

성능위주법규(Performance-based fire code) 체계로의 전환

윤 회 상 / 건축구조부 선임연구원 소방설비기술사

1. 글을 시작하면서

화재로 인한 인명 피해 및 재산상의 손실을 최소화하기 위해서 건축물에 대해서 관련법규를 통해 각종 규제를 가하는 것은 일반적인 현상이다. 기존의 화재안전 관련법규(국내의 경우 주로 소방법 및 건축법이 해당)는 건물의 용도 및 규모에 따라 결정된 획일적인 사양을 요구하는 사양위주법규가 주류를 이루었으나 외국의 경우 선진국가를 중심으로 점차 성능위주법규 체계로 전환되고 있는 추세이다. 따라서 우리 나라의 경우도 국제화 시대에 통용될 수 있는 성능위주법규 도입이 불가피할 것으로 예상되며 이를 위한 철저한 사전 준비가 필요한 실정이다.

이를 위해 이 글에서는 성능위주법규에 대한 기본개념과 이의 장단점을 알아보고, 각국의 성능위주법규의 발달과정을 살펴보는 한편 이를 구성하고 있는 기본요소는 무엇인가를 파악하고자 한다.

2. 성능위주법규에 대한 이해

성능위주법규란 건물의 용도나 특성에 적합한 안전 목표의 수준을 명확하게 결정하고, 이에 도달하기 위한 기본적인 요구사항을 제시한 후, 이를 해결하기 위한 구체적인 성능기준을 도출하도록 하는 체계로 되어있다. 이에 반하여 기존의 사양위주법규는 도달하고자 하는 안전수준의 언급이 없이 사전에 결정된 세부기준을 획일적으로 적용하기를 요구하고 있다.

성능위주법규에 대한 정확한 개념을 이해하기 위해서는 이와 상대적 개념을 갖고 있는 기존의 사양위주법규와 비교하는 것도 한 방법이 될 수 있을 것이다.

화재분야에만 국한되는 것은 아니지만 기존의 건물법규 즉 사양위주법규는 규정하고자 하는 목적에 대한 구체성 및 명확성이 부족하며(국내의 경우 대부분 법의 목적이 '공공의 안녕과 국민의 복지 향상'이라는 고차원적인 수사로 일관한다), 이로 인하여 명시되는 기준 또한 과학적 사실에 근거하기보다는 다분히 경험에 의존한 것이 주가 된다. 다시 말하자면 화재안전분야의 경우 건물의 용도, 규모 등 몇 가지 구성요소에 따라 소방시설 등 화재안전시설의 설치기준을 획일적으로 적용하도록 요구하고 있다.

이런 방식은 과거와 같이 건물의 형태, 용도 및 규모가 다양하지 않고 대부분 정형화 된 경우에는 적용의 편리성 때문에 어느 정도 합리적일 수 있으나, 현대와 같이 경제 및 산업 발달로 인하여 건물의 규모가 대형화되고, 다양한 용도 및 형태의 건물이 요구되는 환경에서는 여러 가지 무리가 발생할 수 있다. 즉, 건물의 용도, 규모 및 형태에 따라서 또 설계자가 목표하는 안전 수준에 따라서 건물에 적합한 방재설비를 갖추도록 하는 것보다 합리적이며 경제적인 법규가 될 것이다.

결론적으로 성능위주법규는 법규가 추구하는 대상 및 성능의 목표를 명확히 하고, 이를 달성하기 위해 요구되는 성능수준을 결정하며, 최종적으로 요구되는 성능수준에 적합한 해결책이 제시되어야 한다. 그런데 이 시스템이 원활히 운영되기 위해서는 고도의 공학적 기술이 뒷받침되어야 하는 것이 필수적이다.

3. 성능위주법규의 장점

성능위주법규는 사양위주법규와 여러 가지 측면에서

상대성을 갖고 있기 때문에 사양위주법규 적용시 나타나는 문제점을 분석해보면 성능위주법규의 장점을 예측할 수 있을 것이다.

사양위주법규 적용시 나타나는 문제점 중의 하나는 '고비용 저효율'의 문제이다. 즉 경우에 따라 과도한 투자를 요구한다는 것이다. 이는 건물의 용도나 규모, 형태에 적합한 설비 투자를 하기에 어려운 경우가 발생한다는 것이다. 예를 들면 스프링클러설비의 배관설계방법에는 Pipe Schedule 방식과 Hydraulic Calculation 방식이 있는데 전자는 하나의 배관에 연결되는 헤드 수에 의해 사용될 수 있는 배관규격이 사전에 결정되어 이를 준용하도록 하는 방식으로 사양위주 접근방식이며, 후자는 마찰손실, 방수압, 방수량 등을 공학적 계산을 통해 배관규격을 결정하는 성능위주 접근방식으로 볼 수 있다. Hydraulic Calculation 방식을 적용할 경우 해당 건물마다 공학적 계산에 의해 최적의 설계가 가능하게 되어 경제적 설계가 가능하나 Pipe Schedule 방식은 경우에 따라 과도한 설계를 요구하게 된다.

다음으로 생각할 수 있는 문제는 '유연성 부족'을 들 수 있다. 즉 사양위주법규는 동등 성능의 대체방법에 대해 매우 인색하다. 예를 들면 방화구획 설치 대상건물이면 무조건 일정기준에 따라 방화구획을 설치해야 한다. 방화구획의 설치목적(연소확대방지를 통해 피해규모 최소화)을 달성할 수 있는 대체 수단(스프링클러설비 등)을 인정하지 않는다. 그러나 성능위주법규에서는 스프링클러설비가 방화구획 성능을 대신할 수 있다는 객관적인 검증만 수반된다면 충분히 대체 설비로서 인정이 가능한 것이다. 일본의 경우 기존의 법규를 적용하기 어려운 특수용도 및 특수형태의 건물 설계시 법에서 규정하고 있는 것과 동등이상의 성능을 확보하고 있다는 공인된 평가가 있으면 비록 현재기준에 만족치 못하더라도 이를 인정 인정해주는 법적 제도가 구비되어 있다.

사양위주법규의 또 하나의 문제점은 '새로운 기술의 적용'이 어려운 경우가 발생한다는 것이다. 수 년전 국내 외국기업에서 랙크식 창고에 화재조기진압용(Early Suppression Fast Response) 스프링클러설비를 설치하려고 했으나 소방법규상 규정되어 있지 않아 문제가 발생

한 적이 있다. 이 설비는 선진국에서는 이미 랙크식 창고의 소화설비로는 성능이 입증된 것이었지만 우리의 경우 소방법에서 미처 이를 반영하지 못해 나타난 결과이다. (물론 이후 소방법이 보완되었다) 이와 같이 사양위주법규는 새로운 기술을 적용하기에 어려움이 발생하며, 특히 요즘과 같이 기술이 급변하는 시대에는 법규가 기술을 뒤쫓아가기에 급급한 실정이다. 따라서 이는 기술개발 의욕을 저하시키는 원인이 될 수도 있다. 그러나 성능위주법규 체계에서는 설비의 종류나 방식에 관계없이 법이 추구하는 목적에 부합된 성능만 확보하고 있다면 새로운 기술이나 시스템을 인정할 수 있다.

사양위주법규의 경우 국가마다 자신의 환경에 적합하게 수정·보완되어 왔기 때문에 서로 상이한 경우가 발생한다. 즉, 미국기준에 적합한 설비가 국내에서는 인정을 받지 못하는 경우가 충분히 발생할 수 있다. 이는 기술의 국제화·세계화 추세에 장애가 되어 무역에 있어 기술적 장벽을 초래할 수 있다. 따라서 이를 사전에 예방하기 위해 선진국을 중심으로 국제적으로 통용될 수 있는 성능위주법규 체계로 전환되고 있다. 그러나 성능위주법규 체계로의 전환이 저절로 가능한 것은 아니며 이를 위해서는 기본적으로 화재분야의 과학적 이론 및 공학적 기술 축적이 선행되어야 하는 것이다. 또한 이런 신기술의 운용이 가능한 방재전문가를 많이 확보해야함은 물론이다.

이상과 같이 사양위주법규 적용시 나타날 수 있는 문

표1 성능위주법규와 사양위주법규 장단점

	사양위주법규	성능위주법규
장점	<ul style="list-style-type: none"> · 법규 준수여부 확인이 용이하다 · 법규 적용에 높은 수준의 기술을 요구하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> · 실행목표에 적합한 획기적 설계가 가능하다. · 신기술의 신속한 적용이 용이하다. · 설계의 유연성을 확보할 수 있으며, 경제적 설계가 가능하다. · 법규의 국제화가 가능하다 · 무역의 기술장벽 제거가 가능하다 · 내용이 복잡하지 않다
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 법규 체계가 복잡하다 · 신기술 및 변화에 대처하기 위한 유연성이 부족하다 · 경제적 설계가 어렵다 · 안전확보 방법을 한가지로만 가정하고 있다 	<ul style="list-style-type: none"> · 목표하는 안전수준을 계량화하는데 어려움이 있다. · 적용초기에는 기술적 이해를 돕기 위해 교육이 필요하다 · 법규 준수여부 확인하기가 어렵다 · 성능평가를 위해 컴퓨터 모델링이 필요하다.

제점을 보완한 것이 성능위주법규로 위에서 서술한 내용을 요약해보면 (표 1)과 같다.

4. 각국의 성능위주법규(Performance-based fire code) 개발 현황

성능위주법규로의 전환은 선진국을 중심으로 1980년대 이후에 본격적으로 시작되었으며 현재 활발한 전환이 이루어지는 국가로는 미국, 캐나다, 영국, 일본, 뉴질랜드, 호주, 네덜란드, 노르웨이, 스웨덴 등을 들 수 있는데 이들 국가에서 사용하는 성능위주법규는 주로 영국의 'Building Regulation(1985년)', 일본의 '건축물의 종합 방재설계법(1989년)', 미국의 'Federal Fire Safety Act of 1992'을 기반으로 하고 있다.

우리와 사회적 환경이 유사한 일본의 경우 1980년대 초부터 활발한 연구가 진행되었는데 그 결과 '출화방지 및 연소확대방지 설계지침', '피난시 인명안전평가 설계지침', '내화설계지침' 등을 발간하여 방재설계에 성능위주 개념을 도입하였다. 또한 1993년 일본 건설성은 화재안전공학 분야의 5개년 프로젝트를 공포하였는데 이 프로젝트에 포함된 주요 기본요소에는 일본 국내 화재 시험방법을 ISO 기준으로 대체하고, 새로운 시험방법 개발을 포함한 시험방법의 기술적 향상을 도모하며, 기존의 사양위주 체계에서의 안전수준과 동등이상의 수준을 유지할 수 있는 성능위주의 방화설계지침을 개발하는 것이 포함되어 있다.

1992년에 개정된 뉴질랜드의 건축법규는 건물의 성능위주 접근측면에서 진일보된 법규로 평가되고 있는데, 화재안전분야에서는 크게 4개의 분야(화재발생측면, 피난수단, 연소확대측면, 화재시 구조안전성측면)로 구분하여 각 범주에 대해 안전목표, 기능적 요구사항, 성능 기준을 제시하고 있다. (표 2 참조)

5. 성능위주법규 구성 요소

성능위주법규로의 전환을 위해서는 방화공학(Fire Engineering)의 발달이 필수적이다. 1950년대 이후 여러 학자들에 의해 화재현상 및 성장, 화재전파의 매커니즘,

연소생성물, 화재시 인간의 행동반응 등 화재와 관련된 여러 다방면으로 활발한 연구가 진행되어 왔으며 방화엔지니어들이 이를 활용하고 있다.

일반적으로 방화공학(Fire Engineering, Fire Safety Engineering)이라 함은 화재로부터 인명, 재산 및 환경을 보호하기 위하여 화재 현상 및 영향을 규명하고, 화재시 인간의 행동반응을 연구하는 것이라고 할 수 있다. 방화공학에서 이루어지는 내용을 좀더 세분해보면 다음과 같이 정리될 수 있다.

- 화재의 위험성(Hazard) 및 위험도(Risk) 평가 및 영향 분석
- 화재로부터 손실을 줄이기 위한 최적의 예방 및 방호 수단 개발, 평가
- 화재의 감지, 소화, 제어 및 관련 통신시스템의 설계, 설치, 유지관리 및 개발
- 진압 및 구조활동을 위한 장비 및 인력 운용
- 화재사례 조사 및 분석

이와 같은 방화공학의 지속적 수준 향상을 통해서만 성능위주법규 체계의 발달을 기대할 수 있다.

가. 안전수준의 결정

성능위주법규 체계의 첫 단계는 법규가 추구하는 목표를 확인하고 이의 수준을 결정하는 것이다. 기본적으로 화재관련 법규의 목적은 '화재로부터 인명 안전 및 재산보호'이지만 건물의 용도 등 건물 특성에 따라 목표하는 안전수준은 달라질 수가 있다. 즉 건물의 용도가 집회시설, 업무시설 등과 같이 인원의 수용이 주가 되는 경우 인명안전 확보가 최우선적으로 감안되어야 할 것이며, 산업시설의 경우 설비의 가동성 유지 등 재산보호에 초점이 맞추어져야 할 것이다.

목표로 하는 안전수준의 결정은 설계자 단독으로 결정할 수 있는 것은 아니고 건축주, 관계행정기관 등의 협의에 의해 결정될 것이며, 경우에 따라 소방관서, 보험회사도 동참할 수 있을 것이다. 성능위주법규에서의 목적에 대한 내용은 학자마다 다소 차이가 있으나 기본적으로 아래사항을 포함하고 있다.

- 건물내 수용된 인원, 건물 주변 인원에 대한 안전 확보
- 소방대원의 인명안전 확보
- 화재발생 건물에 대한 재산보호
- 주변 시설에 대한 안전확보 및 화재의 확대방지
- 대형화재로의 확대 방지
- 건물기능의 연속성 확보

나. 기능적 요구사항

목표로 하는 안전수준이 결정되면 이를 달성하기 위한 수단, 즉 기능적 요구사항이 필요하게되며, 이는 법

규가 추구하는 목표에 접근하기 위해 건축물이 갖추어야 할 기본적인 기능을 좀더 구체화시킨 것으로 그 내용을 정리해보면 다음과 같다.

- 화재발생 가능성 최소화
- 화재 초기단계에서의 연기 및 화염 제어
- 화재의 급격한 성장 방지
- 적절한 피난수단 확보
- 화재 제어 및 진압을 위한 수단 확보
- 화재 확대 억제체를 통한 건물내부 연소확대 방지
- 인접 건물 및 시설로의 화재확대 방지
- 화재시 건물의 구조성능 유지

표2 뉴질랜드 건축법규의 성능위주 체계 구성 내용

분야	목표	요구기능	성능기준
화재발생	· 화재로부터 인명보호	· 고체, 액체 또는 가스연료를 사용하는 고정 연소기는 화재 가능성이 적은 방법으로 설치 할 것.	· 고정 연소기 구조는 열이나 점화원에 의해 화재, 폭발이 발생할 수 있는 가스 축적이 되지 않도록 설치. · 고정 연소기는 열전달이나 축열에 의해 건물부재의 온도가 상승하지 않는 구조로 설치.
피난수단	· 안전장소로 피난시 인명 보호 · 구조활동의 용이	· 화재로부터 영향을 받지 않고 안전장소에 도달하기에 충분한 시간 제공이 가능한 피난수단 확보 · 구조활동을 수행하기 위한 충분한 시간을 제공할 수 있는 피난경로 확보	· 외부 출구에 도달할 수 있는 개방된 피난경로의 수는 피난거리, 수용인원 수, 화재위험성, 화재실에 설치된 방화시설에 적합할 것 · 활용 가능한 외부 출구의 수는 개방피난거리, 건물 높이, 수용인원 수, 화재위험도, 건물에 설치된 방화시설에 적합하게 설치 · 피난경로는 수용인원 수에 적합한 크기여야하고, 피난방향으로 장애물이 없어야하며, 이동에 적합한 통로이며, 화재확대방지 성능이 있으며, 식별이 용이하고, 적절한 조도를 확보하고, 진입이 쉽고 안전할 것.
화재시 구조안전성	· 화재시 건물부재의 구조기능 상실로부터 인명 보호 · 화재시 건물 구조기능 상실로부터 인접건물, 재산 보호	· 다음을 위해 화재시 구조적 안전성을 유지하도록 건축되어야 한다 -피난시간 확보 -구조, 소화작업을 위한 시간 확보 -인접건물, 재산에 피해를 줄 수 있는 붕괴나 치명적 충격 방지	· 건물의 부재는 부재기능, 화재하중, 화재강도, 화재위험성, 건물높이 및 건물 내·외부의 화재제어설비에 따라 적절한 내화성능을 확보 · 구조부재는 구획실내 부재의 내화성능보다 우수할 것 · 낮은 내화성능을 갖는 부재의 붕괴가 높은 내화성능을 요구하는 부재의 붕괴 원인이 되서는 안됨.
연소확대	· 피난시 화재로부터 인명보호 · 소화작업인원에 대한 보호 · 화재로부터 인접 건물, 재산보호 · 환경보전	· 다음을 위해 연소확대방지시설을 갖출 것 -내부인원이 안전한 장소로 피난하기 위한 시간 확보 -소방대원의 구조 및 재산보호 활동 -인접 세대 및 재산 보호 -화재시 위험물질의 외부 유출방지	· 벽, 바닥, 천장 등의 내부 마감재는 화재확대를 억제하고, 유독가스, 연기 및 열의 발생을 피난거리, 수용인원 수, 화재위험성, 건물내 설치된 방화시스템에 적합한 수준이 되도록 제한. · 방화구획은 화염 및 연기가 타실, 수면공간, 인접세대 또는 인접 건물로 확대되는 것을 방지하도록 설치 · 개구부에는 일정시간 동안 차염성능을 갖는 방화문을 설치 · 관통부에는 방화구획을 위한 내화성능을 유지 · 건물내 은폐공간은 화염 및 연기의 보이지 않는 확대를 방지하기 위해 층전 및 구획 세분화 필요 · 외벽, 지붕은 건물내 화재하중, 인접건물 및 재산의 근접도에 따라 적절한 내화성능을 유지 · 차등식소화설비를 다음 장소에 설치 -층수가 많아 적정시간 내 안전장소로 대피하기에 어려운 장소 -최종 출구로 탈출하지 못하고 건물내 잔류하게되는 장소, 피난시간이 초과된 장소 -정신적, 신체적 장애시설이나 교도시설의 활동 제한에 따른 안전장소로 도달하기 어려운 장소, 피난시간이 초과되는 장소 -건물내 화재하중, 화재위험성이 높은 장소 · 공중, 환기설비는 구획실간의 연기, 화염이 순환되지 않는 구조로 설치 · 자연설비는 구획실간의 화염 및 연기가 확대되지 않고, 안전장소로 대피하는 동안 피난로를 연기로부터 보호할 수 있도록 설치

- 소화활동 지원
- 위험물질 누출로 인한 환경오염 예방

다. 성능기준

성능위주법규 체계에서 건축물의 방재설계는 앞에서 언급한 안전수준을 결정하고 이를 달성하기 위한 기본적인 건물의 기능적 요구사항이 확인되면 다음 단계로 건축물이 갖추어야 할 구체적인 성능기준을 확정하여야 할 것이다. 물론 성능기준은 건물의 특성, 안전수준의 목표 등에 따라 다양한 형태로 나타날 것이지만 이를 확정 시키기 위해서는 성능 판단을 위한 판정요소(Criteria)의 정립이 선행되어야 한다. 예를 들어 방재설계시 가장 중요한 요소의 하나인 인명안전 측면에서 살펴보면, 인명피해는 주로 화재시 발생하는 열 및 연기, 그리고 연소가스에 포함된 여러 가지 성분의 유해물질에 의해 발생하는데 과연 인명안전을 위해 온도는 어느 정도를 유지해야 하고 유해가스 농도는 어느 정도 이하로 유지해야 하는가가 결정되어야 하며 성능기준은 이 값을 초과하지 않도록 해야 할 것이다. 이와 같이 성능기준을 결정하기 위해서 기본적으로 필요한 판정요소는 여러 국가의 학자들에 의해 연구가 계속 진행되고 있는데 여기에서 대표적인 몇 가지 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 어느 경우에 화재가 발생하는가?

화재발생형태는 너무나 다양하기 때문에 화재발생 조건을 간단히 설명하기에는 무리가 있지만 화재의 시작은 연소현상임을 감안하면 연소 발생 여부에 대한 판단 기준을 아는 것이 큰 도움을 줄 것이다. 통상 가연물질의 착화여부는 열류량(Heat flux)의 크기나 표면 온도값에 의해 결정되는데 물론 이 값은 가연물질의 종류, 착화형태(Pilot Ignition 또는 Spontaneous Ignition)에 따라 결정된다. 이에 대한 예로 몇가지 재료에 대한 착화조건을 (표 3)에 나타내었다.

- 화재는 얼마나 빨리 성장하는가?

출화 이후의 화재성장속도를 정확히 추정하는 것은 화재안전 설계에 있어 중요한 요소 중의 하나이다. 화재성장속도는 실험적 결과, 컴퓨터 모델링, 경험적 결과

표3 Threshold values for ignition (BSI Draft code of practice)

Material	Radiant Heat Flux for Ignition (kW/m ²)		Surface Temperature for Ignition (°C)	
	Pilot	Spontaneous	Pilot	Spontaneous
Wood	12	28	350	600
Chipboard	18	-	-	-
Hardboard	27	-	-	-
PMMA(Perspex)	21	-	270	-
Flexible PU	16	-	270	-
Polyoxymethylene	17	-	-	-
Polymethylene	12	-	-	-
Polyethylene/42%	22	-	-	-

에 의해 산정하고 있는데 통상 정도의 표시는 일정량의 열방출에 도달하는 시간으로 표시하게 된다. (표 4 참조)

표4 Typical fire growth parameters

Rate of Fire growth	k(s/MW ^{1/2})	실 예
Slow	600	바닥같은 수평방향의 목재류
Medium	300	목재 가구류(책상), 매트리스
Fast	150	합판류 가구, 플라스틱폼, 우편함
Ultra Fast	75	천으로 커버를 씌운 의자, 메틸알콜 pool fire

- Flash over현상은 어떤 경우에 발생하고 발생시기는 언제인가?

화재가 성장함에 따라 화재실내의 온도는 상승하게 되고 실내 각 부분은 화염의 복사열에 노출되어 Flash over가 발생할 수 있는데 이의 발생 여부와 발생시기를 아는 것은 방재 설계시 매우 중요한 요소이다. 그 이유는 Flash over가 발생하게 되면 그 실내의 인원은 생존하기가 불가능하게 되므로 가능한 Flash over 발생 전에 안전한 장소로 대피해야하기 때문이다. Flash over가 발생할 수 있는 조건으로는 화재실 상부 고온층 온도가 600°C에 도달하거나, 화재실 바닥의 복사열량이 20kW/m²에 도달한 경우로 알려져 있다.

- 화재에 노출된 건물부재는 어떤 성능을 어느 정도

확보해야 하는가?

건물의 벽, 기둥, 보, 지붕 등이 화재에 노출시 그 성능을 유지하지 못하면 화재의 확대나 건물의 붕괴를 유발하게 되고 이는 바로 인명피해를 가져오게 된다. 건물 부재의 내화성능은 일반적으로 실험을 통해 추정하는데 판정 기준은 크게 구조안전성(Stability), 차열성(Integrity), 차열성(Insulation)으로 분류할 수 있으며 이를 부재의 기능에 따라서 적용하게 된다. (표 5 참조)

표5 건물 부재별 내화성능 판정기준

건물부위	stability	integrity	insulation
간막이		★	★
내력벽	★	★	★
바닥/천장	★	★	★
기둥/보	★		
내화유리		★	

· 화재시 인명안전은 어떻게 확보할 것인가?

방재설계시 가장 중요한 목표중의 하나는 인명안전 확보이다. 따라서 화재시 내부 인원의 안전한 피난을 위한 설계가 필수적인데 이를 위해서는 무엇에 의해 인명피해가 발생하고 인명안전을 위해 어느 정도의 수준을 유지하여야 하는 기준이 확립되어야 할 것이다. 일반적으로 화재시 인명피해에 영향을 주는 요소는 열, 연소가스, 연기 등이며 이의 허용수준의 예를 살펴보면 (표 6), (표 7)과 같다.

표6 인명안전 허용기준(뉴질랜드)

구분	허용 한 계
대 류 열	개스층 온도 ≤ 65°C (30분 노출시 무능력화)
연 기	가시거리 2미터(감광계수 0.5m ⁻¹)
toxicity	CO ≤ 1400ppm(어린이가 30분내 무력화) HCN ≤ 80ppm, 산소 ≥ 12%, 이산화탄소 ≤ 5% *상기값은 대략 30분간 견딜수 있는 기준치임
복 사 열	상층부 복사열 ≤ 2.5kW/m ² (이것은 상부 개스온도가 약 200°C에 해당: 이 상태에서 견딜수 있는 시간은 20초 이하)

표7 연소가스 허용한계(영국)

	5분간 노출		30분 노출	
	무력화	사망	무력화	사망
일산화탄소	6000ppm	1200ppm	1400ppm	2500ppm
산소	<13%	<5%	<12%	<7%
이산화탄소	>7%	>10%	>6%	>9%

6. 글을 맺으면서

세계적으로 성능위주법규 체계가 정착되기 위해서는 연소현상 및 이의 전파 매커니즘, 화재시 구조물의 거동 및 인간의 반응행동에 대한 명쾌한 해석 등 과학적, 공학적 이론이 정립되어야 하므로 아직 발전단계에 머물고 있지만 국가별 또는 국제적으로 많은 연구와 노력이 계속되고 있는 것은 사실이다. 우리도 국제 경쟁력을 갖추기 위해서라도 성능위주법규 체계 도입이 불가피할 것으로 예측되며 이는 결국 관련 학자 및 전문가의 몫인 것이다. 이 분야에 대해 우리 나라도 좀더 활발한 연구가 진행되기를 기대하면서 Fire Engineer가 갖추어야 할 능력은 무엇인가를 되새기면서 이 글을 맺는다.

Fire Engineer는 지속적인 교육, 훈련 및 경험을 통해서 연소 현상 및 특성, 화재 전파의 매커니즘 및 제어, 연소생성물 등을 이해하고,

· 화재는 어떻게 발생하고, 건물(구조물) 안팎에서 어떻게 확대되고, 어떻게 감지될 수 있고, 어떻게 제어, 소화될 수 있는가를 이해하며,

· 화재로부터 인명, 재산 및 환경을 보호하는 것과 관련하여 재료, 구조물, 기계, 설비 및 공정 등의 거동을 예측할 수 있으며,

· 건물, 산업시설 등에 있어 화재방호시스템과 다른 시스템사이의 상호교환 및 통합에 관해 이해하고 있으며,

· Fire Engineering을 수행하기 위해서 요구되는 또 다른 지식과 위에서 언급한 모든 지식을 같이 적절하게 활용 할 수 있어야 한다. (FLK)