

↑ Way out

↑ West Plaza



화재와
피난 안전

• 피난 안전성 확보를
위한
성능평가

글·김은 한국화재보험협회 부설 방재시험연구원 방재건설팀 사원

피난안전성확보를
위한 성능평가

1. 머리말

최근 국내에서는 화재 시 대규모 인명피해가 예상되는 대형판매시설, 복합상영관과 같은 특수 용도와 초고층 건물, 대규모 지하시설 등이 급격히 증가함에 따라 피난안전 수준의 확보를 위한 평가가 활발하게 진행되고 있다. 2008년 1월 7일에 발생한 이천 냉동창고 화재 사고에서는 40명이나 되는 큰 인명피해가 발생하는 등 공사 또는 사용 중인 건축물 및 사업장의 화재위험 및 피난 안전에 대한 관심도 지속적으로 높아지고 있다. 피난 안전평가(Egress Safety Evaluation)는 그 결과가 설계에 반영되기 때문에 성능위주 화재안전설계(Performance-based Fire Safety Design)의 한 부분이 되며, 건축물과 사업장의 재실자를 위한 안전교육 및 훈련 계획 수립 시 반영할 수 있다.

현재, 한국에서는 적절한 피난시간 및 피난 경로, 피난자를 고려한 피난 안전성 확보를 위하여 법규 사양중심의 접근방식과 아울러 성능위주 피난설계(Performance-based Egress Design)가 이용되고 있다. 성능위주 피난설계는 공학적, 정량적 성능평가방법의 적절한 사용이 매우 중요하다.

본 고에서는 건축물 설계 및 관리과정에서 요구되는 피난관련 규정에는 어떠한 것이 있으며, 피난 안전성 향상을 위한 성능평가를 위하여 근간이 되는 자료수집 방법 및 반드시 알아야 할 인간의 심리상태, 성능평가에서 반드시 고려되어야 할 내용에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 피난 관련 규정

피난 성능평가를 하기 위한 기본 자료로써 건물 특성 및 거주자 특성이 요구되는데, 건물 특성은 기본적으로 건축도면을 통하여 확인할 수 있다. 피난시물레이션을 위한 시나리오 설정 시 또는 전반적인 피난관련 건물 수준을 판단하기 위하여 피난관련 기준을 이해하고 있어야 한다. 예를 들어, 평상시 층간 이동 수단인 에스컬레이터는 현행 국내기준에서 화재상황에서 피난 경로로 인정되지 않으므로 피난용량 계산 시 고려되어선 안된다.

한국의 피난관련 기준은 크게 건축관련법규와 소방관계법규로 나뉘어져 있다. 국토해양부에서 운용하고 있는 건축법에서는 건축물의 형상 및 구조를 이용한 피난시설관련 기준을 규정하고 있으며, 행정안전부(구 행정자치부) 소방방재청에서 운영하고 있는 소방관계법령에서는 화재가 발생할 경우 피난하기 위해 사용되는 기구 등에 관련된 기준을 규정하고 있다.

가. 건축관계법령

건축법에는 '제5장 건축물의 구조 및 재료' 부분에서 피난 및 방재에 관련된 법을 규정하고 있다. 건축법 5장 규정 가운데 건축법 제49조는 건축물의 피난시설·용도제한 등에 관한 기준으로서 동법 시행령 제34조 내지 제44조, 제48조에서 계단 및 복도의 설치, 보행거리, 출구 관련 규정, 옥상광장, 대지안의 피난 및 소화에 필요한 통로, 제90조에서 비상용 승강기의 설치 등의 사항을 포괄적으로 규정하고 있다. 또한 항목에 대한 상세내용은 국토해양부령으로 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙과 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙에서 다루고 있다(표1 참조).

그 외에 법적인 강제 규정은 아니나, 기준에 의하여 검토되는 범위를 벗어나게 되는 초고층

구분	기준명
법률	법 제49조 건축물의 피난시설·용도제한 등법 법 제53조 지하층법 법 제64조 승강기
대통령령	제34조 직통계단의 설치 제35조 피난계단의 설치 제36조 옥외피난계단의 설치 제37조 지하층과 피난층 사이 개방공간의 설치 제38조 관람석으로부터의 출구의 설치 39조 건축물의 바깥쪽으로의 출구의 설치 제40조 옥상광장 등의 설치 제41조 대지안의 피난 및 소화에 필요한 통로의 설치 제44조 피난규정의 적용 예 제48조 계단, 복도 및 출입구의 설치 제90조 비상용승강기의 설치
국토해양부령	건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 건축물의 피난방화구조 등의 기준에 관한 규칙

〈표1〉 건축관계법령

또는 지하심층화 건물 등에 대한 피난 안전 확보를 위하여 일부 지방자치단체에서는 건축심의의 시 사용되는 건축심의 기준에 피난관련 규정을 명시하는 경우도 있다.

예를 들어 서울시의 경우 다중이용 건축물 16층 이상 또는 연면적 30,000㎡ 이상인 건축물에 대해서 지하 3층 거실 설치를 위한 선근 설계기준, 특별피난계단 부속실의 최소면적(4㎡) 확보, 막다른 복도 길이(20m 이하) 제한, 직통계단 출구 간 이격거리(건축물 장변의 1/3 이상) 확보, 에스컬레이터실의 방화구획 승강기 승강장 구획을 통한 층 간 방화성능 보완, 옥상 출입문 개폐 시 경보 작동 열쇠박스 설치, 대규모 관람장·지하철 역사 등에 피난유도표지 설치, 호텔 등 객실정보장치 설치 등을 규정하고 있다.

나. 소방관계법령

1958년 제정된 소방법이 2003년 5월에 폐지되면서 주요 소방관계법령은 소방기본법, 소방시설공사업법, 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률, 위험물안전관리법으로 구분되었으며, 이 외에도 다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법과 행정안전부 고시로 국가화재안전기준(NFSC)을 운용하고 있다.

소방관계법령에서는 건축관계법령과는 달리 보행거리나 피난로의 폭에 대한 규정사항은 포함하고 있지 않다. 다만, ‘소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 시행령 별표 3’에서는 재실 밀도 산정방법에 대한 내용을 규정하고 있다. 그리고 행정자치부고시 제2004-36호의 ‘다중이용업소의 소방시설 등의 화재안전기준(NFSC 601)’에서는 출입구 및 비상구에 대한 내용을 담고 있다. 그 외에 재실자의 피난에 관련된 법령들은 피난시설 및 방화시설의 유지 관리

에 대한 내용 또는 거주자에 대한 소방훈련에 관련된 내용이거나, 피난기구 등에 대한 관련 규정들이 있다(표2 참조).

구분	주요 규정 항목
소방기본법	• 소방장비 및 소방용수시설, 화재 예방과 경계, 소방활동, 화재조사, 구조 및 구급 등의 규정
소방시설 공사업법	• 소방시설업, 소방시설공사, 소방기술사 등의 규정 • 소방시설공사업법 제11조(설계)/령 제2조의2(성능위주설계 특정소방대상물의 범위)
소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률	• 소방검사, 소방시설의 설치 및 유지·관리 등, 소방대상물의 안전관리 등 • 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제2조/령 제5조(특정소방대상물)/령 제15조(특정소방대상물의 규모 등에 따라 갖추어야 하는 소방시설 등)/별표3(수용인원의 산정방법)
다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법	• 다중이용업소의 안전관리에 관한 기본계획, 다중이용업소의 안전관리를 위한 기반 조성 등 • 소방안전교육(법 제8조), 피난안내도의 비치 또는 피난안내 영상물의 상영(법 제 12조제1항), 다중이용업소에 대한 화재위험평가 등(법 제15조제1항)
국가화재안전기준	• 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501) • 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501A) • 다중이용업소의 소방시설 국가화재안전기준(NFSC 601) 등

〈표2〉 소방관계법령

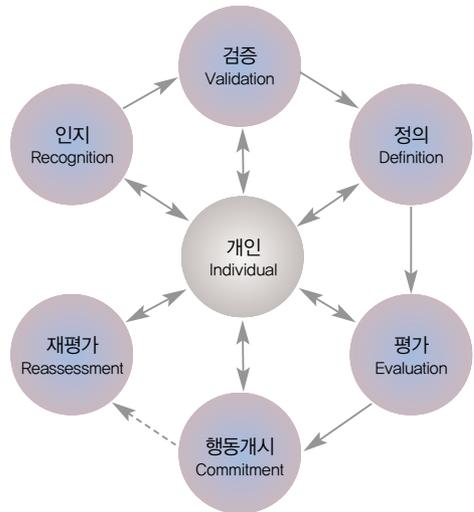
3. 피난에 관한 연구 방법 및 피난자의 심리 변화 과정

가. 피난 행동을 해석하기 위한 일반적인 방법

건축물 화재 시 재실자의 피난 행동을 해석하기 위한 일반적인 방법으로는 첫째 화재사례를 통하여 피난 행동을 조사 분석하는 방법, 둘째 피험자를 이용하여 일정조건 하에서 실험을 행하는 방법, 셋째 군집 유동을 관찰·측정하는 방법 등이 있다. 피난 행동과 관련된 개별적인 해석을 도모한 많은 연구가 있다.

나. 화재 및 연기에 대한 피난자의 심리 변화 과정

Withey는 상황적 화재사고 징후를 인지, 파악, 구조화, 평가하기 위해 개인이 활용할 수 있는 심리적 및 신체적 과정을 연구했다. 이러한 개인적 인지 과정 6가지(도표1 참조)는 화재 인지에 있어서 중대한 인자가 될 수 있다.



〈도표1〉 화재 시 개인의 의사결정 과정

4. 성능위주 설계에서 점유자 특성 및 가정

2002년에 처음 만들어진 미국의 NFPA 5000, Building Construction and Safety Code(건축물 구조 및 안전 코드) 2006년판에서는 성능위주 설계를 위한 건물, 점유자, 비상 사태 대응 요원, 기타 다른 분야의 설계 특성과 가정을 현실적이고, 입증 가능하도록 명확히 진술하고 제시하도록 하고 있다. 설계 시 반드시 고려되어야 하는 사항으로 피난과 관련하여 점유자 특성 및 가정(NFPA 5000, 5.4.3)에서는 다음과 같은 사항을 언급하고 있으며, 피난 성능평가 시 반드시 고려되어야 할 필수항목이다.

가. 일반사항

설계 계산에 사용하는 점유자 특성의 선정은 관할기관이 승인하며, 예상 건물 수용인원을 정확하게 반영해야 한다. 일반사항에 대한 부분은 SFPE Engineering Guide to Predicting Human Behavior in Fire에서 설계에 사용할 점유자의 특징에 대한 지침을 찾아볼 수 있다.

나. 점유자 상태

설계 시방서를 사용하여 예상 점유자 특성을 수정하지 않는 한, 점유자 특성은 평균 점유자의 상태를 나타내야 한다.

다. 반응 특성

민감도, 반응성, 이동성, 그리고 감수성에 대한 기본적인 반응 특성을 고려해야 한다. 건물 용도에 적합한 인구에 대한 예상 특성 분포도 고려해야 하며 이러한 특성에 대한 자료의 출처는 문서화되어야 한다. 4가지 기본적 특징(민감도, 반응성, 이동성, 감수성)은 건물이 이 코드의 목적, 목표, 그리고 성능기준을 충족하는 기능에 영향을 미칠 수 있는 건물 내 사람의 상호 배타적인 최소한의 성능 특징을 완벽히 구성한다. 컴퓨터 평가모델의 사용처럼 시나리오를 설정하여 평가하는 과정에서 이들 기본적인 반응 특성의 요소를 반영하여 실행할 수 있다. 아래 표에 그 예가 명시되어 있다. 점유자의 특성에 대한 더 자세한 설명은 SFPE Engineering Guide to Predicting Human Behavior in Fire를 참고하면 된다.

특성	예
경계심	취침 여부는 시간에 따라 달라질 수 있음
반응성	신호를 감지하고 반응하는 능력
책무	경보 발령 이전에 진행 중이던 활동에 대한 점유자의 전념 수준
초점	거주자의 주의가 집중된 지점. 예 : 교실, 무대 앞 또는 업무 환경에 있는 서버
신체적, 정신적 능력	인지 능력, 반응 능력, 신호에 대한 반응 능력에 영향을 줄 수 있음 나이 또는 장애와 연관될 수 있음
역할	거주자가 다른 사람들을 통솔할지 또는 따를지 판단할 수 있음
친숙성	건물에서 보내는 시간 또는 비상훈련에의 참여 여부에 따라 달라질 수 있음
사회적 관계	점유자가 개인 또는 집단의 구성원으로서 행동/반응하게 될 범위
상황	화재가 발생한 동안에 화재 및 연소 생성물이 각 점유자에게 미치는 생리적, 심리적 영향

〈표3〉 점유자의 기본적인 반응 특성

라. 위치

일반적으로 점유자가 있는 모든 방 또는 지역에서 최소한 한 사람은 피난통로에서 가장 먼 지점에 위치해야 한다.

마. 점유자의 수

점유자가 있는 모든 방 또는 지역에서 예상되는 최대 점유자의 수를 기반으로 설계해야 한다. 점유자의 수가 특정 수치를 초과하는가 여부에 따라 설계가 성공 또는 실패하는 경우, 운영 통제를 이용하여 보다 많은 점유자의 수가 예상되는지 여부를 확인해야 한다.

바. 보조원

다른 점유자의 안전을 위해 보조원이 필요한 경우, 훈련된 보조원을 배치해야 한다. 건물 안전설비의 일부로 훈련된 보조원이 배치된 경우, 해당 보조원의 능력을 확인하여 문서화해야 한다. 예를 들면, 병원에서 수, 위치, 자질, 그리고 훈련 빈도수 등 직원 특성을 고려해야 한다.

5. 피난 설계의 평가

인명피해의 최소화를 위한 피난 성능평가 기준이 되는 것은 대상 건축물에서 화재 발생 시 연기 등으로 인한 피해가 발생하기 이전에 건물 내 사람이 목표로 정한 안전한 장소로의 피난 가능 여부이다.

이러한 피난 설계의 평가는 기본적으로 화재 시 공간내부의 거주자들이 위험한 상황에 도달하게 되는 시간과 거주자들이 피난을 완료하는 시간과의 비교를 통해 이루어지게 된다. 여기서 거주자들이 대상공간에서 피난을 완료하는데 필요한 최소피난요구시간을 RSET(Required Safe Egress Time : 피난요구시간)이라 하며, 화재로 인하여 위험에 도달하게 되는 시간을 ASET(Available Safe Egress Time : 허용가능피난시간)이라 한다. 그러므로 평가결과는 ASET과 RSET의 비교를 통해 이루어지며 일반적으로 화재에 대한 인명 안전이 달성되기 위해서는 RSET가 ASET보다 짧아야 한다. 이때, ASET는 점유공간 혹은 건물 내에서 화재로 기인한 상태가 견딜 수 없는 상태가 되는 시간으로 정의한다.

피난 안전은 그림과 같이 RSET이 ASET 이하가 되는 경우에 확보되며 만약 그 반대라면 대상 건축물의 피난 안전성능은 확보되지 못한 것으로 판정할 수 있다.

RSET(피난요구시간)

- **요소**
피난 인원의 특성
피난 경로의 효율성
안전구획까지의 거리
- **측정방법**
피난 모델링/수 계산공식
- **결과**
피난 완료 시간

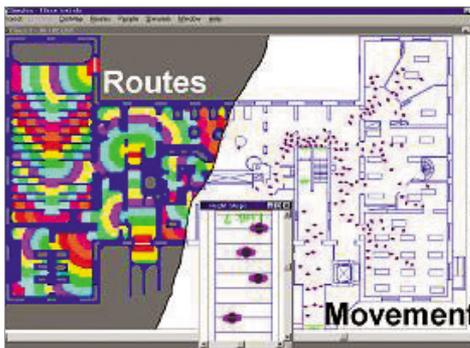
ASET(허용가능피난시간)

- **요소**
화재 전파속도
플래시오버 도달시간
연기층 하강시간
- **측정방법**
화재 모델링/수계산 공식
- **결과**
위험 수준 도달시간

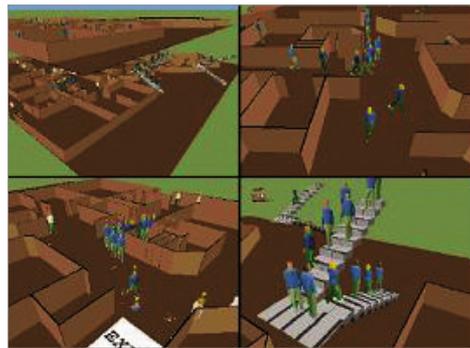


그러나 단지 RSET보다 ASET가 크다고 하여 안전하다고 할 수는 없으며 안전시간 (Margin of Safety)의 개념이 필요하게 된다. 피난 안전을 확보하기 위하여 설계자는 수 계산이나 컴퓨터 모델을 사용한 분석 결과를 토대로 안전시간의 충분한 확보를 위한 설계 대안을 마련하게 된다.

현재 한국에서 많이 사용되고 있는 컴퓨터 피난 시뮬레이션 프로그램으로는 영국에서 개발한 Simulex와 EXODUS가 있다. ☺



〈그림1〉 SIMULEX 실행 모습



〈표3〉 EXODUS에 의한 시뮬레이션 결과의 표현

[참고문헌]

1. John L. Bryan, "Behavioral Response to fire and Smoke", The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition, 3/315-3/340P, 2002
2. NFPA 5000, Building Construction and Safety Code, 2006
3. SIMULEX 홈페이지 http://www.iesve.com/content/default.asp?page=s1_2_1
4. EXODUS 홈페이지 http://fseg.gre.ac.uk/fire/EXODUS_animations.asp