

노인요양병원에서 고령자의 수평 피난을 고려한 대피공간의 건축계획에 관한 연구

A Study on the Architectural Planning of the Refuge Areas in Geriatric Hospitals Considering Horizontal Evacuation of the Elderly

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

Abstract

Purpose: This study was conducted with the aim of presenting spatial planning directions for evacuation spaces based on an analysis of the performance of horizontal evacuation during the early stages of fire incidents in a geriatric hospital. **Methods:** Based on a review of previous studies, the research model was designed by establishing occupancy conditions, evacuation, and fire scenarios. The analysis model was developed by considering vulnerable areas in terms of evacuation movement and analyzing the results of evacuation performance. Furthermore, the study analyzed the improvement in evacuation performance by arranging refuge areas. **Results:** The results of the study are as follows. Firstly, vulnerability spots were identified in terms of evacuation performance by schematizing Required Safe Egress Time, Available Safe Egress Time, and their differences. Secondly, the Required Safe Egress Time in the adjacent public spaces along the escape routes of occupants was found to be higher compared to the Available Safe Egress Time. Thirdly, the results of the correlation analysis between the difference in Available Safe Egress Time and Required Safe Egress Time during the early stages of a fire, as well as their constituent factors, demonstrated that user congestion is a more significant factor in compromising evacuation safety than the physical changes in the fire condition. Fourthly, the analysis of evacuation time was conducted by designating refuge areas where occupants can evacuate within a sufficient timeframe. This led to a decrease in the Required Safe Egress Time. **Implications:** This study is expected to be used as data on the direction of evacuation space planning to improve the evacuation performance of Geriatric Hospital.

주제어: 노인요양병원, 고령자, 수평피난, 대피공간

Keywords: Geriatric Hospital, elderly, Horizontal evacuation, Refuge area

1. 서론

1.1 배경 및 목적

급속한 고령자의 증가와 환경 변화는 노인성 질환 및 장기요양 의료서비스를 비롯한 요양 서비스의 수요도 증가시켰다. 고령 환자 중 요양 및 의료 서비스가 필요한 사람들은 노인요양병원을 선호하게 되었고, 그 결과 노인요양병원의 입소 빈도가 증가하게 되면서 노인요양병원의 시설수도 증가하였다(이정택, 2017: 9). 노인요양병원의 고령 환자 대다수는 신체적 인지적 기능이 저하되어 화재 피난 과정이 더 복잡하고 피난시간이 더 많이 소요되므로 대형 인명피해로 이어질 가능성이 높다(김중

범 외, 2010). 의료시설 관련 대피 계획에 있어 주로 계단이나 엘리베이터 사용과 같은 수직 피난에 중점을 두고 진행되고 있으나, 엘리베이터의 경우 정원이 제한되어 있고 침상 환자나 휠체어 환자는 자력 이동이 불가해 수직 피난 과정에서 관리자의 조력이 필요한데 이러한 과정에서 계단실내에서 정체가 발생해 피난시간이 더 지체되기도 한다(김미정, 2022). 따라서 화재 발생 시 수평 피난, 즉 동일층 및 인접 공간 간의 이동을 위해 노인요양병원 내 시설 환경 내에서 안전하고 효율적으로 대피할 수 있도록 계획되어야 한다.

본 연구에서는 피난 약자를 고려하여 노인요양병원의 화재 초기에 국지적인 수평 피난의 성능 분석을 기반으로 대피공간의 필요성 및 위치 설정과 이에 따른 건축 계획의 방향을 제시하는 목적으로 수행된다.

* 회원, 석사과정, 건축학과, 계명대학교(주저자: bellobee00@stu.kmu.ac.kr)

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

1.2 연구 방법

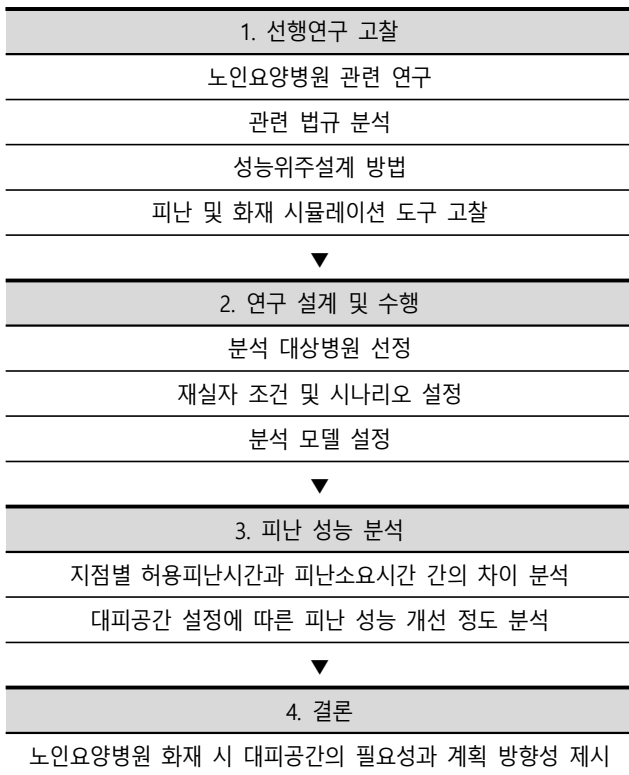
본 연구는 [그림 1]의 연구 절차에 따라 진행되었다.

1) 선행연구 고찰을 통하여 노인요양병원을 이용하는 고령자의 피난에 대해 조사하고 의료시설 피난 관련 법규와 성능위주 설계 방법에 대해 고찰한 후 노인요양병원의 화재 피난을 분석하기 위한 도구를 고찰하여 본 연구의 설계를 구체화한다.

2) 분석 대상병원을 선정하고, 분석 대상병원의 재실자 조건 및 시나리오 설정 후 노인요양병원의 환경 조건에서 피난 및 화재 시뮬레이션을 수행하여 피난소요시간과 허용피난시간과 관련된 데이터를 추출한다.

3) 지점별 허용피난시간과 피난소요시간 간의 차이를 분석하고 상대적으로 안전하다고 판단되는 공간에 대피공간을 설치하였을 때 피난 성능 개선 정도를 분석한다.

4) 도출한 결과를 기반으로, 노인요양병원에서 수평 피난 시 대피공간의 필요성과 계획 방향성을 제시한다.



[그림 1] 연구 절차

2. 선행연구 고찰

2.1 노인요양병원에서 고령자의 피난

노인요양병원은 의료법에 근거하여 주로 장기 입원이 필요한 고령자에게 의료와 요양 서비스를 제공하는 것이 주목적인 기관이다.

고령자 피난 연구 고찰에서 Cahalan et al.(2007)의 연구에 따르면 고령자의 신체적·인지적인 능력이 저하되는데, 이는 재

난 시 일반인보다 이동 능력이 제한되고, 노화에 의해 청력과 시력이 감퇴하여 반응속도가 느리고 화재 시 위험성이 큰 것으로 나타났다(Cahalan et al. 2007). 또한 김종범(2010)의 연구에 따르면 노인요양시설의 재실자는 일반인보다 피난인지와 피난 능력이 떨어지는 경우가 많고 노인 요양 환자의 피난은 매우 열악하며 노인요양병원에 대해 환자의 피난 행태에 따른 별도의 화재 및 피난 기준이 없다는 점과 고령 환자의 피난안전성 확보를 위한 기준이 제시되지 않아 많은 재실자의 피난 활동에 제약이 있는 것을 지적했다(김종범, 2010). 김응식 외(2016)의 연구에서는 재해 약자의 이동속도를 분석했다. 연구 결과에 따르면, 일반인의 수평 이동속도는 평균적으로 1.2m/s이다. 그러나 고령자의 경우 자립 보행과 이동 보조기구를 사용하는 경우의 이동속도에 차이가 있었는데 자립 보행은 0.7m/s로 측정되었으며, 이동 보조기구를 사용하는 경우에는 0.57m/s로 측정되었다(김응식 외 3, 2016).

고령자시설 화재 피난 연구 고찰에서 Simkins et al.(2005)의 연구에서는 고령자 관련 시설에서 화재 발생 시 65세에서 75세의 화재 사망률이 2배, 85세 이상일 경우 화재 사망률이 일반인보다 4배로 증가하는 결과가 나타났는데, 이는 고령자 시설 내의 재실자의 연령이 증가할수록 화재 사망률이 증가하는 결과가 나타났다(Simkins et al., 2005). 진승현 외(2017)의 연구에 따르면 고령자시설의 화재 현황과 화재 특성을 분석한 결과, 발화 요인으로 주로 전기에 의한 화재로 나타났고, 발화지점의 경우 다양한 위치에서 화재가 발생하는 것으로 나타난다(진승현 외, 2017). Hunt et al.(2013)의 연구에서는 병원 환경에서의 피난 시뮬레이션을 수행을 위해 침상 및 휠체어 환자의 조건 및 피난 대피보조기구의 규격과 준비시간을 제시하였다. 침상 환자들 것에 의해 조력자 4명이 피난을 돕고, 휠체어 환자는 조력자 1명이 비상용 피난 의자를 이용해 환자의 피난을 돕는 것으로 설정하였다(Hunt et al., 2013).

수평 피난 관련 연구 고찰에서 Klote et al.(1992)의 연구에 따르면 피난에 있어 제약이 있는 피난 약자들의 경우 수직 피난을 통해 외부로 탈출하지 못할 가능성이 높는데, 이러한 재실자를 대피시키는 구조대의 도움을 받을 수 있을 때까지 안전하게 대기할 수 있는 대피공간을 제공하는 것을 제안했다(Klote et al., 1992). 김윤정(2009)의 연구에 따르면 고령자와 관련된 시설의 시설적 측면에서 수평 피난을 위한 비화재존 계획의 필요성을 법적인 측면에서 제시하였다(김윤정, 2009).

2.2 관련 법규 분석

“의료법 제3조 3항”에 따라 요양병원은 “장애인 복지법 제58조 제1항 4조”에 따라 “장애인을 입원 또는 통원하게 하여 의료 재활서비스를 제공하는 의료재활시설로서 “의료법 제3조의 2(병원 등)”에 따라 요양병원을 갖춘 의료기관을 의미한다.

“의료법 시행규칙 34조의 [별표 3]”에 따르면 노인요양병원 2층 이상에 설치될 경우 계단과 엘리베이터를 갖추어야 한다. 입원실은 원칙상 지하층과 건물의 3층 이상에 설치할 수 없다.

그러나 건물이 내화 구조로 되어있을 경우 3층 이상에도 설치할 수 있다. 입원실에 입원 환자를 30명 이상 수용할 수 있어야 한다. 또한 입원실 내에는 최대 6개 병상까지 설치할 수 있다. 이때, 병상 간의 최소 거리가 최소 1.5m 이상 기준이다.

“건축법 시행령 제34조(직통 계단 설치기준)에 따르면 건축물의 피난층을 제외한 다른 층에서는 피난층 또는 지상으로 통하는 경사로를 포함한 직통계단이 설치되어야 하며, 이때 건축물의 주요 구조부가 내화 구조 또는 불연재료로 되어 있지 않은 경우는 보행거리 30m 이하, 되어 있는 경우 보행거리가 50m 이하가 되도록 허용된다.

“건축법 시행령 제46조(방화구획의 설치) 제6항은 피난 약자 시설에 계단이나 피난기구를 이용하여 피난층까지 수직 피난할 능력이 부족한 피난 약자 등을 위하여 대피시설을 설치하도록 건축법 시행령 개정되어 시행되었는데, “요양병원이나 정신병원, 노인요양시설, 장애인 거주시설 및 장애인 의료재활시설의 피난층 외의 층에는 다음 중 어느 하나에 해당하는 시설이 설치되도록 규정하고 있는데, 층마다 별도로 방화구획된 대피공간이나 거실에 접하여 설치된 노대등, 계단을 이용하지 아니하고 건물 외부의 지상으로 통하는 경사로 또는 인접 건축물로 피난할 수 있도록 설치하는 연결복도 또는 연결통로 설치”가 있다.

“소방시설의 성능 위주 설계 방법 및 기준”과 “소방시설 설치 및 관리에 관한 법률 시행령”은 수용인원 산정 기준과 수용인원 산정 방법을 제시하였다. 먼저 “[별표 1] 화재 및 피난 시뮬레이션의 시나리오 작성 기준(제4조 관련)”의 ‘수용인원 산정기준’에서 업무공간은 9.3㎡당 1명으로 산정하는 기준을 제시하였고 “[별표 7] 수용인원의 산정 방법”에서 그 밖의 특정소방대상물일 경우 바닥면적 합계를 3㎡로 나눠 산정하는 방법을 제시하였다.

“소방시설의 성능 위주 설계 방법 및 기준”에서 “[별표 1] 화재 및 피난 시뮬레이션의 시나리오 작성 기준”에서는 ‘건물의 용도별 피난 가능 시간의 기준’을 제시하였다. “병원과 요양소, 그 밖의 공공숙소는 피난 가능 시간이 더 길게 설정되어 있다. W3의 상황은 최악의 상황을 고려하여 화재경보 신호를 이용한 정보설비와 함께 비훈련직원을 활용할 경우”를 의미한다.

2.3 성능위주설계 방법

성능위주설계(Performance Based Design)는 “소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준” 제2조에 따르면 “화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률”, 같은 법 시행령·시행규칙 및 화재안전기준 등에 따라 제도화된 설계를 대체하여 설계하는 경우를 의미한다. 성능위주설계 대상이 되는 건축물은 화재안전 기준 및 관련 법규에 따라 설계되어야 하고, 이를 위해 설계 단계에서 법적인 요구사항을 충족하는 동시에 동등 이상의 높은 화재안전성능이 확보되어야 한다. 즉, 건축물의 구조 및 대응설계를 위해 건축 설계 이전 단계에서 시뮬레이션 등을 통해 도출된 분석 결과를 기반으로 성능 기준을 결정하고 적절한 안전성능을 고려하여 건축물을 설계하는 것을 의미한다.

성능위주설계에서 피난 설계를 위해 피난소요시간과 허용피

난시간의 비교를 통해 이루어진다. 먼저, 피난소요시간(RSET, Required Safe Egress Time)은 재실자가 화재의 영향으로부터 안전하게 피난을 완료하는 데 걸리는 시간을 의미하며, 피난 시뮬레이션을 통해 산정한다. Poon et al.(2014)의 연구에 따르면 허용피난시간(ASET, Available Safe Egress Time)은 화재의 영향이 인명안전기준에 규정된 내구성 한계에 도달한 시점을 의미하며, 화재 시뮬레이션을 통해 측정한다(Poon et al., 2014).

성능위주설계는 대상 건축물에서 화재 시 화재에 의한 생성물로 인한 피해가 재실자에게 영향을 끼치지 이전에 안전한 장소로 대피하는 것을 목적으로 이루어진다. 따라서 피난소요시간이 허용피난시간보다 짧아야 재실자의 피난 여유시간이 확보되는 것으로 판단한다(최정민, 2020). 이때, 인명안전기준은 “소방시설의 성능 위주 설계 방법 및 기준”의 “[별표 1] 화재 및 피난 시뮬레이션의 시나리오 작성 기준”에서 제시한 기준을 의미한다. 해당 기준에서는 [표 1]과 같이 정리하였다.

[표 1] 인명안전기준

구분		성능기준	
호흡 한계선		바닥으로부터 1.8m	
열에 의한 영향		60°C 이하	
가시거리에 의한 영향	용도	기타 시설	집회시설 판매시설
	허용 가시거리 한계	5m	10m
독성에 의한 영향	성분	독성기준치	
	일산화탄소	1,400ppm	
	산소	15% 이상	
	이산화탄소	5% 이하	

소방시설등의 성능위주 설계 방법 및 기준 [별표 1]

2.4 피난 및 화재 시뮬레이션 도구 고찰

본 연구에서는 Thunderhead Engineering 사의 피난 시뮬레이션 프로그램 'Pathfinder 2022'와 화재 시뮬레이션 프로그램 'Pyrosim 2022'를 이용하여 각 분석 대상병원별 기존 피난 상황에서의 피난소요시간과 화재 상황에서의 허용피난시간을 분석한다.

Pathfinder Manual(2020)에 따르면, Pathfinder는 상황과 재실자의 특성에 따라 유연하게 설정할 수 있다. 이 프로그램은 일반 보행자뿐만 아니라 노인 요양병원과 같이 거동이 불편한 환자나 이동 보조기구를 사용하는 환자의 보행 속도를 상세히 조정할 수 있다. 또한, 침상 환자나 환자를 설정하여 조력자가 해당 위치로 대피할 수 있도록 돕는 등, 재실자의 유형, 신체 조건, 보행 속도, 행동 유형 등을 세부적으로 설정할 수 있다. 따라서 이러한 다양한 설정 옵션을 통해 Pathfinder는 다양한 상황에 맞게 프로그램을 조정할 수 있어 본 연구에서는 Pathfinder를 분석 프로그램으로 채택하였다(Thunderhead Engineering, 2020).

또한, McGrattant, et al. (2010)에 의하면 PyroSim은 FDS를 기반 프로그램으로, 시각적인 시뮬레이션 모델링과 직관적으로 화재 시 발생하는 연기, 온도, 독성 물질 등의 발생 및 확산을 분석할 수 있어 본 연구의 프로그램으로 채택하였다(McGrattant, et al., 2010).

3. 연구설계 및 수행

3.1 분석 대상병원 선정 및 분석

본 연구의 분석 대상병원은 2015년 건축법 시행령(방화구획 등의 설치)이 개정되기 이전에 개원한 노인요양병원의 기준층을 대상으로 한정하였다. 노인요양병원의 규모는 대부분 크지 않아 중복지형의 평면 형태가 많으므로 본 연구에서는 중복지형의 병동부를 가진 노인요양병원 4개소를 대상으로 연구를 진행하였다. 선정된 분석 대상병원의 개요를 정리하면 [표 2]와 같다.

[표 2] 분석 대상병원의 개요

구분	A	B	C	D
개원 연도	2005	2005	2011	2006
규모	1F-4F	B1-4F	B1-5F	B1-7F
연면적	1,528m ²	1,968m ²	4,660m ²	6,071m ²
연구층	3F	2F	4F	5F

3.2 재실자의 유형 및 조건 설정

노인요양병원의 입소 노인과 일반 성인으로 구성되고, 입소 노인은 일반 환자, 이동 보조기구환자, 침상 환자, 휠체어 환자로 구성되고, 일반 성인은 방문자와 관리자로 구성된다.


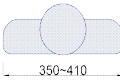
재실자 유형별 화재 인지 시 피난 행동은 보행상태에 따라 구분된다. 자력 피난이 가능한 일반환자와 이동 보조기구환자, 방문자는 화재 발생을 인지한 즉시 본인이 위치한 지점에서 피난을 시작하여 설정된 피난 지점까지 이동한다. 자력 보행이 불가능한 침상 환자와 휠체어 환자는 피난이 불가능한 환자를 조력하는 관리자가 각 환자의 위치한 지점에 도착할 때까지 그 지점에서 대기한 후 관리자의 도움을 받아 피난한다. 관리자는 화재를 인지한 후 조력이 필요한 침상 환자와 휠체어 환자의 지점까지 이동하여 침상 환자는 들 것, 그리고 휠체어 환자는 비상용 피난 의자 등의 피난대피보조기구를 이용하여 피난을 돕는다. 이때, Hunt et al.(2013)의 연구 및 Pathfinder Manual(2020)에 따라 피난대피보조기구로 대피시키기 위한 준비시간으로 조력자 4명이 침상 환자를 준비시키는데 67.6초, 휠체어 환자는 조력자 1명이 비상용 피난 의자로 옮기는 35.9초의 시간을 추가로 설정하였다. 관리자는 침상 환자와 휠체어 환자의 피난이 완료되면 최종적으로 피난하도록 설정하였다.

재실자의 신체 치수는 한국인 인체치수 조사 보고서를 기반으로 설정되었다. 일반 환자와 이동보조기구 환자는 65세 한국

인의 어깨너비 평균값인 35.5cm로 설정하였고, 침상 환자와 휠체어 환자는 각각의 피난대피보조기구의 규격인 43cm, 비상용 피난 의자 53cm로 설정하였다. 일반 성인의 경우 다양한 연령대의 재실자인 점을 고려하여 한국인의 20대에서 50대의 평균 어깨너비를 반영하여 최소 35cm에서 최대 41cm의 범위로 방문자와 관리자의 어깨너비 범위는 동일하게 설정하였다.

재실자의 보행속도는 김응식 외(2016)의 연구 결과를 기반으로 설정하였다. 입소환자 중 일반환자는 0.7m/s, 이동 보조기구 환자는 0.57m/s의 수평 보행속도로 설정하였다. 침상 환자와 휠체어 환자는 자력 피난이 불가하므로 보행속도 설정에서 제외하였고, 방문자와 관리자로 구성된 일반 성인은 방문자, 관리자 모두 동일하게 1.2m/s로 설정하였다. [표 3]은 재실자의 유형 및 조건으로 재실자의 보행 상태 및 어깨너비, 보행속도를 정리한 표이고, [표 4]는 침상 환자와 휠체어 환자의 피난대피보조기구의 규격을 정리한 표이다.

[표 3] 재실자 유형 및 조건(Hunt et al., 2013)

구분	보행 상태		어깨너비 (mm)	보행속도 (m/s)
입소 노인	자력 보행	일반환자		0.7
		이동 보조기구환자		0.57
	비자력 보행	침상 환자	-	-
		휠체어 환자	-	-
일반 성인	자력 보행	방문자		1.2
		관리자		

[표 4] 피난대피보조기구별 크기

유형	침상 환자	휠체어 환자
피난대피보조기구	들 것	비상용 피난 의자
크기 (mm)	1600*430	770*520
준비시간 (초)	67.6	35.9

성능위주설계 가이드라인에 따르면 건축물의 용도에 따라 건축물을 이용하는 수용인원이 다르므로 건축물의 용도에 맞는 재실자 산정이 이루어져야 한다. 본 연구 모델의 재실자 산정은 수용인원 산정기준에서 의료 용도와 업무 용도를 기준으로 산정하였다. 먼저, 입소환자의 수는 분석 대상병원 기준층의 입원실 내 침상 수로 설정하였다. 일반 성인 재실자 인원은 분석 대상병원별 공용부 영역과 업무부 영역의 면적을 산출하여 설정하였다. 이때, 일반 성인 산출 방법은 "소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준"[별표 1]에 따라 공용부는 3m²당 1명, 업무부는 9.3m²당 1명으로 계산하였고, 이때 소수점은 반올림하여 재실자 인원을 산정하였다. [표 5]는 병원별 재실자 인원 산정 결과를 정리한 표이다.

[표 5] 분석 대상병원별 재실자 인원 산정 (단위 :명)

구분		A	B	C	D
재실자	입소 환자 수	39	20	21	8
	일반 성인 수	32	15	50	86
총 재실자 수		71	35	71	94

위의 병원별 재실자 인원 산정 결과를 기준으로 각 병원의 재실자 유형별 비율은 입소환자는 일반환자 50%, 이동 보조기구환자와 침상 환자 휠체어 환자는 각각 16.6%로 설정하였다. 방문자와 관리자는 각 50%로 동일하게 설정하였다. [표 6]은 재실자 유형별 비율을 정리한 표이다.

[표 6] 입소 환자와 일반 성인 비율 조건

구분	재실자 유형	비율(%)
입소 환자	일반 환자	50
	이동 보조기구환자	16.6
	침상 환자	16.6
	휠체어 환자	16.6
일반 성인	방문자	50
	관리자	50

3.3 피난 및 화재 시나리오

본 연구는 피난 시뮬레이션 'Pathfinder 2022'와 화재 시뮬레이션 'PyroSim 2022'를 이용하여 노인요양병원에서 피난 상황과 화재 상황을 비교 및 분석하는 방법으로 진행되었다.

피난 시나리오는 분석 대상병원의 기준층 내에서 재실자가 피난계단 비상구까지 이동하는 것을 피난 완료로 설정하여 피난소요시간(RSET)을 분석하였다. 이때, 실제상황과 유사하게 설정하기 위하여 재실자의 배치는 병실 또는 진료실 등 재실자의 이용 빈도가 비교적 높은 공간을 위주로 배치하였고, 출입이 어려운 전기실 및 공조실, 기계실은 제외하였다. 일반환자와 이동 보조기구환자, 휠체어 환자, 방문자는 병원 직원만 출입할 수 있는 업무부 공간을 제외한 공간에 무작위로 균일하게 배치하였고, 관리자는 업무부 공간을 포함하여 무작위로 균일하게 배치하였다. 침상 환자는 입원실 내부에만 균일하게 배치하였다.

화재 시나리오는 노인요양병원에서 자주 발생하는 전기합선에 의한 화재로, EPS실 내에서 전기 설비의 합선에 의한 화재 발생으로 설정하여 앞서 피난 시뮬레이션을 통해 분석한 피난소요시간 내의 허용피난시간(ASET)을 분석하였다. 이때, 화원의 크기는 분석 대상병원 모두 1m x 2m x 0.3m로 동일한 조건으로 설정하였다. 화재 연소 특성은 폴리우레탄, 화원의 최대 임계온도는 1,427°C로 설정하였다. 이때 화원에서 직접적으로 유발되는 가시거리의 축소와 온도 상승이 인면안전기준의 한계점에 도달하는 시간을 분석하였다. [표 7]은 화재 시나리오 설정

에 대한 내용을 정리한 표이고, [표 8]은 분석 대상병원의 화재 발생 지점과 피난 완료지점인 피난계단을 나타내었다.

[표 7] 화재 시나리오 설정

구분	내용
시나리오	요양병원 기준층의 EPS실 내 화재 발생
화원	전기설비 (1mx0.2mx0.3m)
화재 연소 특성	POLYURETHANE_GM27
최대 임계온도	1,427°C

[표 8] 분석 대상병원의 화재 발생 지점과 피난계단실



4. 피난 성능 분석 결과

4.1 분석 대상병원별 피난소요시간과 허용피난시간 분석

본 연구의 분석 대상병원은 2015년 "건축법 시행령(방화구획 등의 설치)"이 개정되기 이전에 개원한 노인요양병원의 기준층을 대상으로 본 연구에서 Pathfinder 2022와 PyroSim 2022를 통하여 피난소요시간과 허용피난시간에 대한 데이터를 추출하였고, Rhinoceros 7.0과 Grasshopper 1.0.0007을 활용하여 피난 및 화재 시뮬레이션 결과 데이터를 활용해 피난소요시간과 허용피난시간, 허용피난시간과 피난소요시간의 차이를 시각적으로 표현하고 분석하였다. [표 9]는 분석 결과를 정리한 표이다.

분석 결과의 제시 방법은 피난소요시간은 분석 지점에서 산출된 값이 작을수록 도형의 크기가 크게 표현되어 상대적으로 화재 취약 지점을 의미하고, 허용피난시간은 분석 지점에서 산출된 값이 클수록 도형의 크기를 크게 표현하여 상대적으로 피난 정체 지점을 의미한다. 허용피난시간과 피난소요시간 간의 차이를 분석한 지점의 값이 작을수록 도형의 크기를 크게 표현하여 도형의 크기가 클수록 상대적으로 위험한 지점을 의미한다.

[표 9] 분석 대상별 지점별 허용피난시간과 피난소요시간의 차이 분석 결과

A 병원		B 병원	
피난소요시간(RSET)	허용피난시간(ASET)	피난소요시간(RSET)	허용피난시간(ASET)
허용피난시간과 피난소요시간의 차이(ASET-RSET)	RSET, ASET, ASET-RSET 비교	허용피난시간과 피난소요시간의 차이(ASET-RSET)	RSET, ASET, ASET-RSET 비교
C 병원		D 병원	
피난소요시간(RSET)	허용피난시간(ASET)	피난소요시간(RSET)	허용피난시간(ASET)
허용피난시간과 피난소요시간의 차이(ASET-RSET)	RSET, ASET, ASET-RSET 비교	허용피난시간과 피난소요시간의 차이(ASET-RSET)	RSET, ASET, ASET-RSET 비교

허용피난시간과 피난소요시간 간의 차이를 도출하기 위하여 피난소요시간(RSET)과 허용피난시간(ASET)은 동일한 지점에서 분석함

분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 화재 초기 상황을 분석하여 허용피난시간과 피난소요시간의 차이가 음의 값으로 산출되는 피난 성능취약지점의 규모는 병원마다 차이가 나타났다. 상대적으로 병원의 규모가 작은 A 병원과 B 병원에서 화재 초기 상황에서 피난 성능취약지점 발생 빈도가 C 병원과 D 병원보다 높게 나타났다.

이러한 결과는 규모가 작은 병원의 경우 규모가 큰 병원에 대비해 재실자가 피난을 완료하는 시간 이전에 허용피난소요시간에 도달하여 나타난 것으로 보인다. 둘째, 분석 결과에서 피난 성능취약지점은 화재 발생 지점 주변 재실자의 탈출 경로에 인접한 복도와 홀과 같은 공용공간에서 높은 빈도로 도출되었다. 이는 재실자가 탈출하는 과정에서 복도와 홀과 같은 공용공간에서 재실자들 간의 탈출 경로가 겹쳐 정체 발생하여 나타난 것으로 보인다. 셋째, 허용피난시간과 피난소요시간 간의 차

이 값이 음의 값으로 나타나는 지점은 피난소요시간의 값이 작은 값이 산출되는 지점에서 빈번하게 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 요소별 상관관계를 파악하기 위해 본 연구의 분석 모델을 활용하여 피난소요시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이, 허용피난시간과 허용피난시간과 피난소요시간 간의 상관분석을 진행하였다. 이때, 유의수준은 0.05 이하를 기준으로 분석하였다($p < 0.05$).

A 병원의 상관분석 결과, 피난소요시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이는 음(-)의 상관관계가 나타났고, 상관계수가 -0.987의 유의한 결과가 도출되었다($p < 0.05$) 또한, 허용피난시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이는 양(+)의 상관관계인 것으로 나타났다. B 병원의 상관분석 결과, 피난소요시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이는 음(-)의 상관관계가 나타났고, 상관계수가 -0.986의 유의한 결과가 도출되었다

($p < 0.05$) 또한, 허용피난시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이는 양(+)¹의 상관관계인 것으로 나타났다. C 병원의 상관분석 결과, 피난소요시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이는 음(-)²의 상관관계가 나타났고, 상관계수가 -0.942의 유의한 결과가 도출되었다($p < 0.05$) 또한, 허용피난시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이는 양(+)¹의 상관관계인 것으로 나타났다. D 병원의 상관분석 결과, 피난소요시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이는 음(-)²의 상관관계가 나타났고, 상관계수가 -0.961의 유의한 결과가 도출되었다($p < 0.05$) 또한, 허용피난시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이는 양(+)¹의 상관관계인 것으로 나타났다.

병원 내 각 지점에 대하여 피난소요시간(RSET)과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이 간 상관관계는 피난허용시간(ASET)와 허용피난시간과 피난소요시간의 차이 간 상관관계보다 상관계수의 평균값이 더 크게 산출되어 상대적으로 더 높은 관련성을 보였다. 이때, 피난소요시간(RSET)과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이는 음의 상관관계로 나타났다. [표 10]은 상관관계 분석 결과를 정리한 표이다.

[표 10] 상관관계 분석 결과

구분		A	B	C	D
RSET와 ASET-RSET	r(상관계수)	-0.987	-0.986	-0.942	-0.961
	p(유의확률)	0.000	0.000	0.004	0.000
ASET와 ASET-RSET	r(상관계수)	0.086	0.172	0.117	0.059
	p(유의확률)	0.559	0.323	0.824	0.813

$p < 0.05$

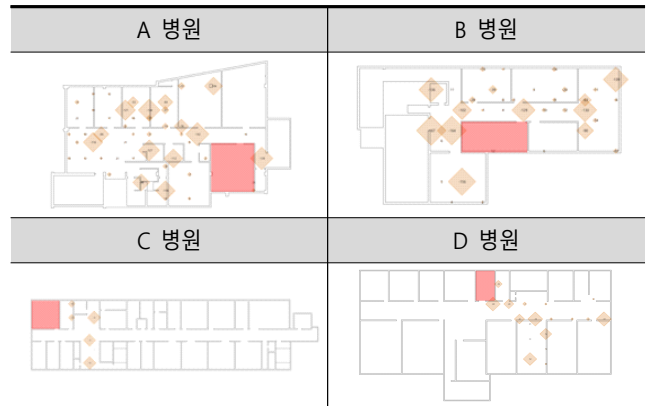
4.2 대피공간 설정에 따른 피난 성능 개선 정도 분석

본 연구의 분석 대상병원은 2015년 건축법 시행령 제 46조(방화구획 등의 설치)이 개정되기 이전에 개원한 노인요양병원의 기준층을 대상으로 상대적으로 안전하다고 판단되는 지점에 대피공간을 설치하였을 때, 피난 성능 개선 정도를 분석하여 노인요양병원에서 대피공간의 계획 방향을 제시하는 것을 목적으로 수행하였다.

성능위주설계 방법에 의해 피난소요시간(RSET)가 허용피난시간(ASET)보다 짧아야 화재 시 재실자가 피난하는 상황에서 여유시간이 확보된다. 따라서 허용피난시간과 피난소요시간의 차이가 클수록 화재 피난 시 안전한 것을 의미한다. 반대로, 허용피난시간과 피난소요시간의 차이가 음의 값으로 산출되는 지점은 상대적으로 위험한 것을 의미한다. 따라서 상대적으로 안전하다고 판단되는 지점에 대피공간을 설정하였을 때의 피난소요시간의 차이를 분석하여 피난 성능 개선 정도를 분석하였다.

대피공간의 위치 설정의 기준은 허용피난시간과 피난소요시간의 차이값이 양의 값으로 도출되는 지점에 있는 기존 병실로 설정하여 수행하였다. [표 11]은 분석 대상병원별 대피공간 설정을 정리한 표이다.

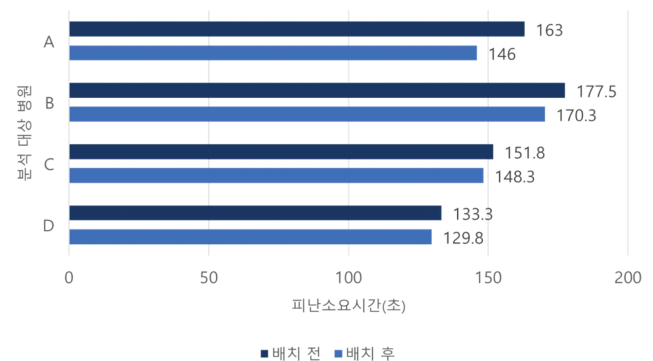
[표 11] 분석 대상병원 대피공간 설정



그 결과 배치 전과 후의 피난소요시간을 비교하였을 때 분석 결과, A 병원 대피공간 배치 전의 피난소요시간은 163.0초에서 대피공간 배치 후의 피난소요시간은 146.0초로 17초가 감소해 증감률 -10.43% 감소하는 결과가 도출되었다. B 병원 대피공간 배치 전의 피난소요시간은 177.5초에서 대피공간 배치 후의 피난소요시간은 170.3초로 7.2초가 감소해 증감률 -4.06% 감소하는 결과가 도출되었다. C 병원 대피공간 배치 전의 피난소요시간은 151.8초에서 대피공간 배치 후의 피난소요시간은 148.3초로 3.5초가 감소해 증감률 -2.31% 감소하는 결과가 도출되었다. D 병원 대피공간 배치 전의 피난소요시간은 133.3초에서 대피공간 배치 후의 피난소요시간은 129.8초로 3.5초가 감소해 증감률 -2.63% 감소하는 결과가 도출되었다. 이러한 결과를 보면 노인요양병원에서 허용피난시간과 피난소요시간의 차이가 양의 값으로 도출되는 지점에 대피공간을 설치하였을 때, 피난소요시간이 감소해 피난 성능이 개선되는 결과가 나타났다. [표 12]와 [그림 2]는 대피공간 배치에 따른 분석 대상병원별 피난소요시간의 결과를 나타낸 표이다.

[표 12] 대피공간 배치에 따른 피난소요시간 결과 (단위: 초)

구분	A	B	C	D
배치 전	163.0	177.5	151.8	133.3
배치 후	146.0	170.3	148.3	129.8
증감률(%)	-10.43	-4.06	-2.31	-2.63



[그림 2] 대피공간 배치에 따른 피난소요시간 결과

5. 결론

본 연구는 노인요양병원의 화재 초기 상황에서 피난 약자의 수평 피난을 고려하여 피난소요시간, 허용피난시간, 허용피난 시간과 피난소요시간의 차이를 분석하여 상대적으로 안전하다고 판단되는 지점에 대피공간을 설치하였을 때, 수평 피난 성능 분석을 기반으로 대피공간의 설치 필요성 및 계획 방향을 제시하기 위해 진행되었고, 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1) 피난소요시간과 허용피난시간 및 이들의 차이를 도식화하여 지점별 피난 성능을 파악하였다. 그 결과 분석 대상병원별 허용피난시간과 피난소요시간의 차이값이 음으로 산출되어 피난 성능취약지점으로 도출되는 지점의 규모는 병원마다 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 화재 초기 상황에서는 규모가 상대적으로 작은 A, B 병원과 규모가 상대적으로 큰 C, D 병원을 비교했을 때, 상대적으로 규모가 작은 A, B 병원에서 허용피난시간이 짧게 도출되어 피난 성능취약지점의 발생 빈도가 높게 나타난 것으로 보인다. 따라서 피난 약자가 주로 거주하는 노인요양병원의 건축설계 초기 단계에서는 피난 성능취약지점을 사전에 파악하고 이를 고려한 화재 피난계획이 이루어져야 할 필요가 있다.

2) 화재 발생 지점 주변 재실자의 탈출 경로에 인접한 복도와 홀과 같은 공용공간에서 허용피난시간이 피난소요시간보다 길게 산출되어 피난 성능취약지점으로 도출되었다. 이러한 국지적 공간에서 피난을 원활히 지원하기 위한 규모 계획이 요구된다.

3) 허용피난시간과 피난소요시간 간의 차이와 피난소요시간과 허용피난시간 간의 상관분석 결과에서는 허용피난시간과 피난소요시간 간의 차이의 계산값은 피난소요시간이 허용피난시간에 비해 상대적으로 높은 음의 상관관계를 보였다. 이는 재실자의 정체가 물리적 환경의 변화에서 오는 피난의 지연에 비해 피난 안전에 상대적으로 높은 영향의 가능성을 보인다. 또한 피난소요시간과 허용피난시간과 피난소요시간의 차이의 상관관계는 음의 상관관계인 것으로 나타났다. 이는 가시성이나 온도에 대한 영향보다는 사람들의 정체가 허용피난시간과 피난소요시간 간의 차이에 더 영향을 주며 재실자의 피난에 있어 여유시간을 확보하기 위해서는 재실자의 피난소요시간을 감소하는 개선안이 제시되어야 할 필요가 있고, 이를 위해 이동에 제한이 있는 피난 약자의 피난소요시간을 감소시키기 위해 피난 거리를 감소시키기 위해 층별 대피공간의 설치가 이루어져야 할 필요가 있다.

4) 재실자의 피난에 있어 여유시간이 확보되는 지점에 있는 공간을 대피공간으로 설정하여 피난소요시간을 분석하였다. 이는 피난소요시간이 감소하는 결과를 도출하였다. 그 결과 기존 피난 상황과 비교했을 때, 피난소요시간이 감소하는 결과를 확인할 수 있었다. 이는 건축법 시행령 제 46조(방화구획 등의 설치기준) 개정 이전에 개원한 노인요양병원의 기존 병실에 방화문을 설치하여 대피공간으로 활용하여 기존 건축물에 대한 피난 성능개선 및 보강대책 활용될 수 있을 것이다.

향후 후속 연구에서는 중복도 유형뿐만 아니라 다양한 복도 유형의 노인요양병원에 관한 연구를 진행할 예정이다.

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

참고문헌

- 국가기술표준원, 2015, "제 7차 한국인 인체치수조사사업", 대한민국 김미정, 권지훈, 2022, "노인요양병원에서 화재 시 군집유형에 따른 피난 성능 분석 모델에 관한 연구". 의료·복지 건축 (구 한국의료복지시설학회지), 28(1), 63-74쪽
- 김윤정, 윤명오, 김석준, 2009, "노인요양시설 피난계획 제도적 개선방안 연구", 의료·복지 건축, 15(1), 13-22쪽
- 김응식, 이정수, 김장환, 김명훈, 2016, "장애인 시설별 장애인 이동속도에 관한 연구". 한국안전학회지, 31(5), 124-132쪽
- 김중범, 2010, "노인요양병원의 피난안전성능 평가에 관한 연구", 석사학위논문, 동신대학교.
- 김중범, 김자옥, 백은선, 2010, "일개 노인요양병원의 피난안전성능 평가에 관한 연구". 한국화재소방학회 논문지, 24(3), 9-19쪽
- 대한민국 건축법 시행령 제 34조, 2020, "직통계단의 설치"
- 대한민국 건축법 시행령 제 46조 제 6항, 2018, "방화구획의 설치"
- 대한민국 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준 제 2조, 2011
- 대한민국 소방시설 및 관리에 관한 법률 시행령, 2023, "[별표 7] 수용인원의 산정 방법"
- 대한민국 소방시설의 성능 위주 설계 방법 및 기준, 2017, "[별표 1] 화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성 기준"
- 대한민국 의료법 제3조 2, 2019, "병원등"
- 대한민국 의료법 제3조 3항, 2019, "의료기관"
- 대한민국 의료법 시행규칙 34조, 2021, "[별표 3] 의료기관의 종류별 시설 기준", "[별표 4] 의료기관의 시설 규격"
- 대한민국 장애인복지법 제58조, 2021, "장애인복지시설"
- 이정택, 2017, "요양병원 현황 및 개선 과제", 보험연구원, 대한민국
- 진승현, 이병훈, 구태윤, 권영진, 2017, "고령자시설 화재안전을 위한 화재원인조사 및 안전대책 방안에 관한 연구", 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집, 17(1), 148-149쪽
- 최정민, 2020, "재실자 허용피난시간(ASET) 실증 평가를 위한 국제표준 개발 연구", 한국화재보험협회 웹진 90호
- 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
- Klote, J. H.; Nelson H. E.; Deal, S.; Levin, B. M., 1992, "Staging areas for persons with mobility limitations"
- McGrattan, K., 2010, "Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide", National Institute of Standards and Technology, USA

- Pathfinder Manual, 2020, "Hospital Evacuation using Pathfinder",
<https://support.thunderheadeng.com/tutorials/pathfinder/hospital-evacuation/>, Thunderhead Engineering, 2023.06.09
- Poon, S. L., 2014, "A dynamic approach to ASET/RSET assessment in performance based design", *Procedia Engineering*, 71, 173-181.
- Pyrosim, 2023, <https://www.thunderheadeng.com/pyrosim/features>,
2023.06.12
- Simkins, T. E., 2005, "Study on High-rise Evacuation of Elderly Residents during Fire Alarms", National Fire Academy

접수 : 2023년 7월 17일
1차 심사완료 : 2023년 8월 9일
게재확정일자 : 2023년 8월 9일
3인 익명 심사 필