2m/s로 설정하였다.

화재 시 피난 방법으로는 보행 행태에 따라 차이가 있는데, 자력 보행이 가능한 일반 환자와 이동 보조기구환자, 방문자는 곧바로 대피하고, 자력 보행이 불가한 휠체어와 침상 환자는 선행연구(Hunt, et al., 2015)에 따라 조력자가 도착할 때까지 대기하고 조력자에 의해 비상용 피난 의자와 들것으로 옮겨 대피하는 것으로 설정하였다. 이때 비상용 피난 의자와 들것으로 환자를 대피시키기 위해 준비하는 과정에서 비상용 피난 의자는 35.9초, 들것은 67.6초 지체되는 시간이 발생한다. 다음 [표 4]는 재실자 유형별 보행 상태와 어깨 너비, 보행속도의 재실자 조건을 정리한 표이고, [그림 4]는 피난 방향에 따른 조력자 배치와 피난 기구 규격을 정리하였다.

[표 4] 재실자 유형별 조건

구분	보행 상태		어깨너비(cm)	보행속도(m/s)
입소 노인	자력 보행	일반 환자	35.5	0.7
		이동보조기구	55	0.57
	비자력 보행	비상용피난의자	52	-
		들것	43	-
일반 성인	자력 보행	방문자	35~41	1.2
		관리자	35~41	1.2



[그림 4] 비상용 피난 의자와 들것의 조력자 배치 및 규격 (Hunt, et al. 2013)  
출처: Hunt, et al.(2013)의 논문을 바탕으로 작성

다음은 재실자 인원을 산정하였는데, 먼저 입소 노인 인원은 도면상의 병실 내 침상 수를 기준으로 파악하였다. 지상 1층 12명, 지상 2층 21명, 지상 3층 27명, 지상 4층 36명으로 총 96명의 입소 노인이 거주하고 있다. 방문자의 경우 앞서 파악한 입소 노인의 인원수를 기반으로 각 환자 1명당 2명의 방문자가 방문한 것으로 가정하여 인원수를 설정하였다. 마지막으로, 관리자의 인원수는 실제 점유자를 조사하여 산정하였다. 대상 병원의 실제 종사자 인원을 조사하여 원장 1명, 사무국장 1명, 사회복지사 6명, 간호조무사를 포함한 간호사 4명, 물리치료사 1명, 영양보호사 43명, 영양사 1명, 조리원 5명, 위생원 1명, 시설관리원 1명, 사무원 1명으로 구성되고, 총인원은 65명이다. 따라서 대상병원의 직원 배치는 “노인복지법 시행규칙”의 노인 의료복지시설의 시설 기준 및 직원 배치기준”에 부합한다.

위의 재실자 인원을 산정한 결과를 정리하면 대상병원 내의 재실자는 입소 노인 96명, 방문자 수 192명, 관리자 수는 65명으로 본 연구의 재실자 총인원은 353명이다. 대상병원의 산정한 수용 인원은 다음 [표 5]와 같이 정리하였다.

[표 5] 대상병원 수용인원 (단위 : 명)

입소 노인	방문자	관리자
96	192	65

다음은 재실자의 유형별 비율을 설정하였다. 이때, 일반 성인과 입소 노인의 유형별 비율은 각각의 기준으로 나눠 산정하였다. 먼저, 대상병원의 입소 노인 비율은 국민건강보험공단(2021)의 장기 요양 등급판정 현황 자료를 기반으로 산정하였는데, 장기 요양 등급이란 신청인의 심신 상태를 조사한 결과를 점수로 산정해 정도에 따라 1등급부터 5등급까지 나눈 것으로, 1등급에 가까울수록 일상생활에서 전적으로 다른 사람의 도움이 필요한 자로 정의되고, 5등급에 가까울수록 치매 환자로 일상생활의 일정 부분 도움이 필요한 자로 정의된다. 국민 건강보험 공단의 2021년 장기 요양 등급판정 현황자료에 따르면 1등급은 4.4% 2등급은 8.5%, 3등급은 23.7% 4등급은 38.3%, 5등급은 9.6%, 등급외는 13.4%이다(국민건강보험공단, 2022.1.26.).

일정 부분 다른 사람의 도움이 필요한 4, 5등급의 환자는 50%, 상당 부분 이상 다른 사람의 도움이 필요한 1, 2, 3등급의 환자인 이동 보조기구환자와 휠체어 환자, 침상 환자는 각각 16.6%로 설정하였다. 이때 이동 보조기구 환자는 자력 보행이 가능하지만, 일상생활에서 부분적으로 도움이 필요하기 때문에 1, 2, 3등급에 해당하는 것으로 정의했다. 대상병원을 이용하는 방문자의 경우 입소 노인의 인원 1명당 2명씩 방문하는 것으로 인원을 산정하여 각층의 방문자 수는 지상 1층 24명, 지상 2층 42명, 지상 3층 54명, 지상 4층은 72명으로 화재 시 자력으로 곧바로 대피하는 것으로 설정하였다. 마지막으로 자력으로 피난이 불가능한 휠체어와 침상 환자의 피난을 돕는 조력자 역할을 수행하는 관리자의 비율은 도움이 필요한 환자의 비율을 고려하여 총인원은 65명으로, 지상 1층 8명, 지상 2층 14명, 지상 3층 18명, 지상 4층은 25명에 배치하였다. 이와 같은 방법으로 층별 재실자를 정리하면, 지상 1층의 입소 노인은 일반 환자, 이동 보조기구환자, 휠체어, 침상 환자는 각각 6명, 2명, 2명, 2명으로 구성되고, 방문자와 관리자는 각각 24명, 8명으로 구성된다. 지상 2층의 일반 환자, 이동 보조기구환자, 휠체어, 침상 환자는 각각 11명, 4명, 3명, 3명으로 구성되고, 방문자와 관리자는 각각 41명, 14명으로 구성된다. 지상 3층의 일반 환자, 이동 보조기구환자, 휠체어, 침상 환자는 각각 14명, 5명, 4명, 4명으로 구성되고, 방문자와 관리자는 각각 54명, 18명으로 구성된다. 지상 4층의 일반 환자, 이동 보조기구환자, 휠체어, 침상 환자는 각각 18명, 6명, 6명, 6명으로 구성되고, 방문자와 관리자는 각각 72명, 25명으로 구성된다. 시뮬레이션에서 재실자의 위치는 방문자와 관리자의 경우 층별 인원수를 기준으로 무작위로 배치하고, 일반 환자, 이동 보조기구환자, 휠체어, 침상 환자의 경우 대상 병원의 도면상의 병실 침상 수를 기준으로 병실에 무작위로 배치하였다. 다음 [표 6]은 대상 병원 내 층별 재실자 유형별 인원수를 정리하였다.

[표 6] 층별 재실자 설정 (단위 : 명)

구분	입소 노인				성인	
	자력		비자력		방문자	관리자
	일반 환자	이동 보조기구	휠체어	침상		
지상 1층	6	2	2	2	24	8
지상 2층	11	4	3	3	42	14
지상 3층	14	5	4	4	54	18
지상 4층	18	6	6	6	72	25

### 3.3 피난 시나리오

본 연구는 피난 시뮬레이션 'Pathfinder 2021'을 이용하여 피난 상황을 비교 및 분석하는 방법으로 진행된다. 시뮬레이션에서 작용하는 변수는 군집 여부, 군집 구성, 군집 밀도이다. 시뮬레이션은 9개의 시나리오로 진행되고, 시나리오 A는 기존 피난 상황을 의미한다.

첫째, 군집 여부에 따라 시나리오를 설정하였다. 기존 피난 상황인 시나리오 A를 제외한 나머지 시나리오 B-I는 화재 시 군집 피난이 이루어지는 화재 상황이다. 이는 군집 피난이 화재에 영향을 미치는지를 분석하기 위해 설정하였다. 둘째, 군집을 이루는 구성원을 변수로 시나리오를 설정하였다. 시나리오 B-F의 경우 자력 피난이 불가능한 휠체어 환자와 침상 환자, 이 두 유형을 대피시키는 관리자(조력자)를 제외한 나머지 방문자, 일반 환자, 이동 보조기구환자로 군집이 무작위로 형성되어 피난하도록 설정하였고, 시나리오 G-I의 경우 일반 환자와 이동 보조기구환자로 피난하도록 설정하였다. 이는 고령자의 군집 피난을 고려한 피난 상황을 분석하기 위해 설정되었다. 셋째, 군집 밀도에 따라 설정하였는데, 시나리오 B-F의 군집 밀도는 2-6인/m<sup>2</sup>로 설정하였고, 시나리오 G-I의 군집 밀도는 2-4인/m<sup>2</sup>로 설정하였다. 이는 군집 밀도가 피난 시간과 과밀 공간에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하기 위해 설정하였다. 군집을 설정할 때, 다른 층에 위치하는 이용자들은 상대적으로 동일한 층에 있는 이용자들보다 군집을 이루기 어렵기에 본 연구에서는 동일한 층에 있는 이용자들로 이루어지는 군집만을 연구의 대상으로 고려하였다.

피난 시뮬레이션에서 피난 가능 시간은 [표 1]에서 건물의 용도가 병원, 요양소, 그 밖의 공공숙소일 때 W3인 경우로 설정하였다. 이때, W3는 '화재경보 신호를 이용한 경보설비와 함께 비훈련직원을 활용할 경우'를 의미하며, 병원, 요양소 등 공공숙소에서 최대 8분, 즉 480초를 피난 허용시간(ASET, Available Safety Egress Time)으로 설정하여 시뮬레이션을 진행하였다. 군집 여부와 군집 구성, 군집 밀도를 고려한 피난 시나리오를 다음 [표 7]과 같이 정리하였다.

[표 7] 피난 시나리오 설정

구분	군집 여부	군집 구성	군집 밀도(인/㎡)
A	X	-	-
B	O	무작위	2명
C			3명
D			4명
E			5명
F		6명	
G		노인 2명	2명
H		노인 3명	3명
I	노인 4명	4명	

#### 4. 시뮬레이션 결과

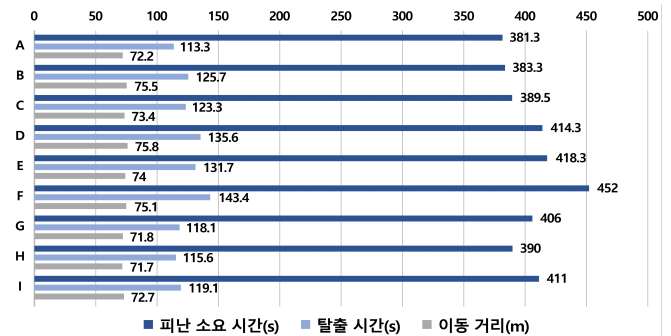
##### 4.1 시나리오별 피난 소요 시간 분석

본 연구는 노인 요양병원에서 화재 시 군집유형이 피난에 어떠한 영향을 미치는지 분석하기 위해 시나리오별 연구 모델을 설정하고 대상 병원의 전체 층을 연구 범위로 설정하여 군집 유형에 따라 9개의 피난 시뮬레이션을 진행하여 결과를 비교하였다. 1차 결과 분석에서는 'Pathfinder'의 결과를 기반으로 하여 피난 소요 시간(REST, Required Safe Escape Time)과 탈출 시간<sup>4)</sup>과 이동 거리<sup>5)</sup>에 대해 분석하였다. 피난 시나리오별 결과는 다음과 같다. 먼저 피난 소요 시간을 비교하면 시나리오 A, B, C, H는 평균보다 작게 나타났고, 시나리오 D, E, F, G, I은 평균값보다 많은 것으로 나타났다. 기존 피난 상황인 시나리오 A의 피난 소요 시간은 381.3초로 가장 적게 소요되었고, 모든 시나리오에서 피난 허용 시간 480초 이내에 피난을 완료하였다. 무작위로 군집을 이뤄 피난하는 상황인 시나리오 B-F의 경우 군집 밀도가 3인/㎡ 이상 증가할수록 피난 소요 시간이 증가하는 것으로 나타났다. 고령자 환자로 이루어진 군집이 피난하는 시나리오 G-I에서는 군집 밀도가 2인/㎡인 시나리오 G보다 군집 3인/㎡일 때의 시나리오 H의 상황에서 피난 소요 시간이 더 적은 결과가 나타났다. 다음 [표 8], [그림 5]는 시나리오별 피난 소요 시간과 탈출 시간, 이동 거리에 대한 결과를 나타낸 것이다.

4) 재실자가 최종적으로 출구를 통과해 피난한 시간으로, 각 재실자가 불이 붙기 시작한 시점에 있던 장소로부터 안전한 장소로 이동할 때 소요되는 시간을 의미  
 5) 전체 층을 대상으로 재실자가 위치한 곳에서 최종적으로 대피한 거리의 평균값

[표 8] 시나리오별 피난 소요 시간과 탈출 시간, 이동 거리

구분	피난 소요 시간(s)	탈출 시간(s)	이동 거리(m)
A	381.3	113.3	72.2
B	383.3	125.7	75.5
C	389.5	123.3	73.4
D	414.3	135.6	75.8
E	418.3	131.7	74
F	452	143.4	75.1
G	406	118.1	71.8
H	390	115.6	71.7
I	411	119.1	72.7
평균값	405.1	125.1	73.6



[그림 5] 시나리오별 결과 비교 그래프

##### 4.2 시나리오별 정체 시간 분석

1차 결과 분석에서 기존 상황인 시나리오 A의 피난 소요 시간이 가장 짧았고, 군집 피난을 하는 시나리오 B-I에서 더 지체되는 결과가 나타났다. 이는 군집 피난이 피난에 영향을 줄 수 있다는 것을 의미한다. 또한 시나리오 B-F의 결과 군집 밀도가 증가할수록 피난 소요 시간이 더 소요되는 결과가 나타났다.

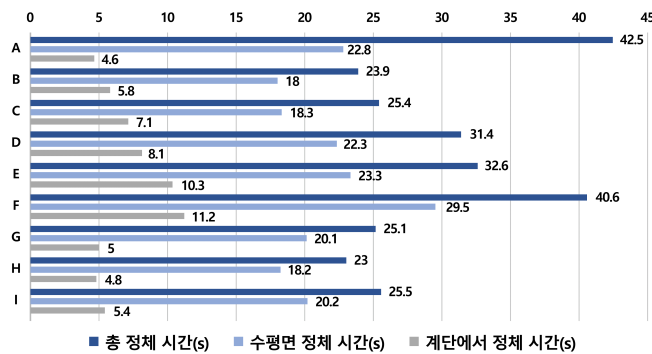
2차 분석에서는 'Pathfinder'의 결과를 기반으로 하여 총 정체 시간과 수평면에서의 정체 시간, 계단에서의 정체 시간을 비교하고자 하였다. 이후 층별 정체 시간을 분석하여 세부적으로 정체 발생 공간을 도출하여 이를 기반으로 정체 발생 원인을 분석하기 위해 진행되었다.

시나리오별 총 정체 시간을 비교한 결과, 군집을 이루지 않는 기존 피난 상황인 시나리오 A의 경우 피난 소요 시간이 381.3초로 가장 짧았음에도 불구하고 총 정체 시간은 42.5초로 가장 긴 것으로 나타났다. 수평면과 계단에서의 정체 시간을 각 평균값과 비교한 결과, 수평면에서 정체 시간은 평균보다 길게 나타났고, 계단에서의 정체 시간은 평균보다 짧은 것으로 나타났다. 이는 군집을 이루지 않는 경우 계단에서는 군집으로 인해 정체가 발생하는 빈도가 낮지만, 수평면에서는 이동하는 데에 한꺼번에 몰리기 때문에 정체 시간은 평균보다 길게 나타난 것으로 보인다.

또한 군집 피난이 이루어지는 시나리오 B-F의 정체 시간을 비교해보면 군집 밀도가 높아질수록 수평면과 계단에서 정체되는 시간이 발생하여 총 정체 시간도 길어지고 최종적으로 피난 소요 시간이 길어지는 것을 확인할 수 있었다. 고령자 환자로 군집 피난이 이루어지는 시나리오 G-I의 경우 1차 결과와 같이 고령자 환자 군집 밀도 3명/m<sup>2</sup>로 이루어진 시나리오 H의 경우 평균보다 작게 나타났고, 군집 밀도 2인/m<sup>2</sup>의 시나리오 G와 비교했을 때 정체 시간이 모두 짧은 것으로 나타났다. 이는 이동 거리와 유사한 결과를 갖는데, 이동 거리에 비례하여 정체 시간도 증가하는 것으로 사료된다. 다음 [표 9], [그림 6]은 시나리오별 총 정체 시간과 수평면에서 정체 시간, 계단에서의 정체 시간을 도표와 그래프로 나타낸 것이다.

[표 9] 시나리오별 정체 시간 결과

구분	총 정체 시간(s)	수평면 정체시간(s)	계단에서 정체 시간(s)
A	42.5	22.8	4.6
B	23.9	18	5.8
C	25.4	18.3	7.1
D	31.4	22.3	8.1
E	32.6	23.3	10.3
F	40.6	29.5	11.2
G	25.1	20.1	5
H	23	18.2	4.8
I	25.5	20.2	5.4
평균값	30.0	21.2	6.9



[그림 6] 시나리오별 결과 비교 그래프

기존 피난 상황인 시나리오 A는 나머지 시나리오 B-F와 비교했을 때, 피난 소요 시간은 가장 적게 나타났으나, 수평면에서의 정체 시간이 평균보다 길게 나타났다. 수평면에서 정체 시간이 길게 나타나는 원인을 분석하기 위해 지상 1층부터 4층까지의 층별 정체 시간에 대하여 분석하였다. 먼저, 시나리오 A의 경우 수평면에서의 정체 시간을 비교하면 1층 19.1초, 2층 16.0초, 3층 17.1초, 4층 14.7초로 나타났다. 이는 군집을 이루지 않는 기존의 피난 상황에서는 수평면에서 정체가 발생하여 총 정체 시간이 길어진 것으로 보인다. 시나리오 B-F의 층별 계단에

서 정체 시간을 비교해보면 1층부터 4층으로 올라갈수록 길게 나타났다. 이는 자력 피난이 불가능한 환자를 관리자가 1층까지 수송하고 다른 환자를 대피를 조력하러 이동하는 과정에서 다른 재실자들과 충돌로 정체가 발생하는 것으로 보인다. 다음 [표 10]은 시나리오별 층별 정체 시간을 나타낸 도표이다.

[표 10] 시나리오 층별 정체 시간 결과

구분	층수	총 정체 시간(s)	계단에서 정체 시간(s)	수평면 정체 시간(s)
A	지상 1층	20.3	1.2	19.1
	지상 2층	17.9	2.0	16.0
	지상 3층	20.6	3.5	17.1
	지상 4층	22.8	8.2	14.7
B	지상 1층	20.1	3.2	16.9
	지상 2층	20.0	2.2	17.8
	지상 3층	24.3	6.1	18.2
	지상 4층	31.1	12.0	19.0
C	지상 1층	19.4	1.1	18.3
	지상 2층	21.2	1.8	19.4
	지상 3층	23.2	5.6	17.6
	지상 4층	27.3	9.9	17.4
D	지상 1층	26.6	2.1	24.4
	지상 2층	26.5	2.5	24.0
	지상 3층	34.3	11.8	22.5
	지상 4층	36.8	16.3	20.5
E	지상 1층	24.2	1.2	23.0
	지상 2층	28.2	2.9	25.3
	지상 3층	32.7	9.6	23.1
	지상 4층	34.5	12.2	22.3
F	지상 1층	29.4	2.9	26.6
	지상 2층	32.5	4.4	28.0
	지상 3층	44.2	11.6	32.6
	지상 4층	46.5	17.5	29.0
G	지상 1층	20.6	2.4	18.1
	지상 2층	24.6	2.3	22.3
	지상 3층	24.5	4.6	19.9
	지상 4층	27.0	7.9	19.1
H	지상 1층	18.4	1.0	17.4
	지상 2층	22.0	1.7	20.2
	지상 3층	23.5	4.0	19.4
	지상 4층	24.8	8.5	16.4
I	지상 1층	21.5	1.9	19.6
	지상 2층	23.5	2.0	21.5
	지상 3층	25.4	5.2	20.3
	지상 4층	28.4	8.4	20.0

시나리오 G-I의 각 층별 정체 시간을 비교해보면 시나리오 G와 I의 정체시간에 비해 시나리오 H는 모두 짧은 것으로 나타났다. 이는 수평면과 계단 모두에서 정체 발생 빈도가 낮았다는 것을 알 수 있다.

2차 결과 분석은 다음과 같다. 기존 상황인 시나리오 A의 피난 소요 시간이 가장 짧게 나타났는데, 이는 군집을 이루지 않기 때문에 계단에서 정체되는 시간이 가장 적게 소요된 것으로 보인다. 또한 시나리오 A는 피난 소요 시간이 가장 짧고 계단에

서의 정체 시간이 짧지만, 수평면에서 정체가 발생하여 총 정체 시간이 길게 나타난 것으로 보인다. 마지막으로 고령자의 군집 피난 상황에서는 군집 밀도가 3인/m<sup>2</sup>가 군집 밀도 2인/m<sup>2</sup>인 경우보다 피난 소요 시간이 적게 나타난 원인은 이동 거리가 짧아져 정체 시간이 줄어들었기 때문이다.

### 4.3 과밀 공간 분석

2차 분석 결과에서 기존 피난 상황인 시나리오 A는 1층 수평면에서 정체 시간이 길어진 것으로 나타난다. 또한 시나리오 G-1의 군집 밀도가 3인/m<sup>2</sup>가 군집 밀도 2, 4인/m<sup>2</sup>인 경우보다 피난 소요 시간이 적게 나타내는데, 이러한 원인을 분석하기 위해 재실자가 이동하는 탈출 경로와 정체가 발생하는 공간을 분석하여 다음과 같이 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 피난 시뮬레이션 프로그램 'Pathfinder 2021'을 사용하여 모든 재실자가 피난 완료한 시점의 1층 피난 결과를 분석하고자 하였고, 'Rhino 7.0'과 'Grasshopper 1.0.007', 'Iron Python 2.7'을 사용하여 시나리오별 대상병원의 지상 1층을 기준으로 하여 재실자의 탈출 경로와 정체 발생 시간의 합을 도식화하여 과밀 공간을 파악하고 정체되는 원인을 분석하고자 하였다. 이때 지상 1층의 시뮬레이션 결과를 분석한 이유는 시나리오 A에서의 정체되는 공간을 분석하고, 사람들이

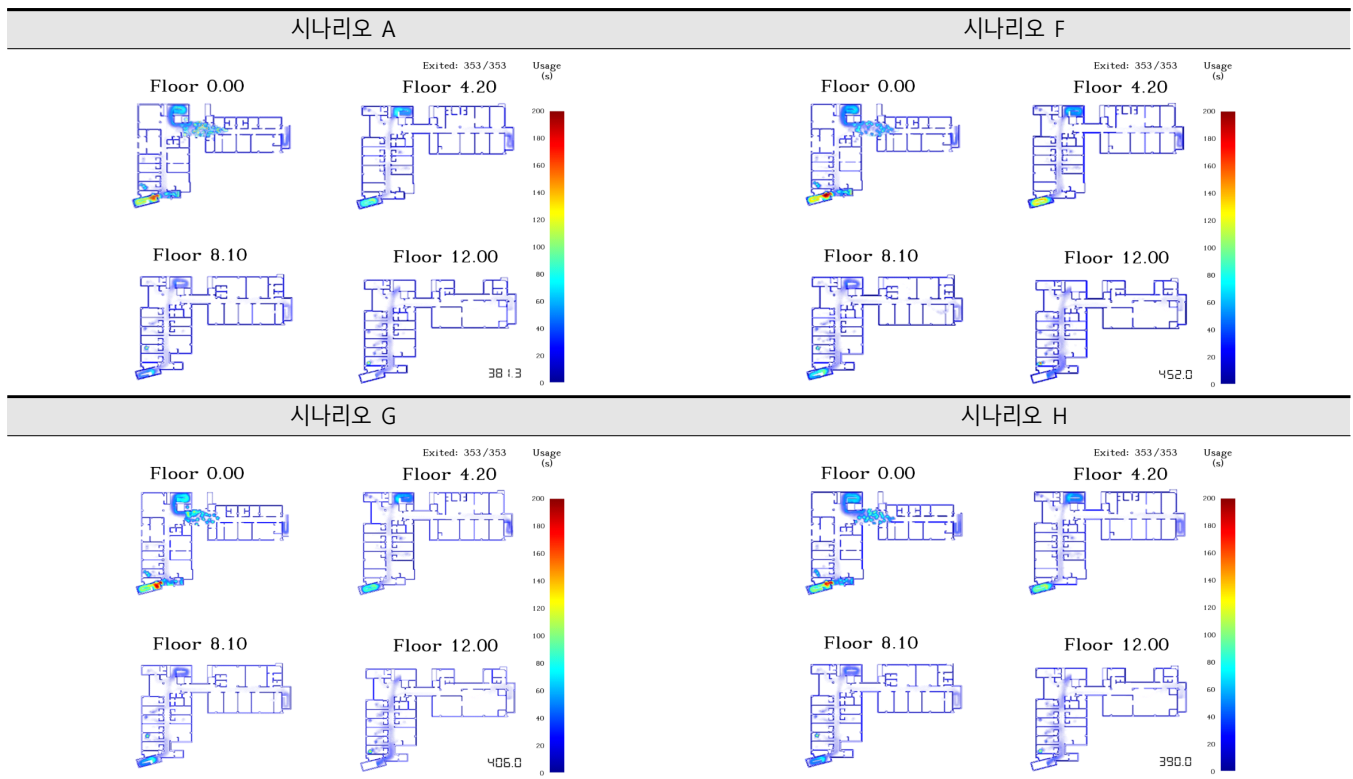
최종적으로 피난을 완료하는 주 출입구와 계단에서의 정체 현상을 확인하기 위해서이다.

먼저 기존 피난 상황인 시나리오 A와 군집 밀도가 가장 많은 시나리오 F의 피난 시뮬레이션 결과를 비교하였다. 1차 분석 결과 시나리오 A의 피난 소요 시간은 가장 짧았고, 시나리오 F의 피난 소요 시간은 가장 길게 나타났다. 2차 분석 결과에서는 수평면에서의 정체 시간이 발생하여 총 정체 시간이 증가한 것이 나타났다. 이때, 시뮬레이션 결과에서 나타나는 색이 붉은색에 가까울수록 공간이 과밀화된 것을 의미한다.

그 결과, 시나리오 A의 경우 주로 1층 주 출입구와 계단실 A의 전실 부분에서 정체가 발생하였으며, 시나리오 F의 경우 입원실에 인접한 1층 계단실 B에서 정체가 발생하는 결과가 나타났다. 이는 군집을 이루지 않을 경우 계단에서 정체가 발생하는 빈도는 낮지만, 최종적으로 사람들은 피난하는 주 출입구와 가까운 계단실에서 정체가 발생하여 정체 시간이 발생하여 피난 소요 시간이 지체될 수 있다.

피난 성능을 비교하면 피난 소요 시간이 가장 적게 나타난 기존 상황인 시나리오 A가 가장 이상적이다. 그러나 실제 화재 시 피난 행태에서 군집이 이루어지기 쉽기 때문에 군집 피난을 고려하여 정체 시간을 감소시키는 방안을 설계에 반영해야 할 것이다. 다음 [표 11]은 시나리오 A와 F, 시나리오 G와 H의 피난 완료 시뮬레이션 결과를 나타낸 표이다.

[표 11] 시나리오별 결과

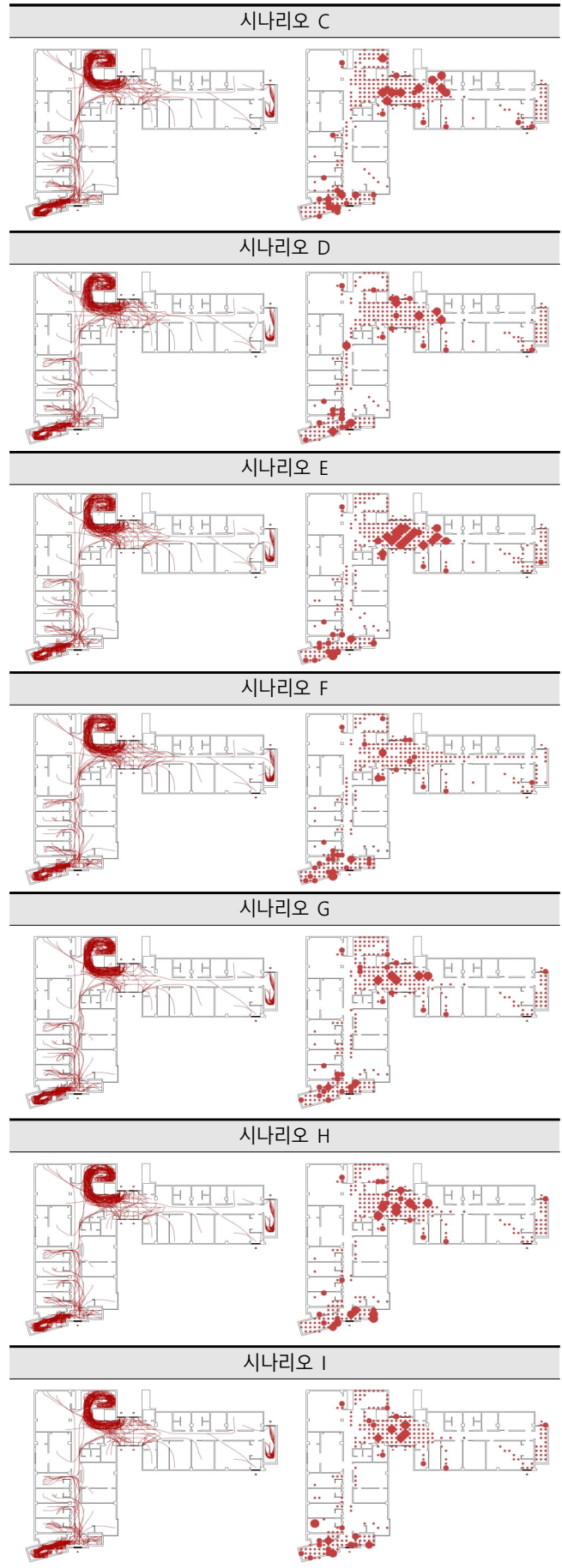
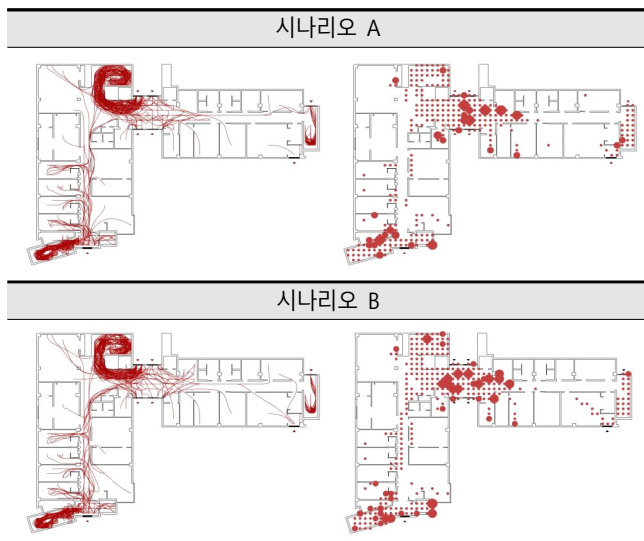


- 6) 재실자별 피난 시 이동한 경로를 나타내는데 표시되는 겹치는 선이 많을수록 공간의 이용자가 많음을 의미
- 7) 원의 크기가 그 지점에서 0.25m/s로 유지된 시간의 합을 뜻하며, 표시된 원의 크기가 클수록 정체 발생 빈도가 높음을 의미

다음은 시뮬레이션 결과에서 통해 과밀 공간과 군집 밀도가 3인/m<sup>2</sup>인 경우가 2인/m<sup>2</sup>인 경우보다 정체 시간이 적게 발생한 원인을 분석하고자 하였다. 1, 2차 결과 분석에서 방문자와 고령자 환자가 무작위로 군집 피난이 이루어질 경우 군집 밀도가 높아질수록 계단에서 정체가 발생하여 피난 소요 시간이 길어지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 시나리오 G와 H의 시뮬레이션 결과를 분석한 결과, 군집 밀도가 적인 시나리오 G의 피난 소요 시간이 더 지체된 결과를 확인할 수 있었다. 시뮬레이션 결과를 분석한 결과 시나리오 G와 H 모두 주출입구와 지상 1층 계단실 B의 전실에서 정체가 발생한 것으로 나타났다. 그러나 시나리오 G의 경우 시나리오 H의 경우 환자들이 빠르게 이동하게 되면서 대피하는 마지막 주출입구의 앞에서 한꺼번에 많은 재실자가 모이게 되어 오히려 정체가 일어나게 되었다. 반면 시나리오 H의 경우 군집을 이루지만 순차적으로 피난하게 되면서 계단과 1층 주출입구에서의 정체 시간이 감소해 피난 소요 시간이 2인/m<sup>2</sup>일 때보다 적게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 연구 모델에서 정체 시간과 계단에서 정체 시간이 발생하면 피난 소요 시간이 지체되는 것을 알 수 있는데, 이는 자력 피난이 불가능한 환자를 관리자가 수송하는 과정에서 다른 재실자들과의 충돌로 정체가 발생하는 것으로 보인다. 따라서 피난 인원을 분산하기 위해 고령 환자를 위한 경사로나 비상용, 피난용 승강기를 확보되어야 할 필요가 있다.

다음 [표 12]는 'Rhino 7.0'과 'Grasshopper 1.0.007', 'Iron Python 2.7'을 사용하여 시나리오별 대상병원의 지상 1층을 기준으로 하여 재실자의 탈출 경로<sup>8)</sup>와 정체 발생 시간의 합<sup>9)</sup>을 도식화하였다. 정체가 주로 1층에서 일어나기 때문에 공통적으로 정체가 발생하는 공간에 대한 분석을 진행하였다.

[표 12] 시나리오별 1층 재실자의 탈출 경로와 정체 발생 빈도



8) 재실자별 피난 시 이동한 경로를 나타내는데 표시되는 겹치는 선이 많을수록 공간의 이용자가 많음을 의미  
 9) 원의 크기가 그 지점에서 0.25m/s로 유지된 시간의 합을 뜻하며, 표시된 원의 크기가 클수록 정체 발생 빈도가 높음을 의미

시나리오 A-I에서 화재 시 재실자의 탈출 경로와 정체 발생 빈도를 비교했을 때, 재실자의 탈출 경로와 정체가 발생하는 공간이 유사하게 나타나는 결과를 확인할 수 있었다. 이는 이용자가 많은 공간에서 재실자 간의 충돌로 정체가 발생하는 것으로 보이며, 피난 시 최종적으로 대피하는 주 출입구와 휠체어와 침상 환자의 경우 자력 보행이 불가하여 조력자가 도착할 때까지 대기해야 하는 입원실에서 피난이 이루어지기 때문에 입원실에 인접한 1층 계단실 A와 B의 재실자 이용량이 많고 정체가 발생한 빈도가 높은 것으로 나타났다. 이는 관리자가 피난이 불가능한 환자를 수송하는 과정에서 피난하는 재실자와 충돌해 정체가 발생하는 것으로 보인다. 정체가 발생하게 되면 피난 소요 시간도 증가하게 되므로 이를 보완하기 위해서는 제시된 연구 모델과 같이 시뮬레이션을 통해 피난 동선이 집중되는 공간을 파악하여 설계 초기 단계에서 피난 계단 및 개구부의 규격을 고려해야 할 것이다.

과밀 공간을 분석한 결과 기존 피난 상황에서 주출입구에서 정체가 발생하고, 군집 피난의 경우 계단에서 정체가 발생하기 쉬운 것으로 나타났다. 정체 시간이 지체될수록 피난 소요 시간이 증가하므로 고령자가 많은 노인 요양병원에서는 설계단계에서 피난 동선을 고려하여 충분한 크기의 피난 계단과 개구부가 필요하며 비상용, 피난용 승강기를 확보할 필요가 있다.

## 5. 결론

본 연구는 노인 요양병원에서 화재 시 군집 여부, 군집 구성, 군집 밀도를 고려하여 정체가 발생하는 피난 취약 공간을 도출하는 연구 모델을 통해 피난 성능 분석 모델을 제시하기 위해 진행되었고, 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1) 군집을 이뤄 피난하는 상황들을 비교했을 때 본 연구에서는 군집을 이루지 않는 피난 상황에서는 1층 주 출입구와 주출입구와 가까운 계단 전실에서 정체가 발생하는 것을 알 수 있었고, 방문자와 고령자 환자가 무작위로 군집 피난이 이루어질 경우 군집 밀도가 높아질수록 계단에서 정체가 발생하게 되면서 피난 소요 시간이 길어지는 것을 확인할 수 있었다. 고령자 환자로 이루어진 군집 피난이 이루어질 때 환자들이 순차적으로 피난하게 되면서 계단과 1층 주출입구에서의 정체 시간이 감소해 피난 소요 시간이 가장 적게 소요된 것으로 나타났다.

2) 연구 모델에서 피난 소요 시간과 정체 시간, 계단과 수평면에서 정체 시간을 비교 분석하여 피난 소요 시간이 지체된 원인을 알 수 있었다. 정체 시간과 계단에서 정체되는 시간이 길어질수록 전체 피난 소요 시간이 지체되는 것을 알 수 있는데, 이는 자력 피난이 불가능한 휠체어와 침상환자는 조력자를 기다리게 되고, 이후 비상용 피난의자와 들것에 의해 대피하게 되는데, 이 과정에서 다른 재실자들과의 충돌로 정체가 발생하는 것으로 보인다. 이를 보완하기 위해서는 피난 인원을 분산하기 위해 비상용, 피난용 승강기를 확보할 필요가 있다.

3) 연구 모델에서는 정체 발생 빈도와 재실자의 탈출 경로를 도식화하여 과밀 공간을 확인하고 정체 원인을 분석할 수 있었다. 그 결과 탈출 경로와 정체 발생 빈도를 비교했을 때 입원실에 인접한 1층 입원실과 인접한 2개의 계단실과 주출입구에서 재실자들이 피난 동선이 겹치게 되면서 정체 발생 빈도가 높아진 것으로 나타났다. 이는 계단에서의 정체 시간은 피난 소요 시간 지체시키는 요인이 되므로 설계 초기 단계에서 피난 동선이 겹치는 부분에서는 사전에 파악하여 충분한 크기의 피난 계단 및 개구부를 적용하여 설계에 반영할 필요가 있다.

본 연구는 노인 요양병원에서 화재시 고령자와 군집 피난 행태를 고려하여 피난 연구 모델을 설계하여 피난 성능을 분석하여 제시하였다. 이후 후속 연구에서는 병원의 행태별, 개구부의 위치, 크기 등을 설계에 반영할 수 있는 연구를 진행할 것이다.

사사: 이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2018R1D1A1B07045453)

## 참고문헌

국가기술표준원, 2015, "제 7차 한국인 인체치수조사사업", 대한민국 국민건강보험공단, 2021, "장기 요양 등급판정 현황 자료 2021" <https://www.nhis.or.kr/announce/wbhaec11503m01.do>, 국민건강보험공단, 2022.1.26

김응식, 이정수, 김장환, 김명훈, 2016, "장애인 시설별 장애인 이동속도에 관한 연구", 한국안전학회지, 31(5), 124-132쪽

김종범, 2010, "노인 요양병원의 피난안전성능 평가에 관한 연구", 석사학위논문, 동신대학교

김종범, 김자옥, 백은선, 2010, "일개 노인 요양병원의 피난안전성능 평가에 관한 연구", 한국화재소방학회 논문지, 24(3), 9-19쪽

대한민국 건축법 시행령 제 34조, 2020, "직통계단의 설치"

대한민국 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제 15조의2, 2013, "복도의 너비 및 설치기준"

대한민국 노인복지법 시행규칙 제22조 제1항관련, 2020, "별표4 노인의료복지시설의 시설기준 및 직원배치기준"

대한민국 소방시설의 성능 위주 설계 방법 및 기준, 2017, "별표1 화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성 기준"

대한민국 의료법 시행규칙 34조, 2021, "별표3 의료기관의 종류별 시설기준", "별표4 의료기관의 시설 규격"

대한요양병원협회, 2021, "2020 요양병원백서", 대한요양병원협회, 대한민국

서동구, 황은경, 권영진, 2010, "성능적인 피난안전설계를 위한 군집형 성시 보행속도 조사연구", 대한건축학회 논문집 - 계획계, 26(12) 99-106쪽

이강훈, 1997, "인간 행동패턴에 대한 고찰과 피난로 설계에의 적용방법에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 13(7), 83-92쪽

이정택, 2017, "요양병원 현황 및 개선 과제", 보험연구원, 대한민국

- 이현호, 2019, "피난시뮬레이션 프로그램을 통한 노인 요양병원 피난시간 개선 방안을 위한 연구", 석사학위논문, 연세대학교
- 임해원, 이현수, 2021, "행위자 기반 모델을 활용한 노인요양시설의 피난 시뮬레이션 개발에 관한 연구", 한국실내디자인학회 논문집, 30(1), 3-13쪽
- 전인범, 이익모, 황용우, 천영우, 2018, "FDS 및 Pathfinder 를 이용한 노인 의료복지시설의 피난시간 산정", 한국위험물학회지, 6(1), 120-134쪽
- 정기신, 2020, "고층 노인의료복지시설 안전기준 연구용역", 세명대학교 산학협력단
- 통계청, 2021, "2021 고령자 통계"
- 홍해리, 서동구, 권영진, 2011, "고령자의 피난안전설계를 위한 군집보행속도에 관한 연구", 한국화재소방학회 논문지, 25(1), 19-26쪽
- Cahalan, C.; Renne, J, 2007, "Emergency evacuation of the elderly and disabled", Emmitsburg, MD, USA: National Emergency Training Center.
- Hunt, A.; Galea, E. R.; Lawrence, P. J., 2015, "An analysis and numerical simulation of the performance of trained hospital staff using movement assist devices to evacuate people with reduced mobility", Fire and Materials, 39(4), pp407~429
- Pathfinder Manual, 2020, "Hospital Evacuation using Pathfinder", <https://support.thunderheadeng.com/tutorials/pathfinder/hospital-evacuation/>, Thunderhead Engineering, 2021.11.29
- Simkins, T. E., 2005, "Study on High-rise Evacuation of Elderly Residents during Fire Alarms", National Fire Academy

접수 : 2022년 02월 14일  
 1차 심사완료 : 2022년 02월 23일  
 게재확정일자 : 2022년 02월 23일  
 3인 익명 심사 필