pISSN 1598-2033
eISSN 2233-5706
J. Korea Inst. Build. Constr. Vol. 19, No. 5 : 431-438 / Oct, 2019
https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.5.431
www.jkibc.org

# 회귀분석을 이용한 비상대피시설의 출입구 개수 적정성에 관한 연구

# A Study on the Suitability of the Number of Entrances for Emergency Evacuation Facilities Using Regression Analysis

노 정 헌[1] 이 정 문[1] 김 국 주[2] 박 영 준[3*]

Roh, Jeong-Heon[1] Lee, Jeong-Moon[1] Kim, Kuk-Joo[2] Park, Young-Jun[3*]

*Researcher, ROKA Nuclear·WMD Protection Research Center, Nowon-Gu, Seoul, 01805, Korea* [1]
*Assistant professor, Korea Military Academy, Nowon-Gu, Seoul, 01805, Korea* [2]
*Professor, Korea Military Academy, Nowon-Gu, Seoul, 01805, Korea* [3]

Abstract

In this research, the proper number of entrances in the evacuation facilities for civil and military personnel was determined by using parametric study and regression analysis. The current standards on the emergency evacuation facility only set the number of possible evacuees and the architectural floor area after the evacuation have been completed. On the other hand, there are needs to consider the dynamic standards along with allowable evacuation time such as the number of entrance, staircases and so on rather than the static standards such as the floor area. The number of entrances and their location are required in order to account for the allowed evacuation time of particular number of people in a set area. The results of this research could be contributed to the standards which should contain the dynamic conditions associated with evacuation.

Keywords : emergency evacuation facilities, entrance, modeling and simulation, regression analysis

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

군 방호시설, 정부기관 비상대피시설 및 민방위 대피시설 등과 같은 대피시설에서의 적정 출입구 개수는 긴급상황시 대피시간을 결정짓는 중요한 요소이다. 그러나 현 대피시설 설치에 관한 기준은 임무(단순 혹은 기능대피)와 수용인원에 따른 건축바닥 면적과 대피거리(250m 이내) 및 시간(5분 이내)만을 규정할 뿐 적정 출입구 개수에 대한 기준은 전무한 실정이다. 건축바닥 면적은 수용인원의 대피가 완료된 상태인 정태적 기준만을 나타낸다. 대피거리와 시간 역시 대피로의 평상시 용도와 규모, 장애물 유무, 혼잡도 등 대피인원이 위치한 시 · 공간적 특성을 고려하지 않고 평면상의 거리와 이에 따른 시간만을 고려하고 있다. 반면, 실제 긴급상황시 대규모 인원이 신속히 대피를 완료하기 위해서는 입체적인 대피동선 뿐만 아니라 대피동선의 특성 즉 규모, 계단의 유무, 출입구 크기 및 개수, 대피로의 혼잡도 등과 같은 동태적 기준이 더욱더 중요하게 작용한다. 이는 최근 대형사고의 사례에서 쉽게 찾아 볼 수 있는데 사고 당시 대피하는 사람들의 동태적 상황을 제대로 고려하지 못한 대피로의 설정과 안전시설의 미흡이 얼마나 큰 인명과 재산피해를 발생시키는지 확인할 수 있다.

대표적인 사례로 2014년 경주시 '마우나 오션 리조트' 붕괴사고, 2017년 충북 제천시 스포츠센터 '두손스포리움' 화재사고를 꼽을 수 있다. 경주 마우나 오션 리조트 체육관 붕괴사고는 주 출입구로 한꺼번에 몰려온 학생들이 서로 엉켜 넘어지면서 피해가 더욱 커졌다. 충북 제천시 스포츠센터 '두손스포리움' 화재사고에서도 한정된 탈출

Received : July 1, 2019
Revision received : August 26, 2019
Accepted : September 10, 2019
* Corresponding author : Park, Young-Jun
[Tel: 82-2-2197-2955, E-mail: yjpark@kma.ac.kr]
ⓒ2019 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

구로 희생자들이 몰리면서 대피가 지연되어 많은 피해가 발생하였다.

상기 사례에서 살펴본 것과 같이 긴급상황 발생 시 적정 출입구의 위치와 개수가 대피에 얼마나 큰 역할을 하는지 확인할 수 있다. 이러한 출입구의 개수가 많을수록 신속한 대피는 가능하나 무작정 출입구 개수를 늘리는 것 역시 경제적 측면에서 비현실적일 것이다. 이처럼 대피시설의 기능발휘에 핵심적인 출입구의 개수는 해당시설이 위치한 시 · 공간적 특성과 대피인원의 심리적 요인까지 반영한 실제훈련을 통해 산정하는 것이 가장 이상적인 방법이라 할 수 있다. 그러나 모든 시설에 대해 일일이 실제훈련을 통해 검증하는 것은 현실적으로 불가능하므로 본 연구에서는 긴급 상황 하 다양한 대피 조건에 대하여 시뮬레이션과 회귀분석을 실시하여 대피인원을 고려한 적정한 출입구의 개수를 평가하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 비상대피시설 규모와 대피거리, 대피시간에 따른 적정 출입구 개수를 결정하기 위한 매개변수 연구(Parametric study)와 회귀분석(Regression analysis)을 실시하였다. 대피 조건에 따른 대피시간 산정은 현장실험의 제한으로 인해 피난 시뮬레이션 프로그램 중 하나인 Pathfinder를 활용하였다. Pathfinder는 다양한 시뮬레이션 프로그램 중 대피자의 행동양식 즉, 대피자 간의 부딪힘, 기존 루트에서 이탈, 대피자의 공간 점유밀도와 지형지물에 따른 이동속도 변화, 앞지르기나 뒷걸음질, 멈춤 등의 다양한 조건들을 묘사할 수 있어 그 정확성이 검증된 프로그램 중 하나이다[1].

대피시간에 미치는 영향에 대한 매개변수 연구를 위해 서울시내 비상대피시설을 방문하여 총 125개의 대피유형을 선정하였다. 이후 Pathfinder에 대피유형별 각각의 대피조건, 즉 대피인원, 대피반경, 출입구 개수를 독립변수로 하여 종속변수인 대피시간을 계산하였다. 이렇게 도출된 결과에 대해 다중 회귀분석을 실시하여 독립변수(대피인원, 대피반경, 출입구 개수)에 대한 종속변수(대피시간)의 추정 모델을 개발하고 대피규모에 따른 적정 출입구 개수를 제시하였다.

따라서 본 연구의 진행절차는 ① 대피시설 관련 국내 · 외 문헌연구 → ② 민 · 관 · 군의 주요 대피시설 현장실사 → ③ 대피시설의 모델링/시뮬레이션을 통한 Parametric

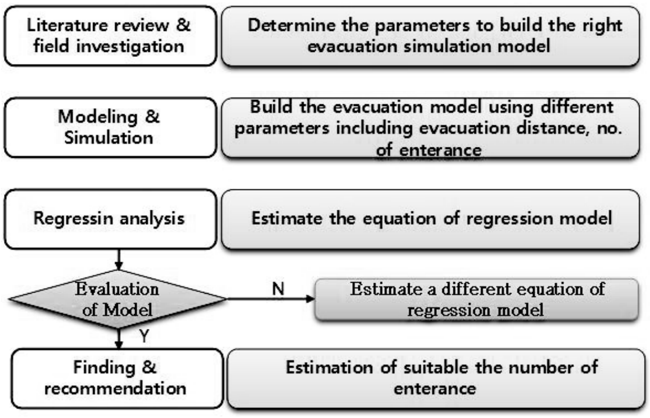


Figure 1. Process of this study

Study → ④ 다중회귀분석 → ⑤ 적정 출입구 개수 산정모델 제시 순으로 진행되었다(Figure 1).

## 2. 선행연구 고찰

현재 군 방호시설 및 정부기관 비상대피시설의 경우 주출입구와 비상대피통로를 지정하여 운용하고 있으나, 시설내부의 수용인원과 임무, 대피규모에 따른 출입구 개수는 규정되어 있지 않다[2]. 또한, 민간인을 대상으로 유사시 대피시설을 제공하기 위한 민방위 업무지침에서도 대피인원에 따른 출입구의 폭은 규정하고 있으나 출입구 개수는 2개소 이상으로 규정할 뿐 구체적인 지침은 제공하고 있지 않다[3].

현재까지의 민 · 관 · 군 대피시설에 대한 선행연구도 적의 위협과 타격수단에 대한 구조적 구비조건과 기계설비의 적정성에 대한 연구가 주로 이루어졌다[4]. 또한, 민방위 대피시설의 적정성을 평가한 연구들에서는 대피인원들이 주어진 시간 내에 대피시설로 도달할 수 있다면 대피 수용성은 적정하다는 가정 하에 연구가 이루어졌다[5].

만일, 일정 단위공간내 특정 대피시설 주위로 많은 인구가 집중적으로 분포한다면 한 번에 많은 사람들의 대피로 인해 이동속도가 저하되거나 특정지역(특히, 출입구 주변)에서의 병목현상이 발생하여 제한시간내 대피시설에 도착하더라도 내부로의 성공적인 대피를 보장할 수 없게 된다[6]. 따라서 지정된 비상대피시설이 핵이나 미사일 공격과 같은 긴박한 상황하에서 적절하게 기능을 발휘하는지를 평가하기 위해서는 인구 분포의 공간적 유동성, 제한된 시간 내의 접근 가능성, 출입구 및 출입 통로를 포함한 시설의

수용 능력을 종합적으로 판단해야 할 것이다.

다시 말해, 기존연구에서는 대피시설 구조나 기능, 개인당 수용면적 등 대피가 이루어진 상태인 정태적 구비조건만을 고려하여 시설을 평가하였다면 제한시간 내 실질적인 대피가 가능한지 여부를 판단하기 위해서는 시·공간적 특성인 동태적 기준에 대한 검토 역시 추가로 이루어져야 할 것이다.

## 3. 대피 시뮬레이션 모델 및 매개변수 연구

### 3.1 시뮬레이션 모델을 위한 변수 및 가정 설정

긴급상황 발생시 인간의 대피행동에 영향을 주는 요소로는 연령, 성별, 장애여부, 교육유무, 경험, 초기위치에 따른 인간적 요소와 대피환경(대피로 상의 장애물, 대피거리, 주·야간, 혼잡도) 등 시·공간상의 요소가 있다. 이러한 영향 요소를 모두 반영하기에는 경우의 수가 너무나 다양하고 복잡하기 때문에 본 연구에서는 대피시설의 공간적 구성요소에 대해 다음과 같이 변수를 한정하여 시뮬레이션을 실시하였다(Table 1).

Table 1. Variables for evacuation M&S

| Variables | Level |
|---|---|
| Number of entrance | 1, 2, 3, 4, 5 |
| Radius of target space for evacuation (meter) | 150, 200, 250, 300, 350 |
| Number of evacuees | 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 |

대피시설 모델의 경우 현장답사결과와 행정안전부 ‘2018년도 민방위 업무 지침’의 대피시설의 지정기준을 참고로 다음과 같이 가정을 설정하였다. ① 대피시설의 단면은 정사각형이다. ② 대피시설의 면적은 고려하지 않고 대피인원을 충분히 수용한다. ③ 대피시설은 대피지역의 중앙에 위치한다. ④ 대피시설은 지하 2층으로 계단참에서 1회 180° 방향을 전환하여 내려간다. ⑤ 대피 가능지역과 대피시설은 계단으로 연결되고, 계단의 폭과 길이는 1.8m으로 한다. ⑥ 계단의 시작과 끝 부분에는 '1.8m x 1.8m'의 면적이 있다. ⑦ 대피반경 내의 지형은 개활지로 한다. ⑧ 지상 대피지역의 중심에는 출입구의 수만큼 한 변이 1.8m인 정사각형의 공간이 있다. ⑨ 대피인원의 이동

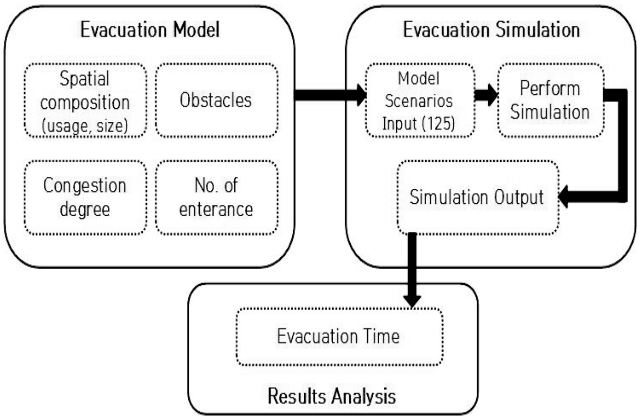


Figure 2. Process of evacuation M&S

속도는 평균 1.4m/s로 한다. ⑩ 출입구 너비는 1.8m로 한다. ⑪ 출입구가 2개 이상일 경우 출입구의 간격은 동일하다. 대피반경 중심으로 하는 가상의 정사각형에 내접한 정삼각형, 정사각형, 정오각형의 꼭짓점을 출입구 위치로 한다.(정오각형의 경우 유사지점으로 선정) ⑫ 출입구가 분포하는 반경은 한 변이 18m인 정사각형으로 한다.

### 3.2 대피 시뮬레이션 수행

Pathfinder를 이용하여 대피 시뮬레이션을 수행하기 위한 과정은 다음과 같다. 먼저 ① Pathfinder를 이용, 가정사항을 반영한 대피환경을 모델링하고 ② 구축된 대피 환경 내에 총 125개 조합의 변수를 입력, ③ 각 변수 조합의 결과 값(대피시간)을 확인하였다(Figure 2). 이때, ‘피난 시뮬레이터’인 Pathfinder의 기본 설계는 대피 인원이 건물 내부에서 건물 외부로 이동하는 것이기에 본 연구와의 차이점이 존재한다. 따라서 이를 보완하고자 상기 ①의 과정에서 내부공간을 프로그램상의 외부로, 외부공간을 프로그램상의 내부로 바꾸어 설계하였다(Figure 3).

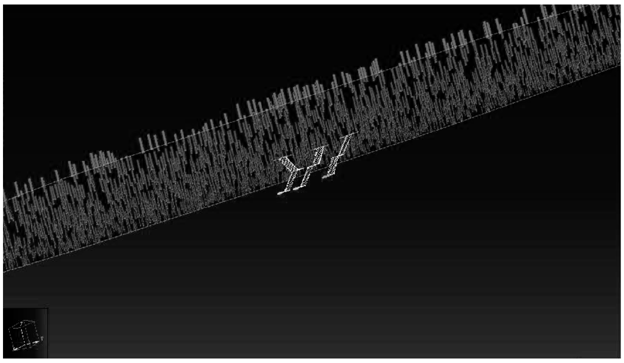

Figure 3. Model building on pathfinder

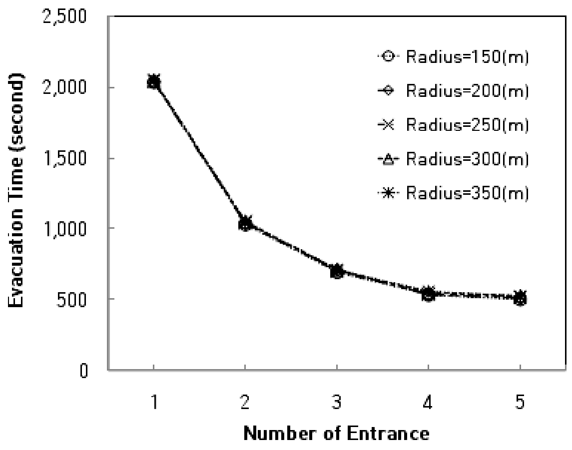


Figure 4. Evacuation time versus number of entrance (Population = 3000)

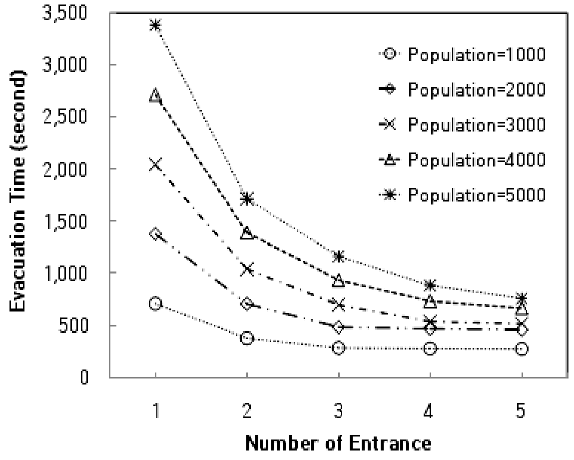


Figure 5. Evacuation time versus number of entrance (Radius of target space for evacuation = 250m)

이를 통해 다음과 같은 결과 값(대피시간)이 산출되었다. 결과값 중 지면 관계상 아래 그림과 같이 대피인원이 3,000명인 경우(Figure 4)와, 대피반경이 250m인 경우의 결과값을 대표적으로 살펴보려 한다(Figure 5).

Figure 4에서 보는 바와 같이 동일한 대피인구 조건(3000명)에서 대피반경의 변화에 따른 대피시간의 차이가 크게 나지 않는다. 반면, Figure 5에서는 동일한 대피반경 조건(250m)에서 대피인원의 변화에 따른 대피시간의 차이가 명확히 존재한다. 또한 두 경우 모두 출입구의 개수가 증가함에 따라 대피시간이 급격히 감소하다가 특정시간에 수렴하는 것을 확인할 수 있다. 참고로 다양한 대피환경에 따른 시뮬레이션 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2. Result of evacuation M&S

| Number of evacuees | 1,000 | 2,000 | 3,000 | 4,000 | 5,000 | Number of entrance | Radius of target space for evacuation (meter) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Evacuation time (second) | 699 | 1,369 | 2,037 | 2,712 | 3,370 | 1 | 150 |
| | 364 | 704 | 1,031 | 1,378 | 1,702 | 2 | 150 |
| | 274 | 473 | 694 | 929 | 1,160 | 3 | 150 |
| | 272 | 456 | 531 | 716 | 875 | 4 | 150 |
| | 269 | 451 | 501 | 634 | 762 | 5 | 150 |
| | 706 | 1,376 | 2,039 | 2,716 | 3,376 | 1 | 200 |
| | 375 | 708 | 1,037 | 1,384 | 1,727 | 2 | 200 |
| | 271 | 518 | 711 | 934 | 1,147 | 3 | 200 |
| | 263 | 459 | 534 | 724 | 880 | 4 | 200 |
| | 260 | 454 | 510 | 642 | 764 | 5 | 200 |
| | 710 | 1,379 | 2,045 | 2,715 | 3,383 | 1 | 250 |
| | 379 | 709 | 1,041 | 1,391 | 1,716 | 2 | 250 |
| | 285 | 484 | 700 | 936 | 1,163 | 3 | 250 |
| | 279 | 468 | 538 | 734 | 886 | 4 | 250 |
| | 275 | 459 | 516 | 668 | 760 | 5 | 250 |
| | 708 | 1,380 | 2,047 | 2,709 | 3,380 | 1 | 300 |
| | 389 | 715 | 1,049 | 1,393 | 1,722 | 2 | 300 |
| | 277 | 487 | 709 | 942 | 1,157 | 3 | 300 |
| | 276 | 480 | 549 | 736 | 902 | 4 | 300 |
| | 270 | 470 | 524 | 672 | 764 | 5 | 300 |
| | 713 | 1,382 | 2,053 | 2,721 | 3,388 | 1 | 350 |
| | 391 | 722 | 1,052 | 1,402 | 1,728 | 2 | 350 |
| | 283 | 496 | 713 | 944 | 1,169 | 3 | 350 |
| | 279 | 486 | 557 | 748 | 911 | 4 | 350 |
| | 274 | 479 | 523 | 685 | 780 | 5 | 350 |

### 3.3 매개변수 연구(Parametric Study) 결과

시뮬레이션 결과를 통해 구해진 데이터들을 살펴보면, 동태적 관점의 기준인 출입구의 개수, 대피인원, 대피반경

은 대피시간에 영향을 주는 것을 확인 할 수 있으며 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 대피시간을 단축시키기 위해서는 대피경로의 접근성이 좋아야 한다. 물론, 대피시설과 대피 대상인구의 이격거리 즉, 대피 가능 반경이 대피시간을 결정하는 중요한 요소이지만 일정한 범위 내에서의 이격거리의 차이는 큰 영향을 미치지 않는다. 그러므로 대피시설의 위치를 결정하는 요소에 있어서 일정 거리만을 기준으로 판단할 것이 아니라 해당 장소의 인구 밀집도, 접근제한 정도 등을 고려하여 위치를 결정해야 할 것이다. 둘째, 출입구 개수가 증가할수록 대피시간은 단축된다. 그러나 경제적 측면을 고려하였을 때, 대피시설의 출입구 개수를 무한정 증가시킬 수는 없다. 비용 대 효과 측면에서 일정 목표의 대피시간을 넘지 않는 수준으로 적정 출입문 개수를 산정하는 것이 중요하다. 하지만 이러한 변수들이 대피시간에 미치는 영향을 보다 객관적으로 평가하고 적정 안을 제시하기 위해서는 보다 과학적인 분석이 필요하다. 이에 본 연구에서는 회귀분석을 통하여 적정 출입구 개수 산정모델을 제시하고자 한다.

## 4. 회귀분석을 통한 적정 출입구 개수 산정

회귀분석을 통하여 제시하고 있는 변수들이 대피시간과 어떠한 상관관계가 있는지를 분석하고자 한다. 즉, 대피시간을 종속변수로 정하고 대피시간에 영향을 미치는 대피인원, 출입구 개수, 대피반경의 3개 인자를 독립변수로 정하였다. R 프로그래밍 언어를 활용하여 독립변수가 많고 연속적인 종속변수를 가질 때 적용될 수 있는 다중회귀분석을 실시하였다. 이를 통해서 대피시간 추정 모델을 개발하고 대피시설의 출입구 개수 산정의 적정성을 평가하였다.

대피시간을 로그치로 치환하여 수행한 회귀분석 결과값인 결정계수, 선형성, 정규성, 등분산성 등이 만족스러워 1차로 아래 식 1의 회귀모형을 채택하였다. Figure 6는 회귀분석 결과에 대한 정규성 검증을 보여준다.

Log(Evacuation time) = B0 + B1 × (Number of entrance) + B2 × (Number of Evacuees) + B3 × (Radius of target space for evacuation) -------- (1)

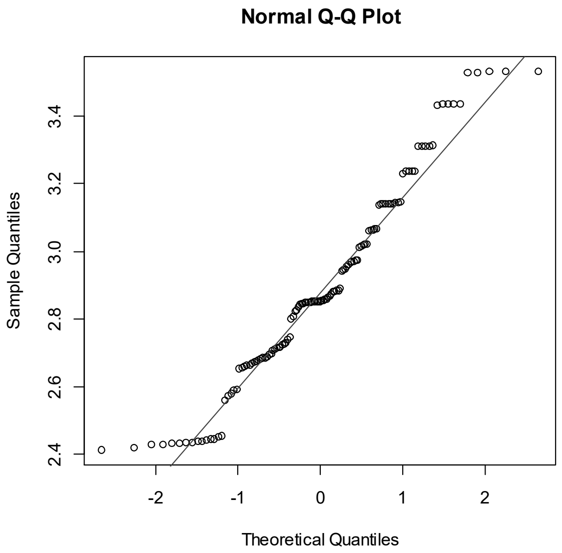


Figure 6. Q-Q plot of the results from regression

아래 Table 3은 상기 식 1에 대한 회귀분석 결과이며, 수정된 결정계수 값은 0.8959이다.

Table 3. Result of 1st regression analysis

| Variable | Estimate | Std. Error | t value | Pr (>\|t\|) |
|---|---|---|---|---|
| Number of entrance | 2.852e+00 | 3.983e-02 | 71.603 | <2e-16 *** |
| Number of evacuees | 1.411e-04 | 5.937e-06 | 23.769 | <2e-16 *** |
| Radius of target space for evacuation | 6.564e-05 | 1.187e-04 | 0.553 | 0.581 |

이 해석에서 대피반경(Radius of target space for evacuation) 변수는 회귀모형 설명력이 통계적으로 무의미하다고 판단되었다. 이에 Forward, Backward, Stepwise의 방법으로 모형을 아래 식 2와 같이 수정하였다.

Log(Evacuation time) = B0 + B1 × (Number of entrance) + B2 × (Number of Evacuees) ---- (2)

아래 Table 4는 상기 식(2)에 대한 회귀분석 결과이며, 수정된 결정계수 값은 0.8965로 식(1) 모형값과 비교할 때 크게 차이가 없었다. 결정계수는 회귀식이 얼마나 데이터를 잘 표현하는가를 나타내는 계수이다. 1에 가까울수록

독립변수와 종속변수 간의 관계를 잘 표현하는 것을 의미하며 본 회귀식이 실험 데이터를 잘 설명하고 있음을 의미한다[7].

Table 4. Result of 2nd regression analysis

| Variable | Estimate | Std. Error | t value | Pr (>\|t\|) |
|---|---|---|---|---|
| (Intercept) | 2.868e+00 | 2.647e-02 | 108.33 | <2e-16 *** |
| Number of entrance | -1.334e-01 | 5.920e-03 | -22.54 | <2e-16 *** |
| Number of evacuees | 1.411e-04 | 5.920e-06 | 23.84 | <2e-16 *** |

Figure 7의 산포도(Scatterplot) 분석에서도 대피반경 변수는 종속변수 변화와 관계가 없음을 확인할 수 있었다. 즉, 대피인원이나 출입구 개수에서는 일정한 선형관계를 보이는 반면 대피반경에서는 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다[7].

Leverage 해석에서 일부 데이터가 이상치(outlier)로 식별되었는데 이는 반영하지 못한 잠재적 변인에 의한 영향으로 판단하여 재해석을 수행하였다[8]. Table 5는 재해석을 수행한 회귀분석 결과를 나타내며, 수정된 결정계수 값은 0.9054로 소폭 상승하였다.

Table 5. Result of leverage analysis

| Variable | Estimate | Std. Error | t value | Pr (>\|t\|) |
|---|---|---|---|---|
| (Intercept) | 2.878e+00 | 2.569e-02 | 112.03 | <2e-16 *** |
| Number of entrance | -1.374e-01 | 5.778e-03 | -23.78 | <2e-16 *** |
| Number of evacuees | 1.413e-04 | 5.743e-06 | 24.60 | <2e-16 *** |

Figure 8은 이상치(outlier)를 제외한 회귀모형의 선형성(좌상단), 정규성(우상단), 등분산성(좌하단), 이상치(우하단)를 나타내고 있다. 이상치 해석에서 일부 데이터가 이상치를 보이나 이 데이터들은 대피반경(Radius of target space for evacuation) 변수와 관계있는 바 추가적으로 제거하지 않고 반영하였다. 이는 영향력을 식별하는 측도로 레버리지, Cook's Distance 등을 사용하였다[9].

이상의 해석결과를 토대로 얻은 대피인원과 출입구 수에 따른 대피시간 산정에 관한 최종 회귀모형(추정모델)은 아래 식으로 나타낼 수 있다.

Evacuation time = EXP(2.878 − 1.374 × 10 − 1 × Number of entrance + 1.413 × 10 − 04 × Number of Evacuees) ------------------ (3)

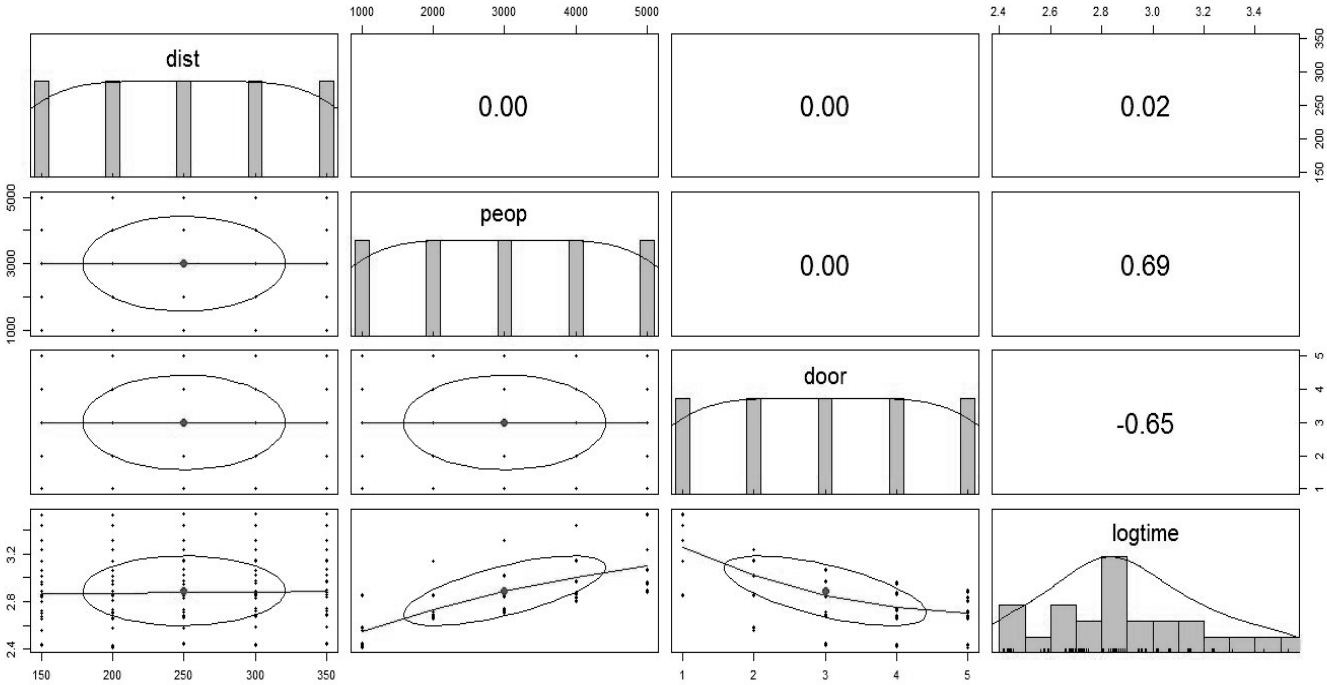


Figure 7. Scatterplot analysis

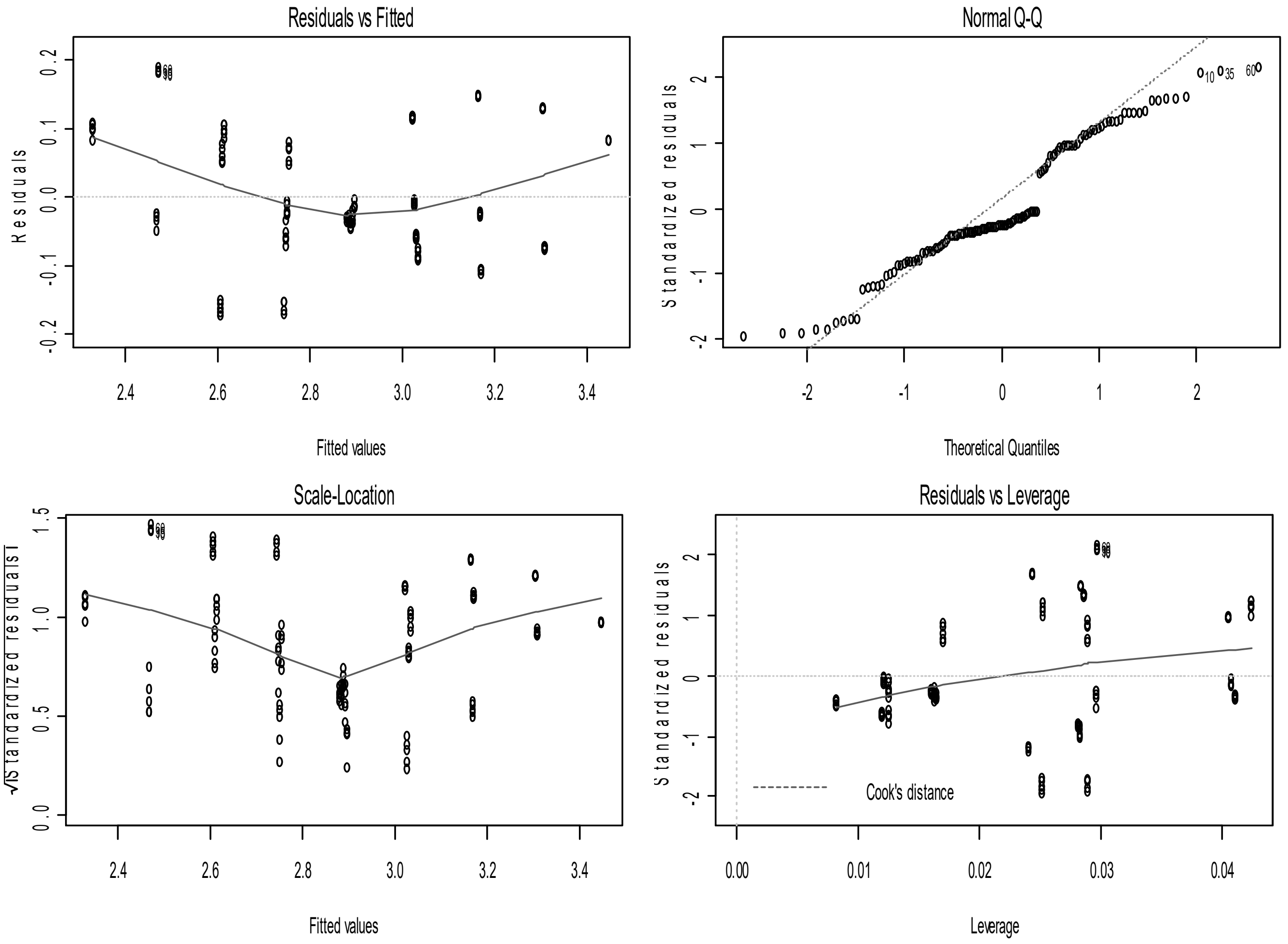

Figure 8. Regression model correction through influence analysis

회귀분석 결과 대피시간에 영향을 미치는 변수는 대피인원과 출입구 개수이며, 대피반경은 250m 이내에서는 주요하지 않은 것으로 나타났다. 이러한 현상은 시뮬레이션 과정에서 특정 인원에 대하여 대피 반경이 좁으면 출입구 주변이 혼잡하게 되어 대피시간이 지연되었으며, 반대로 대피반경이 넓으면 출입구 주변이 상대적으로 덜 혼잡하여 대피시간을 단축시키는 현상을 식별할 수 있었다. 일반적으로 대피시설 기준에서의 250m 대피반경은 주변에 있는 대피인원의 평균적 도보 이동거리를 고려한 것이다. 5분이라는 제한된 시간 내 대피인원을 효율적으로 수용하기 위해서는 적정 출입구 개수 확보, 장애물 제거 등으로 접근환경을 개선하여 병목현상을 해소하는 것이 중요하다.

Table 6은 최종 회귀모델(식 3)을 토대로 대피시간 5분(300초)내 출입구 개수별 최대 대피 가능인원을 보여주고 있다.

Table 6. Number of entrance and maximum of evacuees in 5 minutes of evacuation time

| Number of entrance | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Maximum of Evacuees | 500 | 1500 | 2500 | 3400 | 4400 | 5400 | 6400 | 7300 |

## 5. 결　론

본 연구에서는 비상대피시설 규모와 대피거리, 대피시간에 따른 적정 출입구 개수를 결정하기 위한 매개변수 연구(Parametric study)와 회귀분석(Regression analysis)을 실시하였다. Pathfinder를 이용한 시뮬레이션 결과 출입구의 개수, 대피인원, 대피반경은 대피시간에 영향을 주는 것을 확인 할 수 있었으며, 이러한 변수들이 대피시간에 미치는 영향을 보다 객관적으로 평가하기 위해 회귀분석을

실시하였다. 그 결과, 대피시간에 영향을 미치는 변수는 대피인원과 출입구 개수이며 대피반경은 250m이내에서는 주요하지 않은 것으로 나타났다. 즉, 적정 출입구 개수를 확보하지 못한 상태에서 대피반경이 좁으면 오히려 출입구 주변이 혼잡하게 되어 대피시간이 지연되고, 반대로 대피반경이 넓으면 출입구 주변이 상대적으로 덜 혼잡하여 대피시간을 단축시켰다. 이는 대피시설 주변의 인구밀도와 그에 따른 적정 출입구 개수 확보가 대피시설의 기능 발휘에 얼마나 중요한 요소인지 확인하는 계기가 되었다. 따라서 현재 대피시설 설치기준인 최소 2개 이상의 출입구 수를 확보해야 한다는 기준은 재고되어야 할 것이다. 특히, 대도시 등 인구밀도가 높은 지역에서 일반건물의 지하공간을 대피시설로 지정하고자 할 경우에는 본 연구결과를 토대로 적정 개수의 출입구를 확보하여 실질적인 대피가 가능하도록 관련규정을 재검토하여야 할 것이다.

다만, 본 연구에서는 일반 성인을 기준으로 대피인원을 묘사하였으나 실제상황에서는 어린이, 노인, 장애인, 환자 등 다양한 신체조건을 가진 사람이 존재한다. 이러한 신체조건의 차이에 따른 다양한 변수와 민 · 관 · 군의 대피시설의 운용환경(사용인원의 인적구성 및 훈련여부, 평시 운용여부, 주변 환경의 혼잡도 등)에 대해 충분히 반영하지 못하였으므로 향후 보다 현실적인 모델을 통하여 그 결과를 보강할 필요가 있다.


## 요 약

본 연구에서는 비상대피시설의 출입구 개수 산정의 적정성을 평가하고자 하였다. 현행 민 · 관 · 군 대피시설의 기준은 대피 인원이 대피를 완료한 상황을 가정하여 적정 건축면적을 보유하도록 하는 정태적 기준만을 제시하고 있다. 그러나 실제 대피상황을 감안한다면 건축면적과 같은 정태적 기준보다는 출입구 개수, 대피인원, 대피시간 등과 같은 동태적 기준을 동시에 고려할 필요가 있다. 이를 위해 동태적 기준이 대피시간에 어떠한 영향을 주는지 대피 시뮬레이션을 통해 매개변수 연구와 회귀분석을 실시하였다. 그 결과를 대피시간에 대한 추정 모델을 개발하고 대피인원 대비 적정 출입구 개수를 제시하였다.


**키워드 :** 대피시간, 출입구 개수, 대피인원, 다중회귀분석


## Acknowledgement

The ROKA Nuclear · WMD Protection Research Center at Korea Military Academy is gratefully acknowledged for providing the financial support that made this study possible. The authors would like to acknowledge ROKA Nuclear · WMD Protection Research Center for their assistance with data collection and technical advice.



## ORCID

Jeong-Heon Roh, http://orcid/0000-0003-4604-8619
Jeong-Moon Lee, http://orcid/0000-0002-8138-1348
Kuk-Joo Kim, http://orcid/0000-0002-9747-1807
Young-Jun Park, http://orcid/0000-0003-4006-8192


## References


1. Dinenno PJ. The SFPE handbook of fire protection engineering. 4th ed. USA: National Fire Protection Association; 2008. p. 25-33.
2. Republic of Korea Army. The protection for fortification and military facility; 2014. p. 4/16-7.
3. Ministry of the Interior and Safety. Civil defense guide lines; 2018. Designation criteria of public emergency evacuation facilities, p. 213-36.
4. Park NH, Yeo WH, Kim TW. A study on civil defense evacuation facilities. Journal of the Korean Society of Disaster Information. 2012 Apr;8(1):56-70.
5. Kwak SY, Nam HY, Jun CM. Microscopic evacuation simulation in large-scale buildings using EgresSIM. The Korea Society for Simulation; 2016 Mar;25(1):53-61. https://doi.org/10.9709/JKSS.2016.25.1.053
6. Kim KY, Mok JH. Evaluating coverage of civil defense evacuation facilities using a spatial optimization approach. The Korean Cartographic Association. 2017 Dec;17(3):97-108. https://doi.org/10.16879/jkca.2017.17.3.097
7. Crawley MJ. The r book. 2nd ed. USA: WILEY; 2013. p. 347-81.
8. Lee IH. Easy flow regression analysis. KOREA: Hannarae Publishing Corporation; 2014. p. 112-45.
9. Bae HU. Moon HS. A correlation and regression analysis using R. KOREA: Kyuwoo Publishing Corporation; 2010. p. 110-7.