

출입문 임시폐쇄에 따른 피난시간 변화에 관한 연구

A Study of the Change in the Evacuation Time according to Temporary Closure of Entrance Door

이준기*†
Jun-Gi Lee*†

(Received 16 November 2021, Revision received 13 December 2021, Accepted 13 December 2021)

Abstract : This study analyzed the evacuation time of occupants before and after the temporary closing of the entrance to building among educational research facilities in order to understand time of occupants when the entrance of an existing building is temporarily closed for control purposes. The results are as follows. Firstly, the occupants evacuated through the adjacent door after vertical evacuation using the stairs and the three doors used were adjacent to the stairs before the temporary closing of the door. In particular, it was confirmed that the entrances located at both ends of the building were not used by occupants for evacuation because they were far apart from the stairs. Secondly, after the temporary closing of the door, the occupants start evacuation without recognizing the locked state of the door. As they evacuate again, the time required to complete the evacuation increases and the time required due to restrictions on the available doors is accumulated. Thirdly, it was confirmed that the difference in evacuation completion time between the occupants before and after the temporary closure of the entrance door was about 2.2 times. In particular, the number of evacuees per hour is up to ten simultaneously evacuating at the same time before the temporary closure, but up to three simultaneously evacuating at the same time after the temporary closure. Thus, the number of entrances has a significant impact on evacuation. Lastly, for the convenience of blocking the inflow of COVID-19, creating an electronic list for users and checking temperature, it is necessary to install devices such as “automatic opening and closing of entrances” to ensure the safety of occupants in emergencies such as fires.

Key Words : Evacuation time, Entrance door, Pathfinder, Automatic opening and closing device

1. 서 론

COVID-19의 방역은 전 세계적으로 중요한 사안이며, 팬데믹(Pandemic) 상황에서 한국을 비롯한 많은 국가들은 지역사회 감염 방지를 위한 다각

도의 정책적 전략을 수립하고 있다.¹⁾

국내에서도 위기 경보단계에 따른 대응 체계를 구성하고, 스마트 검역, 사회적 거리두기, 공용 시설 및 건물 이용 시 출입명부 작성을 통한 확진자 동선 확보, 전염성 질병에 관련 정보 공유 및 감

*† 이준기(ORCID:https://orcid.org/0000-0002-3635-5511) : 연수연구원, 부산대학교 생산기술연구소
E-mail : jk_junki@pusan.ac.kr, Tel : 051-510-7603

*† Jun-Gi Lee(ORCID:https://orcid.org/0000-0002-3635-5511) : Researcher, Research Institute of Industrial Technology, Pusan National University.
E-mail : jk_junki@pusan.ac.kr, Tel : 051-510-7603

업자의 동선 공개 등 추가 감염을 최소화하기 위해 다양한 대응 시스템을 적용하여 감염 확산을 통제하고 있다.²⁻³⁾

출입명부 작성의 경우, 초기에는 수기로 작성하는 수기출입명부 작성 방식으로 진행하였으나, 개인정보의 허위기재 또는 기재된 개인정보가 유출되는 문제점 등으로 현재는 전자출입명부를 대부분 이용하고 있다. 특히, 국내의 QR 코드 시스템 및 온도 체크 등의 시스템을 도입하여 감염 확산을 통제하는 정책은 전 세계로부터 ICT (Information Communication Technology)를 적극적으로 활용한 사례로 찬사를 받고 있다.⁴⁻⁵⁾

이러한 전자출입명부 작성 및 온도 체크를 위한 시스템은 근린생활시설과 같이 하나의 건물에 여러 용도(미용실, 편의점, 식당 등)의 실로 구획된 경우, 그 용도의 출입구에 각각 통제 시스템을 설치하고, 하나의 건물을 하나의 용도로 사용하는 경우(청사, 학교, 종합병원 등)에 건물의 주출입구에 통제 시스템을 설치하여 이용자들을 관리하게 된다. 이때 통제 시스템이 설치된 출입구를 제외한 다른 출입구는 COVID-19 유입의 차단, 출입명부 작성 및 온도 체크 편의성 등의 사유로 Fig. 1과 같이 체인, 자물쇠, 밧줄 등을 이용하여 임시 폐쇄하고 있다.

다만, 건물의 출입구 기능은 이용자들이 여러 방향에서 방문하더라도 쉽게 건물을 이용하게 하는 편의성뿐만 아니라, 건물 화재 발생 시 이용자들이 건물 내부에서 외부로 안전하게 피난하는 기능도 포함하고 있다. 특히, 피난층의 출입문은 피난요구자(재실자)가 안전구역으로 피난완료하기 위한 최종 관문의 역할을 수행하고 있다.⁶⁾ 이러한 상황에서 건물 출입구의 임시 폐쇄는 COVID-19의 유입차단, 이용자의 명부작성 및 온도 체크의 편리성이라는 순기능과 화재 발생 시 이용자의 위험성 증가라는 역기능이 함께 존재하게 된다.

따라서 본 연구에서는 교육연구시설 중 대학의 건물을 연구대상으로 선정 후, 통제 시스템이 설치된 피난층의 주출입구 1개소를 제외한 출입문을 임시 폐쇄 이전과 이후로 구분하여 재실자의 피난완료시간을 비교·분석하여 출입문 임시폐



Fig. 1 Example of temporary closing of the entrance door

쇄가 피난요구자의 피난완료시간에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 시뮬레이션 입력조건

2.1 연구대상

연구대상은 학교 건물 중 건물 장단변비가 커 복도 양 끝에도 출입구를 설치하여야 하고, 복도의 형태가 중복도로 재실자의 피난 시 복도에서의 체류시간이 증가하여 화재에 의한 위험성이 높은 건물을 선정하였다. 건물의 규모는 길이 111 m, 폭 17.7 m(거실 7.5 m + 복도 폭 2.7 m + 거실 7.5 m), 층고 3.6 m이며, 출입구 6개 소, 계단 3개 소, 엘리베이터 1개 소(2 대)인 4층 건물이다.

2.2 시뮬레이션 입력조건

선정된 연구대상을 토대로 피난층의 통제 시스템이 설치된 출입구(이하 “주출입구”)를 제외한 출입문 임시폐쇄 여부에 따른 재실자의 피난완료 시간 비교·분석을 위해 피난층 내 전출입문 개방 상태 및 주출입구를 제외한 출입문 폐쇄상태로 구분하였다. 특히, 출입문 임시폐쇄 상태에서의 재실자들은 피난 시 주출입구 이외의 출입문들이 폐쇄된 것을 인지하지 못하는 상태로 가정하였다. 이와 같은 가정하에 피난 시 재실자들은 초기 위치에서 가장 가까운 출입구를 향해 이동하나 주출입구를 제외한 출입구들이 모두 폐쇄됨을 인지한 이후 최종적으로 주출입구를 통해 피난을 완료할 것으로 사료된다. 해당 상황을 피난시뮬레이션에 반영하기 위해 주 출입문 이외의 출입문들의 초기 개폐 상태를 Open으로 설정한 후 재실자들이 해당 문에 진입하는 시간에 맞춰 Closed 상

태로 변경하였다. 이때 재실자들은 다시 자신의 위치에서 가장 가까운 곳에 있는 Open 상태의 문을 향해 이동하게 되며 주출입구를 통한 피난이 아닐 경우 해당 출입구 상태를 Closed로 변경하여 주출입구를 향해 이동하도록 하였다.

Case 설정 이후 연구대상 내 재실자 수 산정을 위해 ‘소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준’

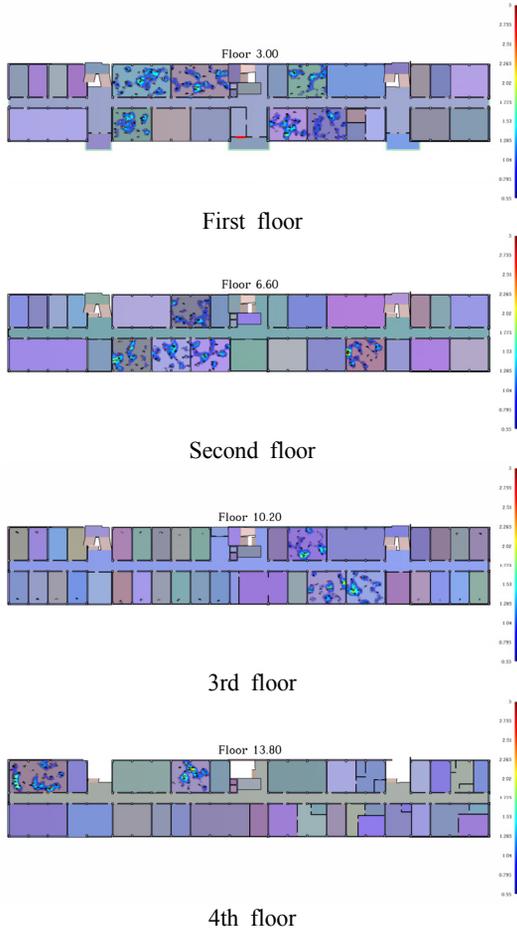


Fig. 2 Evacuation situation after 150 sec

Table 1 Simulation input value

Division	Value		Unit
	Man	Woman	
Tall	174.2	160.9	cm
Shoulder width	40.2	35.8	cm
Walking speed	1.2	1.1	m/s
Personnel	304	304	per

별표 1을 참고하였으며, 해당 기준에서는 교육용으로 사용되는 교실의 수용인원을 1.9m²/명으로 제시하고 있다.⁷⁾ 연구대상의 경우 교실(강의실)을 제외하고도 실습실 및 전산실 등의 실들이 추가로 존재하나, 해당 실의 면적을 인원수 산정에 반영할 경우, 피난인원이 과잉 산정될 우려가 있어 교실(강의실) 면적만을 대상으로 재실자 인원을 산정하여 총 608명의 인원이 대피를 진행하는 것으로 하여 Fig. 2와 같이 모델링하였다.

또한 재실자들의 신체적 특성 및 보행속도 입력에 있어 대학건물 특성상 재실자 주 연령층이 성인층인 것을 고려하여 20~24세 남녀의 신체 치수 및 속도를 적용하였다. 해당 입력 값은 ‘국가기술 표준원’의 한국인 인체치수조사 및 ‘표준화재모델’에 따른 화재확대방지 및 피난안전설계 기술 개발’의 자료를 참고하여 Table 1과 같이 적용하였다.

3. 시뮬레이션 결과분석

출입문 임시폐쇄 전·후에 따른 결과분석 범위는 각 층 강의실에서 지상 1층 출입문을 이용하여 외부로 마지막으로 피난하는 재실자의 피난완료시간으로 설정하여 비교·분석하였다.

3.1 출입문 임시폐쇄 이전(Case 1)

Fig. 3은 화재 발생 이후 시간에 따른 재실자들의 피난완료 인원수를 나타내고 있다. 화재 발생 후 139초가 지나면 건물의 재실자들은 모두 피난을 완료하고, 전체 인원 608명 중 50%는 화재 발생 후 60초 안에 피난하는 것으로 확인되었다.

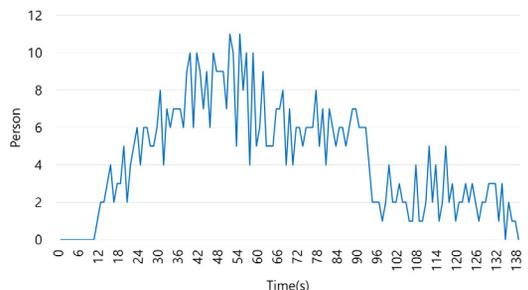


Fig. 3 Number of people evacuated before closing

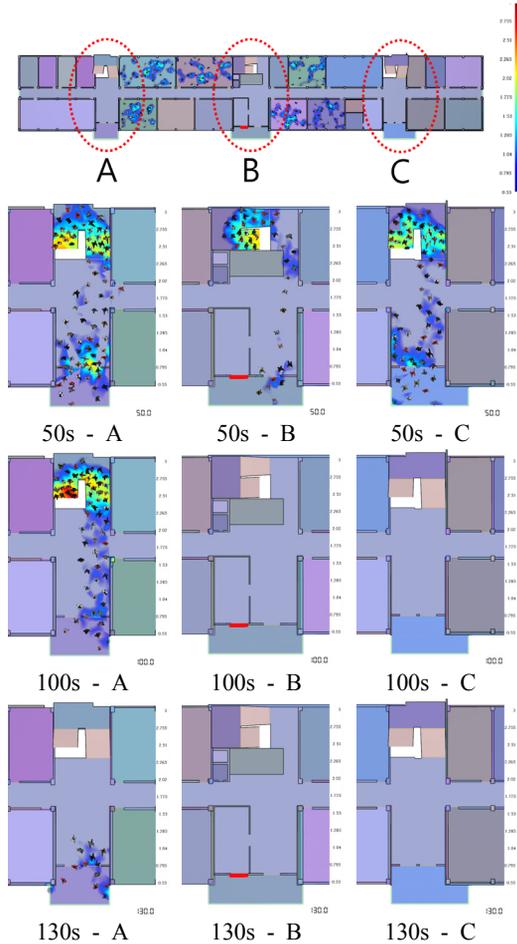


Fig. 4 Evacuation situation

특히, 화재 발생 후 30초에서 90초 사이에 재실 인원의 약 70%가 피난을 완료하고, 90초 이후에는 재실인원의 약 20%가 피난하는 것으로 확인되어 정체가 구간 없이 원활히 피난할 수 있는 것으로 판단된다.

Fig. 4는 좌측 계단을 A, 중앙 계단을 B, 우측 계단을 C로 구분하여 화재 발생 이후 시간에 따른 재실자들의 피난에 따른 상황을 나타내었다. 재실자들은 크게 강의실 → 복도 → 출입문의 순서로 피난을 하게 되고, 가장 가까운 출입문을 향하여 피난하게 된다. 이때, 상층에서 피난층으로 계단을 통해 수직 피난하는 재실자들은 계단을 마주한 출입문으로 대부분 피난하면서 좌·우측 계

단에서 멀리 이격되어 있는 건물 양끝의 출입문을 통해 피난하는 재실자는 없는 것으로 확인되었다.

피난 개시 100초 이후 재실자들의 피난 경로는 A 구역 출입문을 통해 피난하고, 계단에서 정체가 발생하고 있다. 120초 이후에는 A 구역 출입구에 남아있는 재실자를 제외한 건물의 피난요구자는 없고, B 구역 및 C 구역 통해 피난하는 재실자 또한 피난을 완료한 것으로 판단된다.

3.2 출입문 임시폐쇄 이후(Case 2)

Fig. 5는 화재 발생 이후 시간에 따른 재실자들의 피난완료 인원수를 나타내고 있다. 출입문 임시폐쇄 이후 피난요구자들은 통제 시스템이 설치된 중앙 출입문만을 이용하여 외부로 피난할 수 있으며, 피난 개시 302초 이후에 건물의 재실자들

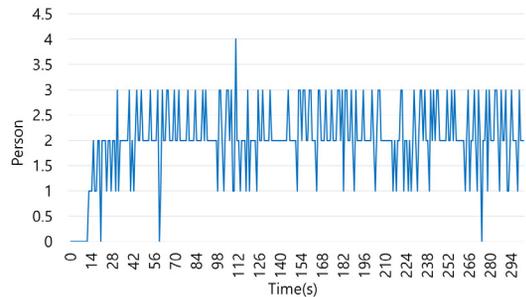


Fig. 5 Number of people evacuated after closing

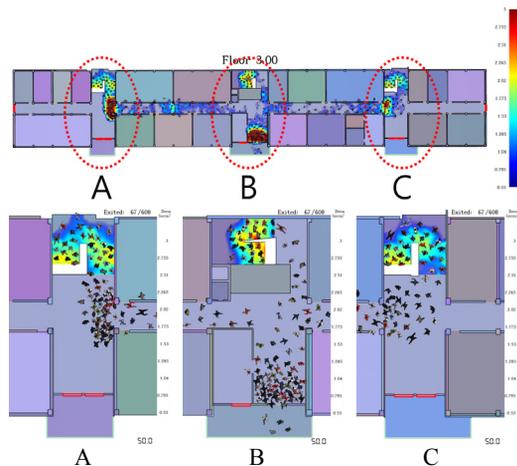


Fig. 6 Evacuation situation around 50 sec

은 모두 피난을 완료하는 것으로 나타났다.

피난 개시 이후 재실자는 초당 1~3명씩 피난하고 있어 정체구간이 계단 및 복도 또는 출입문에 발생한 것으로 판단되며, 출입문 임시폐쇄 이전보다 피난완료시간은 약 2.2배 이상 소요되는 것으로 확인되었다.

Fig. 6은 50초 이후 재실자들의 피난 경로 및 밀도를 나타내고 있다. 피난 개시 이후 재실자들은 기존의 출입문이 폐쇄되었다는 것을 인지하고 복도를 통해 B 구역 출입문으로 재실자들이 다시

피난하면서 B 구역 계단을 통해 피난하는 재실자와 함께 복도에서 정체되고 있다. 피난 개시 후 50초까지 전체 재실자 중 67명만이 피난을 완료한 것으로 확인된다.

Fig. 7은 피난 개시 100초 이후 재실자들은 피난상황을 나타내고 있다. 150초 이전까지 재실자들은 B 구역 출입문으로 피난하기 위하여 A 구역 및 C 구역 복도를 통해 피난하고 있어 출입문, 복도 및 계단에서 정체되고 있다.

피난 개시 150초 이후부터 200초까지의 피난상황을 살펴보면, B 구역 출입구를 통해 재실자들이 피난을 하나, 출입구의 정체가 해소되지 않는 것으로 확인되었다. 피난 개시 300초 이후 재실자들은 대부분 피난을 완료하는 것으로 확인되었다.

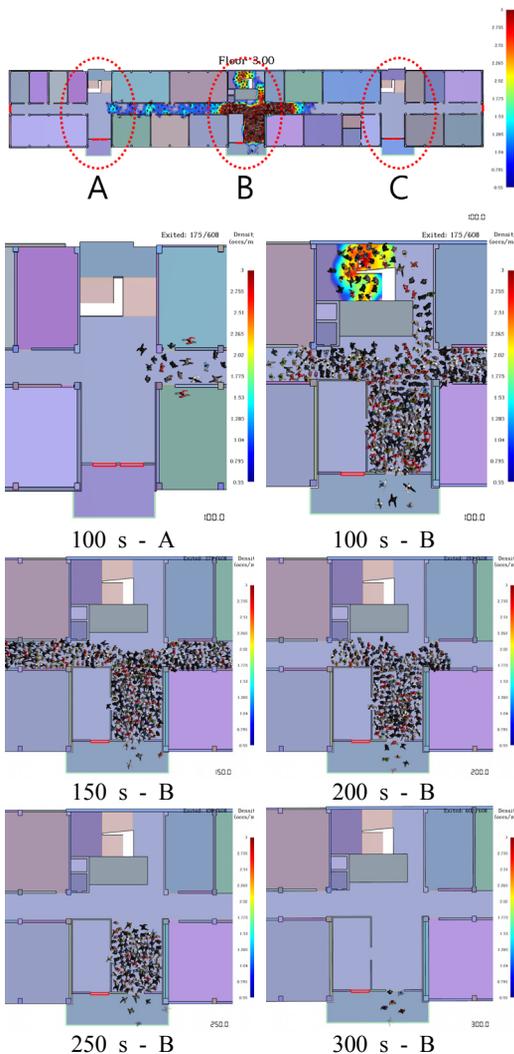


Fig. 7 Evacuation situation after 100 sec

3.3 피난시간 비교·분석

Fig. 8은 피난시간에 따른 누적 피난완료인원을 나타내고 있다. 출입문 임시폐쇄 이전에는 피난 개시 50초 이후 200명 이상의 재실자들이 피난을 완료하지만, 폐쇄 이후에는 67명의 재실자들이 피난을 완료하고 있다.

특히, 폐쇄 이전에는 피난 개시 후 140초가 되기 전 재실자들이 피난을 완료하지만, 폐쇄 이후에는 피난 개시 후 302초가 지난 이후에 재실자들이 피난을 완료하는 것으로 나타나 출입문 폐쇄에 따른 재실자들의 피난완료시간 차이는 약 2.2배로 확인되었다. 이는 재실자들이 폐쇄 이전에는 출입문을 3개 이용하고 있으나, 폐쇄 이후 중앙의 출입문 1개만을 이용하면서 발생하는 정체에 의

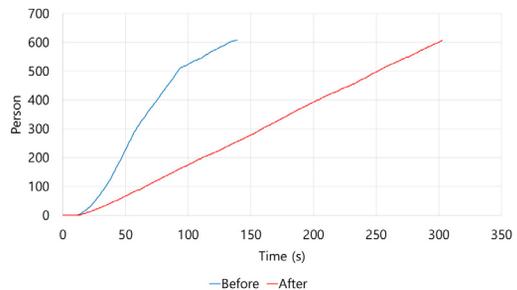


Fig. 8 The cumulative number of evacuees due to the time before and after closure

한 소요시간과 가장 가까이 있는 출입문이 폐쇄된 것을 인지하지 못해 피난경로를 되돌아오는 시간이 함께 누적된 결과로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 기존 건물의 출입구가 통제를 위해 임시폐쇄 되었을 때, 재실자의 피난완료시간에 미치는 영향을 파악하고자 교육연구시설 중 학교를 대상으로 출입구 임시폐쇄 이전과 이후에 따른 재실자 피난시간을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) 출입문 임시폐쇄 이전 재실자들은 계단을 이용한 수직피난 이후 인접한 출입문을 통해 피난하였으며, 이용된 출입문은 계단에 인접한 출입문 3개이다. 특히, 건물의 양 끝에 위치한 출입문은 계단에서 이격된 거리가 멀어 재실자들이 피난시 이용하지 않는 것으로 확인되었다.

2) 출입문 임시폐쇄 이후 재실자들은 출입문의 잠금상태를 인지하지 못하는 상태에서 피난을 개시하고, 다시 피난하면서 피난완료까지 소요시간이 증가하고, 이용할 수 있는 출입문의 제한 등으로 인한 소요시간이 누적되는 것으로 확인되었다.

3) 출입문 임시폐쇄 이전과 이후의 재실자들의 피난완료시간 차이는 약 2.2배인 것으로 확인되었다. 특히, 시간당 피난하는 재실자의 인원수는 임시폐쇄 이전에는 같은 시간대에 최대 10명까지 동시 피난을 하나, 임시폐쇄 이후에는 같은 시간대에 최대 3명이 동시 피난을 하고 있어 출입구의 개수는 피난에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

4) COVID-19의 유입차단, 이용객들의 전자명부 작성 및 온도 체크의 편의성을 위해 통제 시스템이 설치되지 않은 출입문을 임시 폐쇄하더라도 “출입문 자동개폐장치”와 같은 장치를 설치하여 화재 발생과 같은 응급상황에서 재실자의 안전을 확보하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

References

1. L. Lu, K. W. Cheng, N. Qamar, K. C. Huang, and J. A. Johnson, 2020, "Weathering COVID-19 storm : Successful control measures of five Asian countries", American journal of infection control, Vol. 48, No. 7, pp. 851-852. (<https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.04.021>)
2. G. B. Kwon, 2020, "Preventive Measures Against Infectious Disease and Information Human Rights", Public Law Journal, Vol. 21, No. 3, pp. 3-32.
3. H. S. Yoon, 2020, "Political Economy of the COVID-19 Pandemic and Welfare State", Journal of Critical Social Welfare, Vol. 68, pp. 113-142.
4. G. W. Jung, H. S. Lee, A. Kim, and U. C. Lee, 2020, "Too Much Information : Assessing Privacy Risks of Contact Trace Date Disclosure on People With COVID-19 in South Korea", Frontiers in public health, Vol. 8, pp. 1-13. (<https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00305>)
5. H. Lee, 2020, "These Elite Contact Tracers Show the World How to Beat Covid-19", Bloomberg, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-07-25/these-elite-contact-tracers-show-the-world-how-to-beat-covid-19>
6. D. K. You, Y. C. Ahn, S. G. Yeo, E. J. Kim, and Y. S. Lee, 2018. "A Study on the Effective Plan of High-rise Buildings by the Fire Alert System", Journal of The Korean Society for Power System Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 79-88. (<http://dx.doi.org/10.9726/kspe.2018.22.3.079>)
7. Korean Fire Protection Association, 2008, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.