초고층건축물의 화재안전을 위한 BIM기술과 연계된 성능기반내화설계의 필요성과 향후과제

The Needs and Future Challenges of Performance-based Fire-resistantance Design Related to BIM for Fire Safety Policy of High-rise Building

권 영 진*
Kwon, Young Jin

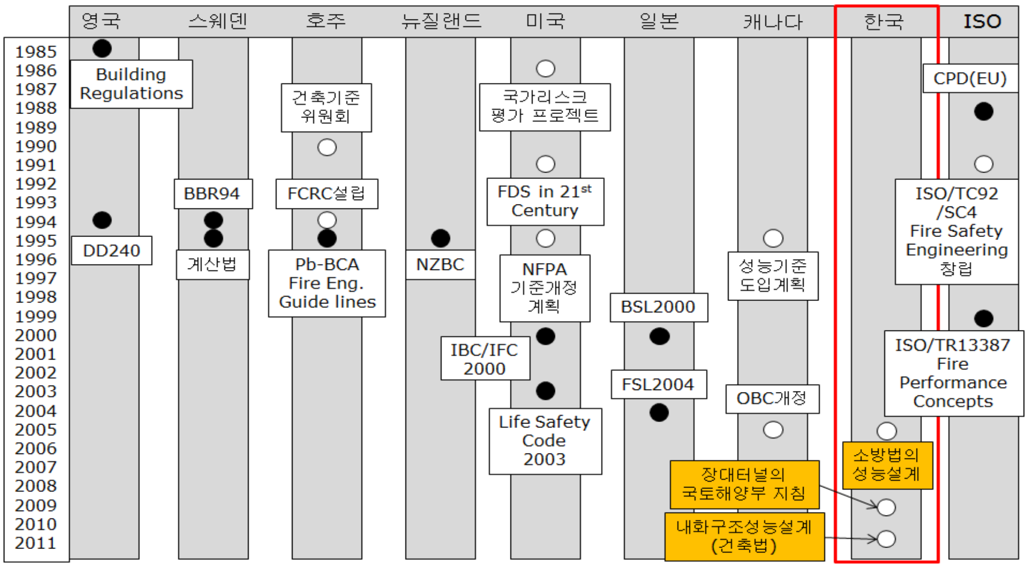
1. 서 론

성능으로 판단하는 화재안전설계는 80년대 영국 건축기준의 개정이 계기가 되어 작은 정부의 실현과 규제완화라는 조류를 탄생시켰고, 이제는 호주, 뉴질랜드 및 캐나다 등과 같은 영연방을 위시하여 스웨덴과 미국에서도 〈그림 1〉에 나타낸 바와 같이 세계적으로 널리 사용되기에 이르렀으며 급기야 우리나라의 소방법[1] 장대터널에 대한 정량적 화재위험성 평가제도(QRA)[2]의 도입과 더불어 우리나라의 건축법[3]에서도 아주 미약하지만 내화구조에 대한 성능설계에 대한 가능성을 제시하고 있다.

화재안전설계에서 우리나라와 아주 유사한 이웃 일본의 경우에도 2000년 6월부터 건축기준법 38조에 의한 대신(장관)인증의 시방서적 규준에 따르는 방법이 아니라 공학적인 방법을 구사하여 새로운 타입의 건축물을 실현할 수 있는 성능설계의 보급화시대를 맞이하고 있다.[4] 또한 많은 선진각국에서도 건축기준의 성능기준화와 이에 따른 기술기준정비가 체계적으로 이루어지고 있으며 ISO/TC92/SC4에서도 이러한 성능기반 화재안전설계에 대한 세계적인 표준의 확립을 위하여 활발한 표준화작업의 선도를 위한 경쟁이 심화되고 있는 상황이다.

이러한 국제표준화작업과 아울러 세계방화기술자협회(SFPE)에서는『성능기준과 화재안전 계법에 관한 국제회의』를 2년에 1회씩 실시하고 있으며

* 호서대학교 소방방재학과 교수



〈그림 1〉 각국의 성능기반화재안전설계의 도입에 대한 비교

동일한 건축물을 대상으로 각국의 성능설계를 비교하는 케이스스터디를 행하고 있다. 그러나 국내의 경우에는 성능기반 화재안전설계에 대한 체계적인 연구와 교육 등에 대한 체계가 매우 미흡한 상황에서 〈그림 1〉에 나타낸 바와 같이 소방법의 성능설계와 장대터널분야의 성능설계인 화재안전에 관한 정량적 위험성 평가 등이 많은 혼란 속에서 시행되고 있으며 최근 들어서는 성능설계의 무용론에 대한 의견들이 대두되고 있는 실정이다.

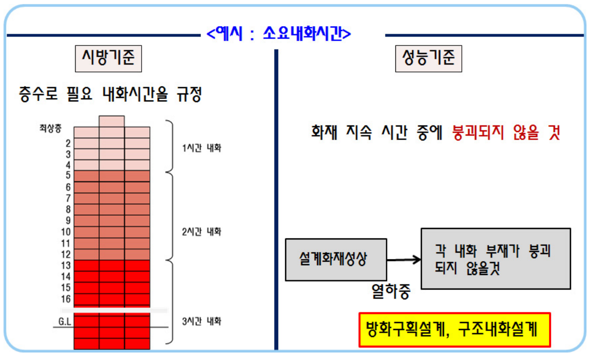
본 연구는 필자가 그동안 콘크리트학회지에 투고한 성능기반 내화설계에 관한 내용[5)6)7)8)]을 토대로 콘크리트학회의 내화위원회에서 개최한 국제세미나[9)] 및 관련 국내외 문헌[10)11)12)]을 보완한 것으로 국내의 성능기반 내화설계의 정착을 위한 과제로서 제시하고자 하며 궁극적으로는 이러한 성능기반 설계를 전문가 시스템(Expert system)으로서 BIM(Building Information Modeling)의 상용 설계 도구를 기반으로 화재성상 시뮬레이션 기술과 연계하여 이루어질수 있도록 연계체계를 구축하는데 있다.

2. 성능기반 내화설계의 개요

2.1 성능설계의 개요 및 각국의 동향분석[12)]

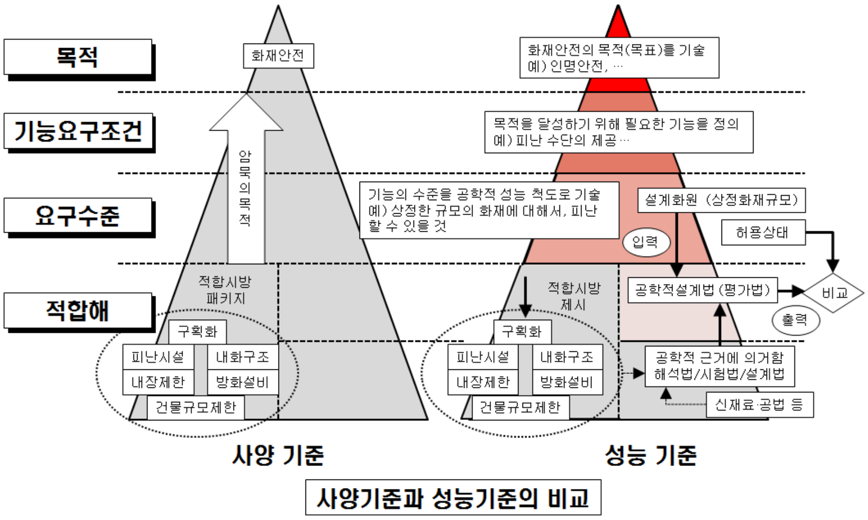
종래의 건축물의 화재안전기준은 화재로부터 안전한 재료와 부재의 사용, 공간규모 및 형상의 제한 등의 대책을 기술하는 시방기준이 대부분이었다. 예를 들면, 건축법관련에서는 건물규모 및 용도 등에 따라 사용할 수 있는 재료 및 부재의 시방(재료의 불연성등급, 구조부재의 내화등급, 방화구획의 위치 등)을 상세하게 규정하고 있으므로 이러한 시방기준은 전형적인 건물을 건설할 때에 매우 편리하나 시방에 허용되지 않는 재료 및 공법, 설계법은 원칙적으로 적용할 수 없는 경직성이 있으므로 새롭게 개발된 재료 및 구조시스템 등이 적용될 수 없는 문제점이 있었다. 반면 성능기준화는 이러한 시방기준으로 인한 경직성을 배제하고 탄력적인 체계로 신소재 및 신공법 등이 적용될 수 있으므로 선진국의 대부분이 본 성능규정을 채택하고 있다.

성능기준의 기본개념을 시방기준에 대비하여 〈그림 2〉와 〈그림 3〉에 나타내었다. 시방기준에서는 〈그림 2〉에 나타낸 바와 같이 허용내화시간을 층수로 구분하여 나타내고 있으나, 층수에 따른 내화시간의 차이가 무엇에 기인한 안전기준인가에 대한 근본적인 설명이 없으며 〈그림 3〉에 나타낸바와 같이 암묵적으로 화재안전을 층수에 따른 기준시간이 정해진 것으로 그 근본목적은 명확하지 않으나 이러한 시방기준에 따르는 것이 건축설계의 목표가 된다.

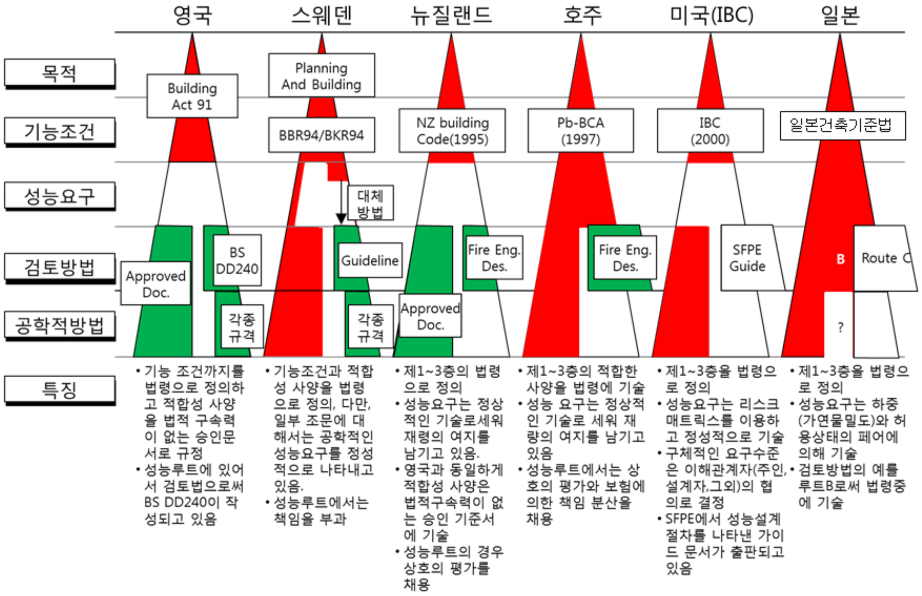


〈그림 2〉 내화시간에 대한 시방기준과 성능기준과의 산정방법

이러한 시방기준과 비교하여 성능기준에서는 우선 화재안전의 목적이 기술된 다음 이러한 목적을 달성하기 위하여 필요한 기능다음으로 목적을 달성하기 위하여 필요한 기능이 제시되고 있으며 이러한 기능별로 요구수준이 성능적 척도를 사용하여 기술되고 있다. 이러한 요구에 적합한 수단은 원칙적으로 임의적이며 이러한 성능요구를 만족시키는 것이 건축설계의 목적이 되는 것이 시방설계와 근본적으로 다르다.



〈그림 3〉 시방기준과 성능기준과의 기술적 체계도의 비교



〈그림 4〉 각국의 성능설계에 대한 기술체계도 비교

〈그림 4〉는 각국의 성능설계에 대한 기술체계도를 비교하여 나타낸 것이다. 성능규준은 NBK가 제안한 5레벨 체계를 사용하여 기술하는 경우가 대부분이다. 최상위 레벨에서는 법규제의 목적(Objectives)이 개념적으로 기술된다. 제2레벨에서는 목적에 따라 건축물이 구비되어야 할 기능적 요건(Functional requirements)이 서술되고 이어서 제3레벨에서는 각각의 기능적 요건에 대하여 구체적인 요구성능(Performance requirements)이 적절한 성능치로서 제시된다. 단 성능치로서 표현할 수 없는 항목은 시방으로 표현된다. 여기까지의 단계는 사회적으로 필요한 최저한의 요구로서 법적 강제력을 갖는다.

이어서 제4레벨은 구체적인 건축의 설계방법(Design method)이다. 여기에서는 크게 2가지의 설계방법이 선택가능하다. 하나는 성능설계법이고, 또 하나는 제3레벨에서 규정된 요구성능기준으로의 적합성을 검증하는 방법과 제5레벨에서 정의되는 계산방법(Calculation methods) 및 시험방법(Test methods)에 따라 검증하는 방법이다. 결국 성능설계라는 것은 성능요구기준에 적합하다는 것을 증명하면 건축설계의 자유도는 최대한으로 얻어지게 되는 것을 의미한다. 한편 대다수의 건물에서는 성능설계를 수행하지 않아도 충분하기 때문에 제3레벨의 기술기준에 적합하다는 것이 확인된 시방을 승인기준서(Approved documents)로 지정하고 이것을 적용하는 방법이 기술된다. 이러한 기술체계에 따른 선진각국의 성능기반 화재안전설계법의 상황을 비교하면 다음과 같다.

우선 영국의 경우, 1985년의 Building Act에서는 과거의 법령정비를 통합하여 이때부터 성능적인 표현을 사용하여 법문을 기술하였고, 법문의 요구를 현실화하는 방법에 관해서는 기술은 없었으나 성능요구를 실현하는 구체적인 방법에 관하여는 승인기준서(Approved document)를 지정하여 기술하고 있다. 이러한 BS의 프레임 워크는 ISO/TC92/SC4(화재안전공학)에 제안되었고 이러한 BS의 체계를 보다 체계적으로 정비한 것이 호주 등에 채택되었다.

또한 스웨덴의 경우에는 법률로 목적에 대한 부분이 기술되었고, 기능적 요건과 성능요구레벨 등이 BBR94, BKR94의 2가지 문서로 정리되었다. 화재안전에 관련하는 기술은 BBR94이나 성능규정과 시방규정이 혼재되어 있는 특징이 있다.

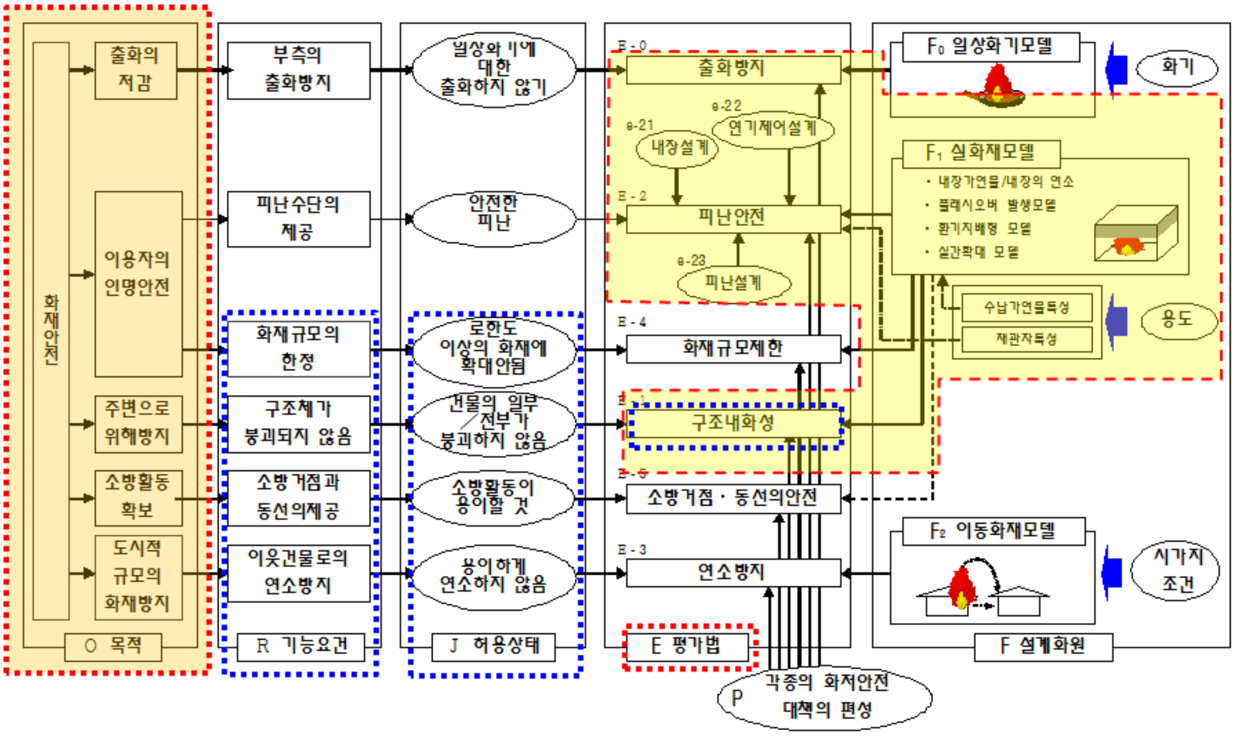
뉴질랜드에서는 목적으로부터 성능요구레벨까지 법규로 기술하고 있으며 적합한 시방에 대하여는 승인기준서에서 분리하고 있다. 법문체계도 목적, 기능요건, 성능요구의 3가지로 계층적으로 기술하고 있으며 이것은 영국방식에서 부족한 부분을 보완한 것으로 볼 수 있고, 법체계적으로 매우 체계적인 것으로 판단되나 성능요구레벨의 부분이 수치표현이 아닌 것을 문제점으로 지적할 수 있다. 또한 화재관계부분은 주로 출화방지 및 피난수단, 화재확대방지, 구조안전성으로 나뉘어져 있다.

호주의 체계는 뉴질랜드와 마찬가지로 목적으로부터 요구성능레벨에 이르기까지 법규로 기술되고 있다. 더 나아가 적합인정에 대한 사례를 법규의 본체에 기술하고 있는 특징이 있으며 성능요구레벨의 일부는 구체적인 수치로 제시하고 있다. 성능설계법으로는 Fire Engineering Guideline이 출판되어 설계법의 시스템을 잘 설명하여 주고 있으며 〈표 1〉은 호주내화규정에서 명시한 성능요건을 나타낸 것으로 향후 국내의 내화성능설계에서도 매우 참조할 내용이 많은 것으로 사료된다.[13)]

상대적으로 늦게 성능설계가 법제화된 미국 및 일본의 경우에는 전보[4)5)]에서 다루었으므로 본보에서는 생략하나 미국 경우의 특징은 성능요구는 리스크 메트릭스를 이용하여 정성적으로 다루고 있으며 SFPE, NFPA 등의 그룹을 중심으로 절차서 등이 문서화되고 있다. 한편, 일본의 경우는 건설성 종합기술개발프로젝트『방·내화 성능평가기술의 개발』을 통하여 그 체계가 구축되었다.

〈표 1〉 호주 내화규정에서 명시한 성능요건 (Performance requirements)[12)]

구분	내용
CP1	화재시 건축구조물의 구성부재는 구조적인 기능을 유지할 수 있어야 한다.
CP2	건축구조물의 구성부재는 화재의 확산을 피할 수 있어야 한다. (Class 2, 3, 4에만 적용)
CP3	긴급발생시 건축구조물은 화재와 연기의 확산으로부터 노인들이 대피할 수 있는 충분한 시간을 확보할 수 있어야 한다. (Class 9a의 건강관리 목적용 건축물과 Class 9c의 노인복지관리 목적용 건축물에만 적용)
CP4	건축재료 및 구성부재는 연기, 열, 독성가스 등에 노출되는 것을 차단할 수 있도록 화재의 확산에 저항할 수 있어야 한다.
CP5	콘크리트로 만들어진 외벽 (ex: 틸트업, 프리캐스트 콘크리트 패널 등)의 경우는 화재에 의한 손상에 의해 바깥쪽으로 붕괴되는 현상을 막을 수 있어야 한다. (2층 이상의 건축구조물에는 해당되지 않음)
CP6	건축구조물의 구성부재는 설비장비로 부터의 화재 확산을 피할 수 있어야 한다.
CP7	건축구조물의 구성부재는 긴급한 상황에서 필요한 장비들이 화재의 확산으로부터 보호되어 정해진 시간 동안 제대로 기능을 수행할 수 있도록 하여야 한다.
CP8	개구부나 설비관통부 등 건축물 구성재료는 화재의 확산으로부터 차단기능을 수행할 수 있도록 보호되어야 한다.
CP9	화재상황 발생시 소방대원 등에 의해 외부로부터 건축물 내부와 주변부로의 접근이 용이할 수 있도록 해야 한다.

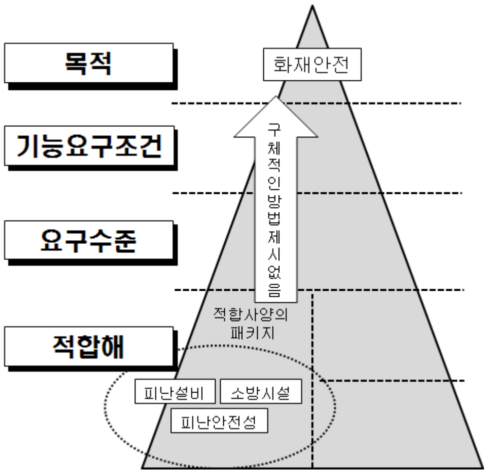


〈그림 5〉 일본의 성능기반 화재안전설계의 개요

여기에서 우리는 우리와 화재안전법체계가 동일하게 건축법과 소방법으로 나뉘어진 일본의 사례를 살펴보면 일본의 경우는 〈그림 5〉의 화재안전 프레임에서 나타낸 바와 같이 소방법에서의 소방활동과 건축법의 피난안전 및 내화구조에 관한 토탈시스템으로 체계화되어 있는 것을 알 수 있으며 이러한 체계는 우리나라에서도 반드시 검토하여야 할 중요한 사안으로 사료된다.

2.2 국내의 화재안전분야에 대한 성능설계 법제화와 기준 및 활용사례

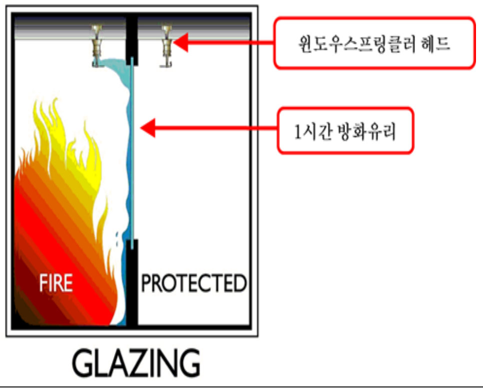
우리나라의 경우, 화재안전에 대하여 소방법에서는 이미 2005년도에 법제화(소방시설공사업법 제11조)되었고, 실제적으로 이용되기 시작한 것은 2011년경에 이르러서 시행규칙이 정비된 이후 본격적으로 시행되기 시작한 성능설계의 사례가 있다. 그러나 우리나라의 경우에는 성능설계에 관련된 연구조차 정비되지 못한 상황에서 <그림 6>과 같이 시행됨으로서 상당히 많은 혼란이 발생한 점과 더불어 근본취지인 대안설계가 아닌 전세계에서 유래를 알 수 없는 의무적으로 시행하여야하는 설계방법으로 규정됨으로서 더욱 혼란은 가중되었고 오히려 성능설계의 무용론이 대두되고 있는 실정이다. 이는 전술한 바와 같이 5단계 체계로 기술적인 체계도가 구축되지 못한 상태로 시행하게 되면 혼란이 가중된다는 것을 뼈저리게 경험한 것으로 향후 화재안전설계에 대한 근본적인 재검토가 요망되고 있다.



<그림 6> 국내소방법의 성능설계 개념도

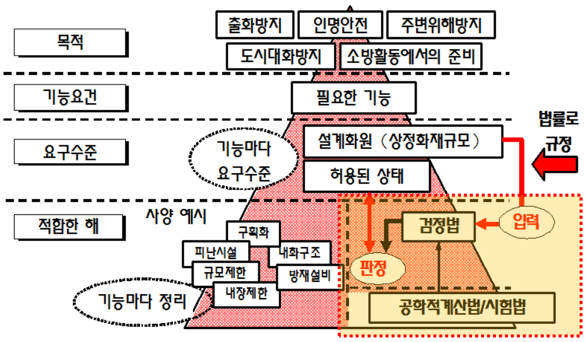
한편 『건축물의 피난 및 방화구조 등의 기준에 관한 규칙(2011.5)』에 나타낸 바와 같이 한국건설기술원장이 인정한 성능설계에 따라 내화구조의 성능을 검증할 수 있는 구조로 된 것으로 규정하고 있다. 그러나 이러한 내화구조에 대한 규정 또한 전술한바와 같은 5단계로 체계화되지 못함에 따라 소방법에서 경험한 바와 같이 많은 혼란을 야기할 수 있는 규정으로서 향후 이러한 5단계에 따른 구체적인 내화설계방법론이 정립되지 못한 모호한 상태로 현재에 이르고 있으므로 향후 본 성능설계에 대한 구체적인 수행절차 및 세부방법에 대한 정립이 시급한 것으로 판단된다. 참고로 콘크리트는 아니나 본 규정에 의거하여 2시간 내화구조로 인정받은 글레이징시스템을 소개하면 <그림 7>과 같다. 본 시스템 또한 인정을 받는 데에도 국내에는 평가시험방법 등이 구축되어 있지 못한 상황이었으므로 오랜 시일이 걸려 결국 시험장비를 재구축한 상태로 평가를 수행하여 인증을 받은 사례이다. 향후 콘크리트분야에도 다양한 성능에 대한 시험평가방법 등에 대한 것도 <그림 8>에 나타낸 바와 같이 건축법과 소방법의 법체계가 국내와 동일한 일본의 사례를 참조하여 사전에 체계적으로 정비되어져야 할 것이다.

2시간 내화구조 글레이징시스템



현장적용사례

<그림 7> 글레이징시스템(2시간 내화구조인증)



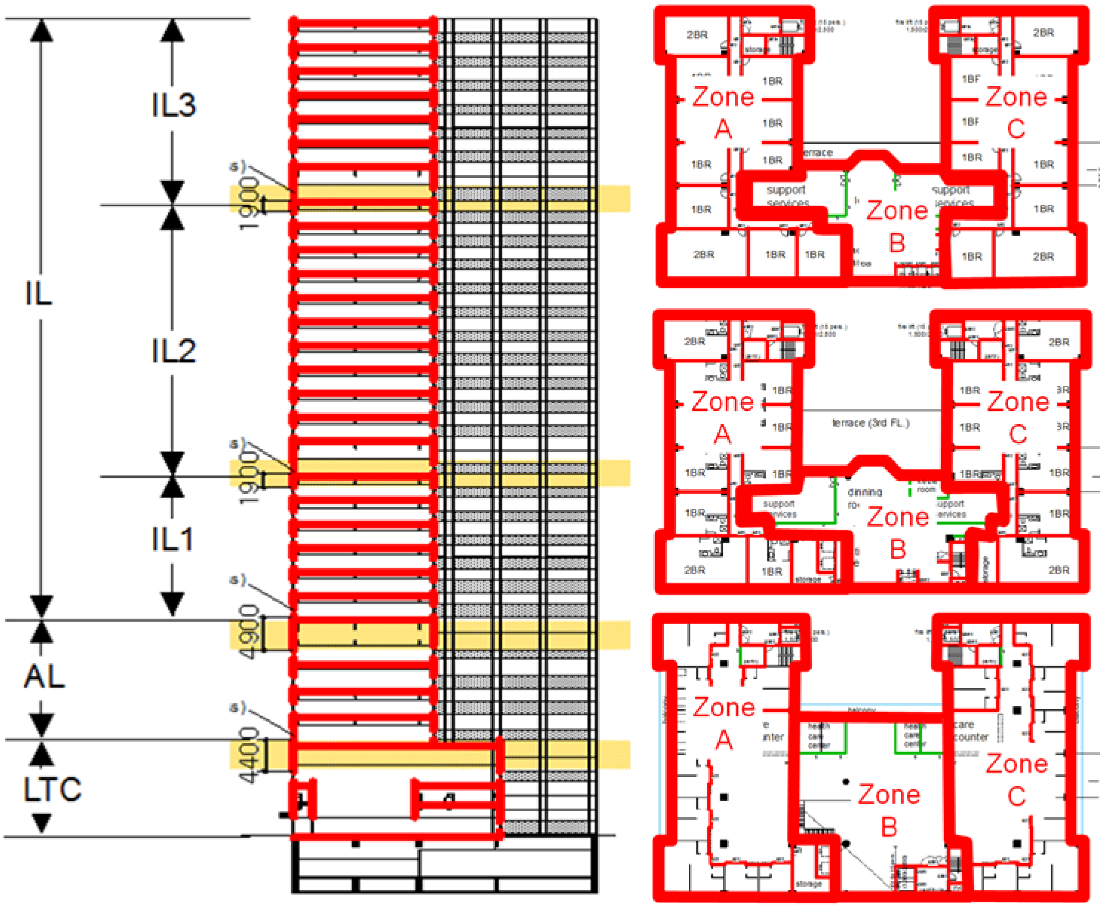
〈그림 8〉 일본의 성능설계 구성체계(시험방법 포함)

2.3 성능기반 내화설계에 대한 선진각국의 케이스스터디 분석[13)]

2.3.1 개요

방화기술자협회(SFPE)의 제6회 SFPE심포지움(동경개최)에서 고령자 시설에 관한 각국의 성능설계를 비교하는 케이스스터디가 행하여졌다. 케이스스터디에 사용된 건축물은 가상의 건물로서 지하1층 지상30층의 고층 고령자시설이었다. 본 건물의 경우 고층부의 7층 이상에서는 자립한 일상생활이 가능하나 경우에 따라 도우미를 필요로 하는 고령자를 위한 세대(IL) 저층부에는 3-6층에는 일상생활에 필요한 간호사가 필요한 공간(AL)과 최하층의 1-2층에는 24시간 간호가 필요한 공간이었다.

여기에서는 선진외국의 내화설계를 내화설계방침, 구조계획, 화재외력제어, 화재내력계획으로 나누어 비교한다. 각국의 내화설계방침을 〈표 2〉에 나타내었다. 내화설계에서 성능설계를 채택하고 있는 나라는 일본, 프랑스, 호주였다. 또한 각국의 구조계획의 기본방침은 일본과 호주는 철골조, 미국과 프랑스, 캐나다는 철근콘크리트구조로 계획하였다. 여기에서 구조종별보다는 전반적인 성능기반 내화설계 프로세스를 중심으로 서술하고자 한다.



〈그림 9〉 성능기반 내화설계용 건축물의 입면도와 방화구획 개념도

〈표 2〉 각국의 내화설계방침

국명	내화설계방침
일본	상정된 화재에 대하여 구조체를 붕괴시키지 않음
미국	내화구조
프랑스	2시간화재에 대하여 구조체를 붕괴시키지 않음
호주	피난과 소방활동이 종료될 때까지 구조체를 손상시키지 않음
캐나다	상 동
스위스	자국의 방화규정에 따른 내화구조

2.3.2 화재외력제어

(1) 개요

각국의 화재외력제어에 관한 개요를 〈표 3〉에 나타내었다. 캐나다는 피난과 소방이 완료될 때까지 구조체에 손상을 주지 않는 것을 목표로서 요구내화시간을 설정하고 있다. 또한 호주에서는 스프링클러의 효과를 인정하여 상층연소를 고려하지 않는 방안을 설정하고 있으며, 반면 프랑스에서는 스팬드럴의 치수를 파러미터로서 상층연소에 관하여 검토하고 있는 특징이 있음으로서 각 나라별 화재외력에 대한 개념이 상이함을 알 수 있다.

(2) 프랑스의 상층연소에 대한 검토

프랑스는 외벽개구부로부터의 상층연소에 대한 해석을 행하고 있다. 상층연소의 파러미터로서는 ① 스팬드럴의 높이 ② 연료유속과 공기유속의 비를 주요인자로 사용하고 있으며 주요인자별 각각의 시나리오와 각 시나리오별 화재성상을 3차원 수치해석 프로그램인 FDS를 사용하여 행하고 있다. 또한 창유리 종류와 각각의 파손시점의 열유속은 통상의 유리에서 9KW/m^2, 페어유리에서 25KW/m^2, 내열 강화유리에서 43KW/m^{2}로 설정하고 있고, 유리를 통과한 복사열유속에 의하여 상층의 실내가연

〈표 3〉 각국별 화재외력제어의 개요

국명	개요	상세내용
일본	- 화재확대방지를 제1의 목표로 설정함 - 평면상의 방화구획은 1층을 3분할로 하고 주거부분은 별도 주거단위로 구획 - 입면상의 방화구획은 각층에서 스팬드럴를 1.9m 확보하여 상층연소에 대한 안전성을 확보	- 세대의 방화구획부재로는 높은 차열성능을 부여하고, 세대의 화재에 대하여 피난이 되지못한 경우에도 세대가 고온으로 되지 않도록 배려 - 면진장치가 있는 공간은 장치 유지보수만을 위한 전용 면진층으로서 방화구획하고 면진장치주변의 가연물을 일정거리 이격하는 계획
미국	- 성능설계에 따라 내화요구를 저감 - 실화재하중을 사용하여 설계시나리오를 구축	-
프랑스	- 방화구획면적은 2500m^{2}이내 - IL의 경우, 실재의 화재하중에 따른 구조체검토 - IL의 경우, 상층부연소를 검토 - IL은 주거시설과 복도를 구획 - AL 및 LTC 전체를 2블록으로 구획	- 내화는 IL 만 검토 - 폭 1.2m 높이 1.6m의 창에 대하여 스팬드럴 높이 1.2m와 1.7m로 상층연소의 가능성을 검토
호주	- 복수의 화재시나리오를 검토하고 최악의 경우 발열량 500MJ/m^2, 화재최고온도는 1600℃ 화재지속시간은 90분의 내용을 표준화재로 환산하여 그 시간을 2배로 180분으로 산정 - 피난종료시간을 방화구획벽의 요구내화시간을 설정	- 방화구획의 요구내화시간은 피난종료시간을 토대로 에서는 13.6분 이상, 4.4분 이상으로 설정 - 스프링클러의 설치에 의하여 상층으로 연소하지 않도록 설정
캐나다	- 피난과 소방활동이 완료할 때까지 구조체에 손상을 주지 않는 것을 목적으로 요구내화시간을 2시간으로 설정	-
스위스	- 저층용 의료시설과 고층용 공동주택에 대한 스위스방화규정을 고려하여 결정	-

물을 착화시키는 수치는 15KW/m^2로 하고 있으며 이를 토대로 해석을 실시하여 시나리오별 내화유리를 배치하고 있다.

2.3.3 화재내력계획

각국의 화재내력계획의 개요를 <표 4>에 나타낸다. 호주는 피난 및 소방활동이 장기화되어도 구조체가 붕괴되지 않도록 요구내화시간을 주요구조부재 180분, 바닥슬래브 180분, 계단180분으로 설정하고 있다. 칸막이벽의 요구내화시간은 LTC층에서 60분, AL층에서 30분으로 하고 있다. 반면 스위스는 주요 구조체의 요구내화시간이 90분으로 최상층은 무내화 피복을 허용하는 등 다른 국가와 비교하여도 매우 완화된 규정으로 수행하고 있다. 칸막이

<표 4> 화재내력계획의 개요

국명	개요	상세내용
일본	- 내화성능을 높인 중간층피난을 설정하여 이 구간을 구성하는 부재에 대하여 다른 부분보다 50% 이상의 내화안전성을 부여함 - 무내화피복CFT기둥의 내화설계는 실험에 의하여 검증된 부재의 내화성능과 시스템전체에서의 입체적으로 해석한 화재시 구조해석에 의하여 안전성을 확보	- CFT기둥의 경우, 화재시에 외측의 강관은 내력을 잃기 때문에 축력은 내부 충전콘크리트가 부담한다. 이러한 성상을 정량적으로 파악함으로서 구축된 일본의 신도시하우징협회에 의한 설계방법을 채용
미국	- 바닥 강재에서 지지하는 바닥, 지붕, 강재에서 지지하는 지붕은 불연재로 설정함 - 부재의 내화등급을 ASTM E 229로 설정 - 기둥의 허용온도는 540-650℃, 보는 595-705℃로 설정	-
프랑스	- 가연물량을 933MJ/m^2 이하로 구조체를 붕괴시키지 않는 것으로 설정 - 가연물량 1200MJ/m^2 이상에서는 몇 개의 부재의 붕괴를 허용	- 개구부는 내화유리를 사용함
호주	- 방화구획내의 모든 무피복철골이 파괴되어도 전체 붕괴로 이르지 않는 구조 - 고온내력이 설계하중을 하회하지 않도록 강재온도를 억제 - 어떠한 시스템도 기능하지 않고 소화에 장시간을 요하는 경우에도 붕괴되지 않는 구조 - 피난종료 후에 전소하여도 붕괴되지 않도록 안전율설정 - 피난 소방활동의 모든 모델에 대하여 구조부재를 검증 - 강재강도는 강재온도 538℃에서 상온강도의 60%, 작용하중은 상온강도의 60%이하로 억제	- 구조부재는 180분 내화 - 지붕은 내화성능을 갖지 않으나 스프링클러설치 - 계단은 180분 내화 - 엘리베이터의 샤프트는 소방대의 활동을 고려하여 120분 내화 - PS EPS등의 샤프트는 90분 내화 - 바닥슬래브는 180분 내화 - 칸막이벽: IL, AL은 30분내화 LTC는 60분 내화
캐나다	- 피난 및 소방활동 종료까지 구조체를 붕괴시키지 않는 것을 목표로 설정	-
스위스	- 저층부의 의료시설과 고층용 공동주택에 대한 스위스의 방호규정을 감안하여 설정	- 기둥, 벽, 슬래브는 90분 내화 (최상층은 무피복철골을 허용) - AL층 LTC층의 세대간 칸막이벽 및 복도의 벽은 60분내화에 목조방화문 - IL층의세대간 칸막이벽 및 복도의 벽은 30분내화에 목조방화문 - 계단벽은 60분 내화에 목조방화문 - 복도벽은 30분의 차연성을 갖는 벽 또는 망입유리(강화유리 또는 적층유리)+스프링클러를 설치

벽의 요구내화시간은 LTC층과 AL층에서 60분으로 설정하였고 IL층에서 30분으로 매우 완화된 규정으로 수행하는 것을 알 수 있다.

프랑스는 ISO 834 표준가열곡선의 화재에 대하여 120분까지 붕괴시키지 않는 것을 목표로 하고 있다. 구체적으로는 화재시간에 보 중앙부의 휨내력 및 기둥 축내력의 저하 상황을 산출하고 있다. 설정한 여러 화재에 있어서 120분 시점까지는 내력을 확보하고 있으나 120분 이상에서는 내력이 저하되는 것으로 평가하고 있다.

2.3.4 케이스스터디 조사결과

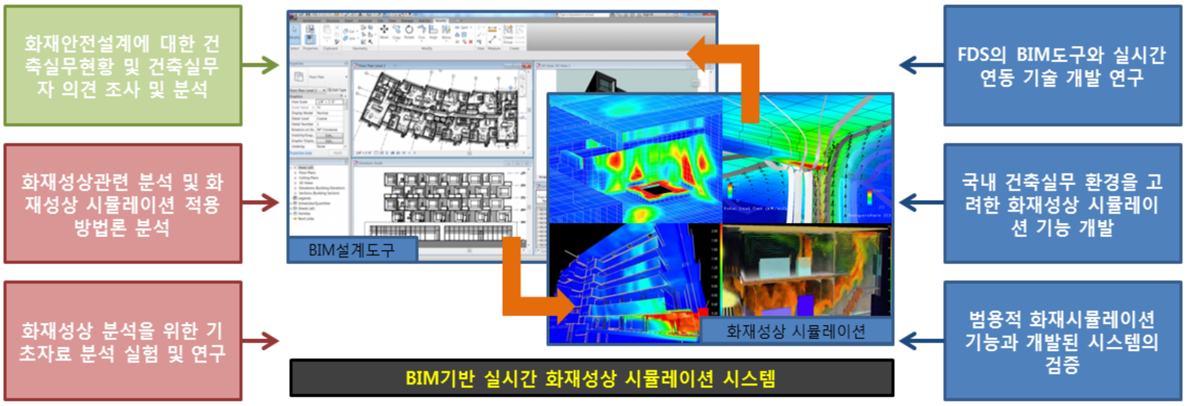
본 성능기반 내화설계에 대한 SFPE에서 실시한 케이스스터디를 통하여 알 수 있는 것은 각 나라별 내화설계의 근본 목표설정에서부터 화재외력과 내력에 대한 평가 시스템이 매우 상이한 것을 알 수 있었다. 방화구획설계와 구조내화설계가 동시에 이루어지고 있었으며 특히 프랑스의 경우에서는 FDS를 사용하여 상층부의 연소 확대에 대한 검토도 수행하고 있으며 다른 나라와는 상당히 차이가 큰 내화설계방안을 보유한 것으로 사료되며 향후 프랑스의 규정 및 구체적인 사례 등에 대한 정보입수가 필요할 것으로 판단된다.

이상의 내용을 통하여 비교한 결과 성능설계방법은 명확하게 목표와 프로세스 및 검토방법 등이 규정화 되지 않은 상태에서 시행하게 되면 많은 혼란이 발생할 가능성이 크기 때문에 보다 면밀한 검토와 설계방안 구축이 절대적으로 필요한 것으로 사료된다.

3. 결론 및 향후과제

영국으로부터 시작된 성능기반설계는 이제는 전세계로 확대되는 추세이며 이미 국제표준(ISO)으로 규정하고 있는 상황으로 우리나라 또한 세계화에 발맞추기 위하여 이러한 화재안전에 대한 성능기반설계의 도입은 필수적인 사안으로 판단된다. 반면 국내의 경우, 내화구조에 관한 성능설계에 대한 기준으로서는 건축물의 피난 및 방화구조 등의 기준에 관한 규칙에 기술되어 있으나 이러한 규정은 이후 전술한바와 같은 5레벨 체계로 구체적인 방법론이 정립되지 못한 모호한 상태로 현재에 이르고 있으므로 소방법의 성능설계에 대한 문제점을 철저하게 검토한 후 향후 본 콘크리트분야 성능설계에 대한 구체적인 수행절차 및 세부방법에 대한 정립이 우선적으로 요구되고 있다.

또한 성능기반 내화설계에 대한 SFPE에서 실시한 케이스스터디를 통하여 알 수 있는 것은 각 나라별 내화설계의 근본 목표설정에서부터 화재외력과 내력에 대한 평가 시스템이 매우 상이한 것을 알 수 있었고, 방화구획설계와 구조내화설계가 동시에 이루어지고 있었다. 특히 프랑스의 경우에서는 FDS를 사용하여 상층부의 연소 확대에 대한 검토도 수행



〈그림 10〉 BIM기반 화재안전설계시스템 구성도[14]

하고 있는 것을 알 수 있었으며 이러한 성능설계방법은 명확하게 목표와 프로세스 및 검토방법 등이 규정화 되지 않은 상태에서 시행하게 되면 많은 혼란이 발생할 가능성이 크기 때문에 보다 면밀한 검토가 요망된다.

특히 화재하중, 가연물의 열특성 DB의 구축, 구획화재 온도예측방법의 확립, 열전도모델, 열응력모델 등의 요소기술과 소방법과의 연계된 평가체계와 시험방법 등에 대한 〈그림 10〉과 같이 BIM과 연계된 시스템구축과 더불어 구체적인 평가를 위한 케이스스터디를 통하여 문제점과 개선방안을 찾는 노력이 지속되는 것이 성능기반 내화설계를 위한 우리의 당면과제로 사료된다.

References

1. 소방법(소방시설공사업법), 제11조(성능설계), 2005
2. 국토해양부, 도로터널 방재시설설치 및 관리지침, 2009
3. 건축법, 건축물의 피난방화구조등의 기준에 관한 규칙, 2011
4. 國土交通省建築硏究所,日本建築主事會議,財團法人日本建築センタ―, “耐火性能證政法の解說及び計算例とその解說”, 2001.3.
5. 권영진, 내화재료 및 구조로서 콘크리트의 한계성능과 초고층 주거시설의 화재안전성’, 콘크리트학회지, Vol. 17, No. 5, 2005.3, pp.8~13.
6. 권영진외, 고강도콘크리트의 성능기반 구조내화설계 필요성과 향후 대책, 콘크리트학회지 제 20권 5호 2008. 9 pp.33~42
7. 권영진외, 성능기반 구조내화 설계기술의 필요성과 향후과제, 콘크리트학회지 논단, 제21권 3호 2009. pp.22~30
8. 권영진외, 성능기반 화재안전설계에 대한 각국의 동향과 초고층건축물에 대한 내화설계, 케이스스터디 분석, 제26권 4호, 2014, pp.30~33
9. 권영진, 한국의 성능기반내화설계를 위한 콘크리트분야의 현황과 과제, 한국콘크리트학회 내화위원회 주관 국제세미나 발표자료, 2014. 6
10. Eurocode 4, Design of Composite Steel and Concrete Structures, Structural Fire Design, 2004.
11. Jim Linville, ‘SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Building’,2000..國土交通省住宅局建築指導課,
12. 原田和典, 성능설계 PBD & 고강도콘크리트의 폭렬메커니즘에 관한 연구’, 호서대학교 초청세미나 강연자료, 2008. 5.
13. Youngsun Heo, Identification of fibre parameters for spalling protection of concrete in fire, Ph D thesis(2012), Monash Univ. Australia.
14. 이윤길, 권영진외, 안전설계를 위한 ICT융합설계 기술개발, 연구제안서, 한국연구재단, 2015