

I. 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구 배경

- 현재 서울은 초고층 건축물(50층 혹은 200m 이상)¹⁾의 급증에 따른 도시 대형 화재위험 증가
 - 초고층 건축물은 일반 건축물과 달리 화재발생 시 대규모 피해 발생
 - 최근 3년간 전국 21층 이상 고층건축물 화재는 872건으로 지난해 보다 2.8배 증가(3년간 인명피해 472명(사망 89명), 재산피해 121억원)
 - 서울시의 31층 이상 고층 건축물은 132개소(2009.12)로 매년 6%씩 증가하는 추세이며, 50층 이상 초고층 건축물도 15개소임²⁾.
- 초고층 건축물의 중간 대피층(피난안전구역)³⁾ 설치 등 화재안전성 확보대책 마련 시급
 - 화재발생 시 대피공간인 중간 대피층 및 피난시설 설치에 대한 세부 기준 필요
 - 현행 「건축법」(시행령 제34조제3항)에서는 지상층으로부터 최대 30개 층마다 중간 대피층 설치를 의무화하였으나, 그 규모나 설치 기준은 미확정

1) 「건축법」 시행령 제2조 제15호

2) 서울시 21층 이상 고층 건축물은 2,505개소(2008년)

3) 중간 대피층(피난안전구역)

– 「건축물의피난·방화구조등의기준에관한규칙」 제8조의2(피난안전구역의 설치기준)에서 중간 대피층(피난안전구역)을 해당 건축물의 1개 층에 설치하도록 규정함.

- 또한, 초고층 건축물의 재난관리 관련 법안⁴⁾이 현재(2010년 10월) 국회에서 심의 중이나, 안전기준(법 제20조)은 단지, “건축법 및 소방시설공사업법의 기준보다 강화하여 적용할 수 있다”고만 하여, 세부 안전대책이 매우 미흡

2) 연구목적

- 초고층 건축물의 높이별 중간 대피층(피난안전구역) 설치기준 확립, 화재 안전시스템 강화방안(소방 및 피난 시설), 연돌효과 대책 및 고강도콘크리트의 내화성능 확보 등을 통한 초고층 건축물의 화재안전성 확보방안을 수립하고자 함.



〈그림 1〉 국내·외 초고층 건축물 사례

4) 『초고층 및 지하연계 복합건축물의 재난관리에 관한 특별법안(의안번호 4323)』은 2010년 9월 30일 국회 행정안전위원회를 통과하였으며, 같은 해 10월 법사위원회 심사 및 12월 국회 본회의 의결을 거쳐 공포 및 시행될 예정임.

2. 주요 연구내용

〈표 1〉 주요 연구내용

| 목 표 | 주요 연구내용 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 국내외 초고층 건축물의 화재발생 현황 분석 | <ul style="list-style-type: none"> 국내·외 초고층 건축물 현황 <ul style="list-style-type: none"> -서울시 초고층 건축물 현황 및 문제점 |
| <ul style="list-style-type: none"> 초고층 건축물의 중간 대피층(피난안전구역) 설치기준 확립 및 피난 안전성평가 | <ul style="list-style-type: none"> 건축물 높이별 중간 대피층(피난안전구역) 설치방안 수립 <ul style="list-style-type: none"> -중간 대피층 간격(30층, 25층, 20층)에 따른 피난시뮬레이션 분석⁵⁾을 통하여 안전한 피난을 위한 중간 대피층 설치기준 제시 <ul style="list-style-type: none"> · 건축물 높이(60층, 99층 이상)별 중간 대피층 설치 간격 및 주요 피난시설 설치기준 제시(계단, 출입구의 유효 폭) -화재시뮬레이션 분석⁶⁾을 통한 초고층 건축물의 피난안전성평가 <ul style="list-style-type: none"> · 제시된 기준의 초고층 건축물(60층, 99층)에 대한 화재확산 양상) 및 대피시간 검토 |
| <ul style="list-style-type: none"> 초고층 건축물의 화재 안전시스템 강화방안 | <ul style="list-style-type: none"> 주요 소방시설 강화 및 연돌효과 대책 대형화재를 대비한 고강도 콘크리트의 내화성능 확보방안(폭렬저감대책) |
| <ul style="list-style-type: none"> 초고층 건축물의 재난 관리종합시스템 구축 방안 | <ul style="list-style-type: none"> 3D 실내공간정보 구축을 통한 초고층 건축물의 재난관리종합시스템 구축방안 <ul style="list-style-type: none"> -국내·외 실내공간정보 구축 기술개발 현황 및 향후 과제 -실내공간정보 구축을 통한 국내 고층 건축물 재난관리종합시스템 구축 사례 (IntraMap3D⁷⁾ 활용 사례) |

1) 초고층 건축물 현황 및 화재안전상 문제점

(1) 초고층 건축물 현황

○국내·외 초고층 건축물 현황

-50층 이상 국내 초고층 건축물은 2009년 3월 기준으로 총 44개소(준공 18개소, 공사 중 13개소, 허가동의 6개소, 설계·계획 7개소)이며, 최근에는 인천타워(610m, 151층), 상암DMC랜드마크(580m, 130층), 잠실제2롯데월드(522m, 112층), 부산월드비즈니스센터(500m, 110층) 등 100층 이상 초고층 건축물들의 건립이 추진되고 있음.

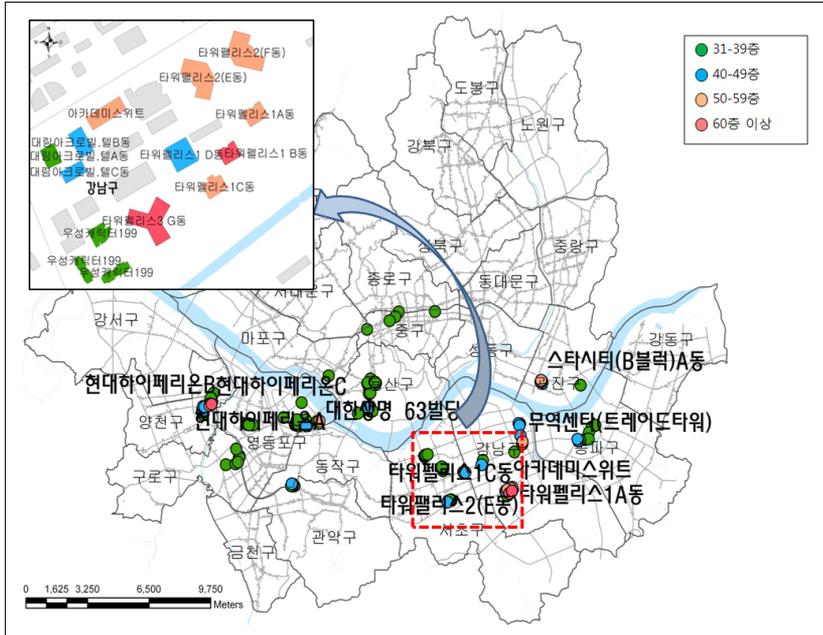
-
- 5) 피난시뮬레이션은 영국의 IES(Integrated Environmental Solutions Limited)사에서 개발된 Simulex를 사용
- 6) 화재시뮬레이션은 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발된 FDS(Fire Dynamic Simulation)를 사용
- 7) (주)한국공간정보통신의 3D GIS 소프트웨어로서, 당 회사의 협조를 받아 고층 건축물의 재난 관리종합시스템 구축방안을 위한 사례분석에 활용되었음.

- 현재 세계 최고의 초고층 건축물은 2010년 1월에 준공된 부르즈 칼리파(높이 828m, 162층)이며, 세계 20위 내의 초고층 건축물의 80%가 아시아 지역의 도시에 위치하고 있음.

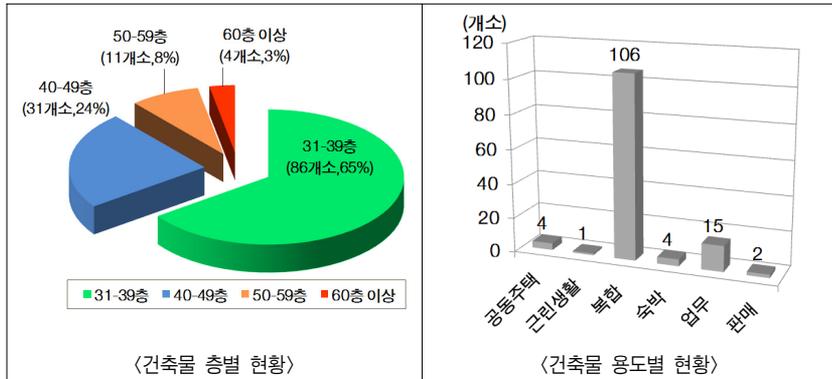
○ 서울시 초고층 건축물 현황

– 2009년 12월 기준으로 서울시 50층 이상 초고층 건축물은 15개소이며, 31층 이상 고층 건축물은 총 132개소임.

- 초고층 건축물은 강남구 8개소, 광진구 3개소, 양천구 3개소, 영등포구 1개소로 분포되어 있으며, 강남구의 타워팰리스3 G동(2003)이 지상 69층(지하 6층), 높이 263.7m로 가장 초고층임.
- 용도별로는 복합시설(업무·상업·주거용)이 14개소로 대부분을 차지하며, 업무용 건물은 1개소뿐임.



(그림 2) 서울시 31층 이상 고층 건축물 현황



〈그림 3〉 서울시 31층 이상 고층 건축물의 층별·용도별 현황(50층 이상 초고층 건축물 포함)

〈표 2〉 국내·외 초고층 건축물 재난안전시설 현황

| 건물명 | 부르즈칼리파 | 타이페이 101 빌딩 | 국내 A 빌딩 | 국내 B 빌딩 |
|-------------|------------|-------------|---------------|------------|
| 위치 | 두바이 | 대만 타이페이 | 한국 부산 | 한국 서울 |
| 높이 | 828m | 509m | 250m | 249m |
| 피난안전구역 | 25개 층마다 설치 | 8개 층마다 설치 | 30개 층마다 설치 예정 | 없음 |
| 피난계단 내 통신설비 | 양방향 설비 | 양방향 설비 | 없음 | 없음 |
| 경보시스템 | 육성경보시스템 | 육성경보시스템 | 비상벨 경보시스템 | 비상벨 경보시스템 |
| 마감재 | 불연재 | 불연재 | 상가만 불연재 | 불연재·가연재 혼합 |
| 엘리베이터 | 비상시 사용 가능 | 대피용 전환 가능 | 비상시 사용 불가 | 비상시 사용 불가 |
| 비상엘리베이터 | 3대 | 3대 | 1대 | 2대 |

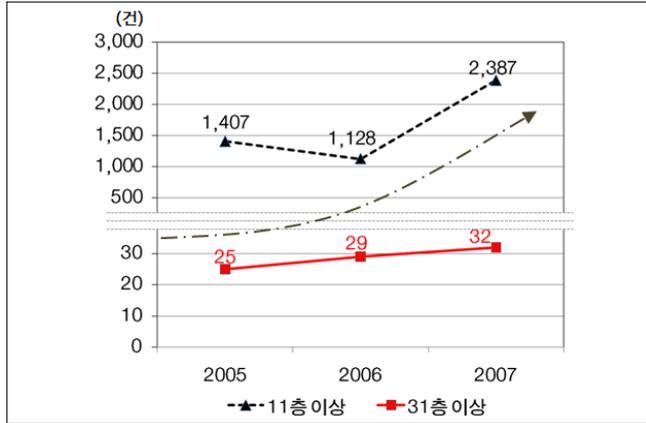
참고 : “해외 초고층빌딩은... 부르즈 칼리파, 피난계단에 양방향 통신설비 갖춰”, 조선일보(자료 : 소방방재청), 2010.6.22.

(2) 초고층 건축물의 화재발생 현황 및 화재안전상 문제점

① 초고층 건축물의 화재발생 현황

○ 국내 고층 건축물 화재발생 현황

- 최근 3년간(2005~2007) 발생한 국내 11층 이상 고층 건축물 화재는 4,922건으로, 주거용 아파트에서 90%, 주상복합건물에서 2.2% 발생
- 3년간(2005~2007) 국내 31층 이상 고층 건축물의 연평균 화재발생 건수는 29건으로 해마다 급증



〈그림 4〉 최근 3년간(2005~2007) 국내 고층 건축물 화재발생 현황

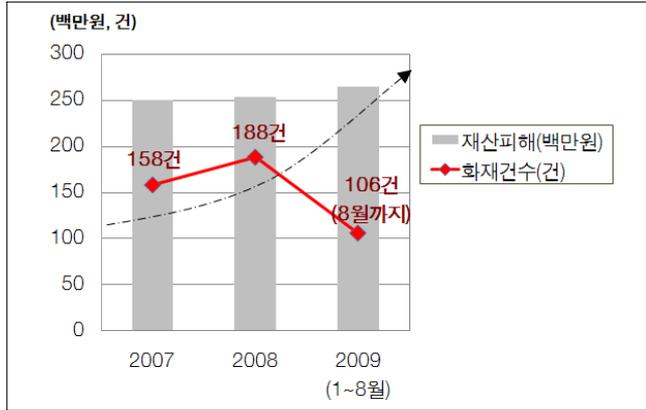


〈그림 5〉 국내·외 고층 건축물 화재 사례

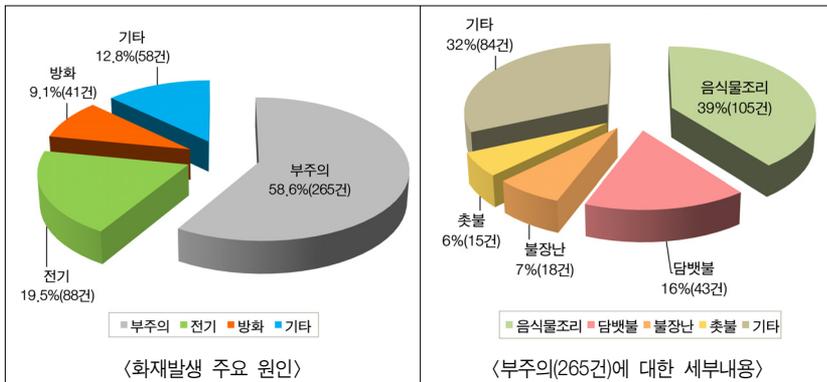
○서울시 고층 건축물 화재발생 현황

–최근 3년간(2007~2009.8) 발생한 서울시 11층 이상 고층 건축물의 화재는 452건으로 연평균 1.8% 증가(168건)

- 특히, 서울 전체 고층 건물의 화재사고에서 15층 이상 건물의 화재발생률이 74.1%, 이로 인한 화재사고 사망률이 66.7%로 나타났으며, 15층 미만일 경우 인명 사상률은 23.8%에 불과⁸⁾)



〈그림 6〉 서울시 11층 이상 고층 건축물 화재발생 현황(2007~2009.8)



〈그림 7〉 서울시 11층 이상 고층 건축물 화재발생 원인(2007~2009.8)

8) “15층 이상 고층 빌딩·아파트는 화재 사각지대?”, 헤럴드경제, 2010.3.29.(김영로 서울시의원, 서울시 소방재난본부 행정감사 자료)

② 초고층 건축물의 화재안전상 주요 문제점 및 개선대책

○ 주요 문제점

〈표 3〉 초고층 건축물의 화재안전상 문제점

| 문제점 | 세부내용 |
|------------------------------------|---|
| •피난의 난이성 | •수직 이동거리 증가로 인한 피난의 장시간 소요, 피난계단의 연기 유입, 다수 대피인원으로 인한 혼란 가중, 조명의 기능상실 등에 의해 피난 시 패닉현상 유발 촉진 |
| •수직공간 높이 증가에 따른 급속한 화재확대 용이성(연돌효과) | •엘리베이터, 전기, 공조기계설비의 샤프트(shaft), 피난계단 등이 연돌효과 현상을 일으켜 연소를 가속화시킬 위험성이 큼. |
| •재연의 불확실성 및 상층연소 확대 용이성 | •내부공간의 복잡다양화, 건물구조상 제약 및 풍해방지 등의 고려에 의한 폐쇄성으로 연기가 복도에 유출 시 배출 곤란 •고층부의 강풍에 의해 연기 및 유독가스가 복도 등 피난경로로의 확산 우려 |
| •화재하중의 증가 | •초고층 건축물은 다양한 용도로 공간이 구성되어 있어 화재하중이 증가(에너지 사용량이 많으며, 사용 장소도 다양) |
| •방화구획의 불안전성 | •덕트 내 방화구획의 불안전성, 방화셔터의 비정상 작동으로 인한 연기의 급격한 확산 |
| •화재발생 인자의 다양화 | •다양한 건물용도, 불특정 다수인의 사용 등으로 인한 화재유발 인적요소 증가 |
| •건물 미관을 위한 넓은 창면적과 발코니에 의한 화재전파 | •확장형 발코니에 의한 화재연소 확대 가능성 및 화염전파 가속화 •건물외벽의 넓은 창문에 의한 상층으로의 급격한 연소 확대 |
| •소방대에 의한 화재진압과 인명구조의 한계 | •단시간 내에 화재가 최성기에 도달하며, 수직 동선이 길어 외부에서의 진입과 인명구조에 어려움이 큼. |
| •화재안전성 확보를 위한 제도의 미비 | •초고층 건축물 재난관리를 위한 전문 법률의 미비 |

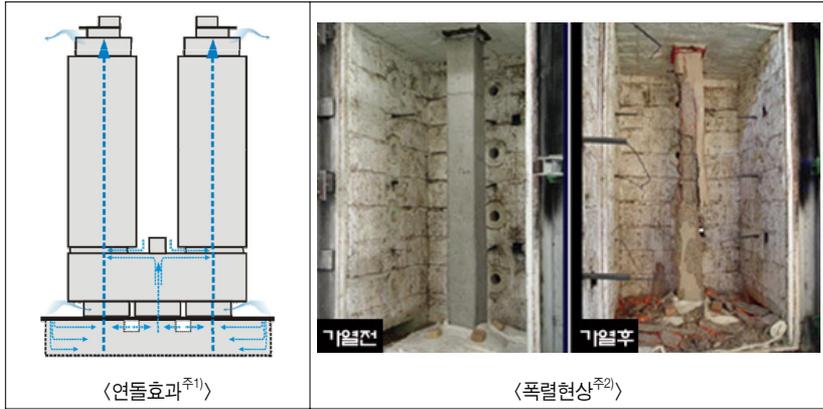
참고 : “초고층 건축물의 방재정책 및 제도 개선방안”, 조성완, 2008.

—수직구조로 인한 피난의 난이성, 엘리베이터·샤프트(Shaft) 등에 의한 연돌효과⁹⁾의 잠재적 위험성, 상층연소 확대 용이성, 소화의 난이성 등의 이유로 일반 건축물에 비하여 화재 위험이 높음.

- 또한, 국내 초고층 건축물에 사용되는 고강도 콘크리트(50MPa 이상)가 화재발생 시 열에 견디는 내화성능이 급격히 저하되어 폭발하는 폭

9) 연돌효과(Stack effect) : 건축물 내·외부 공기 기둥의 밀도 차이로 인한 압력차에 의해 발생하는 공기 흐름현상

렬현상¹⁰⁾ 때문에, 심할 경우 1시간도 버티지 못하고 무너지는 것으로 나타남.



주1 : “초고층 빌딩의 연돌현상 대책”, 여명석, 2008.3.28.
 주2 : “초고층 건축물의 내화설계 및 화재안전 대책”, 안재권, 2007.

〈그림 8〉 연돌효과 및 콘크리트 폭렬현상

○개선대책

- 초고층 건축물의 화재안전성 확보를 위한 관련 규정의 정비
 - 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법안」(2010년 9월 30일 국회 행정안전위원회 통과)이 국회법사위원회 심사와 본회의 의결을 앞두고 있으나, 세부 안전기준 등이 조속히 마련되어야 함.
 - 현재 서울시는 「서울특별시 초고층 건축물 가이드라인」(서울시, 2009.8)을 적용하고 있지만, 상기 특별법의 빠른 시행을 통하여 초고층 건축물 및 주변지역들에 대한 재난관리체계를 확립하여야 함.
- 아파트 등 성능위주설계 대상물의 확대 및 소방시설 강화
 - 현재 「소방시설공사업법」¹¹⁾에서는 화재발생 시 가장 많은 인명피해가

10) 폭렬현상(Spalling Failure) : 고강도 콘크리트가 400℃ 이상의 고열에서 폭발하는 현상

11) 「소방시설공사업법」 시행령 제2조의2(성능위주설계를 해야 할 특정소방대상물의 범위)

발생할 수 있는 아파트(주택으로 쓰이는 층수가 5개 층 이상인 주택)와 복합건축물 등이 성능위주설계 소방대상물에서 제외되어 있으므로, 이들을 대상물에 포함하여 초고층 건축물의 화재안전성을 적극적으로 확보하여야 함.

- 또한, 초고층 건축물의 소방시설 강화를 위해서는 관련 소방법 및 국가화재안전기준(NFSC)의 개선이 필요함(소화수원, 자동화재탐지설비, 제연설비, 무선통신보조설비, 피난설비 등).

- 초고층 건축물의 소방방재안전을 위한 기본계획 수립¹²⁾

- 초고층 건축물에서의 화재, 지진, 폭발 및 테러 발생 등에 대비하여, 거주자의 안전을 지키기 위한 소방방재시스템 기본계획 수립이 필요함.
 - 기본계획은 배치계획, 발화방지계획, 연소 확대방지계획, 피난계획, 방·배연계획, 내화설계, 소화설비설계, 공간구조, 유지관리 등이 유기적으로 작동하도록 하는 것임.
 - 특히, 잠재된 화재위험요소와 문제점을 정확히 파악하여, 화재·지진·폭발·테러 등 기타 예측 가능한 사태에 노출되었을 때, 최소한의 안전 수준 확보를 위한 가이드를 제정하여야 함.

12) “초고층건축물 소방방재시스템의 기본계획”, 손봉세, 2006.4.

〈표 4〉 초고층 건축물의 소방방재시스템 기본계획 수립을 위한 주요 내용

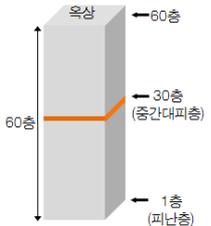
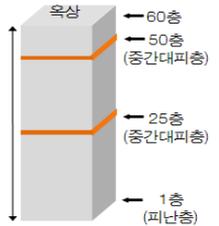
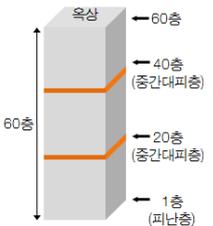
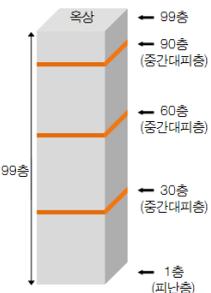
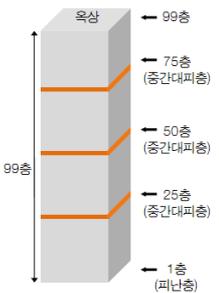
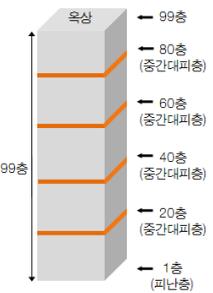
| 구분 | 주요 내용 | 비고 |
|---------------------|--|-------|
| ①일반사항 | <ul style="list-style-type: none"> 설계자·시공자, 관리자·소유자·세입자 및 소방대 등 대상 건축물의 관련자 비상준비계획 및 대피훈련, 건축물 검사 및 테스트 계획, 인접건물의 근접성, 접근성에 대한 고려(접근 제한으로 건물안전 확보), 건물 제어 시스템, 내진설계 등에 대한 기본계획 수립 | |
| ②피난 및 탈출경로 확보 | <ul style="list-style-type: none"> 피난안전구역 설치 및 주요 피난시설 강화 중간 대피층, 층별 비상구 및 계단, 전실 및 계단 가압, 표시, 교육훈련 | 〈제3장〉 |
| ③화재안전시스템 강화 | <ul style="list-style-type: none"> 주요 소방시설의 강화 자동식 스프링클러시스템, 급수시스템, 경보시스템, 화재·연기감지 및 제어시스템, 소화용수설비, 비상전원시스템, 통신시스템, 통합자동 관리시스템, 가연성물질의 관리, 외벽구조 등의 강화 건축물 재료(고강도 콘크리트)의 구조적 보강조치 | 〈제4장〉 |
| ④폭발안전 | <ul style="list-style-type: none"> 폭발에 의한 잠재적 피해의 최소화 대책 수립 인접시설, 건물의 위치, 주차공간에 대한 감지시스템, 하역장과 우편물 처리장, 주요 비상장비 및 에너지 공급원 보호 | |
| ⑤생화학 무기 등 테러에 대한 고려 | <ul style="list-style-type: none"> 건축물의 공기 흡입·조절·검출시스템의 안전 확보 공기흡입그릴, 공기조화시스템, 공기상태검출시스템 | |
| ⑥재난관리종합 시스템 구축 | <ul style="list-style-type: none"> 3D 실내공간정보를 활용한 건축물 재난관리종합시스템 구축 재난대응시스템, 재난·테러 및 안전 정보관리시스템, 그 밖에 관리주체가 필요로 하는 사항 | 〈제5장〉 |
| ⑦제도적 개선 | <ul style="list-style-type: none"> 초고층 건축물에 대한 「건축법」 및 「소방법」 관련 제도개선 <ul style="list-style-type: none"> 「건축법」, 「소방기본법」, 「소방시설공사업법」, 「소방시설설치유지 및 안전관리에관한법률」 등 「초고층 및 지하연계 복합건축물의 재난관리에 관한 특별법안(2009.3.31)」 입법 추진 <ul style="list-style-type: none"> 2010년 9월 30일 국회 행정안전위원회를 통과하였으며, 동년 10월 법사위원회 심사 및 12월 국회 본회의 의결을 거쳐 공포 및 시행 예정 | |

참고 : “초고층건축물 소방방재시스템의 기본계획”, 순봉세, 2006.4.(일부 내용 추가),
 “NFPA 101 Life Safety Code”, National Fire Protection Association, 2000.

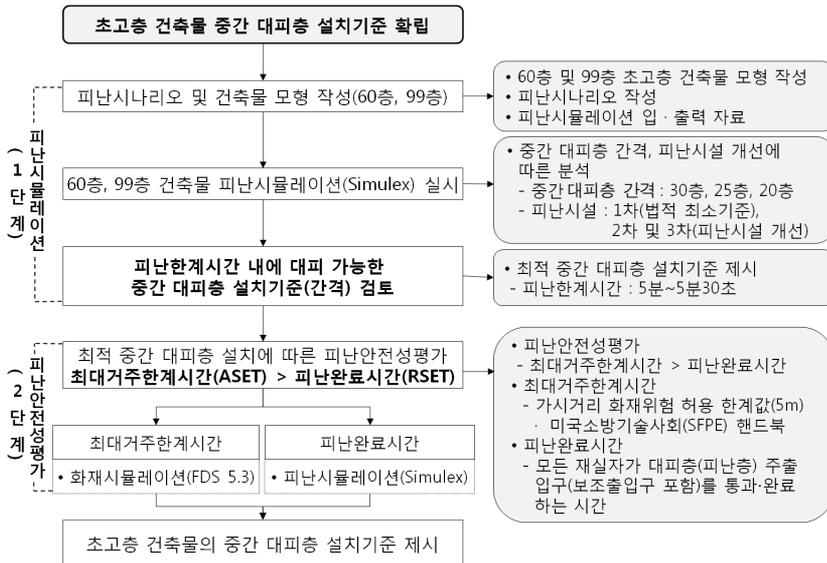
2) 초고층 건축물의 중간 대피층(피난안전구역) 설치기준 확립

(1) 기본 방향

- 현행 「건축법」 시행령 제34조제3항에서 최대 30개 층마다 설치하도록 되어 있는 중간 대피층을 건축물의 높이 및 바닥면적에 따라 가장 적절한 간격의 중간 대피층 설치기준 제시
 - 60층과 99층 초고층 건축물에 대하여 피난시물레이션 및 화재시물레이션 분석을 통한 피난안전성평가를 실시

| | | | |
|--|---|---|--|
| <p>60층 (바닥면적 =5,600㎡ (70m×80m))</p> |  |  |  |
| <p>99층 (바닥면적 =10,000㎡ (100m×100m))</p> |  |  |  |
| | <p><중간 대피층 간격 30층> (법적 최대 기준)</p> | <p><중간 대피층 간격 25층></p> | <p><중간 대피층 간격 20층></p> |

〈그림 9〉 중간 대피층 간격에 따른 60층 및 99층 초고층 건축물 모형



〈그림 10〉 중간 대피층 설치기준 확립을 위한 주요 업무 프로세스

(2) 분석 방법

○ 1단계(피난시물레이션 분석)

- 피난시물레이션 분석을 통하여 피난한계시간(5분~5분30초)¹³⁾ 내에 재실자들의 피난완료가 가능한 중간 대피층 설치기준(간격) 검토
 - 중간 대피층이 지상층으로부터 30층, 25층, 20층 간격으로 설치된 60층 초고층 건축물에 대하여 주요 피난시설 개선에 따른 1차, 2차, 3차 피난시물레이션 분석 실시

〈표 5〉 60층 초고층 건축물의 1·2·3차 피난시물레이션 분석을 위한 기본 내용

| 중간 대피층 간격 | 주요 피난시설 | | 1차 분석 (법적 최소기준) | | 2차 분석 (피난계단 폭 및 출입구 유효 폭 확대) | | 3차 분석 (피난계단 수 증가) | |
|-----------|---------|------------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|------|----------------------|--------------------|
| | | | 60 | 99 | 60 | 99 | 60 | 99 |
| 30층, | •직통 계단 | 개소 | 2개소 | | | | | |
| | | 보행거리 | 50m(이하) | | | | | |
| | | 계단 및 계단참의 폭 | 1.2m | 1.2m | 1.6m | 1.6m | 1.6m | 1.6m |
| | | 출입구의 유효폭 | 0.9m | 0.9m | 1.2m | 1.2m | 1.2m | 1.2m |
| 25층, | •피난 계단 | 개소 | 2개소 ^{주1)} | 4개소 ^{주1)} | 2개소 | 4개소 | 4개소 ^{주2)} | 8개소 ^{주2)} |
| | | 계단 및 계단참의 폭 | 1.2m | 1.2m | 1.6m | 1.6m | 1.6m | 1.6m |
| 20층 | •복도의 넓이 | 출입구의 유효 폭 | 0.9m | 0.9m | 1.2m | 1.2m | 1.2m | 1.2m |
| | | •복도의 넓이 | 2.4m | | | | | |
| | | •건축물의 바깥쪽에서의 출구 (1층 주출입구) | 33.6m ^{주3)} | 60m ^{주3)} | 33.6m | 60m | 33.6m | 60m |

주1 : 총 바닥면적이 2,000㎡를 넘는 경우에는 그 넘는 2,000㎡ 이내마다 1개소의 피난계단 설치(「건축법」 시행령 제35조제5항)

주2 : 총 바닥면적이 2,000㎡를 넘는 경우에는 그 넘는 1,000㎡ 이내마다 1개소씩 피난계단을 추가 설치하여, 당초 2개소에서 4개소로 수정

주3 : 출구의 기준 = (바닥면적이 최대인 층의 바닥면적(㎡)/100㎡) × 0.6m 이상
 - 피난층에 설치하는 옥외로의 출구의 유효너비의 합계(건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제11조 제4항)

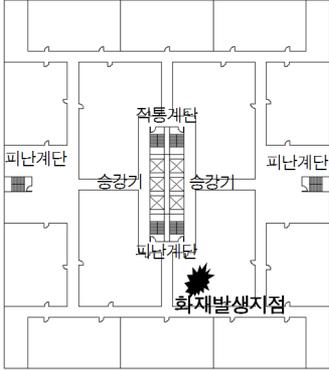
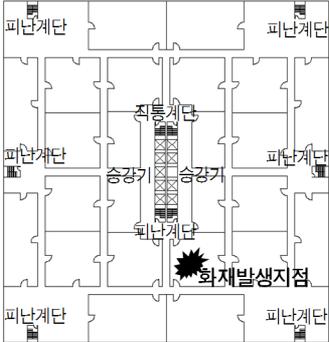
13) “초고층 건축물의 ‘대피층’ 및 ‘대피공간’ 개념도입방안”, 최재필 외, 2005.11.,

“Concept in building fire safety”, Egan, M., 1986.

- 피난한계시간 : 고층건물에서 지상층을 통해 아래로 피난하는 과정에서 5분 이상 피난시간이 지연되게 되면, 피난자는 통상적으로 신체적 피로를 느끼게 되는데, 이를 피난한계시간으로 정함.

○2단계(피난안전성평가)

－1단계에서 제시된 중간 대피층 간격(25층)이 가장 적절한 60층 및 99층 초고층 건축물에 대하여 화재 및 피난 시물레이션 분석을 실시하고, 재실자의 최대거주한계시간과 피난완료시간을 비교·평가함.

| 화재시나리오 | 층수 | 피난시나리오 |
|---|---|--|
| <p>•화재발생위치 : 38층</p>  | 60층 | <p>•재실자들의 피난상황 -38층 화재발생 시 38층 이상의 재실자는 50층 및 옥상으로 피난(38층에서 60층까지의 거주한계시간 측정) · 38층 아래의 재실자는 25층과 1층으로 피난</p>  |
| <p>•화재발생위치 : 88층</p>  | 99층 | <p>•재실자들의 피난상황 -88층에서 화재발생 시 각 층의 재실자는 가까운 출구로 피난 · 88층~99층까지의 층별 거주한계시간 측정</p>  |
| <p>•화재발생원인</p> | <p>•방화 혹은 부주의 : 객실 내 소파(침대) 화재</p> | |
| <p>•발화원</p> | <p>•폴리우레탄(Polyurethane)</p> | |
| <p>•방화문</p> | <p>•비상구 방화문이 닫힌 상태</p> | |
| <p>•간이스프링클러</p> | <p>•스프링클러의 영향은 화재시물레이션(FDS)에서 제외(미작동)</p> | |
| <p>•기류영향</p> | <p>•화재발생 전 기류영향이 없음</p> | |

〈그림 11〉 60층 및 99층 초고층 건축물의 화재 및 피난 시나리오

(3) 분석 결과 : 초고층 건축물의 중간 대피층 설치기준 확립

◆ 초고층 건축물의 중간 대피층 설치기준

- 현행 「건축법」상 초고층 건축물의 중간 대피층은 지상층으로부터 최대 25개 층마다 설치함.
 - 동시에, 층 바닥면적(예 : 5,000㎡ 이상)에 따라 피난계단을 추가하며, 각 출입구 폭(계단출입구, 1층 및 중간 대피층 출입구)도 법적 최소기준보다 30% 이상 확대할 필요가 있음.
 - 또한, 층 바닥면적이 일정기준 이상이거나(예 : 10,000㎡ 이상) 유동인구가 많은 경우에는 최대 20층 간격의 중간 대피층 설치를 고려할 수 있음.

○ 1단계 피난시뮬레이션 분석 결과

- 지상층으로부터 최대 20~25개 층마다 중간 대피층(피난안전구역) 설치 시 피난한계시간(5분~5분30초)을 만족
- 60층 및 99층 초고층 건축물의 3차 피난시뮬레이션 분석 결과, 최종 피난완료시간은 평균 5분 29초(329초)¹⁴⁾로 나타남. 이 시간은 재실자들이 피로를 느끼지 않고 피난할 수 있는 시간인 피난한계시간을 만족함.

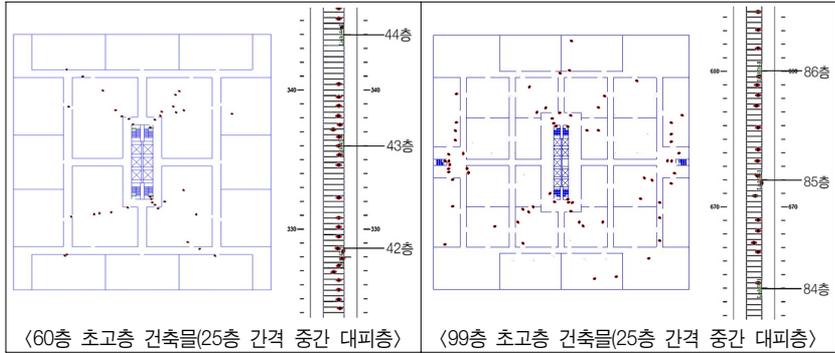
〈표 6〉 60층 및 99층 초고층 건축물의 중간 대피층 간격에 따른 최종 피난완료시간의 종합 비교

| 중간 대피층 간격 | 피난시뮬레이션 분석 | 최종 피난완료시간 | | 비고 |
|--------------|---------------|--------------|---------------|------------------------------------|
| | | 60층 초고층 건축물 | 99층 초고층 건축물 | |
| 30층 | 1차 | 8분 30초(510초) | 10분 43초(643초) | • 피난한계시간(5분~5분30초)을 상당히 초과 |
| | 2차 | 8분 5초(485초) | 10분 22초(622초) | |
| | 3차 | 6분 26초(386초) | 7분 4초(424초) | |
| 25층 | 1차 | 7분 27초(447초) | 9분 31초(571초) | • 피난한계시간을 상당히 초과 |
| | 2차 | 7분 10초(430초) | 9분 14초(554초) | |
| | 3차 | 5분 26초(326초) | 5분 33초(333초) | |
| 20층 | 1차 | 5분 59초(359초) | 8분 2초(482초) | • 60층 초고층 건축물 경우에 만 피난한계시간 에 근접 |
| | 2차 | 5분 35초(335초) | 7분 35초(455초) | |
| | 3차 | 4분 35초(275초) | 4분 47초(287초) | |

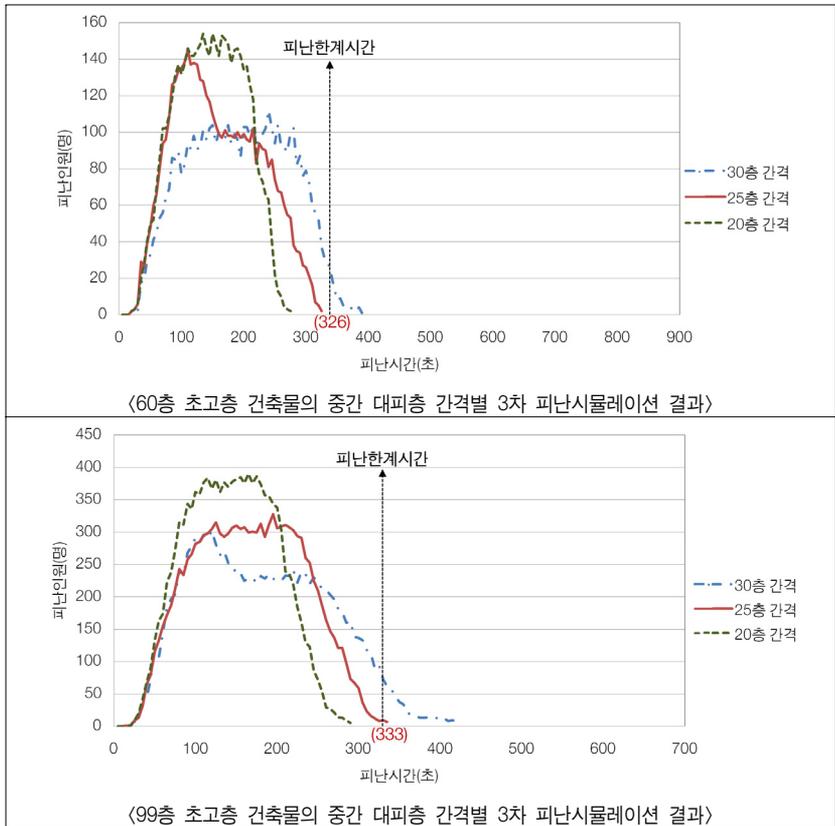
참고 :

- 1차 분석 : 주요 피난시설의 법적 최소 기준 적용(계단 폭 1.2m, 출입구 0.9m)
- 2차 분석 : 계단 폭 1.6m, 계단출입구의 폭 1.2m
- 3차 분석 : 피난계단 추가(계단 폭 1.6m, 출입구 1.2m)

14) 5분 29초(329초) = (5분 26초(326초) + 5분 33초(333초)) ÷ 2



〈그림 12〉 피난시뮬레이션 분석 사례



〈그림 13〉 피난시간 경과에 따른 피난시간대별(5초 간격) 피난인원 분포

○2단계 화재위험성 검증을 위한 피난안전성평가의 최종 분석 결과

– 중간 대피층을 지상층으로부터 최대 25개 층마다 설치 시, 재실자의 최종 피난완료시간(평균 5분 28초 ~ 5분 29초)은 최대거주한계시간(6분 38초 ~ 6분 42초)보다 작아 피난안전성이 확보됨.

- 중간 대피층을 최대 30개 층마다 설치할 경우에는 재실자의 최종 피난 완료시간(6분 26초 ~ 10분 43초)이 피난한계시간을 초과함.

〈표 7〉 25층 중간 대피층 간격에 따른 최대거주한계시간 및 최종 피난완료시간

| 중간 대피층 간격 | 층수 | 최대거주한계시간 | 최종 피난완료시간(평균) ^{주1)} | 비고 |
|-----------|-----|--------------|--|---------------------------|
| 25층 | 60층 | 6분 42초(402초) | 5분 28초(328초) •5분 26초(326초) ^{주2)} ~ 5분 30초(330초) ^{주3)} | • 피난한계 시간(5분~5분30초) 내에 포함 |
| | 99층 | 6분 38초(398초) | 5분 29초(329초) •5분 25초(325초) ^{주4)} ~ 5분 33초(333초) ^{주5)} | |

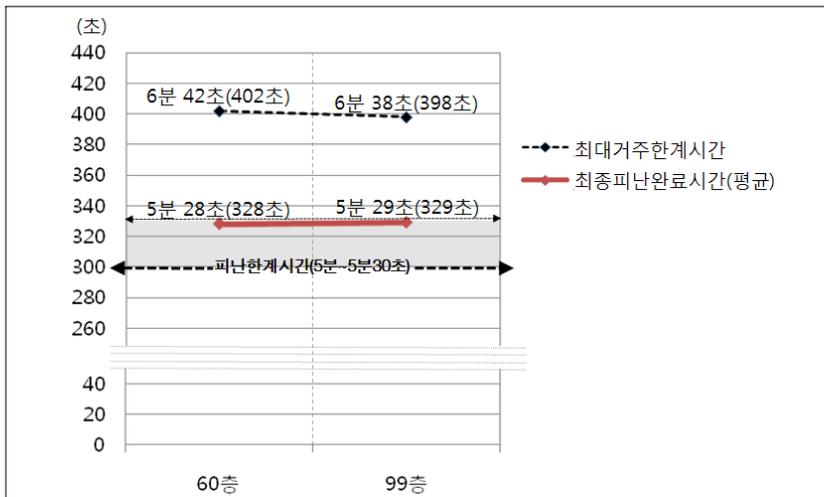
주1 : 평균시간은 중간 대피층 간격이 25층 경우의 3차 분석에 대한 최종 피난완료시간의 평균임.

주2 : 〈표 6〉에서 60층 초고층 건축물의 중간 대피층 간격이 25층일 경우의 3차분석

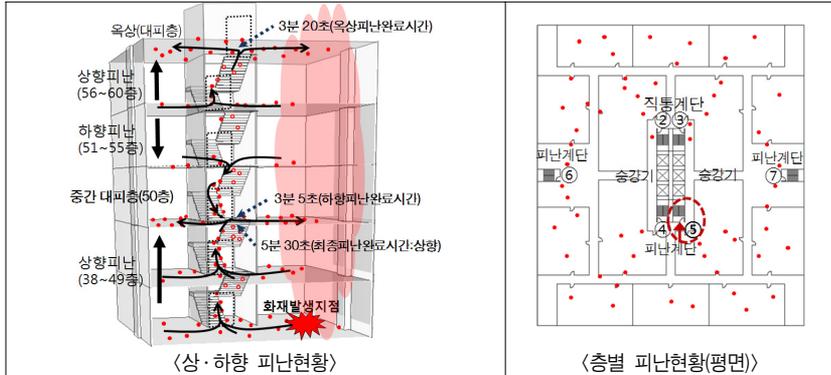
주3 : 〈표 3-27〉에서 60층 초고층 건축물의 최종피난완료시간(중간 대피층 간격이 25층일 경우)

주4 : 〈표 3-28〉에서 99층 초고층 건축물의 최종피난완료시간(중간 대피층 간격이 25층일 경우)

주5 : 〈표 6〉에서 99층 초고층 건축물의 중간 대피층 간격이 25층일 경우의 3차분석

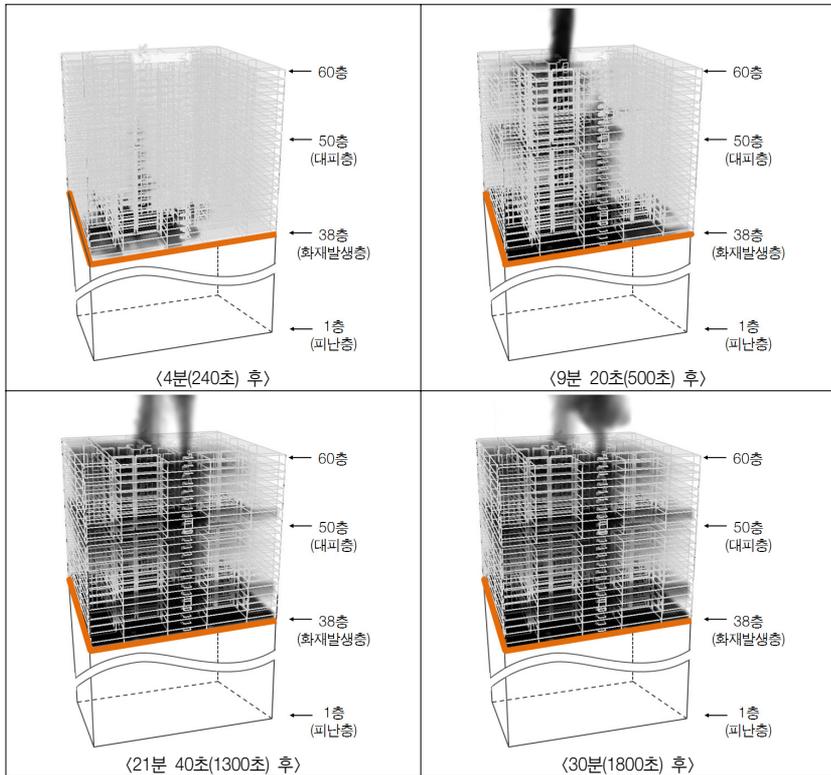


〈그림 14〉 25층 중간 대피층 간격에 따른 최대거주한계시간과 최종 피난완료시간 및 피난한계시간 비교(피난안전성평가)



참고 : 최종 피난지점은 50층의 중간 대피층 ⑥번 피난계단이며, 그때의 최종 피난완료시간은 5분 30초로 나타남.

〈그림 15〉 60층 초고층 건축물의 재실자 피난현황



〈그림 16〉 60층 건축물의 시간별 연기확산 형상

3) 초고층 건축물의 화재안전시스템 강화

(1) 초고층 건축물의 소방시설 강화

① 현행 소방법상의 문제점

○ 초고층 주거시설과 주상복합건물 등 초고층 건축물은 특정소방대상물에 포함되나, 소방시설에는 일반 고층 건축물의 소방시설 설치 관련 법 규정이 적용되고 있음.

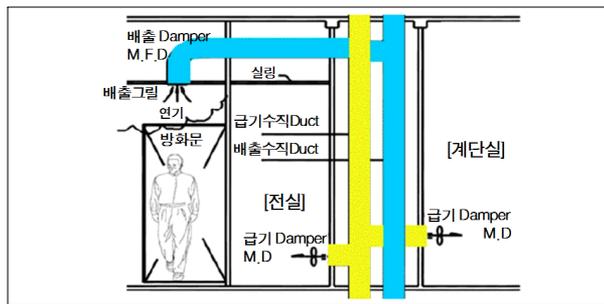
– 화재발생 시, 인명안전에 결정적 역할을 하는 설계요소인 배연창과 배연설비 등 제연관련 규정은 공학적 분석과 성능평가를 통한 제도적 보완이 필요함.

② 주요 소방시설 강화방안

○ 초고층 건축물의 화재안전시스템 강화를 위해서는 중간 대피층(피난안전구역), 피난시설(특별피난계단, 옥상광장 등)의 확보와 더불어 소방시설에 대한 기능 강화가 필요함.

– 특히, 소방시설 강화를 위해서는 관련 소방법 및 소방시설에 대한 국가 화재안전기준(NFSC)의 개선이 요구됨.

- 소화수원(옥내소화전설비, 자동스프링클러 등), 제연설비, 소방대원의 통신시스템, 소방대원용 엘리베이터, 비상발전기, 비상탈출 및 탈출보호설비, 화재방쇄기능, 소방명령체계 및 통제센터 등



참고 : “복합 초고층 빌딩 소방시설 설계사례”, 황현수, 2009.12.9.

(그림 17) 계단실 및 부속실 동시 가압(제연설비)

〈표 8〉 초고층 건축물의 주요 소방시설 강화방안

| 소방시설 | 강화방안 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 소화수원(소화설비) <ul style="list-style-type: none"> - 옥내소화전설비, 스프링클러설비 | <ul style="list-style-type: none"> 소방대원이 현장에 도착하여 빌딩 내의 인원을 모두 피난시키고, 완전한 화재진압을 위해 최소 1시간 정도까지 급수할 수 있도록 수원의 용량증대 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 급수방식은 신뢰도가 높은 자연낙하방식을 이용 |
| <ul style="list-style-type: none"> 자동화재탐지설비(경보설비) | <ul style="list-style-type: none"> 화재감지기는 아날로그 주소(address)형 감지기를 설치 <ul style="list-style-type: none"> - 경보방식은 자동화재탐지설비 설비구역, 스프링클러설비의 방호구역 등 경보구역별 경보방식을 할 수 있도록 규정개선이 필요 |
| <ul style="list-style-type: none"> 제연설비(소화활동설비) | <ul style="list-style-type: none"> 배연창을 대신한 배연설비 <ul style="list-style-type: none"> - 배연창은 기계식 배연설비를 설치하되, 샌드위치 가압방식이 필요함(사례 : 잠실 L 빌딩) 특별피난계단용 제연설비(〈그림 17〉) <ul style="list-style-type: none"> - 구간별로 급기하는 방향을 도입하고 신뢰성 향상을 위하여 계단실과 전실의 동시가압방식을 적용함¹⁵⁾. |
| <ul style="list-style-type: none"> 무선통신보조설비(소화활동설비) | <ul style="list-style-type: none"> 30층 이상의 건축물에서는 무선통신이 곤란하게 되므로, 30층 이상에는 무선통신보조설비를 추가 설치하여 소방대원의 원활한 무선통신이 가능하도록 함. |
| <ul style="list-style-type: none"> 피난유도선의 추가설치(피난설비) | <ul style="list-style-type: none"> 화재발생 시에 재실자의 신속한 피난을 위하여 계단, 주요피난통로, 복도 등의 바닥면에 피난유도선을 추가로 설치함. |

〈표 9〉 「소방시설설치유지및안전관리에관한법률」상 고층 건축물에 필요한 주요 소방시설

| 소방시설의 종류 | | 설치 대상 |
|----------|--------------------|--|
| 대분류 | 소분류 | |
| 소화설비 | 옥내소화전설비 | •층수가 4층 이상인 층 중 바닥면적이 600㎡ 이상인 층이 있는 것은 전 층 |
| | 스프링클러설비 | •층수가 11층 이상인 특정소방대상물의 경우에는 전 층 |
| 경보설비 | 비상방송설비 | •지하층을 제외한 층수가 11층 이상인 것 |
| | 자동화재탐지설비 | •연면적 600㎡ 이상 복합건축물 등(근린생활시설 등) |
| 피난설비 | 인명구조기구 | •지하층을 포함하는 층수가 7층 이상인 관광호텔 및 5층 이상인 병원 |
| | 피난유도등·통로유도등 및 유도표시 | •특정소방대상물(지하구 및 지하가 중 터널을 제외함.) |
| | 비상조명등 | •지하층을 포함하는 층수가 5층 이상인 건축물로서 연면적 3천㎡ 이상인 것 |
| 소화활동설비 | 제연설비 | •특정소방대상물(갯복도형 아파트 제외)에 부설된 특별피난계단 또는 비상용 승강기의 승강장 |
| | 연결송수관설비 | •지하층을 포함하는 층수가 7층 이상인 것 |
| | 비상콘센트설비 | •지하층을 포함하는 층수가 11층 이상인 특정소방대상물의 경우에는 11층 이상의 층 |
| | 무선통신보조설비 | •지하가(터널을 제외한다)로서 연면적 1천㎡ 이상인 것 •지하층의 바닥면적의 합계가 3천㎡ 이상인 것 또는 지하층의 층수가 3개 층 이상이고 지하층의 바닥면적의 합계가 1천㎡ 이상인 것은 지하층의 전 층 |

참고 : “초고층 건물의 방재설비”, 김영돈, 2007.1.(원본의 일부 내용을 추가하여 재작성하였음)
 - 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률」 시행령 제15조 관련 〈별표 4〉

15) “복합 초고층 빌딩 소방시설 설계사례”, 황현수, 2009.12.9.

③ 기타 피난시설 강화

○엘리베이터를 이용한 피난대책

-현재 화재발생 시 피난용으로는 엘리베이터의 사용이 금지되고 있으나, 초고층 건축물의 경우에는 추가 방호설계를 적용한 고속 승객용 엘리베이터를 피난에 사용할 수 있도록 조치함.

- 피난에 활용되는 엘리베이터는 승강장의 별도 방화구획, 피스톤효과에 견딜 수 있는 문 설치, 방수조치, 비상전원 공급, 승강로 안전 확인 설비 등 추가적 안전조치가 필요함.

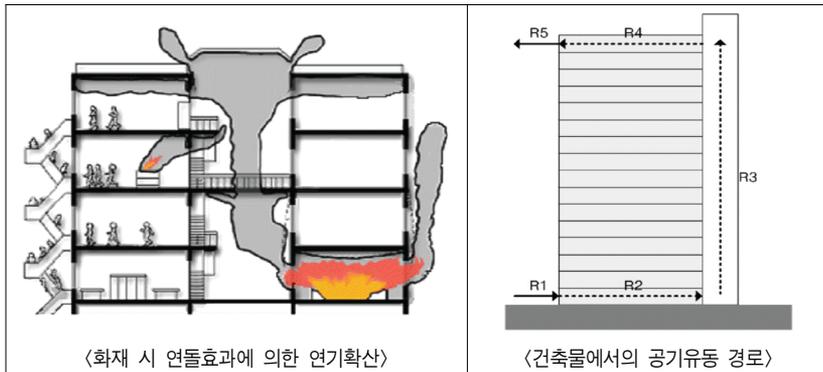
○소방대원 전용 계단의 배치

-화재발생 시, 소방대원들의 신속한 진입과 소화활동을 위하여 일반인들이 사용하지 않는 소방대원 전용 계단의 설치

○피난복도 및 피난발코니 설치

-특별피난계단 이외에 각 층의 네 귀퉁이에 피난발코니 및 피난계단을 설치하여 2방향 피난원칙을 적극적으로 유도함.

(2) 연돌효과 대책



참고 : “초고층 빌딩의 연돌현상 대책”, 여명석, 2008.3.28.

〈그림 18〉 연돌효과

○ 건물 내로 유입되는 기류와 유입된 기류의 건물 내 유동을 차단함으로써 해결하는 건축적 개선방법과, 공조시스템¹⁶⁾을 이용하여 실내를 가압하는 설비적 개선방법 등이 있음.

〈표 10〉 연돌효과 대책

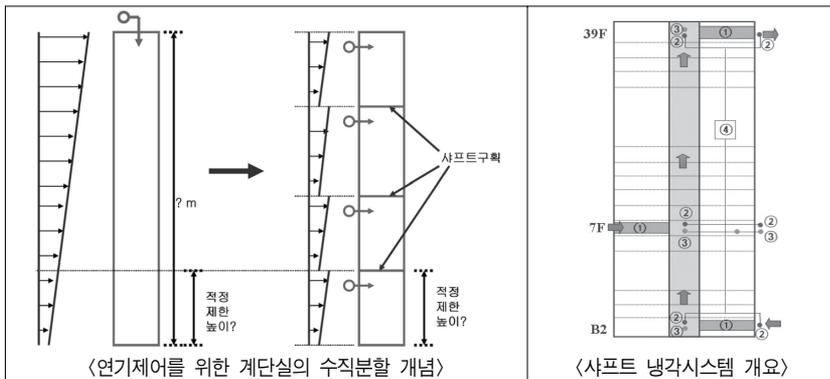
| 구분 | 주요 대책 | | 세부 내용 | |
|--------------|---------------------------------|-----------------------------|---|---|
| •건축적 대처방안 | •건물 외피 기밀화를 통한 공기 유입과 유출을 차단 | •기밀한 외피 설계 •건물 외피의 우수 시공 | •공기 유입부의 공기유동 제한(R1 ^{주1)}) | •출입구를 작게 설계 •출입구에 방풍실 설치 •공인문을 회전문으로 설치 •기타 출입구 sheltering |
| | | | •공기 유출부의 공기유동 제한(R5) | •건물 상층부에 개구부 설치 지양 •건물 상층부의 외피 기밀화 •건물 상층부의 창호 폐쇄 •건물 상층부 기계실의 기밀화 |
| | •건물의 내부 구획을 통한 공기 유동을 억제 | •공기 상승부의 공기 유동 제한 | •층별 단위의 공기유동 제한(R2, R4) -벽 등의 내부 구획 기밀화 -전실문, 통로문 설치 •수직 통로의 공기유동 제한(R3) -엘리베이터, 계단실 수직 샤프트 조닝 -층 간 샤프트 구획의 기밀화 | |
| •설비적 대처방안 | •공조시스템의 활용 •엘리베이터 샤프트 냉각 시스템 | | •현관 및 로비부분 가압, 방풍실 내 송풍방열기(FCU) 설치, 현관 부분 에어커튼 설치, 밀폐 및 공조시스템 강화, 승강로 간 통풍구(Air Hole) 설치, Shaft 하부에 댐퍼 설치, 기계실 바닥 통풍구 설치, Shaft 내 공조시스템 채용, 액티브 소음 시스템 채용 등 | |

참고 : “초고층 빌딩의 연돌현상 대책”, 여명석, 2008.3.28.

“고층건물의 연돌효과에 대한 개요 및 대책방안”, 송두삼·박동률, 2008.11.

“고층건물에서의 연돌효과에 관한 연구”, 조재훈, 2002.7.

주1 : R1, R2, R3, R4, R5(건축물의 공기유동 경로)는 〈그림 18〉 참조



참고 : “안전한 피난로 확보를 위한 초고층 건물의 연기제어”, 여용주, 2008.

“고층건물의 연돌효과에 대한 개요 및 대책방안”, 송두삼·박동률, 2008.11.

〈그림 19〉 연돌효과 대책

16) 공조(HVAC : Heat Ventilation Air Conditioning) : 가열된 공기를 통풍시키는 일종의 환기 방법

(3) 고강도 콘크리트의 내화성능 확보

① 폭렬 저감방안

○ 대한건축학회의 고강도 콘크리트 폭렬 저감방안

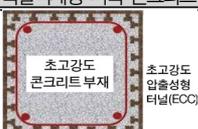
－① 표층부의 온도상승·온도구배 저감방안, ② 수증기압 저감 및 수분이동 용이화 방안, ③ 폭렬에 의한 콘크리트 비산방지방안, ④ 폭렬억제형 피복콘크리트 이용방안 등이 제시되고 있음.

- 각 방안은 상황에 따라 탄력적으로 이용하여야 하며, 고강도 콘크리트의 역학적 성장(열응력, 질량, 이동, 폭렬 등)을 고려하여 단점이 보완된 추가적 대책을 수립할 필요가 있음.

〈표 11〉 고강도 콘크리트의 폭렬 저감대책(◎ : 매우 우수, ○ : 우수, △ : 보통)

| 개념에 의한 분류 | 폭렬대책 방안 | | | 콘크리트 설계기준 압축강도별 | | | | | | | | |
|--------------------|------------|----|-------|-----------------|------|------|----------|------|------|----------|------|------|
| | 사용 재료별 분류 | 공정 | 시공 방식 | 60MPa 이하 | | | 60~80MPa | | | 80MPa 이상 | | |
| | | | | 시공성 | 내폭렬성 | 유지관리 | 시공성 | 내폭렬성 | 유지관리 | 시공성 | 내폭렬성 | 유지관리 |
| 표층부의 온도상승, 온도구배 저감 | 내화모르터 | 마감 | 습식 | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ◎ |
| | 내화보드 | 미장 | 건식 | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | ○ |
| | 내화도료 | 마감 | 습식 | ○ | △ | ○ | - | - | - | - | - | - |
| 수증기압 저감 수분이동 용이 | 합성 유기섬유 | 타설 | 습식 | △ | ○ | ◎ | △ | ○ | ◎ | △ | △ | ◎ |
| 폭렬에 의한 콘크리트 비산방지 | 메탈라스 보강 | 미장 | 습식 | ○ | △ | ◎ | ○ | △ | ◎ | ○ | △ | ◎ |
| 폭렬억제형 피복 콘크리트 이용 | 압출성형 영구거푸집 | 타설 | 건습식 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |

참고 : 「KBC-S 고강도 콘크리트 구조내화설계 지침서(안)」, 대한건축학회, 2007.8.

| 표층 온도상승 억제 | 내부 수증기압 저감 | 폭렬 비산 방지 | 폭렬억제형 피복 콘크리트 |
|--|--|---|---|
|  <p>비탕면 콘크리트 (비탕면) 내화모르터 표면마감재</p> |  |  |  <p>초고강도 콘크리트부재 초고강도 압출성형 타널(ECC)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> •내화보드, 내화뿔칠, 내화도료, 내화모르터 | <ul style="list-style-type: none"> •합성섬유 혼입 | <ul style="list-style-type: none"> •와이어메쉬, 메탈라스, 강관 등 보강 | <ul style="list-style-type: none"> •폭렬억제형 영구거푸집 |
| <ul style="list-style-type: none"> •내화성능 우수 •추가 공경 필요 •재료선정에 주의 필요 등 <ul style="list-style-type: none"> - 박리, 박락, 내구성 등 •단면두께 증가 | <ul style="list-style-type: none"> •강도에 따른 검증 필요 •가장 경제적인 공법 •시공성 저하 고려 필요 •화재발생 후 성능 저하 •수열온도 제어는 곤란 | <ul style="list-style-type: none"> •단순히 비산방지 효과 •내화성능 관리기준 대응 곤란 •다른 공법과의 병용 | <ul style="list-style-type: none"> •내화성능 우수 •개발단계로 실적 없음 •재료선정 및 생산방법 검증 필요 |

참고 : “초고강도 콘크리트 내화성능 확보 기술”, 롯데건설 기술연구원, 2009.7.30.

〈그림 20〉 고강도 콘크리트의 폭렬 저감대책

○ 국내 고강도 콘크리트의 폭발대책 공법 현황

- 국내 건설사들을 중심으로 설계기준강도 40~100MPa인 고강도 콘크리트를 대상으로 폭발대책공법의 연구 및 실용화가 진행 중임.
- 주요 폭발대책 공법은 섬유혼입공법, 내화보드부착공법, 내화모르타르 내화피복공법 등임.

〈표 12〉 국내 건설사의 고강도 콘크리트 폭발대책 공법

| 건설사 | 설계강도 | 공법 | 공법 개요 |
|--------------|------------|-------------------------------|--|
| (주)포스코 건설 | 40~100 MPa | •FFR 내화보드 부착공법 | •PFB(Posco E&C Fire Board) 공법은 외부에서 열을 차단하는 공법으로 신축 및 기존건축물에 적용 가능 •PFR보드는 알루미늄실리케이트계 내화보드를 내화접착제로 구조체에 부착 •건축부재의 내화시험(KS F 2257-1) 실시 → 주근온도를 300℃ 이하로 제어 |
| 삼성물산(주) 건설부문 | 80MPa | •PP(폴리프로필렌) 섬유 혼입공법 | •콘크리트에 PP섬유를 혼입하여 폭발을 방지 •사전에 섬유혼입 고강도의 콘크리트의 폭발시험을 실시함 •서초 프로젝트 현장 적용 |
| 두산산업개발(주) | 40MPa | •PP(폴리프로필렌) 섬유혼입 및 메탈라스 구속공법 | •콘크리트에 PP섬유를 혼입하여 폭발저감 및 메탈라스 구속 횡변형 제어 •건설교통부 신기술 제454호 획득 •부산 수영만 주상복합 건축물에 현장 적용 |
| GS건설 | 50~100 MPa | •섬유혼입공법 (Fiber Cocktail) | •강섬유와 PP(폴리프로필렌)섬유를 혼입하여 사용하는 섬유혼입공법(Fiber Cocktail) •60MPa 보 부재 및 80MPa 기둥부재 내화시험을 통한 폭발저감 및 내화성능 확인 |
| 대림산업(주) 건설부문 | 60~80MPa | •ECC(고인성 콘크리트) 영구거푸집 공법 | •ECC 시멘트 복합체를 영구거푸집으로 활용하여 고강도 콘크리트의 내화공법 •내화시험을 통한 내화성능 확인 |
| PNR 건설 | 60~80MPa | •ECC(고인성 콘크리트) 내화모르타르의 내화피복공법 | •고인성내화모르타르의 내화피복공법(신설 및 보수공법) •일본 공개내화실험을 통하여 우수한 내화성능 확인 •일본 HIDA터널(일본 제2 장대터널)의 내화재료로 선정 |

참고 : “고강도 콘크리트의 폭발대책공법에 대한 국내외 현황과 성능적 구조내화설계를 위한 과제”, 권영진, 2008.



참고 : “고강도 콘크리트의 폭발대책공법에 대한 국내외 현황과 성능적 구조내화설계를 위한 과제”, 권영진, 2008.

〈그림 21〉 국내 고강도 콘크리트의 폭발대책 공법 현황

② 향후 추진과제

- 고강도 콘크리트 내화성능 평가기준 온도의 체계적 관리
 - 국내에서는 새로운 온도기준을 설정하지 않고 기존의 강구조 내화성능 규정과 동일한 평가기준(평균 538℃, 최고 649℃ 이하)을 채택하고 있으며, 이는 미국의 강구조 내화규정과 유사함.
 - 비재하가열 시 온도 판정기준은 일본의 경우 지진 피해를 고려하여 500℃ 이하로 낮게 정하고 있음. 추후, 우리나라도 이러한 상황을 고려하여 온도기준의 재평가 및 체계적 관리가 필요함¹⁷⁾.
- 60MPa 이하의 콘크리트에 대하여 철저한 내화성능 확인
 - 설계기준강도가 60MPa 이하인 경우, 시험을 생략하고 구조기술사의 책임하에 고강도 콘크리트를 타설할 수 있으나¹⁸⁾, 구조보강 내용 및 구조기술사의 평가방법이 구체적이지 않음.
 - 「고강도 콘크리트 기둥·보의 내화성능 관리기준」 제4조(내화성능기준)에서 규정한 바와 같이 구조기술사의 책임하에 제4조의 규정과 동등한 수준의 내화성능이 확보됨을 확인할 수 있는 경우, 시험을 생략할 수 있는 규정 등 구체적 확인방법 제시가 필요함.
- 고강도 콘크리트의 내화성능설계 기법의 규정
 - 콘크리트의 내화성능설계를 위해서는 폭렬에 대한 대책이 선결되어야 하며, 스프링클러 등과 연계된 체계적인 성능설계의 도입이 필요함.
 - 폭렬대책의 검토와 아울러, 화재안전설계를 위한 소방법과 건축법의 상호보완을 토대로 콘크리트의 성능설계기법에 대한 규정이 요구됨.

17) “고강도 콘크리트의 내화성능 관리기준 해설”, 이세현·김대희·최동호, 2008.9.

18) 「고강도 콘크리트 기둥·보의 내화성능 관리기준」 제8조(내화성능 관리) 제1항, 국토해양부 고시 제2008-334호

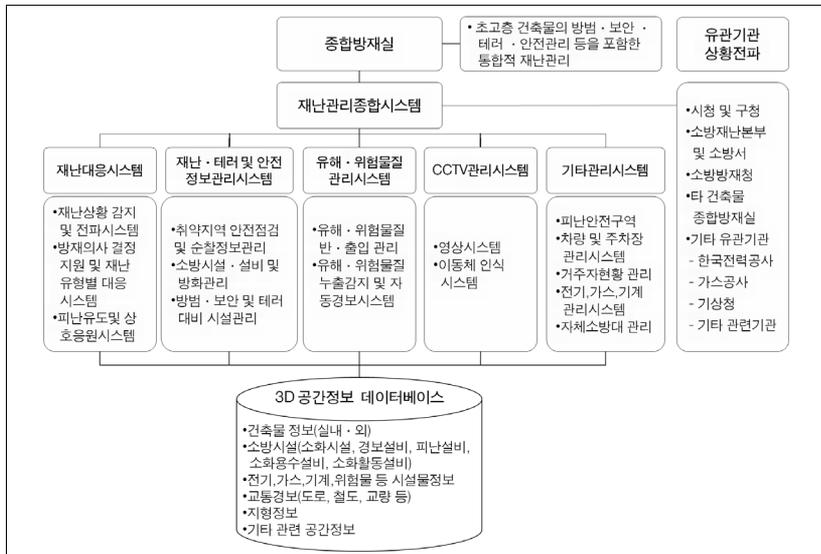
4) 실내공간정보 구축을 통한 초고층 건축물 재난관리종합시스템 구축방안

(1) 관련 법령

○ 「초고층 및 지하연계 복합건축물 안전관리 특별법¹⁹⁾」 제16조, 제17조, 제19조

– 초고층 건축물의 통합적 재난관리를 위해서는 종합방재실을 설치(제16조)하고 재난관리종합시스템을 구축(제17조)하며, 유해위험물질에 대한 관리시스템(제19조) 등을 정비하여야 함.

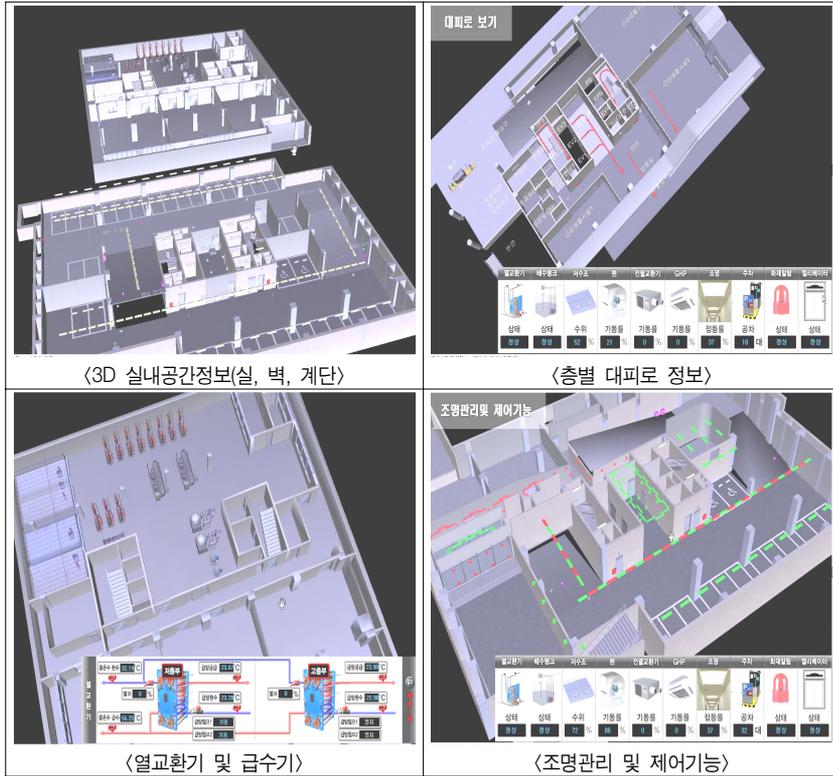
- 화재진압, 피난계획 등 초고층 건축물의 종합적인 재난관리를 위해서는 건축물 외곽뿐만 아니라 실내의 방, 벽, 계단, 천정, 가구 등 실내구조물의 3차원(3D) 실내공간정보 데이터베이스 구축이 필수적임.



참조 : 「초고층 및 지하연계 복합건축물 안전관리 특별법(안)」 제16조, 제17조, 제19조

〈그림 22〉 초고층 건축물의 재난관리종합시스템(안) 개요

19) 2010년 9월 30일 국회 행정안전위원회를 통과, 같은 해 10월 국회 법사위원회 심사와 12월 국회 본회의의 의결 및 공포를 거쳐 시행될 예정



자료제공 : (주)한국공간정보통신(IntraMap3D), 2010.

〈그림 23〉 3D 실내공간정보 구축 사례(대피로, 열교환기·급수기, 조명)

(2) 국내·외 실내공간정보 구축 기술개발 현황 및 향후 추진과제

① 국내·외 실내공간정보 구축 기술개발 현황

- 국내 지능형국토정보기술혁신사업단²⁰⁾의 실내공간정보 구축 및 활용 기술개발 현황(4핵심 2세부과제, 2007~2011)
 - 건축물의 3차원(3D) 실내공간정보를 효과적으로 구축하여 사용자에게 다양한 정보 및 서비스 제공을 목표로 하고 있으며, 도시계획, 도시행정, 도시환경, 도로교통, 재난재해, 공공서비스 등이 주요 활용분야임.

20) 지능형국토정보기술혁신사업단은 「제3차 국가지리정보체계기본계획(2006~2010)」 중 국토해양부 3단계 국가공간정보사업의 R&D 사업(2006~2012)을 추진하고 있음.

〈표 13〉 지능형 국토정보기술혁신사업단의 실내공간정보 구축 및 활용 기술개발 연구

| 과제명 | 구분 | 목표 | 연구 범위 | 추진 기관 |
|--|-------|--------------------------------|---|-----------------|
| 실내공간정보 구축 및 활용기술 개발 (4핵심 2세부 과제) (2007~2011) | 제1세세부 | •실내공간DB 모델 및 관리 기술 | •실내공간데이터 이론 및 모델 •실내공간데이터 관리시스템 개발 •실내공간정보 응용시스템 개발 환경 | •부산대학교 |
| | 제2세세부 | •건설도면활용 실내 공간DB 구축 기술 | •실내공간DB 구축 —작고 편리한 구축도구 개발 —기존 건축CAD도면 최대한 활용 •이동체 위치 실시간 입력 | •연세대학교 |
| | 제3세세부 | •실내공간정보 활용 기술 및 테스트베드 구축 | •u-Convention 기반 활용 시스템 기술 •실내 Geo-Portal 서비스 기술 •테스트베드 구축 | •KT 미래기술 연구소 |

참고 : “4핵심 2세부 : 실내 공간 정보 구축 및 활용 기술개발(과제 개요 및 진행 상황)”, 지능형국토정보기술혁신사업단, 2009.

○국의 실내공간정보 구축 기술개발 현황

〈표 14〉 CityGML 및 구글어스 API

| 구분 | 세부 내용 |
|--|---|
| •CityGML 모델 | •3차원 도시모델의 저장과 교환을 위한 개방형 데이터 모델로 XML 기반 포맷 —도시 및 지역 모델의 지리정보요소에 대한 객체와 객체들의 관계를 3차원 기하, 3차원 위상, 의미 및 표현 등의 속성들로 정의 · 건축물을 표현하기 위하여 5단계의 LOD(Level of Detail, 세밀도)를 제공하며(LOD 0 ~ LOD 4), LoD 4단계에서는 실내의 공간객체 및 객체 간 위상정보를 내포하고 있음. |
| •구글어스 API (Google Earth Application Programming Interface) | •최신판 구글어스 SketchUp은 건축물의 고화질 3D 렌더링(rendering) ²¹⁾ 을 KML ²²⁾ 이나 KMZ ²³⁾ 파일로 작성하여 구글어스에 중첩·표시하고 다른 사용자와 공유할 수 있도록 함. —구현방법으로는 COLLADA라는 3차원 모델개발도구를 이용하여 실내구조가 있는 건 축물을 모델링한 후 KML형식으로 바꾸고, 이것을 구글어스 API를 통해 구글어스상에 표현 ²⁴⁾ |

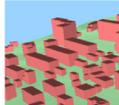
21) 렌더링(rendering) : 2차원의 화상에 광원·위치·색상 등 외부정보를 고려하여 사실감을 붙여 넣어 3차원 화상을 만드는 과정

22) KML(Keyhole Markup Language) 파일 : 구글어스 파일형식으로, OGC(Open Geospatial Consortium)의 표준으로 채택됨.

23) KMZ 파일 : KML파일의 압축 버전

24) “GoogleEarth상 실내 공간 구현 및 실내 이동객체 실시간 가시화”, 문찬승·송용수·이기준, 2009.

〈표 15〉 CityGML 모델의 LOD(Level of Detail) 5단계

| LOD (모델 수준) | 모델 스케일 | 주요 내용 | 비고 |
|----------------|--|--|--|
| LOD 0 | •regional, landscape | •2.5차원 DTM 모델 - 2차원 ~ 2.5차원의 DTM(Digital Terrain Model)을 의미하며 항공사진이나 지도가 중첩될 수 있음. |  |
| LOD 1 | •city, region | •"block model(지붕구조)" - 일반적으로 활용되는 박스형태의 모델로 지붕구조와 텍스처가 없는 형태 |  |
| LOD 2 | •city districts, projects | •textured, differentiated 지붕구조 - 서로 다른 지붕구조와 텍스처를 표현하며 식생에 대한 객체도 표현할 수 있음(벽, 지붕, 지표면). |  |
| LOD 3 | •architectural model(out-side), landmark | •detailed architecture model - 구조적인 모델로써 벽체와 지붕 구조, 발코니 등을 포함한 형태(출입구, 문, 창문) |  |
| LOD 4 | •architectural model(Interior) | •"walkable" architecture model - LOD 3의 모델을 기준으로 방, 문, 계단, 가구 등의 실내 인테리어 구조를 표현한 형태 |  |

참고 : 「OpenGIS City Geography Markup Language(City GML) Encoding Standard」, Open Geospatial Consortium Inc., 2008.8.20.(source : Albert et al, 2003)

② 향후 과제

○ BIM/IFC²⁵⁾와 GIS/CityGML 간의 정보모델 변환²⁶⁾

- BIM으로부터 IFC파일²⁷⁾을 생성하고, 이를 바탕으로 CityGML의 LOD (LOD 0 ~ LOD 4)에 따른 건축물 모델을 표현할 수 있는 형상자료를 추출함.

25) BIM/IFC : Building Information Modelling/Industry Foundation Classes

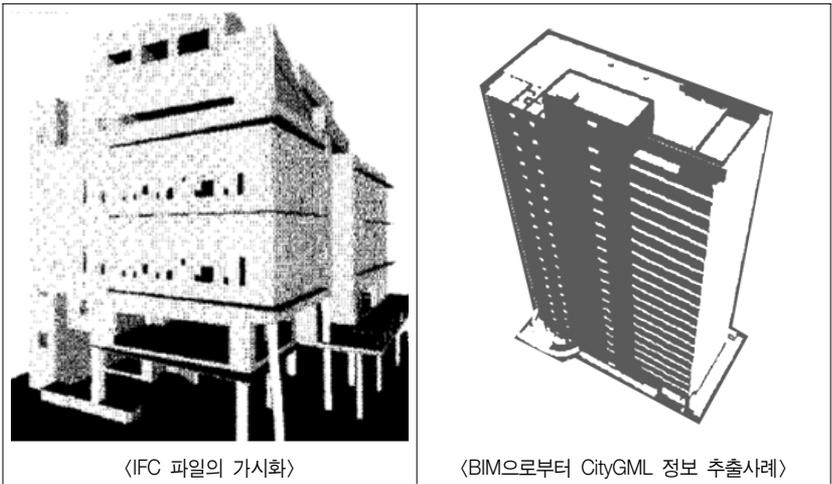
26) “BIM으로부터 가상도시 구축용 건축물정보의 추출”, 고일두 외 4명, 2008.7.

27) BIM용 프로그램들은 국제표준데이터모델인 IFC 데이터를 읽고 저장하는 기능을 지원함.

〈표 16〉 IFC에서 CityGML로 변환되는 건축물모델 정보

| CityGML 건축물모델 수준(표 14) | IFC로부터 추출되는 정보 | | 용도 |
|------------------------|---------------------|--|--|
| LOD 0 | •2.5차원 DTM 모델 | •TIN(Triangulated Irregular Network), Grids, 3D Breaklines, 3D Mass Points 등 | •Regional model |
| LOD 1 | •지붕모델이 없는 블록모델 | •건물의 입면을 구성하는 외부벽체로부터 입면 정보를 추출하고, 이로부터 2.5차원의 입체를 구성 | •City/Site model로 도시계획 및 설계, 외부공간표현, 내비게이션 등에 활용 |
| LOD 2 | •지붕모델을 갖는 건물모델 | •건물의 입면을 구성하는 외부벽체로부터 개별 입면, 지붕에 관한 면, 바닥면 등의 정보로 3차원 입체를 구성 | |
| LOD 3 | •상세한 건축외형모델 | •Level 2의 정보에 창문, 문과 같은 개구부를 감안한 건물의 입체정보 구현 | •Level 2의 용도이외에 도시경관 검토 등에 활용 |
| | Level 3+ (본 연구의 분류) | •건물의 모든 물리적 구성요소(빌딩, 지붕, 슬라브, 벽체, 보, 기둥, 창문 등에 대한 3차원 입체 구성 | •건물의 구조체에 대한 정보를 제공하므로 방재 등에 활용 |
| LOD 4 | •실내정보를 갖는 건물모델 | •Level 3의 정보 이외에 내부벽체, 슬라브, 천정, 실내공간(실, 가구)의 건축적 구성요소를 표현 | •건축 실내공간의 표현 및 관리에 응용 |
| | Level 4+ (본 연구의 분류) | •Level 3+에 엔지니어링 도면(건축, 구조, 설비, 시공, 유지관리 등)에 대한 상세도와 연계 | •건물정보에 대한 통합관리 가능 |

참고 : “BIM으로부터 가상도시 구축용 건축물정보의 추출”, 고일두 외 4명, 2008.7.



참고 : “BIM으로부터 가상도시 구축용 건축물정보의 추출”, 고일두 외 4명, 2008.7.

〈그림 24〉 BIM으로부터 CityGML 정보 추출사례

II. 정책건의

1. 초고층 건축물의 피난안전성 확보를 위한 중간 대피층 설치기준 개선

- 현행 「건축법」의 중간 대피층(피난안전구역) 설치기준을 지상으로부터 최대 25개 층마다 설치하도록 개선할 필요가 있음.
 - － 최대 25개 층마다 설치할 경우에는 재실자의 피난안전성이 확보되고, 최종 피난완료시간이 피난한계시간(5분~5분30초) 범위를 만족함.
 - 최대 30개 층마다 설치할 경우에는 재실자의 피난완료시간이 피난한계시간을 초과함. 또한, 50층 이하 고층 건축물에 대한 중간 대피층 설치기준도 제정되어야 함.

2. 「소방시설공사업법」의 성능위주설계 소방대상물 확대 및 「건축법」의 건축물 구조에 대한 성능위주설계 도입

- 현재 「소방시설공사업법」의 성능위주설계 소방대상물에서 제외되어 있는 아파트, 복합건축물 등을 대상물에 포함시켜 초고층 건축물의 화재안전성을 적극적으로 확보함.
 - － 초고층 건축물은 관련 법규의 일률적 기준만으로는 충분한 안전을 확보할 수 없음. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 「소방시설공사업법」과 마찬가지로 「건축법」에도 성능위주설계를 도입하여 건축물 구조에 대한 확실한 안전을 확보하여야 함.

3. 초고층 건축물의 화재안전시스템 강화

- 초고층 건축물의 소방시설 강화
 - － 현재 초고층 건축물의 소방시설은 일반 고층 건축물 기준을 적용하고

있으므로, 관련 소방법과 국가화재안전기준(NFSC)을 검토·개선할 필요가 있음.

- 고강도 콘크리트의 내화성능설계 기법 제정 및 연돌효과 대책 수립
 - 콘크리트의 내화성능설계를 위해서는 폭렬억제 대책이 선결되어야 하며, 화재안전설계를 위한 소방법과 건축법의 상호보완을 기반으로 콘크리트의 성능설계기법에 대한 규정이 필요함.
 - 연돌효과 저감을 위해서는 건축계획적 방안과 설비적 방안을 동시에 고려하여 해당 건축물의 특성에 적합한 해결방안을 모색하여야 함.

4. 「초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법안」의 조속한 시행을 통한 초고층 건축물의 재난관리체계 확립

- 특별법의 조속한 시행을 통하여 신축 및 기존 초고층 건축물에 대한 종합적 재난관리체계를 구축하여야 함.
 - 특히, 안전기준의 강화(제20조)는 “『건축법』 제35조 및 『소방시설공사업법』 제11조에 따른 기준보다 강화하여 적용할 수 있다”고만 하여 세부안전대책이 매우 미흡하므로, 이에 대한 보완이 필요함.

5. 3차원(3D) 실내공간정보 구축을 통한 초고층 건축물의 재난관리종합시스템 구축 추진

- 화재진압, 피난계획 등을 위한 초고층 건축물의 재난관리종합시스템²⁸⁾은 3차원 실내공간정보 구축을 통하여, 재해에 대한 철저한 예방관리와 사고 발생 시 신속하고 적절한 대응체계를 제공하여야 함.

28) 「초고층 및 지하연계 복합건축물 안전관리 특별법안」 제16조(종합방재설의 설치·운영), 제17조(재난관리종합시스템의 구축), 제19조(유해위험물질의 관리)

- 실내공간정보 데이터베이스는 건축물 외곽뿐만 아니라 방, 벽, 계단, 천정, 가구 등 실내구조물의 공간정보로, 데이터베이스 구축을 위해서는 지속적인 기술개발과 투자가 필요함.



참고 : “GIS 기반 실시간 화재대응시스템”, (주)한국공간정보통신, 2009.

〈그림 25〉 GIS 기반 실시간 화재대응시스템 사례

| 층명 | 층번호 | 유선소화관 | 유선소화관 | 동력소방장비 | 스프링클러 | 소방용량 |
|----|------|-------|-------|--------|-------|------|
| 1 | 지상5층 | Y | | | Y | |
| 1 | 지상6층 | Y | | | Y | |
| 1 | 지상7층 | Y | | | Y | |
| 1 | 지상8층 | Y | | | Y | |
| 1 | 지상9층 | Y | | | Y | |
| 1 | | Y | | | | |
| 2 | 지하1층 | | | | | |
| 2 | 지상1층 | | | | | |

〈소방설비 전기 배선〉

자료제공 : (주)한국공간정보통신, 2010.

〈그림 26〉 3D 실내공간정보 구축(일반시설, 방화시설, 소방시설)



〈화재발생 시 안전통제선 및 작전선〉



〈화재발생 시 작전도 및 대피도〉

자료제공 : (주)한국공간정보통신, 2010.

〈그림 27〉 화재발생 시 3D 실내공간정보를 이용한 재난관리