

성능기반 구조내화 설계기술의 필요성과 향후과제

Need for Performance-Based Structural Fire-Resistant Design and Future Challenges



권영진*

Young-Jin Kwon



이원호**

Waon-Ho Yi

1. 서론

최근 콘크리트기술의 비약적인 발전에 따라 건축물은 대형화 고층화되어 바야흐로 우리나라에도 초고층 건물시대가 도래하면서 도시의 스카이라인을 변모시켜 랜드마크로써 상징성을 갖게 되었다. 초고층 건축물은 당대의 첨단 건설기술이 총체적으로 집약된 결정체일 뿐만 아니라 오늘날에 이르러서도 한 국가의 상징물 또는 경제성장의 척도로 인식되는 경향이 강하기 때문에 지난 월드트레이드센터의 붕괴사건으로 인한 일각의 우려에도 불구하고 <Figure 1>과 같은 세계적인 초고층화 추세는 향후에도 계속 될 것으로 전망된다.

그러나 이러한 초고층 구조물은 초고층이라는 이유만으로 화재발생 확률이 높다고는 말할 수 없으나, <Picture 1>의 국외 초고층건축물의 화재 사례를 통해서 화재 확대 및 화재 진압의

1. Introduction

With the recent and dramatic development of concrete technology, higher-rise and larger-scale buildings are increasingly being introduced not just globally but also in Korea, changing the skylines of cities and gaining symbolic significance as urban landmarks.

High-rise buildings are the essence of cutting-edge construction technologies of the times; they are often perceived as national symbols or representations of economic growth. This trend is thus expected to hold in the future despite concerns over the safety of high-rise structures following the collapse of the World Trade Center.

Merely because a building is a high-rise structure does not necessarily mean it has a higher chance of catching fire. As illustrated in Picture 1, however, cases of fire in high-rise structures abroad suggest great

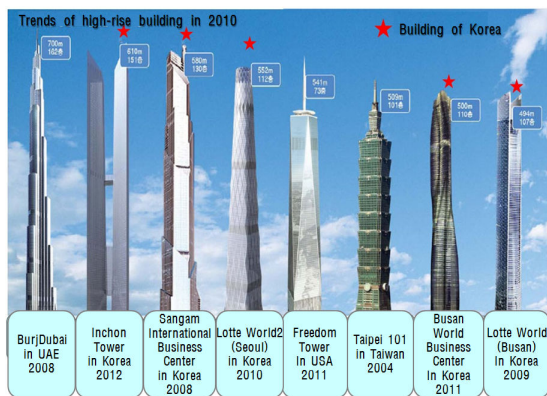


Figure 1. Recent trends of high-rise buildings

* KCI member, Professor Dept. Fire & Disaster Protection, Hoseo Univ., Korea.
yikwon@hoseo.edu

** KCI member, Chief of National Institute for Disaster Prevention, Korea.



Picture 1. Fire cases in high-rise buildings

어려움 등으로 인하여 그 잠재적 위험성이 대단히 높다는 것을 확인할 수 있다.

또한 초고층구조물에 적용되어지는 고강도콘크리트는 화재와 같은 고온에 노출될 경우 조적이 조밀하기 때문에 내부의 수증기를 배출시키지 못하여 일정 정도의 고온에서 갑작스럽게 부재 표면이 심한 폭음과 함께 박리 및 탈락하는 폭발(spalling) 현상 발생하며, 이러한 폭발현상은 철근콘크리트 부재 파편의 비산뿐만 아니라 부재단면감소로 인한 구조내력의 감소, 철근의 노출로 인한 부재의 내력성능저하를 일으켜 구조물의 붕괴까지 발생할 수 있으므로 그 위험성은 더 클 것으로 예상되어진다^{1~6)}.

이러한 배경으로 국내 소방법에서 연면적 20만²m 이상, 건축물 높이 100m 이상, 연면적 3만²m 이상의 철도역사공항시설, 영화상영관이 10개 이상인 특정소대상물을 대상으로 2009년 성능위주설계의 실시를 예정하고 있으며, 초고층 및 지하연계 복합건축물을 대상으로 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법」을 추진하고 있다.

또한 2008년 7월 21일 국토해양부고시 제2008-334호 「고강도콘크리트 기둥보의 내화성능 관리기준」에 의하여 50 MPa 이상의 고강도콘크리트에 대하여 내화성능을 반드시 검증을 받도록 규정되었다^{7,8)}.

그러나 이러한 기준은 건축물의 화재 위험도 및 스프링클러 설치와 같은 화재진압시스템 등을 고려되지 않으므로 향후 내화 및 방화의 성능을 향상 시킬 수 있도록 내화 및 방화의 총량적 개념 도입이 필요하며, 화재위험도에 따른 유연성과 탄력성을 주어 방화 및 내화의 목적을 달성할 수 있도록 하면서 고강도콘크리트의 활용이 증대 할 수 있도록 건축물의 가연물 및 개구조건에 따른 화재성상을 고려하여 설계하는 성능기반 내화설계기준 마련을 위한 대책 연구가 필요하다^{9~11)}.

따라서 본 고에서는 철근콘크리트 구조내화분야에 대한 선진각국의 성능설계의 동향 및 그 운영 체계에 대하여 분석하였으며, 이에 따른 국내의 구조내화분야에 대한 성능기반 설계개념의 도입을 위한 방안을 고찰하고자 한다.

2. 성능기반 구조내화설계에 대한 국내의 동향분석

성능기반의 화재안전설계를 지향하는 국가는 <Table 1>에 나타낸바와 같으며, 기존의 사양적 규정만으로는 화재의 안전성을 확보할 수 없다고 판단되어 공학적 연구를 기반으로 하는 성능기반 화재안전설계(performance-based design)를 적용하고 있다¹²⁾.

이러한 성능설계를 도입한 국가의 성능설계 체계를 보면, <Figure 2>에 나타난 바와 같이 건축물의 사용 용도별 화재 안전

potential risks in this regard.^{1,2)}

Applied widely to high-rise buildings, high strength concrete(HSC) has a dense internal structure and therefore fails to discharge steam pressure that is generated upon exposure to fire or other high temperature settings. For this reason, HSC members may peel off and detach abruptly with a bursting sound at high temperature, a phenomenon called “explosive spalling”. This not only disperses the debris of reinforced concrete(RC) members; a decline in the sectional areas of the members reduces their structural resisting force, and the exposure of reinforcements undermines the resisting force of the members, potentially resulting in the collapse of the very structure^{3,4,11)}.

Against this backdrop, the Fire Services Act of Korea stipulates that performance-based design will be introduced by 2009 to: (a) structures with a total floor area of over 200,000²m or a height of over 100m, (b) train stations and airports with a total floor area of over 30,000²m, and (c) multiplex facilities with more than 10 theaters. The Special Act on Disaster Management of High-Rise and Underground-Linked Complex Buildings is also to be introduced to regulate high-rise and underground-linked structures^{5~8)}.

Enacted in July 21, 2008, the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTM) Notice No. 2008-334, “Management Guidelines on Fire-Resistant Performance of High Strength Concrete Columns and Beams”, specifies that the fire-resistant performance of HSC over 50 MPa must be verified^{9,10)}.

This standard, however, does not take into account the fire risk levels of structures as well as the installation of sprinklers and other fire protection systems. In this sense, it is important to introduce a holistic concept of fire resistance and fireproofness so that fire-resistant and fireproof performance can be further enhanced in the future.

Also, measures for realizing performance-based structural fire-resistant design, as applied in advanced countries, should be taken to ensure flexibility by fire risk levels and promote the use of HSC.

Table 1. History of performance-centric design standards

Year	Host city	United Kingdom	Sweden	Australia	New Zealand	United States	Japan	Canada	International
1985		●							
1986		● Building Regulation							
1987						○ National risk assessment project			
1988				Architectural standards committee				● COD(EU)	
1989									
1990				○					
1991								○ ISO/TC92/SC4	
1992								Establishment of Fire Safety Engineering	
1993		DD240	BBR94	foundation of FCRC		○ FSD in 21st Century			
1994		●	●	○					
1995			● Calculation Method		● NZBC			○ Plans for introducing performance-based standards	
1996	Ottawa (Canada)			● PB-BCA Fire Eng. Guidelines		○ plans for revising NFPA standards			
1997									
1998	Maui (U.S.)								
1999									
2000	Lundo					● IBC/IFC 2000	● BRI 2000		
2001								● ISO/TR 13387 Fire Performance Concepts	
2002	Melbourne (Australia)								
2003									
2004	Luxemburg					● Life Safety Code 2003	● FSL 2004		
2005								○ revision of OBC	
2006									

○: Performance-based design introduced, ●: Performance-based design applied

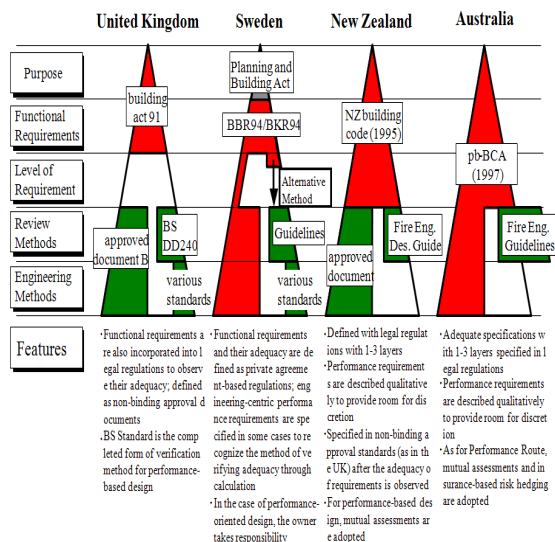


Figure 2. Performance-based design systems of these countries (United Kingdom, Sweden, New Zealand and Australia)

Thus, this paper analyzes historical trends and operating systems of performance-based structural fire-resistant design in advanced countries and seeks to consider future measures to materialize performance-based design in Korea.

2. Analysis of domestic/international trends in performance-based structural fire-resistant design

Table 1 presents a list of countries pursuing performance-based fire safety design. Considering previous, specification-centric regulations insufficient to ensure fire safety, these countries have applied performance-based design on the basis of engineering research.¹⁾

성능에 대한 요구조건과 요구수준을 수립하고, 이를 만족하기 위하여 각종의 기술을 규정하고 있으며, 이러한 규정은 연구실험 등의 공학적인 방법을 기초로 하여 보완하고 있다.

이러한 성능적 화재안전설계에 있어서 가장 중요하게 고려되는 사항은 화재성상이다. 일반적으로 기존의 내화성능설계의 경우 플래시오버 이후 구조비구조방 내화성능이 요구되는 것을 확인할 수 있으며, <Table 2>에 나타난 바와 같이 구조내화설계를 위해서는 방화구획의 설정, 화재성상의 예측 구획에서의 내화성능 체크, 구조의 안전성능을 고려하여 내화설계를 수행하게 된다.

2.1 일본의 화재안전성능설계

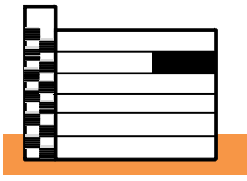
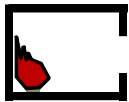


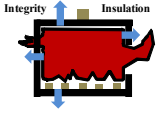
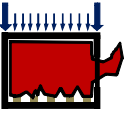
국내와 가장 유사한 법규정체계를 가지고 있는 일본의 경우 2000년 건축기준법을 개정하여 내화구조에 대한 성능규정을 도입하였으며, 건축기준법에는 건축물의 규모 및 용도에 따라서 각각의 루트에 의해 내화성능에 관하여 규정하고 있다. 이러한 개정된 규정에는 기존의 법적규정에 의하여 설계된 경우와 성능규정

The performance-based design systems of these countries, as described in Figure 2, have fire safety requirements and criteria by type of structure and specify technologies to meet the requirements. These regulations are complemented by engineering techniques such as research and experimentation^{12,13}.

One of the most important considerations in this performance-based fire safety design is fire characteristics. In conventional fire-resistant design, structural/non-structural fire-resistant performance is required after the occurrence of flashover.

For structural fire-resistant design, as illustrated in Table 2, fireproof compartments should be set, fire-resistant performance should be checked in compartments where fire characteristics are projected to be displayed, and safety performance of the

Table 2. Basic implementation of structure and fireproof design

		Details and Cautionary Considerations	
1) Select fireproof compartments	<p>Set adequate fireproof compartments upon architectural design to limit the scope of fire.</p> <p>From the perspective of structural fire resistance, the following should be heeded:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prevention of floor destruction: Divide a single floor into multiple floors - Prevention of excessive thermal deformation: Keep compartment chambers as small as possible 		
2) Predict fire growth	<p>Assume growth of fire taking place in the given fireproof compartment/chamber.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Local fire <p>Local fire often takes place in an entrance hall or other spaces with extremely few combustibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Moving fire <p>In a parking lot or other places where combustibles are located sporadically, flashover does not take place, as the combustibles burn consecutively.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Whole-chamber fire <p>Flashover fire is assumed in the case of ordinary chambers.</p>	Local fire	
		Moving fire	
		Whole-chamber fire	
3) Check compartment performance	<p>Ensure the assumed fire does not continue over the boundary of the fireproof compartment.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integrity: Compartment members (e.g. walls and floors) - Insulation: Fireproof facilities (e.g. openings) 		
4) Check safety performance of furniture	<p>Ensure the structural frames (e.g. columns and beams) are not destroyed in the assumed fire.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Applied loading: (Automatic load + live load + snow load) 		

에 의하여 설계되는 성능루트(검증법 B, C)로 구분되어있으며, 사양적 규정과 성능규정을 선택적으로 적용 가능하도록 나타내고 있다¹³⁾.

여기서 내화성능 검증법(루트 B)에 의한 검증은 법적규정에 의한 틀(Figure 3)에 의하여 수치적 계산에 의해 내화성능의 안전성 여부를 검증이 이루어지며, 먼저 검증대상의 부분을 추출하여 실내의 가연물 발열량 및 인접실의 발열량 등을 통해 화재지속시간을 산정한 후, 구조물이 견딜 수 있는 보유내화시간과 비교하여 내화성능의 검증이 이루어진다.

이러한 수치적 계산에 의한 검증법(루트 B)의 경우 설계자능력에 따른 설계의 차이와 추후에 발생할 수 있는 문제 등을 사전에 방지하고자 구체적인 계산 순서 및 단계별 계산식, 용도별 단위면적당 발열량 등을 규정하고 있으며, 보통강도 콘크리트 내화설계의 경우 목표내화 성능을 설정한 후, 이에 대한 열해석과 응력해석의 결과에 따라 사용재료, 부재의 치수 및 강도 그리고 마감재료 등을 결정한다.

단, 본 검증법에서 철근콘크리트조의 경우 다음 조건을 만족하는 경우에만 검증을 수행하고 있다.

- 1) 보통콘크리트 또는 1종 경량콘크리트
- 2) 설계기준강도가 60 MPa 이하인 것.
- 3) 철근에 대한 피복 두께가 30 mm 이상인 것.

2.2 미국의 화재안전성능설계

미국의 화재 및 내화에 관한 연구는 NIST(National

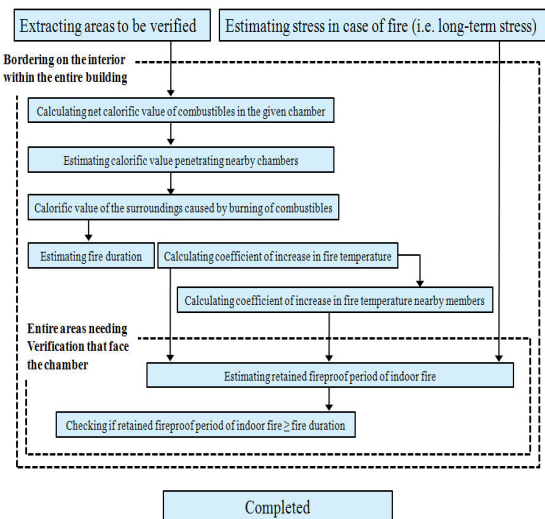


Figure 3. Method for testing major structural parts in case of indoor fire

structure must be considered.

2.1 Performance-based fire safety design: Japan¹³⁾

Having the most similar legal/regulatory system to that of Korea, Japan revised the Building Standards Act in 2000 to introduce performance-based regulations on fireproof structures. The revised Act specifies three different methods for assessing fire-resistant performance by size and type of structure: structures designed pursuant to previous legal regulations(Route A); and those designed based on new, performance-based regulations(Routes B and C). The Act also allows for either specification-centric or performance-oriented regulations to be applied selectively.

Here, Route B is designed to examine the safety of fire-resistant performance on the basis of mathematical calculations and using legally-stipulated tools. A part of the object to be verified is extracted to estimate fire duration based on the heat value of indoor combustibles and adjacent chambers, and the results are then compared to the retained fireproof period for which the structures can withstand fire(Figure 3).

This mathematical calculation-based verification(Route B) defines the specific order of calculation and phase-specific calculation formulae to prevent the observance of different tendencies depending on the skills of individual designers. As for the fire-resistant design of normal strength concrete, the target level of fire-resistant performance is first set, and then the materials to be used, the size and strength of members, and the finishing materials to be used are determined based on the results of thermal and stress analyses.

In the case of RC structures, however, this verification method is applied only when the following conditions are met:

- 1) Normal strength concrete or Class I lightweight concrete;
- 2) Standard design strength below 60 MPa; and
- 3) Cover thickness against the reinforcements over 30 mm.

Institute of Standards and Technology)의 BFRL (Building and Fire Research Laboratory) 등에서의 실험 및 연구를 통해 이루어지고 있다.

여기서 미국의 화재안전설계를 위한 연구는 고층건축물의 화재 위험성으로 시작되었으며, 이로 인하여 1971년 GSA(General Service Administration)에서 고층건물 화재안전에 관한 국제 회의를 개최하였으며, 이와 더불어 성능설계를 위한 기초로서 1981년 NFPA에서는 병원화재안전평가 방법을 발표하였다. 이후 1986년 국가위험평가 프로젝트로 성능설계를 위한 연구가 시작되었으며, NFPA에서 화재안전개념도(NFP 550)를 발간하였다. 또한 1990년 International Organization for Standardization에서 건축물화재안전에서 방화공학의 응용을 위한 그룹 형성하였다.

더 나아가 1995년 NFPA에서 NFPA기준을 성능위주 기준 변경에 대한 개념발표, SFPE에서 성능위주의 소방설계를 위한 기초 작업 준비를 위한 과제를 시작으로 2000년 IBC 2000 (International Building Code), IFC 2000 (International Fire Code) 및 2003년 Life Safety Code와 같은 성능위주의 화재안전설계가 도입되었으며, 미국 SFPE에서 제시된 성능설계 과정은 <Figure 4>와 같다¹⁴⁾. 또한 <Table 1>에 나타난 바와 같이 전술한 미국, 일본 이외에도 스웨덴 및 영국과 영연방국가를 중심으로 성능기반 내화설계기술이 정착되고 있는 것을 알 수 있다.

2.3 국내의 화재안전성능설계

국내 내화관련규정은 1962년 건축법령의 제정으로 시작으로

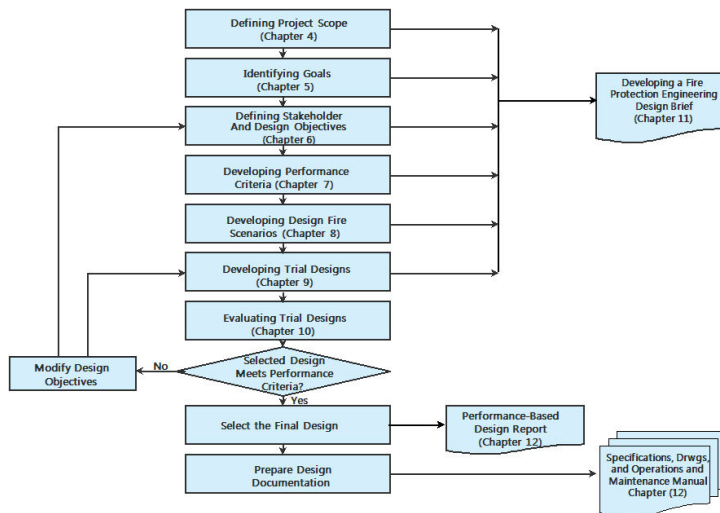


Figure 4. SFPE ENGINEERING GUIDE(USA)

2.2 Performance-based fire safety design: the United States

Research and experimentation on fire and fire resistance in the United States are led primarily by the National Institute of Standards and Technology(NIST) and the Building and Fire Research Laboratory(BFRL).

The initial focus of such research was the fire risks of high-rise structures. In 1971, the General Services Administration(GSA) held an international conference on the fire safety of high-rise buildings; in 1981, the National Fire Protection Association(NFPA) provided the groundwork for performance-based design when it released a new method for evaluating the fire safety of hospitals. In 1986, research on performance-based design began in earnest in the form of a national project for risk assessment, and the NFPA published the Guide to the Fire Safety Concepts Tree(NFPA550). In 1990, the International Organization for Standardization formed a group for applying fireproof engineering to the fire safety of building structures.

In 1995, the NFPA went on to introduce the concept of performance-centric design, which was then incorporated into the NFPA standards; the SFPE also embarked on basic preparations for performance-based fire protection design. A growing number of performance-based fire safety design standards have since been introduced, including IBC 2000(International Building Code) and IFC 2000(International Fire Code) launched in 2000 and the Life Safety Code released in 2003. The process of performance-based design suggested by the Society of Fire Protection Engineers(SFPE) of the United States is described in Figure 4¹⁴⁾.

As shown in Table 1, performance-based fire-resistant design has been put in place not only by the aforementioned countries of the United States and Japan but also by Sweden, the United Kingdom, and other Commonwealth countries.

제정 당시의 방화 관련규정은 건축법과 시행령으로 규정되었으며, 1973년에는 기술적 관련 규정 일부를 건설교통부령으로 신설하였다. 더 나아가 기존의 내화규정과 더불어 2000년 4월 20일 건설교통부고시 제2000-93호 「내화구조의 인정 및 관리기준」이 규정되었으며, 이와 같이 건설교통부령으로 정하는 것은 급속히 발전하는 기술개발과 신재료 개발을 고려하여 신속하게 관련규정을 개정할 수 있다는 장점에서 이루어진 것으로 일부 방화부재의 성능을 고려한 규정이 일부 도입된 것으로 사료된다¹⁵⁾.

또한 최근 화재와 같은 고온의 영역에서 고강도콘크리트의 내화성능에 관한 논란과 안전성 확보에 대한 대책으로 2008년 7월 21일 국토해양부고시 제2008-334호 「고강도콘크리트 기둥보의 내화성능 관리기준」이 고시되었으며, 이는 50 MPa 이상의 고강도콘크리트 기둥과 보에 대하여 ISO 834-7 비재하시험에 의한 성능기준이 마련되었으며, 그 기준은 주철근의 지정된 위치에서 평균온도 538℃, 최고온도 649℃ 이하의 성능기준을 보유하고 있는 것을 사용하도록 규정되었다¹⁶⁾. 이는 내화재료로 인식되어져 왔던 콘크리트에 대한 성능관리기준이 마련된 것으로 사료된다.

더 나아가 건축물의 지하화, 고층화, 대형화로 인하여 기존의 사양적 기준으로는 새로운 형태의 건축물이나 신기술 개발 등 소방환경 변화에 탄력적으로 대응하기에 어려움이 있으므로 이러한 문제점을 해결하고자 연면적 5만 m² 이상 또는 건축물의 높이가 100 m 이상의 건축을 신축하는 경우 화재영향평가를 시행하고 있으며, 또한 전술한 바와 같이 2008년에는 초고층건축물의 화재위험성으로 인하여 ‘초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법(안)’이 추진되고 있다. 2009년에는 소방법에서는 성능기반화재안전설계(PBD)의 시행을 앞두고 있으며, 향후 건축법에서의 성능기반에 대한 법제정 등이 활발하게 논의되어야 할 것으로 사료된다.

3. 성능적 구조내화설계를 위한 향후과제

현재의 대부분의 설계기준 및 시공기준은 사양중심의 설계기준과 서술중심의 시방서라고 할 수 있다. 사양중심의 설계기준과 서술중심의 시방서는 공통적으로 신기술, 신공법의 적용이 곤란하여 설계자 및 시공자의 개발된 기술 적용에 한계가 존재한다는 단점이 있다. 반면 성능기반 설계기준과 성능시방서는 모두 기준의 작성 및 적용에 어려움이 있지만 설계 및 시공자의 창의성이 반영될 수 있도록하여 기술개발을 촉진시킬 수 있는 장점이 있다¹⁶⁾. 이러한 두 설계 및 시공기준의 장점에도 불구하고 기술력에 의한 차별성이 확실한 성능중심의 기준이 미래지향적이며, 국제기준의 흐름에 부합하는 기준으로 앞으로 나아갈 방향임에는 틀림없다.

2.3 Performance-based fire safety design: Korea

Enacted in 1962, the Building Construction Law and its enforcement decrees mark the very beginning of fire resistance-related regulations in Korea. In 1973, some of the technological regulations were separated into a Ministry of Construction and Transportation(MOCT) decree. In addition to the existing fire resistance regulations, MOCT Notice No. 2000-93, “Standards for Recognition and Management of Fire-Resistant Structures” was introduced. Such regulations were mainly launched in the form of MOCT decrees, as this facilitates prompt revision of relevant regulations in response to rapid technological development and introduction of new materials. Some of the regulations are believed to have considered the performance of some fireproof members.

Amid recent controversy over the fire-resistant performance of HSC in fire and other high temperature areas and in an endeavor to secure fire safety in this regard, MLTM Notice No. 2008-334, “Management Guidelines on Fire-Resistant Performance of High Strength Concrete Columns and Beams,” was introduced in July 21, 2008. The Notice provides performance standards on HSC columns and beams over 50 MPa on the basis of ISO 834-7 non-loading tests; it stipulates that only those HSC columns and beams meeting the performance standards for an average temperature of 538 °C or below and a maximum temperature of 649 °C at a given point of the main reinforcements shall be used. The Notice serves as performance management standards for concrete, which has previously been perceived as a fire-resistant material.

As a growing number of underground-linked, higher-rise, and larger-scale structures are constructed, existing specification-oriented regulations are not adequate to deal flexibly with recent changes in the fire protection environment, such as the introduction of new building types and the development of new construction technologies. To address these problems, fire impact assessments are made on newly constructed structures with a total floor area of over 50,000 m² or a height exceeding 100 m. As mentioned earlier, efforts to enact

특히 한국의 경우 많은 초고층 건축물이 건설될 예정에 있으며 이에 따라서 고강도콘크리트 사용이 증가함에 따라 화재 시 폭발 현상 등의 위험성을 고려하여 고강도콘크리트에 관한 내화성능기준안을 제정되었으며, 이는 재료적 특성을 고려한 내화성능설계의 적용이 시작되어진 것으로 사료된다.

그러나 구조내화설계 전반적으로는 사양적 규정이 중심이 되고 있으며, 건축물의 규모, 용도, 가연물의 양 등에 의한 화재위험도를 고려한 내화성능의 체계적인 규정이 부족하며, 이러한 내화성능설계를 위한 화재예측에 관한 기초자료 및 예측기술이 부족한 실정이다.

따라서 향후 체계적인 내화성능을 만족하기 위해서는 건축물의 용도별 가연물 조사 및 화재하중의 예측기술 그리고 이러한 자료를 통한 화재성상에 관한 연구가 동반되어야 하며, 또한 화재소화시스템 등을 고려하여 최종적으로는 화재의 지속시간에 대한 예측 기술이 체계적인 내화성능기준 마련을 위해서 연구하는 것이 앞으로의 과제일 것이라 판단된다. □

참고문헌

1. 이재영, 한병찬, 김재환, 신영수, 권영진, '고강도콘크리트의 성능기반 구조내화설계 필요성과 향후 대책', 콘크리트학회지, Vol. 20, No. 5, 2008. 9, pp. 33 ~ 42.
2. 권영진, '고강도콘크리트의 폭발대책공법에 대한 국내의 현황과 성능적 구조내화설계를 위한 과제', 한국콘크리트학회 가을 학술대회 논문집, Vol. 20, No. 2, 2008, pp. 935 ~ 940.
3. 권영진, '내화재료 및 구조로서 콘크리트의 한계성능과 초고층 주거시설의 화재안전성', 콘크리트학회지, Vol. 17, No. 5, 2005. 3, pp. 8 ~ 13.
4. 권영진, '국내 초고층 주거시설의 화재안전상의 과제', 한국초고층건축포럼, 2007. 4, pp. 281 ~ 297.
5. 권영진, 이재영, 신이철, 서동구, 한병찬, 김재환, '고강도콘크리트 구조내화설계 지침의 제정 배경 및 고찰', 한국화재소방학회, 추계 학술논문발표대회 논문집, 2007, pp. 3 ~ 8.
6. Young-Jin Kwon, Byung-Chan Han, Jae-Hwan Kim, Sun-Gyu Park, Joung-Young Lee, "Structural Behaviors of Reinforced Concrete Frames Exposed to Fire", 3rd International Symposium Tokyo University of Science, 2008. 3, pp. 89 ~ 100.
7. 소방방재청, 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법(안)」, 2008.11.
8. 국토해양부 고시 제2008-334호, 「건축물의 피난방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제3조 제3호 및 제5호 고강도 콘크리트 기둥보의 내화성능 관리기준」, 2008. 7.
9. 이재영, 김세중, 권영진, '폭렬현상을 고려한 PBD기반 구조내화설계기술개발에 관한 연구(I. 고강도콘크리트의 폭발현상에 대한 국

the "Special Act on Disaster Management of High-Rise and Underground-Linked Complex Buildings"(provisional) were underway as of 2008 in response to fire risks of high-rise buildings.

In 2009, the notion of performance-based design is to be incorporated into the Fire Services Act; further discussions are necessary regarding the introduction of regulations on performance-based design as part of the Building Construction Law.

3. Future challenges of performance-based structural fire-resistant design


Most of the current design and construction standards are specification-centric design standards and technology-oriented specifications, for both of which new technologies and construction methods developed by individual designers and constructors are difficult to apply. Performance-based design standards and specifications, on the other hand, are hard to develop and apply, but they allow for the creativity of designers and constructors and thereby promote further technological development. These two types of design/construction standards have their own advantages, but there is no doubt that performance-based design standards—where those with technological excellence are set clearly apart from those without—are forward-looking measures that befit global trends and as such they are clearly the right path for us to take in the future.

Especially in Korea, a large number of high-rise buildings are to be constructed, resulting in the massive use of HSC. Against this backdrop, draft standards on the fire-resistant performance of HSC have been prepared in response to explosive spalling and other risks in case of fire. This, in the opinion of the authors, heralds the application of fire-resistant performance design in consideration of materialistic characteristics.

Overall standards on structural fire-resistant design, however, mostly involve specification-centric regulations. There are few systematical regulations on fire-resistant performance in consideration of fire risk levels by size and type of structure and amount of

- 내의 주요 건설사의 대응방안 조사), 한국화재소방학회 추계학술 논문발표회 논문집, 2008, pp. 195 ~ 201.
10. 이재영, 김세중, 권영진, '폭렬현상을 고려한 PBD기반 구조내화설 계기술개발에 관한 연구(II. 철근콘크리트 구조물의 구조내화설계 에 관한 문헌적 고찰)', 한국화재소방학회 추계학술논문발표회 논 문집, 2008, pp. 202 ~ 209.
 11. 김세중, 이재영, 권영진, '폭렬현상을 고려한 PBD기반 구조내화설 계기술개발에 관한 연구(III. 일본의 내화안전성평가기법을 활용한 사례조사 연구)', 한국화재소방학회 추계학술논문발표회 논문집, 2008, pp. 310 ~ 315.
 12. 原田和典(HARADA Kazumori): 京都大学 工学研究科 建築学専攻, '성능설계 PBD & 고강도콘크리트의 폭렬메커니즘에 관한 연 구', 호서대학교 초청세미나 강연, 2008. 5.
 13. 国土交通省住宅局建築指導課, 国土交通省建築研究所, 日本建築主事會議, 財團法人日本建築センター, "耐火性能證政法の解説及び計算例とその解説"第1版 第1刷發行, Vol. 18, 2001. 3.
 14. Jim Linville, 'SFPE Engineering Guide to Performance - Based Fire Protection Analysis and Design of Building', 2000.
 15. 이재영, '鐵筋콘크리트 構造物の 爆裂現象을 고려한 構造耐火 性能設計를 위한 研究', 2009. 1, 호서대학교 석사학위논문.
 16. 구재동, 김태송, 송하원, '성능중심의 건설기준 개발의 필요성', 한 국콘크리트학회지, Vol. 18, No. 4, 2006, pp. 8 ~ 10.

combustibles, not to mention basic data and technologies for fire prediction.

Therefore, ensuring building structures meet fire-resistant performance standards requires: extensive surveys on the amount of combustibles in different types of structure; technologies for forecasting fire loads; and further research on fire characteristics on this basis. Also, extensive follow-up research is needed on formulating systematic fire-resistant performance standards, combined with efficient prediction of fire duration, with fire protection systems and other factors taken into consideration. 

Editor : Dookie Kim(Kunsan National University)
kim2kie@kunsan.ac.kr

◇◇◇ 원고 모집 안내 ◇◇◇

「콘크리트학회지」는 콘크리트 관련 학문과 기술에 대한 정보를 제공하기 위해 발행되고 있습니다. 본 학회지를 통해서 연구 결과, 경험한 사례 등을 콘크리트 관련 기술자들과 함께 나누길 원하시는 분은 다음과 같은 형태로 참여하실 수 있습니다.

여러분들의 옥고를 기다리겠습니다.

- 원고 주제 : 포토에세이, 문화와 콘크리트(사진, 서예, 시 등), 특집기사, 기술기사, 공사기사, 원로와의 대화, 해외번역기사, 해외연구소 소개, 국제학술대회 참가기, 현장탐방, 논단, 우리회사소개 등
- 원고 분량 : 글씨크기 11pt, 줄간격 160%, A4용지 4매 ~ 6매 내외
- 보내실 곳 : kke@kci.or.kr