

## 성능 설계 평가 기준 작성을 위한 사례 연구

유용호 · 박해준\* · 조경숙 · 권오상 · 김홍열  
한국건설기술연구원, Worcester Polytechnic Institute\*

### A Case Study on Evaluation Criteria for Performance based design

Yoo, Yong Ho · Park, Hae Jun · Cho, Kyoung Suk · Kweon, Oh Sang ·  
Kim, Heung Youl

Korea Institute of Construction Technology, Worcester Polytechnic Institute

#### 요 약

본 연구는 해외 선진국의 성능설계사례를 분석함으로써, 국내의 성능설계 평가 기준을 마련하고자 하였다. 성능설계 평가기준은 큰 범위의 제도적인 틀에서부터 매우 세부적인 공학적 수식에 이르기 다양한 수준에 걸쳐 가능하지만, 현재 도입 초기에 있는 국내 현실에 맞추어 성능설계 보고서의 필수적으로 요구되는 인자 항목에 초점을 맞추어 기준을 제시하고자 하였다. 특히, 성능설계에 있어 가장 중요한 화재공학 요약서 및 분석/평가를 위한 10개의 화재시나리오 작성방안을 작성하였다. 법규위주의 설계에서는 법규를 만족시키는 설계 자체가 적절한 안전도를 보장하고 있다고 간주되지만 성능위주 설계에서는 그러한 실질적인 기준이 없다. 따라서, 제안된 성능 설계안을 평가하고 그것이 사회적인 안전 기대치와 부합하는지를 검토하기 위한 기준 설정은 성능평가의 성공을 가능하는 기본적인 잣대가 될 수 있을 것이다.

#### 1.서 론

일반적으로 건축 법규에서는 “무엇”이 필요한지에 관한 것을 규정하고는 있을 뿐 “왜” 그것이 필요한지를 포함하고 있는 경우는 없다. 최소한 최근까지는 이렇듯 필요성에 대한 설명이 부족하다 하더라도 무엇이 필요한지에 대한 답변 과정에서 전문가의 의견과 중요 화재 사건 이후 얻은 교훈등으로부터 일부분이 수정, 보완되어 왔기 때문에 현실적으로 법규위주의 설계는 큰 문제없이 잘 적용되어 왔다. 하지만 건축 재료의 발달, 건축물의 대형화 및 고층화, 그리고 다양화된 건축시장의 요구 등으로 인해서 과거의 법규위주의 “무엇”이 필요한 지에 대한 규정으로는 적절한 안전을 보장하는데 어려움이 생기게 되었다. 또한 과학 기술의 발달과 더불어 화재 관련 현상에 대한 공학적인 해석이 가능해짐으로써 일괄적인 법규위주의 규제보다는 필요한 성능에 중점을 둔 성능설계 중심으로 화재 안전

을 보장하는 방향으로 발전하고 있는 것이 현 추세이기도 하다. 법규위주의 설계에서는 법규를 만족시키는 디자인은 적절한 안전도를 보장하고 있다고 간주되지만 성능 위주 설계에서는 그러한 실질적인 기준이 없으므로 제안된 디자인을 평가하고 그것이 사회적인 안전 기대치와 부합하는지를 검토해야 한다. 본 연구에서는 국내 도입 초기에 있는 성능설계의 기준을 마련하기 위하여, 국외의 성능설계사례를 분석함으로써 성능 설계의 평가기준 작성하여 보고자 하였다.

## 2. 본 론

성능설계 사례 분석은 큰 범위의 제도적인 틀에서부터 세부적인 공학적 수식에 이르기까지 다양한 수준에 걸쳐서 가능할 수 있으나 본 연구에서는 나라별로 요구되는 성능설계 보고서의 내용물과 그 형식중 일반적으로 받아들여지고 있는 내용을 분석하였다.

### 2.1 화재시나리오

화재 시나리오는 화재 및 그와 연관된 제반현상들을 규정하는 것으로 건축물내에서 화재의 시작위치, 창 및 문의 개폐여부, 방화시스템의 작동여부 등을 포함한다. 그러므로 화재 시나리오는 화재 및 그에 따르는 연소물질의 생성뿐만 아니라 그에 따르는 건물과 방화시스템 등의 일련의 사건들을 시간에 따라 정의한다. 한 건물을 대상으로 수많은 화재 시나리오가 가능하지만 그 모든 것을 분석하는 것은 비효율적이며 불가능하다. 그 중에서 더 중요하고 큰 피해가 예상되는 화재 시나리오를 골라서 디자인 화재 시나리오로 설정하고 분하여야 하며 아래의 분류와 같이 10개의 시나리오 항목을 제안하고자 한다

- ① 그 건물용도를 고려하여 발생가능성이 높은 최악의 화재
- ② 피난경로 중 적어도 하나를 막는 화재
- ③ 감지되지 않고 상당한 크기까지 발전한 화재로 일반적으로 재실자가 없는 공간에서 시작하여 주변의 많은 인명이 있는 공간에 영향을 미치는 화재
- ④ 보이지 않는 곳에서 시작하여 감지되지 않고 많은 인명에게 영향을 줄 수 있는 화재
- ⑤ 취침 공간 주변에서 발생한 혼소 화재
- ⑥ 주변 건물로 전파 가능한 크기의 화재
- ⑦ 외벽 근처에서 발생하여 외벽이나 수직적인 전파가 우려되는 화재
  - 외부 벽체 마감을 통해 전파하는 화재
  - 창문 등을 통하여 외부로 화염이 나와서 전파하는 화재
- ⑧ 피난로의 내벽 마감재를 통하여 전파하는 화재로 피난로가 차단되는 화재
- ⑨ 소방대가 예상치 못한 화재 및 기타 상황들(물 부족, 접근로 차단 등)을 가정한 화재
- ⑩ 화재 방화시스템이 개별적으로 작동하지 않은 것을 가정한 화재

## 2.2 성능설계 평가기준

각국의 실정에 따라 성능설계 기준은 조금씩 다르게 나타날 수 있음은 주지의 사실이며, 성능위주로 설계된 건축물 역시 그 건축물이 설계된 나라나 지역 내에서 평가되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 각국의 평가절차 사례연구를 통하여 <표 1>에 제시된 바와 같이 각국의 성능설계 문헌을 조사하여 가장 보편적이고 국내에 적용될 수 있는 성능설계 작성 기준을 작성하였다.

표 1. 성능설계 보고서의 일반사항 및 평가 기준

구분	내용
1. 일반사항	- PBD 설계개요 및 소개
2. 화재공학요약서	- PBD 설계 범위 - 이해당사자 및 관련자 - 목적, 기능, 요구 성능 - 건축물 및 사용자 특성 - 위험분석 및 가능한 방호시설, 법규와 부합하지 않는 부분 - 화재시나리오 - 디자인 제안 및 평가 - 성능기준제시 - 평가방법
3. 분석 및 평가	- 디자인 분석 : 화재발전, 연기유동, 화재전파(내화포함), 감지 및 소화, 피난, 소방 활동, 분석도구의 사용 - 결과 평가 : 성능기준과의 비교 : 민감요소 분석 및 불확실성의 분석

## 2.3 성능 기준 적용시 플래쉬오버에 대한 기준

성능설계 평가 절차 수립을 위한 사례 연구 결과 화재 공학자 및 관리자가 현재의 방법들을 잘못 이해하거나 명확하지 않은 방법을 사용함으로써 설계와 분석 및 최종 보고서의 적용에 있어서 명확성을 떨어뜨리는 경우가 종종 발생하고 있었다. 설계의 분석과 평가가 성능기준을 중심으로 이루어지므로 올바른 성능기준을 정하고 적용하는 것은 아주 중요한 부분이다. 특히 화재의 플래쉬오버 현상과 재실자의 생명과 관련한 거주 가능기준에 대해서 살펴보면, 먼저 플래쉬오버 현상은 실내 상부층의 온도 증가로 인해서 거의 모든 물질이 짧은 시간에 점화되는 현상으로 흔히 상부층 온도 500~600℃가 사용된다. 이 온도는 실의 높이가 약 3m 곳에서 얻어진 결과로 일반적으로 대부분의 건물에 적절하게 사용될 수 있다. 그러나 실의 높이가 높은 경우, 예를 들어 대형 창고의 경우나 작은 아트리움의 경우 상부층의 온도가 500~600℃ 된다고 하더라도 그 복사열의 강도가 거리로 인해서 많

이 줄어들게 된다. 때문에 플래쉬오버 현상을 일으키기 위해서는 더 높은 상부온도가 필요하게 된다. 이와는 달리 복사열 약  $20\text{kW/m}^2$ 의 기준은 복사열류를 의미하고 거리에 따라 적절히 조절되므로 실의 형태와 관계없이 적용될 수 있다. 흔히 사용되어 지는 성능 기준 중에 재실자 거주 가능 기준이 있다. 이것은 재실자의 생명과 직결되는 기준으로 열적 기준, 연기의 높이와 농도 및 독성물질 농도등이 사용된다. 이중 열적기준으로 복사열  $2.5\text{kW/m}^2$ 가 많이 사용되는데 이것은 노출된 피부가 약 40초에서 수분 동안을 견딜 수 있는 복사열을 기준으로 설정되었다. 또한 약  $60\sim 100^\circ\text{C}$  주변 공기의 온도를 사용하기도 하는데 이것은 호흡기에 장애를 일으킬 수 있는 온도로 이 온도이상의 공간에서는 재실자의 생명에 위험을 줄 수 있다는 것을 의미한다. 복사열과 주변온도는 각각 복사와 대류를 통한 열전달 현상을 통해서 재실자에게 영향을 주는 요소들이다. 그러나 프로그램의 사용 시 일반적인 열류 센서들은 복사와 대류를 모두 고려하여 그 값을 출력하는데 공학자는 적절한 센서를 사용하거나 복사와 대류에 해당하는 에너지를 별도로 측정하여 재실자의 거주 가능 시간을 측정해야한다.

### 3. 결론 및 논의

본 연구에서는 해외 화재 선진국의 성능설계 사례를 분석함으로써 국내 성능설계에 대한 평가기준을 제시하고자 하였으며 아래와 같은 추가적인 검토사항을 논의코자 한다.

- 화재 시뮬레이션은 성능설계에서 필수적인 과정으로, 화재공학자가 각 프로그램의 운용법과 장단점 및 불가능한 점에 대한 지식을 가지고 있어야 함은 주지의 사실이다. 특히, FDS는 CFAST와 같은 존모델에 비해서 복잡하고 다양한 식들이 연계되어 있기 때문에 비슷한 입력값이 다른 모델에 중복적으로 사용될 경우 모델간 입력값의 역할을 화재공학자가 반드시 이해하고 있어야한다. 아울러 이러한 입력치의 높은 신뢰성 확보를 위한 화재특성 DB구축에 대한 지속적인 노력이 수반되어야만 성능설계의 성공이 가능할 것이다.
- 성능설계는 기본적으로 예측에 기반을 두고 있다. 화재 시나리오와 재실자의 이동시간 등 중요부분에서 화재공학자의 공학적 판단과 가정들이 많이 관여하게 된다. 때문에 민감성의 불확실성의 분석은 반드시 요구되는 항목이 된다. 또한 이 분석을 통하여 최종 선택된 화재안전설계에 대한 확신도와 종합적인 화재 안전의 단계도 향상시킬 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 2011 한국건설기술연구원 주요사업 “표준화재모델에 따른 화재확대방지 및 피난 안전설계기술개발”의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Daniel O'Connor, e.a., Engineering Guide: Human Behavior in Fire. 2003, SFPE
2. Meacham, B.J., Performance-based fire protection design :evolution, current situation and thoughts for the future. 2005