

## 지하할인매장의 피난성능개선을 위한 피난 모델링의 적용

김종훈, 노삼규  
광운대학교 건축공학과

### An Application of Evacuation Modeling for Improving the Egress Performance on Underground Discount Store

**Jong-Hoon Kim, Sam-Kew Roh**  
*Kwangwoon University Department of Architecture Engineering*

#### 1. 서론

최근 국내에서는 고층 건축물이 증가하고 있으며, 동시에 대규모 지하공간도 늘어나는 추세이다. 지하 시설은 지하가, 판매시설, 음식점, 지하다중이용업소, 주차장, 기계실 등의 용도가 대부분이나 최근 복합 상영관과 대형할인매장이 들어서는 경우가 늘어나고 있는 추세이다. 그런데 이러한 지하공간은 화재발생 시 공간적 특성에 의하여 위험성이 매우 높으며, 불특정 다수의 인원이 이용하는 대규모 지하공간들의 경우는 대량의 인명피해를 발생시킬 우려가 매우 높다.<sup>1)</sup> 이러한 화재위험성을 감소시키기 위하여 다양한 노력이 필요로 하다. 그러므로 본 연구에서는 먼저 지하 할인매장의 화재특성과 위험요소 등을 알아보고, 화재위험성 감소를 위한 대책을 피난모델링의 응용을 중심으로 하여 알아보았으며, 사용단계에서의 피난유도계획수립시스템을 제안해보았다.

#### 2. 지하공간 화재안전 관련 규정 분석

건축기준은 지하할인매장에 대한 피난성능 관련 요소들의 배치와 설정을 규정하고 있다. 각 기준의 세부적인 사항들의 문제점은 지속적인 개정을 거치면서 효율적이고 현실적이 되도록 발전되어 왔다. 그러나 이러한 요소의 설정은 각각의 설정에 한정되어 규정할 뿐 다른 요소와의 관계를 고려하기가 어렵도록 되어있다.

다시 말하면, 각 요소에 대한 규정들은 각각에 대한 설정만 규정하고 있을 뿐이며, 대상 공간에 모두 적용하였을 때의 종합적인 상황에 대해서는 검토와 조치가 어렵다고 할 수 있다. 이러한 문제점에 대한 한계를 벗어나 종합적으로 검토하여, 실질적인 피난성능을 확보하고자 하는 설계적 대안이 '성능기준 화재안전설계'라고 할 수 있다. 그러나 이것도 설계단계에서만 적용되는 근원적 안전 확보방안이며, 지하할인매장과 같이 건축 후 사

용단계에서 여러 가지 변화가 예상되는 대상공간에 대해서는 안전 확보가 불투명하다는 문제점이 있다.

소방기준에서는 특정소방대상물로 분류되며, 여러 소방시설 설치의 적용을 받고 방화관리자의 선임과 소방계획의 작성 및 운영의 대상이 되고 있다. 그러나 소방계획에서 피난계획, 소방교육 및 훈련, 자위소방대 임무설정 및 운영 등이 포함되고 있으나, 그 실효성은 상당한 의문을 가지게 한다.

피난계획은 피난 동선을 설정하고 이를 중심으로 수행하나 각 층의 화재발생 위치 및 이에 따른 상황 변화에 대한 체계적인 대응계획의 수립은 거의 전무한 실정이며, 이에 따른 소방교육 및 훈련에서의 피난유도부분에 대한 교육의 실효성도 의문시된다고 할 수 있다. 또한 자위소방대를 편성하고 임무를 설정하고 있으나, 지하할인매장의 경우, 근무인원의 특성과 고용관계에 의한 변화를 정확히 반영하고 있는 지, 화재가 발생하면 그 편성대로 모여 활동할 수 있는 지, 정규직과 비정규직 직원의 임무 부여 관계는 어떻게 되는 지에 대한 부분에서 문제를 가지고 있다고 판단된다.

### 3. 지하할인매장의 화재 특성과 피난안전의 문제점

#### (1) 지하할인매장의 일반적 화재특성과 위험요소

지하 할인매장의 화재특성과 위험요소는 지하공간과 대형할인매장의 특성을 동시에 가지고 있다. 먼저 지하공간에서 화재가 발생할 경우 창문이 없으므로 화재 시 발생한 연기가 외부로 쉽게 배출되지 않아 내부에 신속히 축적되고, 플래시오버 및 화재전파가 빠르게 일어난다. 그리고 피난루트가 연기의 이동통로와 동일하기 때문에 피난자들이 연기에 노출될 위험이 매우 크다고 할 수 있다. 특히나 연기로 인하여 소방대의 진입이 어렵고, 외부에 구조를 기다리면서 대피할 장소가 없어, 화재진압이 힘들뿐만 아니라 인명구조 또한 어렵다.

또한 대형할인매장은 일반적으로 대량의 물품이 노출되어 적재되어 있어, 화재 발생 시 그 진행과 확산이 신속하며, 판매 및 홍보를 목적으로 한 화기의 사용, 각종 전기시설의 사용 등이 매우 많아 화재발생 확률도 높다고 할 수 있다. 또한 매장 건물에 익숙하지 않은 다양한 신체적 구조와 연령과 성별의 사람들이 대량으로 집중되는 특성이 있다. 이러한 특성은 화재발생 시 피난에 장시간이 소요될 수 있는 조건이므로, 대형할인매장에서 화재가 발생할 경우 매우 위험하다.

#### (2) 지하할인매장의 피난안전 확보의 문제점

지하할인매장의 피난안전은 일차적으로 관련 규정에 의한 피난성능 구성요소들의 설정에 대한 결정으로 확보된다. 최근에는 이러한 구성요소의 적절성을 화재 및 피난 모델링을 사용하여 분석하고 개선하여 최적화하는 성능기준설계의 적용이 이루어지고 있다. 그

러나 지하 할인매장의 경우, 설계 당시에 확보된 피난안전성능은 이후 사용단계에서 변화를 가져오게 된다는 문제점이 있다.

그림 1의 예에서도 보듯이 지하 할인매장의 설계 당시에는 내부의 매장에 대한 계획이 없다. 그러나 사용단계에서, 또는 영업 중 매장의 변화 등에 의하여 매장내부에서의 피난 관련 요소들은 새롭게 추가 되거나 변화하게 된다. 예를 들어 판매지원시설들이 있는 부분의 계단은 상품을 구매하러 오는 고객들이 그 존재여부조차 잘 인식하기 힘들고 접근이 어려우며, 에스컬레이터를 위주로 고객동선을 구성할 경우, 평상시에는 원활히 소통되나, 화재 시 방화셔터로 에스컬레이터가 구획되면, 진열대와 계산대등에 의하여 피난에 장애가 생겨, 오히려 피난계단 쪽으로 가는 동선은 설계단계에서의 구상보다 훨씬 길어질 우려가 높으며, 피난시간이 길어질 것이다. 또한 피난경로선택 특성 중 귀소성, 일상동선 지향성 등 친숙한 피난경로를 선택하는 가장 강한 행동패턴을 생각해보면, 대다수의 인원이 에스컬레이터 방향으로 집중될 것을 쉽게 예측할 수 있다. 그러므로 이러한 문제점을 해결하기 위한 대책의 마련이 필요하다.

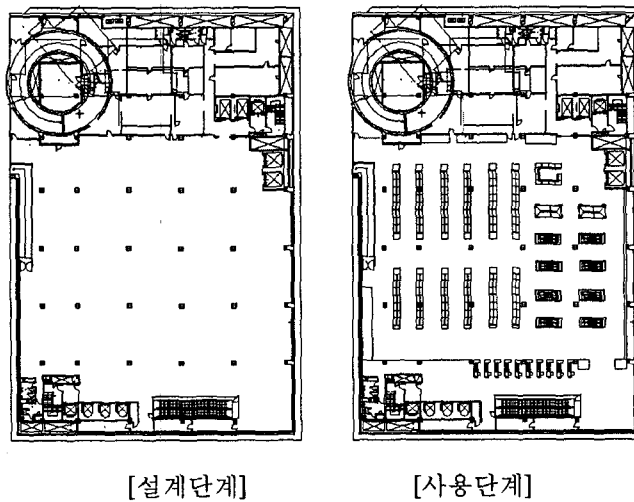


그림 1. 지하할인매장의 설계단계와 사용단계에서의 변화

#### 4. 피난모델링에 의한 지하 할인매장 피난안전성능의 요소

건축물에 대한 화재안전은 시기로 구분해보면, 설계와 사용단계로 나누어 생각할 수 있다. 지하 할인매장은 설계단계에서 법에 의하여 피난성능을 가지게 된다. 좀더 높은 수준의 화재안전을 확보하기 위하여 피난성능평가 등을 수행하기도 한다. 이렇게 확보된 피난성능은 사용단계에서 유지관리가 된다.

그러나 지하할인매장에 대한 사용단계에서의 화재안전은 이에 더하여 두 가지 사항을 고려해야하는데 첫째가 매장 내부의 구성과 변화에 의한 피난요소의 변화이다. 이는 설계 단계에서 결정되는 화재안전요소는 사용단계에서 매장의 배치나 관련시설의 신설 등으로

인해 새로운 요소들이 추가되어 기존에 확보된 화재안전의 수준을 낮추게 될 우려가 있기 때문이다. 두 번째는 비상대응계획과 같은 인적요소에 의한 대응 수준이다. 이는 지속적으로 변화하게 되는 인적 자원에 의한 화재에의 대응에 관한 계획을 수립하고 교육 및 훈련수준을 유지해야한다는 것이다.

그러므로 본 연구에서는 특히 사용단계에 대해 피난모델링을 응용하여 화재안전수준을 높일 수 있는 방안을 생각해보았다. 2003년도에 발표된 피난모델의 수는 16개로 나타나고 있으나 현재 국내에서 사용되고 있는 것은 Simulex와 Building- Exodus 등이 있다.<sup>3)</sup>

## 5. 피난모델링에 의한 사용단계에서의 지하할인매장 피난성능개선 방안

지하할인매장의 사용단계부분에서 피난모델링을 응용하여 피난성능을 개선할 수 있는 부분은 매장 시설과 각종 시설의 배치 및 재배치에 의한 상황변화 부분과 피난유도계획 수립 부분이라 할 수 있다. 지하할인매장의 피난성능을 상승시키기 위해서는 기존에 집중되던 설계단계에서 뿐만 아니라 사용단계에 대한 화재위험성 감소의 노력이 필요하다.

### (1) 매장 및 관련 시설 배치 적절성 평가 방안

성능기준 화재안전설계를 적용하는 설계단계에서는 사용단계에서 이루어지는 매장 및 관련 시설 변화에 대한 고려가 이루어질 수 없다. 그러므로 사용단계에서 매장이 구성되고 관련 시설이 들어서거나, 변화가 생길 경우 이에 대한 피난안전의 검증이 필요로 한다. 사용단계에서의 변화에 의한 피난성능의 측정은 기존의 성능기준 화재안전설계의 순서와 같다. 다시 말해, 새로운 피난요소들의 고려에 의한 피난성능평가를 재수행하며, 그 결과에 의하여 조치를 취하게 되는 것이라 할 수 있다. 이러한 성능기준화재안전설계(Performance-Based Fire Safety Design)에 대해서는 SFPE에서 제시된 가이드라인이 있으며, 일본의 건축기준법에서도 현재 도입되어 사용되고 있다.<sup>4)</sup> 사용단계에서의 이러한 평가의 수행에 대한 법적 근거가 없기 때문에 외부의 제출을 위한 부분은 고려되지 않을 수 있다. 설정된 목적이나 안전의 수준 등은 상황의 변화에 따라 재설정될 수 있으며, 매장이거나 관련 시설의 배치 안 등이 검토의 대상이 된다. 이러한 분석을 수행함에 있어서 분석 도구로 피난모델링 기법을 사용한다.

### (2) 지하 할인매장 피난유도계획수립 시스템

지하할인매장의 피난안전성능은 사용단계에 있어서 인적요소에 의한 부분이 좌우한다고 할 수 있다. 이러한 인적요소에 의한 안전확보 방법은 비상대응계획의 일부인 피난유도계획의 수립과 교육 및 훈련 부분이라 할 수 있다.<sup>5)</sup> 지하할인매장에서 화재 발생시 피난인원은 직원과 손님으로 구성된다. 이 중 대다수의 손님을 상황에 따라 안전하게 대피시킬 수 있는 것은 직원들에 의한 피난유도이다. 피난유도를 수행하는 것은 피난계단과 피난문으로 피난인을 유도하는 것도 중요하지만, 화재의 위험 상황에 따른 능동적 대처가

중요한 요소이다. 매장내부에서 화재가 발생했을 경우 주출입구 근처의 피난로에 대한 인원의 집중을 효과적으로 분산하여, 다른 피난계단으로 유도하거나, 방화셔터로 구획되는 1차적 안전지역으로의 유도한 후 최단 시간 내에 피난인이 빠져나갈 수 있도록, 계획을 수립하여야 한다. 이러한 계획을 수립하는데 있어서 중요한 분석 자료의 제공은 피난모델링을 통하여 할 수 있다. 피난계획수립을 위한 수행절차는 그림 2와 같으며, 각 절차 중 중요한 요소에 대한 설명은 다음과 같다.

#### ① 분석대상의 설정 및 특성 파악

사용단계에서 매장 및 관련 시설에 의하여 내부에는 설계단계와 다른 또 다른 피난관련 요소들이 생기게 된다. 그러므로 분석의 대상이 지정되면, 그 대상의 피난동선이나 이동 통로의 폭등에 대한 변화요소를 모두 파악하여야 하며, 화재위험이 높은 푸드코트(Food Court)나 시식코너, 그리고 전기사용시설들의 위치에 대한 정보를 습득해놓아야 한다.

#### ② 화재발생 층에 따른 대상의 시나리오 구성 요소

해당 층에서 화재가 발생하는 경우와 해당 층의 하부 층에서 화재가 발생했을 경우, 그리고 해당층의 상부층에서 화재가 발생한 경우는 다른 상황이 될 것이다.

먼저 해당층에서 화재가 발생하였을 경우 화재발생위치에 따라 인접하여 사용하지 못하는 피난 계단, 피난문, 방화구획이 결정되게 된다. 하부층이나 상부층에서 화재가 발생하였을 경우 피난계단에 연기가 들어오는지 여부에 따라 사용하지 못하는 피난계단이 결정되게 된다.

#### ③ 분석 시나리오의 구성

위에서 설정된 상황에 따라 다양한 분석 시나리오들을 구성할 수 있게 된다. 사용하지 못하는 피난경로 때문에 타 피난경로에 집중되는 인원이나, 주 피난로에 집중된 인원을 어디로 어떻게 분산해야 하는지에 대한 정보를 얻기 위한 시나리오 들이 구성되게 된다. 또한 인원 구성비와 같은 기본적 조건들도 설정해야 한다.

#### ④ 피난모델링을 사용한 분석 및 피난계획 수립

위 단계에서 결정된 시나리오들을 대상으로 피난모델을 이용하여 분석을 수행한다. 이러한 분석에서는 타 층에서 계단실로 유입되는 인원 외의 정체도 고려해야하므로 대상 층에 지상층으로 피난해야하는 하부층, 또는 상부층의 인원도 고려하여 수행하여야 할 것이다. 이를 통하여 각 시나리오 별 정체예상 구역 및 지점, 피난완료시간 등을 분석해낼 수 있으며, 이를 토대로 피난계획을 수립할 수 있다.

정체예상구역의 인원을 분산하여 유도하는 것도 중요하며, 방화셔터 등으로 구성된 인접 방화구획으로 대피할 경우의 방화구획 점검 계획, 피난로 확인 계획 등도 같이 구성해야 한다. 이렇게 수립된 계획은 각 개인의 임무를 설정하고 이를 교육 및 훈련을 통하여 전체적으로 대처능력을 향상시켜 인적요소에 의한 화재안전수준의 상승을 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

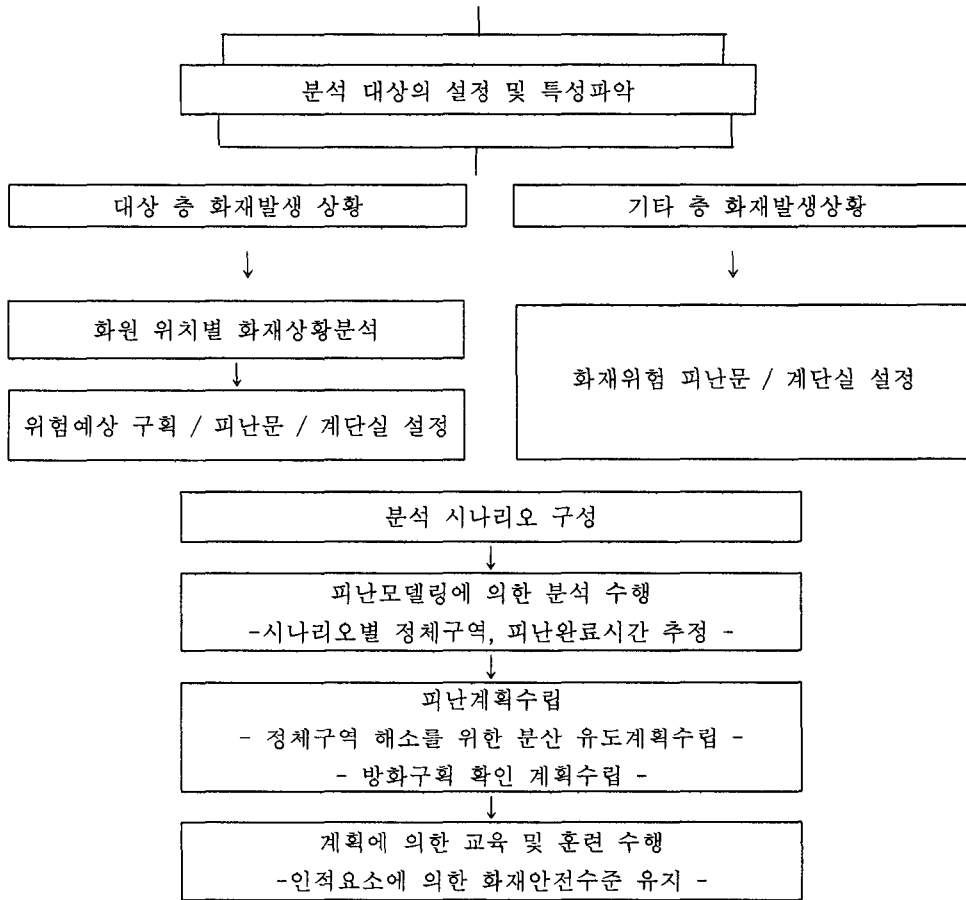


그림 2. 피난모델링을 이용한 피난계획수립 시스템

## 6. 결론

본 연구에서는 지하 할인매장의 화재안전수준을 향상시키기 위한 방안을 마련해 보았다. 설계단계에서 확보할 수 있는 부분들은 성능기준 화재안전설계의 적용 등으로 충분히 이루어 질 수 있을 것이다. 그러나 사용단계에서의 화재안전확보는 설계단계에서 확보된 것으로 충분하지 않다. 그 이유는 매장과 관련요소가 변화하기 때문이며, 이로 인하여 피난관련요소들도 변화할 수 있기 때문이다. 그러므로 사용단계에서도 성능기준설계기법의 적용에 의한 피난성능분석 및 개선이 필요한 것이다. 이에 더하여 피난유도계획을 피난모델링을 이용한 공학적 분석을 통하여 효율적으로 수립한다면 보다 수준높은 지하 할인매장의 화재안전성능을 확보할 수 있을 것이라 판단된다.

본 연구에서 제시된 방안을 토대로 차후 사례연구를 통하여 그 효용성을 알아보고 문제점을 분석하여 보다 효율적인 방안들을 개발해야 할 계획이다.

## 참고문헌

- 1) S.W. Hong and Y. J. Lee (2002) A Study on the Escape Measures and Fire Protection System Improvement in discount Stores, Transactions of Korean institute of Fire Science and Engineering, 16 (4), 20-27
- 2) Young-Il Kim, Myoung-O Youn, Jong-Hoon Kim, and Woon-Hyung Kim (2001) The Improvement of Evacuation Performance for Discount-Store in Undergorund, Transactions of Korean institute of Fire Science and Engineering, 15 (1), 93-99
- 3) S. M. Olenick and D. J. Carpenter (2003) An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke, Journal of Fire Protection Engineering, SFPE, USA Vol 13, No 2, 87-110.
- 4) SFPE (2000) SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings, National Fire Protection Association, 2-6
- 5) Samuel Mullen (1994) Emergency Planning Guide for Utilities, PennWell Publishing Company, 2-5
- 6) J.R. Stealey and C.F. Payne (1996) Integrated Emergency Management, Fire Engineering and Emergency Planning, E&FN SPON, 169-175