

국내 내화구조 성능설계 Frame Work 개발

Development of Frame Work for Fire Resistant Design based on Performance in Demestic

김흥열 Heung-Youl, Kim
한국건설기술연구원
화재안전연구센터 연구위원

채승언 Seung-Un, Chae
한국건설기술연구원
화재안전연구센터 전임연구원

김형준 Hyung-Jun, Kim
(주)목양엔지니어링 본부장

1. 머리말

국내의 성능설계 관련 기준은 『건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙(2011.05)』의 제 3조 9. 나.항에서 “한국건설기술연구원이 인정한 성능설계에 따라 내화구조의 성능을 검증할 수 있는 구조로 된 것”으로 규정하고 있다. 상기의 기준은 건축물의 내화설계시 성능설계를 할 수 있는 근거를 제시하고 있으나 이러한 성능설계를 수행하기 위해서는 성능설계를 수행할 수 있는 세부절차 및 기준, 방법이 필요하다. 이에 본 고에서는 각국의 성능설계기준의 장·단점 분석을 통해 한국의 국내실정에 적합한 성능설계의 법적골격 및 세부방법을 제안하고자 한다.

2. 각국의 성능설계기준 분석

일본의 성능설계법은 단면형상계수 개념과 강제 구조부재(무피복, 피복)를 주 대상으로 하고 있으며, 철근 콘크리트 부재의 경우에는 폭렬 및 국부적인 열응력의 문제로 인해 성능설계 적용을 일률적인 평가기준으로 대체하고 있는 문제점이 있다¹⁾.

영국의 성능설계 프로세스는 The Building Regulations 2000(2007)의 Approved B에서 제시하고 있다²⁾. 설계 제안서에는 화재공학적 개념이 도입된 내화성능 예측식을 적용할 수 있으며, 이러한 예측식으로는 BS 5950과 BS 7974에서 제시하고 있다. 영국의 성능설계 방법 및 구조부재의 성능예측식은 국제표준으로 적합하게 공인성이 있으나 반면에 성능설계기준의 기존 건물높이에 따른 획일적인 평가기준을 적용하기 때문에 일반 건축물의 환기계수 및 개구부 조건에 따른 성능설계기준으로 적용하기에는 한계점이 있다.

미국에서 가장 많이 쓰이는 코드로는 IBC 2012³⁾와 NFPA 5000(2012)⁴⁾가 있으며, 성능설계 프로세스를 제시하고 있다. IBC 코드에서는 사양적 설계기준을 토대로 구조부재의 재료 및 형상에 따른 피복깊이 등의 설계법을 이론식 및 표로서 계산할 수 있는 성능적 개념이 포함되어 있다. 그러나 건물높이 및 용도에 따른 내화성능 평가기준이 획일적인 표로 제시됨으로써 구획내의 화재하중 및 개구부 등의 환기에 따른 건물 특성에 맞는 맞춤형 내화성능 평가기준이 제시되지 못하는 한계점이 있다⁵⁾.

뉴질랜드 코드에서는 일반건축물에 적용되는 성능설계 프로세스로서 중점고려사항으로는 빌딩높이, 평면계

획, 개구부, 인접건물과의 거리 등이다. 다만 구조 재료의 발전 및 구조공법의 개발 등으로 건물이 장수명화 되기 때문에 건물의 용도, 거주특성, 사용목적 등이 대체될 수 있으므로 화재안전시스템은 이를 고려하여 탄력적으로 변화할 수 있도록 설계하는 방법을 권고하고 있다. 뉴질랜드 코드에서는 각 단계별로 순차적으로 성능설계를 수행할 수 있도록 체계적으로 정리가 되어 있다⁶⁾.

각국의 기준을 분석한 결과 한국형 성능설계는 한국의 법규구성 특성상 크게 성능설계 평가기준과 성능설계 수행방법으로 구분하여 제시할 필요성이 있다. 성능설계 평가기준은 건물높이, 건물용도, 화재위험도에 따라 방화구획과 구조부재의 하중지지를 고려하여 제시할 수 있으며, 성능설계 수행방법은 실물실험, 화재공학적인 이론예측식, 화재분석 시뮬레이션으로 제시할 수 있다. 그러므로 한국의 현행 법규의 기존 위상과 성격을 고려하여 한국형 성능설계기준은 ① 피난 방화구조 규칙에 성능설계기준의 제/개정(법적근거 마련), ② 국토해양부 고시, ③ 표준산업규격(KS, 특수공법), ④ 대안적 성능설계 방법으로 체계적으로 구성될 필요성이 있을 것으로 판단된다.

3. 건축 구조물 성능기반 내화설계 요구사항

3.1 건축구조물 성능기반 내화설계 고려사항

건축 구조물에 성능기반 내화설계를 수행할 경우 다음 각 호와 같은 사항을 설계자는 성능설계시 반드시 고려하여 건축물의 화재위험도에 따른 맞춤형 내화설계가 반영될 수 있도록 해야 한다.

- (1) 건물의 사용목적에 따른 용도분류 및 화재위험도 분류
- (2) 수용인원 및 재실자 밀도
- (3) 피난안전설계(피난경로의 면적, 위치 등) 방법
- (4) 화재안전시스템(화재경보 포함) 설치방법
- (5) 방화구획 설계방법
- (6) 구조부재 내화설계방법
- (7) 외부 화재확산방지 설계방법

3.2 화재위험도 분류방법

건축물의 성능적 내화설계를 수행하기 위해서는 우선 건축물의 위험도에 따른 분류를 통해 내화설계의 정도가 결정되어야 한다. 그러므로 건축물의 화재하중밀도에 따라 화재위험도를 구분하고, 화재위험도별로 건물의 내화성능을 분류하여 위험도에 따른 맞춤형 내화설계를 수행하여야 한다<표 1>.

3.3 화재위험도에 따른 방화구획 설계방법

방화구획의 최대 바닥면적은 화재위험등급에 따라 다음 <표 2>에 의해 분류할 수 있다. 한국의 경우 화재위험도 분류에 따른 구분 없이 일률적으로 방화구획의 바닥면적을 3,000 m²로 규정하고 있는 것과 차이가 있다. 방화구획의 면적을 결정할 이후에는 방화구획을 구성하는 구획부재의 성능요구조건을 결정하여야 한다. 방화구획부재의 성능요구조건에는 차열 성능과 차열성능이 필요하며, 성능등급요구사항을 결정하기 위해서는 건물의 수용인원, 건축물 피난높이, 화재위험도를 종합적으로 고려하여 건물의 화재등급에 따라 맞춤형으로 결정할 수 있다.

표 1. 화재하중밀도에 따른 화재위험도 분류

화재위험도 분류	화재하중밀도 (MJ/m ²)	화재하중밀도의 설계값(MJ/m ²)
1*	2*	2*
1	0 ~ 500	400
2	501 ~ 1,000	800
3	1,000 ~ 1,500	1,200
4	>1,500	-

1*. 용도별 분류에 따른 화재 위험도 분류는 화재하중밀도에 따라 분류됨

2*. 화재하중밀도는 구획 내부에 모든 가연성 재료의 화재하중(MJ)의 총합을 바닥 면적(m²)으로 나눈 값이다. 화재 하중은 가연성 재료별로 다음과 같이 계산된다.

*화재하중(MJ) = 가연성 재료의 질량(kg) × 연소열(MJ/kg)

표 2. 화재위험도분류에 따른 방화구획 최대 바닥면적

화재위험도 분류<표 1>	방화구획 최대 바닥면적(m ²)*
1	5,000
2	2,500
3	1,500
4	특정 화재공학 설계 필요

*스프링클러가 설치되지 않았을 경우

3.4 건축구조부재의 내화성능 요구사항

구조부재의 내화설계는 하중지지력, 차염성, 차열성의 3가지 성능에 대한 값을 토대로 수행한다. 주요 구조부재와 비내력 구조부재는 각 요구기능에 따라 상기 3가지 성능 중 1가지 또는 3가지 이상의 성능기준을 만족하여야 한다.

하중지지력은 방화구획을 구성하는 하중을 전담하는 주요구조부재를 대상으로 한다. 내력구조부재는 건축물의 하중을 지지하는 골조의 부위로서 방화구획 내부와 방화구획을 연결하는 부재의 역할을 하며, 주로 건축물의 기둥, 보, 슬래브, 벽(내력벽)으로 구성된다. 차염성은 방화구획을 구성하는 주요구조부재가 아닌 비내력 구조부재를 대상으로 하며, 주로 건축물의 내벽, 슬래브, 내화설계가 불가능한 외벽의 개구부, 건물이 인접한 지붕부위, 출구가 인접한 통로의 외벽을 대상으로 한다. 주요구조부재와 비내력 구조부재가 연결된 구조부재도 그 대상으로 한다. 차열성은 주요구조부재와 비내력 구조부재 모두를 대상으로 한다. 방화구획부재로서 적용할 수 있으며, 한쪽면에서 가열될 때 대상 부재의 이면온도가 제한값 이상으로 상승되지 않는 성능으로 대상 부재의 이면 인접 공간에서 거주자의 안전과 인접방화구획 또는 인접건물로의 화재확산방지를 막는 것을 목적으로 한다. 차열성은 침실 피난안전경로, 외벽으로 구성된 방화구획부재에 주로 적용할 수 있다.

설계 프로세스로서 중점고려사항으로는 빌딩높이, 평면계획, 개구부, 인접건물과의 거리 등이다. 다만 구조재료의 발전 및 구조공법의 개발 등으로 건물이 장수명화 되기 때문에 건물의 용도, 거주특성, 사용 목적 등이 대체될 수 있으므로 화재안전시스템은 이를 고려하여 탄력적으로 변화할 수 있도록 설계하는 것이 바람직하다.

- (1) 1단계 : 건물 설계목적 결정(신축, 축·증축, 리모델링 등)
- (2) 2단계 : 사용자(발주자) 요구사항 수렴(건물특성 결정)
- (3) 3단계 : 건물용도분류 & 화재위험도분류 (FHC)
- (4) 4단계 : 재실자 밀도 및 수용인원 결정
- (5) 5단계 : 화재실에서 비화재 방화구획 또는 출구로의 피난방법 결정. 이는 건물의 평면계획 및 4단계의 수용인원 및 재실자 밀도와 연계하여 결정한다.
- (6) 6단계 : 방화구획설계(방화구획 수량, 방화구획 성능기준(F)) 및 화재안전시스템(FSP) 결정
- (7) 7단계 : 건축 구조부재의 화재시 하중지지력 기준결정(S)
- (8) 8단계 : 건축구조부재별 요구내화성능(FRR : 하중지지력, 차염성, 차열성) 결정 및 구조부재 내화설계 수행

4. 건축 구조물 성능기반 내화설계 수행방법

건축물의 화재안전을 확보하기 위한 성능설계는 <그림 1>과 같이 각 건물의 용도특성 및 화재위험도를 고려하여 다음과 같은 절차에 의해 설계할 수 있으며, 건물의 용도 및 한국의 건축물 특성을 고려하여 크게 일반건물, 단독주택, 공동주택으로 구분하여 성능설계를 수행할 수 있다.

일반건물에 적용되는 일반적인 성능

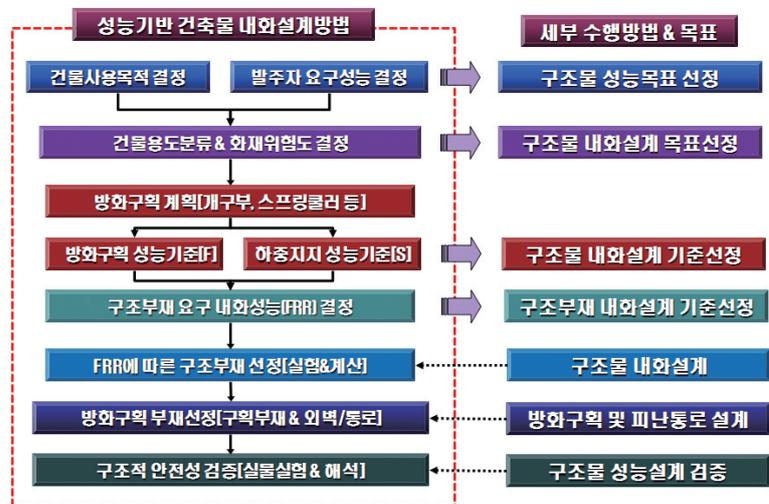


그림 1. 건축 구조물의 성능기반 내화설계 수행절차

뉴질랜드코드 → 건축법, 뉴질랜드코드 부속서 → KBC, 대안적방법 → 설계매뉴얼

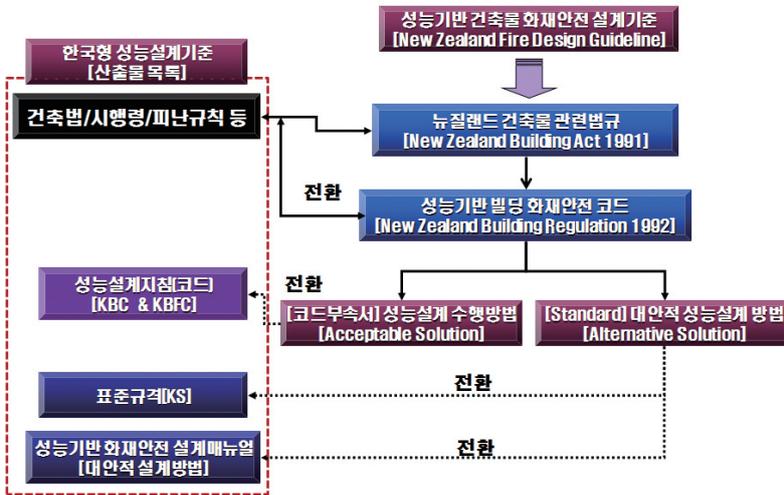


그림 2. 성능설계 기준&코드 방안

- (9) 9단계 : 건물내부 화재확산방지 및 연기제어 방법 결정
- (10) 10단계 : 건물외부 화재확산방지방법 결정
- (11) 11단계 : 화재제어 소방 설비 시스템 결정

(12) 12단계 : 화재발생 방지 예 방설계

6. 맺음말

본 고에서는 뉴질랜드 성능설계 법규체계를 국내의 법규체계에 맞추어 <그림 2>와 같이 제시하고자 한다. 성능기반 내화설계와 관련된 세부적인 계산식과 내화성능 요구표와 관련된 내용을 고려하여 건축 구조물의 성능설계가 수행되어야 하며, 새로운 성능설계를 위한 관련 분야 전문가들의 인식전환 및 관심이 필요하다. □

담당 편집위원 : 류동우(대진대학교) dwryu@daejin.ac.kr

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, 건축물 내화설계 기술 개발, 2004.
2. BS, The Building Regulations 2000 Approved document B, 2006.
3. ICC, International Building Code 2012.
4. NFPA, NFPA500 Building Construction and Safety Code, 2011.
5. ACI, ACI216R-89 Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Element, 2001.
6. Approved Document for New Zealand Building Code, Fire Safety Clauses, 2011.



김흥열 연구위원은 현재 한국건설기술연구원 화재안전연구센터 연구위원으로 재직 중이며, 경기대학교 소방방재학과 겸임교수, 국토교통부 중앙건축위원 및 국가기술표준원 화재안전전문위원으로 활동 중에 있다.
hykim@kict.re.kr



채승언 전임연구원은 현재 한국건설기술연구원 화재안전연구센터 전임연구원으로 재직 중이며, 2007~2012년까지 미국 AON Fire Protection Engineering에서 화재컨설팅 업무를 수행하였다.
seungun.chae@kict.re.kr



김형준 본부장은 현재 (주)목양엔지니어링 본부장으로 재직 중이며, 2004~2013년까지 한국건설기술연구원 화재안전연구센터에 근무하면서 성능적 화재안전설계에 대한 연구를 수행하였다.
kimfestival@hanmail.net