

국내외 Evacuation modelling 연구 및 개발의 연구 동향

Trends in research and development of Evacuation modelling at Korea and Overseas

구지원¹ · 오륜석² · 최준호^{3*}

Gu, Ji Won¹ · Oh, Ryun Seok² · Choi, Jun Ho^{3*}

Abstract

In order to minimize casualties in case of a fire in a building, it is necessary to anticipate the time required for evacuation of occupants and the delay in evacuation in advance, and prepare countermeasures for possible occurrences. In fact, various factors that cannot be predicted exist and cannot be considered by excluding them, so the risk is predicted and evaluated through quantitative evacuation modeling. In order to understand this, we analyzed domestic and international evacuation modeling research trends. For about 40 years, starting with the characteristics of human movement, an evacuation modeling technique based on scientific methods has been developed through actual fire accident cases and various real-world experiments with humans. Then, in order to analyze the natural reaction of humans, which has a decisive influence in the recognition and decision-making phase, evacuation modelling studies have been conducted in depth using psychological and physical experimental methods.

키 워 드 : 피난모델링, 화재모델링, 인간피난행동

Keywords : evacuation modelling, fire modelling, human behavior in fire (HBiF)

1. 서 론

건축물 내 화재 발생에 의한 인명피해를 최소화하기 위해서는 재실자들의 반응지연시간, 이동시간 등을 예측함으로써 다양한 피난상황에 대한 대책을 마련해야 한다. 그러나, 화재로 인해 발생한 열, 연기, 독성가스 등이 피난자에게 미치는 영향 및 화재경보음에 대한 재실자의 반응 등의 인간피난행동을 종합적으로 계산하는 것은 매우 까다로운 작업이다. 이에 화재안전 관련 전문가들은 피난 및 화재 모델링을 통해 대상 건축물의 화재 위험성을 평가한다.[1] 피난 모델링이란, 실제 화재 상황을 유사하게 구현하여 피난 상황을 예측하고 그 결과를 기반으로 피난 안전성을 평가하는 기법을 말한다. 이는 분석 대상 건축물의 피난계획을 수립하기 위한 도구로 널리 활용되고 있다.[2] 피난 모델링 기법은 건축물 설계, 유지 및 관리단계에서 유용하게 활용되고 있으며 건축물이 대형화, 복잡화되고 있는 근래에 그 중요도가 높아지고 있다. 이에 본 논문에서는 약 40년간의 국내외 피난 모델링 관련 연구 동향을 분석하였으며, 이를 기반으로 현재 피난 모델링의 기술수준을 파악하고, 추후 연구방향을 모색하고자 한다.

2. Evacuation modelling 개발 연구 동향

지금의 피난 모델링을 구현하기까지 지난 40여년 간의 연구 및 기술발전의 과정을 분석하였다. 피난 모델링 연구는 1970년대 Predtechenskii[3]의 인간의 움직임의 특성을 이해하는 것으로 시작하였다. 1980년대에 들어서는 Stahl[4]가 최초로 Computational Fluid Dynamics를 활용하여 건축물 내 재실자들의 피난 과정 묘사하였으며, Kisko[5]는 수학적 기술을 활용한 EVACNET+를 개발하여 건물 내 최적 피난 시간 계산하였다. 이어 Purser[6]은 Fractional Effective Dose 모델을 개발하여 연소가스 및 열에 노출되었을 때의 인명안전성 평가하였다. 1990년대 Galea[7]는 CFD+buildingEXODUS를 활용하여 최대 규모를 설계하여 화재 및 피난모델링 기술을 입증하였다. 2000년대에 World Trade Center(2001) 및 대구 지하철 화재 참사로 인해 피난의 중요성이 대두되면서 본격적인 인간의 피난 행동특성에 관한 연구가 활발하게 진행되었다. [8,9] 특히, '피난'에서 가장 중요한 인지 및 의사결정과정에서의 피난행동 특성을 분석하기 위하여 실제 화재 사고 사례 및 인간을 대상으로 한 다양한 실험실 실험 등을 실시하였다. [10,11,12]

1) 부경대학교 대학원 건축·소방공학부, 박사과정

2) 부경대학교 산학협력단, 연구교수

3) 부경대학교 건축·소방공학부, 정교수, 교신저자 (jchoi@pknu.ac.kr)

다만, 인간의 심리 및 생리적 반응에 영향을 미치는 반응단계(Response Phase)에서의 연구는 그간 외형적 관찰 및 통계적 분석을 통해 해석하는 제3자의 의견이 반영된 편향된 결과 도출의 한계점을 가지고 있었다. 이에 최근 VR(Virtual Reality), EEG(Electroencephalogram), Eyetracker(시선추적기) 등과 같은 장비들을 활용하여 소방공학 영역에 뇌 인지공학분야 및 심리를 접목한 실험을 진행하여 보다 심층적으로 재실자를 이해하기 위한 연구가 진행되고 있다.[13]

3. 결 론

본 연구에서는 국내의 피난 모델링의 기술 발전 과정 및 화재상황에서 피난자의 행동을 예측하고, 이에 대한 정확도를 높이기 위해 수행되었던 연구 내용을 정리하였다. 과거 선행연구들은 사고사례 조사, CCTV 영상 등을 통해 수집한 데이터로 이는 피실험자의 행동을 외형적으로만 분석하여 해당 피실험자가 어떠한 의사결정 과정을 통해 관찰된 행동을 취했는지에 대한 파악이 어려웠다. 이에, 비교적 최근의 선행연구들은 시선추적, 심박수 및 뇌전도 측정 등의 인간의 생리적 반응을 기반으로 정량적으로 해석하고 있다. 따라서 피난 모델링에 관한 추후 연구는 인간의 생리적 반응치를 척도로 피난행동을 정량적으로 해석하는 방향으로 진행될 것이라 판단된다. 이는 피난자가 사전지식이나 별도의 교육이 없이도 본능적으로 신속하고 정확하게 피난이 가능하도록 계획을 수립하는 작업에 활용될 것이다.

감사의 글

이 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: NRF-2018R1A2B3005951). 또한, 이 연구는 2021년도 소방청 및 과학기술정보통신부가 출연하는 국민소방협력 초기대응 현장지원 기술개발사업의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행되었음(과제번호: 2016433).

참 고 문 헌

1. Turgut, Y., Bozdog, C. E, Modeling pedestrian group behavior in crowd evacuations. Fire and Materials, 46(2), 2021, pp. 420-442
2. Ronchi, E. Developing and validating evacuation models for fire safety engineering. Fire Safety Journal 120, 2021
3. V. M. Predtechenskii, A. I. Milinskii. Planning for foot traffic flow in buildings. Amerind Publishing. 1978.
4. K. Stahl, Differentiated Products, Consumer Search, and Locational Oligopoly, The Journal of Industrial Economics 31(1), 1982, pp. 97-113
5. T. M. Kisko, R. L. Francis, EVACNET+: A computer program to determine optimal building evacuation plans, Fire Safety Journal 9(2), 1985, pp. 211-220
6. Purser, D. (1989). Modelling time to incapacitation and death from toxic and physical hazards in aircraft fires. AGARD, Aircraft Fire Safety 1989, p.13
7. Galea, E. R., Galparsoro, J. P. A computer-based simulation model for the prediction of evacuation from mass-transport vehicles. Fire Safety Journal, 22(4), 1994 pp.341-366
8. Shields, T. J., Boyce, K. E., McConnell, N, The behaviour and evacuation experiences of WTC 9/11 evacuees with self-designated mobility impairments. Fire Safety Journal, 44(6), 2009, pp.881-893
9. 홍원화, 전규엽, 대구지하철 화재시 피난자 행동유형 분석을 통한 지하공간 안전피난대책에 관한 연구. 대한건축학회 논문집-계획계, 21(1), 2005, pp.235-242
10. 최준호, 홍원화, 초고층 건축물 재실자의 피난계단 이동 소요 시간 예측모델 개발, 대한건축학회 논문집-계획계 28(11), 2012, pp. 375-382
11. 오륜석, 반응시간 최소화를 위한 피난구 유도등 제작 및 설치 기준 개발, 부경대학교 박사학위논문, 2021
12. 구현모, 오륜석, 안성호, 황철홍, 최준호, 화재·피난시물레이션의 커플링방식별 인명안전성평가 결과 비교에 관한 연구, 한국화재소방학회 논문지 33(1), 2019, pp. 121-129
13. 구지원. 뇌파 측정을 통한 화재경보음 인지도 및 어포던스 평가. 부경대학교 석사학위논문. 2021