

건축물 지하 구조부재의 내화성능 개선에 관한 연구 Survey of Building Structural Elements located at Underground for Improvement of Fire Resistant Performance

권인규[†]

In-Kyu Kwon[†]

강원대학교 소방방재학부 교수
(2008. 2. 12. 접수/2008. 11. 6. 채택)

요약

건축물의 지상층 주요구조부인 기둥, 보 및 바닥에 대한 내화성능의 연구는 활발하게 진행되고 있으나, 모든 구조적 하중을 지반으로 전달하는 지하층의 기둥을 비롯한 주요 구조부의 내화성능에 관한 자료 및 연구는 거의 없는 실정이다. 개구부율이 낮은 지하층에서의 화재크기는 지상층 화재보다 열에너지량이 크므로 구조적 붕괴의 위험성은 높다. 따라서 본 논문에서는 지하에 위치한 구조부재에 대한 내화성능의 적정성 평가를 위한 기본 자료 제공을 목적으로 국내외 지하 구조물의 내화법규정을 조사하고, 국내의 기 시공된 건축물의 지하층의 구조형식, 구조재료 및 내화피복 현황을 분석하였다.

ABSTRACT

Researches on fire resistant performance of primary structural elements such as columns and beams located at above the ground have actively been doing than those located at the below the ground from many researchers. But the structural elements such as columns at underground is very important in aspects of not only structural performance but also fire environment. The columns at the basement carry all the structural loads from the above and that means very critical in fire circumstances than that located at above the grounds. To evaluate the fire resistance performance of primary structural elements located at below the ground we conducted several sorts of surveys that contained fire regulations from several countries and structural types, materials and status of passive fire protection methods.

Keywords : Fire resistant performance, Structural element, Fire protection

1. 서론

국토의 효율적 이용 계획의 일환으로 도심지 초고층 건축물의 활성화가 이루어지고 있으며, 이에 수반되어 지하화를 포함한 고층 개념이 발달되고 있다. 지상의 고층화는 구조, 시공, 안전 및 유지관리의 기술 개발로 인하여 단시간에 많은 성과를 이루고 있으나, 지하화 기술은 토질, 구조 및 시공에 한정된 부분이 주류를 이루는 반면 주요 구조부의 내화성능을 포함한 화재 안전에 관한 기술적 접근은 미비한 실정이다.¹⁾

특히 지하 구조물은 구조 특성상 상부 층의 모든 구조적 하중을 지반으로 전달하는 마지막 매개체 역할을

수행하고 있다. 따라서 기둥부재는 상부로부터 지반으로 전달되는 모든 구조적 하중을 견뎌야 하기 때문에 부재 단면이 커질 수밖에 없으며, 이의 해결 및 보완책으로 고강도 콘크리트와 고성능 강재의 이용기술 개발 및 적용이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 공간적, 공학적 특성을 지닌 지하 구조물에 대한 화재 발생 시 기둥부재와 보부재 등의 구조적 붕괴를 방지함으로써 재실자와 소방 관계자의 인명을 보호를 목적으로 하는 내화구조의 현 실태에 대한 자료는 거의 미비한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 건축물의 지하층에 대한 국내외 내화법규의 분석과 국내의 기 시공된 건축물의 지하층에 대한 구조형식, 구조재료 및 피복두께 실태에 관한 조사와 분석을 통하여 지하층의 구조부재에 대한

[†]E-mail: kwonik@kangwon.ac.kr

내화성능의 적정성 평가를 위한 참고자료 제공을 목적으로 한다.

2. 지하공간 내화법규 분석

2.1 국내의 지하공간 내화법규 분석

가연물의 연소 시 발생하는 열에 의한 구조물의 붕괴방지와 재실자 및 소방구조차의 인명보호를 목적으로 각 국가별로 일정 규모 이상의 건축물은 내화성능 확보를 포함한 화재안전을 의무화하고 있다.^{2,3,4,5,6)}

국내의 건축물 화재안전 분야는 건축물 내화성능기준 확보 등을 중심으로 규정하는 건축법과 피난 및 제연 등 인명의 위해 방지 등에 관련해서는 소방기준법 등에서 정의하고 있다. 이는 미국, 캐나다 및 유럽에서 운영되고 있는 통합적 화재안전규정과는 달리 이분화 양상을 보이고 있으며, 통합적 노력이 요구되고 있다.

본 절에서는 건축물에 수반된 지하층에 대한 화재시의 구조적 안전성 확보를 위한 내화성능기준에 관하여 우리나라, 미국 및 영국 등의 사례를 중심으로 조사, 분석한다.

2.1.1 한국^{2,4)}

우리나라의 지하공간에 대한 내화성능기준은 1999년 건설교통부 고시 개정에 주요 참고자료였던 UBC코드의 내화성능기준에 의해 다소 많은 변화를 가져왔다. 즉 내화구조 대상 건축물의 상부 층으로부터 일정 층수의 구간에 의해 내화성능기준이 정해지던 방식과 달리 해당 건축물 전체 층수와 높이에 의해 내화성능기준이 설정되었다. 현재 지하층을 포함한 모든 용도의 건축물에 대한 내화성능의 확보는 건축법 제40조, 건축법 시행령 제56조, 건축물 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 그리고 건설교통부 고시(제2005-122호)에 의해서 이루어지고 있다. 건축법 제40조의 건축물 내화구조에서는 문화 및 집회시설, 의료시설, 공동주택 등은 건설교통부 장관이 정하는 기준에 따라 그 주요 구조부를 내화구조로 하여야 한다는 내용이 언급되어 있으며, 건축법 시행령 제56조(건축물의 내화구조)에서는 내화구조로 해야만 하는 대상 건축물이 언급되어 있다.

2.1.2 미국^{7,8)}

건축물에 부속된 지하공간은 건축물의 유지관리에 필요한 용도로 주로 사용되는 곳으로서 재실자 생활은 극히 배제되고 있는 실정이다. 따라서 인명피해 최소화를 위해 확보되어야 하는 지하공간의 주요 구조부 내화규정은 별도로 정의되어 있지 않고, 피난 등의 조

치에 관한 규정 등이 다소 많이 언급되고 있다. 그러나 본 연구도중 만난 빌딩코드 제작자들은 지하공간의 내화성능기준 제설정의 필요성은 인식하고 있었다.

건축물에 포함된 지하공간에 대한 내화성능기준은 지상층의 내화성능기준을 지하층에 동시에 적용하고 있다.

미국의 건축물 화재에 관한 규정은 크게 두 가지로 구성되고 있으며, 한 가지는 2000년대 통합 빌딩코드로서 채택된 IBC(International Building Code)이며, 다른 한 가지는 NFPA 5000이다. 두 가지의 빌딩코드는 성능적인 규정을 새로이 도입하여 건축물의 일률적인 사양적 규제에서 다양한 건축 활동이 가능한 대안을 제시하고 있다. 각각의 빌딩코드에 제시된 지하공간의 내화성능은 다음과 같다.

(1) IBC

IBC에서의 지하 구조물에 대한 규정은 405절의 지하 건축물(underground buildings)에 일률적으로 제시되고 있으며, 적용대상은 가장 낮은 옥외 피난구가 있는 층보다 30피트(9,144 mm) 이상에 위치하고, 거실의 용도가 있는 공간으로 설정되어 있다. 주요 구조부의 내화성능에 대한 별도의 규정은 없으며 화재안전의 확보를 위한 전략적 사항으로 화재 발생 시의 재실자 대피를 위한 경보설비, 소화설비, 피난 사항을 요구하고 있다.

(2) NFPA 5000

건축물 시공과 안전 규정인 NFPA 5000(Building Construction and Safety Code)에서의 건축물의 지하란 가장 낮은 곳에 위치한 옥외 피난구보다 한 층 이상 또는 30피트(9,144 mm) 이상으로 정의하고 있으며, 지하층 자체만을 별도로 규정하고 있지는 않다. 다만 건축물 지하에 대한 시공타입은 불연재료와 일부 제한적인 가연성 재료가 허용되는 타입 I과 타입 II로 제한하고 있다.

2.1.3 영국⁵⁾

영국의 내화성능기준은 승인된 문서(Approved document B, Fire safety, 2000)에 수록되어 있으며, 지하층에 대한 내화성능기준이 별도로 규정되어 있는 것이 특이하다. 우리나라, 미국 등의 대부분 국가들은 지하층에 대해서 별도의 규정을 마련하지 않고, 지상층의 내화성능기준을 준용하고 있는 반면에 영국의 경우는 지하층의 깊이 10미터를 기준으로 용도에 따라 내화성능기준을 Table 1과 같이 규정하고 있다. 즉 지하층의 내화성능기준은 지상층 30 m 이하의 높이에 해당되는 건

Table 1. Fire Resistance Rating for the U.K.

Purpose group of building	Minimum periods(minutes)					
	Basement storey		Ground			
	Depth of a lowest basement(m)		Height(m) of top floor above ground(m)			
	more than10	not more than10	not more than5	not more than18	not more than30	not more than30
Residential						
a. flat	90	60	30	60	90	120
b. dwellinghouses	not relevant	30	30	60	not relevant	not relevant
Residential						
a. Institute	90	60	30	60	90	120
b Other residential	90	60	30	60	90	120
Office						
- not sprinkler	90	60	30	60	90	not permitted
- sprinkler	60	60	30	30	60	120
Shop and commercial						
- not sprinkler	90	60	60	60	90	not permitted
- sprinkler	60	60	30	60	60	120
Industrial						
- not sprinkler	120	90	60	90	120	not permitted
- sprinkler	60	60	30	60	90	120
Storage and other non-residential						
a. any building or part not described						
- not sprinkler	120	90	60	90	120	not permitted
- sprinkler	90	60	30	60	90	120
b. Car park for light vehicles						
i. open car park	not applicable	not applicable	15	15	15	60
ii. any other car park	90	60	30	60	90	120

축물과 동등한 수준의 내화성능기준을 규정함으로써 지하층의 내화성능을 강하게 요구함을 알 수 있다.

3. 지하층 내화구조 실태조사

3.1 조사 개요

각종 용도의 건축물은 층수, 높이 등에 따라 일정 시간 이상의 내화성능을 확보하여야 한다. 따라서 지하층의 주요 구조부를 형성하는 기둥, 보 및 슬래브 등도 지상층의 구조 부재와 같은 내화성능을 확보하여야만 한다.

일반적으로 고층 건축물의 지상층은 시공성과 대공간 확보능력이 우수한 강구조(S조)와 고강도콘크리트에 의한 철근콘크리트(RC조) 및 강구조와 콘크리트와의 합성에 의한 철골철근콘크리트조(SRC조)의 구조형식에 의해 시공되고 있다. 시공 순서는 지하층을 시공

하고 난 이후에 지상층을 시공하는 것이 일반적이나, 도심지에서 행해지는 지하층과 지상층을 동시에 시공해가는 탑다운 방식 또한 활발하게 이루어지고 있으므로 지하층을 구성하는 구조재료와 구조형식 또한 다양하게 발전되고 있다.

따라서 본 지하층 내화구조 실태조사는 지하층의 구조형식에 따른 내화피복의 방법 및 두께에 대한 실태를 조사함으로써 향후 지하층 구조부재의 적절한 내화피복 정량화를 위한 기반자료 도출을 목적으로 한다.

3.1.1 대상 건축물 선정방법

5년 이내에 시공된 건축물을 원칙으로 하고, 다양한 용도와 최소 두 개 층 이상의 지하층 둔 건축물을 조사 대상으로 설정하였다. 해당 건축물의 필요한 정보 조사는 지상층과 지하층의 구조 형식 그리고 주요 구조부재의 설계에 의한 재료의 강도와 규격 등이며, 이

에 대한 정보를 많이 보유한 기관에 대한 조사가 효율적이라 판단되었다. 따라서 해당 건축물의 조사는 구조설계의 실무 경험이 많은 곳으로 판단하여 구조설계 사무소에 협조를 구하는 방식으로 진행하였다. 본 지하층의 각종 정보는 (주)CS구조엔지니어링, (주)동양구조안전기술, (주)마이다스 아이티의 적극적인 협조에 의해서 이루어졌다.

주상복합건물로서는 아크로 비스타(지하 5층, 지상 37층), 마포 주상복합건물(지하 6층, 지상 43층)외 14개 건축물을 조사대상으로 하였으며, 공동주택으로서는 분당의 아파트(지하 2층, 지상 34층)외 11개 건축물 그리고 업무시설로서는 광주은행 건물(지하 5층, 지상 20층), 판매 및 영업시설 9개소 및 운동 시설 1개소 등

을 대상으로 조사하였다. 본 조사의 대상 건축물 용도 및 개체수는 Table 2와 같으며, 각 용도별 대표 건축물을 Figure 1에 나타내었다.

3.1.2 조사 항목

일반적으로 건축물의 지상층에 대한 재료, 구조 및 마감에 대한 정보는 체계적으로 관리되는 경향을 보이고 있으나, 지하층에 대한 재료 및 구조 등에 대한 정보 체계는 미비한 실정이다. 또한 내화구조의 성능기준은 지상층을 기준으로 지하층도 동일한 기준하에 실시하는 것으로써 지하층의 재료, 구조 등에 대한 조사 등은 미비한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 지하층의 구조형식, 내화피복두께, 재료의 강도 등을 체계화할 수 있는 조사계획을 수립하여 다양한 건축물의 용도에 현실적인 자료를 확보할 수 있도록 계획하였으며, 이를 Table 3에 나타내었다.

Table 2. Numbers of Specimen for surveys

Use	Numbers of specimen	Occupant ratio
Multi-use (Mercantile-Residential)	15	30
Apartment	12	25
Business	12	25
Mercantile	9	18
Sports	1	2
Total	49	100

3.2 용도별 지하층 내화구조 실태 분석

3.2.1 용도별 구조형식 분석

지상층 골조를 구성하는 구조 형식은 철근과 콘크리트를 주재료를 사용하는 철근콘크리트조(RC조)와 철골 철근콘크리트조(SRC조), 철골조(S조) 등의 단일 골조 형식과 철근콘크리트조와 철골조, 철골철근콘크리트조와 철골조와의 혼합골조 등도 다수 적용되고 있었다. 종래의 고층 건축물(30층 이상)의 경우 약 80% 이상

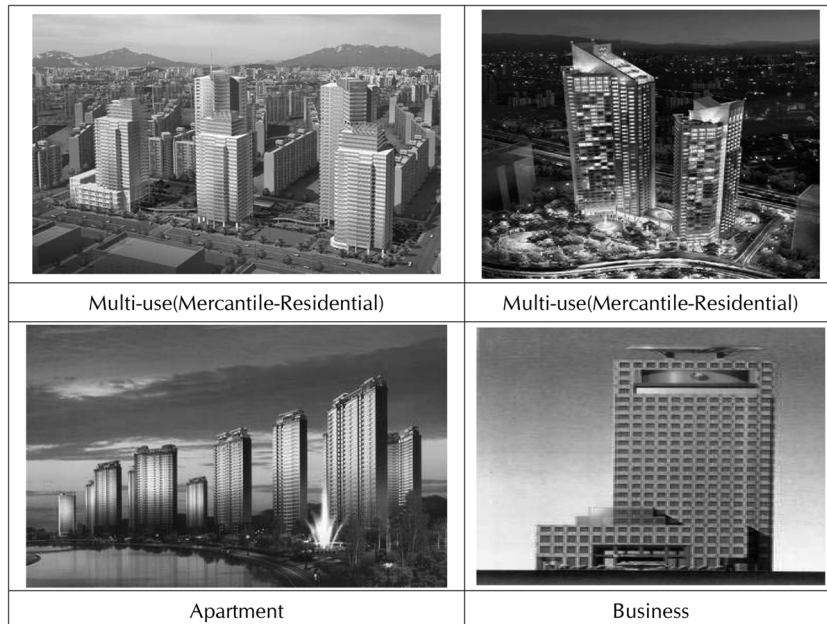


Figure 1. Representative buildings for surveys.

Table 3. Lists for surveys

Contents	Columns	Beams	Slabs	Remarks
Structural types for basement	SRC RC S Anything else	SRC RC S Anything else	RC Deckplate Anything else	
Maximum section size (SRC, RC)	Steel: Section:	Steel: Section:	Thickness:	
Minimum section size	Steel: Section:	Steel: Section:	Thickness:	
Size of steel (S, SRC)	H- H-	H- H-		Sorts of steel:
Strength of concrete				
Specification of Rebar				
Thickness for fire protection				Thickness for concrete
Sorts of fire protection and thickness				For steel structure
Maximum span	-	M		
Minimum span	-	M		
Load ratio	Range(%) Ave.(%)	Range(%) Ave.(%)	-	

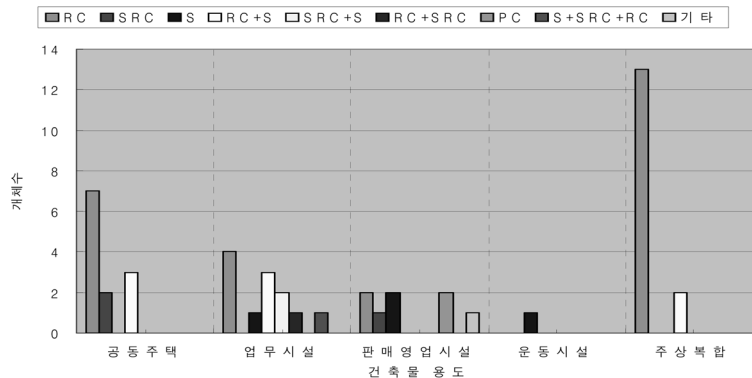


Figure 2. Numbers of structural types for uses.

이 철골조로 구성되는 바에 비하면 상대적으로 철근콘크리트 구조가 상당히 많은 점유율을 차지하고 있다는 것을 알 수 있었다. 이는 고강도 콘크리트 개발 및 시공기술 개발이 큰 원인으로 판단된다. 조사된 건축물 용도별 구조형식의 개체수를 Figure 2에 제시하였으며, 그 결과 철근콘크리트 구조형식이 가장 많이 채택되고 있음을 알 수 있었다.

3.2.2 용도별 지하층 주요구조부재의 구조형식 분석
지하층의 주요 구조부재별 구조형식은 지상층과 달리 대부분이 철근콘크리트조와 철골조 및 이의 복합형

식으로 구성되고 있었다. 특히 지상층과 지하층이 동시에 시공되는 탑다운 시공방식에서는 철골조 그리고 철골조와 철근콘크리트조의 혼합구조가 많은 부분을 차지하였다. 조사된 건축물 용도별 주요 구조부재의 구조형식의 결과는 Table 4에 제시하였다.

건축용도별 지하층의 기둥부재와 보부재의 구조형식의 분석결과, 주상복합과 공동주택의 경우는 대부분이 철근콘크리트조로 형성되었고, 업무시설과 판매시설은 철근콘크리트와 철골조 또는 철근콘크리트조와 철골조의 혼합형식으로 이루어지고 있었다. 슬래브부재의 경우는 철골조가 적용되지 못함에 따라 철근콘크리트 슬

Table 4. Structural types for structural elements

Use	Columns			Beams				Slabs	
	RC	SRC	RC+SRC	RC	SRC	S	RC+S	RC	DECK
Apartment	8	2	2	11	1	-		12	-
Business	4	6	2	10		1	1	8	4
Mercantile	5	3	1	8	-	1	-	8	1
Sport	-	-	1	1	-	-	-	1	-
Multi-use(Merchantile-Residential)	12	1	2	14	-	-	1	14	1
Total	29	12	8	44	1	2	2	43	6

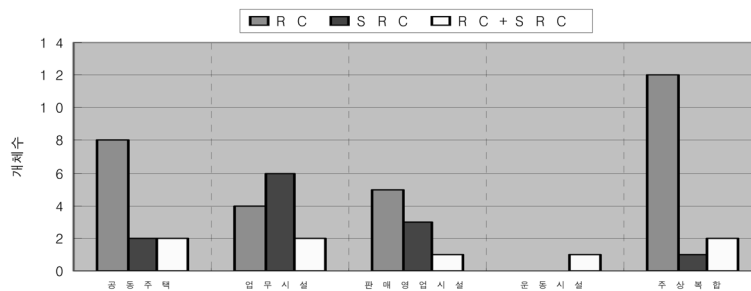


Figure 3. Structural types for columns.

래브가 주종을 이루고 있었다.

건축물 용도별 기둥부재에 대한 구조형식의 개체수를 Figure 3에 제시하였다. 기둥부재의 대부분은 철근 콘크리트조가 우세함을 보이고 있으나, 업무시설에서는 철골철근콘크리트조가 우위를 보이고 있다.

3.2.3 용도별 철근콘크리트조 내화피복두께 현황

본 조사의 결과로써 철근콘크리트조의 구조형식이 가장 많이 적용되었으며, 화재와 같은 고열환경에서 고유의 내력 전달능력을 유지하기 위해 부재의 가장 외부에 배근되는 철근을 보호할 수 있는 피복 콘크리트

를 시공해야만 한다.

본 조사 항목에서는 지하층의 기둥, 보 및 슬래브의 철근 피복두께를 조사하여 철근콘크리트 시방서에서 규정하고 있는 치수와의 관계를 확인하는 것이 주목적이며, 조사 결과는 Table 5에 제시하였다.

각 건축물의 용도별 기둥부재의 피복두께 현황을 Figure 4에 제시하였으며, 기둥부재와 보부재는 대부분이 40 mm 이상, 슬래브의 피복두께는 20 mm 이상이였다. 이는 철근 콘크리트 시방서에 규정된 바와 같이 현장치기 콘크리트의 경우, 옥외의 공기나 흠에 직접 접하지 않는 콘크리트의 최소 규정을 준수한 것으로

Table 5. Thickness of fire protection materials for reinforced structures

Use	Columns			Beams			Slabs		
	40 mm	50 mm	sub-total	40 mm	50 mm	sub-total	20 mm	40 mm	sub-total
Apartment	8	3	11	10	-	10	9	2	11
Business	8	4	12	9	1	10	10	-	10
Mercantile	8	1	9	9	-	9	9	-	9
Sport	1	-	1	1	-	1	1	-	1
Multi-use (Merchantile-Residential)	14	1	15	14	-	14	14	-	14
Total	39	9	48	43	1	44	43	2	45

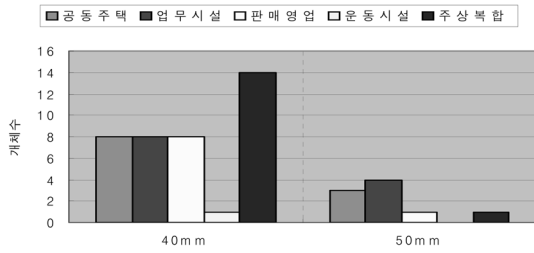


Figure 4. Thickness of fire protection materials for columns.

판단된다.⁹⁾ 동 지방사에서 기둥부재와 보부재의 피복 두께는 40 mm 그리고 슬래브, 벽체, 장선은 D35의 경우는 40 mm, D35 이하는 20 mm의 피복을 요구하고 있다.

지방사의 피복두께에 대한 규정 중 콘크리트의 설계 기준강도가 40 MPa를 초과할 경우에는 기둥부재와 보 부재에 대해서 10 mm의 피복두께를 경감할 수 있는 것으로 규정되어있어 고강도콘크리트의 고열에서의 문제점을 더욱 더 악화시킬 수 있다고 판단되었다. 따라서 고강도 콘크리트에 의한 피복두께 경감은 제고되어야 하며, 향후 관련 연구의 결과에 따른 보완 및 대안이 조속히 마련되어야 한다고 판단되었다.

3.2.4 용도별 하중비 현황

건축물의 내화성능은 부재의 하중비에 따라 크게 좌우된다.^{10,11)} 기둥부재의 경우는 축력비가 높을수록 구조적 한계에 도달되는 온도가 낮아지게 되며, 축력비가 낮은 경우는 상대적으로 높은 온도까지 견딜 수 있게 된다. 또한 휨부재인 경우 동일한 경향을 보이고 있다. 따라서 주어진 건축물의 화재 안전성을 평가할 때 기둥부재 및 보부재의 축력비의 정도에 따라 피복된 재료의 두께가 변동될 수 있다.

일반적으로 구조부재의 내화성능평가 시험에서는 최대하중을 재하하중으로 설정하여 재하가열시험을 수행한다. 즉 최대하중에 의한 피복재료의 두께 산정은 임의 건축물의 해당 부재의 내화성능을 확보하는데 크게 기여하지만 일정 비율의 하중에 의한 재하가열시험으로써 임의 건축물 해당 부위에 피복두께를 시공하는 것은 매우 위험한 일임에 틀림이 없을 것이다. 일반적으로 상부 구조물의 기둥부재의 축력비는 횡력, 편심 및 시공성 등을 고려하여 축력비는 70~80% 수준을 유지하며, 보부재의 경우는 80~90% 유지하는 것으로 알려져 있다.

본 조사에 의한 지하층의 구조부재에 대한 하중비를 Table 6에 제시하였으며, Table에 제시된 하중비는 평균적인 크기를 나타내고 있다. 대부분의 기둥부재 및 보부재에 대한 하중비의 산정이 복잡한 관계로 보다 많은 자료 확보는 어려운 실정이었다. 따라서 본 조사에서의 하중비가 전체 동일 용도의 건축물을 대표하는 것은 다소 무리가 있을 것으로 판단하고, 그 경향에 대해서만 언급하고자 한다.

기둥부재의 축력비는 대체적으로 80~90%를 보이고 있으며, 주상복합에서 높은 경향성을 보였다. 보부재의 하중비는 대체로 70~80%로 분포하는 것으로 조사되었다.

3.2.5 용도별 콘크리트 강도 현황

콘크리트는 압축력에 강한 저항력을 가지고, 인장력에 약한 특성을 가진 재료이므로 주로 기둥부재에 압축력을 저항하도록 설계에 반영되고 있다. 최근에는 고강도의 콘크리트가 개발되어 구조특성 및 시공성, 내구성 향상 측면에서 기둥부재를 포함하여 보부재에도 적용, 시공하고 있는 추세이다. 이는 고강도화됨에 따라 부재의 단면적을 줄여 내부 공간의 활용성을 극대화할 수 있는 장점이 크기 때문이며, 고강도 콘크리트

Table 6. Load ratios for columns and beams

Use	Columns				Beams			
	70~80%	80~90%	more than 90%	sub-total	70~80%	80~90%	more than 90%	sub-total
Apartment	-	1	1	2	1	-	1	2
Business	1	1	-	2	1	-	1	2
Mercantile	-	1	-	1	-	-	-	-
Sport	-	-	-	-	-	-	-	-
Multi-use (Mercantile-Residential)	1	4	1	6	5	1	-	6
Total	2	7	2	11	7	1	2	10

Table 7. Strengths for structural elements

Use	Columns			Beams			Slabs		
	Not more than 400 MPa	More than 400 MPa	Sub-total	Not more than 400 MPa	More than 400 MPa	Sub-total	Not more than 400 MPa	More than 400 MPa	Sub-total
Apartment	8	3	11	9	1	10	12	0	12
Business	9	2	11	11	0	11	11	0	11
Mercantile	5	4	9	7	0	7	8	0	8
Sport	1	0	1	1	0	1	1	0	1
Multi-use (Merchantile-Residential)	11	3	14	14	0	14	13	1	14
Total	34	12	46	42	1	43	45	1	46
Ratio	54	46	100	72	28	100	74	26	100

의 제조 및 설계기술도 크게 발전하기 때문에 판단된다.

본 조사에서는 콘크리트 표준시방서의 규정에 따라 40 MPa 이상을 고강도콘크리트로 정의하였으며 이 보다 높은 강도와 낮은 강도로 분류하여 각 용도 건축물의 지하층 주요구조부의 고강도 콘크리트 적용 추세를 파악하고자 하였다. 일반적으로 건축물의 경우는 하부로 진행될수록 많은 하중을 받고 있으므로 지하층에 철근콘크리트조가 사용된다면 고강도콘크리트 또는 고강도 철근의 사용량이 증대할 가능성은 높다고 판단된다.

본 조사에서는 지하층의 구조부재인 기둥, 보 및 슬래브 부재의 콘크리트 강도를 400 MPa를 기준으로 개체수를 분석하여 Table 7에 제시하였다.

지하층의 주요 구조부재에 적용된 콘크리트 강도별 분류 결과, 기둥부재가 타 부재에 비해서 다소 많은 고강도 콘크리트 적용 예를 보였고, 보부재와 슬래브 부재에서는 극히 일부만 적용되었음을 알 수 있었다. 가장 높은 콘크리트 강도는 주상복합용도에 적용된 80 MPa였다. 최근 국내외에서는 고강도콘크리트의 폭렬에 관한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으며, 그 결과 일반강도의 콘크리트에 비해서 고온 시 폭렬에 의한 단면손실이 크게 발생되어 궁극적으로 구조적 결함을 유발시키는 것으로 제시되고 있다.

현행 콘크리트 시방서에 의하면 고강도 콘크리트의 경우 내화피복두께를 10 mm 경감시킬 수 있다고 제시되어있다. 이는 고강도 콘크리트의 높은 내구성에 의한 피복두께만을 고려한 것으로 판단되며, 화재발생 시에는 일반강도 콘크리트보다 짧은 시간내에 폭렬에 의한 단면손상과 철근의 화염노출에 의한 구조적 기능상실이 예상된다. 따라서 콘크리트 시방서에 제시된 고

강도콘크리트의 경우 내화피복두께를 10 mm 경감시킬 수 있다는 규정은 변경되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

건축물에 수반된 지하층의 주요 구조부재에 대한 내화성능의 적정성 평가를 위한 기반자료 제공을 목적으로 수행된 국내외 범규분석과 기 시공된 건축물의 지하층의 구조, 재료 및 내화피복 실태 조사 및 분석결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 지하층 내화성능 개선을 위하여 사용 건축재료의 범위, 내화성능 및 소화설비, 경보설비와 같은 소방시설을 포괄하는 지하층 화재안전규정의 신설이 필요하다.
- 2) 기 시공된 건축물의 지하공간에 대한 내화구조 실태조사 결과, 고강도 콘크리트의 활용이 증대되고 있는 추세로 나타났다.
- 3) 고강도 콘크리트는 폭렬에 의하여 구조물 손상의 우려가 있으므로 콘크리트 시방서의 40 MPa 이상 고강도 콘크리트에 적용되는 피복두께 10 mm 경감은 재검토되어야 한다.

참고문헌

1. 松尾 捻, 林良 嗣 編著, “都市の地下空間”, 鹿島出版會(1998).
2. 국회법령자료 홈페이지, “건축법, 건축법시행령, 건축물의 피난/방화구조 등의 기준에 관한 규칙”(2005).
3. 국회법령자료 홈페이지, “소방기준법, 소방기준법 시행령 소방기준법 시행규칙, 소방시설유지 및 안전관리에 관한 법률, 동 법률 시행령, 동 법률 시행규칙”(2005).

4. 건설교통부 고시 제2005-122호, “내화구조의 인정 및 관리기준”(2005.5).
5. Environment Transport Region, “Approved Document B, Fire Safety”(1991).
6. NRC, “National Building Code of Canada”(1995).
7. International Code Council, “International Building Code”(2000).
8. NFPA, “Building Construction and Safety Code”(2003).
9. 한국콘크리트학회, “콘크리트 표준시방서”(2003).
10. British Standard Institute, “BS 5950: Structural use of steelwork in building Part 8. Code of practice for fire resistance design”(1990).
11. 권인규, “표면처리 경량형강과 건식 마감재료로 구성된 내력벽체 및 바닥의 내화성능평가연구”, 대한건축학회 구조계 논문집, 제23권, 제1호(2007.1).
12. John Wiley & Sons, “Structural Design for Fire Safety”(2001).
13. Patrick V.H, Heimo. T., “Description of Swedish system of fire performance based regulation and Temperature analysis of structural sections”(2003).
14. T. Z. Harmathy, “Fire Safety Design and Concrete”, pp.124-143(1993).