

# 성능 위주 설계의 시작과 끝

(From Start to Finish, PERFORMANCE-BASED DESIGN)

최 문 수 / 경영기획부 과장

**설** 계가이드, 공학적 계산법 및 컴퓨터 모델 등 최근 출현하고 있는 공학도구들이 보다 광범위하게 이용되고 있으며, 이 도구들은 화재안전에 대한 성능위주설계가 보다 많이 적용될 수 있도록 도움을 주고 있다.

그러나 이미 주지하는 바와 같이 현행 화재안전규정은 이 공학도구의 적용을 효과적으로 지원해줄 수 없게 되어 있다.

왜냐하면 현행 화재안전규정과 성능위주설계 과정을 연결해주는 특정 요소들이 부족하기 때문이다.

지난 수년에 걸쳐 몇몇 NFPA 기술위원회는 성능위주설계 이행에 필요한 요소에 대해 보다 많은 정보를 제공하기 위해 노력해 왔다.

그 예로, 지난 11월 NFPA 회원들은 공식화된 성능위주설계를 옵션으로 포함하고 있는 NFPA 101(인명안전코드)의 2000 발행판에 대한 승인을 위해 투표를 실시하였다.

화재안전목표, 화재도전(fire challenges), 그리고 설계과정의 구성요소에 대한 세부사항을 충분히 제공함으로써 그 규정들은 그 의도된 안전수준을 보다 명확하게 정의하고 성능위주설계는 더 쉽게 적용될 수 있다.

본 고에서는 방화규정 전반에 공학도구들이 더 효과적으로 이행될 수 있도록 도와주는 메카니즘과 조건들에 대해 구체적인 사례들을 들어가며 설명하였다.

## 1. 새로운 게임

지난 세기 동안에는 인간이 만든 환경에 있어서 화재안전에 대한 가장 기본적인 질문은 '그 빌딩이 그 코드와 부합하는가?' 였다.

그러나 최근에 건물의 화재안전을 제공하기 위해 이용가능한 다양한 방법들이 코드와 규격이상으로 확산되고 있다.

컴퓨터 화재모델, 설계가이드 및 다른 화재 관련 정보의 출현은 화재안전의 전망을 변화시키고 있고, 그들의 유효성은 화재안전의 실행에 있어서 많은 논의를 유발시키고 있다.

과거에는 논점대상이 코드 부합성에 관한 것이었다면 새로운 논점의 대상은 측정과 계산에 그 초점을 두고 있다.

이것은 성능위주설계의 주요한 전제가 "요구되는 화재안전 수준의 정량화와 완전한 패키지가 적절한 안전수준을 전달해 줄 것을 확인함으로써 특정 시설의 화재안전은 보다 더 효과적으로 이루어질 수 있다"이기 때문이다.

한편, 업자들은 요즘 코드와 규격에 수록된 사양위주의 화재안전 솔루션을 바로 적용하는 전통적인 접근을 더욱더 많이 시도하고 있다.

성능위주설계가 성공하기 위해서는 상대적으로 새로운 공학적 계산법- 대부분 컴퓨터 모델에서 패키지화 됨 - 을 효율적으로 사용하여야 한다.

이 모델들은 화재전파의 영향, 소화설비의 응답, 빌딩관리자의 대응 등과 같은 화재관련 현상에 대한 공학적 계산을 고려하는 과학적인 원리를 구체화하고 있다.

이 모델들은 엔지니어와 다른 전문가들이 코드와 규격에서 규정화하지 않는 화재안전 솔루션에 대해 평가할때 사용되는 도구이다.

이 모델들 중 많은 수는 충분한 지식을 갖춘 자에 의해 적절히 사용될 때 합리적으로 정확한 결과를 얻을 수 있는 반면에, 화재안전의 설계에 사용되는 것에 대해 여전히 회의적인 평가를 받는 모델들도 많이 있다.

종합적으로 볼 때, 많은 모델들은 물질의 연소 특성, 모델의 목적 및 한계성 등과 같은 입력자료의 부족과 이해부족으로 인해 잘못 사용될 가능성과 모델의 결과에 대해 부적절하게 해석할 가능성이 산재해 있다.

이 문제들은 규정의 역할과는 관계가 없으며, 이 문제들을 해결하려는 노력들이 이미 시작되었다.

컴퓨터 모델과 최신 설계도구의 더 많은 적용에 또 다른 장애가 되는 것으로 화재안전규정과 성능위주설계 사이의 실제적인 인터페이스의 부족을 들 수 있다.

거의 대부분의 코드와 규격은 공학적 계산법의 사용에 편리나 도움을 주지 못하고 있다. 그리고 현존하는 많은 컴퓨터 모델들은 지난 세기에 걸쳐 화재안전설계에 적용되었던 코드 및 규격과 연관성 없이 개발되었다. 화재안전규정과 조합하여 이 공학도구들을 적용할 수 있는 명확한 방침은 아직 개발된 것이 없다.

## 2 구조

성능위주설계의 수행 구조는 일련의 업무가 완성되기까지 진행되는 반복작업 과정이며, 일련업무는 각각 적절히 서류화되어야 한다.

화재안전설계 전문가는 화재와 관련하여 성취되어야 할 종합적인 결과를 지칭하는 화재안전 목표를 세워야 한다.

이 결과들은 어떠한 방법으로 정량화 되어야 하기 때문에 그 목표들은 보통 화재안전에 대한 일

반적인 설명으로 시작하여 온도, 에너지량, 화재 생성물의 농도와 같이 측정가능한 성능기준 (Performance Criteria)으로 결론지어지는 일련의 요구사항으로서 표현된다.

제안된 화재안전목표가 어떠한 조건하에서 성취되어질 때 설계자는 그 조건을 정의하는 화재 시나리오를 자세히 명시해야 한다.

그 시나리오는 고려되어야 할 화재도전 (fire challenges), 보호되어야 할 인명 및 재산, 해당 시설의 특성, 그리고 제안된 화재안전 솔루션에 대한 세부적인 사항을 포함할 필요성이 있다.

설계자는 공학적 계산법과 컴퓨터 모델을 이용하여 정한 시나리오에 따라 화재안전목표가 성취되어지는지를 확인해야 한다.

화재안전목표가 성취될 때까지 제안된 화재안전특징에 관련 있거나 영향을 끼치는 그 시나리오가 변경되고 개선되어지기 위해 반복과정이 수반된다.

또한 화재안전목표의 성취를 위해 계산방법보다 관찰이 필요한 경우에는 시험을 거쳐 제안된 솔루션을 확인할 수 있다.

화재성장, 거주자의 거동, 연기전파를 예상하는데 사용되는 컴퓨터 모델은 유효한 결과를 얻기 위해서는 구체적인 입력데이터와 식견있는 사용자를 필요로 한다.

적용가능한 화재시나리오의 자료들이 입력데이터가 되며, 입력데이터로 사용되지 않는 시나리오양상들은 설계과정에서 가설로서 계속 존속된다.

사용되는 모델에 따라 화재, 거주자, 빌딩자체, 그리고 빌딩의 방화특징 등이 요구되기도 한다.

예를 들면 FPE tool에서 사용되는 스프링클러 및 감지기 응답모델은 입력자료로 지정된 화재의 열방출율, 스프링클러와 화재사이의 거리, 스프링클러 작동온도와 열감도, 그리고 기타 데이터를 요구한다.

그 모델의 결과는 시간, 온도 및 열방출과 같은 공학용어로 출력된다.

설계과정에서 가설과 결정을 조합한 이 출력은

모델화된 시나리오의 화재안전목표 성취 여부를 결정하기 위해 성능기준(performance criteria)에 따라 평가된다.

### 3. 화재안전목표는 어떻게 표현되어야 하는가?

컴퓨터 모델이 “제안된 솔루션이 실패할 것이다” 라고 지적한다면 성공을 성취하기 위해서 무엇이 변화되어야 할까?

“잣대를 내리는 것이 보다 쉽게 이룰수 있다” 는 가정하에 화재안전목표를 변경하는 것이 하나의 답변이 될 수 있다.

그러나 합의된 코드와 규격에 따라 수립된 화재안전목표는 화재안전에 대한 사회적인 결의를 의미하며, 따라서 그것을 확인하는 책임있는 공직자 조차도 타협하거나 절충해서는 안된다.

반면에, 사회적인 목표와 상충되지 않는다면 건물주가 어느 정도의 범위내에서 설정할 수 있는 건물주의 화재안전목표가 존재한다.

사회적 목표이든 건물주의 목표이든간에 화재안전목표는 그 목표가 성취되어지는지를 확인하는 책임자가 구체적으로 확인할 수 있도록 문서로 남겨야 한다.

이와같이 안전에 대한 일반적인 내용부터 정량적인 성능기준까지의 완성된 목표가 화재안전규정 및 프로젝트 보고서에서 명확히 설명되어야 한다.

### 4. 화재시나리오는 무엇을 수반하는가?

성능위주설계과정에서 화재시나리오의 기능은 특정한 프로젝트를 위해 화재안전목표가 성취되어야 함에 있어서 화재, 사람, 재산 및 방화특징과 관련된 제반조건들을 확인하는 것이다.

거주자의 건강상태 및 소재, 건물의 배치 및 구조, 그리고 예상가능한 화재의 심도및 유형은 제안된 솔루션이 화재안전목표를 성취할 수 있는

지를 결정짓는다.

평가되어야 할 시나리오가 상대적으로 많지 않으면 이 목표의 달성은 보다 적은 노력으로도 가능하다.

예로, 플라스틱의 연소가 목재의 연소보다 더 심하다는 것과 관련된 도전(challenge)으로서, 화재부하가 플라스틱 대신 목재제품으로 구성되어 있다면 락크식 저장 창고내의 스프링클러 설비가 저장통로를 가로질러 화염이 전파되는 것을 예방하는 것은 보다 쉬운 일이다.

관련된 화재위험을 적절히 나타낼 수 없는 하나의 화재시나리오에서 아무리 엄중한 화재안전목표가 충족되도록 요구된다 하더라도 그 건물은 안전하지 못하는 것으로 고려될 수 있다.

플라스틱이 저장된 창고내에 스프링클러 설비가 충분하지 못하다면 그 구조는 적절히 보호되지 못한다.

또한 호텔용 화재안전 솔루션이 취침중인 고객을 고려하지 않았다면 이것 역시 유사한 상황이 발생할 것이다.

화재안전목표의 세부사항에서 화재시나리오의 선택은 화재안전에 대한 가치평가를 구체화 시키기 때문에 시나리오에 대한 세부사항들은 프로젝트별로 정해져야 한다.

이 가치평가에 속하는 세부사항들은 건물주에 의해 수정될 것이 아니라 코드와 기준에 따라 적용되어야 한다.

이 자료가 없다면, 사회에 요구하는 안전수준이 성취된다는 것을 증명하기 위해 건물주가 평가해야 하는 화재시나리오에 대한 확인 책임자의 확신은 덜할 것이다.

물론 시나리오는 건물주의 요구를 맞추기 위해 수정되어질 수 있는 세부사항도 포함하고 있다.

건물배치의 설계와 건축재료 및 방화특징의 명세에 있어서 보다 큰 유연성은 성능위주설계의 본질이기 때문에 성능위주설계와 관련하여 사용된 코드와 규격이 건물의 세부사항을 설명할 필요는 없다.

오히려, 코드와 규격은 건물주가 정의할 필요가 있는 건물의 특성에 대해 확인해야 한다.

여기에는 건물규모, 건축재료, 가구, 공간배열, 개구부의 수와 크기, 그리고 특정한 공학적 계산법 및 모델을 위한 입력자료로 제공되는 사실들이 포함될 것이다.

## 5. 누가 화재부하를 판단하는가?

제안된 솔루션에 적용되는 화재들에 대한 자세한 설명이 필요하다.

이것은 컴퓨터모델을 위해 입력자료로 사용될 수 있는 정량적인 용어로 변환된 설명과 더불어 고려되는 화재 유형의 정성적인 설명을 포함한다.

적용가능한 화재에 대한 정성적인 설명을 제공함으로써 규정은 제안된 솔루션 수행시의 조건들에 대해 틀을 잡기 시작한다.

이것은 조사되어야 하는 잠재적인 화재의 범위를 정하고 설계과정의 실효성을 높혀준다.

그것은 또한 관련 정부기관이 하나의 제안된 솔루션이 적절한지 확인할 때 그 표준을 제공한다.

규정이 세부적으로 명시해야 하는 시나리오 유형의 예로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 화원이 하나인 화재
- 화재초기에 개방된 내부의 문과 일차적인 피난수단이 있는 상태에서 초고속으로 발전하는 가연성 액체 화재
- 사람이 거주하는 방에 인접한 감춰진 벽 또는 천정공간에서 발생한 화재
- 큰방 또는 어떤 다른 지역에 거주하는 많은 사람들을 잠재적으로 위협하는 평상시 사람이 거주하지 않는 방에서 발생한 화재

화재조건은 주어진 빌딩의 특성에 따라 크게 좌우되기 때문에 코드나 규격의 적용은 그들이 제공할 수 있는 정보한도 내에서만 가능하다.

빌딩의 내용물, 규모 등이 잠재적인 화재의 성장 및 전파를 지배하고 그 화재조건들이 정량적인 형태이기 때문에 건물주는 적절한 데이터 근

거자료를 적용함으로써 그들에 대한 최종 세부 자료를 설정할 필요가 있다.

화재안전목표를 위해 건물주는 그 규정에서 명시한 것 외에 다른 화재조건에 대해 고려해줄 것을 요구할 수 있다.

## 6. 보호되어야 할 인명과 재산의 무언이 필요한가?

화재의 결과에 중대하게 영향을 끼치는 것은 보호되어야 할 거주자 및 재산의 특성과 품질이다.

이것의 세부사항들은 컴퓨터 모델을 위한 입력자료로 사용되거나, 설계과정 동안 줄곧 주요 가설로서 계속 유지될 수 있다.

빌딩특성에서와 같이, 그 코드는 건물주가 제공하는 거주자의 민감성, 반응성, 거동성 및 감수성과 같은 거주자에 대한 구체적인 자료를 요구한다. 그 코드는 또한 "평상시 모든 방에 사람이 거주하며, 적어도 한사람이 출구로부터 가장 멀리 떨어진 지점에 위치해야 한다." 또는 "평상시 모든 방에 사람이 거주하며, 현재가 평균 최대 거주 밀도상태이다."와 같은 거주자에 대한 특정한 가설을 요구할 것이다.

노출되는 인명과 재산에 대한 추가적인 세부사항과 다른 가설들은 프로젝트마다 특정한 것이고 세부적인 사항들은 건물주의 책임에 해당된다.

## 7. 어느정도의 성능이 측정되어야 하는가?

공학적 계산법과 컴퓨터 모델이 무턱대고 성능 위주설계에 적용되어서는 안된다.

성능위주설계는 만들어진 환경의 화재안전 디자인에 대한 새로운 사고방식을 구체화시킨 것이다.

그것은 프로젝트의 초기에 이행되어져서, 측정과 정량화에 필요한 모든 도구와 데이터가 이용될수 없을지라도 프로젝트의 완성까지 계속되어야 하는 하나의 접근법이다.

지식, 판단 및 경험에 근거한 몇몇 가설들이 그 차이를 메우는데 필요하게 되며, 이것은 사양위주의 솔루션과 성능위주 솔루션의 결합속에서 많은 상황들을 초래할 것이다.

예를 들면, 하나의 컴퓨터 모델에 의해 널리 개발된 피난계획은 계단보폭크기 및 피난통로등에 대한 현존하는 규정을 대부분 따르고 있다.

또다른 예로 높이를 변화시키는 천정 아래에 스프링클러 설치에 관한 것을 들 수 있다.

NFPA 13(스프링클러 설비의 설치)에서는 스프링클러가 적절하게 작동하는 것을 보장하기 위해 스프링클러가 천정 아래에 일정한 간격으로 위치해야 함을 요구한다.

그러나 천정에 많은 고립지역이 있을 때, 각 고립지역에 하나의 스프링클러를 설치하는 것은 위험을 막기 위해 소요되는 수량보다 더 많은 스프링클러를 설치하는 결과를 초래할 수 있으므로 위치규정(positioning rules)를 적용하는 것은 불합리하다.

모델링을 통해 뜨거운 가스로 그 고립지역이 채워지고 낮은 천정에 위치한 스프링클러가 동작할 때까지의 걸리는 시간을 결정할 수 있다.

그리고 이 자료는 각 고립지역에 스프링클러가 필요한지의 여부를 결정하는데 이용될 수 있다.

이 예에서 우리는 모델링이 그 규격의 것과 차이가 있는 위치규정을 제공하는 반면에, NFPA 13의 다른 설치규정은 여전히 적용되어야 한다는 것을 알 수 있다.

사양위주의 관계적인 방법이 자주 몹시 부담이 되는 것으로 취급되고 있지만, 그 방법의 실패 때문에 성능위주의 설계가 추진되고 있는 것이 아니라 사실은 주지해야 한다.

사양위주의 관계적인 방법이 항상 최대의 효율적인 것은 아니지만 적절한 솔루션은 제공하고 있다.

## 8. 누가 게임을 이길까?

화재안전에 대한 성능위주설계의 개념은 계속해서 힘을 얻고 있는데 그것은 진실로 무엇을 위한 것인가?

- 건물의 화재안전비용을 최소화하기 위한 것인가?
- 증가된 설계유연성을 위한 것인가?
- 현행 코드와 규격의 빈틈을 채우기 위한 것인가?
- 새로운 기술을 받아들이기 위한 것인가?

성능위주설계의 개념은 이 모든 주제를 포함하지만 그것은 또한 이 모든 주제 이상의 의미로 확장해야 한다.

지난 25년이상에 걸친 연구노력에 의해, 화재발전의 보다 정확한 예언과 건물및 거주자에 대한 화재의 영향을 고려하는 수학적모델과 기타 정보들이 만들어졌다.

이 새로운 자원의 적용은 보다 적은 비용과 전통적인 코드에서 요구하는 많은 제약 없이 화재안전을 달성할 수 있는 새로운 방법을 제안한다.

감소된 비용으로 보다 더 기능적인 건물을 창조하는 것은 확실히 바람직한 목표이지만, 우리는 화재안전이 오직 안전 그 자체라는 것을 또한 망각해서는 안된다.

성능위주설계가 수용하는 새로운 기술을 적용함으로 보다 효과적이고 신뢰성있는 화재안전 솔루션을 만드는 것이 필요하다.

성능위주설계에 의해 건물이 지어졌다면 그 건물주와 그 건물을 이용하는 사람들은 관련된 화재안전에 대해 다소 확신을 가질까?

결론적으로 성능위주설계는 앞으로 질문보다는 더 많은 해답을 제공해야 할 것이다. **FLK**

(NFPA Journal(2000년 1/2월호, Milosh Puchovsky)에서 발췌)