

건축물 계단실 내 재실자의 합류를 고려한 피난특성 분석에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Analysis of Evacuation Characteristics Considering the Joining of Occupants in a Building Staircase

김 윤 성* 허 예 림* 최 윤 주* 김 혜 원** 권 영 진***
Kim, Yun-Seong Huh, Ye-Rim Choi, Yun-Ju Kim, Hye-Won Kwon, Yeong-Jin

Abstract

In the event of a fire in a high-rise building, rapid evacuation through the stairwell is a very important factor in rapid evacuation. However, in the event of an actual fire, most of the occupants evacuate at the same time, resulting in a stay in the stairwell, reducing the evacuation speed. In Korea, conditions for buildings are created to evacuate quickly and safely while introducing performance-oriented designs to solve these problems, but there is no research data related to the evacuation speed due to joining in the event of vertical evacuation. Therefore, in this study, by analyzing the experiment conducted at W University in Japan, the density-speed relationship when staying in the staircase room was derived, and the regression equation was derived based on the results.

키 워 드 : 피난, 수직피난, 보행속도, 계단실 합류

Keywords : evacuation, vertical evacuation, walking speed, joining the stairs.

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근 건축물은 고층화, 대형화 되어가고 있다. 이러한 건축물은 다수의 재실자가 상주하고 있어, 화재 시 피난을 하는데 있어 다양한 위험성이 있을 것으로 판단된다. 특히 고층 건축물에서는 화재 발생 시 안전한 구역으로 이동하기 위해 각 층에서 계단을 통해 이동하게 된다. 하지만 각 층에 있는 다수의 재실자가 계단실로 동시에 유입하게 되면 계단실 내부에서의 체류가 발생하게 되면서 보행속도가 현저히 낮아지고 화재로 인해 발생된 연기에 노출 될 가능성이 높아지게 된다. 이에 국내 소방시설법에서는 연기가 호흡기계선으로 하강하는 시간 안에 재실자가 신속히 피난할 수 있도록 성능위주설계를 시행하고 있으며, 그에 필요한 데이터 구축을 위해 재실자의 행동특성 및 건축구조에 따른 피난특성을 파악하는 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 그러나 직통계단에서의 피난행동특성 및 재실자 합류에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 직통계단에서의 피난 시 재실자의 특성에 관한 데이터 구축에 관한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 계단실에서의 재실자 피난행동모델과 관련한 데이터를 구축하기 위해 일본의 W대학에서 수행된 계단에서 합류가 발생할 때 군집밀도가 수직보행속도에 미치는 영향과 유동계수에 관한 실제 실험을 분석하였다.¹⁾ 또한 합류에 따라 각 층에서 유동하는 재실자의 보행속도를 분석하여 평균값을 도출하였으며 그 값을 단순회귀분석을 통해 상행 및 하행 보행속도의 회귀식을 도출하였다.

2. 실험분석 및 회귀식 도출

2.1 합류에 따른 피난성상 분석

실험은 2017년 11월 19일 일본의 W대학에서 진행되었다. 실험에는 거동에 이상이 없는 20대에서 40대 사이의 남녀 181명이 참여하였으며, 각 실험이 2회씩 진행되었다. 본 연구에서는 군집밀도와 군집 보행속도의 관계와 군중의 합류에 따른 보행속도에 대

* 호서대학교 소방방재학과 석사과정

** 호서대학교 소방방재학과 공학석사

*** 호서대학교 안전소방학부 교수, 교신저자(jungangman@naver.com)

한 변화를 확인하기 위해 재실자가 계단실에 합류하는 Case의 실험을 분석하였다.

계단을 올라가는 경우, 67명이 2층에서 6층으로 올라가고 3층에서 68명이 합류하는 식으로 진행되었다. 또한 계단을 내려가는 경우, 68명이 7층에서 1층으로 내려가고 6층에서 67명이 합류하는 식으로 진행되었다. 실험은 모두 2회씩 진행되었으며 회귀식 도출에는 평균값을 사용하였다.

군집밀도를 분석한 결과 올라가는 경우에는 두 번의 Case 모두 합류되는 지점인 3층에서의 밀도가 3.85 persons/m²로 가장 높게 나타났으며, 4층과 5층의 밀도는 가장 낮게 나타났다. 또한 내려가는 경우에는 두 번의 Case 모두 합류되는 지점인 6층에서 밀도가 평균 약 3.65 persons/m²로 가장 높게 나타났다.

또한 보행속도를 분석한 결과 올라가는 경우에는 합류되는 층인 3층에서 속도가 평균 약 0.34m/s로 가장 낮게 나타났으며 보행 속도가 가장 빠른 4층과 5층에 비해 약 2배 이상의 차이가 나타났다. 또한 내려가는 경우에는 합류되는 층인 6층에서 속도가 평균 약 0.3m/s로 가장 느리게 나타났으며 가장 빠른 경우와 약 2배 이상 차이가 나타났다.

2.2 계단보행속도 회귀식 도출

합류에 따른 유동인원의 보행속도를 분석하여 회귀식을 도출하였다. 본 연구에서는 선형회귀분석을 통해 상향 및 하향 보행속도의 회귀식을 도출하였다. 그 결과 상향보행속도의 회귀식은 식 (1)과 같으며, 하향보행속도의 회귀식은 식 (2)와 같다.

$$v = 0.926 - 0.212\rho \tag{1}$$

$$v = 1.036 - 0.253\rho \tag{2}$$

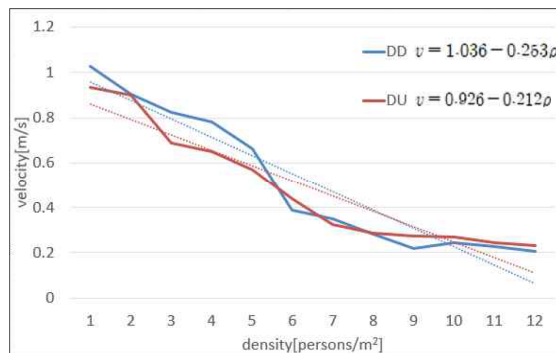


그림 1. 단순 회귀분석 그래프

3. 결 론

직통계단에서 합류가 발생했을 시 재실자의 밀도에 따라 보행속도의 변화성상을 분석한 결과 합류지점에서는 높은 밀도로 인해 가장 낮은 보행속도가 나타났다. 또한 목표층으로 이동할수록 군집이 해소되면서 질서가 유지됨에 따라 정상 보행속도로 돌아감을 확인할 수 있었다. 또한 합류에 따른 상향 및 하향 보행속도의 회귀식을 도출하였으며, 향후 성능위주설계 시 고층건물의 직통계단의 피난성상파악을 하는 데에 있어 기초적인 자료로 제시한다.

Acknowledgement

본 연구는 소방청 재난현장긴급대응기술개발사업(20015074)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 이유림, Experimental Study on the Evacuation Procedures via Staircase ~Flow coefficient and Relationship between Density and Velocity~, 동경이과대학교, 석사학위논문 (2020)