

건물피난성능평가 프로그램(EVA-DS) 개발

김종훈, 김운형, Ichiro Hagiwara*

경민대학 소방과학과, *일본 국토교통성 방화기준연구실

An Development for Building Evacuation Modeling Software, EVA-DS

Jong Hoon Kim, Woon Hyung Kim, and Ichiro Hagiwara*

*Kyung Min College, Fire Station Division, *NILIM, Japan*

1. 서론

국내의 화재발생과 이로 인한 피해는 지속적인 증가추세에 있다. 지금까지 발생한 수많은 화재사례들에서 인명피해의 발생은 화재 시 신속한 피난이 이루어지지 못하여 일어남을 알 수 있었다. 화재시 인명의 안전한 피난의 보장은 건물이 설계단계에서부터 부여되는 피난성능과 소방시설들에 의하여 이루어진다. 그러나 현재 국내의 건물설계시 피난에 대한 고려는 건축법에 포함된 한정된 규정만 적용되어 거주자들의 신속한 대피를 위한 설계의 검토는 거의 수행되지 않는 실정이다.

그러므로 국내 건축물의 화재 시 발생하는 인명피해를 최소화하기 위해서는 건물의 설계 단계에서부터 부여되는 피난성능을 필요한 수준으로 계획되어야 하며, 이를 위해서는 피난성능평가의 체계와 방식의 정립이 필요하며, 건축주, 건물 설계자, 소방관, 건축허가관련자, 화재전문가들이 손쉽게 사용할 수 있는 건물피난성능평가프로그램의 개발이 절실하다고 할 수 있다.

본 연구는 피난 모델의 조사와 국내 실정에 적합한 모델의 선정과 분석, 그리고 건물피난성능평가 프로그램인 EVA-DS (EVAcuation Design Software)의 개발을 진행하였으며, 이는 국내 건축물의 피난설계와 피난성능평가에 매우 유용하게 사용될 수 있다고 판단된다.

2. 건물피난성능평가의 개념

건물의 피난 안전성능 평가는 피난에 필요한 최소 시간(Required safe egress time, RSET)이 허용 가능한 피난시간(Available Safe Egress Time, ASET) 이하가 되는지를 확인하는 과정이다. 여기서 RSET은 재실자들의 성별, 연령별 구성과 같은 특성과 보행속도, 피난경로의 효율성, 안전구획까지의 거리와 같은 인자들에 의하여 계산되며, ASET은 피난에 영향을 미치는 조건, 다시 말해 타당한 화재시나리오에 의해 산출된 플래시오버 시간이나, 특정한

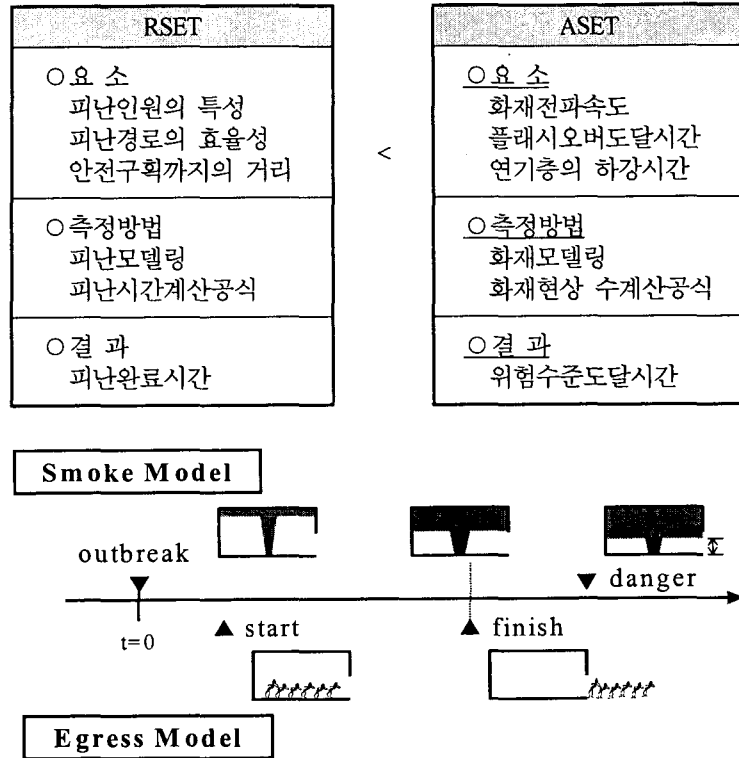


그림 1. RSET과 ASET의 비교 평가.

높이까지의 연기 층 하강시간 등을 의미한다. 설계자는 예상되는 화재가 발생하여 확대되는 시간동안 대상공간의 재실자가 피난에 지장을 받는 위험한 상황에 도달하는가를 통하여 피난 안전성을 평가하는 것이다.

RSET을 산출하는 방법은 수계산 공식이나, 피난 모델링을 수행하는 방법이 있으며, ASET도 권장되는 수계산 공식이나 화재모델링을 통하여 예측이 가능하다.

피난안전성평가는 건축물의 설계 단계에서 피난설계의 적정성을 검증하기 위해서 수행되며, 이미 건축된 건물의 검증과 피난안전성능향상을 위한 계획수립에도 적용할 수 있다.

3. 피난성능평가 방법의 비교

현재 국내에서 사용되었던 건축물의 피난안전성능계산방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있는데, 하나는 1985년 일본에서 발간된 '신 건축방재설계지침'에 수록된 평가방법이며, 두 번째는 상용 피난모델을 사용하는 방법이다. 이 이외에도 SFPE Handbook에 수록된 피난계산방법과 2000년 5월 일본에서 건설성 고시로 발표된 성능기준의 새로운 피난성능 평가방법이 있다. 여기서는 SFPE의 방법을 제외한 나머지 방법들의 장단점을 분석하고 본 프로그램 개발에 적합한 모델을 선정하였다.

3.1. 일본 '신 건축방재설계지침' 방법

현재 국내 건축물 설계시 자주 사용되는 방법이며, 1985년 일본건축센터에서 지침이 발표된 이후, 국내에 발간된 관련서적에서 소개되었다. 이 방법의 특징은 수 계산의 결과와 그래프에 의한 분석으로 최종 피난시간을 산출한다. 거실피난과 복도가 포함된 층 피난 두 가지로 계산을 나누어서 수행하며 각각의 계산결과시간이 허용피난시간을 초과하지 않아야 한다.

평가의 기준인 허용피난 시간이 대상의 면적에 비례하는 개념이며, 별도의 화재에 대한 분석 없이도 평가가 가능하기 때문에 국내에서 쉽게 사용되고 있다. 그러나 건물전체에 대한 평가가 불가능하며, 화재 위험성에 대한 고려가 없기 때문에 그 실효성이 낮다.

3.2. 피난모델을 이용하는 평가방법

현재까지 전 세계적으로 여러 가지 화재모델들이 개발되었으며, 이 중에는 화재시 재실자의 피난시간을 계산하는 모델도 포함되어 있다. 이러한 피난모델들은 거주자의 피난행태에 관한 연구와 실험을 통하여 개발된 것이며, 최근의 모델들은 이전의 것보다 좀더 구체적인 사항들을 고려하여 분석할 수 있도록 발전되었다.

이러한 연구의 결과로 건물에서의 피난시간을 분석하기 위한 상용모델들이 개발되어 판매되고 있으며, 영국 LES에서 개발된 Simulex와 FSEG에서 개발하여 판매하는 Exodus가 가장 대표적이라고 할 수 있다. 국내에서는 이러한 모델의 적용성에 대한 연구가 발표되었으며 Simulex의 경우는 대형건축물의 피난안전성평가에 몇 차례 적용된 경우가 있다.

이러한 상용모델은 건물의 도면을 입력하여 사용하며, 피난인원에 대한 특성의 설정이 가능하다며, 피난 수행과정을 동영상으로 보여주며, 정체구간과 피난통로에 대한 집중도의 확인과 분석이 용이하다. 모델링의 결과는 각 피난문의 피난완료시간으로 보여준다.

그러나 고가의 프로그램이며, 모델에 대한 충분한 이해와 고려가 필요하고, 적합한 입력 데이터의 선택에 있어서 전문가의 판단이 요구된다. 또한 피난안전성능의 평가를 위해서는 별도의 화재모델링을 수행해야 한다. 따라서 화재역학에 대한 공학적인 해석을 요구하며, 용도에 부합하는 입력 자료를 사용할 수 있는 전제조건이 만족되어야 한다.

3.3. 일본건설성 고시의 피난 안전성능 검증법

2000년에 개정된 일본의 건축기준법은 제129조의 2에 의한 피난성능이 검증되는 경우, 관련 규정의 일부를 배제하고 있다. 이는 건축 설계자들이 피난설계를 수행할 시에 사양기준을 따르되 성능기준 방법을 선택할 수 있도록 한 것이다. 신 피난계산법은 거실, 층, 건물의 범위로 각각 안전성능을 계산하여 검증하도록 하고 있으며, 이에 대한 세부적인 계산 방법은 건설성 고시 제1441호와 제1442호로 정하고 있다.

이 검증법의 평가항목은 "추정되는 화재에 대해 입주자 전원의 피난에 지장이 없을 것"이며, 피난에 지장이 없을 것이란 화재로 인한 위험에 노출되지 않고 안전한 피난장소까지의 피난통로를 확보할 수 있는 조건을 말한다. 구체적으로 말하면 추정되는 화재로부터의 발생된 연기확대가 거실이나 복도 등의 공간에 인명피해의 위험을 발생시킬 수 있는 시간보다 대상공간의 피난시간이 더 빠르다는 것을 나타내야 한다. 그러므로 피난안전성능검증법의 각 대상범위(거실, 층, 건물)에 대한 각각의 계산 방법은 두 부분으로 나누어져 있으며, 하나는 거실과 복도의 연기흐름예측에 의한 위험발생시간 계산부분이며 거실로부터 계

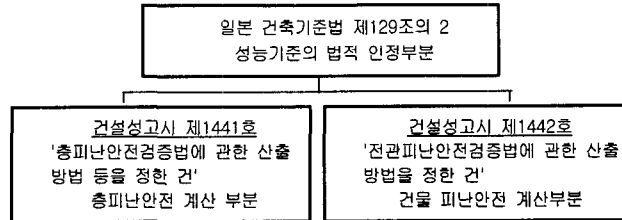


그림 2. 일본 피난안전성능평가의 법적 구성 체계.

단까지의 피난행동예측에 의한 피난종료시간 계산부분이다. 결과적으로 이 두 부분의 계산 결과의 비교가 평가를 완료하는 부분이 된다.

3.4. 피난성능평가 방법의 선정

각 피난성능평가방법을 비교해본 결과 다음과 같은 이유에 의하여 일본 건축기준법에서 제안된 방법을 프로그램의 모델로 선정하였다.

- ① 대상 건물의 전체적인 피난안전성능평가가 가능함
- ② 실무적용을 위한 데이터가 모두 포함되어 있음
- ③ 화재위험성(연기층 하강)부분이 포함되어 있어 별도의 화재모델링이 필요 없음.
- ④ 성능기준 화재안전설계를 구현함.
- ⑤ 대상에 대한 적용사례가 충분히 있음.
- ⑥ 데이터의 입력만 요구하므로 컴퓨터에 비숙련자라도 쉽게 사용할 수 있도록 설계가능

4. 피난성능평가 프로그램 (EVA-DS)개발

4.1. 프로그램의 개요

본 연구개발의 결과물인 프로그램 EVA-DS는 건축물의 피난설계를 지원하고, 피난안전성능을 평가에 사용될 수 있도록 개발되었으며, 2000년 5월에 발표된 일본 건축기준법의 성능기준 부분 중 피난성능평가계산을 중심으로 설계되었다. 본 프로그램은 다음과 같은 특성을 포함한다.

- ① 피난안전성능검증계산에 대한 쉬운 입력방법
- ② 입력의 수정이나 재입력 시 쉽게 수행할 수 있도록 사용자 환경을 설계함.
- ③ 여러 경우의 결과를 쉽게 비교 검토할 수 있도록 함
- ④ 필요한 화재현상에 대한 계산을 수행할 수 있는 도구마련 (플래시오버 계산)

4.2. 프로그램의 구성

피난안전 성능검증을 위한 계산 프로그램인 EVA-DS는 일본 피난안전성능검증방법에서 제시된 거실피난, 총피난, 건물피난의 3개 부분과 구획화재현상 중 플래시오버에 대한 계산을 할 수 있도록 설계되었다.

EVA-DS는 프로젝트 개념을 사용하여 하나의 프로젝트 안에서 여러 회수의 평가를 수행

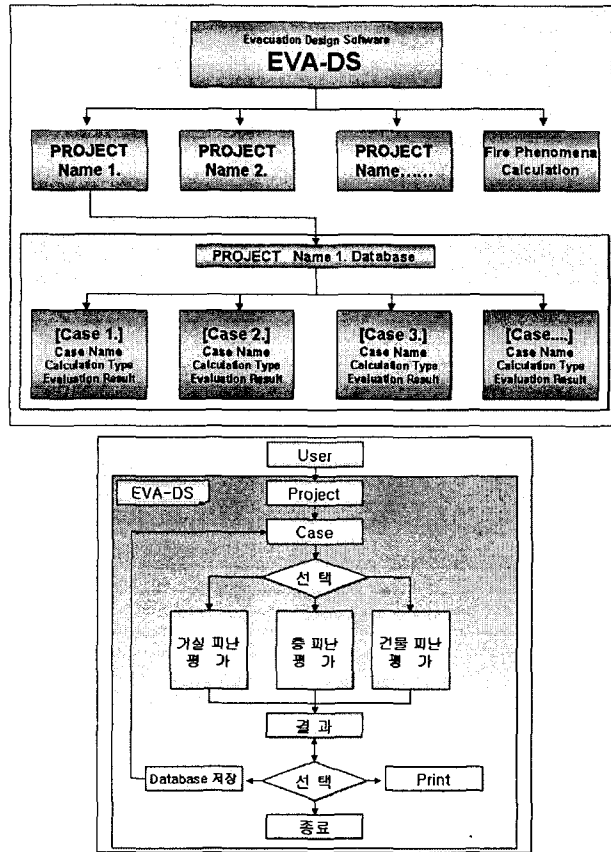


그림 3. EVA-DS의 PROJECT와 CASE의 구조적 관계와 계산 흐름도.

할 수 있도록 되어 있으며, 수행된 평가의 결과는 프로젝트의 DB에 저장되어 차후에 평가 결과를 보거나 다른 결과와의 비교를 쉽고 빠르게 할 수 있도록 설계되었다.

3개로 구분된 각각의 계산 부분은 계산에서 요구하는 값들을 빠르고 쉽게 입력할 수 있도록 단계별로 항목을 구분하여 제시되도록 하였으며, 각 단계(Step)에서 이전단계의 입력 값을 손쉽게 수정할 수 있는 구조로 되어 있다. 이렇게 입력된 값에 의한 평가결과는 최종단계에서 제시되며, 여기서 인쇄나 프로젝트의 DB로의 저장을 수행할 수 있도록 설계되었다.

각 입력 자료들은 DB화하여 쉽게 찾아 입력할 수 있도록 되어있고 강력한 도움말기능을 도입하여 문제해결이나 이해를 빠르게 할 수 있도록 하였다. 이러한 부분은 사용자의 편의성과, 교육시에도 유용하게 사용될 수 있도록 하였다.

4.3. 프로그램의 특성

본 프로그램 EVA-DS는 Visual Basic 6.0으로 제작되었으며, Microsoft Windows 98/Me/XP의 OS의 GUI 환경과 표준 인터페이스를 사용한다. 프로그램을 실행하면 그림 4와 같은 초기화면이 제시되며, 메뉴는 [파일], [피난성능검토], [도구], [도움말], [정보]로 구성되어 있다. [피난성능 검토]는 [거실피난검토], [층피난검토], [건물 피난검토]의 하위메뉴 3개로 구성되

어있다. 프로젝트를 새로 만들거나 불러오면 그림 5와 같은 화면이 제시되며, 하나의 프로젝트에서 여러 케이스를 계산하면 각각은 그 정보와 평가결과를 쉽게 볼 수 있도록 나타내 준다.

그림 6과 같이 각 계산은 단계별로 나누어져있으며, 각 계산에서 필요한 데이터나 테이블은 [#표]라고 되어 있는 항목을 누르면 바로 옆에 보이도록 하여 입력 값을 쉽게 찾을 수 있도록 제작하였다. 그림 7에서 보듯이 계산이 끝나는 단계에 오면 평가 결과를 보여주며, 다시 수정하거나, 인쇄하거나, 계산결과를 저장할 수 있다.

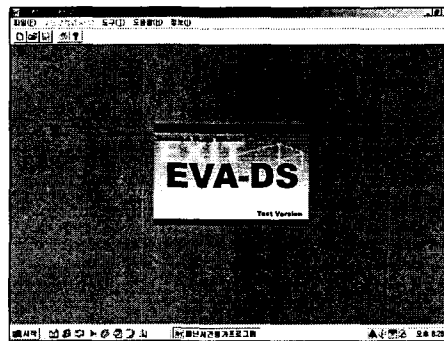


그림 4. EVA-DS 초기화면.

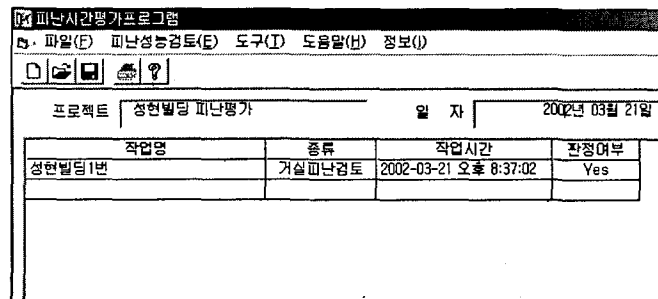


그림 5. EVA-DS의 Case DB.

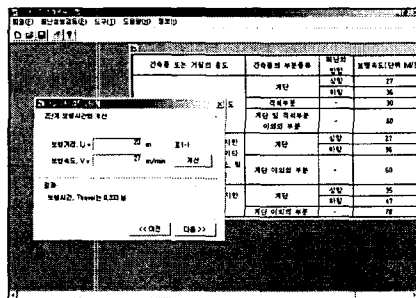


그림 6. 계산 진행 과정의 모습.

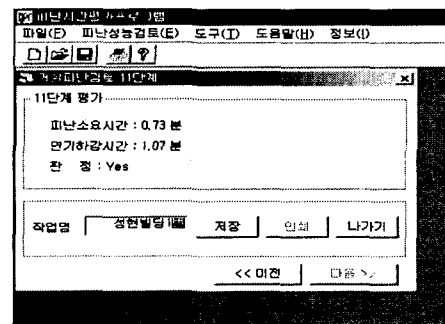


그림 7. 계산의 최종단계 모습.

5. 결론

본 연구는 2000년 5월 발표된 일본의 피난성능검증에 관한 내용을 기준으로 화재실의 피난시간, 화재 층의 피난시간 그리고 건물 전체의 피난시간을 예측하기 위하여 피난시간 프로그램을 개발하였다. 본 EVA-DS 프로그램은 사례분석과 전문가의 검토 그리고 모델에 포함된 계산자료 등의 적정성에 관한 연구가 진행 중에 있으며 향후 건축설계자와 소방설계 분야에서 적정 피난설계를 위한 설계도구로서의 활용이 기대된다. 다만 현 모델에서 제외된 주요한 피난요소, 예로서 피난통로의 선택 및 경로파악 상황, 피난경로상의 대기상황 등은 추후 보완이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 김운형, 윤명오, 김종훈, 「할인점 지하매장의 피난성능개선에 관한 연구」, 한국화재·소방학회논문지, 15권, 1호, pp. 93-99, (2001.)
2. 김운형, 윤명오, 「피난모델의 검토-SIMULEX」, '99 춘계학술대회논문집, 한국화재·소방학회, (1999.)
3. 國土交通省 建築研究會, 「2001年版 避難安全檢證法の解説及び計算例とその解説」, pp. 299-318, (2001.)
4. 김운형, 윤명오, E. R. Galea, EXODUS 피난모델의 검토, 한국화재소방학회 춘계 학술발표회, (2000.4).
5. 김운형, 이용재, 윤명오, W. E. Koffel, 미국의 피난규정, 한국화재소방학회 추계학술논문발표회, (2000.11).
6. 김미경, 김운형, Ichiro hagiwara, 일본의 피난설계 규정, 한국화재소방학회 추계학술논문발표회, (2001.11).