

[연구개발계획서 작성시 주의사항]

제안시 제출하는 연구개발계획서의 연구목표, 내용, 성과, 예산 등은 RFP에 표기된 내용을 중심으로 필히 작성바랍니다.

(본 기획보고서는 참고자료로 활용바랍니다.)

# 초고층 빌딩 설계·시공기술 고도화를 위한 기획연구

---

2014. 06. 30

주관연구기관 / (주) 포 스 코

국 토 교 통 부  
국 토 교 통 과 학 기 술 진 흥 원  
초 고 층 빌 디ング 시 공 기 술 연 구 단



## 제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원) 귀하

이 보고서를 “초고층 빌딩 설계·시공기술 고도화를 위한 기획 연구” 과제의 기획보고서로 제출합니다.

2014. 6

주관연구기관명 : (주) 포스코

주관연구책임자 : 김 진 호

## 보고서 요약서

과제고유번호		해당단계 연구기간	2013.12.01~ 2014.06.30	단계구분	
연구사업명		건설교통연구기획사업			
연구과제명	대과제명	초고층빌딩 설계시공기술 고도화를 위한 기획연구			
	세부 과제명	공동	비선형 설계 및 엔지니어링 기술 개발 기획		
			초고강도 재료 및 시공기술 개발 기획		
연구책임자	김진호	해당단계 참여 연구원수	총 : 23명 내부 : 18명 외부 : 5명	해당단계 연구비	정부: 70,000천원 기업: 천원 계 : 70,000천원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 23명 내부 : 18명 외부 : 5명	총연구비	정부: 70,000천원 기업: 천원 계 : 70,000천원
연구기관명 및 소속부서명	주관기관 : (주) 포스코 철강솔루션센터		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약			보고서면수	270	
<p>-초고층건물은 건설분야에서 가장 많은 단위 기술을 요하는 종합 산업이며 해외에서 대규모 초고층건물 수주 사례는 늘어나지만 고부가가치 단종 기술들을 해외에 의존함으로써 외형 팽창에도 불구하고 수익률은 악화되는 것으로 평가됨. 이에 기술집약적 고부가가치 단위 기술, 또는 보편적인 저급기술(low technology)의 혁신을 통한 생산성 및 기술 차별화를 통하여 세계 기술을 선도하고 기술집약적 강소기업 육성함으로써, 초고층시장에서 외형 팽창과 함께 실행 역량 및 지분을 강화를 가능하도록 하는 기술에 대한 연구 기획을 수행함</p> <p>-연구기획의 결과는 1단계 초고층설계/시공 연구결과 우수성과를 중심으로 기술고도화가 가능한 비선형설계 및 엔지니어링 기술과 초고성능 재료개발 및 시공기술 개발 연구의 두 개의 세부과제로 구성하였음.</p>					
색인어 (각 5개 이상)	한글	비선형 설계, 다축모드진동장치, 초고강도강재, 슈퍼콘크리트, 지능형시공			
	영어	Freeform design, Multi mode damper, High-strength steel, High-strength concrete, Intelligent building construction			

# 요 약 문

## I. 연구의 제목

초고층빌딩 설계·시공기술 고도화를 위한 기획 연구

## II. 기술의 정의 및 필요성

### 1. 기술의 정의 및 필요성

#### (1) 초고층 건축 및 기술의 정의

- 세계적 수준의 연구성과 달성을 위해 본 연구에서는 초고층 빌딩의 기준을 높이 500m 또는 100층 이상의 건축물로 설정하였고, 시장수요에 부응하고 현행 법령에서 규정하고 있는 50층 이상 또는 200m 이상의 건축물에 대하여도 활용될 수 있도록 정의
- 초고층 빌딩 건축 기술은 국가 건설산업의 경쟁력을 판단할 수 있는 지표로서, Pre-construction 단계의 설계/엔지니어링 기술, 자재/장비, 시공기술로 분류할 수 있음

#### (2) 초고층 건축 기술의 필요성

- 초고층 건축시장의 지속적 확대
  - 기술선진국에서는 초고층빌딩을 국가 신성장동력 사업으로 인식, 자국시장에서 축적한 친환경건축 기술, 에너지저감 기술, 방재안전기술 등 핵심 설계·엔지니어링 기술과 자재/장비 기술을 바탕으로 해외시장 선점에 노력
- 건설분야의 국가 신성장동력 창출 필요
  - 국제적 초고층빌딩 수요증가와 기술경쟁 격화로 초고층복합빌딩에 대한 세계 최고수준의 원천기술 개발에 의한 건설분야의 국가 신성장동력 창출 필요
  - 선진국 의존도가 높은 초고층 분야의 고부가가치 기술인 설계·엔지니어링 기술의 자립화 시급
  - 국내 건설산업의 해외진출은 단순시공 분야를 중심으로 이루어지고 있으며, 차별화된 기술 부족으로 해외시장 점유율과 수익률이 지속적으로 하락하는 추세

- 고부가가치형 도시브랜드 창출
  - 지구환경부하 저감 및 삶의 질 향상을 도모하는 신개념의 지속가능한 사회·문화·예술적 미래 첨단수직도시의 모델 개발을 통해 고부가가치형 도시브랜드 창출 필요
- 세계시장 경쟁력을 갖는 초고층 부품산업 육성
  - 다수의 세계시장 경쟁력을 갖는 기술집약적 강소기업 육성으로 초고층 건축 시장에서 외형 팽창과 함께 실행 역량 및 지분 강화를 통한 실질 수익률 향상 필요

### Ⅲ. 국내외 동향 및 환경 분석

#### 1. 정책 동향

##### (1) 국내 정책 동향

- 국토해양부에서 건설기술개발사업 추진, 초고층 건축물에 대한 R&D 정책을 지속적으로 수행하고 있으며 관련 핵심기술 개발 지원
- 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법(시행 '13.3.23)
- 한강변 관리방향 및 현안사업 가이드라인('13.4.3, 서울시) 제시
  - 여의도 재건축 단지 중 상업지역에 인접한 아파트를 주상복합으로 전환할 경우 50층 이상으로 재건축하는 것을 허용

##### (2) 국외 정책 동향

- 건축물의 대형화, 개성화, 첨단화에 따라 국제 건설기술에 첨단 IT적용 추세가 가속되고 있음
- 최근 해외건설의 경우 건설 산업 효율화 및 경쟁력 강화를 위한 첨단 IT인프라 조성의 정책들이 수행중임
- 일본은 초고강도강을 개발, 현재 구조물에 시험적용 단계임
- 미국은 초고층건축 통합설계 프로그램 운영

## 2. 시장 동향

### (1) 국내 시장 동향

- 초고층 건축물 시장은 부동산 경기하락 등의 영향으로 많은 계획들이 축소되거나 무산되는 추세이나, 도심지 밀집지역을 중심으로 복합빌딩 건설이 다양하게 추진되고 있음
- 완공된 건축물 중 인천의 동북아무역센터가 68층, 305m로 가장 높으며, 주거용 건물은 2011년 완공된 부산 해운대의 위브 더 제니스가 80층 300m로 가장 높음
- 국내의 다양한 초고층 시공실적에도 불구하고 초고층 건축물의 설계 및 시공관련 분야별 기술은 선진 외국 업체에 의존
- 우리나라의 건축설계는 업체당 매출 기준으로 OECD 27개국 중 20위권 수준에 불과하며, 상징성이 높은 대형 랜드마크 건축물은 외국 선도업체에 설계를 의뢰하고 있는 실정

### (2) 국외 시장 동향

- 세계적 경쟁의 주체가 국가 단위에서 대도시권 단위로 옮겨감에 따라, 중국과 중동 등 신흥국가를 중심으로 랜드마크적 초고층 건축물 건립이 가속화 되고 있음
- 현재까지 완공된 초고층 건축물 중 Bruj Khalifa (Dubai, 828m)가 가장 높으며, 높이 150m 이상 건축물은 2,778동, 200m 이상의 초고층 건축물은 746동, 300m 이상의 초고층 건축물은 70동 건설되었음
- 아시아 대륙(중국, 중동 포함)에서 공급된 초고층 건축물은 2010년까지 55% 비율을 나타냈으며 '11~'14년에는 46%로 다소 저하되었지만 여전히 세계 최대 시장임
- 중국의 초고층 건축물은 '17년에는 800동, '22년에는 1,318동으로 미국(563동)의 2.3배에 이를 것으로 전망됨
- 두바이 Burj Karifa, 말레이시아 KLCC 빌딩 시공 등 시공분야의 해외 진출이 증가하고 있으며, MIDAS IT의 구조해석 프로그램이나 공사관리 시스템 (PMIS) 분야 등에서 세계시장에 진출
- 국내 건설사의 해외 초고층 수주 사례는 증가했지만 고부가가치 설계·엔지니어링

기술은 건설 선진국에 로열티로 지불하고, 소요 자재, 장비, 인력은 현지에서 조달하므로 수익률이 저하되고 국내 생산 유발효과도 미미함

- 후발국(중국) 기업들은 자국내 건설실적과 가격경쟁력을 기반으로 세계 건설시장 점유율을 지속적으로 확대하고 있음

### 3. 기술 동향

#### (1) 국내 기술 동향

- 구조적 성능과 에너지 효율 향상을 목표로 하는 건물 형상제어 관련 기법들을 3D기반 모델러를 사용하여 프로젝트 초기 설계 단계에서부터 보다 적극적으로 통합·반영하기 위한 방법론 제안 경향이 강함
- 특화된 고부가 엔지니어링 기술로 에너지절감형 외피, 모니터링 기술, 지진 및 바람응답 제어용 제진장치 등이 적용되고 있음
- 고강도강 실용화 기술 및 고성능 강-콘크리트 합성구조기술 개발 연구 수행
- 슈퍼콘크리트와 경량콘크리트 실용화 기술 개발
- 초고층용 시스템 거푸집 개발로 세계 건설 시장에 접목하면서 현장특성에 맞는 거푸집시스템 개발
- 초고층건축물에 콘크리트를 압송하기 위해 요구되는 단위시간당 타설량에 만족하는 콘크리트를 제조하는데 중점을 두고 기술개발 수행 중

## IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

### 1. 연구개발의 비전 및 목표

#### (1) 연구개발의 비전

- 국내 건설산업의 해외 경쟁력 확보를 위한 설계 엔지니어링 기술과 관련 소재·자재 기술개발을 통한 장비와 인력의 해외 동반 진출 방안 마련
- 초고층 핵심기술의 국산화 및 Only One제품 해외시장 진출

- 초고층 설계/시공 기술 연구단 1단계 현장적용, 사업화/제품화 실적 등 우수성과 도출과제 고도화

## (2) 연구 개발의 목표

- 설계 엔지니어링 기술과 관련 소재/자재 기술개발을 통해 전문기술인력의 해외 동반진출 방안 마련
- 산학 연계 연구로 국내 능동형 다축형 제진장치 개발
- 초고강도 강 소재 개발 및 1000MPa 초고강도 소재에 대한 고성능화를 통한 특화 기술 개발
- 초고강도 콘크리트에 대한 설계기준 정립, 초고층 분야와 건설기술의 전반적 기술향상을 위한 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발
- 초고강도 구조용 재료에 대한 내화성능 DB구축으로 4시간 내화성능 확보
- 초고층빌딩 시공 현장에 ICT 융합형 기계화, 자동화 시공기술 개발

## 2. 기술개발에 따른 미래상(파급효과)

### (1) 주요 예상성과의 활용방안

- 연구의 주요 예상성과
  - 첨단 ICT를 통합한 대규모 건축물 설계, 상세 및 시공을 통합 지원하는 스마트 설계 및 엔지니어 기술을 개발, 세계선도기술로서 관련 기술 수입 대체 및 글로벌 시장 선점 가능
  - 다축/다중 모드 제어장치의 사용화로 풍진동제어 분야 세계시장 선도
  - IBS, BAS, BEMS 등 다양한 시스템과의 상호연동을 통한 통합관리 시스템을 중심으로 유기적으로 통합운영 할 수 있는 기술 개발
  - 국외 연돌효과 해석에 필요한 DB 및 설계정보를 연계하여 해석시간 단축, 정확성 향상으로 국외의 단발적 엔지니어링 시장 선점이 가능한 기술 개발
  - 초고강도 강재를 사용함으로써 충분히 높은 강도를 활용하여 무손상 구조시스템 설계범으로 대응
  - 현재 80~90MPa 수준인 고강도 콘크리트 설계기준 개정을 통하여 80MPa 이상의 초고강도 설계적용 추진
  - 150MPa 콘크리트에 대해 폭발저감과 압송능력을 고려한 CFT용 콘크리트 개발 및 현장 적용

- 건물에 요구되는 정밀도 기반으로 골조 보정량 자동 산출 및 3차원 모델과 디지털 측량 기술을 결합해 변위 통합관리
- ICT 기반 거푸집 레벨링 자동화 및 거푸집 해체 자동화 기술

◦ 활용방안

- 고난도 설계/엔지니어링 분야의 독창적 최적전산기술 개발로 기술 신뢰성 및 기술 브랜드 창출
- 비정형 초고층 건축물 초기설계 단계의 형상 최적화에 활용
- 초고층 건물의 유지관리 시스템 및 스마트그린빌딩 구축 분야에 활용
- 초고층 건축물의 연돌효과 문제해결 특화요소로 수직운송시스템 및 설비제어에 활용
- 현장시공시 부재 경량화로 시공성 향상 및 공기 단축
- 300MPa 초고강도 프리캐스트 콘크리트 개발을 통하여 초고층이외 적용분야 확대를 통하여 초고강도 콘크리트의 완전 실용화 실현
- 정밀시공 자동화 기술로 초고층 및 비정형 건축물 시공계획 수립

◦ 기대효과

- 신성장 동력 창출  
초고층빌딩 건설 기술의 국산화 및 세계일류 기술 개발을 통하여 중동, 동남아시아 등 해외건설시장 진출 확대 기대  
해외기술에 의존하고 있는 국내 초고층 설계·엔지니어링 분야 국내기술 대체 및 해외 수주 경쟁력 확보
- 신산업 및 일자리 창출  
창조적 융합기술 개발을 통한 전통적 설계·엔지니어링 건설기술을 혁신하여 신산업 발굴을 통한 건축시장 활성화 기대  
건설분야의 부품산업인 중소 전문건설사의 글로벌 시장 진출확대를 통하여 매출증대 및 고용창출 가능
- 미래지향적 첨단 건설기술 확대  
국내 건설기술의 고품질·고성능화 및 ICT 환경에 대응하는 미래지향적 첨단 건설기술 확보에 기여

### 3. 연구 개발과제 구성

#### (1) 초고층 설계 및 엔지니어링 기술 개발

- ICT 융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼 구축

- 초고층 및 대형건축물 골조/외피 최적 전산설계기술
- 골조 및 외피 상세 설계/시공 ICT 융합기술도화
- 골조 및 외피 설계/시공에 특화된 BIM 도구 개발
  
- 다축모드 진동제어 장치 개발
  - 다축/다중 모드 자동제어 프로그램화 기술
  - 다축/다중 모드 제어장치 제작기술
  - 첨단 센싱 기술을 통한 다축/다중 모드 식별기술
  
- 광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발
  - 광가이드 설계기술 개발
  - 설계기술 적용 제품 개발
  
- ICT 융합 통합 유지관리 플랫폼
  - IBS, BEMS, FMS, BIM 시스템 연동, 통합 유지관리플랫폼 개발
  - 에너지 관리 솔루션 개발
  - BIM 기반의 통합유지관리 플랫폼 개발
  - 클라우드 기반의 유지관리 기술 연계

(2) 초고성능 재료 및 시공기술 개발

- 초고강도 강재 및 이용기술 개발
  - 건축구조용 1,000MPa급 강재 개발
  - 건축구조용 초고강도 부재 제품화 기술 개발
  - 초고강도 접합부품(F15T볼트) 및 접합구조 개발
  - 무손상 초고층 구조시스템 개발
  
- 초고강도 프리캐스트 콘크리트 개발
  - 200MPa 초고강도 콘크리트기술의 글로벌 실용화
  - 300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발
  
- 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발
  - 500MPa급 건축용내화강 개발 및 합성구조 기술
  - 폭렬저감 150MPa CFT용 콘크리트 기술
  - 합성구조용 내화피복재 개발 및 실용화 기술
  
- 자동화 시공 기술
  - 대형 테이블폼의 ICT 융합형 설치 및 해체 자동화 기술

- 대형 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술
- BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획
- 상하 연계형 리프트 기술
- 자동화 기반 상하 연계형 리프트 무인 운영기술

#### 4. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

##### (1) 1세부 과제

1세부과제 : 초고층 설계 및 엔지니어링 기술 개발		
1-1	ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축	-비정형 초고층건물 외피/골조 설계 요구 조건 분석 -시스템 알고리즘 개발 -시스템 개발 및 현업 적용 -시스템 검증 및 타당성 검토 -시스템 성과 확산 및 DB 구축
1-2	다축모드 진동제어 장치 개발	-다축모드제진장치 1차 시제품 개발 -다축/다중 모드 제진장치 알고리즘 고도화 -다축모드 제진장치 2차 시제품 개발 -현장적용 및 모니터링 -제진장치-통합엔지니어링 플랫폼 설계 패키지
1-3	광가이드 기술을 적용한 초박형 LEC 조명개발	-LED Tile 시제품 개발 -발광부와 현광부 분리기술 개발 -스마트 LED 조명개발 -현장적용 및 모니터링 -성능개선 및 제품화
1-4	지능형 유지관리 플랫폼	-초고층 통합유지관리 요구조건 분석 -시스템 구축 아키텍처 설계 -시스템 개발 및 현업 적용 -시스템 검증 및 타당성 검토 -시스템 성과 확산 및 안정화

##### (2) 2세부 과제

2세부과제 : 초고성능 재료 및 시공 기술 개발		
2-1	초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발	-건축용1000MPa급 강재 개발방향 도출 및 시제품 평가 -건축용 1000MPa 강재 개발 및 소재성능평가 -초고강도 부재 및 접합소재 제품화 및 구조성능 평가 -시험시공 및 설계시공 지침 작성 -현장적용 및 적용기술 모니터링

2-2	300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>-초고강도 콘크리트의 구조설계관련 선행연구</li> <li>-Precast concrete의 현황 분석, 배합재료 선정 및 프로세스 개발</li> <li>-200MPa콘크리트의 구조설계기준 작성</li> <li>-300MPa프리캐스트 콘크리트의 점성 저감기술 개발</li> <li>-300MPa프리캐스트 콘크리트의양생기법, BP 생산기술, 내화성능 향상기술</li> <li>-초고강도 프리캐스트 콘크리트의 구조성능 평가</li> <li>-200MPa콘크리트의 구조설계기준 작성</li> <li>-300MPa 프리캐스트 콘크리트의 TEST BED 현장 적용성 평가</li> </ul>
2-3	내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>-내화성능형 합성구조 기술현황 분석 및 기술개발</li> <li>-내화성능형 소재 시제품 생산 및 성능평가</li> <li>-내화성능형 소재 양산품 생산 및 합성구조 적합 성능평가</li> <li>-시험시공 및 제조/ 설계지침 작성</li> <li>-현장적용평가 및 시공모니터링</li> </ul>
2-4	자동화 기반 고속시공 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>-대형 테이블폼 문제점 도출 및 자동화 기술 개발 방향 정립</li> <li>-대형 테이블폼 자동화 기술 개념안 도출</li> <li>-상하 연계형 리프트 설계 및 자동화 기반 상하 연계형 무인운영기술 개념 도출</li> <li>-대형 테이블폼 자동화 기술 시제품 개발 및 BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획</li> <li>-상하 연계형 양중장비 시제품 제작 및 무인운영 시스템 개발</li> <li>-현장적용 및 모니터링 / 기술보완 및 실용화</li> </ul>

## V. 사전타당성 검토

### 1. 정책적 타당성

- 선진국이 세계 초고층 건축물의 설계 및 엔지니어링을 독점하고 있는 상황에서 고부가가치인 초고층 건축 기술에 대한 국가적인 전략적 투자가 시급이 요구됨
- 초고층 건축물은 경제성, 시공성, 거주성 측면에서 지능형 첨단구조시스템과 신소재가 복합된 형태가 될 것으로 예측되고 있어, 수평력에 저항하기 위한 특수 구조 및 해석기술과 같은 기술적 부문뿐만 아니라 사회, 문화, 예술, 감성 부문들을 포함한 종합적인 연구개발이 요구됨
- 현재까지 초고층 건축물과 관련된 연구들이 활발하게 진행되고 있으나, 이러한 연구들의 실질적인 성과를 만들어내기 위해서 정부의 초고층 건축물 연구개발에 대한 종합적이고 체계적인 지원이 필요함

## 2. 기술적 타당성

- 선진국과의 격차를 만회하기 위하여 현재 설계, 재료개발 및 시공기술의 자립화 기반 확보 등 기술발전 속도가 빠르게 진행되고 있어 기술개발 역량은 비교적 빠르게 축적되고 있는 추세임
- 성공가능성을 종합적으로 분석해 보면, 초고층복합빌딩시스템사업단의 보유기술수준 및 기술개발 역량 등이 선진국에 비해 다소 열세에 있는 것으로 나타나지만 기술개발계획의 성공가능성이 낮은 것은 아님
- 건설기술의 신속한 역량결집으로 세계 Top 기술수준을 빠른 시일 내에 확보하고 세계의 초고층건축물 시장을 선점하기 위해 사업단의 규모와 체제로 기술개발을 추진할 필요가 있음

## 3. 경제적 타당성

- R&D 투자로 인한 경제적 효과는 생산유발효과와 고용유발효과로 구분하고 생산유발효과 500억원, 1,000억원, 1,250억원에 대한 각각의 산업유발효과는 약 784억원, 568억원, 1,960억원으로 분석되며, 고용유발효과는 투자규모 추정치에 따라 약 1,116~2,790여명으로 분석됨
- 개발될 기술에 대한 목표달성도가 충족되면 R&D투자 효과는 국내 초고층 건설의 경우 약 6,750억원~1조 3,500억원으로 산정되며 이는 1개 건축물 당 약 750억원~1,500억원의 비용절감 효과가 있음
- 해외시장에서의 기술로열티 절감 효과를 분석한 결과, 기술개발에 따른 해외시장에서의 기대효과는 2030년도까지 연간 1.2~1.9억 달러로 분석됨

# VI. 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

## 1. 연구기간의 선정

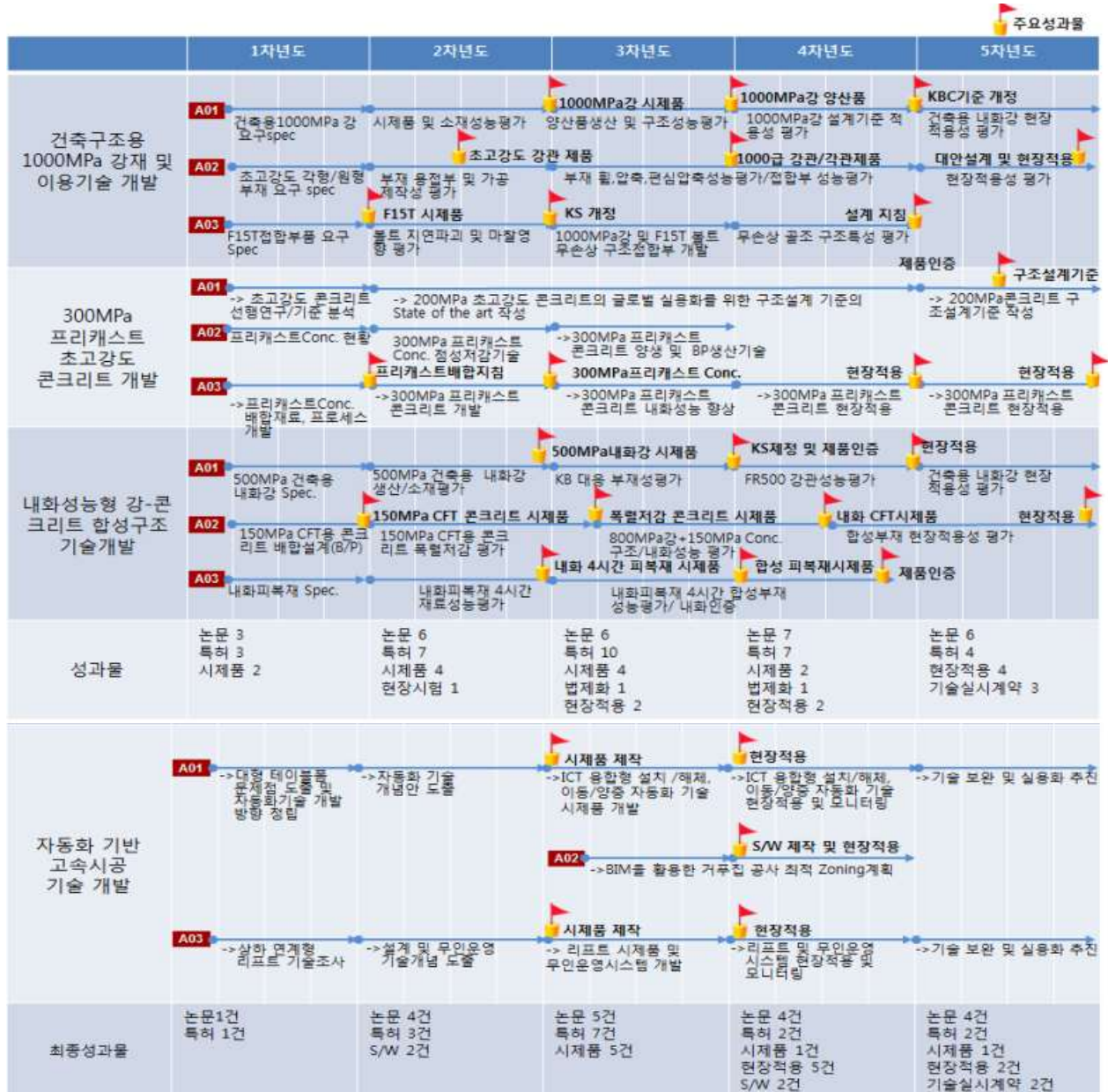
- 세부과제별로 연구 진행 단계별 프로세스를 각각 산정하고 성과로드맵 작성
- 총 연구기간은 5차년으로 산정하고, 핵심기술 개발은 4차년도까지 완료, 현장적용 후 5차년도에 적용기술을 모니터링 함

## 2. 단계별 진행 내용

◦ 초고층 설계 및 엔지니어링 기술 개발(1세부)



◦ 초고층성능 재료 및 시공기술개발(2세부)



## Ⅶ. 성과의 활용방안

### 1. 초고층 설계 및 엔지니어링 기술 개발

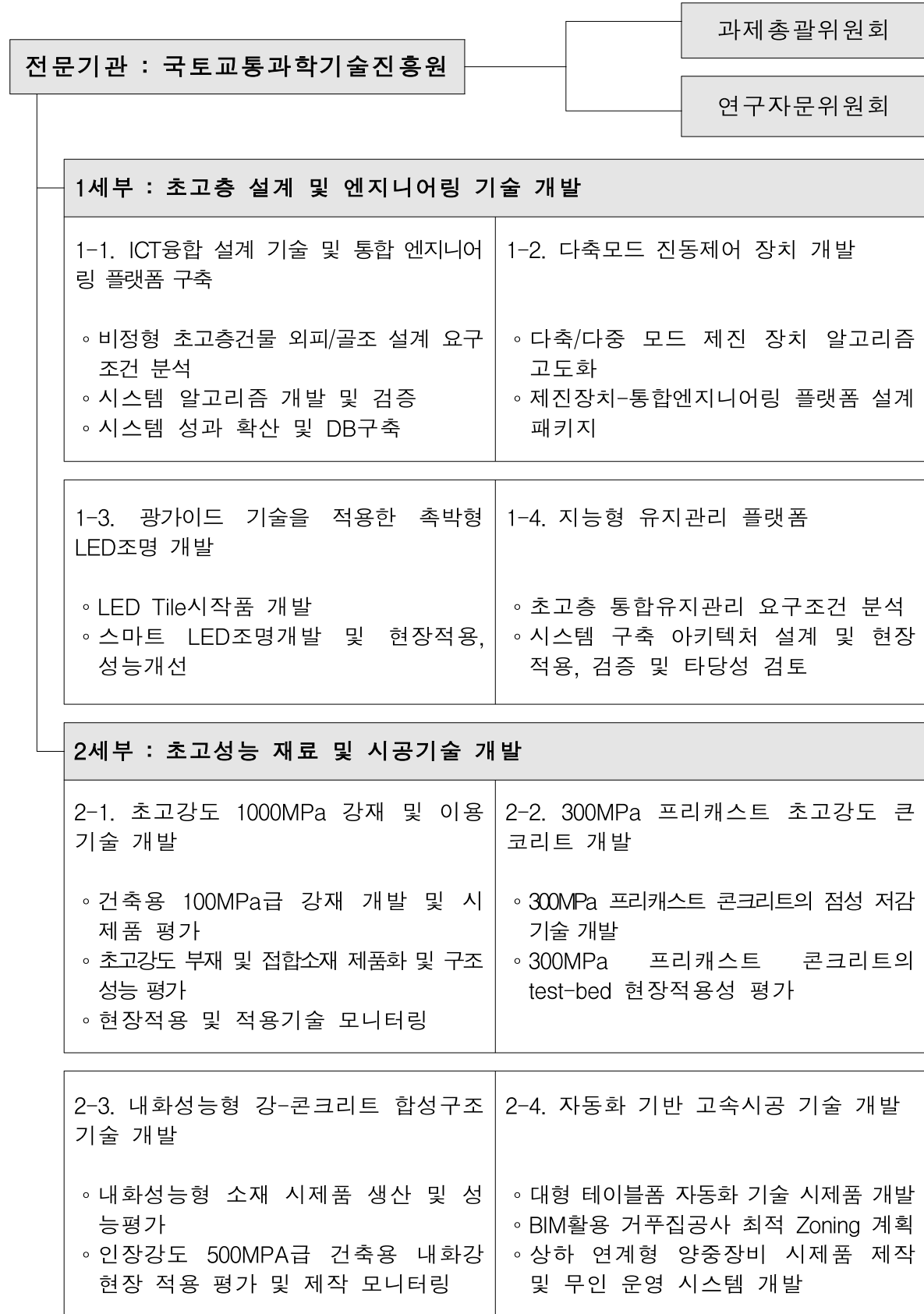
- ICT 융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼 구축
  - 건축물의 성능과 경제성을 결정짓는 고난도 설계/엔지니어 분야의 독창적 최적전산기술 개발로 기술 신뢰성 및 기술 브랜드 창출
  - 현장지향적 3D 원천기술 확보를 통한 ICT융합 건설기술 선도

- 다축모드 진동제어 장치개발
  - 비정형 초고층 건축물 진동제어에 활용
  - 비정형 초고층 건축물 초기설계 단계의 형상 최적화에 활용
- 광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명 개발
  - 기존 형광등 조명 대체 및 고효율에너지 제품으로 활용
- 지능형 유지관리 플랫폼
  - 초고층 건물의 유지관리 시스템 및 에너지 관리 분야에 활용

## 2. 초고층 재료 및 시공 기술 개발(2세부)

- 초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발
  - 초고강도 강재 양산품 및 고강도강 강관, 각관 제품 생산
  - 건축프로젝트 최적화 설계 및 VE
  - 현장시공시 부재 경량화로 시공성 향상 및 공기단축
- 300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발
  - 초고층 건축물의 수직부재 설계시 활용
  - 300MPa 초고강도 프리캐스트 콘크리트 개발을 통하여 초고층 이외 적용분야 확대를 통한 초고강도 콘크리트의 완전실용화 실현
- 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발
  - 국내 초고층빌딩에 개발기술 및 제품 활용
  - 중동/동남아시아 등 해외 초고층빌딩 수주 지원
- 자동화 기반 고속시공 기술 개발
  - 건설분야와 ICT 융합을 통한 건설 자동화·첨단화를 통한 최첨단 고속시공 기술 확보로 해외 초고층 건설시장 수주 경쟁력 확보
  - 양중효율 증대 및 무인운영 기술의 국산화를 통해 국내 기업의 해외시장 진출 역량 확보

## Ⅷ. 연구수행체계 제안



# 목 차

제출문 .....	i
요약문 .....	iii
<b>1장. 기술의 정의 및 필요성 .....</b>	<b>1</b>
<b>1절. 기술의 정의 및 필요성 .....</b>	<b>1</b>
1. 기술의 정의 및 필요성 .....	1
2. 세부과제별 기술정의 .....	4
<b>2절. 기술분류 .....</b>	<b>7</b>
1. 기술분류 .....	7
2. 기술내용 .....	8
<b>2장. 국내외 동향 및 환경 분석 .....</b>	<b>11</b>
<b>1절. 국내외 정책동향 .....</b>	<b>11</b>
1. 국내 정책동향 .....	11
2. 국외 정책동향 .....	22
<b>2절. 국내외 시장현황 및 전망 .....</b>	<b>30</b>
1. 국내 시장현황 .....	30
2. 국외 시장현황 .....	36
<b>3절. 기술동향분석 .....</b>	<b>46</b>
1. 기술분류 및 정의 .....	46
2. 특허동향 분석 .....	54
3. 논문 동향 분석 .....	79
4. 기술수준 평가 .....	102
<b>4절. 종합분석 .....</b>	<b>112</b>
1. 국내외 정책 및 시장분석 .....	112
2. 기술개발 동향 및 인프라 분석 .....	113
<b>3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 .....</b>	<b>118</b>
<b>1절. 비전 및 목표 .....</b>	<b>118</b>
1. 기획연구의 최종 비전 및 목표 .....	118

2. 단계별 목표 .....	121
<b>2절. 기술개발에 따른 미래상 .....</b>	<b>122</b>
1. 현황 및 미래상 .....	122
2. 기술개발 전략 및 효과 .....	126
<b>3절. 연구개발과제 구성 .....</b>	<b>134</b>
<b>4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 .....</b>	<b>138</b>
<b>5절. 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 .....</b>	<b>146</b>
<b>6절. 성과의 활용방안 .....</b>	<b>149</b>
<b>4장. 사전타당성 검토 .....</b>	<b>152</b>
<b>1절. 정책적 타당성 .....</b>	<b>152</b>
1. 국내정책동향 .....	152
2. 국외정책동향 .....	153
3. 연구과제의 정책적 타당성 .....	154
<b>2절. 기술적 타당성 .....</b>	<b>155</b>
1. 기술수준 분석 .....	155
2. R&D 중점추진분야 및 기술 격차 해소 방안 .....	157
3. 연구현황 및 역량분석 .....	159
4. 성공 가능성 및 기술적 파급효과 .....	170
<b>3절. 경제적 타당성 .....</b>	<b>172</b>
<b>5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정 .....</b>	<b>175</b>
<b>1절. 전체 사업 소요예산 .....</b>	<b>175</b>
<b>2절. 세부과제별 소요예산 .....</b>	<b>176</b>
1. 1세부 추진분야(설계 엔지니어링 기술 개발) .....	176
2. 2세부 추진분야(초고성능 재료 및 시공기술 개발) .....	180
<b>6장. 과제 제안 요구서 .....</b>	<b>184</b>
<b>1절. 과제 제안 요구서(RFP) .....</b>	<b>184</b>
1. 1단계 고도화 과제 제안 요구서(RFP) .....	184
2. 신규과제 기술 수요 조사서 .....	203
<b>참고문헌 .....</b>	<b>248</b>

# 그림 목차

그림 1-1. 세계 초고층건축물 건설 및 건물 높이 현황 .....	3
그림 2-1. 자유로운 건축물 형태 유도 방안 .....	16
그림 2-2. 일본 초고강도 개발 프로젝트 .....	24
그림 2-3. 미국의 2007년 ‘Energy Independence & Security Act’정책 내용 .....	26
그림 2-4. 일본 화재위험성 평가 Flow chart .....	29
그림 2-5. 높이 200m이상인 국내 초고층건축물 현황 .....	32
그림 2-6. 국내 초고층 건축물 현황 .....	33
그림 2-7. 2010년까지 준공된 초고층건축물에 사용된 재료 및 용도 분포 .....	33
그림 2-8. 국내 초고층 건축물 전체 누적 높이 변화(2001~2016) .....	35
그림 2-9. 국내 초고층 건축물 최고 높이 변화(1986~2015) .....	35
그림 2-10. 초고층 건축물 분포 현황 .....	37
그림 2-11. 2012년도 국가별 초고층 건축물 준공현황 .....	38
그림 2-12. 2000년 이후 상위 300위 초고층 건축물 현황 .....	39
그림 2-13. 2014년 현재 준공 또는 준공예정 초고층 건축물 현황 .....	40
그림 2-14. 2014년 이후 준공 예정 초고층 건축물 현황 .....	43
그림 2-15. 초고층복합빌딩 사용 재료별 분포 현황 .....	45
그림 2-16. 초고층복합빌딩 사용 용도별 분포 현황 .....	45
그림 2-17. Web of Science 논문 검색 Web DB .....	53
그림 2-18. 주요국의 연도별 특허출원 동향 .....	55
그림 2-19. 최근 10년간 특허 발표 추이 .....	56
그림 2-20. 특허수 대비 평균 피인용수 비교 .....	57
그림 2-21. 최근 10년간 초고층복합빌딩 전분야 활동도 지수 .....	58
그림 2-22. 최근 10년간 초고층복합빌딩 전분야 수준지수 .....	58
그림 2-23. 기술 분야별 특허출원 .....	60
그림 2-24. 한국의 연도별·기술분야별 특허출원 동향 .....	61
그림 2-25. 한국 특허출원인의 국적 비율 .....	61
그림 2-26. 한국의 기술 분야별 특허출원 동향 .....	62
그림 2-27. 미국의 연도별·기술 분야별 특허등록 동향 .....	63
그림 2-28. 미국 특허출원인의 국적 비율 .....	64
그림 2-29. 미국의 기술 분야별 특허등록 동향 .....	64
그림 2-30. 유럽의 연도별·기술분야별 특허출원 동향 .....	66

그림 2-31. 유럽 특허출원인의 국적 비율 .....	66
그림 2-32. 유럽의 기술 분야별 특허출원 동향 .....	67
그림 2-33. 일본의 연도별·기술분야별 특허출원 동향 .....	68
그림 2-34. 일본 특허출원인의 국적 비율 .....	69
그림 2-35. 일본의 기술 분야별 특허출원 동향 .....	69
그림 2-36. 구조시스템 성능개선기술 분야별 특허 분포 .....	72
그림 2-37. 빌딩자동화 관리기술 개발 분야별 특허 분포 .....	73
그림 2-38. 초고층 방재안전 기술 개발 분야별 특허 분포 .....	77
그림 2-39. 최근 10년간 논문 발표 추이 .....	79
그림 2-40. 주요국의 활동도지수(비정형 구조시스템 최적화 설계 기술 개발) .....	81
그림 2-41. 주요국의 수준지수(비정형 구조시스템 최적화 설계 기술 개발) .....	82
그림 2-42. 주요국의 활동도지수(비정형 통합 설계 전산플랫폼 개발) .....	83
그림 2-43. 주요국의 수준지수(비정형 통합 설계 전산플랫폼 개발) .....	84
그림 2-44. 주요국의 활동도지수(풍진동 제어기술 개발) .....	85
그림 2-45. 주요국의 수준지수(풍진동 제어기술 개발) .....	86
그림 2-46. 주요국의 활동도지수(연쇄붕괴 방지기술) .....	87
그림 2-47. 주요국의 수준지수(연쇄붕괴 방지기술) .....	87
그림 2-48. 주요국의 활동도지수(초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계 기술 개발) ..	89
그림 2-49. 주요국의 수준지수(초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계 기술 개발) ..	89
그림 2-50. 주요국의 활동도지수(지능형 유지관리 기술 개발) .....	90
그림 2-51. 주요국의 수준지수(지능형 유지관리 기술 개발) .....	90
그림 2-52. 주요국의 활동도지수(시설물 센서네트워크 기술 개발) .....	92
그림 2-53. 주요국의 수준지수(시설물 센서네트워크 기술 개발) .....	92
그림 2-54. 주요국의 활동도지수(초고층빌딩용 전력설비 및 시스템 통합 기술 개발) ..	93
그림 2-55. 주요국의 수준지수(초고층빌딩용 전력설비 및 시스템 통합 기술 개발) .....	94
그림 2-56. 주요국의 활동도지수(고강도강 실용화 기술) .....	95
그림 2-57. 주요국의 수준지수(고강도강 실용화 기술) .....	95
그림 2-58. 주요국의 활동도지수(슈퍼콘크리트 실용화 기술) .....	96
그림 2-59. 주요국의 수준지수(슈퍼콘크리트 실용화 기술) .....	96
그림 2-60. 주요국의 활동도지수(고성능 강-콘크리트 합성구조 기술) .....	98
그림 2-61. 주요국의 수준지수(고성능 강-콘크리트 합성구조 기술) .....	98
그림 2-62. 주요국의 활동도지수(지능형 현장시공 기술) .....	99
그림 2-63. 주요국의 수준지수(지능형 현장시공 기술) .....	100
그림 2-64. 주요국의 활동도지수(통합형 공정관리 기술) .....	101
그림 2-65. 주요국의 수준지수(통합형 공정관리 기술) .....	102

그림 2-66. 중분야 해외 전문가 기술 수준 평가 결과 .....	103
그림 2-67. 중분야 국내 전문가 기술 수준 평가 결과 .....	104
그림 2-68. 소분야 기술수준 평가(비정형구조 통합설계 시스템) .....	105
그림 2-69. 소분야 기술수준 평가(에너지저감 환경기술) .....	105
그림 2-70. 소분야 기술수준 평가(시스템 성능개선 기술) .....	106
그림 2-71. 소분야 기술수준 평가(시스템 성능개선 기술-도시/건축분야) .....	106
그림 2-72. 소분야 기술수준 평가(초고층 유지관리 기술) .....	107
그림 2-73. 소분야 기술수준 평가(고성능 재료 기술) .....	107
그림 2-74. 소분야 기술수준 평가(첨단시공기술) .....	108
그림 2-75. 소분야 기술수준 평가(화재안전 기술) .....	108
그림 2-76. 일본 Tokyo Sky Tree의 제진장치 .....	115
그림 2-77. 일본 Gakuen Spiral Tower에 적용된 제진시스템) .....	115
그림 3-1. 기획연구의 비전 및 목표 .....	118

## 표 목차

표 2-1. 정부의 6개 기간산업과 IT접목 전략 .....	17
표 2-2. 환경관련 국토해양부 중점 추진 과제 .....	18
표 2-3. 지식경제부 중점 추진과제 .....	19
표 2-4. 유럽의 ‘20% Energy Svings by 2020’ 정책 프로젝트 .....	25
표 2-5. 일본 내화구조 기준 .....	29
표 2-6. 국내 200m 이상 초고층 건축물 현황 .....	30
표 2-7. 공사 진행중인 상위 20개 초고층 건축물 현황 .....	31
표 2-8. 국내 100층 이상 초고층 건축물 건설 현황 .....	32
표 2-9. 국내 초고층 건축물 준공 현황 .....	34
표 2-10. 대륙별, 인구별 200m 이상 초고층 건축물 비율 .....	37
표 2-11. 2000년 이후 아시아 지역의 220m이상 초고층 건축물 준공 현황 .....	38
표 2-12. 2014년 현재 아시아 지역의 준공 또는 준공예정 초고층 건축물 현황 .....	40
표 2-13. 2014년 이후 준공 예정인 상위 50위 초고층 건축물 목록 .....	41
표 2-14. 2014년 현재 100층 이상 초고층 건축물 .....	44
표 2-15. 초고층복합빌딩 특허 및 논문 분석 기술 분류체계 .....	46
표 2-16. WIPS 특허 검색 DB 세부 내용 .....	52
표 2-17. 주요국에서의 연도별 특허출원 수 .....	54
표 2-18. 최근 10년간 발표된 특허의 국가별 분포 .....	56
표 2-19. 최근 10년간 발표된 특허의 국가별 활동도지수 및 수준지수 .....	57
표 2-20. 주요국의 기술 분야별 특허출원 .....	59
표 2-21. 국가별 주요 특허출원 Top 10 .....	60
표 2-22. 한국의 주요 출원인별 · 기술 분야별 출원 현황 .....	62
표 2-23. 미국의 주요 출원인별 · 기술 분야별 출원 현황 .....	65
표 2-24. 유럽의 주요 출원인별 · 기술 분야별 출원 현황 .....	67
표 2-25. 일본의 주요 출원인별 · 기술 분야별 출원 현황 .....	70
표 2-26. 최근 10년간 비정형 통합설계 시스템 관련 대표 특허 .....	71
표 2-27. 최근 10년간 구조시스템 성능개선기술 개발 관련 대표 특허 .....	71
표 2-28. 최근 10년간 빌딩자동화 관리기술 개발 관련 대표 특허 .....	73
표 2-29. 최근 10년간 전력망 연동형 초고층복합빌딩 시스템 관련 대표 특허 .....	74
표 2-30. 최근 10년간 저탄소 고성능재료 기술개발 관련 대표 특허 .....	75
표 2-31. 최근 10년간 초고층 방재안전 기술개발 관련 대표 특허 .....	76

표 2-32. 최근 10년간 고속시공 기술개발 관련 대표 특허 .....	78
표 2-33. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(10위권) .....	80
표 2-34. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(비정형 구조 시스템 최적화 설계 기술 개발 10위권) ...	81
표 2-35. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(비정형 통합 설계 전산플랫폼 개발 10위권) ..	83
표 2-36. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(풍진동 제어기술 개발, 10위권) .....	85
표 2-37. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(연쇄붕괴 방지기술, 10위권) .....	87
표 2-38. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(초고층 건물의 폭발물테러 예방·피경 감 설계 기술 개발, 10위권) .....	88
표 2-39. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(지능형 유지관리 기술 개발, 10위권) ....	90
표 2-40. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(시설물 센서네트워크 기술개발, 10위권) ....	91
표 2-41. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(초고층빌딩용 전력 설비 및 시스템 통합 기술 개발, 10위권) .....	93
표 2-42. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(고강도강 실용화 기술, 10위권) .....	94
표 2-43. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(슈퍼콘크리트 실용화 기술, 10위권) ....	95
표 2-44. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(고성능 강-콘크리트 합성구조기술, 10위권) ...	97
표 2-45. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(지능형 현장시공 기술, 10위권) .....	99
표 2-46. 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(통합형 공정관리 기술, 10위권) .....	101
표 2-47. 중분야별 2009~2015년 기술 수준 평가 결과 .....	109
표 2-48. 소분야별 2009~2015년 기술 수준 평가 결과 .....	109
표 4-1. 소분류 단위 상대 기술수준 및 기술격차 .....	155
표 4-2. R&D 중점추진 분야 및 미래 유망분야별 관련 내용 .....	157
표 4-3. 경제적 타당성 분석 관점 및 분석항목 .....	173



# 1장. 기술의 정의 및 필요성

## 1절. 기술의 정의 및 필요성

### 1. 기술의 정의 및 필요성

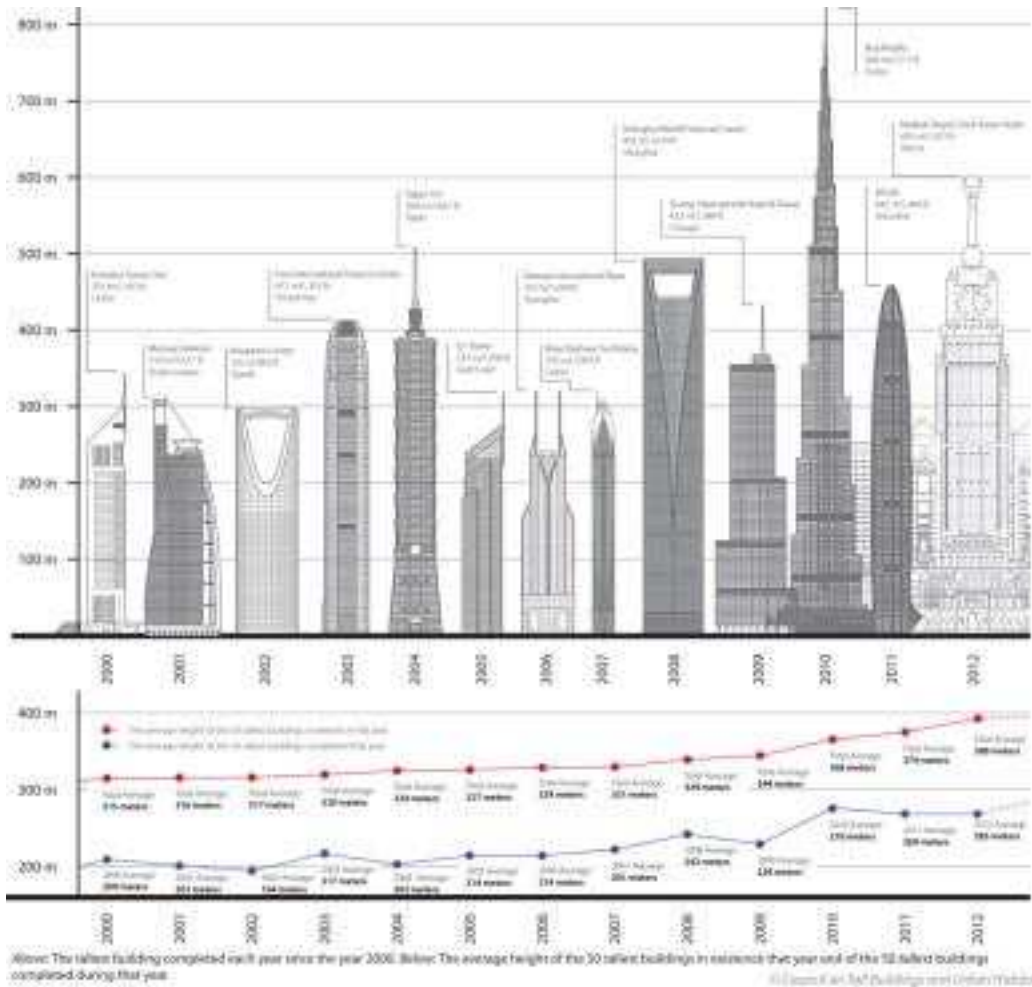
#### 가. 기술의 정의

- 초고층 빌딩 건축 기술은 국가 건설산업의 경쟁력을 판단할 수 있는 지표로서, Pre-construction 단계의 설계/엔지니어링 기술, 자재/장비, 시공기술로 분류
- 세계적 수준의 연구성과 달성을 위해 본 연구에서는 초고층 빌딩의 기준을 높이 500m 또는 100층 이상의 건축물로 설정하였고, 시장수요에 부응하고 현행 법령에서 규정하고 있는 50층 이상 또는 200m 이상의 건축물에 대하여도 활용될 수 있도록 정의
  - \* 참고 1 : CTBUH의 초고층건축물 기준
    - 300m 이상의 건축물을 초고층건축물(Super Tall)로 정의
  - \*\* 참고 2 : 국내의 제도적 정의(건축법 시행령 제2조)
    - 건축물의 층수가 50층 이상 또는 높이가 200m이상인 건축물

#### 나. 기술의 필요성

- 초고층 건축시장의 지속적 확대
- 세계적 경쟁의 주체가 국가 단위에서 주요 대도시권 단위로 옮겨감에 따라, 중동과 중국 등 신흥국가를 중심으로 랜드마크적 수직복합도시(Vertical & Compact City) 건립 경쟁이 가속화
- 초고층빌딩은 세계적인 경기불황에도 불구하고 높은 성장률을 기록하고 있으며, 2014년까지 총 1,400동 규모로 성장할 예정임
  - 국내 초고층 시장은 중국, UAE에 이어 세계 3위권임
- 미국과 일본을 비롯한 기술선진국들은 초고층빌딩을 국가 신성장동력 사업으로 인식하여, 자국시장에서 축적한 친환경 건축기술, 에너지저감 기술, 방재안전기술 등 핵심 설계·엔지니어링 기술과 자재/장비 기술을 바탕으로 해외시장 선점에 노력

- 건설분야의 국가 신성장동력 창출 필요
- 국제적 초고층빌딩 수요증가와 기술경쟁 격화로 초고층복합빌딩에 대한 세계 최고 수준의 원천기술 개발에 의한 건설분야의 국가 신성장동력 창출 필요
- 국내의 다양한 초고층 시공실적에도 불구하고 초고층 건축물의 설계 및 시공관련 분야별 엔지니어링 기술은 선진 외국업체에 의존
  - 우리나라의 건축설계는 업체당 매출 기준으로 OECD 27개국 중 20위권 수준에 불과하며, 상징성이 높은 대형 랜드마크 건축물은 외국 선도업체\*에 설계 의뢰하고 있는 실정
  - \*설계 및 엔지니어링 (영국 Arup, 미국 SOM 등), 시공 및 재료(독일 Putzmeister, 일본 Kajima 등), 제진 및 풍동 (일본 Kajima, 캐나다 RWDI 등), 유지관리 및 방재 (미국 ArchiBus, Siemens 등)
- 선진국 의존도가 높은 초고층 분야의 고부가가치 기술인 설계·엔지니어링 기술은 기술 자립화가 시급
  - 국내 'L' 초고층빌딩의 경우 초고층 설계 용역비 424억원 중 83%인 350억원이 해외로 지출 (한국경제신문, '10. 5)
  - 일본의 경우, '하이퍼빌딩연구회'(1994년 설립)를 통해 초고층 건축의 기반기술 확보
- 국내 건설산업의 해외진출은 단순시공 분야를 중심으로 이루어지고 있으며, 차별화된 세계 일류기술 부족으로 해외시장 점유율과 수익률 지속적 하락 추세
  - 미국의 건설전문지인 ENR가 집계한 글로벌 225개 건설업체의 2010년 해외 건설 평균 수익률은 7.8%지만 국내 상위 5대 건설사는 3.1%에 불과 (서울경제신문, '13. 7)



[그림1-1] 세계 초고층건축물 건설 및 건물 높이 현황 (CTBUH Journal, 2012)

- 고부가가치형 도시브랜드 창출
- 지구환경부하 저감 및 삶의 질 향상을 도모하는 신개념의 지속가능한 사회·문화·예술적 미래 첨단수직도시의 모델 개발을 통해 고부가가치형 도시브랜드 창출 필요
- 초고층 연구개발을 통하여 약 1,500억원의 생산유발효과와 초고층 건설프로젝트 수행시마다 약 750억~1,500억원의 공사비 절감 가능
- 세계시장 경쟁력을 갖는 초고층 부품산업 육성
- 초고층건물은 건설분야에서 가장 많은 단위 기술을 요하는 종합 산업이며 해외에서 대규모 초고층건물 수주 사례는 늘어나지만 고부가가치 단종 기술들을 해외에 의존함으로써 외형 팽창에도 불구하고 수익률은 악화되는 것으로 평가됨
- 기술집약적 고부가가치 단위 기술, 또는 보편적인 저급기술(low technology)의 혁신을 통한 생산성 및 기술 차별화를 통하여 세계선도 기술화가 필요한 시점

- 다수의 세계시장 경쟁력을 갖는 기술집약적 강소기업 육성함으로써, 초고층시장에서 외형 팽창과 함께 실행 역량 및 지분을 강화를 통한 실질 수익률 향상이 필요
- 다수의 단위 공정별 세계 일등 기술개발을 통하여 기술 단위의 해외시장 진출과 이를 통한 고용 창출 필요

## 2. 세부과제별 기술정의

### 가. 1세부: 초고층 설계 엔지니어링 기술 개발

- 국내 산업의 강점분야인 ICT 기술과의 창조적 융합을 통한 설계·엔지니어링 핵심기술 개발로 기술 차별화를 통한 국제경쟁력 확보 기술 개발

과제명		기술의 정의	기술 고도화 방안
1-1	ICT 융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정의 : 골조/외피의 상세설계, 물량 산출, 도면 작성, 제작정보 생성, 시공관리 등 제반 업무를 3D BIM 환경에서 통합 수행할 수 있는 플랫폼 구축</li> <li>○ 적용분야 : 고층건물, 대공간건물, 비정형건물의 골조 및 외피</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공사비 10% 절감과 공정 20% 단축을 목표로 전통적인 설계/Eng 기술에 첨단 ICT 기술을 융합</li> <li>○ 첨단 ICT를 융합한 대규모건축물 설계, 상세 및 시공을 통합 지원하는 스마트 설계/Eng 기술 개발</li> </ul>
1-2	다축모드 진동 제어 장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정의 : 비정형 초고층/대형 구조물의 극한하중에 대한 다축 및 다중모드 거동 특성을 고려한 진동 제어 장치</li> <li>○ 적용분야 : 비정형 초고층/대형 구조물 풍진동 제어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 선형/비선형 등 제어알고리즘의 다양화, 생애 주기별 구조물특성 변화를 고려한 적응제어 방식도입, 스트로크/질량최소화를 위한 알고리즘 개선</li> <li>○ 풍동실험결과와의 비교를 통한 다축/다중 모드 풍하중 추정기술의 성능 검증</li> <li>○ 상시미진동/극한진동 등 다축/다중 거동특성의 응답의존성 평가기술 개발</li> </ul>
1-3	광가이드 기술을 적용한 조박형 LED 조명개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정의 : 빛을 만드는 발광부(light generating part)와 공간으로 빛을 내보내는 현광부(light presentation &amp; fixture)를 분리하는 기술</li> <li>○ 적용분야 : LED Tile은 기 설치된 형광등기구에 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1단계 연구를 통해 개발된 조박형 LED면광원 성능개선</li> <li>○ 광가이드 기술 적용, 발광부의 발열감소, 기존 등기구와의 호환성을 고려한 구조설계</li> <li>○ 면조명 외에 새로운 형태의 조명형태 제작</li> <li>○ 해외프로젝트 수주로 세계시장 진출</li> </ul>

과제명		기술의 정의	기술 고도화 방안
1-4	지능형 유지관리 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 : 지능형 유지관리 기술의 핵심솔루션이라 할 수 있는 시설물 통합관리(FMS) 솔루션을 초고층 복합빌딩의 유지관리에 특화시켜 고도화하고, 타 시스템(IBS, 센서 및 센서노드)과 상호연동 및 BIM 모델링 기술을 접목하여 초고층복합빌딩을 LCC기반으로 관리할 수 있는 지능형 유지관리 플랫폼을 개발</li> <li>적용분야 : 초고층 복합빌딩의 유지관리 분야</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고층 복합빌딩에 적용 가능한 에너지관리 기능을 고도화 및 BIM 기반의 시설관리를 적용하여 3차원 기반의 통합 시설관리 기능 개발</li> <li>다수의 시설을 중앙감시/제어할 수 있는 군관리시스템 기술 개발</li> <li>통합유지관리 솔루션의 해외 시장 수출을 위한 글로벌화</li> </ul>

나. 2세부: 초고층 재료/시공 기술 개발

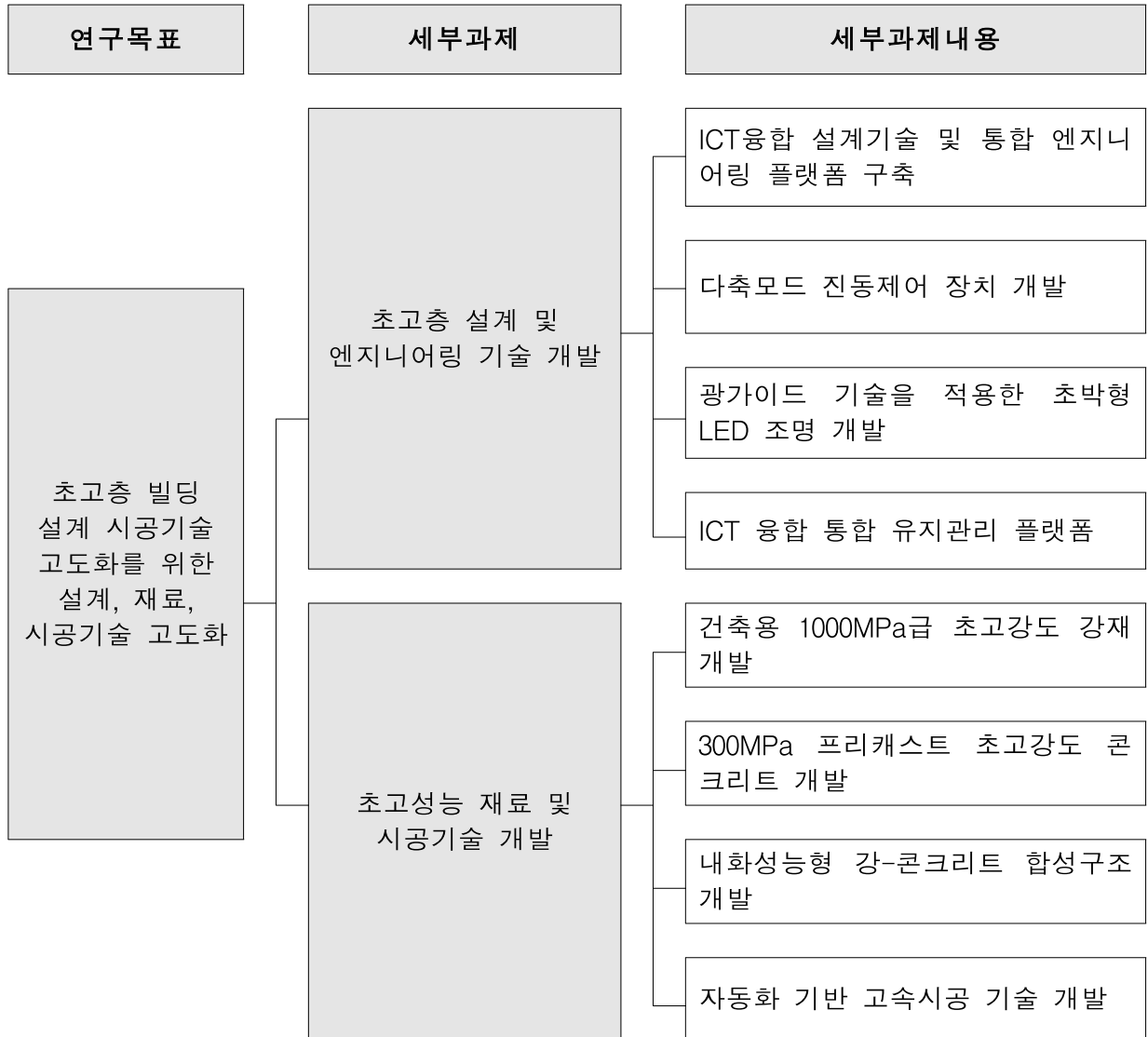
- 초고층 건축물 건설 소재, 자재, 장비, 시공 분야의 세계 1등(Only One) 기술개발로 국내 건설사와 전문분야 중소기업의 해외 동반진출 기술 개발

과제명		기술의 정의	기술 고도화 방안
2-1	1000MPa 강재 및 이용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 : 건축물의 초고층화/대형화에 따른 주요 건설구조용 구조재료인 강재의 초고강도화, 고내구화로 소요 강재 물량을 20% 저감함과 동시에 시공품질과 원가절감을 가져오는 기술 개발</li> <li>적용분야 : 초고층 건축물 구조용 H형강, 강관, 각관부재, 고강도부재간 접합을 위한 고장력볼트 개발 및 용접기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>구조용강재 : 세계최고강도 1000MPa(기존 대비 20%상향), 저항복비</li> <li>접합재료:고장력 F15T 볼트(기존대비 40% 상향)</li> <li>초고강도 소재의 상용화를 중소 제조업체의 특화제품 개발로 연계하는 다운스트림형 기술개발로 추진</li> </ul>
2-2	300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 : 300MPa 프리캐스트 콘크리트 기술 개발을 통하여 초고층이외 분야로 확대적용하여 초고강도 콘크리트의 완전실용화 실현</li> <li>적용분야 : 1km 이상 극초고층 구조물의 수직부재(기둥)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>200MPa 초고강도 콘크리트의 실용화를 위한 구조 및 재료 설계 지침 개발</li> <li>300MPa 프리캐스트 콘크리트 구조물의 개발을 통한 세계 최고수준의 기술력 확보</li> </ul>
2-3	내화성능형 강-콘크리트 합성 구조 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>정의 : 초고층 건축물에 대응하는 대형단면 20% 축소 및 화재 4시간 확보를 위해서 인장강도 800MPa급 강+압축강도 150MPa급 콘크리트를 조합한 초고강도 합성기둥과 내화성능을 향상시키기 위한 내화강, 콘크리트 폭렬저감 및 내화피복재 재료개발</li> <li>적용분야 : 500MPa급 건축용 내화강 폭렬저감 150MPa급 CFT용 콘크리트 합성구조용 내화피복재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고강도 HSA800강 + 150MPa 콘크리트 초고강도 합성구조에 내화성능을 향상시키기 위해서 내화강, 콘크리트 폭렬저감 및 내화피복재 재료 및 실용화 기술개발로 합성구조의 기술 고도화 추진</li> </ul>

과제명		기술의 정의	기술 고도화 방안
2-4	자동화기반 속시공기술 개발	고 개	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정의 : 해외 초고층 현장에서 큰 비중을 차지하는 플랫폼라브 구조에 적합한 대형화 바닥거푸집의 전반적 공사과정(설치/해체/이동/양중) 및 양중장비를 대상으로 ICT 융합 및 자동화를 통해 거푸집 생산성 및 양중효율을 향상시키고 노무비 절감이 가능한 고속시공 기술을 개발함.</li> <li>○ 적용분야 : 플랫폼라브 구조 초고층 건설현장의 골조·마감공사. ICT 융합형 설치/해체 자동화 기술은 트러스 테이블폼, 리프트 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1단계 연구 대상이었던 테이블폼보다 더 대형인 트러스 테이블폼을 대상으로 자동화 개념을 적용하여 거푸집 생산성을 근본적으로 향상시키고자 함. 또한 초고층용 양중장비의 안정적인 무인운영 기반기술이 1단계 연구를 통해 개발되었고, 2단계 연구에서는 이를 기반으로 상하 연계형 리프트의 무인운영기술을 개발함으로써 양중효율을 근본적으로 증대시키고 더불어 운영인력 인건비를 절감하고자 함</li> </ul>

## 2절. 기술분류

### 1. 기술분류





나. 2세부: 초고성능 재료 및 시공기술 개발

중분류	기술내용
<p>2-1</p> <p>초 고 강 도 1000MPa 강 재 및 이용기 술 개발</p>	<p>-초고층 건축구조용 1,000MPa급 강재 개발 (요구Spec도출, 시제품 생산, 성능평가, 양산품 생산, KS표준 및 제도기반 구축) -건축구조용 초고강도 부재(원형, 각형) 제품화 기술(용접부 요구Spec도출, 용접 및 가공 제작성 평가, 부재 구조성능 평가, 부재간 접합부 성능평가) -고강도 접합부품(F15T볼트) 및 접합구조 개발 -무손상 초고층 구조시스템 개발</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;">[초고강도 후판강재]      [초고강도 강관 부재]      [초고층 트러스 구조]</p>
<p>2-2</p> <p>300MPa 프리 캐스트 초고 강도 콘크리 트 개발</p>	<p>-초고강도 콘크리트의 재료 및 구조설계 지침 작성을 통하여 200MPa 급 초고강도 콘크리트의 완전 실용화 추진 -300MPa 프리캐스트 콘크리트 부재 기술의 개발 -세계 최고수준 300MPa 프리캐스트 부재의 개발을 통해 초고층 분야를 포함한 건축 및 토목분야의 현장 실용화</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;">80MPa급 고강도 콘크리트 적용      150~200MPa급 콘크리트 실용화      300MPa급 PC 상용화</p>
<p>2-3</p> <p>내 화 성 능 형 강-콘크리트 합성구조 기 술개발</p>	<p>-인장강도 500MPa급 건축용 내화강(소재, 용접) 개발 및 실용화(제작, 구조 및 내화, 합성구조 적용설계) 기술 -폭렬저감 150MPa급 CFT용 콘크리트 (배합설계, 충전성, 펌핑압송, 강도 발현 및 폭렬저감) 제조기술/실용화 -내화 4시간용 합성구조 조합 내화피복재(재료, 제작 및 접착, 내화) 기술/실용화</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;">[건축용 내화강]      [폭렬저감 150MPa CFT용 콘크리트]      [내화성능형 CFT 예]</p>

중분류		기술내용			
2-4	자 동 화 기 반 고속시공기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>-대형 테이블폼의 ICT 융합형 설치 및 해체 자동화 기술 개발</li> <li>-대형 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술 개발</li> <li>-BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획</li> <li>-상하 연계형 리프트 개발</li> <li>-자동화 기반 상하 연계형 리프트 무인 운영기술 개발</li> </ul>     <p>[대형 테이블폼의 ICT융합형 설치 및 해체 자동화 기술]</p> <p>[대형 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술]</p> <p>[BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획]</p> <p>[상하 연계형 리프트 개발]</p>			

## 2장. 국내외 동향 및 환경 분석

### 1절. 국내외 정책동향

#### 1. 국내 정책동향

##### 가. 초고층건축물의 기술 확보를 위한 R&D 및 기술정책

- 국토해양부에서는 건설기술개발 사업을 추진하여 초고층 건축물에 대한 R&D 정책을 지속적으로 수행하고 있으며 관련 핵심기술 개발을 지원하고 있음
- 국가 정책 및 계획들과 건설교통 관련 세부 실천계획들은 향후 과학기술 발전에 있어서 ‘미래 성장 가능성’과 ‘향상된 삶의 질’이라는 두 가지 기준을 중심으로 제시하고 있어 초고층 건축물사업의 발전을 위한 기반 마련 중
  - 신성장동력의 우선지원을 위한 기술개발투자 장려 및 해당분야 실적이 높은 기업에 가점을 부과하는 등 인센티브제 도입을 통해 초고층건설 장려함(제3차 건설산업진흥기본계획)
  - 건설엔지니어링의 기술경쟁력 강화를 통한 건설엔지니어링의 글로벌화 실현을 통해 초고층 우수건설인력 육성, 관련기술을 향상시킬 수 있음 (제4차 건설기술진흥기본계획 및 시행계획)
  - 첨단도시 개발 사업은 초고층 복합빌딩 세계시장 점유율 30% 달성을 목표로 ‘도시기능 회복을 위한 도시재생 시스템’, ‘국토의 효율적 활용을 위한 복합공간개발’ 등의 사업 추진(건설교통 R&D 혁신로드맵)
  - 사회적 수요에 부응하는 초고층건축물 연구개발사업은 과학기술 개발방향과 일치(제2차 과학기술기본계획)
- 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법(시행 '13.3.23)
  - 입법목적 : 초고층 및 지하연계 복합건축물과 그 주변지역의 재난관리를 위하여 재난의 예방·대비·대응 및 지원 등에 필요한 사항을 정하여 재난관리체제를 확립함으로써 국민의 생명, 신체, 재산을 보호하고 공공의 안전에 이바지함을 목적으로 함
  - 주요내용 : 재난예방 : 사전 재난영향성 검토, 재난 예방 및 피해경감계획 수립 등 종합방재실 설치 및 종합재난관리체제 구축계획, 내진설계 및 계층설비 설치 계획, 피난안전구역 설치 및 피난시설, 피난유도계획, 소방설비·방화구획, 방연·배연 및 제연계획, 발화 및 연소확대 방지계획 등 재난 대응 및 지원
  - 기타 : 재난 예방 및 피해경감에 대한 연구·기술개발에서 초고층 건축물의 재난 예방대책을 연구하고 피해 경감을 위한 조사, 연구 및 기술개발 수행

- 한강변 관리방향 및 현안사업 가이드라인('13.4.3, 서울시)
  - 2013년 4월 서울시는 상업시설과 인접한 한강변 여의도 재건축 단지가운데 상업 지역에 인접한 아파트는 주상복합으로 전환할 경우 50층 이상으로 재건축하는 것을 허용하는 한강변 관리방향 및 현안사업 가이드라인 수립
  - 제2종 일반주거지역의 경우 25층 이하, 제3종 일반주거지역은 35층 이하, 상업·준주거·준공업+저층부 비주거 용도 포함 건축물은 40층 이하 적용
  - 중심지(지역·지구중심 이상), 제3종일반주거지역 이상, 저층부 비주거 용도를 포함한 복합용 건축물은 50층 이하 적용
  - 도심, 부도심 및 도시기본계획에서 정한 지역은 50층 이상 초고층건축물 건설 가능. 이에 따라 잠실역 인근 재건축 아파트는 주상복합으로 전환할 경우 최고 50층까지 건설할 수 있으나, 압구정, 반포, 이촌 등 다른 한강변 지구는 최고 층수가 35층으로 제한됨
  - 최고 70층까지 계획하였던 당초 계획안보다는 낮아지는 등 용도지역별로 최고 층수는 제한되지만 기부채납 비율이 15% 이하로 낮아지며 사업성이 좋아져서 활발한 재건축이 기대됨
  
- 제1차 국가건축기본계획('10.5.12)
  - 건축·도시·국토의 디자인 향상, 건축·도시 산업육성, 건축문화 진흥 등 다양한 정책대상을 포괄하는 종합계획 5개년 단위 계획으로 건축정책의 중기전략 수립 및 구체적인 집행방안 제시
  - 1차 기본계획은 제도적 기반 구축, 미래 기술기준 준비 등 녹색건축·도시조성을 위한 기반을 구축하기 위하여 “건축·도시분야 녹색성장 기반구축”등 3개 목표와 6개의 추진전략과 세부과제로 구성
  - 목표 2 “건축·도시분야 녹색성장 기반구축”세부내용은 초고층건축물 등 설계기술 개발과 IT기술과의 융·복합화 등 녹색건축 관련기술 고도화를 통해 건축·도시 관련 산업을 창의성과 기술력을 겸비한 고부가가치 지식서비스 산업으로 집중 육성

주요 정책	주요 관련 내용	초고층건축과 연계성
제3차 건설산업진흥 기본계획 (2008-2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축과 신도시 건설 등의 대형프로젝트를 통해 “한국형 건설 생산체계”를 “글로벌 생산체계”로 전환하여 세계시장의 진출을 도모</li> <li>○ 신성장동력 건설기술 우선지원제도 도입</li> <li>○ 건설기술관리법 등에 신성장동력 우선 지원제도 및 지원근거 등을 신설</li> <li>○ 단기적으로 시공능력평가시 기술개발 투자실적에 해당분야 투자실적을 우대</li> <li>○ 관련 구조물 입찰시 해당분야의 투자실적이 높은 기업에게 가점을 부여하는 방안을 강구</li> <li>○ 건설기술의 개발 및 건설기술인력의 육성에 관한 대책</li> <li>○ 건설산업의 국제화와 해외진출 지원을 위한 시책</li> <li>○ 중소건설업 및 중소건설용역업의 육성대책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 글로벌 초고층복합빌딩 발주시스템 구축</li> <li>○ 해외 초고층복합빌딩 수주지원 체계 마련</li> <li>○ 초고층 건설인력 육성 및 핵심역량 모델 구축</li> <li>○ 건설과정의 상시 모니터링 시스템 구축</li> <li>○ 해외건설 종합정보센터 설립·운영(안)하여 미래형 첨단 프로젝트 수주 조사</li> </ul>
제4차 건설기술진흥 기본계획 (2008-2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 우수 건설기술인력의 육성</li> <li>○ 연구개발을 통한 기술수준 제고</li> <li>○ 선진 건설사업 프로세스 구축</li> <li>○ 건설엔지니어링의 글로벌화 실현</li> <li>○ 고품질 친환경 건설공사 문화 정착</li> <li>○ 예방적 시설물 유지관리체계 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 관련 우수 건설기술 인력의 육성, 고부가가치의 초고층 엔지니어링 기술수준 확보, 초고층 건설사업 프로세스 구축</li> <li>○ 예방적 안전·유지관리 기술 확립 등 초고층복합빌딩의 경우 정보 DB 구축</li> <li>○ 초고층 요소기술 개발 및 전문인력 육성방안 마련</li> <li>○ 특히 재난 및 대형 안전사고 등에 대비하여 예방적인 시설물의 안전 및 유지관리체계를 확립하는 것이 필요</li> <li>○ 건설 후 또는 사용 중 시설물에 대한 보수·보강 기술력도 선진화가 필요</li> </ul>
건설교통 R&D 혁신로드맵	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설기술혁신</li> <li>○ 플랜트기술고도화</li> <li>○ 첨단도시개발</li> <li>○ 교통체계 효율화</li> <li>○ 미래철도 기술개발</li> <li>○ 항공·물류 선진화</li> <li>○ 기술인프라·인력육성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설교통 R&amp;D 혁신로드맵의 개편된 사업구조에 따라 첨단도시개발 사업은 1)U-Eco city, 2)복합공간개발, 3)도시재생시스템, 4)지능형 국토정보로 구성되는데, 초고층복합빌딩시스템은 복합공간개발에 포함되는 것으로 분류</li> </ul>
건설교통 R&D 중장기계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미래변화 및 주요 이슈에 따라 첨단도시개발사업은 유비쿼터스 시대 대응, 삶의 질 제고를 위한 도시의 자연 생태적 기능 강화, 도시공동화에 대비, 도심공간 부족 해결 및 국토공간의 효율적 관리, 새로운 공간 개척 등에 필요한 핵심기술 개발을 통해 세계적 수준의 도시시스템과 공간을 확보하기 위한 전략 사업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현 제도에서는 신기술 개발에 따른 효율성과 실용성 등에 대한 과학적이고 객관적인 검증시스템(또는 평가기관)이 미흡한 관계로 초고층 건축물이 강화하여 갖춰야할 구조 및 시공재료, 방재 및 피난 등과 관련된 제반 성능의 검증 필요</li> </ul>

주요 정책	주요 관련 내용	초고층건축과 연계성
제2차 과학기술기본 계획(안) (2008-2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 창조형·선도형 혁신기반 확대</li> <li>○ 개방형·융합형 기술혁신 활성화</li> <li>○ 미래유망산업 창출과 서비스업 혁신 촉진</li> <li>○ 삶의 질 향상을 위한 과학기술전략 강화</li> <li>○ 연구개발투자의 지속적 확대와 질적 효율성 제고</li> <li>○ 과학기술혁신정책의 범위 확대와 과학화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국가전략 과학기술개발 측면과 국민과 함께하는 과학기술(사회적 수요에 부응하는 과학기술 역할 증대) 측면에서 초고층 건축물 연구개발 사업은 좋은 전략적 과학기술 개발 방향이 될 것으로 평가</li> </ul>
국가 R&D사업 Total Roadmap	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기초연구 및 원천기술 개발 지속적 강화(산·학·연 역할분담, 중소기업의 원천기술 확보 혁신역량 제고)</li> <li>○ 융합기술 경쟁력 강화(IT기반 유망 융합기술 선점, 국가적 추진체계 구축 추진)</li> <li>○ 국가적 R&amp;D인프라 전략적 확충</li> <li>○ 국가중점육성 특성화 기술(33개)과 특성화 기술 후보군 육성(57개)-Post-차세대성장동력 사업 추진</li> <li>○ 국가 R&amp;D 계획간 연계구조(alignment) 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축물 연구개발은 투자비중을 앞으로 높이고자 하는 환경, 건설-교통 분야와 밀접한 관계가 있는 것으로 보이며, 이를 바탕으로 고려시에 초고층 건축물 연구개발은 국가R&amp;D사업의 투자전략상 적절한 대상</li> </ul>
신정부의 국가연구개발 투자전략(안)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 경제성장과 일자리 창출,</li> <li>○ 미래성장잠재력을 지속적으로 확충하기 위한 향후 5년간의 국가연구개발투자의 확대</li> <li>○ 효율성 제고를 위한 구체적인 실천 계획을 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축물은 그 특성상 창의적인 기초-원천 연구이며 동시에 사회의 수요를 동반하는 실용적인 연구로 신정부의 국가연구개발 투자전략과 밀접</li> </ul>

#### 나. 초고층 건물의 건립 및 창의적 건축물을 위한 정책

- 2007. 6. 12 서울시는 ‘초고층 건축에 대비한 도시계획적 대응방안’을 발표하고 초고층에 대한 불합리한 관련법규에 대해 검토를 거쳐 국토해양부에 초고층에 대한 별도의 규정 마련을 건의하고, 서울시 자체 건축 기준을 마련하기로 함
- 미래 기술환경 변화에 선제적 대응을 위하여 초고층건축물 및 대규모 다중이용 건축물과 시설물의 화재발생 등 재해발생 시 대형참사를 예방하기위한 건축, 조강관련 방재기준 강화
- 건축·도시 핵심기술과 설계기법 개발 도출을 위한 초고층건축물 등 첨단 선진 설계기술 개발
  - 초고층 복합빌딩, 미래형 친환경 신도실 개발 등 건축, 도시분야의 첨단 선진 설계기술 개발연구 추진
  - 초고층 건축물과 수직 도시공간 등 첨단 하이테크기술을 활용하여 건축, 도시를 설계, 구축할 수 있는 전문인력 양성 프로그램 개발 및 운영, 지원
- WDC서울 2010은 사람 중심의 살기 편하고 지속가능한 도시(Universal Design City), 언제 어디서나 막힘없이 소통하는 도시(Ubiquitous Design City), 서울만의 개성으로 서울다움을 구현하는 차별화된도시(Unique Design City), 시민 모두가 주도적으로 만들어 나가는 창의도시(By U)의 4U를 기반으로 하고 있음
- 서울시에서는 도시공간과 조화로운 공공시설물에 대해 디자인인증을 해주는 ‘서울우수공공디자인 인증제’를 도입하였음
- 각급 지방자치단체에서도 공공도시디자인 향상을 위한 다양한 정책을 수립하여 시행 중
- 경기도 성남시에서도 ‘디자인도시 성남’을 통해 시각, 문화, 공간, 자원, 인식 등에 대한 재생을 전략으로 설정하고 공공디자인위원회를 구성하는 등 공공도시디자인 향상을 위한 다양한 정책을 시행중임
- 서울시 송파구는 ‘디자인송파(Design Songpa)’를 통해 가로디자인 정비, 하천정비, 옥상공원화, 간판개선사업 등을 추진 중임

#### 다. 제도 현황

##### (1) 계획 및 설계

- 자유로운 형태의 초고층복합빌딩 디자인이 가능하도록 허용

- 현재 주택과 주택외의 시설을 동일건축물에 복합건설하는 경우에는 출입구계 단승강기를 별도로 분리토록 하고 있으나, 초고층건축물에 숙박시설공연장을 복합하여 건설하는 경우에는 창의적이고, 합리적인 계획과 설계를 위하여 구조 분리 규정의 예외를 인정 「주택건설기준 등에 관한 규정」(2008.6.5)
- 리모델링이 쉽고 아름다운 디자인을 갖춘 아파트에 대해서는 용적률(5%가산) 및 높이(10% 가산) 인센티브를 부여하여 건축물 형상의 다양화 용이함(서울시 건축규제 완화, 2008)
- 철골조의 연성능력을 적극 반영하여 반응수정계수 변경하여 철골조의 연성능력의 극대화하여 철골조 건물형태 다양화 가능(한국 강구조 학회 설계기준 변경, 2008)
- 주택분양가 상한제의 경우 다른 철근콘크리트 및 철골철근콘크리트조에 비하여 철골조 인센티브 가산비율을 16%로 상한가를 높여 철골의 자유로운 디자인을 활성화시킴(국토해양부, 2007)



[그림 2-1] 자유로운 건축물 형태 유도 방안

○ 초고층복합용도 건축물 허용

- ‘국토해양부’는 ‘경제자유구역·재정비축진지구·관광특구·행정중심복합도시 및 특별 건축구역에 지어지는 초고층 건축물’에 대하여 주택과 호텔 등 복합용도의 건축을 허용하는 「주택건설기준 등에 관한 규정」을 개정하여 시행(2008년 6월 5일)
- 대상 건축물은 ‘주택과 주택외의 시설을 복합건축하는 300세대 이상(주상복합 사업승인대상)의 주택으로서 층수가 50층 이상이거나 높이가 150미터 이상인 초고층 복합건축물이고, 허용지역은 주변지역을 포함한 광역적인 계획관리가 가능한 지역으로 아래와 같음
- \* 경제자유구역(경제자유구역 지정 및 운영에 관한 법률)
- \* 재정비축진지구(도시재정비 촉진을 위한 특별법)
- \* 관광특구(관광진흥법)
- \* 행정중심복합도시안의 사업구역(행정중심복합도시 건설특별법)
- \* 특별건축구역(건축법) 등

○ 더블 IT(Double IT) 프로젝트

- 정부는 국가 5대 주력 기간산업에 IT를 접목시킨, 더블 IT(Double IT) 프로젝트를 제시한 바 있음
- 더블 IT프로젝트란 기존의 IT(Information Technology)와 새로운 IT(Industrial Technology)를 접목시킨 신조어로, 향후 5년간 1조원의 예산을 투자할 주력 기간산업에 조선, 자동차, 의료, 국방, 건설 분야가 해당됨
- 비정형 초고층의 설계·시공은 기존의 방식을 탈피하여 3차원 모델 기반에서 수행되어야 하며, 이는 현재 발전단계에 있는 IT분야인 3차원 AEC/FM SW 플랫폼의 개발과 밀접한 연관을 맺고 있음

[표 2-1] 정부의 5개 기간산업과 IT 접목 전략

분 야	중점 개발/추진 내용
자동차+IT	차량 간 통신, 충돌방지, 차량통합제어 SW 등 스마트카 구현
조선+IT	선박용 유무선 통합 통신, e내비게이션 항해시스템 등 지능형 선박 개발
의료+IT	신약개발 SW, 테라헤르츠(THz) 내시경, 암검출 센서 등 u헬스 핵심기술 확보
국방+IT	우주항공 임베디드 SW, 차세대 국방통신, 감시정찰센서 등 국방전력 극대화
건설+IT	전자파 차폐, 방음 기능을 갖춘 첨단 빌딩, u시티용 센서, 네트워크 및 SW 플랫폼 개발

(2) 구조 및 시스템

- 국토해양부에서는 R&D정책 일환으로 초고층 건설기술 연구개발사업(2003)을 통하여 초고층건물과 관련된 다양한 분야의 기술개발을 지원하였으나, 제진 및 연쇄붕괴 방지기술의 개발은 미흡한 단계임
- 국내 제진 설계기술은 연구단계에 있으나 향후 파급효과를 고려하여 제진장치 설계기준과 시공설명서 등 관련 기준을 표준화하고, 구조설계자나 엔지니어링 업체에서 사용할 수 있는 설계기준을 제정, 정비하여 제진 설계 지침서나 기준으로 법제화 할 필요가 있음
- 공공의 안전성을 담보하는 그 핵심기술인 연쇄붕괴 방지기술에 관하여는 별도의 관련 정책은 없는 실정

(3) 시공/재료/공사 관리

- 초고층건축물 구조재료 사용되는 고강도콘크리트의 내화성능 향상을 위해 고강도 콘크리트 내화성능 관리기준 마련하여 향후 고강도콘크리트 강도 50MPa 이상 제조시 공인시험기관(한국건설기술연구원, 방재시험연구원)에 내화성능검사 등 절차이행 의무화함(건축물의 피난, 방화구조 등에 관한 규칙 일부개정안 입법예고(2008.5.7))

- 화재시 폭발현상 등으로 취약한 고강도 콘크리트에 대한 내화성능 관리 기준의 근거 마련을 위하여 내화구조의 보·기둥에 고강도 콘크리트(50MPa 이상)를 사용하는 경우 내화성능 관리기준에 적합하도록 함

(4) 환경/설비

- 국토해양부에서는 세계적 추세인 환경과 개발에 관한 새로운 패러다임에 따라 개발 지향적인 이미지를 벗고, 친환경적이고 지속가능한 국토개발과 미래지향적인 신문화운동 등을 통해 국민적 공감과 참여를 유도하고 산하기관과 연계해 시너지 효과를 창출하고자 하는 친환경정책을 수립하여 시행함에 따라 초고층 건축물 친환경, 에너지 절감을 위한 기준이 마련되어야 할 것임
  - 지식경제부의 에너지 정책은 친환경적·지속가능한 발전을 통한 선진산업강국 실현을 모토로 에너지절약, 에너지안전 및 국내외 자원개발 정책의 수립·시행을 목적으로 하고 있음
  - 환경부의 친환경 정책은 지속가능한 순환경제사회로의 전환과 국민건강 중심의 환경보건정책을 모토로 지속가능한 자원이용사회를 추구하고 개발 사업에 대한 환경성 검토는 강화하되 사업자 불편은 최소화하는 국토환경관리를 추진 하며 관광단지, 도시·택지개발사업에 대한 친환경적 개발지침 마련

[표 2-2] 환경관련 국토해양부 중점 추진 과제

과제	내용
제4차 국토종합계획 수정계획	친환경 국토관리체계 구축
아름다운 국토 만들기(경관법 제정)	경관계획·경관협정제도 도입 등
전략 환경평가 도입·시행	전략 환경평가 위원회 구성 및 전략 환경평가 실시
지속가능한 도시정책	선계획-후개발'을 위한 제도정비 살고싶은 도시만들기' 방안 추진
아름답고 쾌적한 국민임대주택 건설	지구내 생태공원 및 생태시범단지 조성
친환경 주택건설기준	새집증후군 저감을 위한 건축시공 기술개발 연구
토지적성평가	국토계획법에 도시관리계획 기초조사 도입
환경친화적 건축	친환경 건축물 인증제 확대 시행
생태이동통로 정비기본계획 및 사업현황	생태통로 위치선정 조사 추진

[표 2-3] 지식경제부 중점 추진과제

과제	내용
신재생에너지 기술개발	프로젝트형 기술개발, 실용화평가, 기술기반조성, 선행·정책평가관리
지역에너지개발	지자체의 신재생에너지개발 기반구축 신재생에너지보급 시설보조
신재생에너지 보급	태양광 발전시스템 및 풍력발전, 태양열(집열식), RDF 시범보급
태양광주택 3만호보급	가정용(3kW급) 태양광발전시스템 600호 설치비(70%) 지원
신·재생에너지단지 조성	신·재생에너지 설비 설치, 신·재생에너지 연구센터건립 Green Village조성 등
에너지자원기술개발	에너지절약기술, 청정에너지기술, 자원기술, 기술기반구축, 평가관리
에너지기술 인력양성	학술진흥사업, 에너지인력양성센터, 기후변화협약특성화대학원, 장학연수
기후변화협약대응체계구축	에너지소비통계기반 구축, 에너지기술조사 및 평가, 국가 레지스터리 구축 등
신재생에너지 보급	풍력, 태양에너지, 폐기물, 바이오, 소수력
집단에너지 공급	지역냉난방사업, CES(Community Energy System)사업, 산업단지열병합발전
에너지절약시설 설치	절약전문기업, 자발적협약기업, 산업·건물·수송절약시설, 전기대체 냉방시설 등 수요관리 투자사업

(5) 유지관리/ 방재

- 정부발주 프로젝트 중 최초로 납품조건으로 BIM 기술을 의무화한 사업을 시행하는 등 제4차 건설기술진흥기본계획(2007년)의 추진과제로 "예방적 시설물 유지관리체계 도입"의 전략 이행을 위해 사후적 시설물 유지관리체계를 예방적 유지관리체계로 전환을 통해 1.시설물 유지관리체계 선진화, 2.합리적 시설물의 안전 및 유지관리체계 확립, 3.시설물 보수·보강 기술력 향상을 꾀함
- 2010년부터 초고층 건물 건축시 '피난안전구역(피난층)' 등을 설치하고 '화재위험심사'를 통과해야 건축허가를 받을 수 있게 하는 제도 도입 예정(2008.3.24, 서울경제)
  - 이르면 2008년 내 초고층 건축물을 대상으로 피난안전구역(피난층)의 설치 등을 의무화하는 '초고층 건축물 화재저감 대책법'을 도입할 방침이라고 밝힌 소방방재청의 언론보도내용과 관련하여, 국토해양부는 다음과 같은 '초고층 건축물 관련 제도 개선방안'을 2008년 안에 추진할 계획

- 건설교통부는 최근 고층아파트, 주상복합건물 및 장대교량 등 대형 시설물이 증가함에 따라 이들 시설물에 대한 안전관리를 강화하기 위해 ‘시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침’을 개정하고 2008년 5월 17일부터 시행
  - 건축물, 교량 등 대형 시설물에 대한 진단용역시 현장조사, 시험·측정 및 결합부위 발생분석 등에 대한 작업과정과 각종 자료를 사진 또는 동영상으로 촬영하고 그 결과를 전자보고서(e-보고서)로 제출하도록 하여 부실 진단을 방지함
- 연면적 50,000㎡ 이상, 30층(100m)이상의 초고층 건물에 대하여 건물의 화재안전을 위해 건축허가신청 30일 이전에 소방방재청장 등에게 화재영향평가서를 의무적으로 제출하는 화재영향평가제도 및 성능설계제도가 2009년부터 시행될 예정 (소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률)
- 현재 건축물 관련 제도 및 정책은 대부분 일반건축물을 대상으로 하고 있어 최첨단기술에 의한 복합기능을 갖는 초고층 건축물은 현재의 법·제도 하에서 인·허가를 받기가 어려움

#### 라. 적용 사례

- 현재 국내에서는 부산광역시, 서울특별시, 그리고 인천광역시에서 초고층 건축물 건설을 추진하거나 추진 준비 중이며, 이러한 실제 현장과의 직접적인 교류를 통해 초고층 건축물 관련 기술 발전과 법제 정비가 더욱 효과적으로 이루어질 수 있을 것임

#### (1) 부산광역시 : 초고층 개발과 부산광역시 정책방향

- 최근 해운대구 월드비즈니스센터·중구 롯데월드·광안리·송정·다대포·송도해수욕장과 수영만 매립지 6개 지역의 건축물에 대한 고도제한 완화와 함께 개선방안 발표
- 특히, 해운대구 월드비즈니스센터의 8000평이 넘는 부지를 부산시가 초고층 빌딩 건립을 유도하기 위해 개발밀도를 건폐율 40%, 용적률 900%, 최저 높이 90m이상으로 제한하고 있고 사선제한까지 받지 않기 때문에 최대 지상 100층까지 건립이 가능함
- 송도해수욕장과 수영만 매립지의 경우, 최고 160m(47층 안팎)까지 허용하여 초고층 아파트 사업을 추진 중
- 부산 문현금융단지 예정지에 맞닿은 넓은 상가 지대인 문현1도시환경정비구역을 최고 높이 70층의 초고층 아파트 단지로 개발하는 계획이 확정되면서, 문현금융단지에도 80층 이상의 상업·업무용 빌딩이 들어설 예정이어서 이 일대가 초고층

건물 숲으로 변모할 것으로 보여 도심속 낙후공간이 제대로 정비되는 효과가 있을 것임

(2) 서울시 중구청 도시관리국 : 축진지구에서의 초고층 건축을 통한 도심재생 활성화 방안

- 잠실 제2롯데월드, 상암 DMC 랜드마크, 용산국제 업무지구 특별계획구역, 중구 세운상가재정비 축진 등지에서 100층 이상의 초고층 건축물 건립 검토·추진
- ‘중구청’은 외부(벽산엔지니어링)용역과 태스크포스(강한중구연구추진단) 운영을 통해 초고층 빌딩 건립에 강한 의욕을 보임 도시를 상징하는 기념비적인 건축물을 세워 도심활성화 및 경쟁력 강화는 물론, 토지의 효율적 활용, 친환경적 개발, 4대문 안의 현존하는 문화재 보호와 함께 초고층 빌딩과 같은 새로운 문화유산 등을 만들어 가고 있음
- 기존의 유기적 상업구조를 유지하면서 복합적으로 상업구조를 활성화하고자 하는 방안, 낮은 건폐율로 인한 오픈 스페이스 확보로 공원 및 공지 조성 등 친환경적 토지 활용 등 도시경관과 환경에 유리한 개발로 활용
- 적정용도와 관련해서는 도시공동화 방지, 사회적 비용절감 효과 등을 위해 업무·상업·주거·문화 등 다양한 용도를 복합화하여 초고층 건축물을 하나의 자족적인 수직 도시로 개발하는 것을 제시

## 2. 국외 정책동향

### 가. 국가별 주요 정책 동향

구분	국외 정책 및 제도 현황
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축물 기준 규정</li> <li>○ 일본건설성(현 국토교통성)이 1994년에 3000만엔을 지원하여 “하이퍼빌딩연구회”를 발족하고 도시재생특별조치법등을 통하여 공지와 녹지 확보를 위한 용적제 도입, 높이제한 철폐, 특정가구제도, 종합설계제도, 고도이용지구 등으로 인해 초고층 건립 유도</li> <li>○ Master Plan에 의해 높이 1000m, 수명 1000년, 규모 1000ha를 목표로 교통시스템, 에너지시스템, 방재·안전시스템을 검토하여 현재 신주쿠, 치쿠치에서 하이퍼빌딩 프로젝트를 진행중에 있음</li> </ul>
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특별용도지역제, 밀도보너스제도, 협정개발제, 연계개발제도로 초고층 건축을 계획적으로 유도</li> <li>○ 뉴욕시에 건설되는 건물의 연쇄붕괴를 방지하기 위한 설계지침 마련</li> <li>○ 연쇄붕괴 현상을 방지 Guidelines</li> <li>○ 초고층건축 통합설계 프로그램 운영</li> <li>○ 특별구역인 Special District, Density Bonus, Negotiated Development, Linkage System 도입하여 용적률 완화후 초고층 개발 유도</li> <li>○ 시카고의 FAR 제도: 초고층 개발을 위한 지역을 지정하여 높은 용적률의 차등 적용</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전과정 통합 공정관리</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 카나리위프 프로젝트를 진행하면서 초고층 건축을 허용하기 위하여 관련 법령 개정</li> </ul>
중국 및 홍콩	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축물 기준 마련</li> <li>○ 초고층 건물을 지을 수 있는 지역 “경제자유구역”, 푸동의 “경제개발특구”등을 지정하는 Master Plan 운영</li> <li>○ 초고층 건축물에 별도의 방화규정 적용</li> </ul>
싱가폴	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ CORENET시스템 웹기반의 건설행정처리 시스템으로 초고층 건설 간소화를 실현하여 활성화 유도</li> </ul>
대만	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축물 시공을 위해 저해되는 관련 규정 변경 (타이페이 101 타워의 건설과정에서 송산비행장과 3.8km 거리로 비행안전과 관련된 규정이 문제가 되자 해당규정을 변경)</li> </ul>
U.A.E	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비정형 초고층 건축물의 적극적인 도입을 통해 세계적인 브랜드 도시로 급부상</li> <li>○ World-HUB Dubai 프로젝트 추진</li> <li>○ 개발특구 지정하여 용적률 제한 철폐</li> <li>○ 초고층 건립을 위한 각종 저해 요인 제거( Burj Dubai의 경우 초고층 건축물 건립을 위하여 비행기의 항로를 변경)</li> </ul>
말레이시아	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 말레이시아 정부를 Kuala Lumpur로 이전 계획</li> <li>○ Vision2020 프로젝트를 통한 말레이시아의 자긍심 고취</li> <li>○ 정부관련 기관을 Petronas Twin Tower로 이전</li> </ul>
핀란드	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 오는 2030년을 목표로 자국 건설산업의 초일류화를 위하여 '건설산업과 ICT(정보통신기술)결합의 혁신 로드맵'을 마련하여 2007년부터 박차를 가하고 있음</li> <li>○ 국립기술연구센터인 VVT 등을 중심으로 ICT와 건설의 융합을 통한 첨단복합건설과 관련한 다양한 프로젝트를 지속적으로 지원</li> <li>○ 건설 IT기술에 관해서 세계적으로 선도하는 위치에 있음</li> </ul>

## 나. 분야별 정책 및 제도현황

### (1) 계획 및 설계

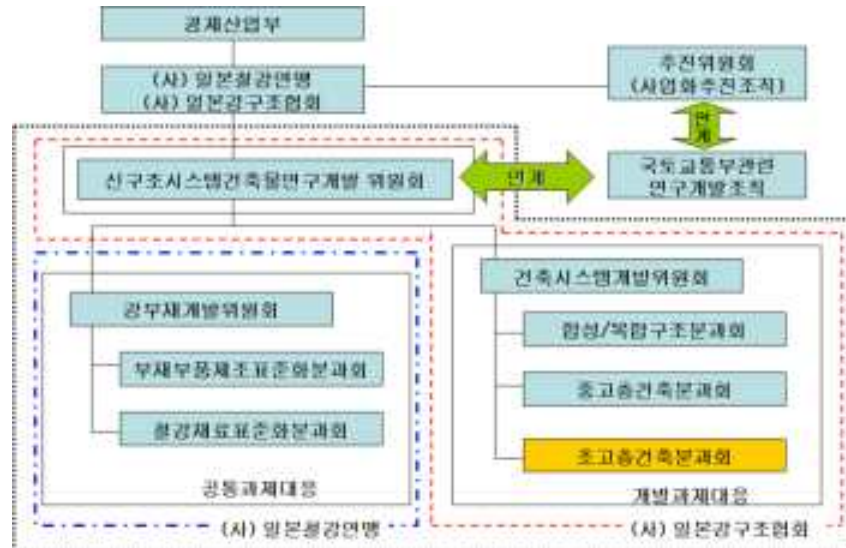
- 최근 건축의 대형화, 개성화, 첨단화에 따라 국제 건설기술에 첨단 IT적용추세가 가속화되고 있음. 따라서 최근 해외건설 선진국의 경우 건설 산업 효율화 및 경쟁력 강화를 위한 첨단 IT인프라 조성의 정책들이 수행중임
  - 핀란드, 노르웨이, 싱가포르 등도 정부에서 정책적으로 2차원 도면 대신 IFC기반의 모델을 건설 분야 국가표준으로 지정하여 대규모의 연구개발을 추진 중
  - WEF(세계경제포럼)등 국제기관이 국가경쟁력 1위로 꼽는 IT강소국 핀란드는 오는 2030년을 목표로 자국 건설산업의 초일류화를 위해 ‘건설산업과 ICT(정보통신기술) 결합의 혁신로드맵’을 마련
  - 이 로드맵은 대한민국이 오는 2015년 ‘세계 글로벌 톱5’를 지향하며 추진하는 ‘건설혁신 R&D 로드맵’과 내용면에서 일맥상통함

### (2) 구조 및 시스템

- 풍진동 제어 및 제진장치기술 관련 해외 정책동향
  - ATC-40 에서는 기존 철근콘크리트 구조물의 내진보강 및 성능향상을 위하여 건물의 강도와 강성을 증가시키는 방법, 건물의 변형 능력을 향상시키는 방법 외에도 면진장치나 제진장치를 설치하는 방법 등에 따른 평가기법을 제시하고 있음
  - 특히 FEMA 274에서는 기존의 면진장치나 제진장치 등을 이용한 구조물의 설계 방법을 명시하여 구조설계에 활용하고 있음
- 연쇄붕괴 방지기술 관련 해외 정책동향
  - 미국에서는 911 사태로 인하여 막대한 인적, 경제적 손실을 입었으며 뉴욕시의 Department of Buildings에서는 World Trade Center Building Code Task Force를 만들어 뉴욕시에 건설되는 건물의 연쇄붕괴를 방지하기 위한 설계지침을 작성
  - 또한 연방정부에서는 폭발 등과 같은 비정상하중에 의한 건물의 연쇄붕괴를 방지하기 위하여 GSA(General Service Administration, 2003) Guideline을 발표하여 모든 공공건물의 설계에 적용하도록 하는 정책을 마련
  - 911 사태 이후 미국의 과학재단(National Science Foundation)에서는 연쇄붕괴 방지 기술과 관련된 연구에 많은 연구개발비를 지원하고 있는 상황임
  - 영국에서는 Ronan Point 아파트 붕괴 고 이후 British Standard에 건물의 설계시 수직, 수평 타이로 건물 전체를 일체화 하여 연쇄붕괴에 대비하도록 규정하고 있음

(3) 시공/ 재료/ 공사관리

- 일본은 초고강도강을 개발하여 초고층 건축물에 적용하고자 하는 프로젝트를 2003년에 본격적으로 시작하여 현재 구조물에 시험적용 단계에 있음



[그림 2-2] 일본 초고강도 개발 프로젝트

○ 미국의 경우

- 국립과학기술위원회(NSTC) 산하의 건설위원회에서는 1994년부터 시작된 「건설재료 및 시스템의 성능 고도화 프로그램(high performance materials and systems program)」을 산학연 공동으로 5년 동안 수행함으로써 초고강도 콘크리트를 포함한 고성능 콘크리트의 제조 및 시공기술을 완성하고, 설계를 위한 가이드를 발간함으로써 신규로 건설되는 콘크리트 공사에 활용하도록 함
- 미국 에너지성(DOE)의 BTS(office of building technology, state and community program)가 주관하는 국가건설목표에 제기된 것을 중심으로 Vision 2020를 제안함으로써, 초고층 구조물의 단면을 최소화 하는 것을 목표로 초고강도 콘크리트의 시공기술 정립을 위한 연구를 수행한바 있음

- 영국의 경우는 1997년 영국 내각의 수석과학기술자문관인 Fairclough경이 작성한 「건설산업의 혁신과 연구에 대한 재고 (rethinking construction innovation and research)」를 통해 미래 건설산업의 경쟁력 강화를 위한 건설기술개발의 방향을 공사비 10% 절감, 공기단축 10% 단축 등 콘크리트 기술에 대한 구체적인 개량 목표를 제시함

- 일본의 경우는 1990년 초부터 건설성이 주관이 되어 New RC Project를 10년간 수행함으로써, 기존 콘크리트의 초고강도화 그리고 고성능화 기술을 개발함. 특히 일본은 New RC Project를 통하여 초고강도 콘크리트에 관한 이론적 토대를 마련하였고, 이후 대기업 건설사를 통하여 상용화함. 이후, 일본의 국토교통성은

2001년~2005년까지 건설기술의 선진화를 구현하기 위하여 아래와 같은 5개 분야의 건설기술개발방향을 설정하고 연구과제로 추진함.

- 안심과 안전의 확보
- 사회의 활력유지
- 아름다운 국토 조성
- 지구환경문제의 대응
- 국제사회에 대한 참여와 공헌

○ 이 중에서 사회의 활력유지 분야중 생산성 향상의 세부목표에 초고강도 콘크리트를 이용한 콘크리트 구조물의 장수명화 기술개발에 지원

(4) 환경/ 설비

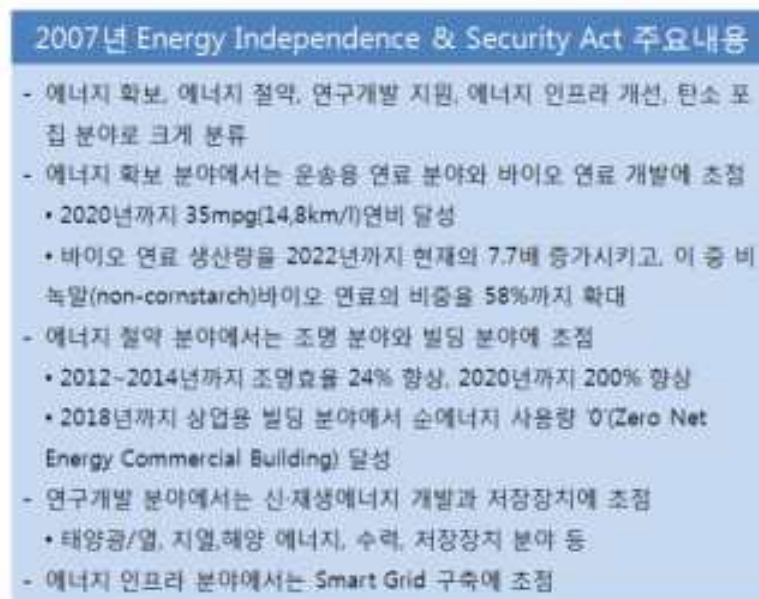
- 유럽의 에너지·환경기술 관련 정책
  - 유럽은 2020년까지 에너지소비 20%를 줄이고자 ‘20% Energy Savings by 2020’을 슬로건으로 걸고 구체적인 Action Plan을 작성
  - 에너지 공급 확보, 경쟁력 강화, 환경 보호를 달성하기 위한 수단으로 에너지 효율화에 의한 소비 절감을 추진
  - 최종 사용자 측면, 빌딩 효율화, 친환경 디자인, 에너지 등급표시, 열병합 발전의 5개 분야에 세부 수행 계획 설정
  - 에너지 소비를 20%줄임으로써 매년 600억 유로를 절감할 수 있을 것으로 예측

[표 2-4] 유럽의 ‘20% Energy Savings by 2020’ 정책 프로젝트

정책 분야	추진 프로젝트
최종 사용자 에너지 효율화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 에너지 효율화 비용의 75%까지 지원</li> <li>○ 에너지 효율화 기술 및 프로젝트 인증 및 거래</li> <li>○ 제도도입(Euro White Cert Project)</li> </ul>
건축물의 에너지 효율화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고효율 빌딩 플랫폼 및 표준 개발</li> <li>○ 빌딩 효율성 평가 및 인증(EuroPROSPER)</li> </ul>
에너지 사용 제품에 대한 친환경 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중소기업 친환경 디자인 설명 및 홍보</li> <li>○ 전기모터 효율 DB 구축(EuroDEEM)</li> </ul>
가전제품의 에너지 등급표시	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 냉장고, 냉동고 에너지 등급표시(2003)</li> <li>○ 전기오븐 에너지 등급 표시(2002)</li> <li>○ 공공기관 납품에 ‘Energy Star’ 획득 제품만 사용</li> </ul>
열병합 발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 소형 열병합발전소 1,000개 설립</li> </ul>

<출처> European Commission Energy Efficiency Legislation  
 ([http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/index_en.htm))

- 미국에서는 에너지 소비 효율화를 위하여 최근 각종 관련 법규를 제정하여 지원하는 정책을 추진
  - 2007년 'Energy Independence & Security Act'를 제정하여 에너지 효율화 및 청정에너지 개발을 지원
  - DOE는 'Grid 2030 Vision'을 발표하고 Smart Grid 구축을 위한 GridWise\* 계획 발표
  - \* GridWise 계획 :
    - 미국 DOE 및 민간기업의 컨소시엄으로 에너지의 생산·사용·분배를 비용 효율적으로 달성하기 위한 인프라·공정·정보기술 개발 및 시장 메커니즘 도입을 추구하며, GE, IBM, 시스코, American Electric Power 등 30여 개 기업이 컨소시엄에 참가
  - 정부, 민간 공동체인 CEE(Consortium for Energy Efficiency)를 구성하여 에너지 효율화 프로젝트에 자금 지원(2007년 37억 달러 지원)



<출처> GovTrack(<http://www.govtrack.us>)

[그림 2-3] 미국의 2007년 'Energy Independence & Security Act' 정책내용

(5) 유지관리

- 일반적 건물을 위한 통합관리시스템(FMS)과 이를 위한 데이터베이스의 축적으로 설립된 기관으로 The Building Owners and Managers Association(BOMA)가 있어 현재 정기적으로 관련 데이터를 수록한 잡지를 발간하고 있음
- 복합빌딩시스템에 수용되는 다양한 시설들의 방재 및 안전을 위한 grouping 기술이나 초고층의 특성에 부합하는 엘리베이터 관리기술 등 초고층의 유지관리적인 특성을 분석하고 이에 적합한 유지관리를 위해 체계적인 기술은 개발되어 있지 않는 실정임
- 미국, 일본 및 유럽의 경우 FMS를 통한 건물 에너지 절감 효과에 대해 크게 인식하고 있으며, 여러 정책을 통해서 BAS, IBS(Intelligent Building System), BEMS(Building Energy Management System)의 적용을 확대하고 있으며, 여러 그린빌딩 인증에서도 BAS 시스템의 경우 가산점을 부여함
- 국제적으로는 개방형 BIM표준제정 및 보급을 위하여 buildingSMART 국제연합 기구에서 건설 산업에서 이용되는 응용도구간의 정보의 공유 및 교환에 대한 표준을 마련하고 이를 각국에 전파하여 산업표준으로 삼기 위해 많은 노력을 경주하고 있음
- 미국의 경우 연방조달청(GSA)은 GSA에 납품시 IFC파일을 필수 제출항목으로 지정하며 미육군엔지니어링 사령부(USACE)는 로드맵을 통해 원가절감, 시간단축, 품질유지 및 개선을 위한 BIM 도입을 준비하는 등 2007년도부터 연방정부의 예산의 프로젝트로부터 개방형BIM표준 포맷(BIM/IFC) 제출 의무화함
- 핀란드는 2007년10월부터 개방형 BIM(IFC-BIM)의 채택과 IFC의 요구(건축설계 분야- 필수, 구조와 MEP분야 -장려), BIM Requirements 2007등 9권의 BIM지침 개발하였고, 스웨덴과 핀란드는 ERAbuild 프로젝트에 대한 기금으로 SARA 프로그램이 진행되는 것을 지원함
- 노르웨이는 건축분야 계획심사에 개방형 BIM(IFC-BIM) 기반의IFC와 GIS 활용을 전개 중이며, IFC는 노르웨이 건설 산업에서 모든 의사소통을 위한 표준으로 전개되고 있음
- 덴마크는 2007년 1월부터 BIM의 채택과 IFC의 요구로 개방형 BIM(IFC-BIM) 기반의 3D CAD-manual 2006 개발하며 모델서버가 건설 프로젝트에서 테스트 될 예정이며 BIM과 IFC 사용을 위한 가이드가 Boligfonden Kuben에 의해 지원 받은 연구 프로젝트 결과물로서 배포됨

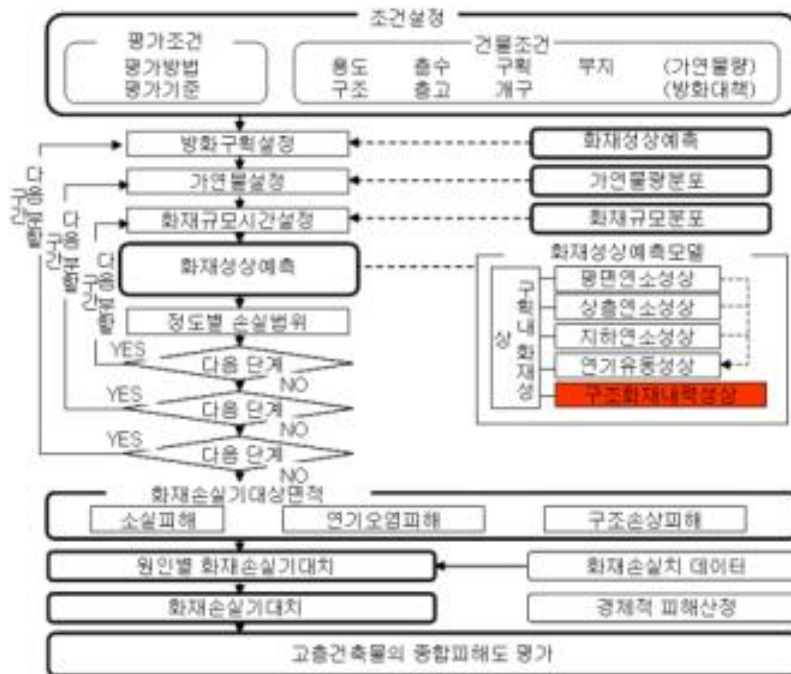
- 독일은 독일운송부(The German Ministry of Transportation)는 IFC 프로젝트에 대한 관련자들의 요구사항을 규정하고 있으며 FM view definition will support the national code of practice called "BFR Gbestand"로 불리는 국가코드 실행을 지원함
- 영국은 건설 Computing B555에 대한 영국표준협회(BSI) 표준을 제정하였으며 싱가포르 2002년에 설계도면 검토의 완전 전자화하며 개방형 BIM(IFC-BIM) 기반에 의한 설계도면 자동 검토 및 확인과 Web 포털(e-PlanCheck) 전개를 준비 중임
- 호주는 건설혁신을 위한 CRC는 협력모델서버 플랫폼, National BIM 가이드라인과 사례연구, Civil, Lnadscape와 빌딩 오브젝트에 대한 연구에 주력하고 있음
- 일본은 부 재정지원 : Research project from JACIC - 싱가포르의 ePlanCheck, CORENET에 초점을 맞춰 세계적인 BIM application 연구중임
- 중국은 STAND-INN 프로젝트 시작하여 "중국 빌딩표준과 디자인" 협회에서 관련 소프트웨어 교육을 위해 LBL에 인력을 파견하는 등 국가 11차 5개년 계획에 협력디자인 프로젝트에 기반한 IFC를 제안함
- 프랑스는 정부재정지원 : eXpert project, the Ministry of Industry에 의해 지원받는 IFC 보급하는 등 문화부(The Ministry of Culture)는 전문가들을 위한 교육 프로그램들을 지속적으로 지원함

#### (6) 방재

- 국내 내화기준이 두께와 구조체 종류만을 규정한 것과 달리 일본은 내화시간과 재료의 두께를 각각 정리하여 보다 정밀한 내화구조기준을 마련하였으며 또한 초고층 주거시설의 화재위험성 평가 플로우차트를 마련하여 초고층 주거시설의 화재에 대비하고 있음

[표 2-5] 일본 내화구조 기준

부위		내화시간	구 조
벽	내력간막이	2시간	철근콘크리트조로서 두께가 10cm 이상의 것
		1시간	철근콘크리트조로서 두께가 7cm 이상의 것
	비내력간막이	1시간	철근콘크리트조로서 두께가 7cm 이상의 것
	내력외벽	2시간	철근콘크리트조로서 두께가 10cm 이상의 것
		1시간	철근콘크리트조로서 두께가 7cm 이상의 것
기둥	3시간	소경이 40cm 이상인 철근콘크리트조	
	2시간	소경이 25cm 이상인 철근콘크리트조	
	1시간	철근콘크리트조	
바닥	2시간	철근콘크리트조로서 두께가 10cm 이상의 것	
	1시간	철근콘크리트조로서 두께가 7cm 이상의 것	
보	3시간	철근콘크리트조	
	2시간	철근콘크리트조	
	1시간	철근콘크리트조	
지붕	30분	철근콘크리트조	
계단	30분	철근콘크리트조	



[그림 2-4] 일본 화재위험성 평가 Flow chart

## 2절. 국내외 시장현황 및 전망

### 1. 국내 시장현황

#### 가. 국내 초고층 건축 현황 조사

- 1997년 외환위기 이후 국내 초고층 건축 붐이 일어나 초고층 주상복합아파트를 중심으로 90년대 국내 초고층건축 선도
  - 1980년대 후반 63빌딩(60층, '89년 준공), 무역회관(54층, '89년 준공)이 건설된 이후, 2000년대 초반부터 50층~60층 규모의 주상복합 건축물이 건설되어 2012년 국제금융센터(서울 여의도, 55층)가 건설되었음
  
- 2014년 4월 현재 국내에는 48개의 높이 200m 이상인 건축물이 준공되었으며, 계획되고 있거나 건설중인 건축물을 포함하면 총 68동의 건축물이 있음
  - 준공된 건축물 중 인천의 동북아무역센터가 68층, 313m로 가장 높으며, 주거용 건물은 2011년 완공된 부산 해운대의 워브 더 제니스가 80층 300m로 가장 높음
  - 총 48동의 건축물 중 서울이 15동으로 약 32%로 가장 높으나 2000년대 중반 이후 인천, 부산, 대구 등 에서 초고층건축물의 건설이 활발히 이루어졌음
  - 48동의 초고층건축물 중 31동 65%가 주거용이고 사용된 구조재료는 25건으로 68%를 점하고 있음
  - 2014년 현재 준공 또는 상량식을 마친 초고층 건축물 현황은 표 2-6와 같으며 200m 이상인 건축물은 총 49동임

[표 2-6] 국내 200m 이상 초고층 건축물 현황

	건물명	위치	층수	높이	준공		건물명	위치	층수	높이	준공
1	동북아트레이드타워	인천	68	313m	2014년	26	WTC 트레이드 타워	서울	55	229m	1988년
2	해운대 워브 더 제니스 타워 A	부산	80	301m	2011년	27	수성 리더스 뷰 타워 A	대구	57	225m	2010년
3	아이파크 마리나 타워 2	부산	72	292m	2012년	28	수성 리더스 뷰 타워 B	대구	57	225m	2010년
4	부산국제금융센터	부산	63	289m	2014년	29	일산 워브 더 제니스 타워 104	경기	57	224m	2013년
5	서울국제금융센터	서울	55	283m	2012년	30	메타폴리스 타워 102	경기	60	224m	2009년
6	해운대 워브 더 제니스 타워 B	부산	75	282m	2011년	31	아산 SK 펜타포트 레지던스 타워 1	충남	66	215m	2011년
7	아이파크 마리나 타워 1	부산	66	273m	2012년	32	일산 워브 더 제니스 타워 102	경기	54	215m	2013년
8	해운대 워브 더 제니스 타워 C	부산	70	265m	2011년	33	일산 워브 더 제니스 타워 103	경기	54	215m	2013년
9	WBC 더 팰리스 1	부산	71	265m	2011년	34	일산 워브 더 제니스 타워 106	경기	54	215m	2013년
10	WBC 더 팰리스 2	부산	71	265m	2011년	35	센텀 스타 B	부산	60	212m	2008년
11	타워 팰리스 3차 G동	서울	73	264m	2004년	36	일산 워브 더 제니스 타워 101	경기	53	212m	2013년

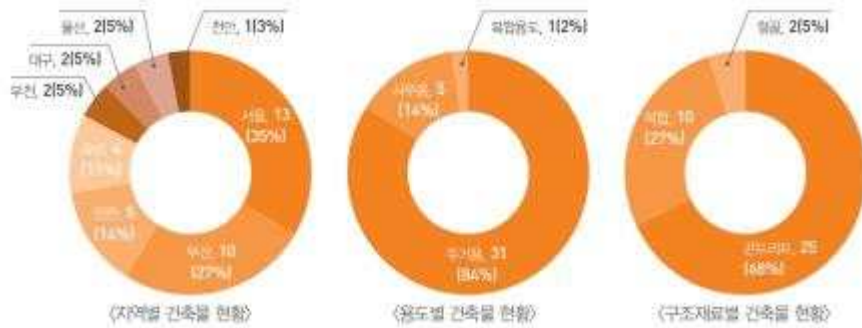
12	하이페리온 타워 A	서울	69	256m	2003년	37	일산 위브 더 제니스 타워 107	경기	53	212m	2013년
13	63시티	서울	61	249m	1985년	38	타워 팰리스 1차 A동	서울	59	209m	2002년
14	메타폴리스 타워 101	경기	66	249m	2009년	39	타워 팰리스 1차 C동	서울	59	209m	2002년
15	메타폴리스 타워 104	경기	66	247m	2009년	40	서면 센트럴 스타 A	부산	58	207m	2011년
16	전경련회관	서울	50	245m	2013년	41	일산 위브 더 제니스 타워 108	경기	51	206m	2013년
17	리첸시아 타워 1	경기	66	241m	2012년	42	아이파크 마리나 타워 3	부산	46	205m	2012년
18	리첸시아 타워 2	경기	66	241m	2012년	43	강남 파이낸스 센터	서울	45	205m	2001년
19	하이페리온 타워 B	서울	63	239m	2003년	44	메타폴리스 타워 103	경기	55	203m	2009년
20	더 샵 퍼스트 월드 타워 1	인천	67	237m	2009년	45	삼성타운	서울	44	203m	2007년
21	더 샵 퍼스트 월드 타워 2	인천	67	237m	2009년	46	하이페리온 타워 C	서울	54	201m	2003년
22	더 샵 퍼스트 월드 타워 3	인천	67	237m	2009년	47	울산 이안 엑소디움 타워 1	울산	54	201m	2011년
23	더 샵 퍼스트 월드 타워 4	인천	67	237m	2009년	48	울산 이안 엑소디움 타워 2	울산	54	201m	2011년
24	타워 팰리스 1차 B동	서울	66	234m	2002년	49	콘래드 서울 호텔	서울	38	200m	2012년
25	일산 위브 더 제니스 타워 105	경기	59	230m	2013년	*2014.4 현재 국내 초고층 건축 현황(위키피디아 참조)					

○ 초고층 건축물은 계획에서 준공까지 장기간이 소요되는 사업으로 중도에 변경 혹은 취소되는 사례가 많아 정확한 시장 규모는 유동적임

[표 2-7] 공사 진행 중인 상위 20개 초고층 건축물 현황

	건물명	상태	위치	층수	높이	완공예정
1	인천타워 1	공사중단	인천	150	587m	
2	인천타워 2	공사중단	인천	150	587m	
3	롯데월드타워	공사중	서울	123	555m	2015년
4	롯데타운타워	공사중	부산	108	510m	2019년
5	해운대관광리조트 랜드마크타워	공사중	부산	101	412m	2018년
6	해운대관광리조트 레지던스A	공사중	부산	85	398m	2018년
7	해운대관광리조트 레지던스B	공사중	부산	85	398m	2018년
8	파크원 타워 A	공사중단	서울	73	338m	
9	부산국제금융센터	내부공사중	부산	63	289m	2014년
10	파크원 타워 B	공사중단	서울	55	277m	
11	지웰시티 랜드마크 타워	공사중단	충북	55	255m	2015년
12	아트원 타워 1	공사중	인천	71	248m	2015년
13	아트원 타워 2	공사중	인천	71	248m	2015년
14	제주 에어레스트 시티 랜드마크 타워	공사중	제주	45	240m	2017년
15	제주 드림타워 콘도미니엄	공사중	제주	56	218m	2017년
16	해송 플라자	공사중단	인천	40	211m	
17	서울숲 월드 타워 1	공사중단	서울	51	207m	
18	서울숲 월드 타워 2	공사중단	서울	51	207m	
19	제주 드림 타워 호텔	공사중	제주	46	202m	2017년
20	이촌동 래미안 타워 A	공사중	서울	56	201m	2015년

- 막대한 비용과 오랜 사업기간이 수반되는 100층 규모의 초고층건축물 건설과 대규모 초고층 단지의 개발이 백지화되거나 유보되는 것과 달리, 단위지구를 대상으로 한 50층 전후의 초고층건축물의 건설은 많지 않으나 지속적으로 이루어지고 있음



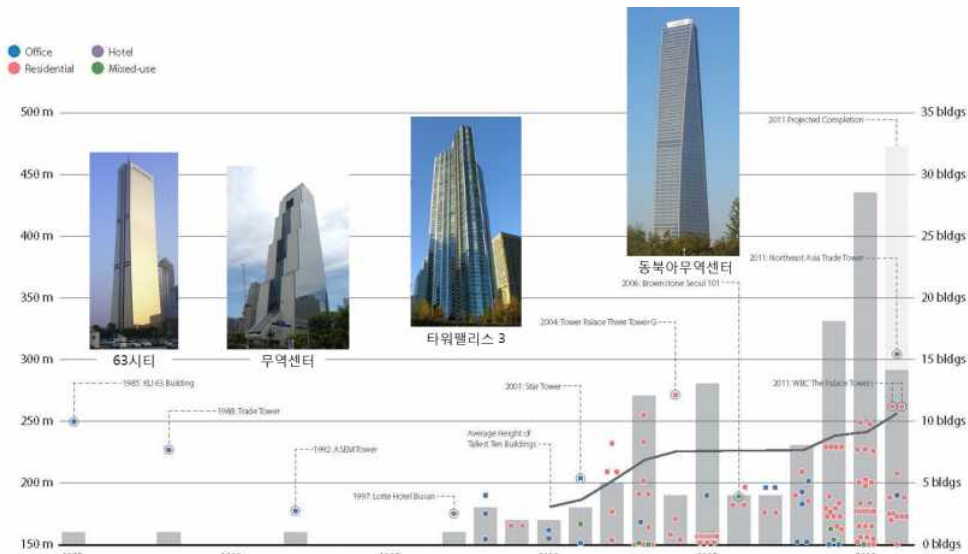
[그림 2-5] 높이 200m 이상인 국내 초고층건축물 현황(2013.3월 현재 준공 건축물)

[표 2-8] 국내 100층 이상 초고층 건축물 건설현황

건물명	위치	층수	발주처	설계사	시공사	사업비 (예산)	현단계
롯데 월드타워	서울	123층 (555m)	롯데쇼핑	KPF(미국), 범건축	롯데건설	3조원	공사중
용산 랜드마크	서울	111층 (620m)	코레일	미정	미정	31조원	백지화
서울 라이트타워	서울	133층 (644m)	서울시	SOM(미국), 삼우	대우건설 외	3.7조원	백지화
글로벌 비즈니스센터	서울	110층 (540m)	현대 기아차	미정	미정	2조원	사업변경 중
인천 타워	인천	151층 (610m)	인천경제자유 경제청	포트만홀딩스 (미국)	현대건설 외	3조원	착공지연
청라 시티타워	인천	150층 (453m)	LH공사	미정	미정	0.3조원	사업변경 중
부산 롯데타운	부산	110층 (510m)	롯데물산	SOM(미국), 희림	롯데건설	1.2조원	공사중
부산 솔로몬시티	부산	108층 (517m)	솔로몬 그룹	아삼 토트(미국), 간삼	미정	1.2조원	착공지연
해운대 관광리조트	부산	101층 (477m)	트리플 스퀘어	KPF(미국), 삼우	미정	3.4조원	착공지연

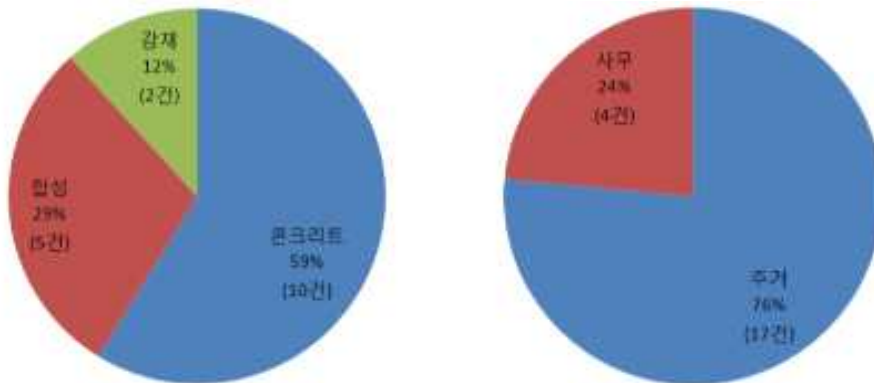
나. 현재 사용 중인 국내 초고층 건축물 현황(200미터 이상 또는 50층 이상)

- 현재 총 17건(46동)이 준공되었으며, 동북아무역센터가 68층, 305m로 가장 높으며, 주거용 건물은 2011년 완공된 부산 해운대의 위브 더 제니스가 80층 300m로 가장 높음



[그림 2-6] 국내 초고층 건축물 현황

- 초고층 건축에 사용된 재료는 콘크리트가 10건(59%), 합성이 5건(29%), 강재가 2건(12%) 순으로 사용되었음
  - ※ 63빌딩(1986년), 무역센터(1989년)를 제외하고 강구조는 사용되지 않음
- 초고층 건축의 용도는 주거(주상복합 포함) 용도가 13건(76%), 사무용도 4건(24%)을 차지하고 있음
  - ※ 주거용도의 대부분은 주상복합용도로, 2010년까지 대부분 주거용도로 건설되어 왔음



[그림 2-7] 2010년까지 준공된 초고층건축물에 사용된 재료 및 용도 분포

- 초고층건축물은 계획에서 준공까지 오랜 기간과 막대한 자금이 소요되는 사업으로 2008년 글로벌경제난에 따른 국내 건설경기의 극심한 불황에 기인하여 서울과 수도권에서 건립이 추진 중이던 100층이상 초고층건축물 9곳 중 서울 잠실 제2롯데월드를 제외한 8곳은 사업이 중단되었거나 중단위기로 심각한 사회문제화 되고 있음. 2013년 3월 단군 이래 최대 개발사업으로 불리웠던 총사업비 31조원의 “용산국제업무지구” 개발 사업이 무산되었음

- 현재까지 파악 가능한 초고층 건축물의 총 사업비는 약 35조원 규모이며 이중 100층 이상은 약 19조원, 50-100층 규모는 약 16조원으로 추정됨
- 초고층 건축물은 계획에서 준공까지 장기간이 소요되는 사업으로 사업진행 중 변경 또는 취소되는 사례가 있어 정확한 시장의 규모는 유동적임. 계획 중인 초고층 건축물의 실현율은 100층 이상은 약 22%, 50-100층 규모의 건축물은 70% 정도로 예측됨
- 오세훈 전 서울시장 재임시 추진하였던 한강르네상스 사업의 일환으로 추진되었던 성수동일단 재개발 사업과 서울 여의도 주거지역에 70층 규모의 3동의 복합 건축물과 평균 40층인 초고층 주상복합 건물로 건설하고자 추진하였던 “여의도 전략정비구역 통합개발 계획”이 2012년 폐지되었음. 이외에도 금호 16구역, 망원 1구역, 한남 2구역의 한강변 초고층 공동주택 사업이 건설경기 악화로 인한 사업성 저하 등의 사유로 중단될 위기에 처해 있음

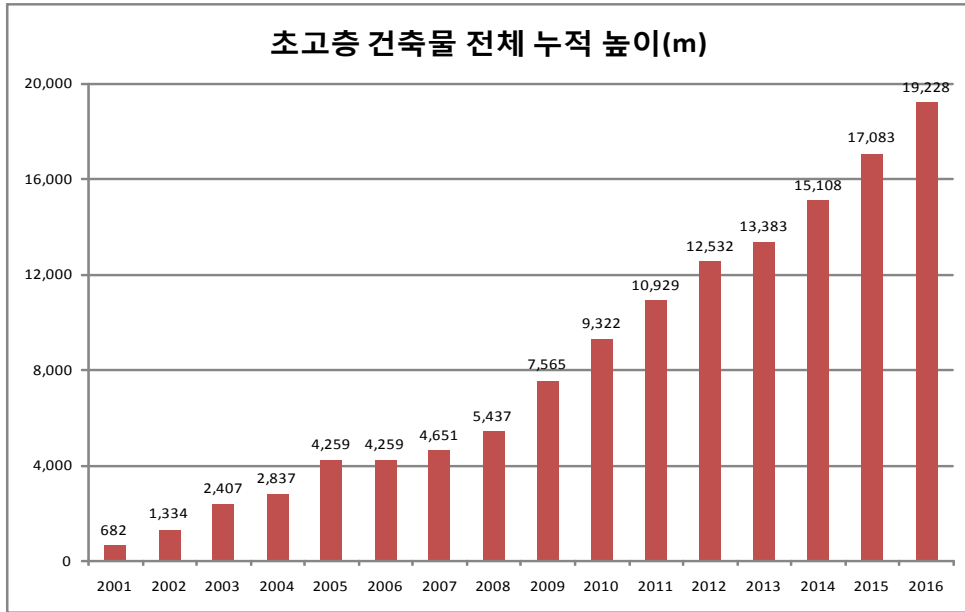
[표 2-9] 국내 초고층 건축물 준공 현황

순위	건물명	준공 년도	높이 <sup>1)</sup>	층수	동수	용도 <sup>2)</sup>	재료 <sup>3)</sup>
1	타워팰리스 III	2004	263	69	1	R	CP
2	현대하이페리온 타워	2003	251	69	3	R	C
3	63 빌딩	1986	250	60	1	O	S
4	동탄 메타폴리스	2010	247	66	4	R	C
5	송도더샵퍼스트월드	2009	235	64	4	R	C
6	타워팰리스 I	2002	234	66	2	R	CP
7	무역센터	1989	228	55	1	O	S
8	수성SK리더스뷰	2010	217	57	2	R	C
9	더샵센텀스타	2008	210	60	3	R	C
10	강남파이낸스센터	2001	204	45	1	O	C
11	서초 삼성타운	2008	203	44	1	O	CP
12	태화강엑소디움	2010	201	54	2	R	C
13	대구두산위브더제니스	2009	198	54	6	R	C
14	더샵스타시티	2007	196	58	2	R	C
15	타워팰리스 II	2003	191	55	2	R	CP
16	아카데미스위트	2004	167	25	1	R	CP
17	더샵센텀파크	2005	158	51	9	R	C

1) 다수의 동으로 구성된 건물의 경우 가장 높은 높이와 층수를 표기함  
 2) 용도 : R-주거, O-사무, H-호텔  
 3) 재료 : C-철근콘크리트, S-강재, CP-합성

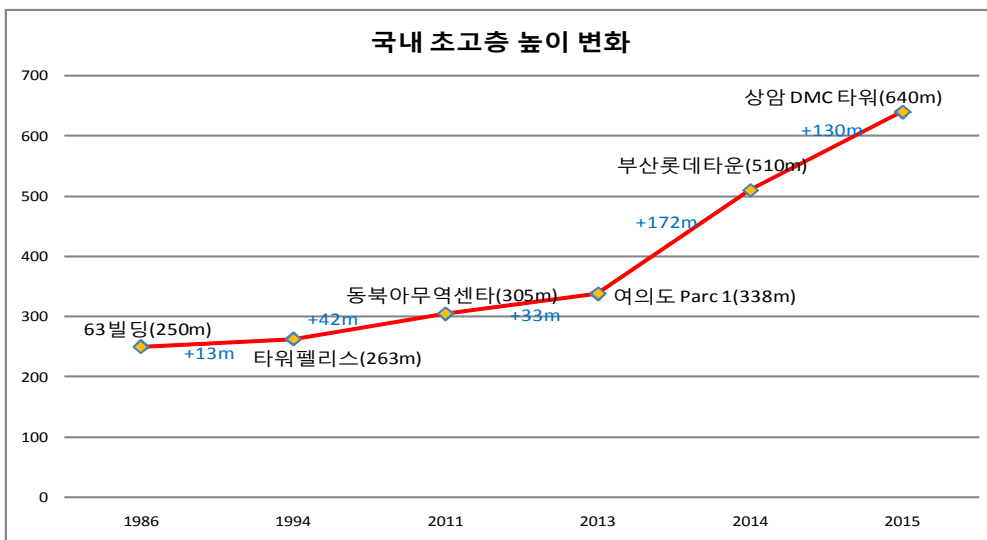
다. 초고층 건축물 누적 높이의 변화

- 2001까지 초고층 건축물의 누적높이는 682m에서 2010년까지 9,322m로 12.7배 높아졌으며, 2016년에는 현재의 2배 수준인 19,228m로 높아질 것임



[그림 2-8] 국내 초고층 건축물 전체 누적 높이 변화(2001~2016)

- 국내 최초의 초고층 건물인 63빌딩(1986년, 250m)이 준공된 이후 2011년 현재 최고층은 타워펠리스로 263m임
- 초고층 건설 분야의 비약적인 기술 발전을 통해 2015년 상암DMC 타워가 준공되는 2015년에는 640m로 현재보다 2.4배 높아질 전망이다

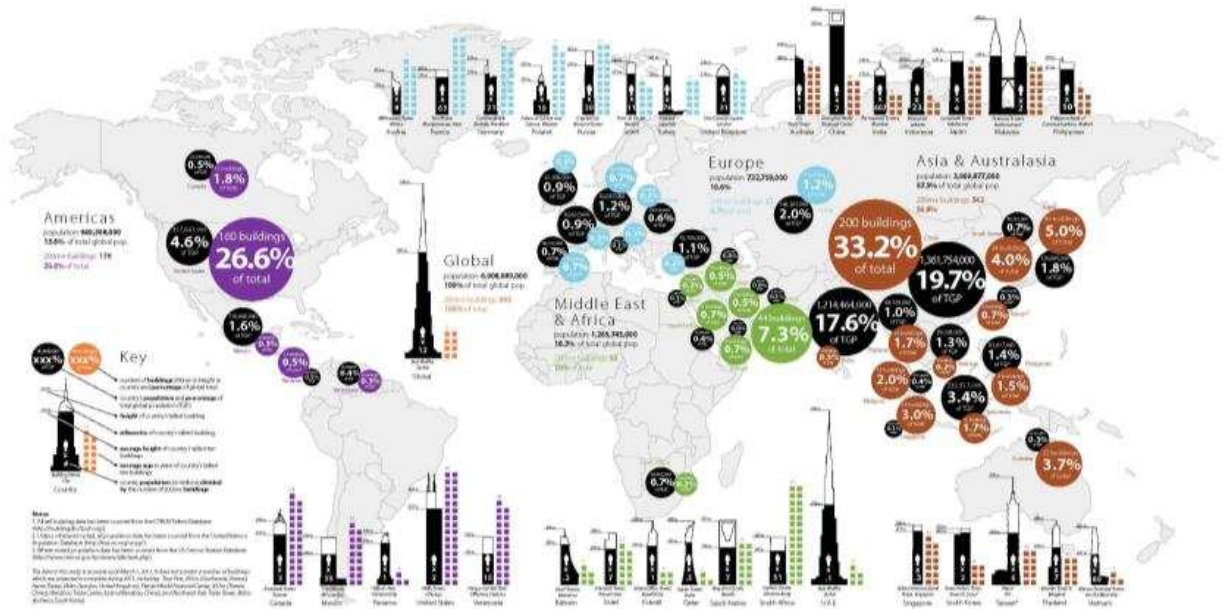


[그림 2-9] 국내 초고층 건축물 최고 높이 변화(1986~2015)

## 2. 국외 시장현황

### 가. 국외 시장동향

- 초고층건축물(Tall Building)의 건설은 1930년대, 70년~90년대에는 주로 미국을 중심으로 이루어졌음
  - 초고층건축물이 본격적으로 공급되기 시작한 60년부터 89년까지 30년 동안 초고층건축물은 총 124동이 건설되어 평균 1년에 4개동 정도 건설되었음
  - 60년대 1년에 1동~2동 정도 건설되었으며, 62년, 65년, 66년에는 1개 동도 공급하지 못하였으며, 70년~80년대에는 연간 5동~10동 정도 건설하였음
  - 90년대 10년 동안 70동이 공급되어 지난 30년간의 평균 공급 동수보다 약 2배 정도 증가하였음
  - 90년대 후반이후 중동, 중국, 아시아에서 건설한 초고층건축물이 계속해서 공급되어 전세계 초고층 건축물 시장은 급성장하였음
  - 2000년 이후 10년 동안 초고층 건축물은 총 320동이 공급되어 지난 60년대 이후 30년 동안 공급된 초고층건축물보다 약 2.6배 공급되었음
  - 특히 2006년 이후 5년이라는 단기간 동안 연평균 약 40동에 달하는 201동이 준공되어 약 1.7배 증가하였음
  - 이러한 추세는 지속적으로 이루어져 2010년 이후 5년 동안 연평균 약 98동에 달하는 490동이 공급될 것으로 예상되어 60년 이후 50년 동안 공급된 531동의 약 92%에 해당하는 490동이 5년 동안 공급될 것으로 예상됨
  - 특히 1960년도 이후 30년 동안 연평균 4동 정도 공급된 것과 비교하여 2010년 이후 5년 동안은 60년대~80년대의 공급 동수의 약 25배인 연평균 98동의 초고층건축물을 공급할 것으로 예상되어 초고층시장이 급성장하고 있음을 잘 알 수 있음
  
- 높이 300m이상의 초고층건축물(Supertall Building)은 90년대 중반이후 매년 1동~2동씩 공급되며, 특히 2010년~2012년에는 3년 연속 9개동을 공급하였음. 2010년 이후 초고층건축물 시장의 특징은 높이 600m이상의 초고층건축물(Megatall Building)이 공급되기 시작하였음
  - 향후 미국과 일본, 중동지역을 중심으로 1000~1600m 규모의 초고층건축물(Megatall Building)의 건립을 위한 계획이 활발히 추진되고 있음



[그림 2-10] 초고층 건축물 분포 현황

- 1900년 이후 2014년 1월 현재까지 준공된 초고층건축물 중 Burj Khalifa(Dubai, 828m)가 가장 높으며 높이 150m 이상의 건축물은 2,778동, 200m 이상의 초고층 건축물(Tall Building)은 764동, 300m 이상의 초고층건축물(Super Tall Building)은 70동 건설되었음
- 초고층건축물의 평균 높이는 2000년대는 375m(1,230ft), 2010년대에는 439m(1,440ft), 2020년대에는 598m(1,962ft)가 될 것으로 전망됨

나. 국가별/권역별 초고층 준공 동향

- 2011년 602동의 초고층건축물이 건설되었으며, 이중 아시아, 오세아니아 대륙이 인구비는 57.5%이고 초고층건축물 비율도 342동으로 56.8%를 차지하며, 다음으로 북미대륙이 30%인 178동을 건설하였음

[표 2-10] 대륙별, 인구별 200m 이상 초고층 건축물 비율(2011년 기준)

구분		아시아, 오세아니아	북미, 남미	중동, 아프리카	유럽	합계
인구	(억)/ (비율 %)	39.70억/ 57.5%	9.40억/ 13.6%	12.7억/ 18.3%	7.3억/ 10.6%	69.1억
200m 이상 초고층 건축물	(동)/ (비율 %)	342동/ 56.8%	178동/ 29.6%	60동/ 10%	22동/ 3.7%	총602동



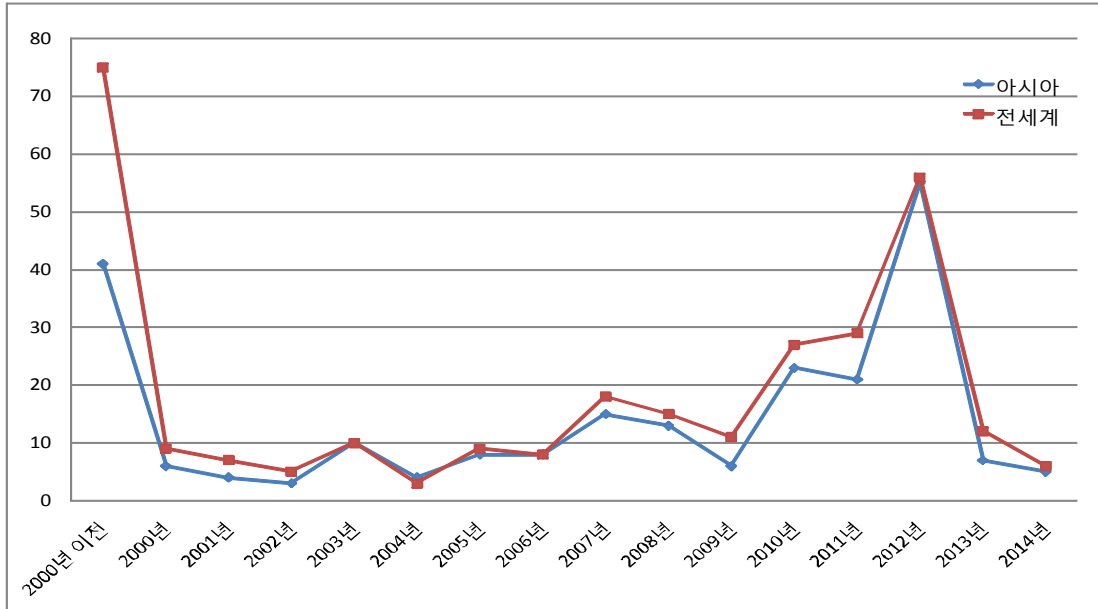
[그림 2-11] 2012년도 국가별 초고층 건축물 준공현황

- 2012년도에는 200m 이상 56동, 300m 이상 9동, 600m 이상 1동 총 66동의 초고층건축물이 준공되어 높이 200m이상 초고층건축물의 누적 동수는 2000년 263동에서 756동으로 약 3배 증가하였음
  - 중국이 13개시에서 22동 (약 33%)의 초고층 건축물을 공급하였음
  - 특히 광저우(Guangzhou)에서 준공된 펄 리버타워(Pearl River Tower, 309m, SOM 설계)는 건축물에 건물에너지 절약을 위한 이중 스킨 커튼 월(Double facade curtain wall), 태양 전지패널(Solar Panels), Daylight Harvesting시스템 등 에너지 효율적인 요소를 대폭 적용하여 주목을 받았음
  - 사우디아라비아, 아랍에미리트(UAE)를 비롯한 중동지역이 16동(약 21%)를 차지하였으며, 북미의 캐나다와 중남미의 파나마가 각 4동(5%)의 초고층건축물을 공급하였음
  
- 초고층건축물의 공급이 활성화되기 시작한 1990년 이후 전 세계에 공급된 높이 200m 이상 초고층건축물 중 아시아(중국, 중동 포함)대륙에서 공급하는 2010년까지는 55% 전후였으나 2012년도에 40동(53%), 2013년에 62동, 2014년도에 53동(약 42%) 등 총 155동을 공급하는 등의 사유로 2011년~2014년도의 경우 약 46%로 다소 저하되는 것으로 나타났으나 여전히 세계 초고층건축물의 최대시장임
- 아시아 지역 초고층건축물의 상위 300위 내에 포함되는 기준은 220m, 54층 이상으로 2001년부터 2014년까지 전 세계 초고층건축물 대비 85% 내외로 아시아 지역에서 초고층 건축이 강세를 보이고 있음

[표 2-11] 2000년 이후 아시아 지역의 220m이상 초고층 건축물 준공 현황

구분	'01~'05		'06~'10		'12~'14	
	건수	비율	건수	비율	건수	비율
전세계(동)	43	100%	79	100%	103	100%
아시아(중국포함)	35	81%	65	82%	88	85%

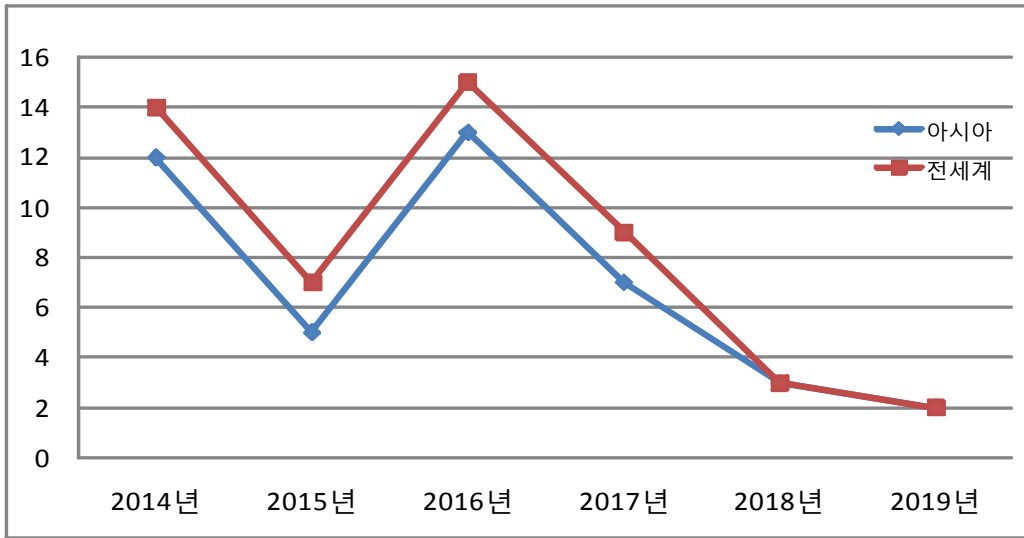
- 2000년 이후 상위 300위 초고층 건축물 현황을 살펴보면 전 세계의 경우 240m, 30층인 일본 NTT 도쿄모 요요기 빌딩이며, 아시아 지역의 경우 220m, 54층인 중국 선전 세계금융센터 타워A임. 전 세계 300위 내에 포함되는 기준을 적용하였을 때 아시아에 건설된 214동이 이에 해당됨



[그림 2-12] 2000년 이후 상위 300위 초고층 건축물 현황

- 중국 베이징에서는 2016년 말 완공을 목표로 높이 523m의 '중귀준' 빌딩을 건설 중이고 충칭에는 높이 470m의 '충칭국제금융센터', 광둥성 선전에서는 높이 587m인 '핑안국제금융빌딩', 상하이에서는 2008년 착공된 높이 632m의 '상하이 센터빌딩'이 2014년 준공 예정으로 현재 건설 중인 초고층건축물이 332개이고 토지 구매, 설계 입찰 등에 착수한 초고층 빌딩도 516개에 달함
- 미국의 초고층건축물이 현재 533개로 세계 1위지만 건설 중이거나 계획 중인 초고층건축물이 30개에 불과해, 중국의 초고층건축물이 2017년에는 총 800동, 2022년에는 총 1,318동으로 미국 563개의 2.3배에 이를 것으로 전망됨
  - 2013년 1월 현재 건설 중이거나 계획 중인 높이 150m 이상 초고층건축물은 총 1,534동으로 이중 아시아가 798동, 52.1%로 가장 높으며, 종동을 아시아에 포함하면 총 880동으로 약 57%에 달하며 북미는 191동으로 약 12.5%에 달함
  - 전세계적인 경제 위기에도 불구하고, 아시아는 여전히 초고층건축물의 최대시장임을 알 수 있음
- 미국은 초고층건축물의 설계, 엔지니어링 분야에서 세계시장 선도하고 있음. 유럽은 환경기술을 접목한 건설기술부분에서 경쟁력을 가지고 있으며 일본은 초고층건축물의 풍하중 제어에 필수적인 제지시스템 등에 경쟁력을 가지고 있음. 최근 중국은 자국시장의 급격한 성장을 계기로 자체기술력 확보를 위한 노력을 기울이고 있음

- 2008년 글로벌 금융위기 이후 전 세계적인 경기불황 속에서도 초고층건축물에 대한 수요는 지속적으로 이루어졌으며 향후 전통적인 아시아시장이외에도 중남미, 아프리카, 인도 등에서도 초고층건축물 시장이 활성화될 것으로 기대됨



[그림 2-13] 2014년 현재 준공 또는 준공예정 초고층 건축물 현황

- 2014년 현재 준공 또는 2014년 이후 준공예정인 초고층 건축물 현황을 살펴보면 약 80% 이상이 아시아 지역에 분포되어 있으며, 2018년 이후부터 아시아 지역에서만 초고층건축물이 준공될 예정임
- ※참고 : 위키피디아 초고층 건축물 현황 참조(2014년 4월 현재)

[표 2-12] 2014년 현재 아시아 지역의 준공 또는 준공예정 초고층 건축물 현황

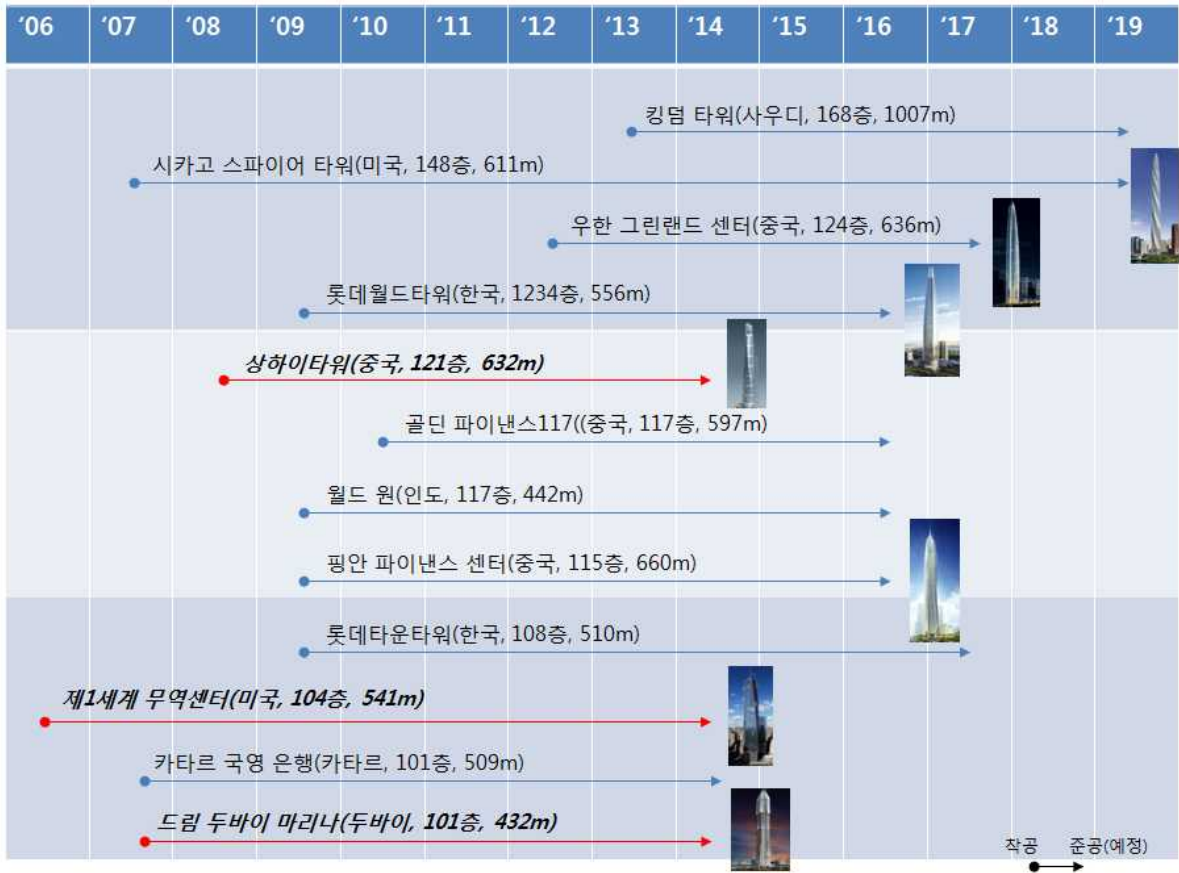
구분	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
전세계(동)	14	7	15	9	3	2
아시아(중국포함)	12	5	13	7	3	2

- 세계 50위 내 범위에 있는 2014년 준공 또는 준공예정인 초고층 건축물은 높이 322m, 76층까지이며, 아시아 지역의 초고층 건축물도 같은 조건(높이, 층수) 범위 내에 속하는 건축물을 살펴보면 표 2-13과 같음

[표 2-13] 2014년 이후 준공 예정인 상위 50위 초고층 건축물 목록











전 세계							아시아					
	건물명	도시	층수	높이	착공 년도	준공 년도		건물명	도시	층수	높이	준공 연도
1	킹덤 타워	제다	168	1007m	2013년	2019년	1	킹덤 타워	제다	168	1007m	2019년
2	스카이 시티	창사	202	838m	2013년	2014년	2	스카이 시티	창사	202	838m	2014년
3	핑안 파이낸스 센터	선전	115	660m	2009년	2016년	3	핑안 파이낸스 센터	선전	115	660m	2016년
4	우한 그린랜드 센터	우한	124	636m	2012년	2017년	4	우한 그린랜드 센터	우한	124	636m	2017년
5	상하이 타워	상하이	121	632m	2008년	2014년	5	상하이 타워	상하이	121	632m	2014년
6	시카고 스파이어타워	시카고	148	611m	2007년	2019년	6	폴딘 파이낸스 117	텐진	117	597m	2016년
7	폴딘 파이낸스 117	텐진	117	597m	2010년	2016년	7	롯데월드타워	서울	123	556m	2016년
8	로즈 록 국제금융센터	텐진	101	587m	2012년	2017년	8	더 CTF 광저우	광저우	111	530m	2015년
9	롯데월드타워	서울	123	556m	2009년	2016년	9	CTF 텐진 타워	텐진	97	530m	2017년
10	제 1 세계 무역 센터	뉴욕	104	541m	2006년	2014년	10	중국존	베이징	108	528m	2016년
11	더 CTF 광저우	광저우	111	530m	2009년	2015년	11	다렌 그린랜드 센터	다렌	88	517m	2017년
12	CTF 텐진 타워	텐진	97	530m	2012년	2017년	12	롯데타운타워	부산	108	510m	2017년
13	중국존	베이징	108	528m	2010년	2016년	13	카타르 국영 은행	도하	101	509m	2019년
14	다렌 그린랜드 센터	다렌	88	517m	2012년	2017년	14	국제상업센터	충칭	99	468m	2016년
15	롯데타운타워	부산	108	510m	2009년	2017년	15	텐진 R&F 타워	텐진	91	468m	2016년
16	페더레이션 타워	모스크바	93	509m	2003년	2016년	16	쭈저우 슈퍼타워	쭈저우	92	452m	2016년
17	카타르 국영 은행	도하	101	509m	2007년	2014년	17	월드 원	뭄바이	117	442m	2016년
18	국제상업센터	충칭	99	468m	2009년	2016년	18	드림 두바이 마리나	두바이	101	432m	2014년
19	텐진 R&F 타워	텐진	91	468m	2011년	2016년	19	해운대 관광 리조트 랜드마크 타워	부산	101	412m	2018년
20	라흐타 센터	샹트페테르부르크	86	463m	2012년	2018년	20	난징 올림픽 서닝 센터	난징	88	400m	2017년
21	쭈저우 슈퍼타워	쭈저우	92	452m	2010년	2016년	21	해운대 관광 레지던스 타워 A	부산	85	398m	2018년
22	월드 원	뭄바이	117	442m	2009년	2016년	21	해운대 관광 레지던스 타워 B	부산	85	398m	2018년
23	드림 두바이 마리나	두바이	101	432m	2007년	2014년	23	아부다비 플라자	아스타나	88	382m	2017년
24	432 파크 에비뉴	뉴욕	89	426m	2007년	2015년	24	주장 뉴 시티 타워	광저우	87	371m	2015년
25	제 2 세계 무역 센터	뉴욕	88	415m	2011년	2016년	25	베트민 은행 오피스 타워	하노이	68	363m	2016년
26	해운대 관광 리조트 랜드마크 타워	부산	101	412m	2013년	2018년	26	월드 뷰	뭄바이	90	360m	2016년

27	난징 올림픽 서닝 센터	난징	88	400m	2012년	2017년	27	시노 강철 타워	톈진	77	355m	2014년
28	해운대 관광 리조트 레지던스 타워	부산	85	398m	2013년	2018년	28	포럼 66 타워 A	선양	68	351m	2014년
29	아부다비 플라자	아스타나	88	382m	2011년	2017년	29	라마르 타워	제다	72	350m	2014년
30	제 3 세계 무역 센터	뉴욕	80	378m	2011년	2017년	30	거저우바 인터내셔널 플라자	우한	69	350m	2014년
31	주장 뉴 시티 타워	광저우	87	371m	2009년	2015년	31	샤먼 국제 센터	샤먼	81	339m	2016년
32	베트인 은행 오피스 타워	하노이	68	363m	2011년	2016년	32	충칭 세계금융센터	충칭	73	339m	2014년
33	월드 뷰	뭄바이	90	360m	2010년	2016년	33	파크원 타워 A	서울	73	338m	2017년
34	시노 강철 타워	톈진	77	355m	2007년	2014년	34	오르초이드 크라운 타워	뭄바이	73	337m	2016년
35	포럼 66 타워 A	선양	68	351m	2009년	2014년	35	ADNOC 헤드쿼터스	아부다비	65	335m	2014년
36	라마르 타워	제다	72	350m	2009년	2014년	36	DAMAC 하이츠	두바이	85	334m	2016년
37	거저우바 인터내셔널 플라자	우한	69	350m	2008년	2014년	37	남아시아의 문	쿤밍	83	333m	2014년
38	샤먼 국제 센터	샤먼	81	339m	2009년	2016년	38	톈진 케리 센터	톈진	72	333m	2014년
39	충칭 세계금융센터	충칭	73	339m	2008년	2014년	39	난징 세계무역센터	난징	69	328m	2015년
40	파크원 타워	서울	73	338m	2008년	2017년	40	한 궝 시티 타워	선전	80	328m	2015년
41	오르초이드 크라운 타워	뭄바이	73	337m	2010년	2016년	41	엔타이 쉬마오 넘버원 더 하버	엔타이	57	323m	2014년
42	오코 타워	모스크바	91	336m	2008년	2015년	42	타이베이의 문	타이베이	76	322m	2015년
43	ADNOC 헤드쿼터스	아부다비	65	335m	2009년	2014년	43	폴라리스 로얄 뭄바이	뭄바이	75	320m	2014년
44	DAMAC 하이츠	두바이	85	334m	2010년	2016년	44	화이트 망고니아 플라자	상하이	67	319m	2014년
45	남아시아의 문	쿤밍	83	333m	2007년	2014년	45	글로벌 센터	창저우	72	318m	2014년
46	톈진 케리 센터	톈진	72	333m	2009년	2014년	46	리버사이드 센추리 플라자	우후	66	318m	2015년
47	난징 세계무역센터	난징	69	328m	2008년	2015년	47	마하나쿤	방콕	77	315m	2015년
48	한 궝 시티 타워	선전	80	328m	2010년	2015년	48	나마스태 타워	뭄바이	62	315m	2014년
49	엔타이 쉬마오 넘버원 더 하버	엔타이	57	323m	2009년	2014년	49	스트레포드 레지던스	마카터	70	312m	2015년
50	타이베이의 문	타이베이	76	322m	2010년	2015년	50	세민도 센터	자카르타	63	310m	2015년



[그림 2-14] 2014년 이후 준공 예정 초고층 건축물 현황

[표 2-14] 2014년 현재 100층 이상 초고층 건축물 현황

순위 / 명칭	1 부르즈할리파 (Burj Khalifa)	2 상하이타워 (Shanghai Tower)	3 알베이트 타워 (Abraj Al Bait Towers)	4 제1 세계 무역센터 (One World Trade Center)	5 타이베이 101 (Taipei World Financial Center)
형태					
완공 높이/층	2010년 828m/163층	2014년 632m/121층	2013년 601m/120층	2014년 541m/104층	2004년 509m/101층
재료	스틸, 콘크리트	복합	스틸, 콘크리트	복합	복합
용도	오피스, 주거, 호텔	호텔, 오피스	호텔	오피스	오피스
순위 / 명칭	6 상하이 세계금융센터 (Shanghai World Financial Center)	7 국제상업센터 (International Commerce Centre)	8 윌리스 타워 (Willis Tower)	9 징지 100 (Kingkey 100)	10 광저우 국제금융센터 (Guangzhou International Finance Center)
형태					
완공 높이/층	2008년 492m/101층	2011년 484m/118층	1973년 442m/108층	2012년 440m/110층	2010년 437m/103층
재료	복합	복합	스틸	복합	복합
용도	오피스, 상업, 호텔	호텔, 오피스	오피스	오피스, 상업, 주거, 호텔	오피스

※wikipedia.org 참조

- 현재 100층 이상의 초고층 건축물은 약 15동으로 집계되며, 상위 10위에 기록된 건축물 중 1973년 완공된 윌리스타워를 제외한 대부분은 2010년 이후 완공

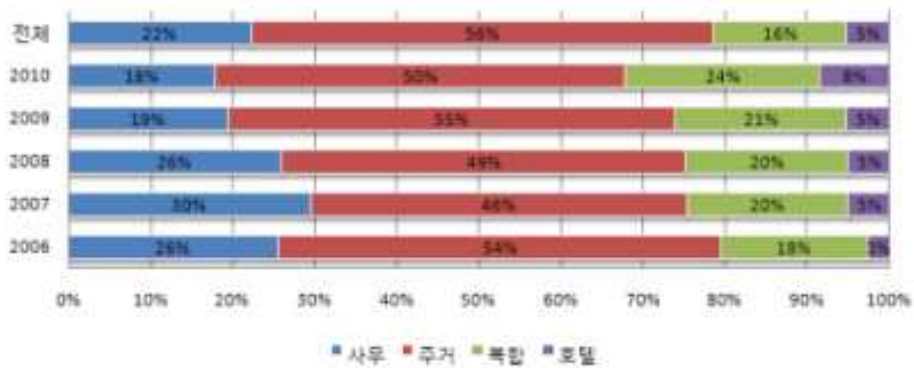
다. 사용 재료별/용도별 동향

- 초고층 건축에 사용되는 재료별 동향은 현재까지 콘크리트가 81%로 가장 많으며 합성재료, 강재, 혼합재료의 순으로 사용됨
- 최근의 경향은 콘크리트재료의 사용량이 감소하고, 합성재료의 사용량이 증가하고 있음



[그림 2-15] 초고층복합빌딩 사용 재료별 분포 현황

- 초고층 건축에 사용되는 용도별 동향은 현재까지 주거용도가 56%로 가장 많으며, 사무 22%, 복합 16%, 호텔 5% 순으로 활용됨
- 최근은 순수 주거용도는 점차 감소하고 있으며, 복합용도가 증가하는 추세임



[그림 2-16] 초고층복합빌딩 사용 용도별 분포 현황

### 3절. 기술동향분석

#### 1. 기술분류 및 정의

##### 가. 조사 대상 기술

초고층복합빌딩 분야 특허 및 논문 분석을 위한 기술분류체계는 현행 연구단 운영 체계와 동일한 기술 분류체계를 적용하였음

○ 본 연구에서 특허 및 논문 분석을 위해 적용된 기술트리는 표 2-15와 같음

[표 2-15] 초고층복합빌딩 특허 및 논문 분석 기술 분류체계

대분류	중분류	소분류
1. 사업 관리 기술 개발	1-1. 초고층 사업관리 기술	1-1-1. 초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 (설계·유지관리·전력망)
2. 핵심 엔지니어링 기술개발	2-1. 비정형 통합설계시스템	2-1-1. 비정형 구조 시스템 최적화 설계 기술
		2-1-2. 비정형 통합 설계 전산플랫폼
	2-2. 에너지 저감 환경기술	2-2-1. 재생에너지 활용기술
		2-2-2. 저에너지형 내부환경 조절설비기술
	2-3. 구조시스템 성능 개선기술	2-3-1. 풍진동 제어기술
2-3-2. 연쇄붕괴 방지기술		
2-3-3. 초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계기술		
2-4. 수직도시공간계획 기술	2-4-1. 초고층 수직도시공간 건축설계 기술	
3. 재료 및 시공 기술 개발	3-1. 저탄소 고성능재료기술	3-1-1. 고강도강 실용화 기술
		3-1-2. 슈퍼콘크리트실용화기술
		3-1-3. 고성능 강-콘크리트 합성구조기술
	3-2. 고속시공기술	3-2-1. 지능형 현장시공 기술
3-2-2. 통합형 공정관리 기술		
4. 유지관리 및 방재 기술개발	4-1. 빌딩자동화 관리기술	4-1-1. 지능형유지관리기술
		4-1-2. 시설물 센서네트워크 기술
	4-2. 전력망 연동형 초고층복합빌딩 시스템	4-2-1. 초고층빌딩용 전력설비 및 시스템 통합 기술
		4-2-2. 초고층 빌딩의 전력계통 연동 설계 및 기술
	4-3. 초고층 방재안전기술	4-3-1. 방재안전 확보기술
		4-3-2. 화재위험성 평가 및 화재진압기술
		4-3-3. 내화성능 확보기술

- 특허 및 논문 분석의 결과를 초고층복합빌딩 분야의 선진국 대비 기술수준 조사·분석을 위한 기초 자료로 활용하기 위해 기존 초고층복합빌딩 연구단의 운영체계를 동일하게 활용함
- 기술분류체계를 연구단의 구성체계를 고려하여 대분류(4개), 중분류(10개), 소분류(21개)로 한정함(소분류는 초고층복합빌딩 연구단의 세세부과제를 모두 포함하고 있음)
- 특허의 분석은 기술분류체계(표 2-15)의 중분류 단계에서 범위 및 검색어 설정을 통해 분석을 실시하였음
- 논문의 분석은 기술분류체계의 소분류 단계에서 범위 및 검색어 설정을 통해 분석을 실시하였음

#### 나. 조사 대상 기술의 개요

초고층복합빌딩 기술은 공통기술, 누락기술을 통합 재조정하여 사업관리 기술개발, 핵심엔지니어링 기술개발, 재료 및 시공기술개발, 유지관리 및 방재 기술개발로 분류 정의함

##### (1) 핵심엔지니어링 기술개발

- 초고층복합빌딩 건축물의 설계단계에서 고려되어야하는 여러 가지 엔지니어링 분야의 기술(비정형성, 에너지 과소비, 풍하중 및 연쇄붕괴방지, 수직형 도시에 따른 도시계획기술에 대하여 발생하는 문제점을 해결하기 위한 연구 개발)로 정의
- 중분류-비정형 통합설계시스템개발, 에너지저감 환경기술개발, 구조시스템 성능개선 기술개발, 수직도시공간계획 연구개발을 포함함
- 비정형 통합설계시스템개발은 비정형 초고층 구조시스템의 경제성과 구조 및 시공안정성 확보가 가능한 구조설계 기술개발, 요소기술복합과 첨단IT융합에 의한 비정형 구조시스템설계 전산플랫폼개발로 정의 되며 2개의 소분류로 구성됨
  - 비정형 구조 시스템 최적화 설계 기술 개발 : 비정형 초고층 구조시스템의 경제성과 구조 및 시공안정성 확보가 가능한 구조설계기술로 비정형 초고층 구조설계기술, 비정형 초고층 내진설계기술, 비정형 초고층 구조요소설계기술, 시공 단계를 고려한 구조시스템설계기술, 비정형 구조 시스템의 최적설계기술을 포함
  - 비정형 통합 설계 전산플랫폼 개발 : 요소기술복합과 첨단IT융합에 의한 비정형 구조시스템설계전산 플랫폼 개발기술로 비정형 초고층 골조 설계 전산플랫폼(전산설계 알고리즘, 골조설계요소 모듈, 구조시스템 프로토타입), 비정형 초고층 골조설계 융복합화 기술(구조 파라미터 분석, 골조정보 모델구축)을 포함

- 에너지저감 환경기술개발은 초고층복합빌딩의 에너지와 환경문제 해결 기술, 초고층복합빌딩의 공간 활용성 제고 및 에너지 효율 향상 기술, 초고층실내환경, 소음, 진동, 거주쾌적성 향상 기술을 포함하여 2가지의 소분류로 구성됨
  - 재생에너지 활용기술 개발 : 태양광, 풍력, 연료전지 등 하이브리드 파워 시스템 적용기술, 초고층 건축물 BIPV 적용 기술을 포함
  - 저에너지형 내부환경 조절설비기술 개발 : 환기 통합형 콤팩트 HVAC 시스템, 다기능 조립식 냉난방 패널 시스템 적용 및 제어기술, 천장형 조립식 복사패널 적용 기술을 포함
  
- 구조시스템 성능 개선 기술개발은 초고층구조물에서 반드시 수반되는 풍하중에 의한 하중작용과 사용성검토 관련 기술, 연쇄붕괴 방지를 위한 대책 기술, 테러 등 인위 재해 예방 기술을 포함하여 3가지의 소분류로 구성됨
  - 풍진동 제어기술 개발 : 초고층 풍특성 및 풍동시뮬레이션 및 풍동실험 관련 기술, 최소 질량형 하이브리드 제진장치 제작 및 설계기술, 초고층 건축물의 풍응답 및 풍하중 평가기술, 초고층 건축물의 풍진동 예측 및 동특성 분석 기술을 포함
  - 연쇄붕괴 방지기술 : 비정상 하중의 정밀해석기법 및 연쇄붕괴해석기술, 초고층 건축물 연쇄붕괴 거동 평가 기술을 포함
  - 초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계기술 개발 : 테러위험도 평가모델, 내부/외부 설계폭발하중 산정 및 해석기술, 내부 및 지하 폭발에 의한 구조 설계 기술개발을 포함
  
- 수직도시공간계획 연구개발은 기존의 2차원적 도시공간에서 초고층의 3차원적 고밀도 수직도시공간으로 구현하기 위한 계획 및 설계기술을 개발하여 초고층 핵심 기술 자립화 및 브랜드 창출 관련 기술로 다음의 소분류로 구성됨
  - 초고층 수직도시공간건축설계기술 개발 : 복합적인 수직도시공간의 효율적 이용을 위한 건축설계기술로써, 초고층 수직용도배분 전문가시스템 (ExpertSystem), 초고층 수직교통동선 초기대안개발 소프트웨어개발, 초고층의 거주쾌적성 확보기술 및 초고층 주거건축 설계기술 확보와 초고층 건축물의 MASS 최적화 및 파사드 디자인 설계기법과 센싱 기술을 이용한 유비쿼터스 공간에서의 에너지 저감 설계 및 계획기술을 포함

(2) 재료 및 시공 기술개발

- 저탄소 고성능 재료 개발 및 실용화 기술 확보를 통한 초고층 복합 빌딩의 "공사비 절감 및 고성능 재료"의 개발과 "고속시공기술" 개발로 정의
  
- 중분류- 저탄소 고성능재료 기술개발, 시공안정성 기술개발, 고속시공기술개발을 포함함

- 저탄소 고성능 재료 기술개발은 재료 개발 및 실용화 기술 확보를 통한 초고층 복합 빌딩의 공사비 절감 및 고성능 재료의 개발 기술로 3가지 소분류로 구성됨
  - 고강도강 실용화 기술 : 초고층 건축용 고강도강 소재 및 부재 개발기술, 초고층건축용 고강도강 이용 시스템설계기술, SRC기반강·콘크리트 하이브리드시스템 적용기술을 포함
  - 슈퍼콘크리트 실용화 기술 : 현장타설 상온양생 초고강도 콘크리트 개발기술, 초고성능 감수제 개발기술, 경량콘크리트 배합 및 펌프 압송기술개발, 경량골재 개질 개선 및 최적화 기술개발, 경량콘크리트 생산기술 및 B/P 적용기술을 포함
  - 고성능 강·콘크리트 합성구조기술 : 강·콘크리트 합성구조 재료기술, 고강도 전단스터드 개발 및 현장 적용기술, 강·콘크리트 합성부재(SRC, CFT)개발 및 현장적용기술, RC기반 하이브리드시스템 현장적용 기술, 공기단축형 장경간 합성보 개발기술을 포함
  
- 고속시공기술개발은 시스템 거푸집, 고속 펌핑기술 및 양중기술을 활용한 초고층 건축공사 공기 단축 기술과 통합형 사업관리 기술을 활용하여 마감 및 설비 TACT Time 단축 기술로 2가지 소분류로 구성됨
  - 지능형 현장시공 기술 : 고속시공 통합플랫폼 및 자가진단형 시스템 거푸집 개발기술, 일체식 자동인양 Formwork 시스템, 고속시공 지원을 위한 펌핑기술, 비정형 초고층 리프트 및 이동식 급전기술, 리프트 정보 관리 및 운영효율 평가기술, 통합형 공정관리 시스템과 연계된 양중장비 최적조합, 위치선정 및 운영최적화기술, 리프트 모니터링 및 제어기술을 포함
  - 통합형 공정관리 기술 : 통합공사관리 시스템 및 현장운영기술(다공구 동기화 정보관리, BIM기반 원가관리, BIM기반 공정-원가 통합관리), 다공구 동기화 공정지원을 위한 최적 계획 및 모니터링기술(적정 주문량 및 재고량 산정모델, 현장물류 최적화, 자재 모니터링 등)

### (3) 유지관리 및 방재 기술 개발

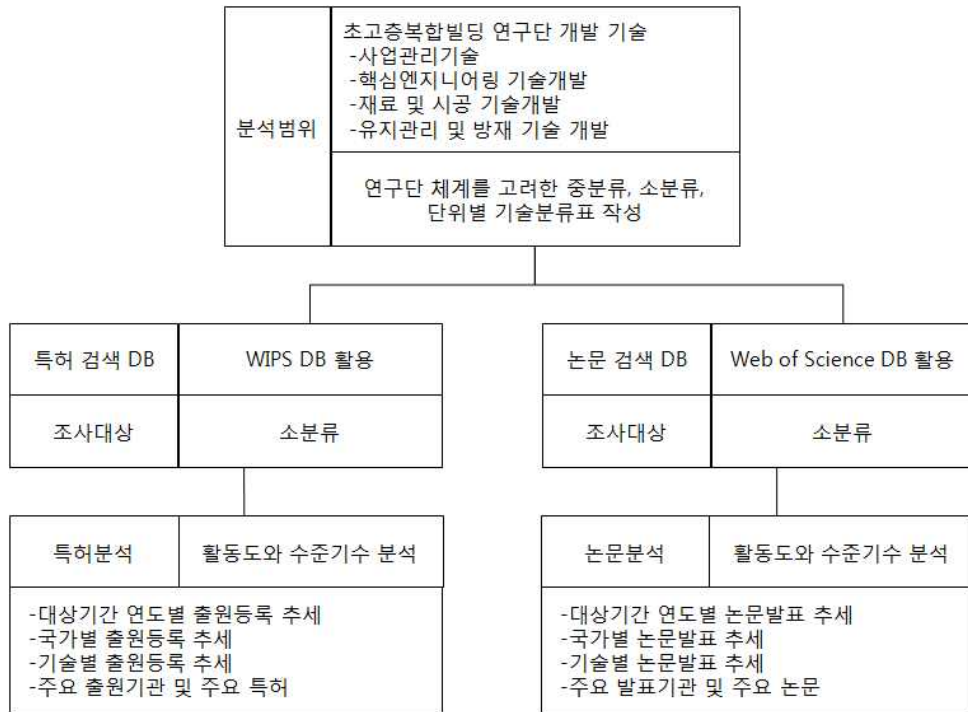
- 초고층빌딩의 현재 상태를 지속적으로 모니터링하고, 이상상태를 감지하는 관련 관리기술 개발과 화재로부터 안전안심 공간 마련을 위한 피난, 화재 위험성 평가, 내화성능 향상 관련 기술 개발로 정의
- 중분류- 빌딩자동화 관리기술 개발, 전력망 연동형 초고층복합빌딩 시스템 개발, 초고층 방재안전기술 개발을 포함함
- 빌딩자동화 관리기술 개발은 초고층빌딩의 여러 가지 물리적, 환경적 요인을 감지할 수 있는 센싱기술을 포함하여, 이들과 IT기술의 융복합을 통한 유지관리시스템 개발 기술로 2가지 소분류로 구성됨
  - 지능형유지관리기술 개발 : 초고층빌딩 자동화 관리기술 확보를 위한 지능형

- 유지관리, IT기술을 활용하여 네트워크 구축을 통한 예방적 유지관리체계 구축 기술, 초고층빌딩 최적 운영 및 유지관리시스템 구현기술을 포함
  - 시설물 센서네트워크 기술 개발 : 무선통신 체계활용, 다양한 초고층빌딩 환경 감지기술을 포함
- 전력망 연동형 초고층복합빌딩 시스템 개발은 전력망 연동기술을 이용하여 초고층빌딩의 전력에너지 비용을 효율적으로 운영하는 기술과 전력망연동 기술적용을 위하여 플랫폼과 전력자원 분석 및 관리기술 개발로 2가지 소분류로 구성됨
- 초고층빌딩용 전력 설비 및 시스템 통합기술 개발 : 고효율 면광원 조명설계 및 Network 제어기술, 초고층빌딩용 전력망 연계 조명시스템 개발(DC대응 고효율 면광원 조명시스템 개발) 기술을 포함
  - 초고층 빌딩의 전력계통 연동 설계 및 기술 개발 : 초고층빌딩 전력망 연동 기술, 초고층빌딩 파워크리드용 전력자원 통합 분석 및 관리시스템 개발 기술을 포함
- 초고층 방재안전기술 개발은 화재로부터 안전한 대피를 위한 수직 피난시설, 연기제어와 같은 피난안전 확보 기술과 화재 발생 빈도 분석을 통한 화재위험성 평가 기술, 초고층빌딩의 화재에 대한 안전성을 높이기 위한 내화성능 확보기술로 3가지 소분류로 구성됨
- 방재안전 확보기술 개발 : 초고층빌딩에서 화재발생시 인명피해 최소화를 위한 피난안전 확보기술, 피난엘리베이터, 피난공간, 옥상광장을 포함하는 수직 피난시설 설계기술, 성능 기반의 피난안전성 평가기술, 화재층 연기 제어기술, 수직 피난통로 방연 시스템 개발 기술을 포함
  - 화재위험성 평가 및 화재진압기술 개발 : 정량적 화재 위험성 평가를 위한 화재 시나리오 구축 및 화재 발생빈도 분석기술, 유형별 사고에 대한 초고층빌딩의 방재 정보센터 사고 대응 기술, 방재 설비의 내진설계기술을 포함
  - 내화성능 확보기술 개발 : 초고층 구획실 용도별 실화재 DB 구축, 초고층 특성에 적합한 적정 방화구획 면적기준 및 방화 구획관통부의 화재 확산 방지를 위한 내화충전구조의 개발을 위한 PBD 기반 구획화재 내화성능 확보 기술, 내화성능을 만족시킬 수 있는 고내화성 건식 벽체의 개발, 초고층 주요 부재의 내화성능 및 잔존내력확보를 위한 고로슬래그를 이용한 영구 거푸집겸용 내화시스템개발 기술을 포함

#### 다. 조사 분석 프레임워크

초고층복합빌딩 기술분류체계는 사업관리기술, 핵심엔지니어링 기술개발, 재료 및 시공 기술개발, 유지관리 및 방재 기술개발 분야를 포함

○ 특허 및 논문의 조사·분석 프레임워크는 다음과 같음



라. 조사·분석 방법

(1) 특허 및 논문 조사 분석 대상 기간

초고층복합빌딩 기술 수요가 급증한 최근 10년(2001~2010년)을 조사대상 기준으로 함  
 특히, 특허 조사 분석의 경우 1994년부터 2012년까지 분석도 정리. 2013년도부터 대부분의 특허 출원건은 미공개 상태로 조사대상에서 제외함

- 초고층복합빌딩 분야 해당 기술의 기술수명주기에 따라 분석 결과가 달라지기 때문에 초고층 건축물의 기술수요 급증 시점을 조사 대상 기간으로 선정함
- 과거 국내 초고층 관련 특허 및 논문 분석은 기술동향 파악 등 기초 자료로만 활용되었으며, 기술수준평가에 그 영향이 반영되지 않았음
- 특정 기술이 특허 및 논문 검색 건수가 지나치게 적을 경우, 실질적인 동향을 의미있게 파악하기 어려울 수 있으므로 검색 건수가 의미해석이 가능한 수준으로 나오는지 시범적용을 통해 확인 후 신뢰할 수 있는 수준의 분석 결과가 나오는 수준으로 특정 기술의 조사 범위 재조정함

(2) 특허 조사 방법

특허 검색 대상은 미국 특허청, 일본 특허청, 유럽 특허청, PCT에 특허 출원·등록된 데이터베이스를 이용하여 검색 실시

- 특허 검색 DB는 WIPS를 활용하였고, 검색 범위는 제목과 초록으로 설정
- WIPS는 전 세계 특허 검색 시스템 및 원문 서비스를 제공하고 있으며, 약 1억 건의 특허 데이터베이스를 검색 및 이용 가능함

[표 2-16] WIPS 특허 검색 DB 세부 내용

구분		제공 년도
한국	특허·실용 공개	1983~현재
	특허·실용 공고 등록	1979~현재
미국	특허 공개	2001~현재
	특허 등록	1976~현재
일본	특허·실용 공개	1989~현재
	공표·제공표특허	1996~현재
	등록 실용	1994~현재
	특허·실용 공고 등록	1994~현재(특허·실용 공고) 1996~현재(특허·실용 등록)
	일본특허영문초록(PAJ)	1976~현재
EP-A(공개)		1978~현재
EP-B(등록)		1980~현재
PCT(WO)		1978~현재
유럽(Global Patent:G-PAT)	독일(DE)	1966~2003
	영국(GE)	1971~2003
	프랑스(FR)	1970~2003
	스위스(CH)	1974~2003
중국	특허·실용	1985~2006
INPADOC(Family Data) Legal Status 정보 포함		1968~현재

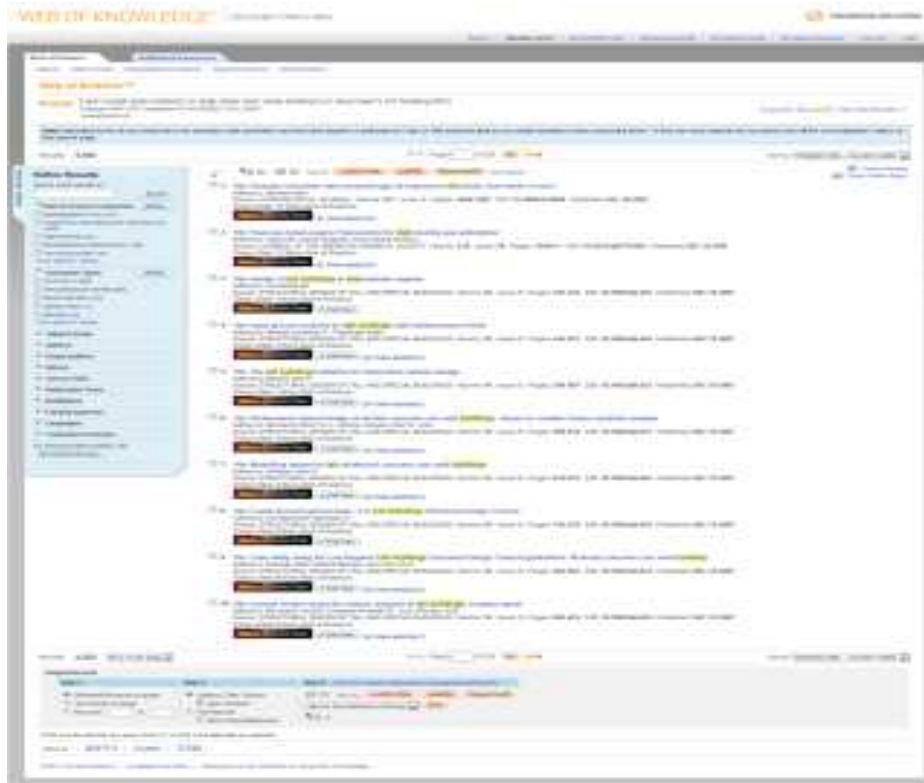
\* 상기 내용은 DB 업데이트 정보에 따라 변동될 수 있음

(3) 논문 조사 방법

논문 검색 대상은 SCI-Expanded에 발표된 논문을 대상으로 함

- 논문 검색 DB는 Thomson Scientific사의 Web of Science를 활용하였으며, 검색 범위는 제목 및 주제어로 한정 함

- Web of Science는 I.S.I가 제공하는 인용색인 DB인 SCIE(Science Citation Index Expanded), SSCI(Social Sciences Citation Index), A&HCI(Art & Humanities Citation Index)를 Web에서 동시에 검색할 수 있는 Web DB임
  - SICE는 전세계에서 가장 우수한 5,452종의 과학기술분야 연속간행물의 인용색인 및 관련정보를 업데이트하여 제공



[그림 2-17] Web of Science 논문 검색 Web DB

#### (4) 특허 및 논문 분석 방법

특허 및 논문 검색 결과는 정량적인 평가 항목으로 결과물의 양에 기반을 둔 활동도지수와 정성적인 평가 항목으로 결과물의 질적 수준에 기반을 둔 수준 지수를 활용하여 분석함

- 초고층복합빌딩 분야의 특허 및 논문 검색 결과를 기술 선진국 대비 기술수준 조사·분석의 기초 자료로 활용하기 위해 정량적·정성적 평가 항목을 병행하여 분석을 실시하였음
- 정량적 평가는 검색 결과의 수에 기반을 둔 양적 평가 항목으로 활동도지수 활용함
  - 활동도지수는 특정 기술 분야에서 특정 국가의 논문/특허 점유율을 모든 기술 분야에서 해당 국가의 점유율에 비교하여 나타냄

$$\text{활동도지수} = \frac{\frac{\text{특정기술분야에서 특정국가의 특허 또는 논문 수}}{\text{특정기술분야의 총특허 또는 논문 수}}}{\frac{\text{특정국가의 총 특허 또는 논문 수}}{\text{모든기술분야의 총특허 또는 논문 수}}}$$

- 특정 국가의 활동도 지수가 1이면 전체 기술 분야의 논문/특허에서 특정 기술 분야가 차지하는 비중과 특정 국가의 논문 전체에서 특정 기술 분야가 차지하는 비중이 같다는 것을 의미

○ 정성적 평가는 검색 결과물의 피인용 수에 기반을 둔 질적 평가 항목으로 수준 지수를 활용함

- 수준지수는 특정 기술 분야 전체 논문/특허의 평균 피인용 수에 대한 특정 국가 발표 논문의 평균 피인용 수의 비를 나타냄

$$\text{수준지수} = \frac{\text{특정국가특허 또는 논문의 평균 피인용 수}}{\text{전체 특허 또는 논문의 평균 피인용 수}}$$

- 수준 지수가 1인 경우 특정 국가가 발표한 논문의 평균 피인용 수가 해당 분야 전체 논문의 평균 피인용 수와 같음을 의미하며, 1을 초과하는 경우는 해당 분야 평균 피인용 수에 비해 높음을 의미

## 2. 특허동향 분석

### 가. 국가별 특허 동향

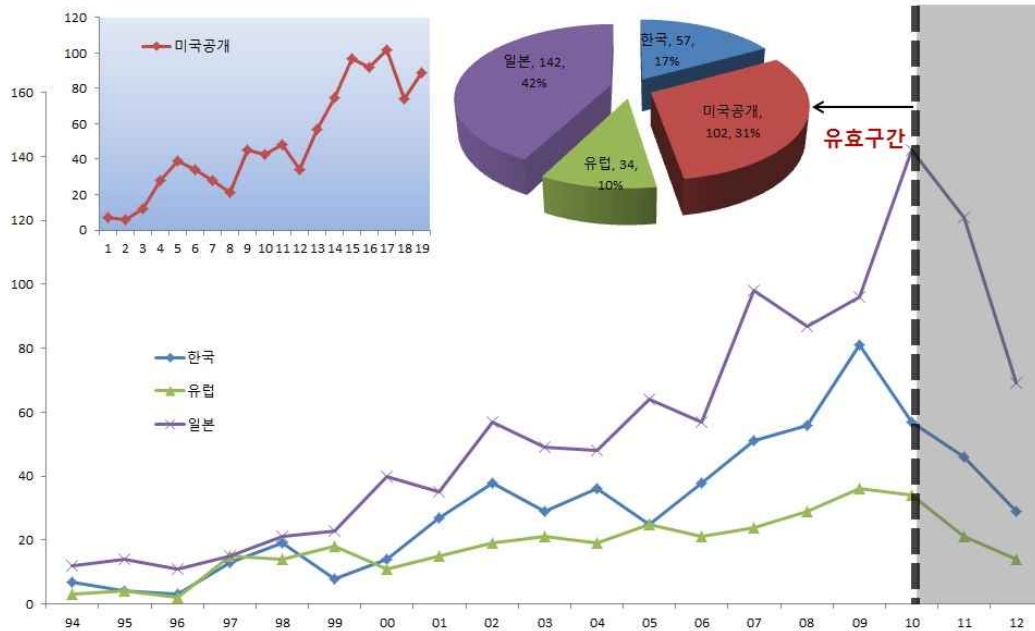
- 1994년부터 2012년까지 국가별 특허 동향을 분석하면 일본은 1,059건, 한국 581건, 유럽 345건 순으로 조사됨

[표 2-117] 주요국에서의 연도별 특허출원 수(1994~2012년)

출원(등록)년도	한국특허	미국특허	유럽특허	일본특허
1994	7	7	3	12
1995	4	6	4	14
1996	3	12	2	11
1997	13	28	15	15
1998	19	39	14	21
1999	8	34	18	23
2000	14	28	11	40
2001	27	21	15	35

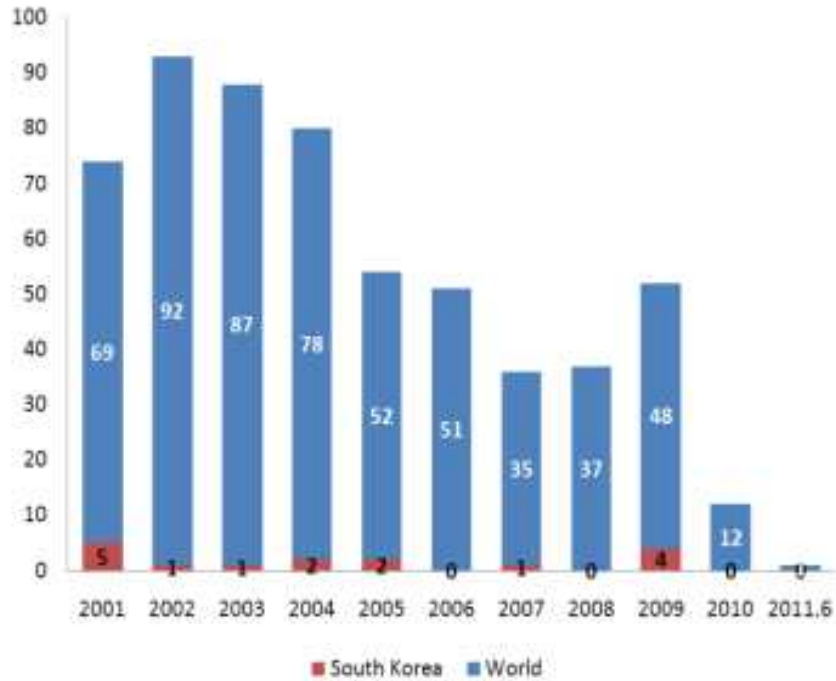
2002	38	45	19	57
2003	29	43	21	49
2004	36	48	19	48
2005	25	34	25	64
2006	38	57	21	57
2007	51	75	24	98
2008	56	97	29	87
2009	81	92	36	96
2010	57	102	34	142
2011	46	74	21	121
2012	29	89	14	69
총계	581	931	345	1,059

- 한국, 유럽, 일본의 특허공개공보와 미국의 특허등록공보를 정량적으로 비교할 때, 미국과 일본의 특허출원(등록) 점유율이 높음
- 조사 대상 4개 지역 모두 특허 출원건수가 점차 증가하며 2009~2010년에 가장 많은 출원건수가 있다가 2011년도에 큰 폭으로 감소
- 2012년도 7월 이후 출원 건은 비공개 상태이므로 정확한 집계를 할 수 없어 특정 경향을 분석하기 어려움. 미국의 경우는 2012년에 특허등록 건수가 다시 증가함



[그림 2-18] 주요국의 연도별 특허출원 동향

- 특허는 2000년대 초반을 정점으로 감소세를 나타내고 있으며(그림 2-19), 아시아권 등 초고층 건설분야의 신흥국들은 지적재산권 확보 노력이 논문에 비해 저조함
  - 양적으로 2002년 92건을 최고 정점으로 하여 감소 경향에 있으며 국내의 경우 16건으로 매우 저조함

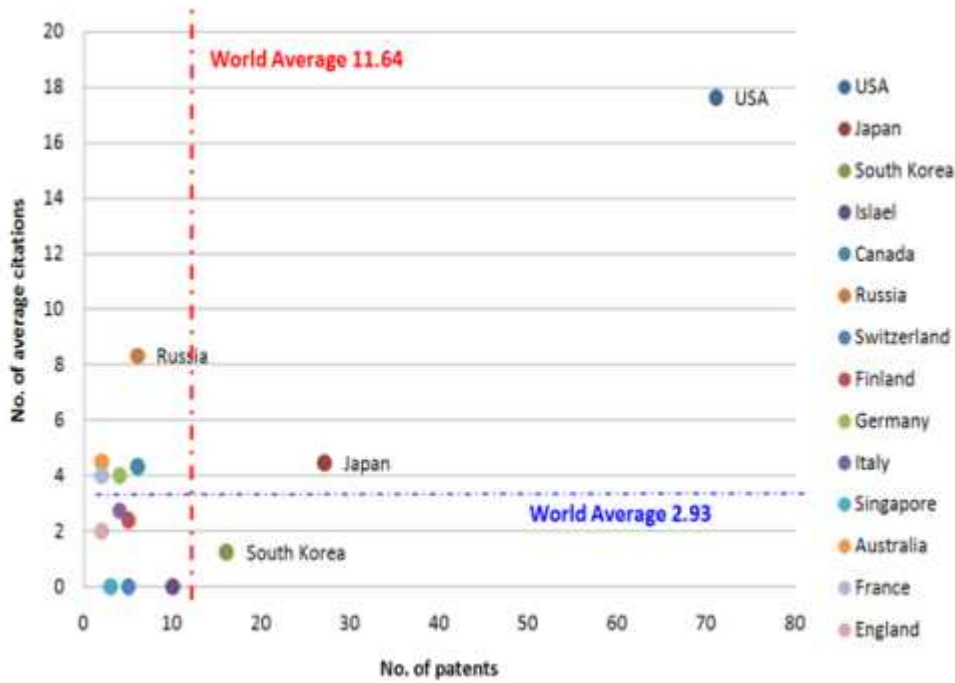


[그림 2-19] 최근 10년간 특허 발표 추이

- 초고층빌딩 관련 특허는 총 578건이 발표되었으며, 국가별로는 미국이 71건 (12.28%)로 가장 많고, 일본이 27건(4.67%), 우리나라가 16건(2.77%)의 순서임

[표 2-18] 최근 10년간 발표된 특허의 국가별 분포

순위	국가	특허 수	비중(%)	평균피인용수
1	미국	71	12.28%	17.62
2	일본	27	4.67%	4.48
3	한국	16	2.77%	1.25
4	이스라엘	10	1.73%	-
5	캐나다	6	1.04%	4.33
6	러시아	6	1.04%	8.33
7	스위스	5	0.87%	-
8	핀란드	5	0.87%	2.40
9	독일	4	0.69%	4.00
10	이탈리아	4	0.69%	2.75
	기타	424	71.80	
	합계	578	100	



[그림 2-20] 특허 수 대비 평균 피인용수 비교

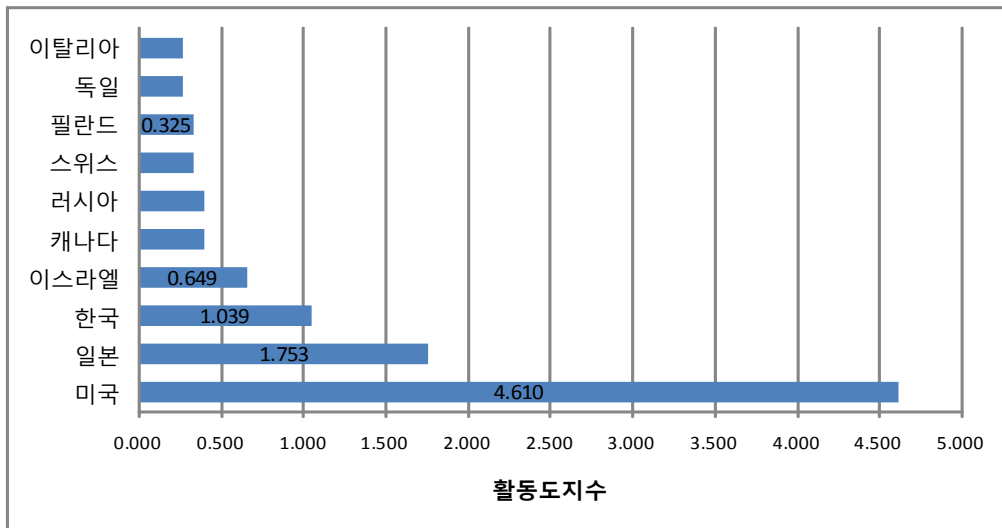
- 특허의 경우 특허당 평균피인용수는 2.93이며, 미국, 일본이 세계 평균피인용수보다 높은 우수특허들을 다수 확보하고 있음
- 이는 여전히 핵심엔지니어링 분야의 기술과 첨단 IT 기술을 활용한 유지관리 기술 분야 등에서 미국과 일본이 세계선도 기술을 점유하고 있음을 의미함

[표 2-19] 최근 10년간 발표된 특허의 국가별 활동도지수 및 수준지수(10위권)

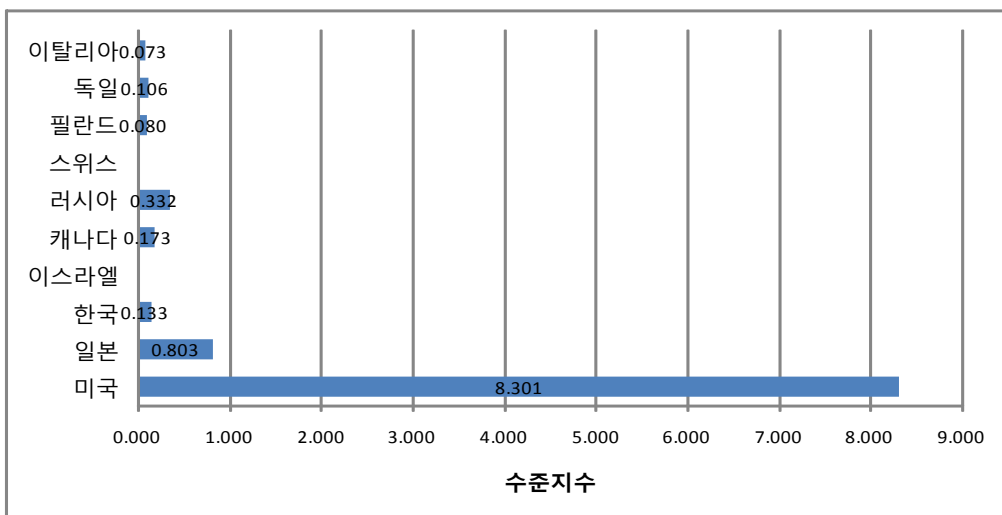
순위	국가	특허수	비중(%)	피인용수	활동도지수	수준지수
1	미국	71	12.28%	1,251	4.610	8.301
2	일본	27	4.67%	121	1.753	0.803
3	한국	16	2.77%	20	1.039	0.133
4	이스라엘	10	1.73%	-	0.649	-
5	캐나다	6	1.04%	26	0.390	0.173
6	러시아	6	1.04%	50	0.390	0.332
7	스위스	5	0.87%	-	0.325	-
8	핀란드	5	0.87%	12	0.325	0.080
9	독일	4	0.69%	16	0.260	0.106
10	이탈리아	4	0.69%	11	0.260	0.073

- 특허 관련 세계 10위권 국가는 표 2-18과 같고, 양적으로 미국(71건), 일본(27건), 한국(16건)의 순서임

- 활동도지수는 미국이 4.610으로 매우 활동적인 기술개발 역량을 가지고 있으며, 일본이 1.753, 한국이 1.039로 1이상의 활발한 기술 개발 활동을 추진하고 있음
- 양적 지수와 비교되는 질적 지수인 수준지수에 대해서는 차이가 극명하게 나타남
- 미국의 경우 총 특허수 71건에 대해 총 피인용수 1,251회로 수준지수 8.301이라는 독보적인 수치를 보이고 있으며, 이는 초고층복합빌딩과 관련된 대부분의 원천 기술을 보유하고 있음을 의미함
- 반면, 나머지 10위권 국가들은 수준지수가 1을 넘지 못하며, 일본이 0.803으로 비교적 피인용도가 높은 특허를 보유하고 있으며, 한국의 경우 0.133으로 활동도지수에 비해 매우 저조함



[그림 2-21] 최근 10년간 초고층복합빌딩 전분야 활동도지수(10위권 국가)



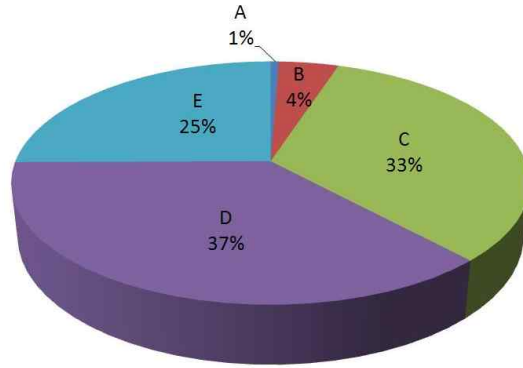
[그림 2-22] 최근 10년간 초고층복합빌딩 전분야 수준지수(10위권 국가)

- 기술 분야별 특허 출원을 1994년부터 2012년까지 조사 분석한 결과 총 2,916건으로 집계되었으며, 도시계획 및 설계 분야(A) 18건, 건축계획 및 설계 분야(B) 130건, 구조 및 재료 분야(C) 970건, 설비 및 소방안전 분야(D) 1079건, 시공 분야(E) 737건으로 분석됨

[표 2-20] 주요국의 기술 분야별 특허출원

기술 분야		한국	미국	유럽	일본	합계
대분류	소분류					
A (도시계획 및 설계)	AA(수직도시 계획 및 교통시스템)	3	5	2	8	18
	소 계	3	5	2	8	18
B (건축 계획 및 설계)	BA(초고층 설계 기술)	4	7	1	15	27
	BB(비정형 초고층 설계 기술)	3	6	3	6	18
	BC(피난유도로/피난 공간 설계)	13	21	5	28	67
	소 계	20	34	9	49	112
C (구조 및 재료)	CA(슈퍼콘크리트 실용화 기술)	93	135	51	140	419
	CB(고강도 강재 적용기술)	37	75	21	56	189
	CC(풍하중/풍진동 제어)	13	26	21	33	93
	CD(내진/ 면진 구조)	46	78	24	72	220
	CE(연쇄붕괴 방지 및 방폭시스템)	2	12	14	21	49
	소 계	191	326	131	322	970
D (설비 및 소방 안전)	DA(전력 설비 및 조명 시스템 기술)	18	22	23	36	99
	DB(초고층 배관)	15	17	11	51	94
	DC(소음/진동 차단)	4	10	2	36	52
	DD(공조/환기 설비)	34	38	14	33	119
	DE(정보통신)	10	16	3	26	55
	DF(수직 운송 설비)	17	14	13	32	76
	DG(화재안전/ 내화/ 방연설비)	142	173	69	170	554
	DH(방법/대테러 설비)	6	4	1	19	30
	소 계	246	294	136	403	1,079
E (시공)	EA(철근조립/가공)	5	14	4	14	37
	EB(초고층 측량)	8	16	5	19	48
	EC(외부마감)	24	35	11	45	115
	ED(공정관리 시스템)	15	35	12	41	103
	EE(안전관리 시스템)	11	46	6	15	78
	EF(지능형 현장시공 기술)	28	69	14	56	167
	EG(통합형 공정관리 기술)	22	32	11	57	122
	EH(시공 중 변위 제어)	8	25	4	30	67
	소 계	121	272	67	277	737
총 계	581	931	345	1,059	2,916	

- 설비 및 소방안전 분야(D), 구조 및 재료 분야(C) 및 시공 분야(E)에서 특허출원이 95% 수준임



[그림 2-23] 기술 분야별 특허출원

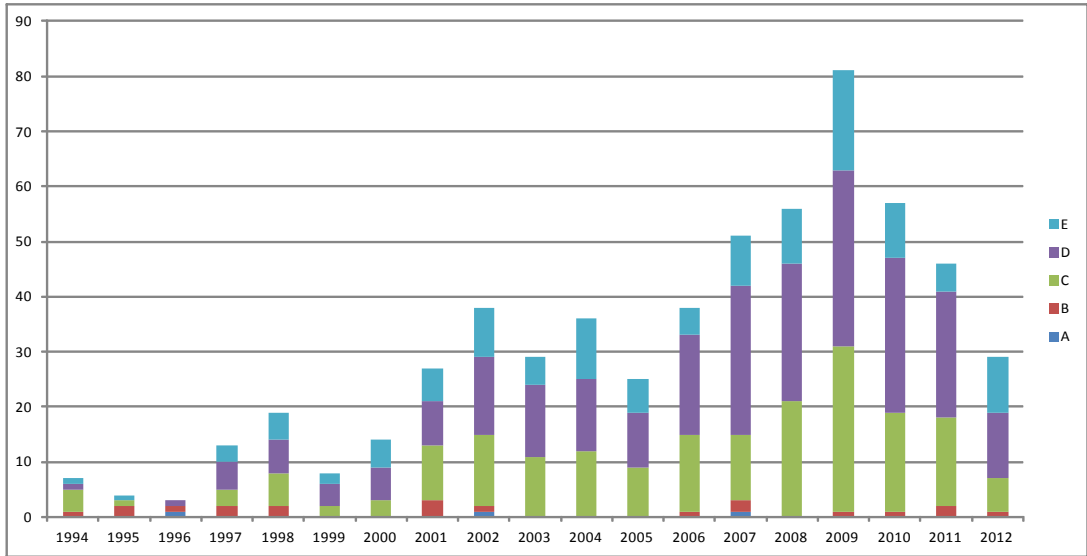
- 건축계획 및 설계 분야(B)와 도시계획 및 설계 분야(A)의 특허출원 비율은 각각 4%, 1%로 그 비중이 낮음
- 건축계획 및 설계 분야(B)와 도시계획 및 설계 분야(A)의 연구·개발 비중을 특허건수로 측정하기에 부적절한 면이 있으나, 이들 분야의 기술 경쟁이 상대적으로 덜하고, 기술공백은 클 것으로 판단됨
- 「초고층 건축물」 분야의 주요 출원인 10위권 내에는 Nippon Steel(207건), Shimizu Corp.(110건), Kajima Corp.(108) 순으로 일본 기업이 대부분이며, 국내 기업으로 POSCO(84건)가 4위로서 포함되어 있음
- 국내 상위 10위권 내에 한국 국적의 출원인이 7개사로서 타국적 출원인보다 강세를 보이고 있으며, 1위인 POSCO(84건)가 2위인 한국건설기술연구원(21건)의 특허출원건수 보다 4배의 현격한 차이를 보이며 독보적임

[표 2-21] 국가별 주요 특허출원 Top 10

순위	한국		미국		유럽		일본	
	출원인	건수	특허권자	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	POSCO (한국)	84	NipponSteel (일본)	20	NipponSteel (일본)	15	NipponSteel (일본)	154
2	한국건설기술연구원(한국)	21	Kajima Corp. (일본)	15	Consolidated MetalProducts(미국)	6	ShimizuCorp. (일본)	110
3	NipponSteel (일본)	18	ExxonResearch (미국)	9	ExxonResearch (미국)	6	Kajima Corp. (일본)	93
4	삼성물산 (한국)	16	Power Measurement(캐나다)	9	Sumitomo MetalInd.(일본)	5	Ohbayashi Corp.(일본)	71
5	포항산업과학연구원(한국)	15	Consolidated MetalProducts(미국)	7	WRGrace &Co(미국)	5	FujitaCorp. (일본)	61
6	JFESSteel (일본)	9	WRGrace &Co(미국)	6	JFESSteel (일본)	5	Mitsubishi HeavyInd.(일본)	56
7	삼성중공업 (한국)	8	KobeSeiko Sho(일본)	5	Nippon Shokubai(일본)	4	TaiseiCorp. (일본)	55
8	손정찬 (한국)	8	Sumitomo MetalInd(일본)	5	Teraspei-kkoOY(필란드)	4	Sumitomo MetalInd.(일본)	48
9	유승룡 (한국)	7	WirelessValley Communications(미국)	5	Kajima Corp. (일본)	3	Takenaka Komuten(일본)	43
10	KawasakiSteel (일본)	7	HitachiMetals (일본)	5	NipponEisei Center(일본)	3	Mitsubishi Electric(일본)	41

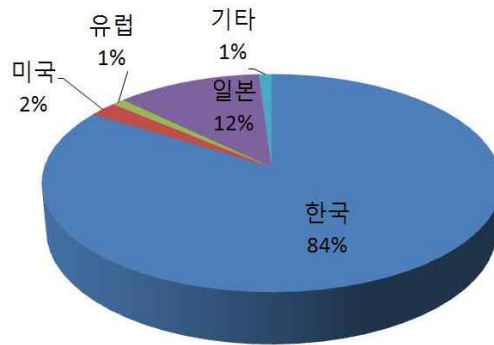
(1) 한국 특허출원 동향

- 초고층 건축물 분야 특허출원은 1994년부터 일정한 기록은 있으나 장기적인 측면에서 분석하면 지속적인 증가 추세를 보임. 2010년 후반으로 특허 출원이 감소되나 초고층 건물과 관련된 기술개발은 이루어지고 있음을 확인할 수 있음



[그림 2-24] 한국의 연도별·기술 분야별 특허출원 동향

- 국내에서 초고층 건축물 분야 내·외국인 특허출원건수(점유율)은 내국인이 486건 (84%), 외국인은 93건(16%) 이며 내국인에 의한 등록이 우위에 있음

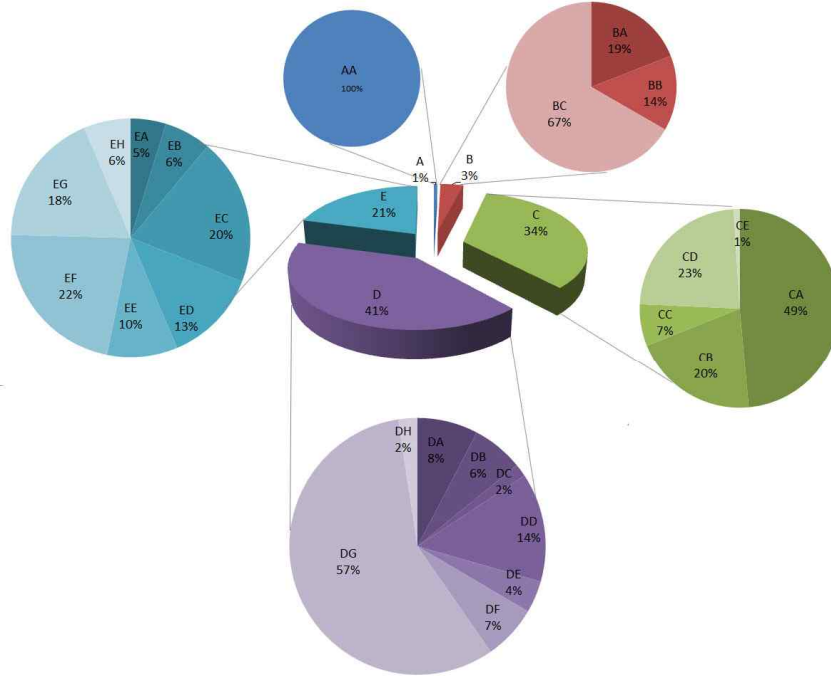


[그림 2-25] 한국 특허출원인의 국적 비율

- 국내 특허는 총 581건이며 ‘도시계획 및 설계’ 분야는 3건으로 수직도시 계획 및 교통시스템에 관한 출원이 있음. ‘건축계획 및 설계’ 분야는 20건이고 그 중 ‘피난유도로/피난 공간 설계’ 분야가 65%로 점유율이 높은 것으로 분석됨
- ‘구조 및 재료’ 분야의 특허는 191건이며 그 중 ‘슈퍼콘크리트 실용화 기술’ 분야가 49%, ‘내진/면진구조’ 분야가 24%로 점유율이 높음
- ‘설비 및 소방안전’ 분야의 특허는 246건이며 그 중 ‘화재안전/내화/방연설비’ 분

야가 58%, ‘공조/환기 설비’ 분야가 14%의 점유율로 분석됨

- ‘시공’ 분야의 특허는 121건이며 그 중 ‘지능형 현장시공/시스템 거푸집기술’ 분야가 23%, ‘외부마감’ 분야가 20%의 점유율로 분석됨



[그림 2-26] 한국의 기술 분야별 특허출원 동향

- 구조 및 재료(C), 설비 및 소방안전(D), 시공(E) 분야를 대상으로 주요 출원인별 역점분야 및 공백기술을 파악한 결과 표 2-22와 같다

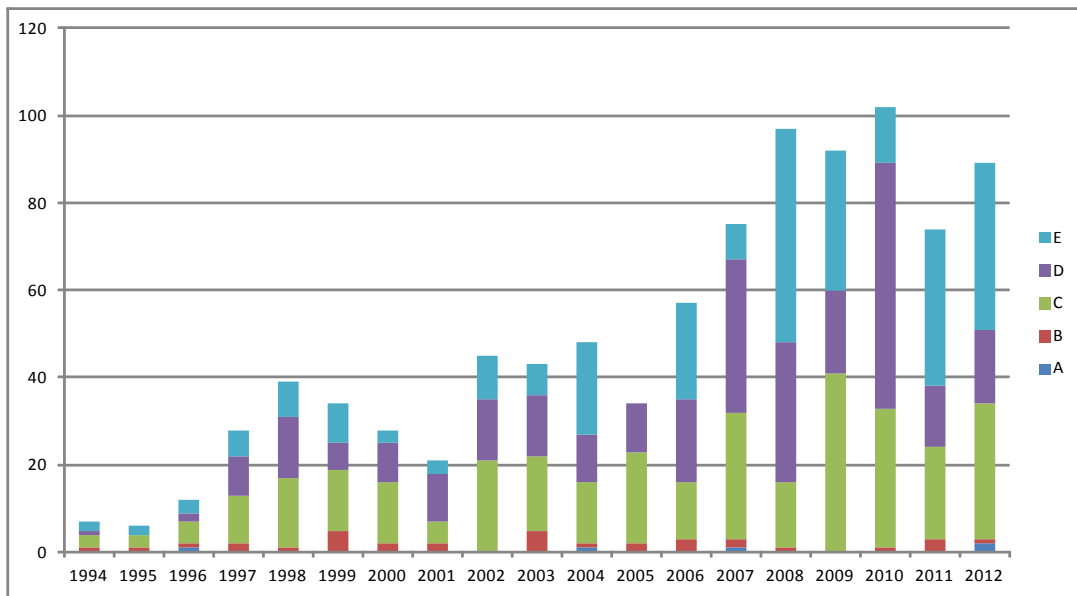
[표 2-22] 한국의 주요 출원인별·기술 분야별 출원 현황

주요 출원인 \ 기술 분야	C (구조 및 재료)	D (설비 및 소방안전)	E (시공)
POSCO	60	2	22
한국건설기술연구원	2	10	9
NipponSteel	8	2	8
삼성물산	2	12	2
포항산업과학연구원	8	4	3
JFESSteel	6	0	3
삼성중공업	2	5	1
손정찬	0	7	1
유승룡	0	7	0
KawasakiSteel	5	0	2
합 계	93	49	51

- ‘구조 및 재료’ 분야에서 POSCO가 압도적인 우위를 보이고 있으나 POSCO의 특허는 슈퍼콘크리트 실용화 기술(CA) 및 고강도 강재 적용기술(CB)에 집중되어 있고, 연쇄붕괴 방지 및 방폭 시스템(CE) 기술은 전체적으로 2건에 불과하여 공백기술 분야로 분석됨
- ‘설비 및 소방안전’ 분야는 한국 내 출원 건수 및 비율(246건, 42%)에 비해 주요 출원인의 출원 건수 및 비율(49건, 25%)이 감소하여 다수의 소규모 업체간 과열 경쟁이 예상됨
- ‘시공’ 분야에서도 POSCO가 우위에 있으나 초고층 측량(EB), 시공 중 변위제어(EH) 분야에 대한 주요 출원인이 특허출원이 없어 해당 분야가 공백기술 분야로 분석됨

(2) 미국 특허출원 동향

- 미국에서의 초고층 건축물 분야 특허 등록은 1994년부터 증가하다가 2000년 초반부터 2012년까지 증감을 반복하는 추세임(그림 2-27<sup>1)</sup>)



[그림 2-27] 미국의 연도별·기술 분야별 특허등록 동향

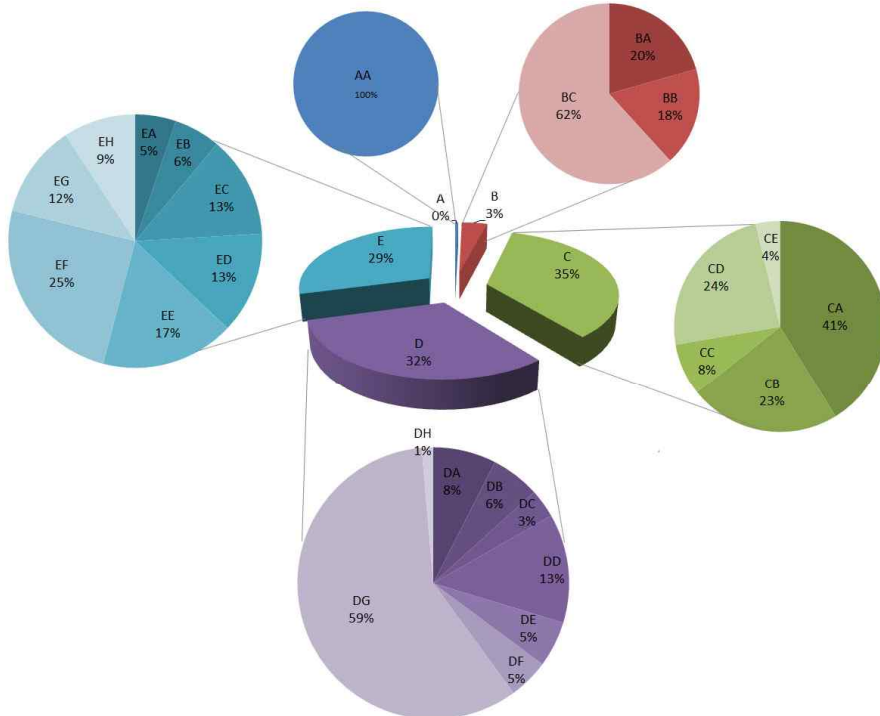
- 초고층 건축물 분야 내·외국인 특허등록건수(점유율)은 내국인의 경우 484건(52%), 외국인은 447건(48%)이며 내·외국인간의 차이가 크지 않음

1) 미국은 선발명주의 채택으로 강제공개제도가 없어 등록건수 기준으로 분석



[그림 2-28] 미국 특허출원인의 국적 비율

- 특허는 총 931건이며 ‘도시계획 및 설계’ 분야는 5건으로, 수직도시 계획 및 교통 시스템에 관한 것으로 분석됨. ‘건축계획 및 설계’ 분야는 34건이며 그 중 ‘피난 유도로/피난 공간 설계’ 분야가 62%로 점유율이 높음
- ‘구조 및 재료’ 분야의 특허는 326건이며 그 중 ‘슈퍼콘크리트 실용화 기술’ 분야가 41%, ‘내진/면진구조’ 분야가 24%로 점유율이 높음
- ‘설비 및 소방안전’ 분야의 특허는 294건이며 그 중 ‘화재안전/내화/방연/피난설비’ 분야가 59%, ‘공조/환기 설비’ 분야가 13%의 점유율로 분석됨
- ‘시공’ 분야의 특허는 272건이며 그 중 ‘지능형 현장시공/시스템 거푸집기술’ 분야가 25%, ‘안전관리시스템’ 분야가 17%의 점유율로 분석됨



[그림 2-29] 미국의 기술 분야별 특허등록 동향

- 구조 및 재료(C), 설비 및 소방안전(D), 시공(E) 분야를 대상으로 주요 출원인별 역점분야 및 공백기술을 분석한 결과는 표 2-23과 같음

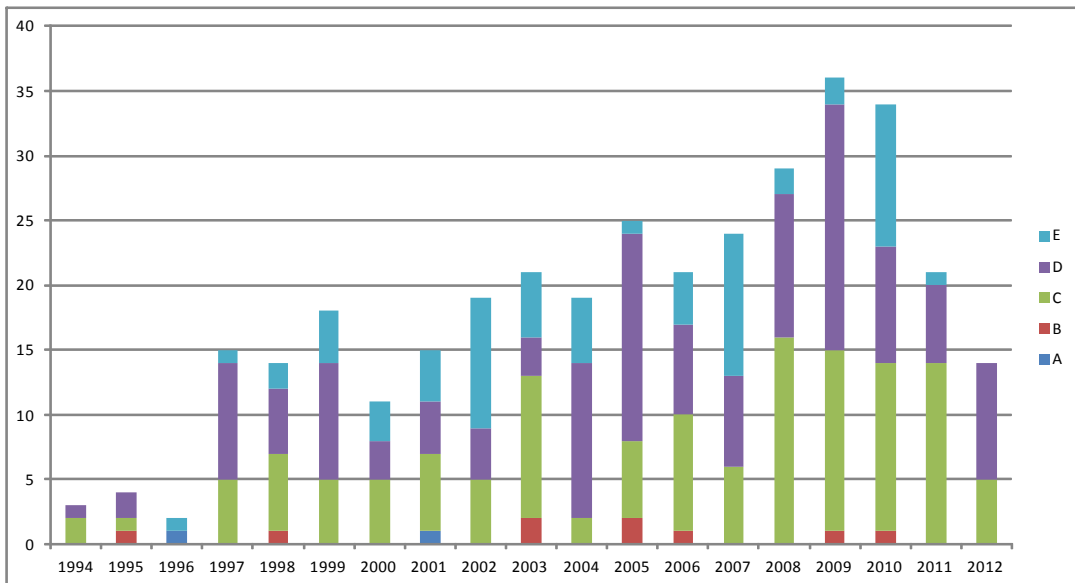
[표 2-23] 미국의 주요 출원인별·기술 분야별 출원 현황

기술 분야 주요 출원인	C (구조 및 재료)	D (설비 및 소방안전)	E (시공)
NipponSteel	20	0	0
Kajima Corp.	2	5	8
ExxonResearch	0	7	2
Power Measurement	0	9	0
Consolidated MetalProducts	5	0	2
WRGrace &Co	0	6	0
KobeSeiko Sho	0	2	3
Sumitomo MetalInd	0	7	1
WirelessValley Communications	0	5	0
HitachiMetals	5	0	0
합 계	32	41	16

- 미국의 경우 Top10 출원인의 특허 비중이 전체의 9%(931건 중 6건)로 매우 낮으며 타 지역에 비해 주요 출원인 특허의 의의를 낮게 평가할 수 있음
- ‘구조 및 재료’ 분야는 NipponSteel사가 우위를 보이지만 NipponSteel사의 특허는 슈실용화 기술(CA) 및 고강도 강재 적용기술(CB)에 집중되어 있으며 풍하중, 풍진동 제어(CC), 내진/면진 구조(CD), 연쇄붕괴 방지 및 방폭 시스템(CE) 분야는 상대적으로 저조한 것으로 분석됨
- ‘설비 및 소방안전’ 분야에 대한 특허는 대체로 고르게 나타나지만 방법/대테러 설비(DH)는 주요 출원인의 특허가 없고 전체적으로도 4건에 불과한 공백기술로 분석됨
- ‘시공’ 분야는 Kajima Corp.가 우위를 보이며 특별히 집중되거나 취약한 분야가 나타나지 않음

(3) 유럽 특허출원 동향

- 유럽에서 초고층 건축물 분야의 특허는 1994년부터 2013년까지 기복을 반복하고 있으나 전체적으로는 상승세가 가파르지 않고 타국에 비하여 출원 비율이 낮음



[그림 2-30] 유럽의 연도별·기술분야별 특허출원 동향

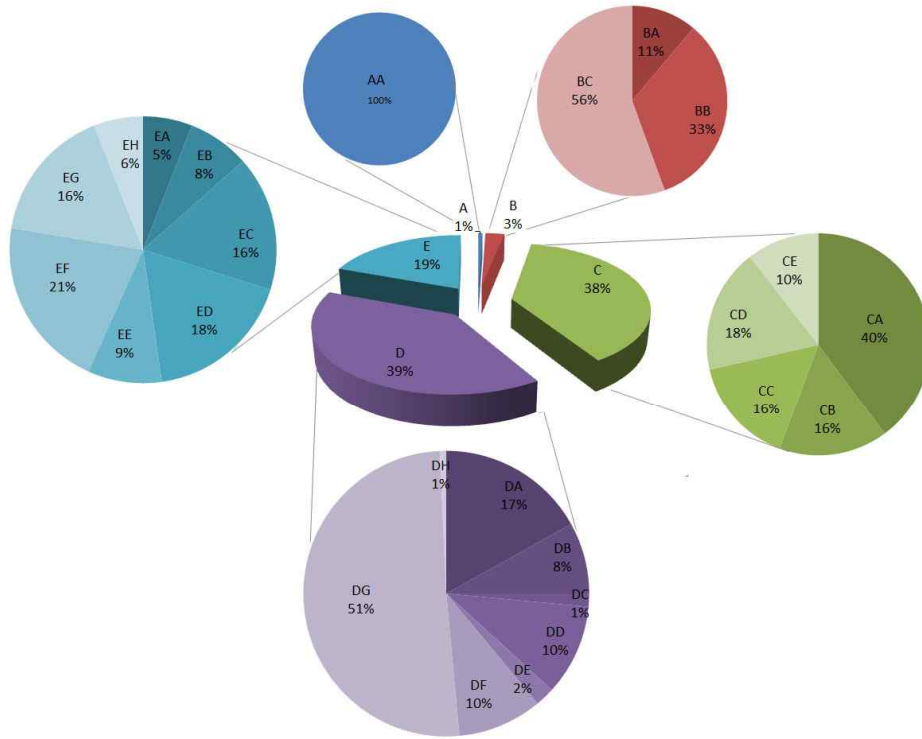
- 초고층 건축물 분야의 내·외국인 특허등록건수(점유율)은 내국인인의 경우 202건 (59%), 외국인은 143건(41%)으로 내·외국인간의 차이가 크지 않음



[그림 2-31] 유럽 특허출원인의 국적 비율

- 유럽 특허는 총 345건이며 ‘도시계획 및 설계’ 분야는 2건으로 수직도시 계획 및 교통시스템 관련하여 출원된 것으로 나타남. ‘건축계획 및 설계’ 분야는 9건이며 그 중 ‘피난유도로/피난 공간 설계’ 분야가 56%로 점유율이 높은 것으로 분석됨
- ‘구조 및 재료’ 분야의 특허는 131건이며 그 중 ‘슈퍼콘크리트 실용화 기술’ 분야가 39%, ‘내진/면진구조’ 분야가 18%로 점유율이 높음
- ‘설비 및 소방안전’ 분야의 특허는 136건이며 그 중 ‘화재안전/내화/방연/피난설비’ 분야가 51%, ‘전력설비/조명시스템/에너지기술’ 분야가 17%의 점유율로 분석됨

○ ‘시공’ 분야의 특허는 67건이며 그 중 ‘지능형 현장시공/시스템 거푸집기술’ 분야가 21%, ‘외부마감’ 분야가 18%의 점유율로 분석됨



[그림 2-32] 유럽의 기술 분야별 특허출원 동향

○ 구조 및 재료(C), 설비 및 소방안전(D), 시공(E) 분야를 대상으로 주요 출원인별 역점분야 및 공백기술을 파악한 결과 표 2-24와 같음

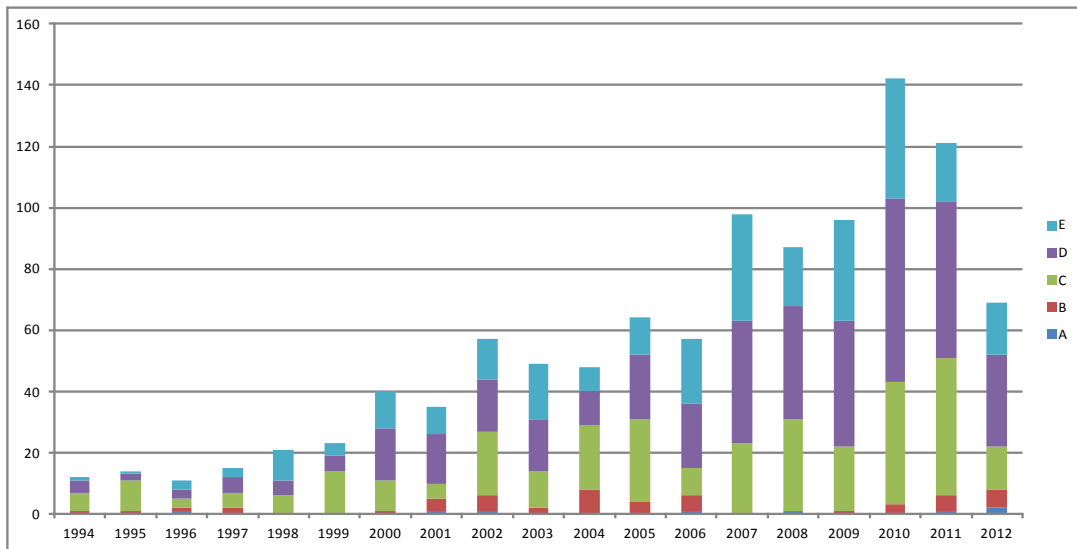
[표 2-24] 유럽의 주요 출원인별·기술 분야별 출원 현황

주요 출원인 \ 기술 분야	C (구조 및 재료)	D (설비 및 소방안전)	E (시공)
NipponSteel	15	0	0
Consolidated MetalProducts	5	0	1
ExxonResearch	0	7	2
Sumitomo MetalInd.	0	4	1
WRGrace&Co	0	5	2
JFESsteel	0	5	0
Nippon Shokubai	0	2	2
Teraspeikko OY	0	0	4
Kajima Corp.	0	2	1
NipponEisei Center	0	3	0
합 계	20	28	13

- ‘구조 및 재료’ 분야는 NipponSteel사가 우위를 보이고 있으나 NipponSteel사의 특허는 슈퍼콘크리트 실용화 기술(CA) 및 고강도 강재 적용기술(CB)에 집중되어 있으나 Top10 출원인의 특허 점유율이 16%이므로(전체 345건중 56건) 주요 출원인 특허의 의의가 상대적으로 낮게 평가되며, 유럽에서의 전체적인 특허의 구성은 ‘구조 및 재료’ 분야에서 고르게 분포되어 있음
- ‘설비 및 소방안전’ 분야에 대한 특허가 대체적으로 고르게 분포되어 있으나 방범/대테러 설비(DH)는 주요 출원인의 특허가 없고 전체적으로도 1건에 불과한 공백기술로 분석됨
- ‘시공’ 분야의 유럽 특허는 대체적으로 고르게 분포되나 철근조립/가공(EA), 초고층 측량(EB), 시공 중 변위제어(EH) 분야에 대한 주요 출원인이 특허출원이 없고, 유럽에서의 전체적인 출원 건수도 각각 4, 5, 4건에 불과하여 위의 분야가 공백기술 분야로 분석됨

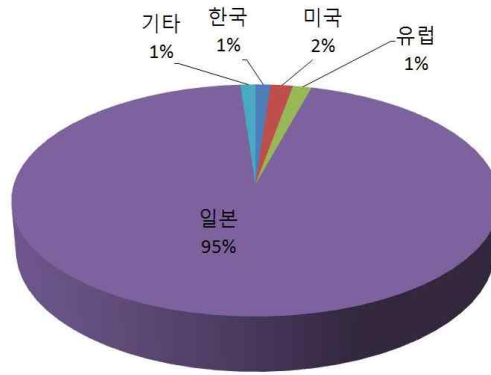
(4) 일본 특허출원 동향

- 일본에서 초고층 건축물 분야 특허는 1994년부터 서서히 증가추세를 보이다가 2000년 이후 후반부터 다소 증감은 있으나 전체적으로 상승세를 보임. 2010년 후반에 다소 주춤하나 장기적으로는 꾸준한 증가 추세를 보임



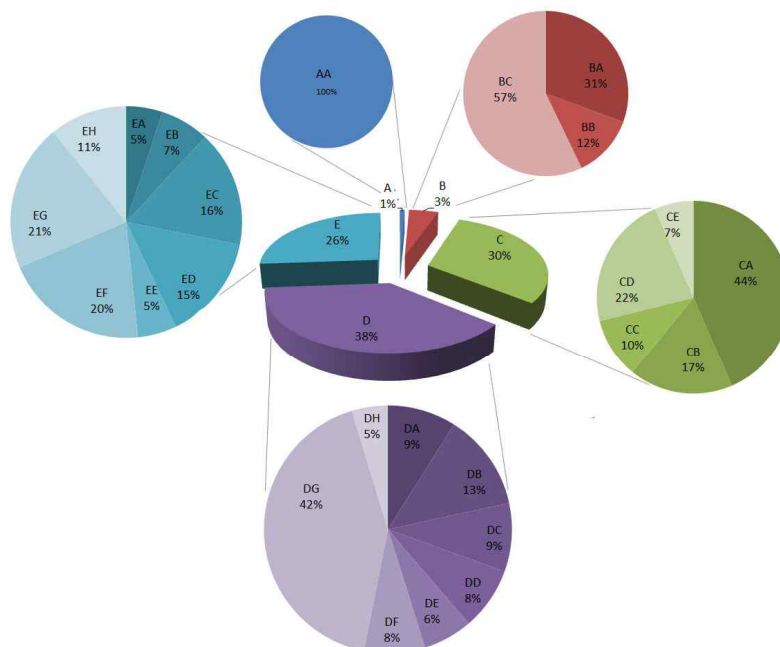
[그림 2-33] 일본의 연도별·기술 분야별 특허출원 동향

- 초고층 건축물 분야에서 내·외국인 특허출원건수(점유율)는 내국인의 경우 1,002건(95%), 외국인은 57건(5%)이며 내국인에 의한 등록이 압도적 우위를 보임



[그림 2-34] 일본 특허출원인의 국적 비율

- 일본 특허는 총 1,059건이며 ‘도시계획 및 설계’ 분야는 7건으로 모두 수직도시 계획 및 교통시스템에 관한 출원임. ‘건축계획 및 설계’ 분야는 49건이며 그 중 ‘피난유도로/피난 공간 설계’ 분야가 57%로 높은 점유율을 보임
- ‘구조 및 재료’ 분야의 특허는 322건이며 그 중 ‘슈퍼콘크리트 실용화 기술’ 분야가 43%, ‘내진/면진구조’ 분야가 22%로 점유율이 높은 것으로 분석됨
- ‘설비 및 소방안전’ 분야의 특허는 403건이며 그 중 ‘화재안전/내화/방연/피난설비’ 분야가 42%, ‘초고층배관’ 분야가 13%의 점유율로 분석됨
- ‘시공’ 분야의 특허는 277건이며 그 중 ‘통합형 공정관리기술’ 분야가 42%, ‘지능형 현장시공/시스템 거푸집기술’ 분야가 21%의 점유율로 분석됨



[그림 2-35] 일본의 기술 분야별 특허출원 동향

- 구조 및 재료(C), 설비 및 소방안전(D), 시공(E) 분야를 대상으로 주요 출원인별 역점분야 및 공백기술을 분석한 결과 표 2-25와 같음

[표 2-25] 일본의 주요 출원인별·기술 분야별 출원 현황

기술 분야 주요 출원인	C (구조 및 재료)	D (설비 및 소방안전)	E (시공)
NipponSteel	132	8	14
ShimizuCorp.	32	53	25
Kajima Corp.	12	43	38
Ohbayashi Corp.	8	27	36
FujitaCorp.	13	29	19
Mitsubishi HeavyInd.	8	27	21
TaiseiCorp.	5	31	19
Sumitomo MetalInd.	34	6	8
Takenaka Komuten	10	21	12
Mitsubishi Electric	11	20	10
합 계	265	265	202

- 일본에서 Top10 출원인의 특허 비율은 69%(전체 1,059건 중 732건) 수준으로 매우 높으며 타 지역에 비해 주요 출원인 특허의 의의를 높게 평가할 수 있음
- ‘구조 및 재료’ 분야는 NipponSteel사가 압도적인 우위를 보이고 있으나, NipponSteel사의 특허는 슈퍼콘크리트 실용화 기술(CA) 및 고강도 강재 적용기술(CB)에 집중되어 있으며, 풍하중·풍진동 제어(CC), 내진/면진 구조(CD), 연쇄 붕괴 방지 및 방폭 시스템(CE) 분야는 나머지 주요 출원인들의 특허가 전체적으로 고르게 분포되어 있어 공백기술이 나타나지 않은 것으로 분석됨
- ‘설비 및 소방안전’ 분야 및 ‘시공’ 분야 역시 주요 출원인들의 특허가 전체적으로 고르게 분포되어 있어 공백기술이 나타나지 않음
- 초고층 건축물 분야에서 일본은 주요 출원인들의 특허 점유율이 높고 고르게 형성되어 특별한 공백기술 분야가 나타나지 않고 전체적으로 과열 경쟁의 양상을 나타나며, 외국인의 일본 출원 비율이 5% 수준으로 저조한 것으로 분석됨

#### 나. 기술별 특허 출원 상세

##### (1) 핵심엔지니어링 기술개발

- 비정형 통합설계시스템 개발
  - 비정형 초고층 구조시스템의 경제성과 구조 및 시공안전성 확보가 가능한 구조 설계 기술과 초고층복합빌딩 설계 요소기술복합과 첨단IT융합에 의한 비정형

구조시스템 설계 전산플랫폼 기술 개발로 직접적으로 연관된 지적재산권에 관한 대표성과는 표 2-26과 같음

[표 2-26] 최근 10년간 비정형 통합설계 시스템 관련 대표 특허

특허제목	출원인	국가	피인용수
System and method for accurately computing the position of wireless devices inside high-rise buildings	MeshNetworks, Inc.	미국	130회
Girder bridge protection device using sacrifice member	Industry-Academic Cooperation Foundation Yonsei University	한국	9회

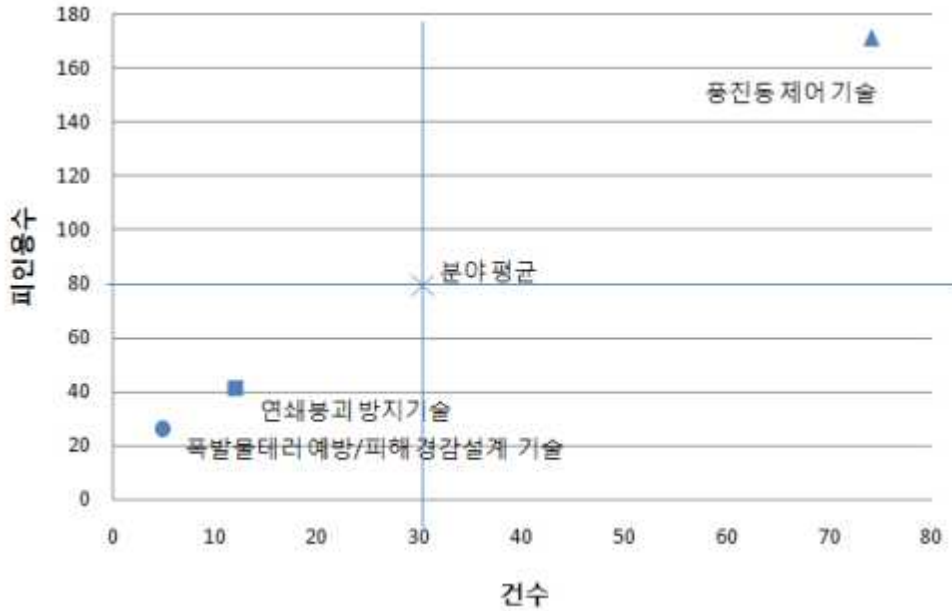
- 이 분야 총 특허 수는 5개로 미국, 한국, 일본 등이 각각 1건씩을 보유하고 있음
- 미국의 Mesh Networks Inc.의 초고층 건물 내부에 있는 무선장치의 위치를 계산하기 위한 방법 및 시스템에 관한 특허가 총 130회의 피인용수를 갖는 대표적인 특허임

○ 구조시스템 성능개선기술

- 풍진동 제어기술 개발(풍특성 및 풍동시물레이션 및 풍동실험 관련기술, 최소 질량형 하이브리드 제진장치 제작 및 설계기술, 초고층 건축물의 풍응답 및 풍하중 평가기술, 초고층 건축물의 풍진동 계측 및 동특성 분석 기술), 연쇄붕괴 방지기술(비정상 하중의 정밀해석기법 및 연쇄붕괴해석기술, 초고층 건축물 연쇄붕괴 거동 평가 기술), 초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계 기술 개발(테러위험도 평가모델, 내부/외부 설계폭발하중 산정 및 해석기술, 내부 및 지하 폭발에 의한 구조설계 기술) 등 지적재산권에 관한 성과는 다음과 같음

[표 2-27] 최근 10년간 구조시스템 성능개선기술 개발 관련 대표 특허

특허제목	출원인	국가	피인용수
Method and apparatus for browsing using multiple coordinated device sets	-	-	116회
Vibration control apparatus using water tank located at top floor of a tall building	Seoul National University of Technology	한국	11회
Mechanics of progressive collapse: Learning from world trade center and building demolitions	Northwestern Univ	미국	12회
Progressive collapse analysis of high-rise building with 3-D finite element modeling method	WSP Grp	영국	8회
The impacts of pyroclastic surges on buildings at the eruption of the Soufriere Hills volcano, Montserrat	Univ Cambridge	영국	26회
Mechanical properties of hybrid fiber reinforced lightweight aggregate concrete made with natural pumice	Univ Tehran	이란	-



[그림 2-36] 구조시스템 성능개선기술 분야별 특허 분포

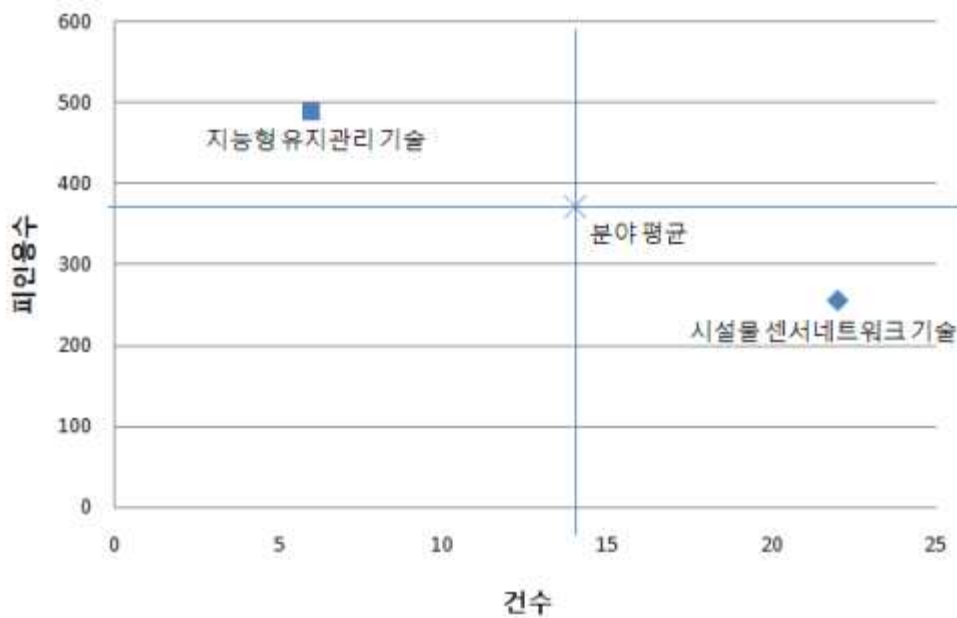
- 이 분야 총 특허 수는 91건으로 총 238회의 피인용수를 갖고 있으며, 1건당 평균 피인용수는 2.615임
- 풍진동 제어기술 개발 분야는 한국 서울대의 초고층 최상층에 위치한 물탱크를 이용한 진동제어장치에 관한 기술로 11회로 평균 피인용수를 훨씬 상회하는 피인용수를 보유하고 있는 대표적인 특허임
- 연쇄붕괴 방지기술 분야는 미국 Northwestern 대학의 세계무역센터 빌딩의 점진적인 붕괴 역학 분석 기술(피인용수 12회)과 영국 WSP Grp의 3차원 유한요소 모델링을 이용한 초고층 빌딩의 점진적인 붕괴 해석 기술(피인용수 8회)이 대표적임
- 초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계 기술개발 분야는 영국 Cambridge 대학의 화산, 분화에 의한 초고층 건물의 서지(surge) 현상에 의한 영향 분석 기술로 26회의 피인용수를 갖는 대표 특허임

○ 빌딩자동화 관리기술 개발

- 지능형유지관리 기술개발(초고층빌딩 자동화 관리기술 확보를 위한 지능형 유지관리, IT기술을 활용하여 네트워크 구축을 통한 예방적 유지관리체계 구축기술, 초고층빌딩 최적 운영 및 유지관리시스템 구현기술 등), 시설물 센서네트워크 기술개발(무선통신 체계활용, 다양한 초고층빌딩 환경 감지기술 등) 직접적으로 연관된 지적재산권에 관한 대표성과는 다음과 같음

[표 2-28] 최근 10년간 빌딩자동화 관리기술 개발 관련 대표 특허

특허제목	출원인	국가	피인용수
System for reducing the risk associated with an insured building structure through the incorporation of selected technologies	Hartford Fire Insurance Company	미국	189회
System for the acquisition of technology risk mitigation information associated with insurance	Hartford Fire Insurance Company	미국	127회
Learning, storing, analyzing, and reasoning about the loss of location-identifying signals	Microsoft Corporation	미국	56회
Structural monitoring sensor system	Structural Integrity Monitoring Systems, Inc.	미국	31회



[그림 2-37] 빌딩자동화 관리기술 개발 분야별 특허 분포

- 이 분야의 총 특허 수는 28건으로 총 피인용수 744로 분야별로 평균 14건이며, 건당 평균피인용수가 26.571로 매우 질이 우수한 특허들이 다수 있음
- 지능형유지관리 기술의 경우 미국 Hartford Fire Insurance Company의 피보험자 건물 구조와 관련된 리스크를 줄이기 위한 시스템 기술과 멀티로 조정되는 장치를 활용한 브라우징을 위한 방법 및 장치 세트에 관한 기술(피인용수 189회)과 동사의 보험과 관련된 기술 리스크 완화 정보 취득 시스템에 대한 기술(피인용수 127회)이 이 분야의 대표적인 특허임
- 시설물 센서네트워크 기술의 경우 미국 Microsoft Corporation의 위치 식별 신

호의 저장, 분석, 손실에 대한 추정 기술(피인용수 56회)과 동일국 Structural Integrity Monitoring Systems, Inc.의 초고층 구조물 모니터링 센서 시스템에 관한 기술(피인용수 31회)이 이 분야의 대표적인 특허임

○ 전력망 연동형 초고층복합빌딩 시스템 개발

- 초고층빌딩용 전력 설비 및 시스템 통합 기술개발(고효율 면광원 조명설계 및 Network 제어기술, 초고층빌딩용 전력망 연계 조명시스템 개발 기술 등), 초고층 빌딩의 전력계동 연동 설계 및 기술개발(초고층빌딩 전력망 연동 기술, 초고층빌딩 파워그리드용 전력자원 통합 분석 및 관리시스템 개발 기술 등) 직접적으로 연관된 지적재산권에 관한 성과는 다음과 같음

[표 2-29] 최근 10년간 전력망 연동형 초고층복합빌딩 시스템 관련 대표 특허

특허제목	출원인	국가	피인용수
LED array warning light system	TWR Lighting, Inc.	미국	6회
LIGHT-UP SYSTEM	KANSAI ELECTRIC POWER CO INC	일본	-
DIFFUSION STATE PREDICTION DEVICE, METHOD, AND PROGRAM	mitsubishi heavy industries, LTD.	일본	-
ENERGETICALLY SELF-SUFFICIENT BUILDING-CITY	-	-	-

- 이 분야의 총 특허 수는 8건으로 총 피인용수 6회로 분야별로 평균 4건이며, 건당 평균피인용수가 0.75로 매우 저조한 분야임
- 초고층빌딩용 전력 설비 및 시스템 통합 기술의 경우 미국 TWR Lighting, Inc.의 LED 배열 경고 조명 시스템 기술과 일본 KANSAI ELECTRIC POWER CO INC의 Light-Up 시스템 기술이 대표적임
- 초고층 빌딩의 전력계동 연동 설계 및 기술의 경우 일본 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.의 조명의 확산 상태 예측 장치 및 프로그램 기술과 기타국의 에너지적으로 자급자족하는 빌딩시티 기술이 대표적임

(2) 재료 및 시공 기술개발

○ 저탄소 고성능재료 기술개발

- 고강도강 실용화 기술(초고층 건축용 고강도강 소재 및 부재 개발기술, 초고층건축용 고강도강 이용 시스템설계기술, SRC기반강·콘크리트 하이브리드시스템 적용기술),슈퍼콘크리트 실용화 기술(현장타설 상온양생 초고강도 콘크리트 개발기술, 초고성능 감수제 개발기술, 경량콘크리트 배합 및 펌프 압송기술개발, 경량골재 개질 개선 및 최적화 기술개발, 경량콘크리트 생산기술 및 B/P 적용

기술 등), 고성능 강-콘크리트 합성구조기술(강·콘크리트 합성구조 재료기술, 고강도 전단스터드 개발 및 현장 적용기술, 강·콘크리트 합성부재(SRC,CFT) 개발 및 현장적용기술, RC기반 하이브리드시스템 현장적용기술, 공기단축형 장경간 합성보 개발기술 등) 직접적으로 연관된 지적재산권에 관한 대표성과는 다음과 같음

[표 2-30] 최근 10년간 저탄소 고성능재료 기술 개발 기술 관련 대표 특허

특허제목	출원인	국가	피인용수
Year-round decorative lights with multiple strings of series-coupled bipolar bicolor LEDs for selectable holiday color schemes	Year-Round Creations, LLC	미국	39회
High rise tower sanitary service system	A Company Incorporated	미국	37회
Construction method for SRC structured high rise building	-	기타	49회
ARCHITECTURAL HONEYCOMB STRUCTURE	Sekisui Chemical Co., Ltd.	일본	-

- 이 분야의 총 특허 수는 39건으로 미국, 캐나다, 미국, 일본, 한국 등 기타 국가에서 보유하고 있음
- 1980년대 이후로 고성능 재료와 시공기술을 통한 세계시장의 진출 확대를 위한 초고강도 콘크리트 제조 및 합성 구조재료 기술 등의 실용화 기술에 대한 특허 출원이 지속적으로 증가함. 한편, 에너지 저감 환경 기술, 구조시스템 성능 개선기술 분야는 2000년대 이후 출원이 이루어져 서서히 증가하고 있는 추세임
- 미국의 경우에는 과거에는 고강도 콘크리트 재료의 구조기술이 발달함에 따라 구조성과 공간효율성을 향상시키고자하는 특허출원과 콘크리트와 강구조를 결합하는 합성 구조재료의 기술개발이 주를 이루고 2000년대 이후에는 지능형 시설관리 기술의 확보를 통한 안정적인 건물 운영과 화재 및 피난을 대비한 내화설계에 대한 특허출원이 급격히 증가함
- 일본의 특허출원 현황은 고성능 재료 및 첨단시공 기술에 대해 1980년대 이후 등록건수에 있어서 급격한 증가를 보이며 일정 수준을 유지하였으나 2005년대 이후에는 다소 줄어드는 경향이 있음
- 일본 Sekisui Chemical Co., Ltd.사의 허니컴 구조에 관한 기술과 SRC 구조 초고층 건물 시공 방법에 관련된 특허가 대표적임

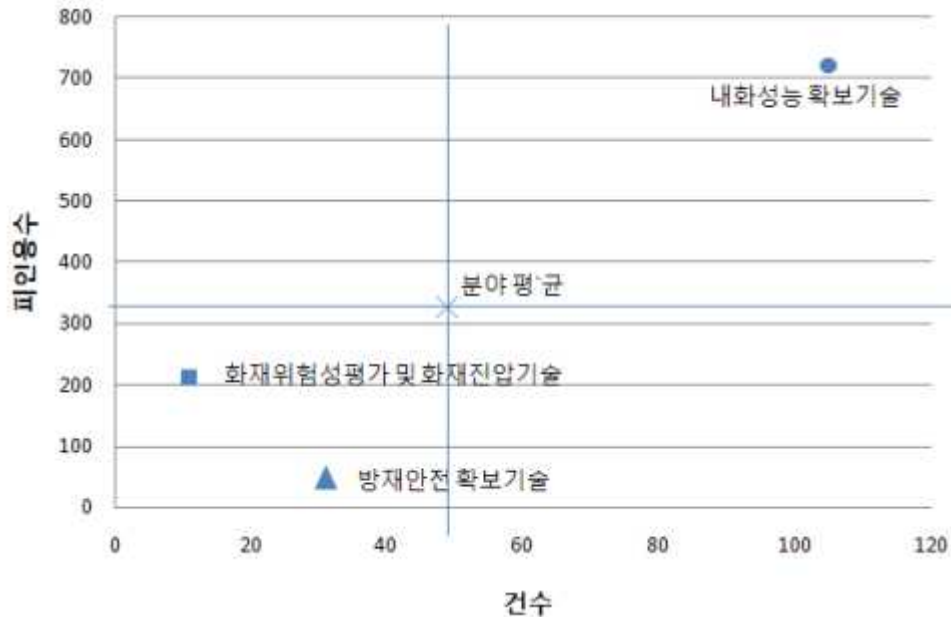
○ 초고층 내화성능 기술

- 방재안전 확보기술 개발(초고층빌딩에서 화재발생시 인명피해 최소화를 위한 피난안전 확보기술, 피난엘리베이터, 피난공간, 옥상광장을 포함하는 수직 피난 시설 설계기술, 성능 기반의 피난안전성 평가기술, 화재층 연기 제어기술, 수직 피난통로 방연 시스템 개발 기술 등), 화재위험성 평가 및 화재진압기술 개발

(정량적 화재 위험성 평가를 위한 화재 시나리오 구축 및 화재 발생빈도 분석 기술, 유형별 사고에 대한 초고층빌딩의 방재 정보센터 사고 대응 기술, 방재 설비의 내진설계기술 등), 내화성능 확보기술 개발(초고층 구획실 용도별 실화재 DB 구축, 초고층 특성에 적합한 적정 방화구획 면적기준 및 방화 구획관통부의 화재 확산 방지를 위한 내화충전구조의 개발을 위한 PBD 기반 구획화재 내화성능 확보 기술, 내화성능을 만족시킬 수 있는 고내화성 건식 벽체의 개발, 초고층 주요 부재의 내화성능 및 잔존내력확보를 위한 고로슬래그를 이용한 영구 거푸집겸용 내화시스템개발 기술 등) 직접적으로 연관된 지적재산권에 관한 대표성과는 다음과 같음

[표 2-31] 최근 10년간 초고층 방재안전 기술개발 관련 대표 특허

특허제목	출원인	국가	피인용수
Externally concealable, modular high-rise emergency evacuation apparatus with pre-qualified egress	-	-	22회
High-rise fire-fighting, rescue and construction equipment	Korchagin Pavel V.   Korchagina Marina E.   Yudakov Vladimir I.   Goldstein Igor I.   Tirskiy Andrey G.	러시아	11회
System for reducing the risk associated with an insured building structure through the incorporation of selected technologies	Hartford Fire Insurance Company	미국	189회
Externally concealable, modular high-rise emergency evacuation apparatus with pre-qualified egress	-	-	22회
System and method for accurately computing the position of wireless devices inside high-rise buildings	MeshNetworks, Inc.	미국	130회



[그림 2-38] 초고층 방재안전 기술 개발 분야별 특허 분포

- 이 분야 총 특허 수는 147건으로 총 978회의 피인용수를 갖고 있으며, 기술 분야별 평균 49건에 평균 피인용수는 6.653임
- 방재안전 확보기술 분야는 러시아 Korchagin Pavel V. | Korchagina Marina E. | Yudakov Vladimir I. | Goldstein Igor I. | Tirskiy Andrey G.의 초고층 소방 및 구조 및 건설 장비에 관한 기술(피인용수 11회)이 대표적임
- 화재위험성 평가 및 화재진압기술의 경우 미국 Hartford Fire Insurance Company의 피보험자 건물 구조와 관련된 리스크를 줄이기 위한 시스템 기술과 멀티로 조정되는 장치를 활용한 브라우징을 위한 방법 및 장치 세트에 관한 기술(피인용수 189회)이 대표적임
- 내화성능 확보기술의 경우 미국 MeshNetworks, Inc.의 초고층 건물 내부에 있는 무선장치의 위치를 계산하기 위한 방법 및 시스템에 관한 특허(피인용수 130회)가 대표적임

○ 고속시공기술 개발

- 지능형 현장시공 기술(고속시공 통합플랫폼 및 자가진단형 시스템 거푸집 개발 기술, 일체식 자동인양 Formwork 시스템, 고속시공 지원을 위한 펌핑기술, 비정형 초고층 리프트 및 이동식 급전기술, 리프트 정보관리 및 운영효율 평가기술, 통합형 공정관리 시스템과 연계된 양중장비 최적조합, 위치선정 및 운영최적화기술, 리프트 모니터링 및 제어기술 등), 통합형 공정관리 기술(통합공사관리 시스템 및 현장운영기술, 다공구 동기화 공정지원을 위한 최적 계획 및 모니터링기술 등) 직접적으로 연관된 지적재산권에 관한 대표성과는 다음과 같음

[표 2-32] 최근 10년간 고속시공기술 개발 관련 대표 특허

특허제목	출원인	국가	피인용수
FORMWORK SYSTEM FOR SLIP FORM CASTING	ITW CONSTRUCTION PRODUCTS AUSTRALIA PTY LTD	호주	-
System for reducing the risk associated with an insured building structure through the incorporation of selected technologies	Hartford Fire Insurance Company	미국	189회
Method and apparatus for browsing using multiple coordinated device sets	-	-	116회

- 이 분야의 총 특허 수는 5건으로 미국이 2건, 호주 1건 등 기타 국가에서 지적 재산권을 보유하고 있음
- 지능형 현장시공 기술의 경우 호주 ITW CONSTRUCTION PRODUCTS AUSTRALIA PTY LTD의 슬립폼 거푸집 시스템에 관한 기술이 대표적임
- 통합형 공정관리 기술의 경우 미국 Hartford Fire Insurance Company의 피보험자 건물 구조와 관련된 리스크를 줄이기 위한 시스템 기술과 멀티로 조정되는 장치를 활용한 브라우징을 위한 방법 및 장치 세트에 관한 기술이 이 분야의 대표적인 특허임

○ 초고층복합빌딩 특허 분석 소결

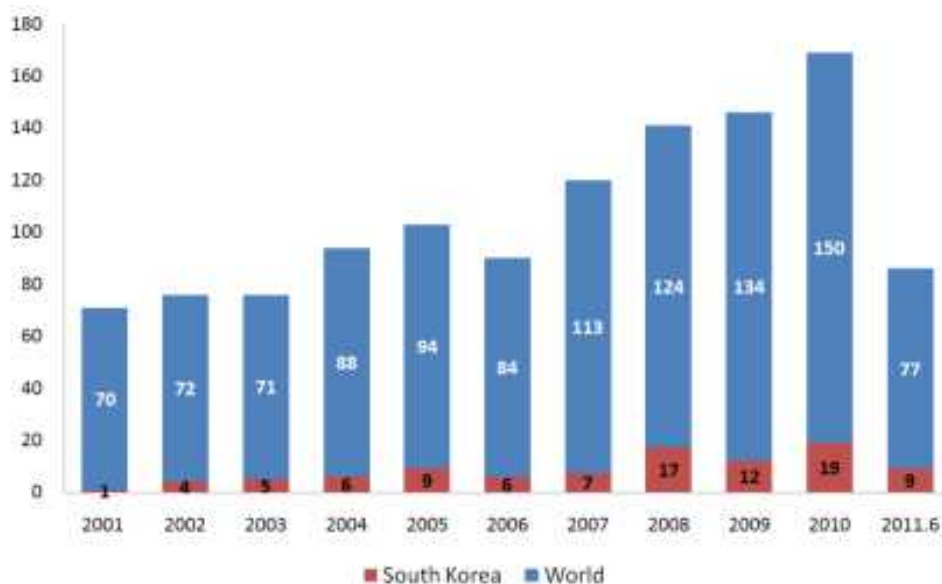
- 특허는 2000년대 초반을 정점으로 감소세를 나타내고 있음(양적으로 2002년 92건을 최고 정점으로 하여 감소 경향에 있으며 국내의 경우 16건으로 매우 저조함)
- 특허 관련 세계 10위권 국가 중 활동도지수는 미국이 4.610으로 가장 높고, 수준지수도 8.301로 타국에 비해 독보적인 기술적 우위를 점유하고 있음
- 미국, 일본 등이 세계 평균 피인용수보다 높은 우수특허들을 다수 확보하고 있으며, 여전히 핵심엔지니어링 분야의 기술과 첨단 IT 기술을 활용한 유지관리 기술 분야 등에서 미국과 일본이 세계선도 기술을 점유하고 있음을 의미함
- 핵심엔지니어링 기술 중 국내의 경우 풍진동 제어기술과 관련하여 서울대의 초고층복합빌딩의 최상층에 위치한 물탱크를 이용한 진동제어장치에 관한 기술로 대표적인 특허를 보유하고 있음
- 1980년대 이후로 고성능 재료와 시공기술을 통한 세계시장의 진출 확대를 위한 초고강도 콘크리트 제조 및 합성 구조재료 기술 등의 실용화 기술에 대한 특허출원이 지속적으로 증가함
- 한편, 에너지 저감 환경 기술, 구조시스템 성능 개선기술 분야는 2000년대 이후 출원이 이루어져 서서히 증가하고 있는 추세임
- 미국의 경우에는 2000년대 이후에는 지능형 시설관리 기술의 확보를 통한 안정적인 건물 운영과 화재 및 피난을 대비한 내화설계에 대한 특허출원이 급격

히 증가함

- 시설물 센서네트워크 기술의 경우 미국 위치 식별 신호의 저장, 분석, 손실에 대한 추정 기술과 초고층 구조물 모니터링 센서 시스템에 관한 기술 등 분야에서 우수 특허를 보유하고 있음
- 초고층빌딩용 전력 설비 및 시스템 통합 기술의 경우 미국의 LED 배열 경고 조명 시스템 기술, 초고층 빌딩의 전력계동 연동 설계 및 기술의 경우 일본 조명의 확산 상태 예측 장치 및 프로그램 기술이 대표적임
- 방재안전 확보기술 분야는 러시아의 초고층 소방 및 구조 및 건설 장비에 관한 기술, 화재위험성 평가 및 화재진압기술의 경우 미국의 리스크를 줄이기 위한 시스템 기술, 내화성능 확보기술의 경우 미국의 초고층 건물 내부 무선장치의 위치를 계산하기 위한 방법 및 시스템에 관한 특허가 대표적임

### 3. 논문 동향 분석

- 최근 10년간 발표 논문의 추이는 아시아 중동 등지와 신흥국들을 중심으로 초고층 시장이 활성화되어 기술수요가 급증한 2000년대 중반부터 급격히 증가하고 있음



[그림 2-39] 최근 10년간 논문 발표 추이

- 전세계적으로 초고층빌딩 관련 논문은 총 1,165건이 발표되었으며, 국가별로는 표 2-33와 같이 중국이 미국보다 많은 272건(23.19%)로 가장 많이 발표하였음
- 우리나라도 95건(8.1%)으로 3위를 차지하고 있으며, 이는 최근 초고층 시장이 중국을 중심으로 아시아 지역의 시장 활성화로 자국내 기술 수요의 급증으로 인한 결과임

[표 2-33] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(10위권)

순위	국가	논문 수	비중(%)	피인용수	평균 피인용수
1	중국	294	23.71	1375	4.68
2	미국	278	22.42	934	3.36
3	한국	104	8.39	206	1.98
4	호주	80	6.45	370	4.63
5	일본	71	5.73	246	3.46
6	캐나다	69	5.57	325	4.71
7	영국	57	4.60	194	3.40
8	이탈리아	34	2.74	108	3.18
9	이란	33	2.66	54	1.64
10	대만	33	2.66	113	3.42
	기타	186	15.07		
	합계 혹은 평균	1,239	100	3,925	3.45

- 발표된 논문의 10위권 국가들의 평균 논문 발표 실적은 105.3건이며 질적 우수성을 판단할 수 있는 논문당 평균 피인용 수는 3.45임
- 중국이 294건 평균 피인용수 4.68로 가장 높으며, 미국이 278건으로 평균 이상이며, 3.36의 평균 피인용수를 보이고 있음
- 논문 발표 양은 평균 이하 이지만, 호주, 캐나다 등지에서는 평균피인용수를 상회하는 양질의 논문이 많이 나오고 있음
- 대한민국의 경우 104건으로 평균적인 논문량을 보이고 있으나, 평균피인용수는 1.98로 상대적으로 저조한 현실임
- 우리나라의 경우 양적으로는 BIM 등 통합사업관리기술 분야의 논문 건수는 아직까지 없으며, 핵심엔지니어링 기술개발 분야 56건, 재료 및 시공 기술개발 분야 27건, 유지관리 및 방재 기술개발 분야 24로 세계 10위권 국가들 평균과 거의 유사한 논문 수를 발표하고 있음

가. 핵심엔지니어링 기술개발

(1) 비정형 통합설계시스템 개발

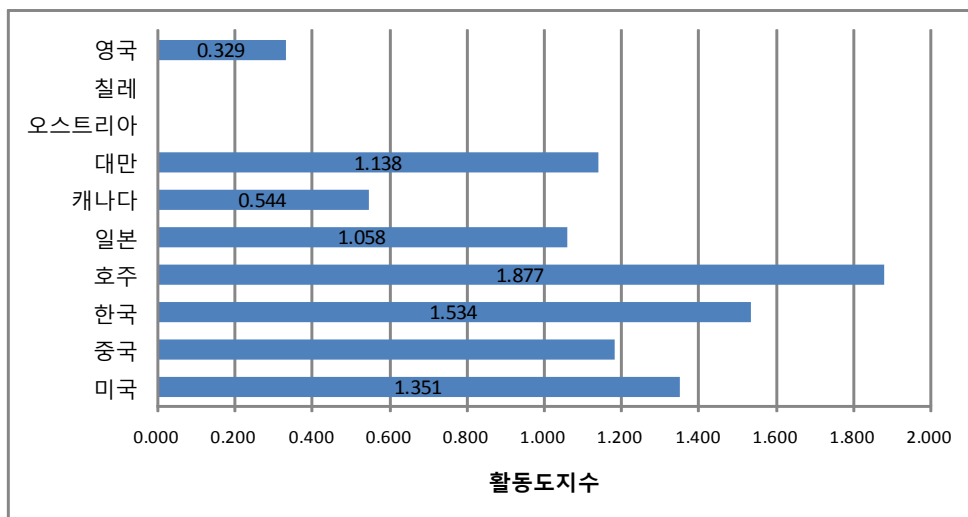
① 비정형 구조 시스템 최적화 설계 기술 개발

- 비정형 초고층 구조시스템의 경제성과 구조 및 시공안정성 확보가 가능한 구조 설계 기술로 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

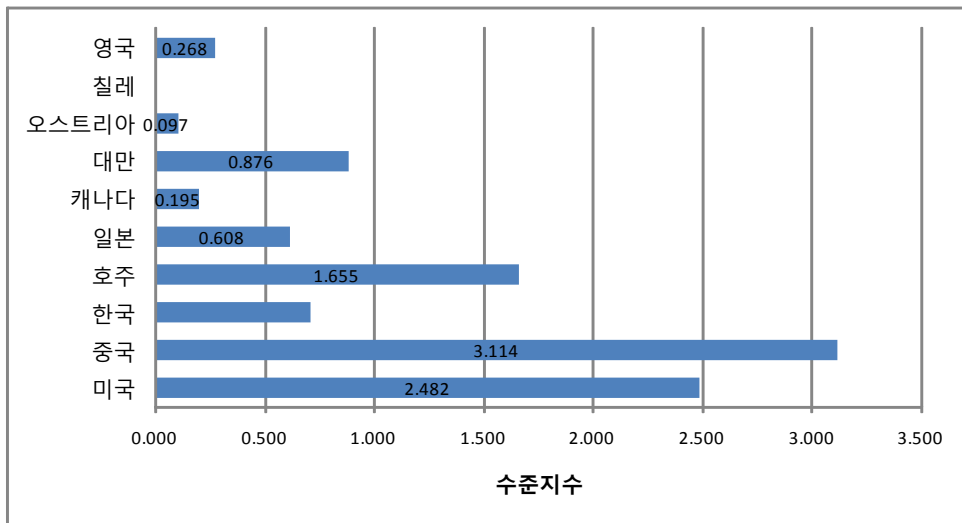
[표 2-34] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(비정형 구조 시스템 최적화 설계 기술 개발, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도 지수	수준지수
1	미국	40	31.01	102	1.351	2.482
2	중국	37	28.68	128	1.181	3.114
3	한국	17	13.18	29	1.534	0.706
4	호주	16	12.40	68	1.877	1.655
5	일본	8	6.20	25	1.058	0.608
6	캐나다	4	3.10	8	0.544	0.195
7	대만	4	3.10	36	1.138	0.876
8	오스트리아	2	1.55	4	-	0.097
9	칠레	2	1.55	0	-	-
10	영국	2	1.55	11	0.329	0.268

- 홍콩의 Hong Kong Univ에서 초고층복합빌딩의 강-콘크리트 합성 구조물 횡강성(바람 등) 최적 설계 관련 논문이 24회로 이 분야 최고 피인용수를 가지고 있으며, 대만의 Natl Cent Univ에서 풍하중 진동에 대한 초고층 빌딩의 능동 제어 관련 논문이 21번 피인용수를 가지는 대표 논문임
- 이 분야의 대표적인 연구 동향이 풍하중에 대한 횡강성 확보와 진동의 제어에 있다고 할 수 있음



[그림 2-40] 주요국의 활동도지수(비정형 구조 시스템 최적화 설계 기술 개발)



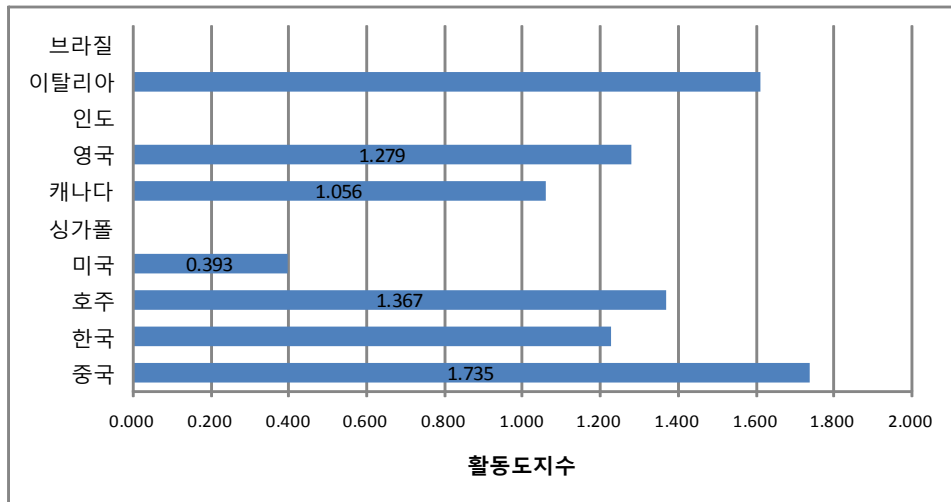
[그림 2-41] 주요국의 수준지수(비정형 구조 시스템 최적화 설계 기술 개발)

- 전체적으로 초고층복합빌딩 기술의 타분야 기술보다 발표 논문의 수가 상당히 많아 활동도지수가 높은 편이나, 상대적으로 질적으로 우수한 논문은 특정 국가에서만 발표되고 있음
  - 활동도지수는 10위권내 대부분의 국가에서 1.0 이상으로 타 초고층 기술분야에 비해 매우 활발히 연구가 진행되고 있는 분야임
  - 호주가 활동도지수 1.877로 가장 높고, 한국도 이 분야 총 논문수 17개로 1.534로 2위권을 형성하고 있음
  - 발표 논문의 질적 우수성을 판단하는 수준지수는 중국(3.144), 미국(2.482), 호주(1.655) 등의 순으로 우수한 논문이 발표되고 있음
  - 한국은 이 분야전체 피인용수가 29로 수준지수는 0.706이며 관련분야 논문 수에 비해 질적 우수성이 다소 낮은 것으로 나타남
- ② 비정형 통합 설계 전산플랫폼 개발
- 초고층복합빌딩 설계 요소기술복합과 첨단IT융합에 의한 비정형 구조시스템 설계 전산플랫폼 기술 개발로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

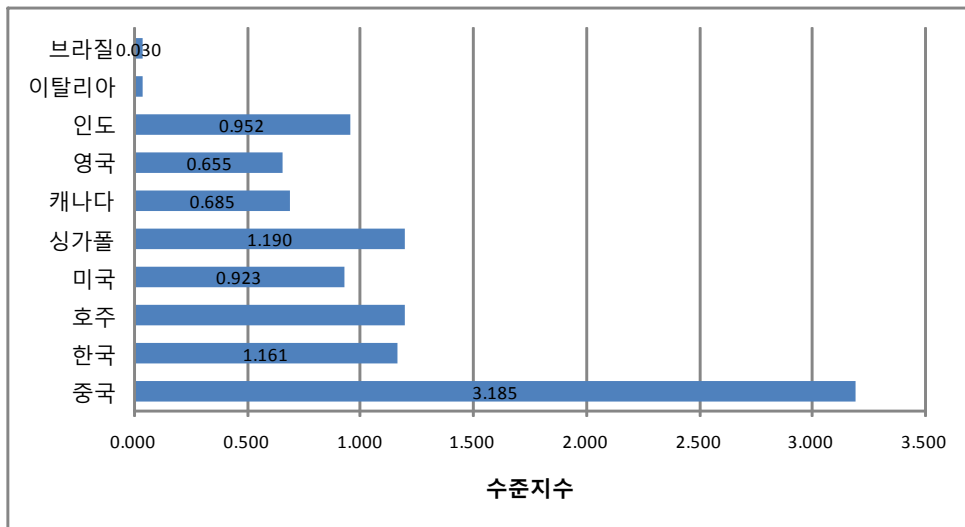
[표 2-35] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(비정형 통합 설계 전산플랫폼 개발, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도 지수	수준지수
1	중국	28	43.75	107	1.735	3.185
2	한국	7	10.94	39	1.226	1.161
3	호주	6	9.38	40	1.367	1.190
4	미국	6	9.38	31	0.393	0.923
5	싱가폴	5	7.81	40	-	1.190
6	캐나다	4	6.25	23	1.056	0.685
7	영국	4	6.25	22	1.279	0.655
8	인도	3	4.69	32	-	0.952
9	이탈리아	3	4.69	1	1.608	0.030
10	브라질	2	3.13	1	-	0.030

- 싱가포르의 Nanyang Technol Univ에서 초고층빌딩의 시스템 식별을 위한 상시진동에 대한 연구와 스코틀랜드의 WTC 타워의 붕괴 원인에 대한 연구가 이 분야의 대표적인 논문으로 각각 30회, 24회씩 최다 피인용되고 있음



[그림 2-42] 주요국의 활동도지수(비정형 통합 설계 전산플랫폼 개발)



[그림 2-43] 주요국의 수준지수(비정형 통합 설계 전산플랫폼 개발)

- 이 분야는 전체적으로 활동도지수도 높아 세계 10위권 국가들 모두 활발히 연구를 진행하고 있으며, 질적으로도 우수한 논문들이 많아 피인수가 높아 수준지수도 우수하게 나타나고 있음
- 활동도지수는 10위권내 대부분의 국가에서 1.0 이상으로 타 초고층 기술분야에 비해 매우 활발히 연구가 진행되고 있는 분야임
- 중국이 활동도지수 1.735로 가장 높고, 이탈리아가 1.608로 그 뒤를 따르고 있으며, 한국도 7편으로 이 분야 논문수로는 2위권을 차지하고 있지만 활동도지수는 1.226으로 중위권을 차지하고 있으며, 국내 타분야 연구 활동과 비교하면 평균 이상으로 활발히 연구 진행되고 있음
- 질적 우수성을 대표하는 수준지수는 중국(3.185)로 가장 뛰어나며, 호주, 싱가포르에 이어 한국도 피인용수 39회 1.161로 평균 이상의 수치를 보이며, 비교적 우수한 논문이 발표되고 있음

## (2) 구조시스템 성능개선기술 개발

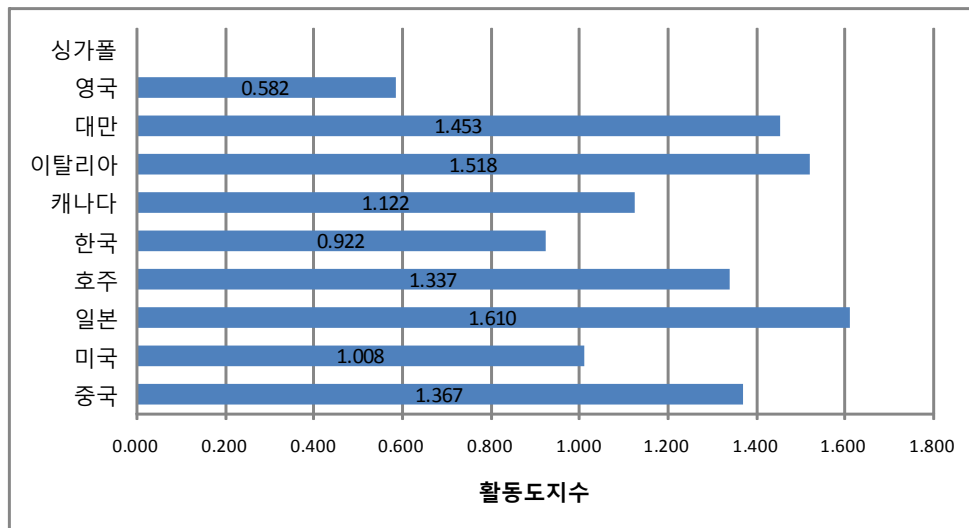
### ① 풍진동 제어기술 개발

- 초고층 풍특성 및 풍동시뮬레이션 및 풍동실험 관련기술, 최소 질량형 하이브리드 제진장치 제작 및 설계기술, 초고층 건축물의 풍응답 및 풍하중 평가기술, 초고층 건축물의 풍진동 예측 및 동특성 분석 기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

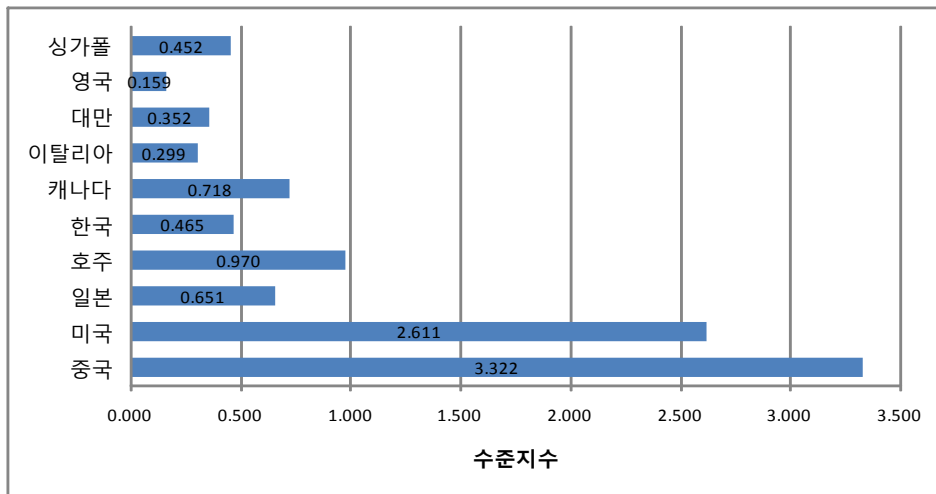
[표 2-36] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(풍진동 제어기술 개발, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	중국	109	35.51	500	3.322	1.367
2	미국	76	24.76	393	2.611	1.008
3	일본	31	10.10	98	0.651	1.610
4	호주	29	9.45	146	0.970	1.337
5	한국	26	8.47	70	0.465	0.922
6	캐나다	21	6.84	108	0.718	1.122
7	이탈리아	14	4.56	45	0.299	1.518
8	대만	13	4.24	53	0.352	1.453
9	영국	9	2.93	24	0.159	0.582
10	싱가폴	8	2.61	68	0.452	-

- 싱가포르의 Nanyang 기술 대학에서 초고층 건물의 시스템 식별을 위한 주변 진동에 관한 연구와 미국의 Rice 대학의 TMD를 이용한 초고층 건물의 풍 응답 제어에 관한 연구가 대표적이며 각각 30회의 피인용 수로 이 분야의 대표적인 논문임



[그림 2-44] 주요국의 활동도지수(풍진동 제어기술 개발)



[그림 2-45] 주요국의 수준지수(풍진동 제어기술 개발)

- 이 분야는 전체적으로 활동도지수도 높아 세계 10위권 국가들 모두 활발히 연구를 진행하고 있으며, 질적으로도 우수한 논문들은 일부 선도국에 의해 주도되고 있음
- 풍진동 제어기술은 현재 일본의 활동도지수가 1.61로 가장 높고, 이탈리아, 대만, 중국, 호주, 캐나다, 미국의 순으로 1이상의 높은 활동도지수를 보이고 있음
- 한국은 0.922의 활동도로 다소 타국에 비해 연구 활동이 미진하나 일본, 미국 등 선진국의 능동/수동 제어 기술들을 활용한 응용분야에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있음
- 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 중국이 3.322로 총 500회의 피인용수를 기록하여 최고이며, 미국이 2.611로 총 393회의 피인용수를 기록하고 있음
- 일본의 수준지수는 0.651로 낮으나 실제 초고층 분야 응용 기술은 뛰어나 미국과 함께 이 분야의 기술 선도국으로 현장 적용사례가 뛰어난 국가중의 하나임
- 한국은 총 70회의 피인용수를 기록하여 0.465의 낮은 수준지수를 기록하고 있으나, 현재 선진국의 기술수준을 추격하기 위해 최근 들어 활발히 연구활동이 진행되고 있음

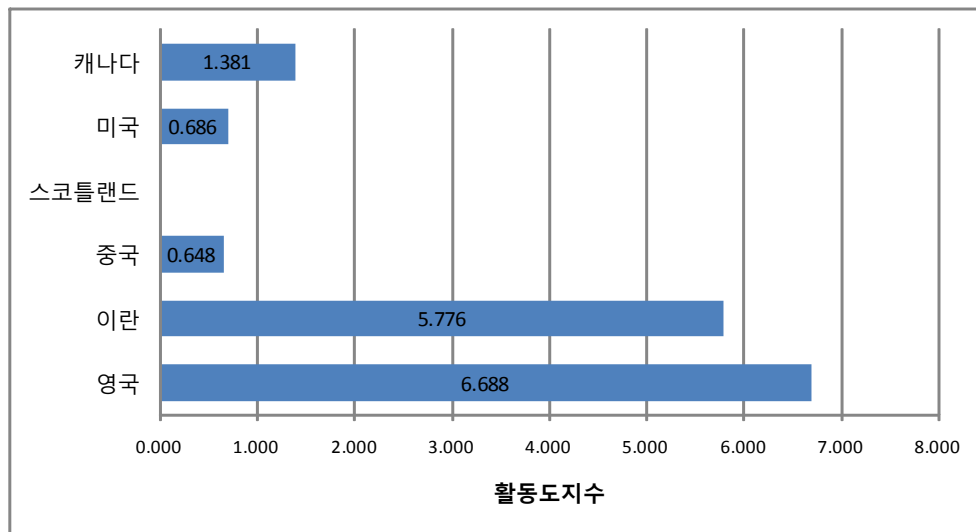
## ② 연쇄붕괴 방지기술

- 비정상 하중의 정밀해석기법 및 연쇄붕괴해석기술, 초고층 건축물 연쇄붕괴 거동 평가 기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

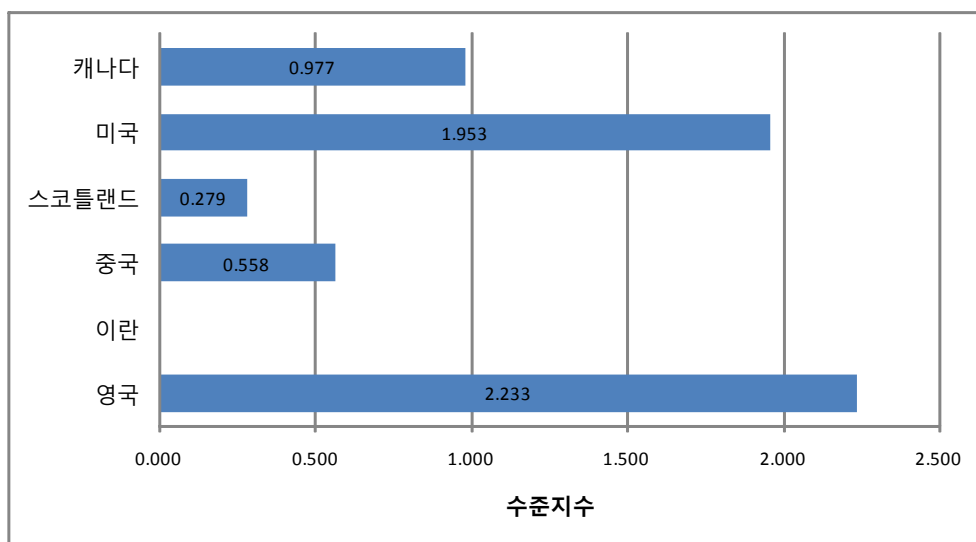
[표 2-37] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(연쇄붕괴 방지기술, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	영국	4	33.33	16	2.233	6.688
2	이란	2	16.67	0	-	5.776
3	중국	2	16.67	4	0.558	0.648
4	스코틀랜드	2	16.67	2	0.279	-
5	미국	2	16.67	14	1.953	0.686
6	캐나다	1	8.33	7	0.977	1.381

○ 미국의 Northwestern 대학의 세계무역센터 빌딩의 점진적 붕괴 역학에 관한 연구와 영국의 WSP Grp.의 3D 유한요소모델링을 이용한 점진적 붕괴 해석 기법에 대한 연구가 대표적 논문으로 각각 피인용수 12회, 8회를 기록하고 있음



[그림 2-46] 주요국의 활동도지수(연쇄붕괴 방지기술)



[그림 2-47] 주요국의 수준지수(연쇄붕괴 방지기술)

- 이 분야는 총 13편의 논문이 발표되었으며, 영국이 6.688, 이란이 5.776, 캐나다가 1.381로 활동도가 높으며, 미국도 세계무역센터 붕괴 사건을 계기로 활동도가 서서히 높아지고 있음(그림 2-37)
- 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 영국이 총 16회의 피인용수를 기록하며 2.233으로 가장 높고, 미국이 총 14회로 1.953으로 다음을 차지하고 있음(그림 2-33)
- 미국의 경우 활동도는 저조하나 높은 피인용수를 기록하며 질적으로 우수한 수준지수를 가지고 있음

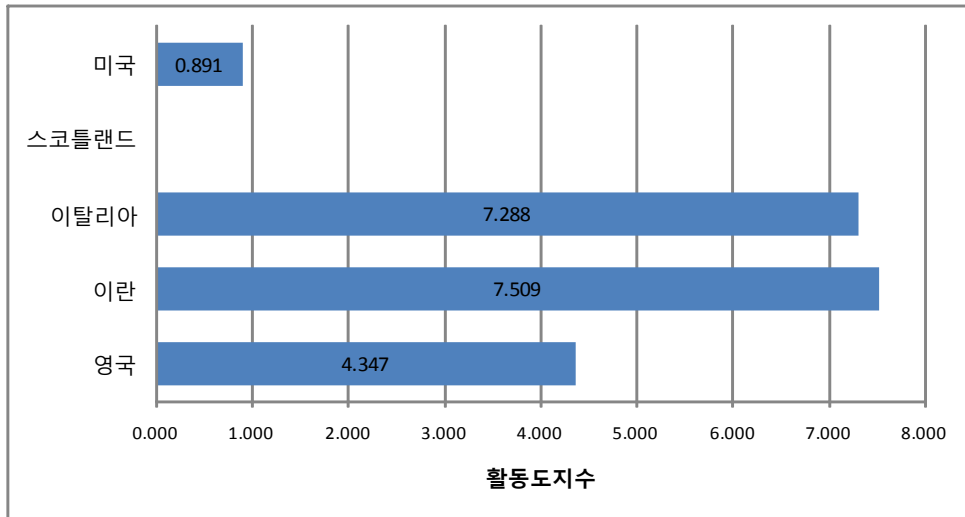
③ 초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계 기술개발

- 테러위험도 평가모델, 내부/외부 설계폭발하중 산정 및 해석기술, 내부 및 지하 폭발에 의한 구조설계 기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

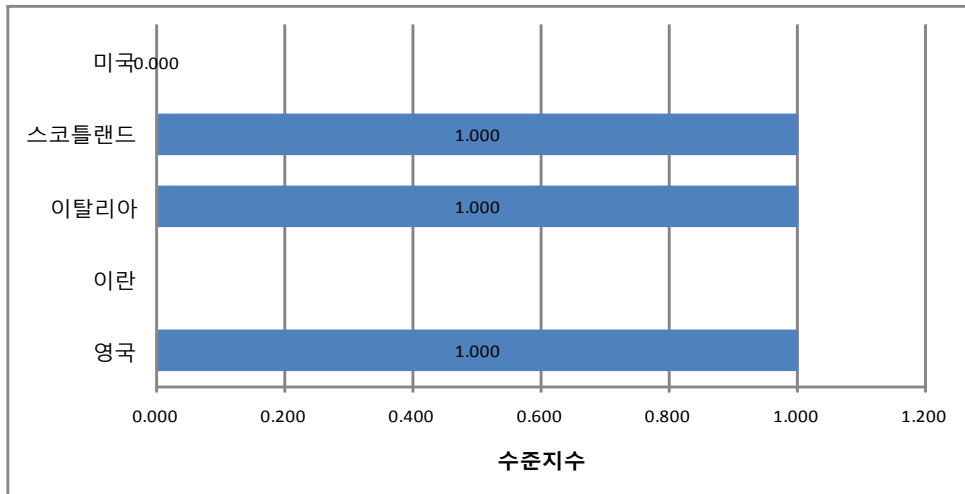
[표 2-38] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계 기술개발, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	영국	1	50.00	26	1.347	1.000
2	이란	1	50.00	0	7.509	-
3	이탈리아	1	50.00	26	7.288	1.000
4	스코틀랜드	1	50.00	26	-	1.000
5	미국	1	50.00	0	0.891	-

- 영국 Cambridge 대학의 화산폭발에 의한 영향에 대한 연구(피인용수 26회)와 이란의 Tehran 대학의 하이브리드 섬유를 이용한 경량 골재 철근콘크리트 연구가 대표적임



[그림 2-48] 주요국의 활동도지수(초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계 기술개발)



[그림 2-49] 주요국의 수준지수(초고층 건물의 폭발물테러 예방·피해 경감 설계 기술개발)

○ 이 분야는 총 5편으로 논문의 양이 많지 않아 활동도지수의 평가가 별다른 의미를 가지지 않음

○ 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 영국, 이탈리아, 스코틀랜드 모두 1로 동일함

#### (4) 빌딩자동화 관리기술 개발

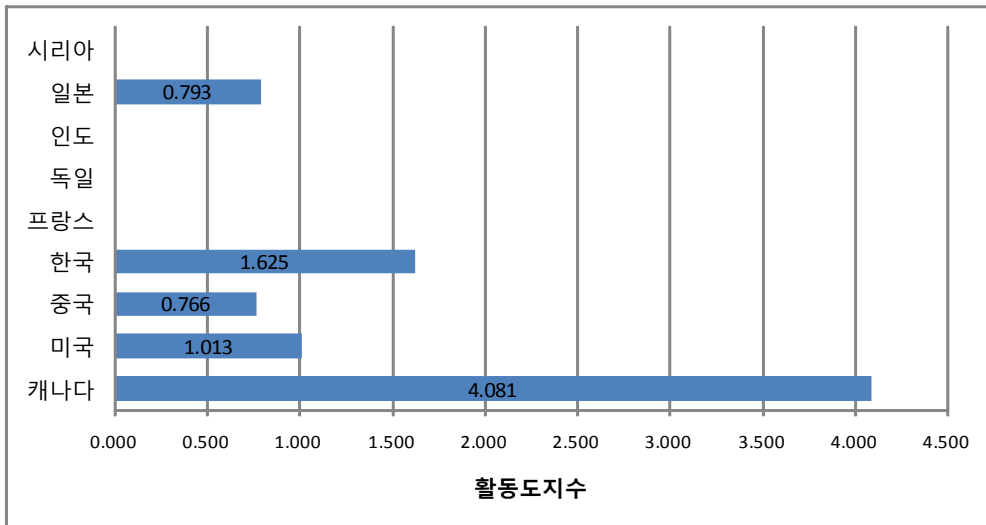
##### ① 지능형유지관리 기술개발

○ 초고층빌딩 자동화 관리기술 확보를 위한 지능형 유지관리, IT기술을 활용하여 네트워크 구축을 통한 예방적 유지관리체계 구축기술, 초고층빌딩 최적 운영 및 유지관리시스템 구현기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

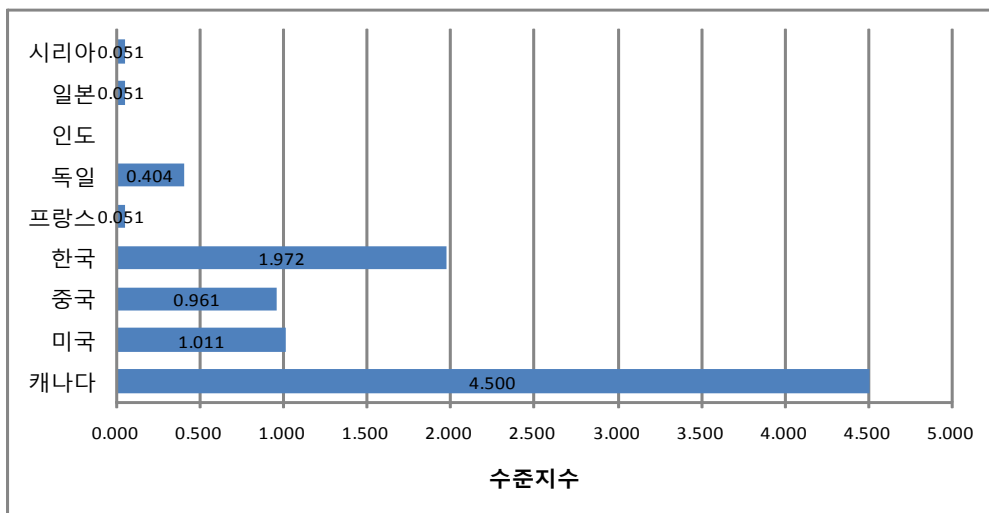
[표 2-39] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(지능형유지관리 기술개발, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	캐나다	5	27.78	89	4.081	4.500
2	미국	5	27.78	20	1.013	1.011
3	중국	4	22.22	19	0.766	0.961
4	한국	3	16.67	39	1.625	1.972
5	프랑스	1	5.56	1	-	0.051
6	독일	1	5.56	8	-	0.404
7	인도	1	5.56	0	-	-
8	일본	1	5.56	1	0.793	0.051
9	시리아	1	5.56	1	-	0.051

○ 캐나다 Western Ontario 대학의 자기유변유체(MR) 댐퍼를 이용한 수동형 스마트 진동 제어 시스템의 연구가 피인용수 39회로 이 분야의 대표적인 연구임



[그림 2-50] 주요국의 활동도지수(지능형유지관리 기술개발)



[그림 2-51] 주요국의 수준지수(지능형유지관리 기술개발)

- 이 분야의 활동도지수는 캐나다가 논문수 5편 4.081로 가장 높고, 한국이 1.625, 미국이 1.013으로 1이상을 보이고 있음(그림 2-50)
- 일본은 이 분야에서 우수한 기술력을 확보하고 있으나 실제 논문 제출 건수는 1편으로 매우 저조한 활동량을 보이고 있음
- 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 캐나다가 피인용수 89회로 4.5의 가장 높은 수치를 보이고 있으며, 한국이 피인용수 39회로 1.972, 미국이 1.011로 1이상을 보이고 있음(그림 2-51)
- 한국의 경우 활동도지수 및 수준지수가 모두 1이상으로 이 분야에 대한 연구의 활동량 및 질적 우수성을 모두 확보하고 있는 기술분야임

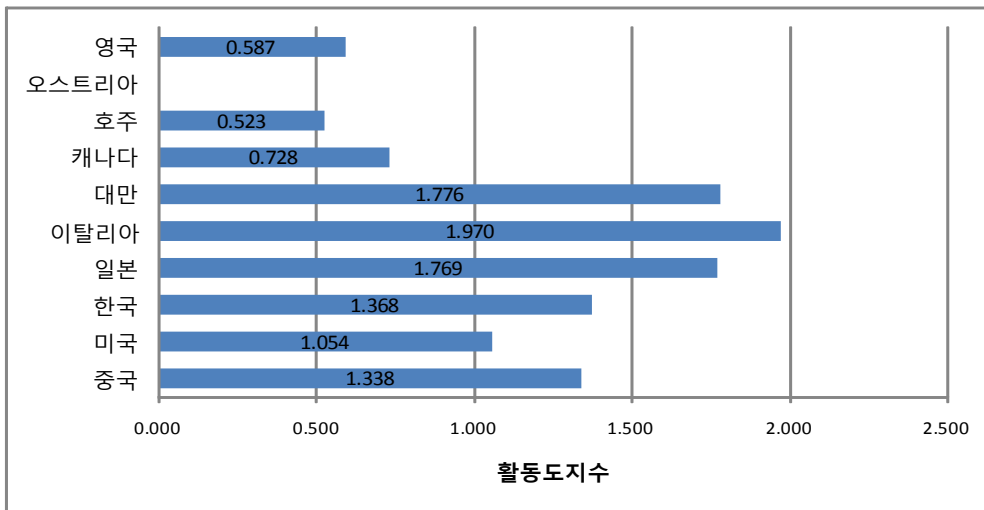
② 시설물 센서네트워크 기술개발

- 무선통신 체계 활용, 다양한 초고층빌딩 환경 감지기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

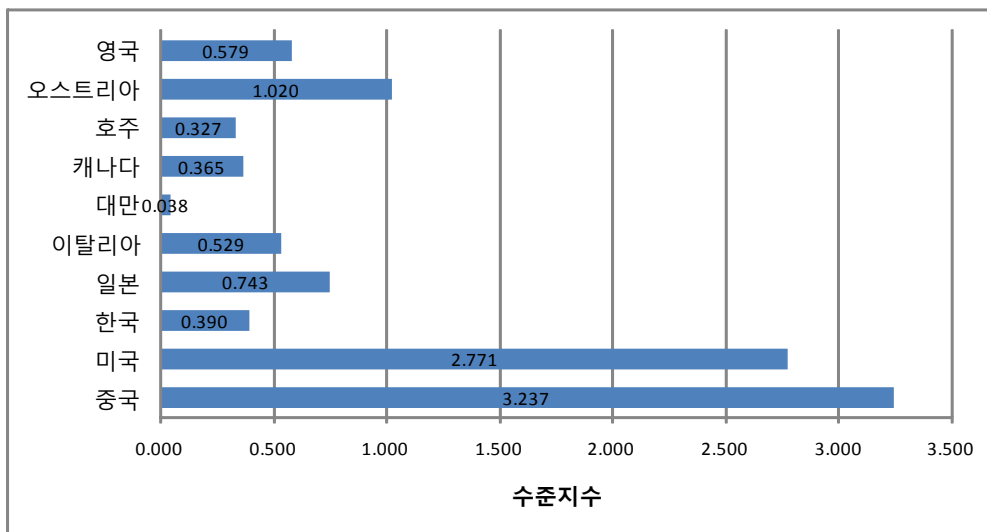
[표 2-40] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(시설물 센서네트워크 기술개발, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	중국	47	31.97	257	1.338	3.237
2	미국	35	23.81	220	1.054	2.771
3	한국	17	11.57	31	1.368	0.390
4	일본	15	10.20	59	1.769	0.743
5	이탈리아	8	5.44	42	1.970	0.529
6	대만	7	4.76	3	1.776	0.038
7	캐나다	6	4.08	29	0.728	0.365
8	호주	5	3.40	26	0.523	0.327
9	오스트리아	4	2.72	81	-	1.020
10	영국	4	2.72	46	0.587	0.579

- 미국 Iowa 주립 대학의 아이오와 펜실베니아 사이의 양계장 암모니아 방출 모니터링에 대한 연구와 홍콩 Hong Kong Polytech 대학의 도시 열 섬 원격 감지에 대한 연구가 각각 피인용수 33회, 24회로 이 분야의 대표적인 연구임



[그림 2-52] 주요국의 활동도지수(시설물 센서네트워크 기술개발)



[그림 2-53] 주요국의 수준지수(시설물 센서네트워크 기술개발)

- 이 분야의 활동도지수는 이탈리아가 1.97로 가장 높고, 대만, 일본, 한국, 중국, 미국이 1이상을 보이고 있음(그림 2-38)
- 한국도 활동도지수 1.368로 이 분야 총 논문수 17편으로 초고층복합빌딩 관련 타 분야 기술들에 비해 평균 이상의 활동량을 보이고 있음
- 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 중국이 피인용수 257회로 3.237의 가장 높은 수치를 보이고 있으며, 미국이 2.771, 오스트리아가 1.02로 1이상을 보이고 있음(그림 2-39)
- 중국과 미국의 경우 활동도지수가 1에 가까워 타분야 활동량과 유사한 연구 활동을 보이고 있지만, 발표된 논문의 우수성은 각각 피인용수 257회, 220회로 우수한 연구 실적을 가지고 있음

- 한국의 경우 활동도지수는 평균 이상의 양호한 실적을 가지고 있으나 실제 피인용수 31회로 0.39라는 매우 낮은 수준지수를 보이고 있음

(5) 전력망 연동형 초고층복합빌딩 시스템 개발

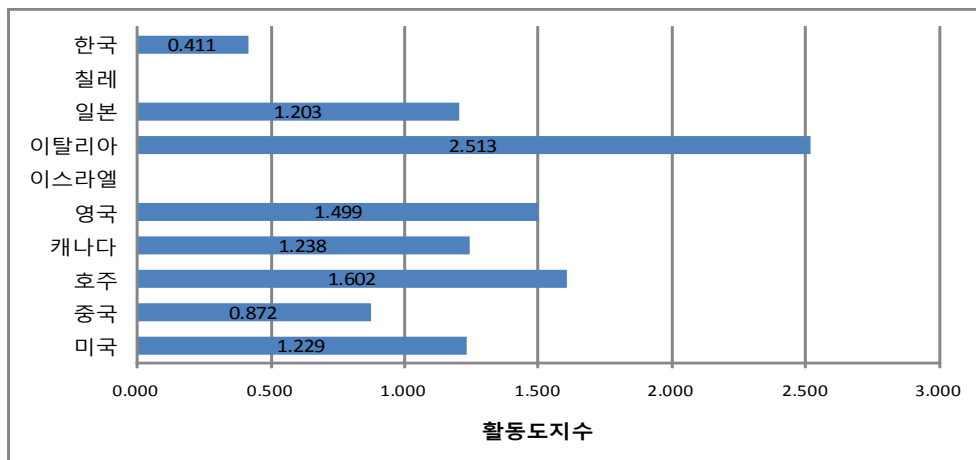
① 초고층빌딩용 전력 설비 및 시스템 통합 기술개발

- 고효율 면광원 조명설계 및 Network 제어기술, 초고층빌딩용 전력망 연계 조명 시스템 개발(DC대응 고효율 면광원 조명시스템 개발) 기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

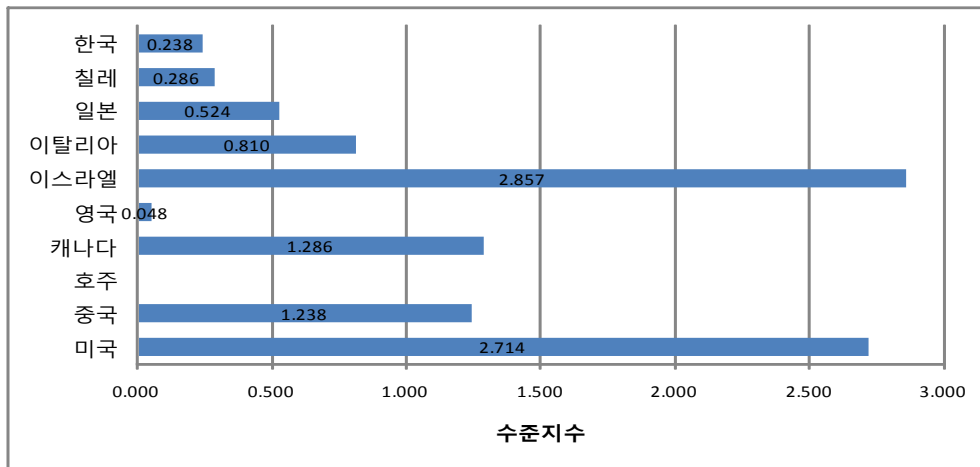
[표 2-41] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(초고층빌딩용 전력 설비 및 시스템 통합 기술개발, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	미국	8	28.57	57	1.229	2.714
2	중국	6	21.43	26	0.872	1.238
3	호주	3	10.71	0	1.602	-
4	캐나다	2	7.14	27	1.238	1.286
5	영국	2	7.14	1	1.499	0.048
6	이스라엘	2	7.14	60	-	2.857
7	이탈리아	2	7.14	17	2.513	0.810
8	일본	2	7.14	11	1.203	0.524
9	칠레	1	3.57	6	-	0.286
10	한국	1	3.57	5	0.411	0.238

- 이스라엘 Ben Gurion 대학의 도시 광무선통신 네트워크 연구와 동 대학의 안개를 투과하는 광무선통신 연구가 각각 피인용수 39회, 21회로 이 분야의 대표적인 연구임



[그림 2-54] 주요국의 활동도지수(초고층빌딩용 전력설비 및 시스템 통합 기술개발)



[그림 2-55] 주요국의 수준지수(초고층빌딩용 전력설비 및 시스템 통합 기술개발)

## 나. 재료 및 시공 기술개발

### (1) 저탄소 고성능재료 기술개발

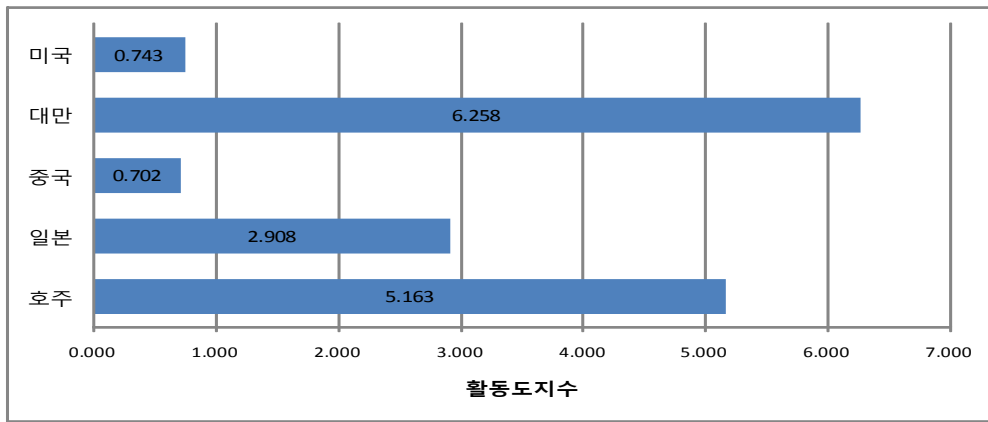
#### ① 고강도강 실용화 기술

- 초고층 건축용 고강도강 소재 및 부재 개발기술, 초고층건축용 고강도강 이용 시스템설계기술, SRC기반강·콘크리트 하이브리드시스템 적용기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

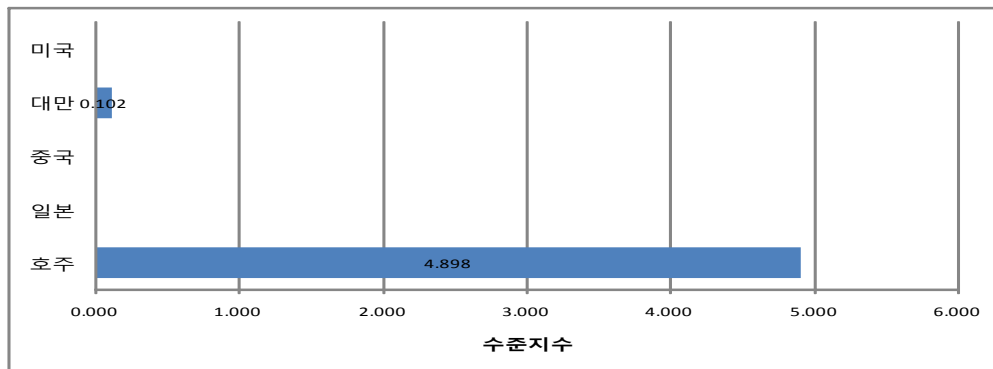
[표 2-42] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(고강도강 실용화 기술, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	호주	2	28.57	48	5.163	0.980
2	일본	1	14.29	0	2.908	-
3	중국	1	14.29	0	0.702	-
4	대만	1	14.29	1	6.258	0.020
5	미국	1	14.29	0	0.743	-

- 호주의 New S Wales 대학의 콘크리트 충전 고강도 스틸 박스 기둥의 강도에 대한 연구(피인용수 42회)와 동 대학의 고강도 강 콘크리트 합성 기둥에 대한 연구(피인용수 6회)가 대표적임



[그림 2-56] 주요국의 활동도지수(고강도강 실용화 기술)



[그림 2-57] 주요국의 수준지수(고강도강 실용화 기술)

- 이 분야는 대만이 6.258로 활동도가 가장 높으며, 호주가 5.163, 일본이 2.908의 순서로 모두 비교적 활동도가 높으나 이 분야 총 논문수가 6으로 큰 의미를 부여할 수는 없음
- 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 호주가 총 피인용수 48회로 수준지수 4.898의 매우 우수한 논문을 보유하고 있음

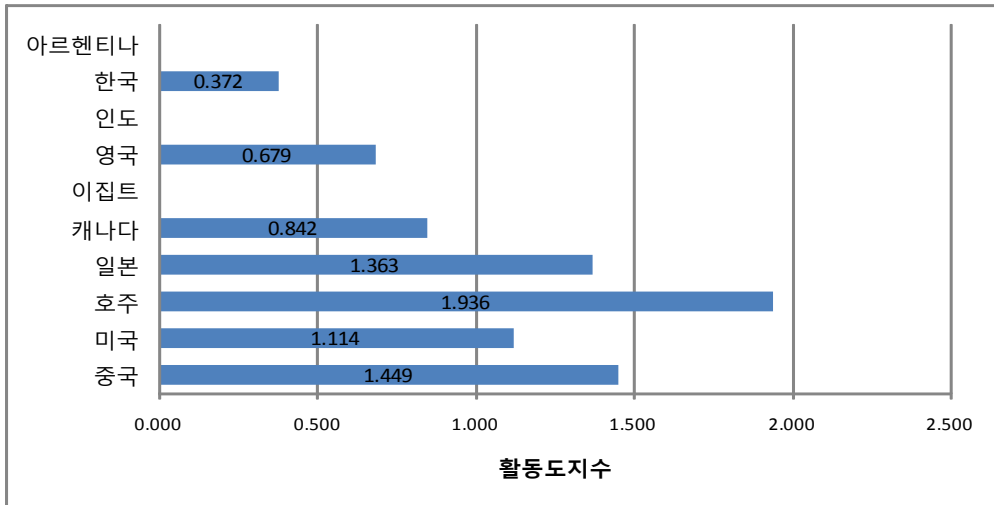
② 슈퍼콘크리트 실용화 기술

- 현장타설 상온양생 초고강도 콘크리트 개발기술, 초고성능 감수제 개발기술, 경량콘크리트 배합 및 펌프 압송기술개발, 경량골재 개질 개선 및 최적화 기술개발, 경량콘크리트 생산기술 및 B/P 적용기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

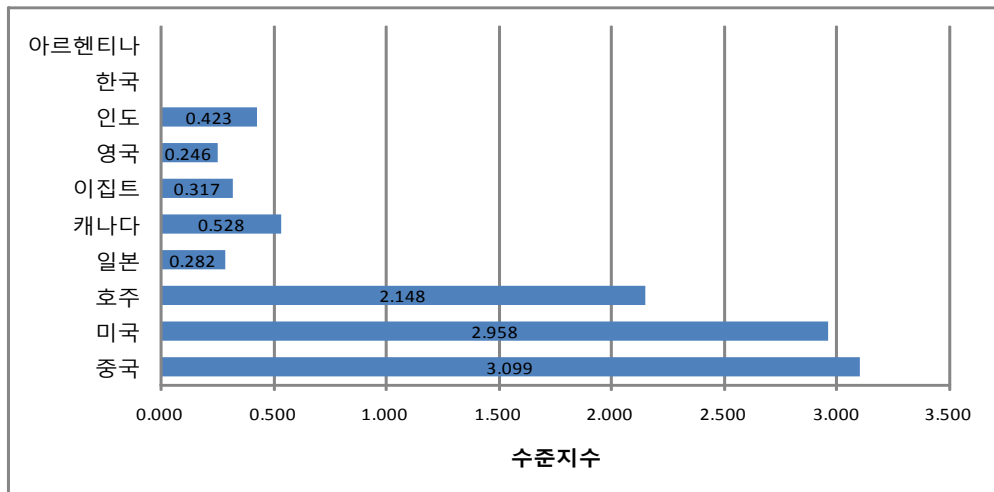
[표 2-43] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(슈퍼콘크리트 실용화 기술, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	중국	22	31.88	88	1.449	3.099
2	미국	16	23.19	84	1.114	2.958
3	호주	8	11.59	61	1.936	2.148
4	일본	5	7.25	8	1.363	0.282
5	캐나다	3	4.35	15	0.842	0.528
6	이집트	3	4.35	9	-	0.317
7	영국	2	2.90	7	0.679	0.246
8	인도	2	2.90	12	-	0.423
9	한국	2	2.90	0	0.372	-
10	아르헨티나	1	1.45	0	-	-

- 호주의 New S Wales 대학의 콘크리트 충전 고강도 스틸 박스 기둥의 강도에 대한 연구(피인용수 42회)와 홍콩의 강-콘크리트 혼합재료를 사용한 초고층 건물의 횡강성 최적화 설계기술에 관한 연구(피인용수 24회)가 대표적임



[그림 2-58] 주요국의 활동도지수(슈퍼콘크리트 실용화 기술)



[그림 2-59] 주요국의 수준지수(슈퍼콘크리트 실용화 기술)

- 이 분야의 활동도지수는 호주가 1.936으로 가장 높고, 중국, 일본, 미국이 1이상의 활동도지수를 나타내고 있음(그림 3.32)
- 한국은 총 논문수 2편으로 0.372의 활동도 지수를 보이고 있음
- 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 중국이 3.099로 가장 높고, 미국이 2.958, 호주가 2.148이며, 한국은 피인용수 0으로 질적 우수성을 확보하고 있지 못한 실정임

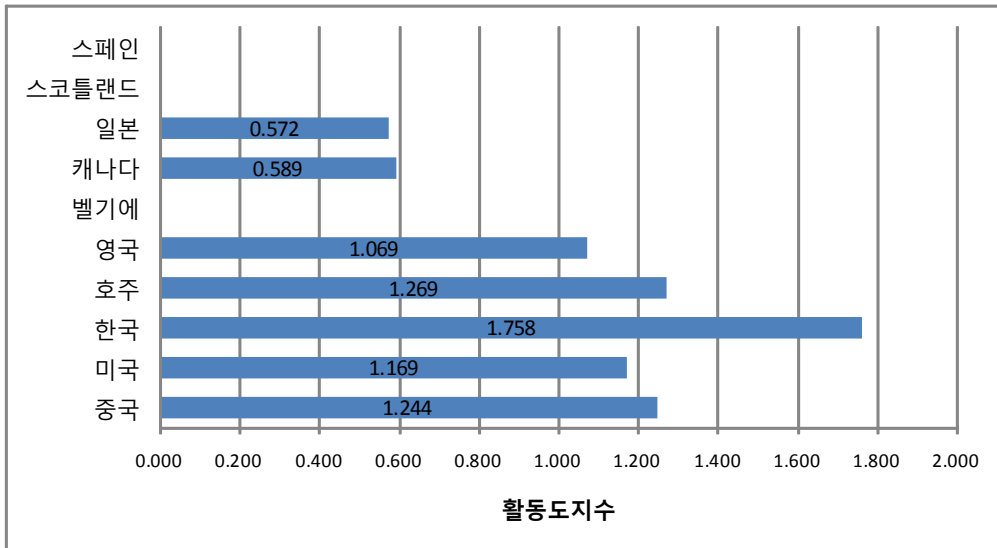
③ 고성능 강-콘크리트 합성구조기술

- 강·콘크리트 합성구조 재료기술, 고강도 전단스터드 개발 및 현장 적용기술, 강·콘크리트 합성부재(SRC, CFT)개발 및 현장적용기술, RC기반 하이브리드시스템 현장적용기술, 공기단축형 장경간 합성보 개발기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

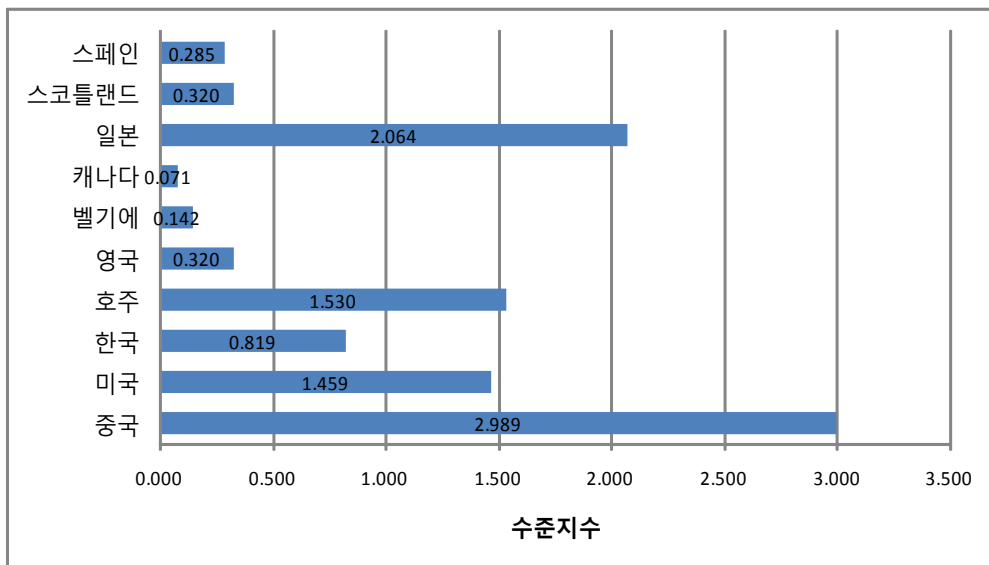
[표 2-44] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(고성능 강-콘크리트 합성구조기술, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	중국	18	33.96	84	1.244	2.989
2	미국	16	30.19	41	1.169	1.459
3	한국	9	16.98	23	1.758	0.819
4	호주	5	9.43	43	1.269	1.530
5	영국	3	5.66	9	1.069	0.320
6	벨기에	2	3.77	4	-	0.142
7	캐나다	2	3.77	2	0.589	0.071
8	일본	2	3.77	58	0.572	2.064
9	스코틀랜드	2	3.77	9	-	0.320
10	스페인	2	3.77	8	-	0.285

- 일본 Sogo Secur Serv Co Ltd.의 자기 진단 기능을 갖는 하이브리드 합성재료에 대한 연구(피인용수 42회)와 중국의 Fuzhou 대학의 콘크리트 충전 강관 기둥의 내화성능에 대한 실험적인 연구(피인용수 37회)가 대표적임



[그림 2-60] 주요국의 활동도지수(고성능 강-콘크리트 합성구조기술)



[그림 2-61] 주요국의 수준지수(고성능 강-콘크리트 합성구조기술)

- 이 분야의 활동도지수는 한국이 총 9편의 논문으로 1.758을 기록하며 가장 높고, 호주, 중국, 미국, 영국 순으로 1이상의 활동도지수를 나타내고 있음(그림 2-46)
- 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 중국이 2.989로 가장 높고, 일본이 2.064, 호주가 1.530, 미국이 1.459로 평균 이상의 우수성을 확보하고 있음(그림 2-47)
- 일본의 경우 활동도지수가 0.572로 매우 낮으나 총 58회의 피인용수로 2.064의 상당히 높은 수준지수를 가지고 있는 매우 우수한 연구 논문을 보유하고 있음
- 반면, 한국은 활동도지수는 1.758로 가장 높지만, 총 23회의 피인용수로 연구활동에 비해 질적 우수성이 저조한 실정임

(2) 고속시공기술 개발

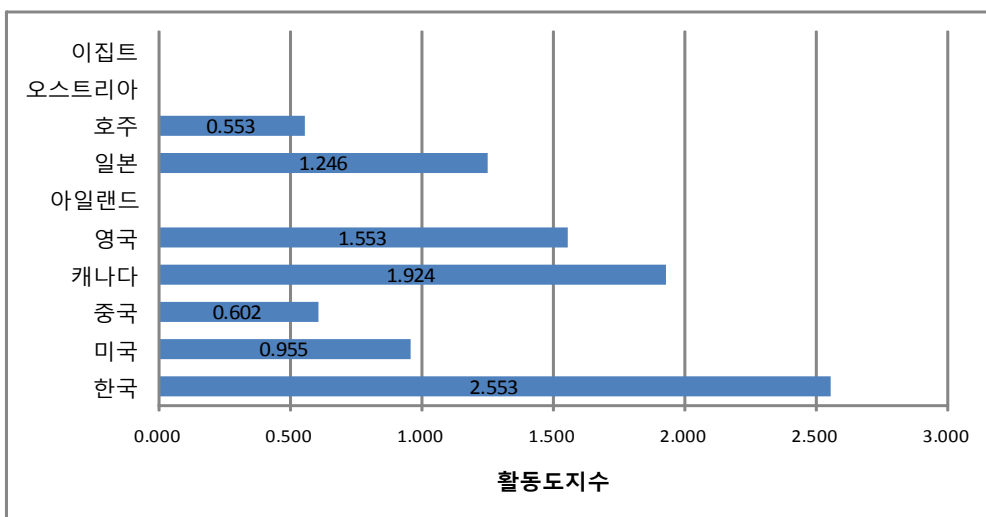
① 지능형 현장시공 기술

- 고속시공 통합플랫폼 및 자가진단형 시스템 거푸집 개발기술, 일체식 자동인양 Formwork 시스템, 고속시공 지원을 위한 펌핑기술, 비정형 초고층 리프트 및 이동식 급전기술, 리프트 정보관리 및 운영효율 평가기술, 통합형 공정관리 시스템과 연계된 양중장비 최적조합, 위치선정 및 운영최적화기술, 리프트 모니터링 및 제어기술 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

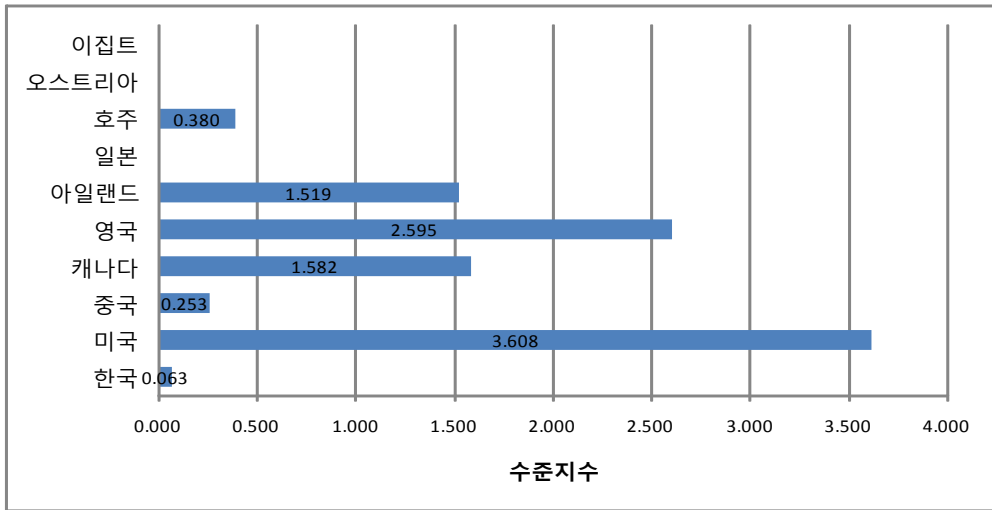
[표 2-45] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(지능형 현장시공 기술, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동 지수	수준지수
1	한국	6	18.18	1	2.553	0.063
2	미국	6	18.18	57	0.955	3.608
3	중국	4	12.12	4	0.602	0.253
4	캐나다	3	9.09	25	1.924	1.582
5	영국	2	6.06	41	1.553	2.595
6	아일랜드	2	6.06	24	-	1.519
7	일본	2	6.06	0	1.246	-
8	호주	1	3.03	6	0.553	0.380
9	오스트리아	1	3.03	0	-	-
10	이집트	1	3.03	0	-	-

- 캐나다 Waterloo 대학의 안전을 위한 사회적 비용 지불의사 평가를 통한 삶의 질 지수 연구(피인용수 20회)와 영국의 Kings Coll London의 초고층 지리에 대한 연구(피인용수 17회)가 대표적임



[그림 2-62] 주요국의 활동도지수(지능형 현장시공 기술)



[그림 2-63] 주요국의 수준지수(지능형 현장시공 기술)

- 이 분야의 활동도지수는 한국이 논문수 6편으로 2.553을 기록하며 최고이고, 캐나다, 영국, 일본이 1이상을 보이고 있음(그림 2-48)
- 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 미국이 피인용수 57회로 3.608의 가장 높은 수치를 보이고 있으며, 영국이 2.595, 캐나다가 1.582, 아일랜드가 1.519로 1이상을 보이고 있음(그림 2-49)
- 미국의 경우 활동도지수는 0.955로 1이하로 비교적 낮지만, 총 6편이 57회의 피인용수를 갖는 우수한 연구 실적을 보유하고 있음
- 반면, 한국은 활동도지수는 가장 높지만, 피인용수 1로 아주 낮은 수준지수를 보이며, 활동량에 비해 질적 개선이 요구되고 있음

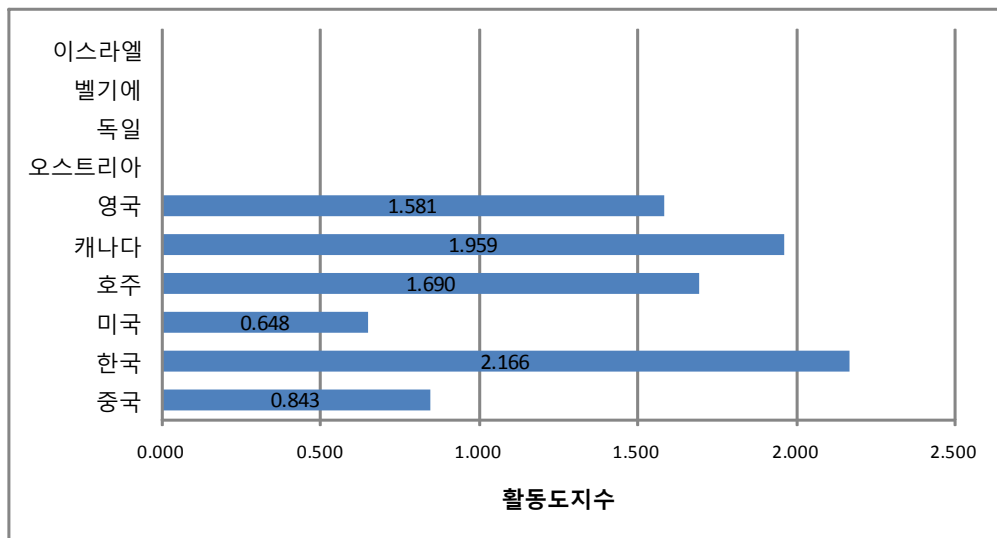
## ② 통합형 공정관리 기술

- 통합공사관리 시스템 및 현장운영기술(다공구 동기화 정보관리, BIM기반 원가관리, BIM기반 공정-원가 통합관리), 다공구 동기화 공정지원을 위한 최적 계획 및 모니터링기술(적정 주문량 및 재고량 산정모델, 현장물류 최적화, 자재 모니터링 등) 등 직접적으로 연관된 논문 발표 성과는 다음과 같음

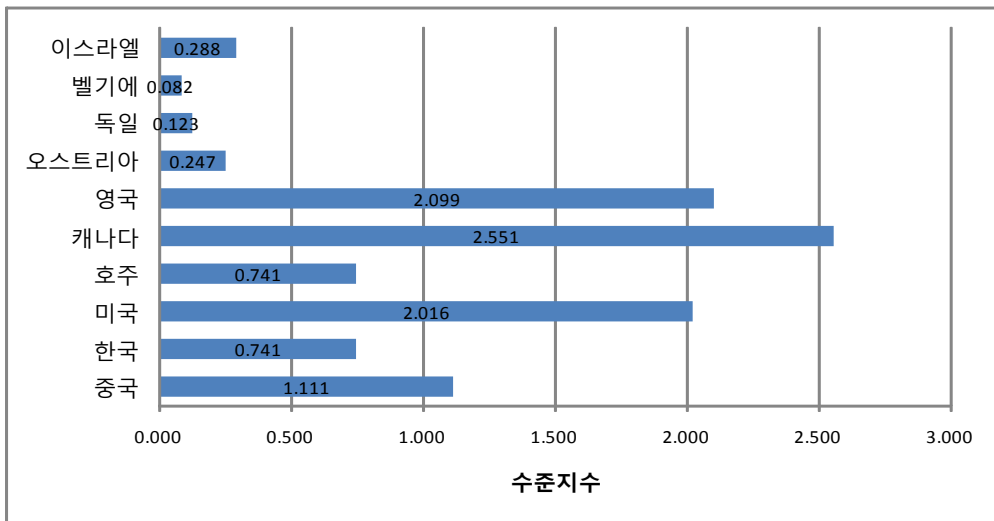
[표 2-46] 최근 10년간 발표된 논문의 국가별 분포(통합형 공정관리 기술, 10위권)

순위	국가별	논문수	비중	피인용수	활동도지수	수준지수
1	중국	11	20.37	27	0.843	1.111
2	한국	10	18.52	18	2.166	0.741
3	미국	8	14.82	49	0.648	2.016
4	호주	6	11.11	18	1.690	0.741
5	캐나다	6	11.11	62	1.959	2.551
6	영국	4	7.41	51	1.581	2.099
7	오스트리아	3	5.56	6	-	0.247
8	독일	3	5.56	3	-	0.123
9	벨기에	2	3.70	2	-	0.082
10	이스라엘	2	3.70	7	-	0.288

- 영국 Sheffield 대학의 Landcover 조성, 주택과 풍경의 관계 등 도시내부 정원에 대한 연구와, 미국 Illinois 대학의 반복적인 건설 프로젝트에 대한 자원 활용 최적화 연구가 각각 37회, 27회의 피인용수로 이 분야의 대표적인 연구임



[그림 2-64] 주요국의 활동도지수(통합형 공정관리 기술)



[그림 2-65] 주요국의 수준지수(통합형 공정관리 기술)

- 이 분야의 활동도지수는 한국이 논문수 11편 2.166으로 가장 높고, 캐나다가 1.959, 호주가 1.69, 영국이 1.581로 1이상을 보이고 있음(그림 2-50)
- 양적으로는 중국이 총 11편으로 가장 많으나 자국내 타기술분야에 비해 활동량은 적게 나타남
- 질적 우수성을 나타내는 수준지수는 캐나다가 피인용수 62회로 2.551의 가장 높은 수치를 보이고 있으며, 영국이 2.099, 미국이 2.016, 중국이 1.111로 1이상을 보이고 있음(그림 2-51)
- 미국의 경우 활동도지수는 0.955로 1이하로 비교적 낮지만, 총 6편이 57회의 피인용수를 갖는 우수한 연구 실적을 보유하고 있음
- 반면, 한국은 활동도지수는 가장 높지만, 피인용수 18회 수준지수가 0.741로 1이하의 비교적 낮은 수치를 보이며, 활동량에 비해 질적 우수성이 다소 저조한 것으로 나타남

#### 4. 기술수준 평가

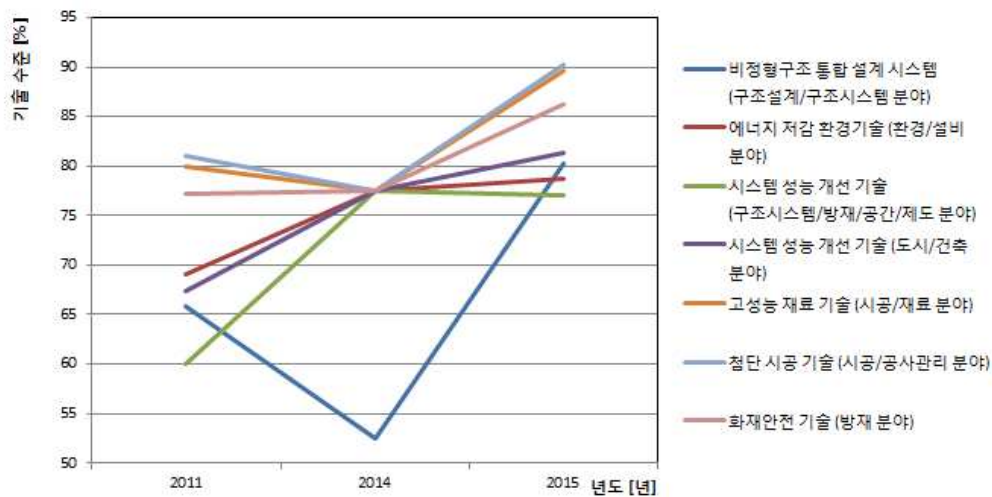
##### 가. 기술 수준 평가 개요

- 2009년부터 수행한 초고층빌딩 설계·시공기술 연구단 과제를 기반으로 중분야 및 소분야로 항목을 선정하고, 각 분야의 해외 및 국내 전문가 설문 조사와 면담 결과 분석

- 타 연구(KICT) 과제에서 평가했던 2011년의 기술 수준과 이를 바탕으로 예상한 2015년의 기술 수준에 대하여, 설문 조사 및 전문가 면담 워크숍을 통해 도출한 2009년의 기술 수준과 2014년 현재의 기술 수준을 대조하여 2009년부터 2015년까지의 분야별 기술 수준 도출
- 중분야 및 소분야에 대한 기술 수준 평가에서 기술 수준 분야가 일치하지 않으므로 최대한 유사한 기술 항목을 대조함. 중분야 및 소분야의 2009~2015년 기술 수준 평가 결과는 표 2-40과 같다.

나. 중분야 기술 수준 평가

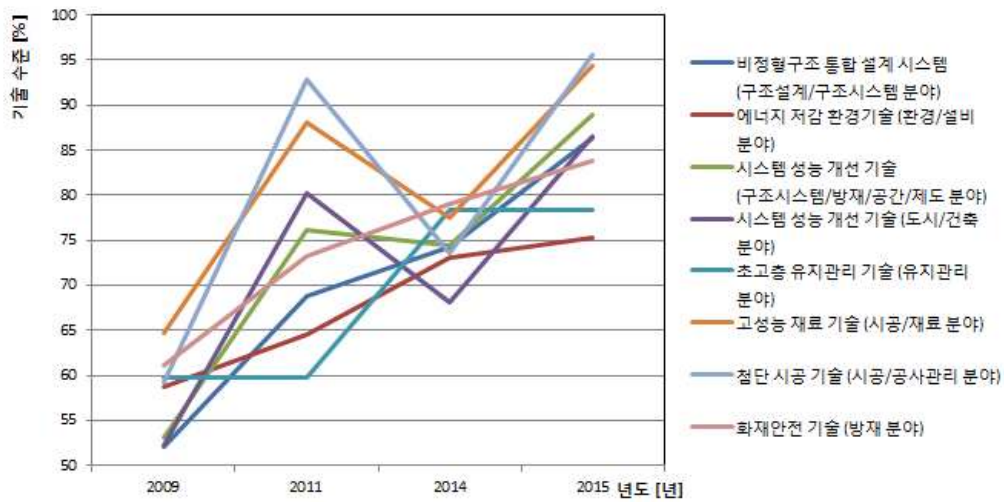
- 중분야 기술은 연구단의 과제를 기반으로 8개의 분야로 구분. 각 중분야 기술에 대하여 2009년부터 2015년까지 기술 수준을 한국건설기술연구원의 연구결과와 대한건축학회의 연구결과를 종합하여 분석
- 해외 전문가는 모든 중분야 기술에 대해서 2014년의 기술 수준을 52.5~77.5%로 산정함



[그림 2-66] 중분야 해외 전문가 기술 수준 평가 결과

- 비정형구조 통합설계 시스템, 에너지저감 환경기술, 시스템 성능개선 기술(도시/건축분야), 화재안전기술(방재분야)는 2011년부터 2015년까지 점진적으로 기술이 향상됨
- 고성능재료 기술(시공/재료분야), 첨단시공 기술(시공/공사관리분야)는 2011년 대비 2014년에 기술 수준이 하락하였다가 2015년에 향상 됨
- 시스템 성능개선 기술(구조시스템/방재/공간/제도분야)은 2014년에 비해 2015년의 기술 수준이 다소 하락함
- 초고층 유지관리 기술(유지관리분야)은 KICT의 연구 결과가 없어 비교 불가

- 해외 전문가 응답 결과 모든 중분야에서 2011년 대비 2015년의 기술 수준이 향상된 것으로 평가되며, 특히 시스템 성능개선 기술(구조시스템/방재/공간/제도분야)이 6년 간 17.1%로 가장 큰 폭으로 기술 수준이 향상됨



[그림 6-67] 중분야 국내 전문가 기술 수준 평가 결과

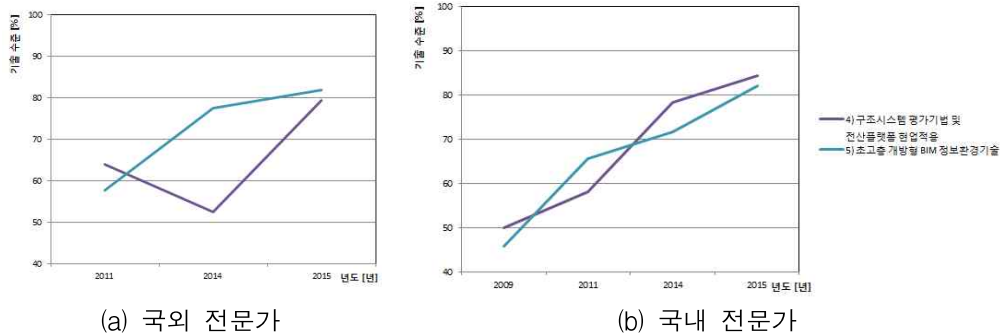
- 국내 전문가는 2009년에 비해 2014년의 기술 수준이 큰 폭으로 향상되었다고 응답하였으며 특히 비정형구조 통합 설계 시스템, 에너지저감 환경기술(환경/설비분야), 화재안전 기술(방재분야)은 2009년부터 2015년 까지 기술 수준이 꾸준히 향상되는 것으로 평가됨
- 두 연구 결과의 종합적으로 분석한 결과, 시스템 성능개선 기술(구조시스템/방재/공간/제도분야), 고성능재료 기술(시공/재료분야), 첨단시공 기술(시공/공사관리 분야)은 2009년부터 2015년까지의 기술 수준이 일정하게 향상되지는 않지만 최종적으로는 기술 수준이 큰 폭으로 향상된 것으로 평가됨
- 국내 전문가 응답 결과 2009년 대비 2015년에 기술 수준이 향상된 것으로 평가되며 특히 첨단시공 기술(시공/공사관리분야)에서 6년 간 36.3%로 가장 큰 폭으로 기술 수준이 향상됨

다. 소분야 기술 수준 평가 결과

- 각 중분야의 세부 과제를 기반으로 한 소분야 기술 대하여 2009년부터 2015년까지 기술 수준을 한국건설기술연구원의 연구 결과와 대한건축학회의 연구 결과를 종합하여 분석
- 해외 전문가는 모든 소분야 기술에 대해서 2014년의 기술 수준을 52.5~77.5%로 평가하였으며, 국내 전문가도 모든 소분야 기술에 대하여 2009년 대비 2015년의 기술 수준이 향상된 것으로 평가함

○ 비정형구조 통합 설계 시스템 (구조설계/구조시스템 분야)

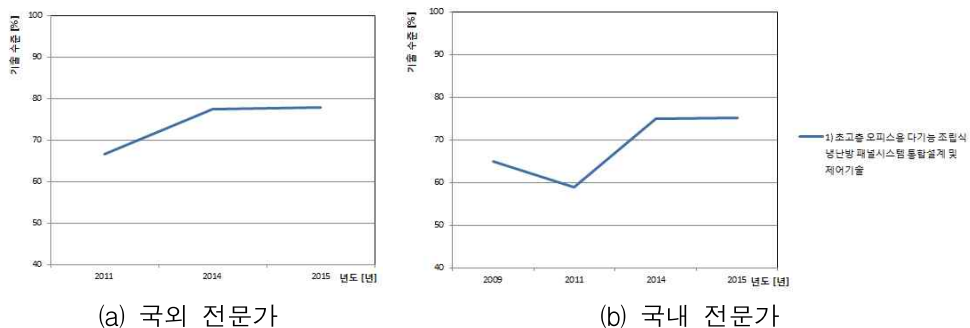
- 초고층 개방형 BIM 정보환경기술은 해외 전문가 평가 결과 2011년부터 2015년까지 기술 수준이 꾸준히 향상한 것으로 분석되며, 2011년에 평가가 이루어진 다른 기술 역시 2015년에 기술 수준이 향상할 것으로 예상
- 국내 전문가 평가 결과 구조시스템 평가기법 및 전산플랫폼 현업적용, 초고층 개방형 BIM 정보환경기술은 2009년부터 2015년까지 약 35%정도의 기술 수준 향상이 되었으며 그 외에 기술들도 2009년 대비 현재 2014년에 상당한 수준의 기술 향상 된 것으로 평가됨



[그림 2-68] 소분야 기술수준 평가(비정형구조 통합설계 시스템-구조설계/구조시스템 분야)

○ 에너지저감 환경기술(환경/설비 분야)

- 초고층 오피스용 다기능 조립식 냉난방 패널시스템 통합설계 및 제어기술에서 해외 전문가 평가 결과 2011년부터 2015년까지 꾸준한 기술 수준이 향상되었으며 다른 기술은 대한건축학회 연구(2014년)에서만 기술 수준이 평가되어 직접적인 비교가 불가함
- 국내 전문가 평가에서도 2009년 대비 2014년에 기술 수준이 향상된 것으로 평가되며 특히 초고층 오피스용 다기능 조립식 냉난방 패널시스템 통합설계 및 제어기술은 기술개발 완료시 최고 기술 보유국의 75% 기술 수준을 보유할 수 있는 것으로 분석됨



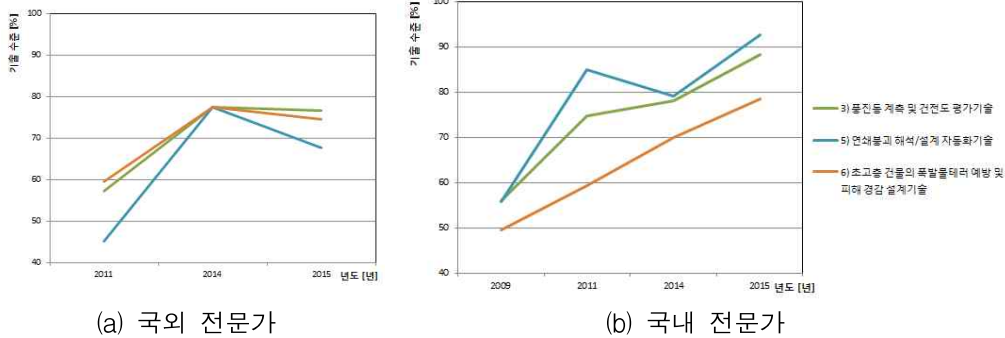
[그림 2-69] 소분야 기술 수준 평가(에너지저감 환경기술-환경/설비 분야)

○ 시스템 성능개선 기술(구조시스템/방재/공간/제도 분야)

- 대한건축학회의 연구 결과 최고 기술수준 보유국 대비 77.5%의 기술을 보유하

고 있는 것으로 평가됨

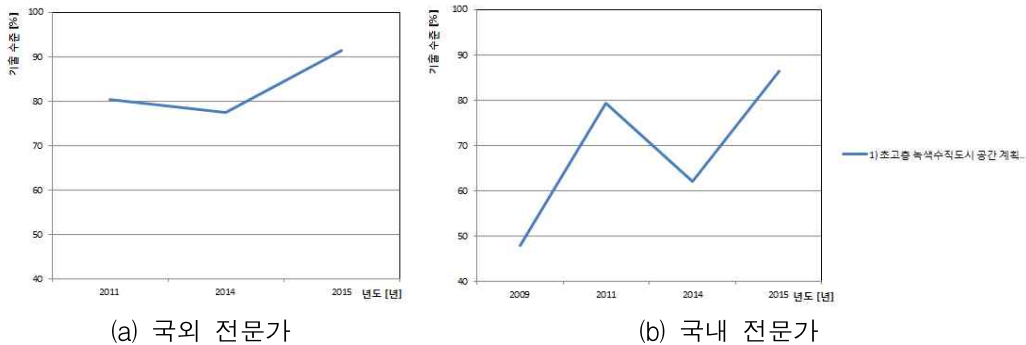
- 국내 전문가 평가 결과 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술은 2009년 대비 2015년에 약 36.9%의 기술 수준이 향상되며, 이 시점에서 최고 기술 보유국의 기술 수준에 근접한 92.7%의 기술 수준을 보유할 것으로 예상됨



[그림 2-70] 소분야 기술 수준 평가(시스템 성능개선 기술-구조시스템/방재/공간/제도 분야)

○ 시스템 성능개선 기술 (도시/건축 분야)

- 해외 전문가 평가 결과 초고층 녹색수직도시 공간 계획 기술은 2011년부터 2015년까지 기술 수준이 꾸준히 향상될 것으로 평가되며, 특히 기술 개발 완료 시 최고 기술 보유국인 미국 대비 91.4%의 기술 수준을 보유가 가능할 것으로 예상됨
- 국내 전문가 평가 결과에서도 초고층 녹색수직도시 공간 계획 기술이 2009년부터 2015년 동안 가장 큰 폭의 기술 향상을 달성할 수 있을 것으로 예상됨

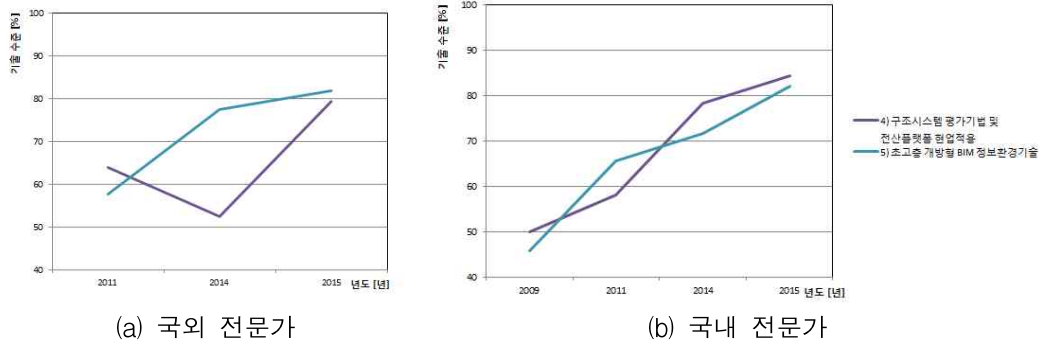


[그림 2-71] 소분야 기술 수준 평가 결과(시스템 성능 개선 기술-도시/건축 분야)

○ 초고층 유지관리 기술(유지관리 분야)

- 해외 전문가에 의해 2009년부터 2015년까지 평가가 이루어진 모든 기술인 초고층빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어시스템, 초고층 전력망 모니터링용 개방형 BIM 인터페이스 기술, 센서 및 센서 노드 관리시스템/센서 네트워크 미들웨어에 대하여 꾸준한 기술 수준 향상을 달성한 것으로 분석됨
- 국내 전문가 평가 결과 또한 초고층 전력망 모니터링 개방형 BIM 인터페이스 기술과 센서 및 센서 노드 관리시스템, 센서 네트워크 미들웨어에 대하여 2009

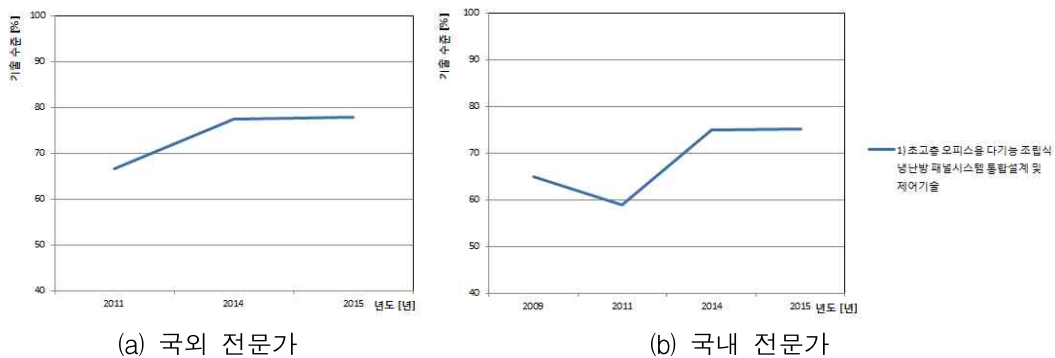
년부터 2015년까지 꾸준한 기술 향상이 있는 것으로 평가됨. 특히 센서 및 센서 노드 관리시스템/센서 네트워크 미들웨어 기술은 기술 개발 완료 시 선진 기술 보유국인 미국에 비해 88.8%의 높은 기술 수준을 보유할 수 있을 것으로 예상됨



[그림 2-72] 소분야 기술 수준 평가 결과(초고층 유지관리 기술-유지관리 분야)

○ 고성능 재료 기술 (시공/재료 분야)

- 해외 전문가 평가 결과 고강도 및 고성능 강재 기술에서 2011년부터 2015년까지 기술 수준의 향상이 있었으며 고강도 강-콘크리트 합성 부재는 기술 개발 완료 시 최고 기술 보유국인 미국에 비해 90.1%의 기술 수준을 보유할 수 있을 것으로 예상됨
- 국내 전문가 평가 결과 고강도 및 고성능 강재에 기술에 있어서 2009년부터 2015년까지 꾸준한 기술 수준 향상을 달성할 것으로 나타났으며, 특히 기술 개발 완료시 최고 기술 보유국인 일본에 비해 95.2%의 기술 수준을 보유할 수 있을 것으로 예상됨

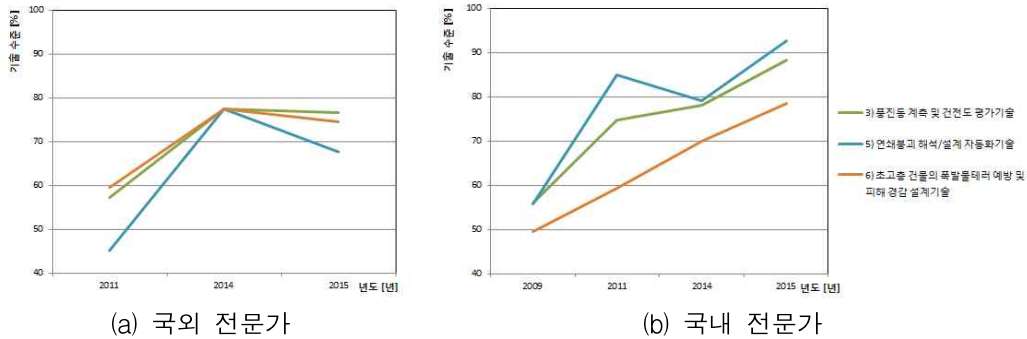


[그림 2-73] 소분야 기술 수준 평가 결과(고성능 재료 기술-시공/재료 분야)

○ 첨단 시공 기술 (시공/공사관리 분야)

- 해외 전문가 평가 결과 시공 중 변위 예측/모니터링/제어기술과 통합 공사 관리 시스템 및 현장 운영 기술에서 기술 개발 완료시 높은 기술 수준을 보유할 수 있을 것으로 예상됨
- 국내 전문가 평가 결과 시공 중 변위예측/모니터링/제어기술은 높은 기술 수준

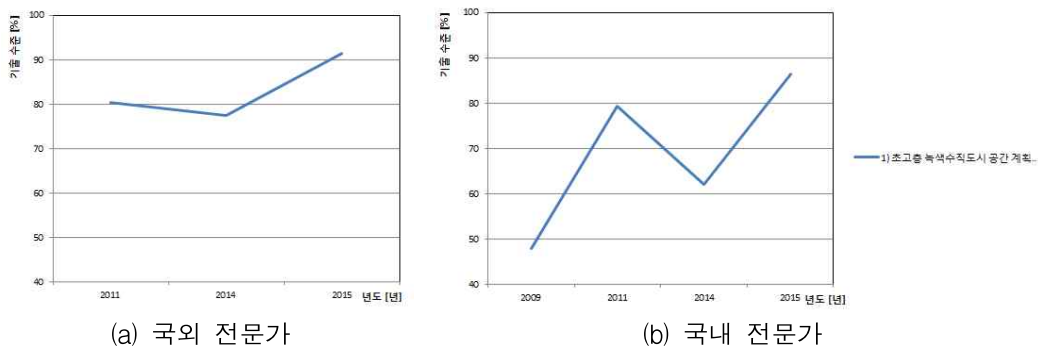
을 보유할 수 있을 것으로 평가되었으며 통합 공사관리 시스템 및 현장 운영 기술 역시 꾸준한 기술 향상을 통해 2015년에 높은 기술 수준을 보유할 수 있을 것으로 예상됨



[그림 2-74] 소분야 기술 수준 평가 결과(첨단 시공 기술-시공/공사관리 분야)

○ 화재안전 기술(방재 분야)

- 해외 전문가 평가 결과 연기제어 기술 및 구획화재 내화성능 확보기술 개발이 2011년부터 2015년까지 꾸준하게 기술 수준이 향상된 것으로 평가됨
- 국내 전문가 평가 결과 역시 연기제어 기술 및 구획화재 내화성능 확보기술과 화재위험성 평가시스템에 있어서 점진적인 기술 수준 향상이 된 것으로 평가됨



[그림 2-75] 소분야 기술 수준 평가 결과(화재안전 기술-방재 분야)

라. 기술 수준 평가 결과 한계

- 중분야 및 소분야를 정리하는데 있어 한국건설기술연구원과 대한건축학회의 연구 카테고리는 1:1 매칭이 되지 않아서 최대한 유사한 기술로 매칭하여 이에 따라 평가 결과가 달라질 수 있음. 매칭되지 않는 기술은 2009년과 2014년을 공란으로 표기
- 기울임체로 표기한 수치는 기술 수준이 점진적으로 향상되지 않고 중간에 하락이 있어서 역배열이 나타나는 기술임
- 조사 표본이 다르고 조사 표본의 특성에 따라 위 두 연구의 절대적인 평가 척도가 같지 않음

[표 2-47] 중분야별 2009~2015년 기술 수준 평가 결과

기술분야_중분야		해외전문가				국내전문가			
		2009	2011	2014	2015	2009	2011	2014	2015
		대한 건축학회	한국건설 기술연구원	대한 건축학회	한국건설 기술연구원	대한 건축학회	한국건설 기술연구원	대한 건축학회	한국건설 기술연구원
1	비정형구조 통합 설계 시스템 (구조설계/구조시스템 분야)	-	65.9	52.5	80.3	52.1	68.8	74.3	86.4
2	에너지 저감 환경기술(환경/설비 분야)	-	69.1	77.5	78.7	58.7	64.5	73.0	75.2
3	시스템 성능 개선 기술(구조시 스템/방재/공간/제도 분야)	-	60.0	77.5	77.1	53.1	76.2	74.5	88.9
4	시스템 성능 개선 기술(도시/건 축 분야)	-	67.3	77.5	81.4	52.3	80.3	68.1	86.6
5	초고층 유지관리 기술(유지관리 분야)	-	-	77.5	-	59.8	-	78.3	-
6	고성능 재료 기술(시공/재료 분 야)	-	79.9	77.5	89.7	64.7	88.0	77.5	94.3
7	첨단 시공 기술(시공/공사관리 분야)	-	81.0	77.5	90.3	59.3	92.8	73.6	95.6
8	화재안전 기술(방재 분야)	-	77.2	77.5	86.3	61.1	73.3	79.0	83.8

[표 2-48] 소분야별 2009~2015년 기술 수준 평가 결과

기술분야_중 분야		기술분야_소분야	해외전문가				국내전문가					
			최고 기술 보유국	2009	2011	2014	2015	최고 기술 보유국	2009	2011	2014	2015
1	비정형구조 통합 설계 시스템 (구조설계/구 조시스템 분야)	1)비정형 구조시스템 최적화 설계기술				52.5		미국	52.0		76.0	
		2)비정형 구조시스템 전산설계 기술				52.5		미국	57.5		77.5	
		3)시공단계를 고려한 구조시스 템 설계기술				52.5		미국	57.5		78.3	
		4)구조시스템 평가기법 및 전 산 플랫폼 현업적용	미국		64.0	52.5	79.3	미국	50.0	58.2	78.3	84.4
		5)초고층 개방형 BIM 정보 환 경기술	미국		57.7	77.5	81.9	미국	45.8	65.5	71.7	82.0
		6)초고층 건축물의 개방형 BIM 환경구축 기반기술				52.5		미국	50.0		64.0	
2	에너지 저감 환경기술 (환경/설비 분야)	1)초고층 오피스용 다기능 조 립식 냉난방 패널시스템 통합 설계 및 제어기술	독일		66.6	77.5	77.8	미국	65.0	59.0	75.0	75.1
		2)하이브리드 파워시스템 적용 기술				77.5		미국	55.0		70.0	
		3)녹색 하이브리드 열원공급시 스템 및 에너지 통합반송시스템				77.5		미국	50.0		65.0	
		4)초고층 주거용 환기 통합형 컴팩트 HVAC 시스템				77.5		미국	60.0		73.8	
		5)외기순환 및 부하저감형 외 피 제어 및 시공기술				77.5		미국	60.0		77.5	
		6)건물 외피의 종합 에너지 성 능 측정/평가 및 표준 기술				77.5		미국	55.0		68.8	
		7)연돌효과 air-lock 제어기술 및 stack-generator 시스템				77.5		미국	66.0		81.0	

			해외전문가					국내전문가				
			2009	2011	2014	2015	2009	2011	2014	2015		
기술분야_중 분야	기술분야_소분야	최고 기술 보유국	대한 건축 학회	한국건설기술 연구원	대한 건축 학회	한국건설기술 연구원	최고 기술 보유국	대한 건축 학회	한국건설기술 연구원	대한 건축 학회	한국건설기술 연구원	
3	시스템 성능 개선 기술 (구조시스템/방재/공간/제도 분야)	1)하이브리드 제진장치 설계 및 구조 통합 해석 기술			77.5		미국	40.0		56.3		
		2)최소 질량형 제진장치 설계/제작기술			77.5		일본	63.0		84.0		
		3)풍진동 계측 및 진전도 평가 기술	캐나다	57.3	77.5	76.7	미국	56.0	74.8	78.0	88.2	
		4)연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템			77.5		미국	54.2		79.2		
		5)연쇄붕괴 해석/설계 자동화기술	미국	45.2	77.5	67.7	미국	55.8	85.0	79.2	92.7	
		6)초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술	미국	59.6	77.5	74.5	미국	49.5	59.4	70.0	78.5	
4	시스템 성능 개선 기술 (도시/건축 분야)	1)초고층 녹색수직도시 공간 계획 기술	미국	80.4	77.5	91.4	미국 (유럽)	(48.0)	79.4	(62.0)	86.5	
		2)초고층 법/제도 및 지원정책			77.5		미국	52.9		74.3		
		3)초고층 설계/엔지니어링 국제 경쟁력 강화방안			77.5		미국	53.8		68.1		
		4)초고층 도시건축 브랜드 개발 및 마케팅 기술			77.5		미국	54.4		67.8		
5	초고층 유지관리 기술 (유지관리 분야)	1)초고층빌딩용 전력망 연계 면 광원 기기 및 스마트 제어시스템	미국	63.8	77.5	83.5	미국	56.7		81.7		
		2)초고층 전력망 모니터링용 개방형 BIM인터페이스 기술	미국	64.2	77.5	81.9	미국	65.0	74.7	81.3	87.4	
		3)초고층복합빌딩 FMS 모델 구축			77.5		미국	63.8		80.0		
		4)초고층 복합 빌딩 분산 및 통합관리 Solution			77.5		미국	56.7		76.7		
		5)유지관리 관련 BIM기반 정보모델링 지침서			77.5		미국	56.7		73.3		
		6)센서 및 센서 노드 관리시스템/센서네트워크미들웨어	일본	73.5	77.5	80.8	미국	60.0	81.0	76.7	88.8	
		7)초고층빌딩 EAI Portal			77.5		미국	60.0		78.3		
6	고성능 재료 기술 (시공/재료 분야)	1)고강도 및 고성능강재	일본	70.7	77.5	85.8	일본 (미국)	(65.0)	86.0	(78.8)	95.2	
		2)고강도 강-콘크리트 합성부재	미국	82.9	77.5	90.1	일본 (미국)	(65.0)	86.4	(75.0)	93.1	
		3)초고강도콘크리트	미국	78.6	77.5	87.5	일본 (미국)	(68.0)	90.6	(80.0)	93.9	
		4)초고성능 감수제 등 혼화제			77.5		미국	67.5		78.8		
		5)경량콘크리트			77.5		미국	64.0		78.0		
		6)SRC기반 하이브리드 시스템			77.5		미국	58.6		74.3		
7	첨단 시공 기술 (시공/공사관리 분야)	1)고속시공 통합 플랫폼 및 자가 진단형 시스템거푸집			77.5		미국	50.0		61.0		
		2)시공 중 변위예측/모니터링/제어기술	기타	81.0	77.5	90.3	미국	59.0	92.8	73.0	95.5	
		3)고성능콘크리트의 장기변형 제어기술			77.5		미국	57.0		71.0		
		4)일체식 자동 인양 FORMWORK SYSTEM			77.5		미국	61.3		72.5		

			해외전문가					국내전문가				
				2009	2011	2014	2015		2009	2011	2014	2015
기술분야_중 분야	기술분야_소분야	최고 기술 보유국	대한 건축 학회	한국건 설기술 연구원	대한 건축 학회	한국건 설기술 연구원	최고 기술 보유국	대한 건축 학회	한국건 설기술 연구원	대한 건축 학회	한국건 설기술 연구원	
8	5)비정형 초고층용 리프트 및 이동식 급전 기술				77.5		미국	62.5		78.8		
	6)스마트 양중관리 기술 및 운영관리				77.5		미국	58.0		72.0		
	7)고속시공 지원을 위한 펌핑 기술				77.5		미국	63.8		75.0		
	8)리프트 정보관리 및 운영효율 평가기술				77.5		미국	60.0		79.0		
	9)고로슬래그를 이용한 영구거푸집 겸용 내화시스템				77.5		미국	68.8		85.0		
	10)통합 공사 관리 시스템 및 현장 운영 기술	미국		80.1	77.5	90.3	미국	62.5	83.1	78.8	89.8	
	11)다공구동기화 공정 지원을 위한 현장 자원 최적계획 및 모니터링 기술				77.5		미국	62.5		76.3		
	12)대단면 piled raft 해석 및 건물의 시공 중 모니터링 기술 개발				77.5		미국	54		68.0		
	13)대단면 기초지반 조사/설계 정수 획득기술				77.5		미국	52		66.0		
	화재안전 기술 (방재 분야)	1)연기제어 기술 및 구획화재 내화성능 확보기술 개발	영국		71.6	77.5	83.1	미국	64.2	77.2	80.8	87.4
		2)수직 연기제어 기술				77.5		미국	61.7		76.7	
		3)화재위험성 평가시스템	미국		78.8	77.5	84.6	미국	56.0	73.0	81.0	84.5
		4)PBD기반 구축을 위한 내화 설계 평가 기준 및 틀				77.5		미국	62.5		77.5	

## 4절. 종합분석

### 1. 국내의 정책 및 시장분석

- 초고층빌딩은 정부의 강력한 도시 및 브랜드 정책 수반이 필수적임. 선진국 등 기존 초고층 정책 시행 국가의 사례를 보더라도 규제완화, 특별건축구역지정, 용적률 완화 등 별도의 정책이 추진됨
  
- 초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법(시행 '13.3.23)
  - 입법목적 : 초고층 및 지하연계 복합건축물과 그 주변지역의 재난관리를 위하여 재난의 예방·대비·대응 및 지원 등에 필요한 사항을 정하여 재난관리체제를 확립함으로써 국민의 생명, 신체, 재산을 보호하고 공공의 안전에 이바지함을 목적으로 함
  - 주요내용 : 재난예방 : 사전 재난영향성 검토, 재난 예방 및 피해경감계획 수립 등 종합방재실 설치 및 종합재난관리체제 구축계획, 내진설계 및 계층설비 설치 계획, 피난안전구역 설치 및 피난시설, 피난유도계획, 소방설비·방화구획, 방연·배연 및 제연계획, 발화 및 연소확대 방지계획 등 재난 대응 및 지원
  - 기타 : 재난 예방 및 피해경감에 대한 연구·기술개발에서 초고층 건축물의 재난 예방대책을 연구하고 피해 경감을 위한 조사, 연구 및 기술개발 수행
  
- 미래 기술환경 변화에 선제적 대응을 위하여 초고층건축물 및 대규모 다중이용 건축물과 시설물의 화재발생 등 재해발생 시 대형참사를 예방하기위한 건축, 조강관련 방재기준 강화
  
- 건축·도시 핵심기술과 설계기법 개발 도출을 위한 초고층건축물 등 첨단 선진 설계기술 개발
  - 초고층 복합빌딩, 미래형 친환경 신도실 개발 등 건축, 도시분야의 첨단 선진 설계기술 개발연구 추진
  - 초고층 건축물과 수직 도시공간 등 첨단 하이테크기술을 활용하여 건축, 도시를 설계, 구축할 수 있는 전문인력 양성 프로그램 개발 및 운영, 지원

## 2. 기술개발 동향 및 인프라 분석

### 가. 초고층건축물 건설을 위한 요소기술

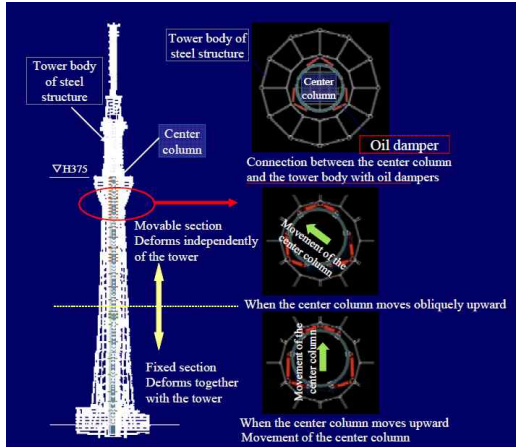
- 설계·엔지니어링(구조시스템, 구조계획·해석, 면진제진 및 내풍설계, 횡변위제어 기술), 구조재료 (고성능콘크리트, 고강도철강 등), 기동축소량 예측·보정, 유지관리, 공사관리(콘크리트 압송,부재양중계획, 건축물 수직도 관리)

### 나. 설계·엔지니어링 기술

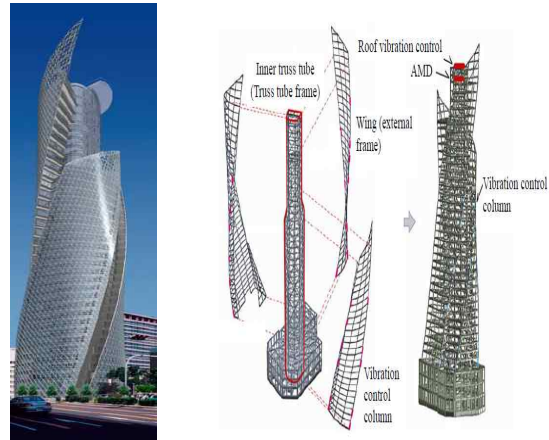
- 최근 초고층건축물 설계는 정형화된 외관이나 형식에서 탈피하여 비정형건축물로 계획 75) 함에 따라 구조전문가와 건설관리전문가들의 역할이 보다 더 요구됨
- (국내)초대형건축물과 같이 첨단 기술로 인한 엔지니어링 협력의 필요성이 증대되고, 대형 프로젝트로서의 리스크 경감을 위하여 해외사 협업이 증가되고 있으나 일반적으로 사업의 계획단계에서 기본설계까지는 해외 대형설계사가 담당하고, 국내 설계사는 실시설계 위주의 업무를 담당하는 등 해외 대형설계사와 연계하여 참여하고 있는 실정임.
- (미국)초고층 건설시장의 설계분야를 대부분 점유(Burj Khalifa, Taipei 101, Petronas Tower, Jin Mao Tower 등)하고 있음. 초고층건축물의 면진, 제진설계는 일본의 대형건설사가 건축물의 층수별, 구조형식별 적용가능한 다양한 면진, 제진시스템을 개발하고 적용하고 있음
- (중국)상하이시는 2050년 인구 3천만 명 시대를 대비하여 주거공간, 사무실, 백화점, 병원, 학교, 공원 등 으로 구성된 300층, 1,1km ‘바이오닉 타워’건설 추진. 일본은 미래의 주거용 복합건물 및 초고층 건축물에 대한 계획안(X-SEED 4000, Aeropolis2001 등)을 추진 중임
- (일본 Mitsui Sumitomo건설사에서는 미래수요 대응형 차세대 구조시스템인 MiFT 200(Mitsui Sumitomo Flex Tower 200)을 개발하였음
  - 동 시스템은 환경공생, 주동 내의 공간을 이용한 높은 정주성, 우수한 내진성능과 세대내의 자유도 극대화, 고내구성 구조체 기반하에 SI설계 도입한 100년 주택, 유니버설 정보시스템, 종합안전감시 시스템, 환경을 배려한 신에너지의 도입 등 최첨단 정보, 안전, 환경을 추구하는 200m이상의 차세대형 도심 초고층주택 시스템임

#### 다. 설계·엔지니어링 기술

- 일본 카지마건설에서 바람에 의한 초고층건축물의 흔들림에 대응하기 위하여 건축물의 용도와 층수에 적합한 제진시스템을 개발하여 적용하고 있음
  - 다이세이건설 건설에서는 세대경계벽과 기둥 구조체에 다양한 기능을 가지는 하이브리드형 제진벽체를 층별로 배치하여 지진과 바람을 효과적으로 제어하는 시스템을 개발하여 적용하고 있음
  
- 일본 미즈이 스미토모건설사에서 건설 중에 있는 지하 1층, 지상 35층, 높이 약 117m의 공동주택인 Park House에 제진벽, 제진간주, 점탄성 벽을 설치하여 지진과 바람에 효과적으로 대응하였음
  - 저항복점강제진벽(SW)은 장변방향의 진동제어를 위하여 5층~9층 사이에 층별 2개씩, 10~31층 사이에 1개 등 4개 설치, 3층~31층 사이에 설치되는 제진간주(SP)는 계산상 나타나지 않는 미세진동을 제어하기 위하여, 점성제진벽(VWD)은 바람에 대한 흔들림을 제어하기 위하여 12~30층 사이의 짝수 층에만 설치함
  
- 일본 롯데빌딩 힐즈 극장의 경우 옥상정원을 조성하기 위한 인공지반의 두께가 1m로 건물중량의 약 8%에 달하여, 옥상녹화 시의 하중을 이용한 환경융합형제진시스템(GMD, Green Mass Damper)을 개발하여 운용하고 있음
  - GMD시스템은 옥상녹화부분과 건물본체를 적층고무로 분리하고 감쇠장치 설치하여, GMD 미설치 대비 층간변위는 40%, 층전단력은 25% 저감효과가 있음
  
- 일본의 Tokyo Sky Tree 타워에서는 RC 계단 구조체를 철골조의 엘리베이터 및 설비 샤프트가 둘러싸고, 이를 다시 스틸 트러스 파이프들이 둘러싸는 코어 구조체 적용됨. 내부의 RC 구조체는 125m 이상 높이에서 스틸 트러스 구조체와 분리되는데 이 부분에서의 RC 실린더 구조체 무게가 제진장치로 작용, RC 실린더와 철골 프레임 사이에 오일 제진장치 설치하여 지진하중 총 40% 감소
  
- 일본의 Mode Spiral Tower에는 구조물의 진동제어를 위한 제진시스템이 설치되어있음. 외부 기둥들은 높은 압축·인장강도를 받으므로 변형을 흡수하기 위해 4-7개층 마다 댐퍼를 설치, 건물 전체 총 26개소에 설치하고 건물 최상층에도 댐퍼 설치



[그림 2-76] 일본 Tokyo Sky Tree의 제진장치



[그림 2-77] 일본 Gakuen Spiral Tower에 적용된 제진시스템

- 결론적으로 초고층과 관련한 최근의 기술 동향은 구조적 성능과 에너지 효율 향상을 목표로 하는 건물 형상 제어 관련 기법들을 3D기반 모델러를 사용하여 프로젝트 초기 설계 단계에서부터 보다 적극적으로 통합·반영하기 위한 방법론 제안 경향이 강했음
- 또한, 특화된 고부가 Eng.기술로 에너지절감형 외피, 모니터링기술, 지진 및 바람응답 제어용 제진장치 등이 적용되고 있음

라. 고강도 구조재료 실용화 기술

- 일본은 항복강도 700MPa의 철근을 초고층건축물의 설계 시 활용하고 있으며 인장강도 1,000MPa급 초고강도 강재의 적용을 위한 연구 수행 중
  - 일본 동경에 위치한 634m 높이의 Tokyo Sky Tree 78) 하부에 외경 2,300mm, 두께 100mm의 인장강도 780MPa급 강재가 원형강관기둥 형태로 시공됨. 요시모토빌딩 780MPa강재 사용, 대만 Taipei 101 Tower('09년 준공) 720MPa 강재 사용
  - 초고강도콘크리트 분야는 1980년대까지는 미국 이 기술발전을 주도하였으며, 1990년대에는 유럽, 캐나다에서는 DUCTILE, RPC를 활용한 압축강도 200MPa의 초고강도 콘크리트가 개발되고 캐나다 에서 퀘벡에서 보행자 교량에 시공하였음. 일본은 압축강도 120MPa까지의 고강도콘크리트가 상용화되고 있으며, 대형 건설사에서는 인장강도가 뛰어난 고성능콘크리트이외에 압축강도 200MPa인 고강도콘크리트를 실용화하기 위한 연구 수행 중
- 국내의 고강도 강재는 초고층복합빌딩사업단('09.9~'14.10)의 2핵심 과제 '초고층 시공기술연구단'에서 고강도강 실용화기술(RIST), 고성능 강-콘크리트 합성구조 기술(RIST) 연구수행 중

- 고강도강(HSA800)은 2012년 롯데월드타워에 적용을 시작하였음
- 고강도 철근은 건축물의 고층화에 따른 콘크리트 고강도화로 이에 대응하는 철근의 고강도화가 연계하여 발전하였음
- 현대제철(주)과 동국제강(주)는 지식경제부의 산업원천기술개발사업인 ‘초고장력 H형강70) 및 철근개발(’04.9~’10.2)’을 수행하여 항복강도 600, 700, 800MPa 고강도 철근 제조기술 확보함
- 현재 400~600MPa급 철근이 사용되고 있으며 향후 항복강도 700MPa급 고강도 철근의 사용이 기대됨
- 국내 고강도 콘크리트는 90년에 분당 공동주택 지하층에 설계강도 50MPa의 고강도콘크리트를 국내에서 최초로 시험 시공하였음. 이후 목동 하이페리온(’03년) 50MPa, 스타시티(’06년) 60MPa, 동탄 메타폴리스(’09년) 50MPa, 60MPa, 해운대 위브 더 제니스(’08년) 50MPa 등 40MPa~60MPa급 고강도콘크리트의 적용 보편화됨
  - 송도 더샵 퍼스트월드(’09년) 80MPa, 120 MPa 및 서울 목동 트라펠리스(’09년) 150MPa급 초고강도콘크리트가 일부층에 시험 적용됨
  - 국토해양부 CTRM과제로 수행한 ‘콘크리트코리아연구단’에서 기존 고강도콘크리트 대비 경제적이며, 동등한 재료물성을 가지는 설계강도 3성분계 80MPa고강도 콘크리트 시험시공 수행
  - 2000년대 후반 대형건설사를 중심으로 시험실 조건에서 설계강도 200MPa급 이상의 초고강도콘크리트 개발 수행
- 초고층빌딩 시공기술 연구단(’09.9~’14.10)의 1세부 과제 ‘고성능 재료기술 개발’에서 상온양생 압축강도 200MPa급 슈퍼콘크리트와 초고층 펌프압송이 가능한 30MPa, 50MPa급 경량콘크리트 실용화기술(삼성건설) 연구수행 중
- 고강도콘크리트의 폭열 위험성이 제기됨에 따라 ‘고강도콘크리트 내화성능관리기준’ 71) 고시되어 2000년대 후반 폴리프로필렌(PP)섬유, 나일론 섬유(NY) 등을 활용하여 고강도콘크리트의 폭열성능을 개선하기 위한 연구가 활성화되고 폭열저감 방안이 정립됨
- 고강도콘크리트는 수화온도가 100℃ 가까이 상승하므로 구조부재의 안전성을 위하여 수화온도의 적절한 저감을 위한 다양한 방법에 대한 연구와 시험시공 수행
- 국내의 경우 일반적으로 고강도콘크리트 수화온도 저감을 위하여 3종류의 방법(파이프 쿨링, 저수법, 지연·분리타설법)을 현장상황에 따라 적용되고 있음

마. 거푸집 공법 및 현장관리 기술

- 거푸집 선도업체의 페리사(PERI, 독일)와 도카사(DOKA, 독일)는 다년간 구축된 기술 노하우를 통해 초고층용 시스템거푸집(System Form)을 개발하여 세계 건설 시장에 접목하면서 현장특성에 맞는 거푸집시스템을 개발. 또한 특허 등록된 신공법 개발과 더불어 공기단축, 안전성 및 경제적인 거푸집 시스템 개발 연구 수행
- 현재 국내 초고층건축물 시공 시 적용하는 거푸집 시스템은 독일의 Peri 및 Doka사의 ACS거푸집이 가장 높은 점유율을 차지하고 있음. 잠심 제2롯데월드의 경우 도카코리아의 거푸집 시스템이 적용 되고 있음

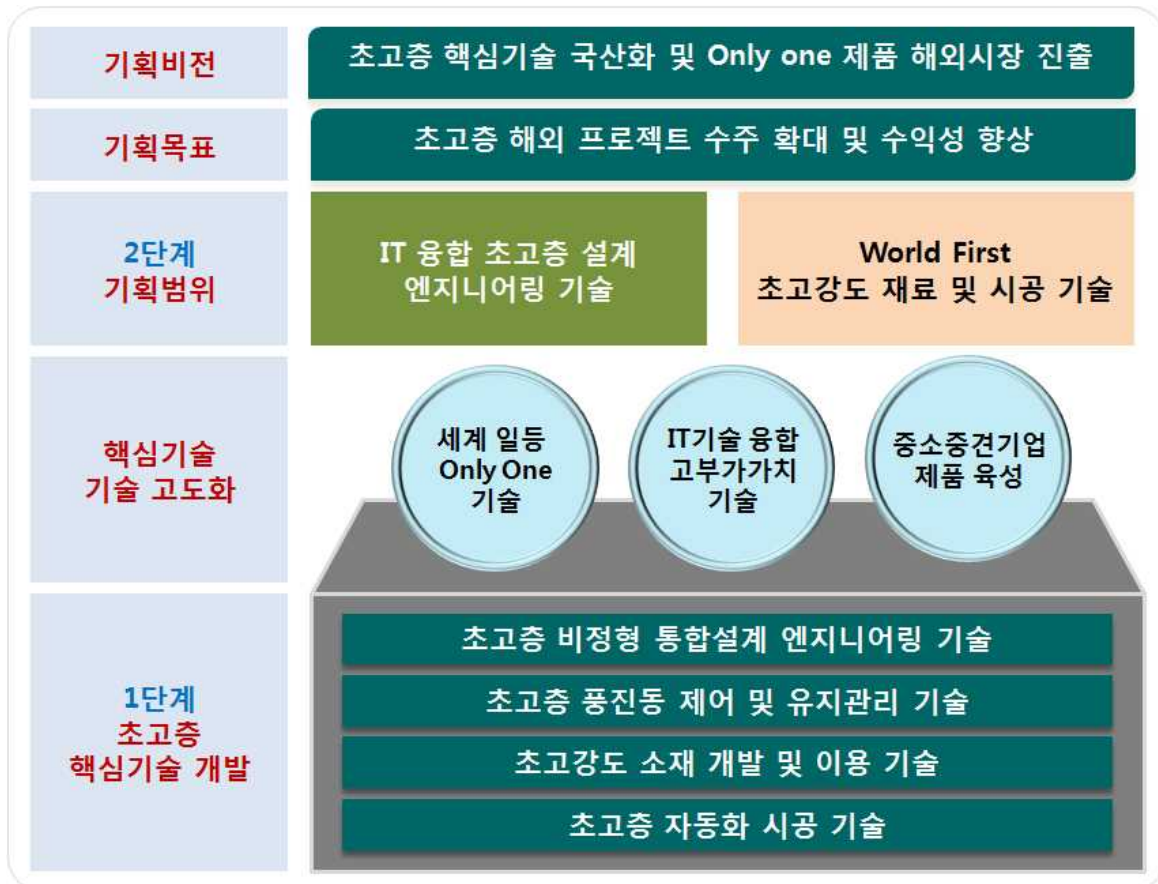
바. 콘크리트 압송기술

- Burj Khalifa에서 606m 수직압송 실적을 보유하고 있는 독일의 Putzmeister를 비롯하여 Schwing과 중국의 Sany 등이 최고 100층 이상의 초고층건축물에 압송이 가능한 초고압펌프를 보유하고 있음
- 초고층건축물의 건설에 필수적인 구조재료인 고강도콘크리트의 펌프압송성 관련 사전 평가방법 및 품질기준은 KS는 물론 ISO, ASTM, EN, JIS 등 어느 규격에도 특별한 기준이 없으며, 프로젝트 계획 시 공기와 장비의 성능을 고려하여 시간당 타설량을 산정하여 관리하고 있음
- 초고층건축물에 콘크리트를 압송하기 위하여 국내에서는 압송 장비를 개발하는 측면보다는 건설하고자하는 초고층건축물에서 요구하는 단위시간당 타설량에 만족하는 콘크리트를 제조하는데 중점을 두고 있음. 개발되어 초고층건축물에서의 적용을 앞두고 일반적으로 압송시험을 수행하여 소요 타설량을 만족하는지 여부를 평가함

### 3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

#### 1절. 비전 및 목표

##### 1. 기획연구의 최종 비전 및 목표



[그림 3-1] 기획연구의 비전 및 목표

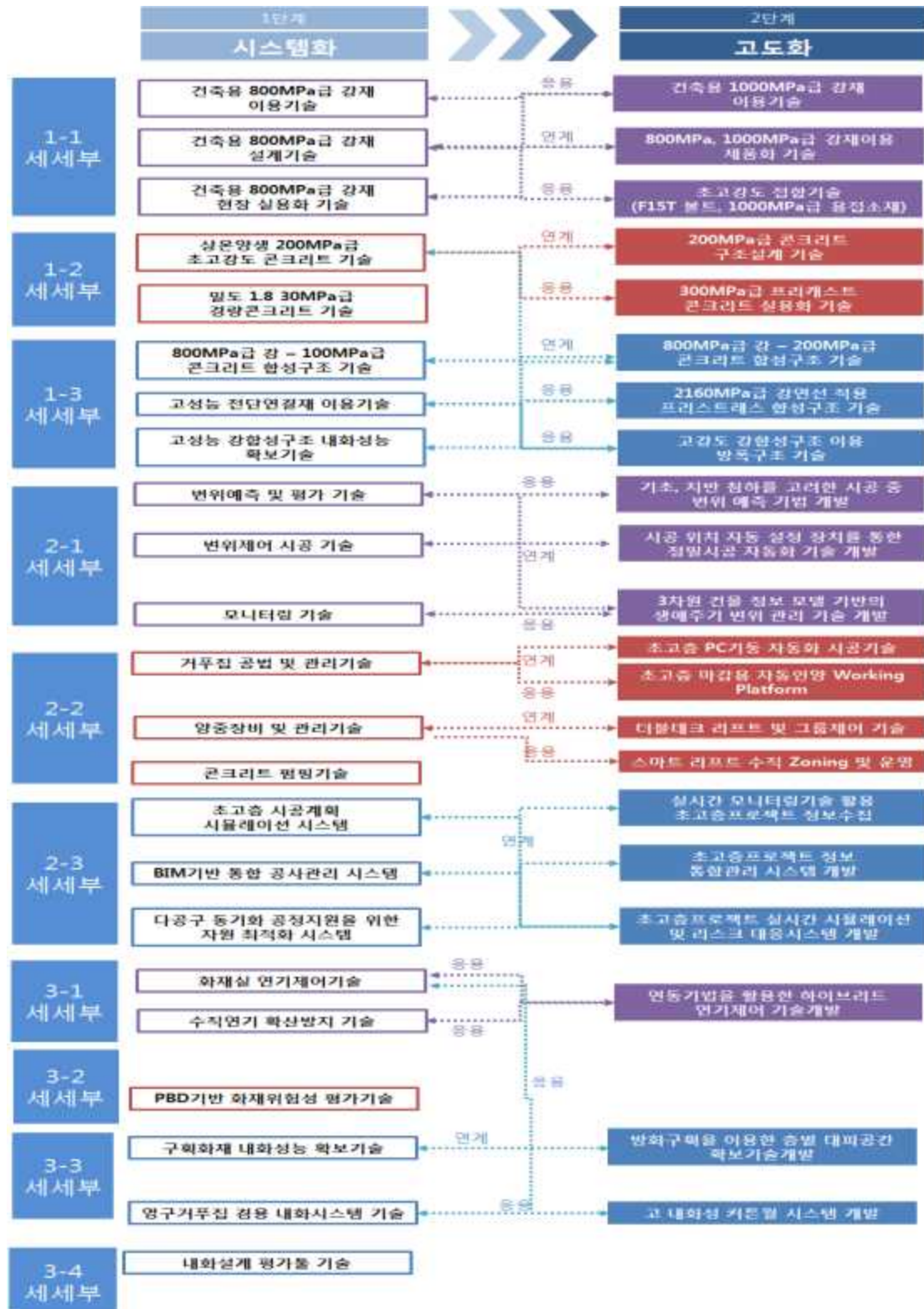
##### 가. 기획연구의 비전 및 목표

- 국내 건설산업의 해외 경쟁력 확보를 위한 설계 엔지니어링 기술과 관련 소재/자재 기술개발을 통해 장비와 전문기술인력의 해외 동반진출 방안 마련
- 창조경제형 건설산업 육성을 위한 중소/중견기업 지원, 세계 일등 Only One 기술 및 융합기술 개발
- 초고층 설계/시공기술 연구단 1단계 현장적용, 사업화/제품화 실적 등 우수성과 도출과제 고도화

- 하드웨어기술과 IT기술을 융합한 세계 일등 Only One 기술개발로 해외 건설 시장 진출 확대를 위한 시장창출형 과제 발굴
- 해외시장 진출 가능한 전문기술분야 중소기업 육성과제 도출

#### 나. 세부 목표

- 위와 같은 비전 및 목표의 달성을 위한 기획의 범위를 기술적 특성에 따라 몇 가지 세부목표로 분류하고 이를 과제화하여 도출하였음.
- 건설 분야는 기계, 자동차, 조선, 전기전자 등 타 산업에 비하여 IT융합이 더디며, 최근 기존 2D CAD 기반에서 3D 기반으로 전환되기 시작하는 시점에서 향후 건설 산업의 경쟁력을 좌우할 중요한 핵심기술로 인식됨. 전문 업역 별로 전문화된 ICT융합 기술 및 도구 개발을 목표로함.
- 진동제어장치와 관련한 국내 관련기업 규모가 영세하여 산업계의 장치제작기술과 학계의 첨단연구가 결합 연구로 국내 능동형 다축형 제진장치 개발
- 초고층 건축물에 사용되는 메가부재에 초고강도강재를 적용함으로써 소요 두께 절감 및 단중을 최소화하여 양중 용이성을 확보함 초고강도 강 소재 개발 및 부가가치형 이용기술 개발을 접목하여 기술 격차 해소할 수 있는 1000MPa 초고강도 소재에 대한 고성능화를 통한 특화기술 개발
- 1km 이상의 극초고층 구조물을 시공하기 위해 초고강도 콘크리트는 필수 핵심 기술로 초고강도 콘크리트에 대한 설계기준 정립과 초고층 분야와 건설기술의 전반적 기술향상을 위해 프리캐스트 초고강도 콘크리트의 개발을 목표로함
- 초고층 내화성능을 고려한 초고강도 강관콘크리트 구조부재와 내화피복재간의 성능연계 및 초고강도 구조용 재료에 대한 내화성능 DB구축을 통하여 4시간 내화성능 확보
- 건설노무자의 지속적인 감소 전망과 건설산업의 3D산업 이미지 제고 필요. 이에 따라 랜드마크적 역할을 하면서도, 인력중심 작업방식으로 진행되는 초고층빌딩 시공현장에 ICT 융합형 기계화, 자동화 시공기술 개발



2단계 고도화 연구 연계/응용 방향

## 2. 단계별 목표

	목표	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1-1	ICT융합 설계 기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축	비정형 초고층 건물 외피/골조 설계 요구조건 분석	시스템 알고리즘 개발	시스템 개발 및 현업 적용	시스템 검증 및 타당성 검토	시스템 성과 확산 및 DB 구축
1-2	다축모드 진동 제어 장치 개발	다축모드제진장치 1차 시제품 개발	다축/다중 모드 제진장치 알고리즘 고도화	다축모드 제진장치 2차 시제품 개발	현장적용 및 모니터링	제진장치-통합 엔지니어링 플랫폼 설계 패키지
1-3	광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발	LED Tile 제품 개발	발광부와 현광부 분리	LED Fiber 와 ED-Tile 결합	현장시험	현장적용
1-4	지능형 유지관리 플랫폼	초고층 통합유지관리 요구조건 분석	시스템 구축 아키텍처 설계	시스템 개발 및 현업 적용	시스템 검증 및 타당성 검토	시스템 성과 확산 및 안정화
2-1	초 고 강 도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발	건축용1000MPa 급 강재 개발방향 도출 및 시제품 평가	건축 용 1000MPa 강재 개발 및 소재 성능평가	초고강도 부재 및 접합소재 제품화 및 구조성능 평가	시험시공 및 설계시공 지침 작성	현장적용 및 적용기술 모니터링
2-2	300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발	초고강도 프리캐스트 콘크리트의 현황 분석, 배합재료 선정 및 프로세스 개발	200MPa 콘크리트의 구조설계기준 300MPa 프리캐스트 콘크리트의 점성 저감기술 개발	300MPa 프리캐스트 콘크리트의 양생기법, BP 생산기술 및 내화성능 향상기술	200MPa 콘크리트의 구조설계기준 초고강도 프리캐스트 콘크리트의 구조성능 평가	200MPa 콘크리트의 구조설계기준 300MPa 프리캐스트 콘크리트의 TEST BED적용
2-3	내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발	내화성능형 합성구조 기술현황 분석 및 기술개발	내화성능형 소재 시제품 생산 및 성능평가	내화성능형 소재 양산품 생산 및 합성구조 적합 성능평가	시험시공 및 제조/설계지침 작성	현장적용평가 및 시공모니터링
2-4	자동화 기반 고속시공 기술 개발	상하 연계형 양중기술 조사	상하 연계형 리프트 설계 및 무인운영기술 개념 도출	상하 연계형 양중장비 시제품 제작 및 무인운영 시스템	현장적용 및 모니터링	기술보완 및 실용화

## 2절. 기술개발에 따른 미래상

### 1. 현황 및 미래상

가. 1세부 : 초고층 설계 및 엔지니어링 기술 개발

(1) ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축

AS-IS	TO-BE
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 건축산업에서 첨단 분야인 대규모건축물에서 골조, 외피, 설비는 전체 공사비의 60%를 차지하는 시장 비중이 큰 업역이지만, 기술집약적 설계/엔지니어링은 기술선진국에, 노동집약적 상세설계 및 시공 업무는 중국 및 동남아의 낮은 인건비에 밀려 글로벌 경쟁력을 상실함</li> <li>▪ 2012년 650억불로 대기업건설회사 해외건설 수주 최고 실적에도 불구하고 중소전문건설사는 7~8년 전 대비 절반으로 급감. 건설시장의 고용은 정체 상황</li> <li>▪ 외형적 성장에도 불구하고 하이테크 분야는 건설선진국에, 로우테크 분야는 낮은 인건비 기반의 현지 또는 동남아 업체에 밀리는 전형적인 샌드위치 현상으로 고전</li> </ul>	<p>첨단 ICT를 융합한 대규모건축물 설계, 상세 및 시공을 통합 지원하는 스마트 설계/Eng 기술을 개발하여 세계선도기술로서 관련 기술 수입 대체 및 글로벌 시장 선점이 가능함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 건설 분야의 부품산업이며, 현장 실행조직인 중소전문건설사들의 글로벌시장 진출이 확대되어야 실질 매출 증대 및 대규모 고용창출 가능</li> <li>▪ ICT 융합으로 전통적 설계/엔지니어링 건설기술을 혁신하여 건설산업의 신성장동력 재창출</li> </ul>

(2) 다축모드 진동제어 장치 개발

AS-IS	TO-BE
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ TMD, TLD 등 수동형 감쇠장치의 경우 1차 모드에 대한 제어만 가능하며, 제어성능을 높이기 위해서 제어장치의 질량이 크게 증가하는 문제점을 가지고 있음.</li> <li>▪ 테크노마트에 국내 독자 기술로 적용된 수직/수평 동시제어용 제진장치는 수직 TMD, 수평 AMD로 거동하는 장치로, 풍진동 제어를 위해 사용되는 AMD는 1개 축 방향으로만 작용하여 다축/다중 모드를 동시에 제어하는데 한계점을 가지고 있음.</li> <li>▪ 1차 모드가 지배적인 건축물에 대한 풍하중 추정기술이 일반적으로 적용되고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 다축-다중 모드 제어장치의 상용화로 풍진동제어 분야 세계시장을 선도</li> <li>▪ 다축-다중 모드 풍하중 추정기술로 고차모드가 지배적인 비정형 구조물의 정확한 거동특성 평가를 통한 경제적인 구조물 설계</li> <li>▪ 첨단 센싱 기술을 활용하여 다축/다중 모드의 상관성의 식별 및 유지관리/모니터링 기술의 고도화</li> </ul>

(3) 광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발

AS-IS	TO-BE
<p>현재의 조명은 백열등, 형광등으로 대표되는 아날로그 형태로서 어두운 곳을 밝히는 기능이 지배적임</p> <p>해당 조명은 조명제품과 등기구, 등기구에 조명을 공급하는 배선으로 인해 건축물 디자인의 유연성이 적음</p> <p>백열등 및 형광등은 LED 에 비해 에너지효율이 나쁘고, 환경유해물질을 해결하지 못한 문제점이 있음</p>	<p>LED 조명은 디지털 형태의 빛이기 때문에 기존 아날로그 조명과 차별화된 제품설계로 디자인적 요소를 반영</p> <p>기존 조명방식은 발광부와 현광부가 일체형이었지만, 빛을 내는 발광부와 전원을 공급하는 현광부를 분리하여 발열문제를 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>기존 등기구형태의 LED 조명제품설계로 호환성을 높임.</li> </ul>

(4) 지능형 유지관리 플랫폼

AS-IS	TO-BE
<p>기존의 유지관리 시스템은 분야별 요소 시스템이 상호 연동되지 않고 시스템별 독립적으로 운영되어 효율적인 통합운영이 요구됨</p> <p>국내 에너지관리 시스템은 모니터링 위주의 시스템으로 에너지 절감을 위한 분석 및 에너지 절감 가이드 제시가 부족함</p> <p>국내 BIM 기술을 통한 유지관리 분야에 대한 적용이 미비하고, LCC 기반의 관리에 대한 활용도가 떨어짐</p> <p>최근 전세계적으로 활용도가 높아지고 있는 클라우드 환경에서의 서비스 이용에 대한 요구가 높아짐</p>	<p>IBS, BAS, BEMS 등 다양한 시스템과의 상호연동을 통한 통합관리 시스템을 FMS를 중심으로 유기적으로 통합운영할 수 있는 기술 개발함</p> <p>에너지 사용량의 모니터링 및 자동제어 기술의 접목으로 빌딩 에너지 사용 효율화 개선 방안 기술 개발</p> <p>BIM 기반의 통합유지관리 기술을 고도화하여 시각적인 유지관리 및 다양한 분야로의 연계확장이 가능한 기술 개발</p> <p>클라우드 기술의 연계 및 모바일 기기를 활용한 유지관리 시스템의 연계로 장소와 단말기에 상관없이 서비스를 활용할 수 있는 기술 개발</p> <p>초고층 유지관리 분야 세계 최고수준의 기술력 보유를 통한 국내시장 보호 및 해외시장 진출</p>

나. 2세부 : 초고성능 재료 및 시공기술 개발

(1) 초고강도 강재 및 이용기술 개발

AS-IS	TO-BE
<p>건축물의 초고층화 대형화로 인한 주요구조부재의 메가화 및 극후화로 현장작업성 저하 및 양중부하가 과다함.</p> <p>초고층 건축물이 랜덤마크로서 다양한 비정형 외관으로 설계됨에 따라 주요부재의 형상 및 접합부의 구현이 어려움</p> <p>초고층 건축물의 주요구조용으로 사용되는 강재는 현재 인장강도 490MPa급, 570MPa급 및 800MPa급 강재임</p> <p>건축용 강재를 이용한 원형강관 및 각관의 제품화는 570MPa 수준임</p> <p>현재 사용되는 구조부재간 접합의 경우 용접 재료는 900MPa급이 상용화되었으며, 볼트의 경우 F13T수준이 적용됨</p> <p>초고강도 강재를 적용한 설계법의 경우 기존 일반강(mild steel)과 동일한 설계법을 적용함.</p>	<p>초고층 건축물에 사용되는 메가부재에 초고강도강재를 적용함으로써 소요 두께절감 및 단중을 최소화하여 양중 용이성을 확보함</p> <p>초고강도강재로 이루어진 경량화된 강관 및 각관부재는 비정형 건축물의 복잡한 접합부를 단순화하여 다양한 형상구현이 가능함</p> <p>건축용 최고강도 강재에 비해 25%이상 높은 인장강도를 가지면서 항복비 상한을 보증하도록 고성능화함</p> <p>건축용 강재를 이용한 제품화는 800MPa급 이상으로 향상.</p> <p>1000MPa 강재간 접합이 가능하도록 용접재료강도 10%향상 및 볼트의 경우 기존 대비 1.8배 이상 강도의 볼트를 적용하여 소요접합부위 면적을 최소화함.</p> <p>초고강도 강재를 사용함으로써 충분히 높은 강도를 활용하여 무손상 구조시스템 설계법으로 대응함.</p>

(2) 초고강도 콘크리트 개발 및 글로벌 실용화

AS-IS	TO-BE
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현재 세계적으로 초고층 PJT가 증가하고 있는 추세이나 콘크리트의 경우 설계기준상 80MPa가 최대범위임.</li> <li>▪ 1km 이상의 극초고층 구조물을 시공하기 위한 핵심기술은 초고강도 콘크리트임</li> <li>▪ 콘크리트 구조설계기준에 의해 현재 80MPa 수준이상의 구조물 적용이 어려워 극초고층 구조물의 시공이 불가함</li> <li>▪ 선진국의 경우 프로젝트에 따라 사용허가, 또는 설계기준을 개정하고 있는 추세임             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 캐나다 : ‘14년 설계기준 개정을 통하여 120 ~ 130MPa 기준 제정</li> <li>2) 일 본 : 국토교통성인증을 얻은 PJT에 대하여 PJT별 사용허가</li> </ol> </li> <li>▪ 초고층 분야 이외 건설 전반적인 적용을 위하여 프리캐스트 초고강도 콘크리트의 개발 및 실용화가 필요함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현재 80~90MPa 수준인 고강도 콘크리트 설계기준 개정을 통하여 80MPa 이상의 초고강도 설계적용 추진</li> <li>▪ 80MPa 이상의 초고강도 콘크리트 적용을 통한 기둥단면적의 축소로 원가절감의 실현 및 사용성 확대</li> <li>▪ 1단계 연구 수행시 확보된 기술의 글로벌 실용화 및 적용 확대</li> <li>▪ 300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트의 개발을 통하여 초고강도 콘크리트의 적용분야 확대             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 현재 초고층 분야에 국한되어 있으나 향후 건설 전분야로 확대</li> </ul> </li> <li>▪ 초고층 상품의 핵심기술 국산화 등을 통한 기술지도 및 수출을 통해 국가 경쟁력 강화로 이미지 제고</li> <li>▪ 시멘트 사용량 감소로 직접적 탄소배출량 감소효과 기대</li> <li>▪ 설계기준에 대한 개정의 경우 정부 및 산·학·연의 협력이 필요하므로 상호협력이 필요함</li> </ul>

(3) 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발

AS-IS	TO-BE
<p>인장강도 800MPa강재와 100MPa콘크리트이용 강관콘크리트(CFT)구조 개발 및 현장적용.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 100MPa콘크리트 국내 BP 제조가능하며, 초고강도 CFT용 콘크리트 압송에 따른 콘크리트의 재료분리 및 유동성 확보기술 확보.</li> <li>▪ 국내 KBC2013 구조설계기준 강관콘크리트구조의 재료강도는 강재 800MPa와 콘크리트 70MPa로 제한함.</li> <li>▪ 일본 선진국의 경우, 인장강도 780MPa강재와 150MPa 콘크리트이용 CFT기둥 현장적용.</li> <li>▪ 선진국의 경우, 인장강도 490MPa급 내화강을 구조부재에 적용하여 내화피복 생략 및 내화성능을 향상시켰으나, 국내에서는 내화강은 양산체제가 없는 상황임.</li> <li>▪ 50MPa이상 콘크리트에 대해서 폭발저감을 위한 방법으로 섬유를 추가하는 방법으로 행하고 있으나, 콘크리트내 섬유는 고유동성을 저해하여 압송 및 충전에 어려움이 있음.</li> <li>▪ 초고층 빌딩에 내화2시간 도료 및 내화 3시간 뿔뿔방벽으로 합성구조는 철골구조와 동일한 사양성능으로 적용하고 있음.</li> </ul>	<p>인장강도 800MPa강재와 150MPa콘크리트 이용 초고강도 강관콘크리트(CFT)구조 개발 및 현장적용.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 150MPa콘크리트 국내 BP 제조가능하며, 초고강도 CFT용 콘크리트 압송에 따른 콘크리트의 재료분리 및 유동성 확보기술 확보.</li> <li>▪ 국내 KBC2017 구조설계기준에 강관콘크리트구조의 재료강도는 강재 800MPa와 콘크리트 150MPa로 설계 반영.</li> <li>▪ 국내 KBC2017 구조설계기준에 강재 강도 490MPa 내화강 설계 반영.</li> <li>▪ 인장강도 500MPa급 건축용 내화강 개발 및 양산을 통하여 내화피복 생략 및 내화성능을 향상시킨 합성기둥/보 개발.</li> <li>▪ 150MPa급 콘크리트에 대해서 폭발저감과 압송능력을 고려한 CFT용 콘크리트 개발 및 현장적용.</li> <li>▪ 내화 4시간에 대응하는 합성기둥/보 대응 내화피복재(도료, 뿔뿔 및 보드 등) 개발.</li> </ul>

(4) 자동화 기반 고속시공 기술 개발

AS-IS	TO-BE
<p>인력중심 작업방식인 거푸집 공사는 지속적인 작업인력 부족으로 생산성 저하, 인건비 상승, 품질 저하 문제가 발생할 것으로 예상된다.</p> <p>초대형 거푸집의 특성상 이동 및 양중이 번거로우며, 타워크레인 양중시 초대형 거푸집이 주변 장비나 건물과 충돌하여 사고가 발생할 수 있음. 또한 초대형 거푸집 설치시 거푸집 레벨링이 어려움</p> <p>거푸집 해체시기는 기준 양생일수 또는 공시체 시험을 통해 판단하고 있는 실정으로 실시간 해체시기의 정확한 판단이 어려움</p> <p>해외의 경우, 거푸집의 대형화 및 장비화 추세에 있으나, 국내의 경우, 초대형화 거푸집에 대한 연구 및 기술개발이 미흡한 실정</p> <p>또한 건물이 초고층화 될수록 양중장비의 중요성이 커지는데 반해, 양중장비의 양중효율의 증가는 한계가 있음</p> <p>리프트 운영인력 수배를 위한 노력 및 운영인력의 인건비 부담 제거 필요</p>	<p>대형화 및 장비 중심 작업방식인 초대형 거푸집 공법을 개발함</p> <p>거푸집 이동 및 양중 자동화가 가능한 초대형 거푸집을 개발함</p> <p>ICT 기반 거푸집 레벨링 자동화 및 거푸집 해체 자동화 기술을 개발함</p> <p>해외 초고층 건축물에서 큰 비중을 차지하는 플랫폼라브 구조에 적합한 초대형 거푸집의 기술 국산화를 통해 해외시장 진출</p> <p>양중효율의 근본적인 증대를 위한 상하 연계형 리프트를 개발함</p> <p>상하 연계형 리프트의 자동화 기반 무인운영 기술을 개발함</p>

## 2. 기술개발 전략 및 효과

가. 1세부 : 초고층 설계 및 엔지니어링 기술 개발

(1) ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축

### ○ 기술개발 전략

	과제명	기술개발 전략
1-1	ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지능형 설계/ENG과 스마트 건설 프로세스 개발을 위한 기반 기술 및 환경 구축</li> <li>- 설계/ENG 기술차별화를 위한 ICT융합 기반기술/환경 구축</li> <li>- 건설 프로세스 혁신을 위한 스마트 기반기술 및 환경 구축</li> <li>- 차별화된 설계/엔지니어링, 상세도면 및 제작정보 생성을 위한 지능형 설계 기술 개발</li> <li>- 설계/ENG 기술과 자재가 복합적으로 구성되는 외피 분야의 3차원 저작도구와 설계/ENG, 상세도면·제작정보 생성을 위한 지능형 설계 기술</li> </ul>

### ○ 기술개발 효과

	과제명	기술개발 효과
1-1	ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축	<p>기술적 기대효과 (정성적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대규모 글로벌 프로젝트 구조설계: 대규모 건축물의 구조설계는 건축물의 성능과 경제성을 결정짓는 고난도 첨단 설계/엔지니어링 분야로서 독창적 최적 전산설계기술 개발로 설계 품질 및 경제성 향상과 설계기간의 획기적 단축을 통하여 관련 기술의 신뢰성 및 기술 브랜드 창출</li> <li>- 대규모 글로벌 프로젝트 외피설계 및 제작 엔지니어링: 외피 고급화 추세에 따라 외피설계 및 시공 업역 부가가치 상승에 대응, 3D 기반 외피 설계, 상세설계, 제작, 시공 연계한 기술 자립으로 글로벌 경쟁력</li> </ul> <p>경제적 기대효과(정량적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 설계용역시장 자립(해외기술 수입 대체) : 5억원/건 X 20건 = 100억원</li> <li>- 해외 설계용역시장 신규 창출 : 10억원/건 X 20건 = 200억원</li> <li>- 해외 시장 신규 창출을 통하여 연간 150명(2억매출/년,인) 고용 창출 및 유지</li> </ul> <p>산업적·정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술집약적 고부가가치 설계/Eng 분야 글로벌 기술경쟁력 확보</li> <li>- 노동집약적 상세설계 및 시공 업역 저임금 장벽 극복</li> <li>- 다수의 강소기업 전문건설기술 기반 강화로 기술집약적 고부가가치 건설산업으로 패러다임 전환과 건전한 산업생태계 구축에 기여</li> <li>- 현장 실행조직인 중소강소기업 활성화로 대규모 고용 창출</li> </ul>

(2) 다축모드 진동제어 장치 개발

○ 기술개발 전략

	과제명	기술개발 전략
1-2	다축모드 진동제어 장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1단계 연구를 통해 개발된 수직/수평 동시제어용 제진장치의 성능 확장 : 선형/비선형 등 제어알고리즘의 다양화, 생애 주기별 구조물특성 변화를 고려한 적응제어 방식의 도입, 스트로크/질량 최소화를 위한 알고리즘 개선</li> <li>- 실물크기 구조물에 대한 실험을 통한 다축모드 제어장치 성능검증</li> <li>- 풍동실험결과와의 비교를 통한 다축/다중 모드 풍하중 추정기술의 성능 검증</li> <li>- 상시미진동/극한진동 등 다축/다중 거동특성의 응답의존성(Amplitude dependency) 평가기술 개발</li> </ul>

○ 기술개발 효과

	과제명	기술개발 효과
1-2	다축모드 진동제어 장치 개발	<p>기술적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다축/다중 모드 제어장치의 상용화로 세계 시장진출 교두보 확보</li> <li>- 풍하중 추정기술의 고도화로 통합엔지니어링 플랫폼을 활용한 설계기술 지원</li> </ul> <p>경제적 기대효과(정량적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외기술료 절감 10억/건</li> <li>- 10% 구조물량 저감효과</li> </ul> <p>산업적·정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제진장치 관련 수출 직접생산 100억/년 (10년 평균)</li> <li>- 초고층 건축물 SHM 관련 기술 지원 40억/년 (10년 평균)</li> <li>- 풍하중 추정기술 고도화로 인한 관련 산업(풍동실험 등) 지원 20억/년 (10년 평균)</li> </ul>

(3) 광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발

○ 기술개발 전략

	과제명	기술개발 전략
1-3	광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1단계 연구를 통해 개발된 초박형 LED면광원 성능개선</li> <li>- 광가이드 기술 적용, 발광부의 발열감소, 기존 등기구와의 호환성을 고려한 구조설계</li> <li>- 빛을 만드는 발광부(light generating part)와 공간으로 빛을 내보내는 현광부(light presentation &amp; fixture)를 분리하는 기술로 수명과 효율을 향상시킴</li> <li>- 해당 기술이 결합된 LED Tile로 기 설치된 형광등램프를 대체하게 함</li> </ul>

○ 기술개발 효과

	과제명	기술개발 효과
1-3	광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발	<p>기술적 기대효과 (정성적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조명의 발열 문제 해결과, 전원공급부와 빛을 발생하는 부분을 분리하여 전체시스템 수명과 효율을 향상시킴.</li> <li>- 디자인 요소를 반영한 새로운 조명제품으로 신시장 개척</li> </ul>
		<p>경제적 기대효과(정량적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- '20년 82조원 규모로 예상되는 LED 세계시장의 1%인 8,000억 규모 시장 진입</li> </ul>
		<p>산업적·정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초니치 LED 면광원 조명시장 진입과 건축물 디자인과의 융합을 통한 창조경제 시장 창출</li> <li>- LED 관련 제품 수출 10억/년(10년평균)</li> <li>- 새로운 조명제품 창출로 건축조명분야 발전 20억/년(10년평균)</li> </ul>

(4) 지능형 유지관리 플랫폼

○ 기술개발 전략

	과제명	기술개발 전략
1-4	지능형 유지관리 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 복합빌딩의 다양한 시스템(IBS, BEMS, FMS, BIM)을 연동을 통한 통합 유지관리 플랫폼 개발</li> <li>- 초고층 복합빌딩의 에너지관리 솔루션 개발</li> <li>- BIM 기반의 통합유지관리 플랫폼 개발</li> <li>- 군관리 기반 원격관제센터 구축 기술 개발</li> <li>- 해외 시장 진출을 위한 글로벌화</li> </ul>

○ 기술개발 효과

	과제명	기술개발 효과
1-4	지능형 유지관리 플랫폼	<p>기술적 기대효과 (정성적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 지능형 유지관리 기술의 세계적인 경쟁력 확보</li> <li>- IBS, BEMS, BIM과 통합된 FMS 구축으로 시스템 통합 운영 환경 구현을 통한 유지관리 효율성 및 수준의 제고</li> </ul>
		<p>경제적 기대효과(정량적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층복합건물의 국내 시장은 2012년 8조, 2015년 112조 규모로 성장할 것으로 예상됨</li> <li>- 해외 시장의 경우 년 30개 건물에 적용할 경우 건물당 5억 규모로 추정되며, 년 150억 이상의 수출효과가 예상됨</li> </ul>
		<p>산업적·정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경제적 파급효과 : 직접 생산 200억원/년(10년 평균)</li> </ul>

나. 2세부 : 초고성능 재료 및 시공기술 개발

(1) 초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발

○ 기술개발 전략

	과제명	기술개발 전략
2-1	초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축물의 초고층화/대형화에 따른 주요 건설구조용 재료인 강재의 초고강도화, 고내구성화를 통하여 20%이상의 CO2를 저감함과 동시에 시공품질과 원가절감이 가능하도록 함</li> <li>- 초고강도 신강종과 접합 소재 개발, 신강종을 이용한 제품화, 제품화된 부재의 설계기술, 시공기술에 이르는 계열화된 기술개발을 통하여 관련 중소기업과 연계된 기술개발 추진</li> </ul>

○ 기술개발 효과

	과제명	기술개발 효과
2-1	초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발	<p>기술적 기대효과 (정성적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미래 핵심기술 선점을 통한 초고층 건축물 구조기술 분야의 세계적인 경쟁력 확보</li> <li>- 특화된 초고강도 소재 및 이용기술을 통해 초고층 시공기술의 경쟁우위 점유</li> </ul>
		<p>경제적 기대효과(정량적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 800MPa강재 대비 강도 25% 향상에 따른 강재소요물량 25% 저감, 톤당 제작비 15%저감, 시공중양중부하 25% 저감</li> <li>--&gt; 골조공사시공비 20% 절감, 공기 25% 단축</li> </ul>
		<p>산업적·정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 시장진출에 따른 경제적 파급효과 : 1,760억원/년 국내 초고층 건축물 철골조 시장 500억/년 건축용 고성능강 직접 생산 250억원/년 (년간 2.5만톤) 건축용 초고강도 강관 및 각관 생산 120억원/년(년간 1만톤) 고강도볼트 및 접합재료 시장 10억원/년</li> <li>- 해외 시장진출에 따른 경제적 파급효과 : 3.4조원/년 해외 초고층 건축물 철골조 시장 10,000억/년</li> <li>- 경제적 파급효과 :강재 직접 생산 100억원/년(10년 평균)</li> </ul>

(2) 초고강도 콘크리트 개발

○ 기술개발 전략

	과제명	기술개발 전략
2-2	300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물의 높이와 비례하는 초고강도 콘크리트의 구조 및 설계기준의 개발을 통하여 수직부재의 단면적 축소 유도</li> <li>- 1km 이상의 극초고층 구조물 시공을 위한 초고강도 콘크리트 및 극초고강도 프리캐스트 부재의 개발</li> <li>- 건축물의 초고층화/대형화에 따른 주요 건설구조용 재료인 콘크리트의 초고강도화 및 내구성 업그레이드</li> </ul>

○ 기술개발 효과

	과제명	기술개발 효과
2-2	300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발	<p>기술적 기대효과 (정성적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층분야 핵심 소재기술의 선점을 통한 콘크리트 재료분야 기술 및 수주 경쟁력 확보</li> <li>- 초고층 구조물 설계시 구조적으로 기둥의 단면적을 줄여 유효공간의 추가 확보로 설계자유도를 높이며, 기술 D/B 제공으로 설계 신뢰성 증진</li> <li>- 고성능 건축구조재료로서의 초고강도 콘크리트 사용을 통해 구조물의 장수명화 및 지속가능한(Sustainable) 친환경 건축물 구축시스템에 일조</li> </ul>
		<p>경제적 기대효과(정량적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 구조물 설계시 구조적으로 기둥의 단면적을 최소 30% 축소</li> <li>- 단면적 축소를 통해 기존 콘크리트 대비 사용량 절감으로 CO2 발생 최소 30% 저감</li> </ul>
		<p>산업적·정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 상품의 핵심기술 국산화 등을 통한 기술지도 및 수출을 통해 국가 경쟁력 강화로 이미지 제고</li> <li>- 시멘트 사용량 감소로 직접적 탄소배출량 감소효과 기대</li> <li>- 초고층 빌딩의 핵심기술인 초고강도 콘크리트 기술 확보로 해외 초고층 시장에서의 경쟁력 향상 및 국가 이미지 제고</li> <li>- 국가 탄소배출량 저감, 탄소배출권의 경제적 환산가치와 함께 전략적 우위 선점 가능성 기대</li> </ul>

(3) 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발

○ 기술개발 전략

	과제명	기술개발 전략
2-3	내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고객욕구가 변하거나 대체품이 개발되면 한순간에 위가 오는 건설 완제품 중심에서 기술적 진입장벽의 구축이 용이한 Only One 재료 개발 및 설계기술 강화로 해외시장 진출을 위한 필수 역량 구축</li> <li>- 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 재료개발에 대한 국내최고 수준 중소 산업체(강재, 콘크리트 및 혼화재, 내화피복재등) 연계를 통한 산학연 체계구축</li> <li>- 개발된 재료의 현장적용을 위한 엔지니어링 설계기술 구축 및 현장시험시공을 위한 설계/건설사간의 연구참여로 계획/설계, 구조, 제작, 시공 등 통합기술 구축</li> </ul>

○ 기술개발 효과

	과제명	기술개발 효과
2-3	내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발	<p>기술적 기대효과 (정성적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 미래핵심기술 선점을 통한 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술의 세계적인 경쟁력 확보</li> <li>- 초고층 빌딩대응 Only One 재료 및 설계기술에 대한 업체발굴 및 육성을 통한 해외시장 진출 기반확보</li> <li>- 고부가 가치 재료 및 설계Eng/시공기술 개발을 통한 해외건설시장 진출 및 수주확대</li> <li>- 세계최고의 재료 및 설계Eng/시공기술 확보를 통하여 해외 신시장 발굴 및 일자리 창출</li> </ul> <p>경제적 기대효과(정량적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단면치수 및 재료물량 절감: 단면치수 20% 축소 및 (내화)재료물량 30%</li> <li>- 기존 대비 CO<sub>2</sub> 20% 이상 저감</li> </ul> <p>산업적·정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 시장진출에 따른 경제적 파급효과 : 1,760억원/년 국내 초고층 건축물 합성구조 시장 1,500억/년 건축용 내화강 직접 생산 200억원/년 (년간 2만톤) 폭렬저감 고강도 콘크리트 생산 10억원/년 (년간 10,000m<sup>3</sup>) 합성구조용 내화피복재 생산 50억원/년 (국내 내화피복시장의 10%차지)</li> <li>- 해외 시장진출에 따른 경제적 파급효과 : 3.4조원/년 해외 초고층 건축물 합성구조 시장 30,000억/년 건축용 내화강 직접 생산 4,000억원/년 (년간 40만톤) 폭렬저감 고강도 콘크리트 생산 50억원/년 (년간 50,000m<sup>3</sup>) 합성구조용 내화피복재 생산 100억원/년</li> </ul>

(4) 자동화 기반 고속시공 기술 개발

○ 기술개발 전략

	과제명	기술개발 전략
2-4	자동화 기반 고속시공 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1단계 연구 노하우를 바탕으로, 해외 진출형 고속시공 기술 개발 추진</li> <li>- 1단계 개발기술인 가변형 거푸집 기술과 자동인양플랫폼 기술 노하우를 기반으로, 2단계 연구개발 대상인 대형 거푸집인 트러스형 거푸집 공법의 생산성을 향상시키고 여기에 첨단 ICT 융합을 통해 거푸집 공법의 자동화를 실현함.</li> <li>- 1단계의 초고층용 양중장비의 원활한 운영을 위한 기반기술을 바탕으로, 2단계에서는 보다 근본적으로 양중장비의 양중효율을 향상시킬 수 있는 기술 및 무인운영기술을 개발함</li> </ul>

○ 기술개발 효과

	과제명	기술개발 효과
2-4	자동화 기반 고속시공 기술 개발	<p>기술적 기대효과 (정성적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ICT 융합형 대형 거푸집 공법 및 관리기술 개발을 통한 초고층 고속시공 실현</li> <li>- 자동화 기반 무인 상하 연계형 리프트 및 운영기술 개발을 통해 초고층 고속시공 지원</li> </ul> <p>경제적 기대효과(정량적)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 거푸집 공사가 통상 건축 공사비의 약 15%<sup>2)</sup>를 차지한다고 가정했을 때, 전 세계 거푸집 시장의 규모는 2015년 까지 약 1,650조원, 초고층 거푸집 시장의 규모는 약 84조원에 이를 것으로 전망됨</li> <li>- 이를 토대로 분석한 결과, 본 기술 개발을 통하여 해외 건설시장에서 점유율 10% 향상을 달성할 경우 약 1,200조원의 경제수익을 기대할 수 있음</li> <li>- 초고층 공사비에서 리프트가 차지하는 금액을 비중으로 계산하면 연간 약 4,600억의 시장이 형성될 사업분야임.<sup>3)</sup></li> <li>- 이를 토대로 분석한 결과, 본 기술 개발을 통해 해외 건설시장의 점유율 1% 향상을 달성할 경우 약 120조원의 경제수익을 기대할 수 있음</li> </ul> <p>산업적·정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ICT융합형 대형 거푸집 공법의 개발로 거푸집 공사의 작업인력 부족으로 인한 생산성 저하, 인건비 상승, 품질 저하 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대됨.</li> <li>- 초고층시장 수주 경쟁력 확보를 통한 일자리 창출, 부가가치 창출로 국가경쟁력을 높일 수 있음</li> <li>- 건설분야와 ICT 융합을 통한 건설 자동화·첨단화를 통한 최첨단 고속시공 기술 확보로 해외 초고층 건설시장 수주 경쟁력 확보</li> </ul>

2) 신윤석, 2006.

3) 한겨레 Economy21, 초고층 시장 분석, 2007.7

### 3절. 연구개발과제 구성

구분	과제명
<b>1세부 추진분야</b>	<b>초고층 설계 및 엔지니어링 기술 개발</b>
1-1	ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼 구축
1구성기술	초고층 및 대형건축물 골조/외피 최적 전산설계기술
2구성기술	골조 및 외피 상세 설계/시공 ICT 융합기술도화
3구성기술	골조 및 외피 설계/시공에 특화된 BIM 도구 개발
1-2	다축모드 진동제어 장치 개발
1구성기술	다축/다중 모드 자동제어 프로그램화 기술
2구성기술	다축/다중 모드 제어장치 제작기술
3구성기술	첨단 센싱 기술을 통한 다축/다중 모드 식별기술
1-3	광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발
1구성기술	광가이드 설계기술 개발
2구성기술	설계기술 적용 제품 개발
1-4	ICT 융합 통합 유지관리 플랫폼
1구성기술	IBS, BEMS, FMS, BIM 시스템 연동, 통합 유지관리플랫폼 개발
2구성기술	에너지 관리 솔루션 개발
3구성기술	BIM 기반의 통합유지관리 플랫폼 개발
4구성기술	클라우드 기반의 유지관리 기술 연계
<b>2세부 추진분야</b>	<b>초고성능 재료 및 시공기술 개발</b>
2-1	초고강도 강재 및 이용기술 개발
1구성기술	건축구조용 1,000MPa급 강재 개발
2구성기술	건축구조용 초고강도 부재 제품화 기술 개발
3구성기술	초고강도 접합부품(F15T볼트) 및 접합구조 개발
4구성기술	무손상 초고층 구조시스템 개발
2-2	초고강도 프리캐스트 콘크리트 개발
1구성기술	200MPa 초고강도 콘크리트기술의 글로벌 실용화
2구성기술	300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발
2-3	내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발
1구성기술	500MPa급 건축용내화강 개발 및 합성구조 기술
2구성기술	폭렬저감 150MPa CFT용 콘크리트 기술
3구성기술	합성구조용 내화피복재 개발 및 실용화 기술
2-4	자동화 시공 기술
1구성기술	대형 테이블폼의 ICT융합형 설치 및 해체 자동화 기술
2구성기술	대형 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술
3구성기술	BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획
4구성기술	상하 연계형 리프트 기술
5구성기술	자동화 기반 상하 연계형 리프트 무인 운영기술

가. 초고층 설계 및 엔지니어링 기술 개발(1세부)

	과제명	주요내용	최종성과물
1-1	ICT 융합 설계 기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 핵심요소 기본설계를 위한 지능형 스마트 설계기술 개발</li> <li>○ 초고층 건축물 구조시스템, 커튼월, 가설 (거푸집 포함), 바닥시스템, 초고층 설비시스템, 상세설계, 물량산출, 도면 작성, 제작정보 생성, 시공관리 등 제반 업무를 3D BIM 환경에서 통합 수행할 수 있는 플랫폼 구축</li> <li>○ 통합 엔지니어링 플랫폼 및 글로벌 수준의 설계/엔지니어링 조직</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 등 대규모건축물 지능형 설계/엔지니어링 시스템</li> <li>- 혁신적 생산성 향상을 실현하는 분야별 상세설계 시스템</li> <li>- 이상의 설계/엔지니어링 전 과정 지원하는 통합 플랫폼</li> </ul>
1-2	다축 모드 진동 제어 장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다축/다중 모드 자동제어 프로그램화 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선형/비선형 등 제어알고리즘의 다양화</li> <li>- 생애 주기별 구조물특성 변화를 고려한 적응제어 방식의 도입</li> <li>- 스트로크/질량 최소화 알고리즘 개선</li> </ul> </li> <li>○ 다축/다중 풍하중 추정기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 풍동실험결과와의 비교를 통한 다축/다중 모드 풍하중 추정기술의 성능 검증</li> <li>- 풍하중 추정기술의 고도화로 통합엔지니어링 플랫폼을 활용한 설계기술 지원</li> </ul> </li> <li>○ 첨단 센싱 기술을 통한 다축/다중 모드 식별 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상시미진동/극한진동 등 다축/다중 거동특성의 응답의존성(Amplitude dependency) 평가기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	<p>다축모드 제진장치 시제품 2건                      현장적용 2건                      지적재산권 3건                      학술논문 30편                      프로그램 12건</p>
1-3	광 가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 발광부와 현광부를 분리하는 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 빛을 만드는 발광부와 공간으로 빛을 내보내는현광부를 분리</li> <li>- 하나의 LED광원으로 여러 곳에 빛을 보내는 기술</li> </ul> </li> <li>○ LED-Fiber 와 LED-Tile 의 결합                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- LED -Tile 과의 결합으로 기존 형광등 기구를 대체</li> <li>- 조명관리시스템과의 연동</li> </ul> </li> </ul>	<p>LED Tile 시제품                      LED Fiber 시제품                      LEDTile-Fiber 결합                      현장시험 1건                      현장적용 1 건                      지적재산권 2 건                      기술실시계약 1건                      학술논문 10 편</p>
1-4	지능형 유지관리 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 복합빌딩의 다양한 시스템(IBS, BEMS, FMS, BIM)을 연동을 통한 통합 유지관리 플랫폼 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 타 시스템 연동 및 통합 기술 개발</li> <li>- BIM 기반의 시설관리 솔루션 고도화</li> </ul> </li> <li>○ 초고층 복합빌딩 에너지 관리 솔루션 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 분석 기법 적용 기술</li> <li>- 초고층 복합빌딩에 특화된 에너지 관리 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ BIM 기반의 통합유지관리 플랫폼 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM 기반의 시각적 관리 기술 고도화</li> <li>- BIM 정보의 유지관리 활용 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 클라우드 기반의 유지관리 기술 연계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 클라우드 기술의 연계 적용 개발</li> <li>- 모바일 기반의 유지관리 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	<p>통합유지관리 플랫폼                      에너지관리 솔루션                      BIM 기반 통합유지관리                      군관리 기반 원격관제                      기술 개발                      클라우드 기반 유지관리                      기술 연계</p> <p>현장시험 1 건                      현장적용 2 건                      지적재산권 5 건                      기술실시계약 2 건</p>

나. 초고성능 재료 및 시공 기술 개발

	과제명	주요내용	최종성과물
2-1	초 고 강 도 1000MPa 강재 및 이 용기 술 개 발	초고층 건축구조용 1,000MPa급 강재 개발 - 초고성능 강재 요구Spec도출, - 생산단계 시제품 설계 및 생산 - 제조기준 정립에 따른 양산품 생산 - 소재의 기계적 화학적 성능평가 - KS표준, KBC설계기준 및 표준시방서 제개정 건축구조용 초고강도 부재 제품화 기술 - 각형 및 원형 부재 용접부 요구Spec도출 - 용접 및 가공 제작성 평가 - 부재의 휨, 압축, 편심압축 성능 평가 - 부재간 접합부 변형능력 평가 고강도 접합부품 및 접합구조 개발 - 접합부품용 F15T 볼트소재 개발 - 지연파괴 특성 파악 및 제조성 평가 - 사용조건에 따른 부재의 마찰영향 평가 무손상 초고층 구조시스템 개발 - 초고강도 소재적용 고내구형 구조형식 개발 - 비예측하중 대응 설계법 개발 - 골조의 구조특성 평가	1000MPa건축용 고성능 강재 초고강도(800,1000급) 강관/각관 제품 초고강도강재 접합용 부품 초고강도강재이용 설계 및 시공기술  현장적용 2 건 기준/정책반영 2건 지적재산권 8 건 학술논문 12 편
2-2	300MPa 프리 캐 스투 콘 크 리 트 개 발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 200MPa 초고강도 콘크리트기술의 글로벌 실용화</li> <li>- 초고강도 콘크리트의 구조설계관련 선행연구 조사 및 분석</li> <li>- 200MPa 콘크리트의 구조설계기준초안 작성</li> <li>- 200MPa 콘크리트의 구조설계기준State of the art 작성</li> <li>○ 300MPa 프리캐스트 콘크리트 개발</li> <li>- Precast concrete의 현황 분석, 배합재료 선정 및 프로세스 개발</li> <li>- 점성 저감기술 개발</li> <li>- 양생기법 개발</li> <li>- BP 생산기술</li> <li>- 내화성능 향상기술 및 - 구조성능 평가</li> <li>- TEST BED를 통한 현장적용성 평가</li> </ul>	초고강도콘크리트의 구조 및 설계 지침 300MPa 프리캐스트 콘크리트생산기술 초고강도 프리캐스트 양생기술 현장시험 5건 현장적용 2건 지적재산권 5건 학술논문 10편
2-3	내 화 성 능 형 강 - 콘 크 리 트 합 성 구 조 기 술 개 발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인장강도 500MPa급 건축용 내화강 개발 및 실용화</li> <li>- 600℃이상 고온항복내력 발휘 건축용 강재 개발/실용화 기술</li> <li>○ 폭렬저감 150MPa CFT용 콘크리트 제조기술 및 실용화</li> <li>- 폭렬저감용 결합재/섬유재 성능향상 기술</li> <li>- 150MPa CFT용 고성능 콘크리트의 배합 및 제조 기술</li> <li>○ 내화 4시간용 합성구조 조합 내화피복재 개발 및 실용화</li> <li>- 내화 4시간용 내화피복재 개발</li> <li>- 합성구조와 피복재간의 조합기술</li> </ul>	500MPa급 건축용 내화강 생산기술 150MPa 폭렬저감형 CFT용 고성능 콘크리트 제조기술 내화 4시간 합성구조 저합 내화피복재 제조 기술  시제품 4건 현장적용 2건 지적재산권 13건 학술논문 10편 기술실시계약 1건

	과제명	주요내용	최종성과물
2-4	자동화 기반 고속 공 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대형 테이블폼의 ICT 융합형 설치 및 해체 자동화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서 기반 거푸집 높이 제어 시스템</li> <li>- 거푸집 자동 탈형 관리 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 대형 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형 테이블폼의 이동 자동화 기술</li> <li>- 대형 테이블폼의 양중 자동화 기술</li> </ul> </li> <li>○ BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적 거푸집공사 최적 zoning 알고리즘 개발</li> <li>- BIM 구현을 통한 최적 거푸집공사 최적 zoning 계획 시각화 기술</li> </ul> </li> <li>○ 상하 연계형 리프트 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이지 연결 시스템</li> <li>- 케이지 위치제어 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 자동화 기반 상하 연계형 리프트 무인 운영기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상하 연계형 리프트 양중계획 및 관리모델</li> <li>- 양중계획 기반 무인운영 기술</li> </ul> </li> </ul>	<p>대형 테이블폼의 자동화 설치 및 해체가 가능한 ICT 융합형 기술 (시제품 등)</p> <p>대형 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술 (시제품 등)</p> <p>케이지 연결시스템(시제품 등)</p> <p>케이지 위치제어 시스템(시제품 등)</p> <p>무인운영장비(시제품 등)</p> <p>BIM을 활용한 거푸집 최적 zoning 계획(S/W 등)</p> <p>양중계획 및 관리모델 (S/W 등)</p> <p>현장적용 5건</p> <p>지식재산권 10건</p> <p>학술논문 12건</p> <p>기술실시계약 1건</p>

## 4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

가. 1세부 : 초고층 설계 및 엔지니어링 기술 개발

(1) ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축

1-1세부	ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축		
연차별 목표 및 연구 내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	비정형 초고층건물 외피/골조 설계 요구 조건 분석	비정형 초고층건물의 골조와 외피의 상세설계, 실시설계, 물량산출, 도면 작성, 제작정보 생성, 시공관리 등의 현업 요구 조건 분석 골조 및 외피에 특화된 BIM 도구 요구 조건 분석
	2차년도	시스템 알고리즘 개발	골조/외피 최적 전산설계 기술 고도화 골조 상세설계 알고리즘 개발 외피 상세설계 알고리즘 개발 골조/외피 ICT 융합 요소기술 고도화
	3차년도	시스템 개발 및 현업 적용	골조/외피 상세설계 및 시공에 특화된 BIM 도구 개발 배근상세설계 요소모듈 개발 도면작성 요소모듈 개발 제작정보 생성 요소모듈 개발 물량산출 및 시공관리 요소모듈 개발
	4차년도	시스템 검증 및 타당성 검토	통합 엔지니어링 플랫폼 성능 개선 파일럿 프로젝트 수행 현업 적용 가능성 및 기능 검증
	5차년도	시스템 성과 확산 및 DB 구축	통합 엔지니어링 플랫폼 안정화 통합 엔지니어링 플랫폼 브랜드화 파일럿 프로젝트 수행 확대
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지능형 설계/ENG과 스마트 건설 프로세스 개발을 위한 기반 기술 및 환경 구축</li> <li>▪ 설계/ENG 기술차별화를 위한 ICT융합 기반기술/환경 구축</li> <li>▪ 건설 프로세스 혁신을 위한 스마트 기반기술 및 환경 구축</li> <li>▪ 대상 업종에 전문화된 3D 저작도구 개발 기반기술 구축</li> <li>▪ 보편적 전문 건설기술(10종 20개사) 선정 및 혁신</li> <li>▪ 건설비용의 20~40% 차지하는 골조 대상으로 3차원 저작도구 개발</li> <li>▪ 차별화된 설계/엔지니어링, 상세도면 및 제작정보 생성을 위한 지능형 설계 기술 개발</li> <li>▪ 설계/ENG 기술과 자재가 복합적으로 구성되는 외피 분야의 3차원 저작도구와 설계/ENG, 상세도면·제작정보 생성을 위한 지능형 설계 기술</li> </ul>		

(2) 다축모드 진동제어 장치 개발

1-2세세부	다축모드 진동제어 장치 개발		
연차별 목표 및 연구 내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	다축모드제진장치 1차 시제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 300kg급 2축모드 제진장치 1차 시제품 개발 및 실물구조물 성능실험 수행</li> <li>▪ 다축/다중 모드 건축물 현장 모니터링 및 DB구축</li> </ul>
	2차년도	다축/다중 모드 제진장치 알고리즘 고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 선형/비선형 등 제어알고리즘의 다양화, 다중 모드 동시제어를 통한 고차모드 영향의 정량화, 필터설계 및 응답 위상평가</li> <li>▪ 다축/다중 모드 풍하중 추정 알고리즘 개발</li> <li>▪ 다축/다중 모드 식별 알고리즘 개발</li> </ul>
	3차년도	다축모드 제진장치 2차 시제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 생애 주기별 구조물특성 변화를 고려한 적응 제어 방식의 도입, 스트로크/질량 최소화를 위한 알고리즘 개선</li> <li>▪ 다축/다중 모드 풍하중 추정기술 프로그래밍화 및 풍동실험결과와의 비교를 통한 다축/다중 모드 풍하중 추정기술의 성능 검증</li> <li>▪ 다축/다중 모드 식별 알고리즘 프로그래밍화</li> </ul>
	4차년도	현장적용 및 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 다축모드 제진장치 현장적용 및 모니터링</li> <li>▪ 다축/다중 모드 식별 알고리즘 현장적용</li> <li>▪ 풍하중 추정기술의 고도화로 통합엔지니어링 플랫폼을 활용한 설계기술 지원</li> </ul>
5차년도	제진장치-통합엔지니어링 플랫폼 설계 패키지	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 다축모드 제진장치 현장적용 및 모니터링 (4차년도 계속)</li> <li>▪ 제진장치-통합엔지니어링 플랫폼 설계 패키지 출시</li> </ul>	
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1단계 연구를 통해 개발된 수직/수평 동시제어용 제진장치의 성능 확장 - 선형/비선형 등 제어알고리즘의 다양화, 생애 주기별 구조물특성 변화를 고려한 적응제어 방식의 도입, 스트로크/질량 최소화를 위한 알고리즘 개선</li> <li>▪ 실물크기 구조물에 대한 실험을 통한 다축모드 제어장치 성능검증</li> <li>▪ 풍동실험결과와의 비교를 통한 다축/다중 모드 풍하중 추정기술의 성능 검증</li> <li>▪ 상시미진동/극한진동 등 다축/다중 거동특성의 응답의존성(Amplitude dependency) 평가기술 개발</li> </ul>		

(3) 광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발

1-3세세부	광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발		
연차별 목표 및 연구 내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	LED Tile 시작품 개발	두께 5mm 이하, 밝기 3,500lm 이상, 효율 90lm/W 이상의 LED Tile 개발 LED Tile 성능실험
	2차년도	발광부와 현광부 분리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 빛을 만드는 발광부(light generating part)와 공간으로 빛을 내보내는 현광부(light presentation &amp; fixture)를 분리</li> <li>▪ 빛을 가이드하는 광섬유 개발</li> <li>▪ 광섬유와 연결하는 발광부 개발</li> <li>▪ LED Fiber 시작품 제작</li> </ul>
	3차년도	스마트 LED 조명개발	LED Fiber 와 LED-Tile 결합된 스마트 LED 조명 개발 스마트 LED 용 조명관리시스템 개발 조명관리시스템과의 연동수행
	4차년도	현장적용 및 모니터링	스마트LED조명 현장적용 및 모니터링 개발제품 현장반응 조사 및 분석 성능개선 방안 도출
	5차년도	성능개선 및 제품화	4차년도를 통해 발견된 문제점 개선 상용화 제품 출시
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1단계 연구를 통해 개발된 초박형 LED면광원 성능개선 LED Tile 로 정의한 규격화된 면조명으로 원하는 크기와 형태의 조명설계방식 개발</li> <li>발광부와 현광부를 분리하여 하나의 LED광원으로 여러 곳을 밝히는 기술개발</li> <li>조명설비 전체의 수명과 효율을 향상시키며, 조명이 필요한 곳에 전기를 공급하지 않아도 될 수 있도록 구현함</li> </ul>		

(4) 지능형 유지관리 플랫폼

1-4세세부	지능형 유지관리 플랫폼		
연차별 목표 및 연구 내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	초고층 통합유지관리 요구조건 분석	운영관리 중심의 단위 시스템 연동 효율 분석 기존 유지관리시스템의 문제점 도출 유지관리에 특화된 BIM 정보 요구 조건 분석
	2차년도	시스템 구축 아키텍처 설계	단위 시스템 연계를 위한 아키텍처 설계 BIM 유지관리 연동 알고리즘 개발 에너지관리 분석 알고리즘 개발 군관리 기반 원격관제 기술 설계 클라우드 기술 분석 및 연계기술 개발
	3차년도	시스템 개발 및 현업 적용	타 시스템 연동 API 구현 에너지 관리 분석 기법 적용 개발 BIM 연동 유지관리 기술 개발 군관리 기반 원격관제 기술 개발 클라우드 기술 기반 유지관리 기술 개발
	4차년도	시스템 검증 및 타당성 검토	통합 유지관리 플랫폼 성능 개선 파일럿 프로젝트 수행 현업 적용 가능성 및 기능 검증
	5차년도	시스템 성과 확산 및 안정화	통합 유지관리 플랫폼 안정화 통합 유지관리 플랫폼 브랜드화 파일럿 프로젝트 수행 확대
추진전략	<p>지능형 유지관리를 플랫폼을 기반으로 한 단위 시스템의 통합기술 개발          기존 기술 보유 업체 및 기관과의 협력을 통한 기술의 고도화          파일럿 프로젝트 수행을 통한 솔루션 검증 및 고도화          단일 건물 기반이 아닌 여러 유형의 다양한 시설물을 통합 유지관리 할 수 있는          솔루션 개발          건물 내외부 정보연계 및 인터페이스에 대한 표준화 방안 연구</p>		

나. 2세부 : 초고성능 재료 및 시공 기술 개발

(1) 초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발

2-1세세부	초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발		
연차별 목표 및 연구 내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	건축용1000MPa급 강재 개발방향 도출 및 시제품 평가	건축용 1000MPa강재 요구스펙 도출 초고강도 강재 시제품 성능평가 접합소재 적용성 평가
	2차년도	건축용 1000MPa 강재 개발 및 소재성능평가	건축용 1000MPa강재 양산품 개발 기계적/화학적 특성 평가 고강도강 가공성 및 용접시공성 평가 접합부품 초고강도강 적용성 평가
	3차년도	초고강도 부재 및 접합소재 제품화 및 구조성능 평가	초고강도 강관/각관 제품화 방향 수립 강관/각관 제작성 평가 부재 휨/압축 성능 평가 부재간 접합부 성능 평가 접합부품 (F15T) 개발 및 성능평가
	4차년도	시험시공 및 설계시공 지침 작성	초고강도 강재제품/접합부품 Mock-up 시공 및 성능평가 현장 적용성 경제성 평가 초고강도 강재 설계 및 시공지침 개발
	5차년도	현장적용 및 적용기술 모니터링	Pilot Project 발굴 및 대안설계 초고강도 강재제품/접합부품 현장시공 및 제작 및 시공 모니터링
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축물의 초고층화/대형화에 따른 주요 건설구조용 재료인 강재의 초고강도화, 고내구성화를 통하여 20%이상의 CO2를 저감함과 동시에 시공품질과 원가절감이 가능하도록 함</li> <li>초고강도 신강종과 접합 소재 개발, 신강종을 이용한 제품화, 제품화된 부재의 설계기술, 시공기술에 이르는 계열화된 기술개발을 통하여 관련 중소기업과 연계된 기술개발 추진</li> </ul>		

(2) 300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발

2-2세세부	300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발		
연차별 목표 및 연구 내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	초고강도 콘크리트의 구조설계관련 선행연구 조사/분석 Precast concrete의 현황 분석, 배합재료 선정 및 프로세스 개발	캐나다 구조설계기준 및 초고강도 콘크리트의 구조설계 관련 선행 연구 및 기술분석 산학협력을 통한 설계기준 개정방안 수립 국내외 연구기관등과의 네트워크 구축을 통한 고강도 프리캐스트 콘크리트 기술분석 선행기술 분석 및 개발대상목표성능 도출
	2차년도	200MPa콘크리트의 구조설계기준 작성 300MPa프리캐스트 콘크리트의 점성 저감기술 개발	200MPa 초고강도 콘크리트의 글로벌 실용화를 위한 구조설계 기준의 State of the art 작성 300MPa Precast concrete 개발
	3차년도	200MPa콘크리트의 구조설계기준 작성 300MPa프리캐스트 콘크리트의양생기법, BP 생산기술, 내화성능 향상기술	200MPa 초고강도 콘크리트의 글로벌 실용화를 위한 구조설계 기준의 State of the art 작성 300MPa Precast concrete의 양생기법 개발 안정적인 300MPa Precast concrete 생산을 위한 Batch Plant 생산기술 개발 300MPa Precast concrete의 내화성능 확보
	4차년도	200MPa콘크리트의 구조설계기준 초안 작성 초고강도프리캐스트 콘크리트의 구조성능 평가	200MPa 초고강도 콘크리트의 글로벌 실용화를 위한 구조설계 기준의 State of the art 작성 300MPa Precast concrete의 동적, 정적성능 평가
5차년도	200MPa콘크리트의 구조설계기준 작성 300MPa프리캐스트 콘크리트의 TEST BED 현장적용성 평가	초고강도 콘크리트의 지침을 통해 설계기준개정의 State of the art 제시 200MPa 초고강도 콘크리트의 설계반영을 통한 실제 현장의 대안설계 추진 300MPa 초고강도 콘크리트의 현장 시험을 통한 적용성 평가	
추진전략	국내외 선행연구의 조사 및 분석 1단계 200MPa 초고강도 콘크리트의 글로벌 실용화를 위하여 산학연 협력을 통해 구조설계기준 초안 및 State of the art 작성 선행연구와의 연계성을 통해, 300MPa 프리캐스트 콘크리트의 조기개발을 통하여 현장 적용성 확보 지속적인 기술홍보를 통하여 초고층 구조물의 핵심기술 적용 확대		

(3)내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발

2-3세세부	내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발		
연차별 목표 및 연구 내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	내화성능형 합성구조 기술현황 분석 및 기술개발	국내외 초고층 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술동향 분석 합성구조 내화성능 문제점 도출 내화강/콘크리트/내화피복재 등 기술개발 수준 정립
	2차년도	내화성능형 소재 시제품 생산 및 성능평가	인장강도 500MPa급 건축용 내화강 시제품 생산 및 소재 성능평가 150MPa 폭렬저감 콘크리트 배합설계 및 물성평가 내화 4시간 내화피복재 시제품 생산 및 소재 고온특성 평가
	3차년도	내화성능형 소재 양산품 생산 및 합성구조 적합성평가	인장강도 500MPa급 건축용 내화강 양산품 소재/용접 및 부재성능평가 150MPa 폭렬저감 콘크리트 B/P 생산 촉진 및 CFT 부재성능평가 내화 4시간 내화피복재 양산품 화재시 합성부재 내화성능평가 및 내화인증
	4차년도	시험시공 및 제조/설계지침 작성	인장강도 500MPa급 건축용 내화강/150MPa 폭렬저감 콘크리트/내화피복재를 이용한 합성기둥/보 개발 및 성능평가 개발 합성부재의 제조/설계지침 작성 및 시험시공
5차년도	현장적용평가 및 시공모니터링	인장강도 500MPa급 건축용 내화강 현장적용평가 및 제작 모니터링 150MPa 폭렬저감 콘크리트 현장적용 및 시공모니터링(거동계측) 내화 4시간 내화피복재 현장적용성 평가 (시공품질관리)	
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 고객욕구가 변하거나 대체품이 개발되면 한순간에 위가 오는 건설 완제품 중심에서 기술적 진입장벽의 구축이 용이한 Only One 재료 개발 및 설계기술 강화로 해외시장 진출을 위한 필수 역량 구축</li> <li>▪ 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 재료개발에 대한 국내최고 수준 중소 산업체(강재, 콘크리트 및 혼화재, 내화피복재등) 연계를 통한 산학연 체계구축</li> <li>▪ 개발된 재료의 현장적용을 위한 엔지니어링 설계기술 구축 및 현장시험시공을 위한 설계/건설사간의 연구참여로 계획/설계, 구조, 제작, 시공 등 통합기술 구축</li> </ul>		

(4) 자동화 기반 고속시공 기술 개발

2-4세세부	자동화 기반 고속시공 기술 개발		
연차별 목표 및 연구 내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	대형 테이블폼 문제점 도출 및 자동화 기술 개발 방향 정립	대형화 테이블폼 문제점 도출 대형 테이블폼 자동화 기술 개발 방향 정립
		상하 연계형 양중기술 조사	상하 연계형 적용 타분야 사례 기술 조사 상하 연계형 리프트 적용 방안 도출
	2차년도	대형 테이블폼 자동화 기술 개념안 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대형 테이블폼의 ICT 융합형 설치 및 해체 자동화 기술 개념안 도출</li> <li>▪ 대형 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술 개념안 도출</li> </ul>
		상하 연계형 리프트 설계 및 자동화 기반 상하 연계형 무인운영기술 개념 도출	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 상하 연계형 리프트 사양 확정</li> <li>▪ 상하 연계형 리프트 설계</li> <li>▪ 자동화 기반 상하 연계형 무인운영기술 개념 도출</li> </ul>
	3차년도	대형 테이블폼 자동화 기술 시제품 개발 및 BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대형 테이블폼의 ICT 융합형 설치 및 해체 자동화 기술 시제품 개발</li> <li>▪ 대형 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술 시제품 개발</li> <li>▪ BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획</li> </ul>
		상하 연계형 양중장비 시제품 제작 및 무인운영 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 상하 연계형 리프트 요소기술 및 시제품 제작</li> <li>▪ 상하 연계형 시제품 테스트 및 성능검사</li> <li>▪ 무인운영 시스템 개발</li> </ul>
	4차년도	현장적용 및 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현장적용 및 모니터링</li> <li>▪ 시스템 평가</li> </ul>
	5차년도	기술보완 및 실용화	현장적용을 통해 도출된 문제점 분석 및 기술 보완
추진전략	<p>검증된 중소기업과 협력하여 현장밀착형 고속시공 기술 개발을 통한 해외시장 진출</p> <p>해외 초고층 건축물 구조 중 큰 비중을 갖는 플랫폼라브 구조를 기술 개발 대상으로 선정함으로써 해외시장 진출 가능성 확대</p> <p>시제품 테스트, 현장적용 등 결과를 피드백하면서 기술 완성도를 향상시켜 실용화 가능성 확대</p>		

## 5절. 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

가. 1세부: 초고층 설계 및 엔지니어링 기술개발



나. 2세부: 초고성능 재료 및 시공기술개발



나. 2세부 : 초고성능 재료 및 시공기술 개발(계속)



## 6절. 성과의 활용방안

가. 1세부 : 초고층 설계/엔지니어링 기술 개발

	과제명	최종성과물	수요처	활용방안
1-1	ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 등 대규모 건축물 지능형 설계/엔지니어링 시스템</li> <li>○ 혁신적 생산성 향상을 실현하는 분야별 상세설계 시스템</li> <li>○ 이상의 설계/엔지니어링 전 과정 지원하는 통합 플랫폼</li> <li>○ 학술논문 4건</li> <li>○ 소프트웨어 등록 2건</li> <li>○ 시제품 2건</li> <li>○ 현장적용 6건</li> <li>○ 기술실시계약 1건</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 구조설계사</li> <li>○ 건설사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 건축물의 성능과 경제성을 결정짓는 고난도 설계/Eng 분야의 독창적 최적전산기술 개발로 기술 신뢰성 및 기술 브랜드 창출</li> <li>▪ ICT융합을 통한 혁신적 생산성 향상으로 상세설계 등의 노동집약적 업무에서 저임금 장벽 극복</li> <li>▪ 현장지향적 3D 원천기술 확보를 통한 ICT융합 건설기술 선도</li> </ul>
1-2	다축모드 진동제어 장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다축모드 제진장치 시제품 2건</li> <li>○ 현장적용 2건</li> <li>○ 지적재산권 3건</li> <li>○ 학술논문 30편</li> <li>○ 프로그램 12건</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 구조설계사</li> <li>○ 풍진동제어 관련 엔지니어링 회사</li> </ul>	비정형 초고층 건축물 진동제어에 활용 비정형 초고층 건축물 초기설계 단계의 형상최적화에 활용
1-3	광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ LED-Tile 시제품</li> <li>○ LED-Fiber 시제품</li> <li>○ 지적재산권 2건 (국내특허 2건)</li> <li>○ 학술논문 2건</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축물</li> <li>○ 일반 건축물</li> </ul>	기존 형광등 조명 대체 고효율에너지 제품으로 활용
1-4	지능형 유지관리 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 통합 유지관리 플랫폼</li> <li>○ 에너지관리 솔루션</li> <li>○ BIM 기반 통합유지관리</li> <li>○ 군관리 기반 원격관제 기술 개발</li> <li>○ 클라우드 기반 유지관리 기술 연계</li> <li>○ 지적재산권 5건 (국제특허 1건, 국내특허 2건, 소프트웨어등록2건)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건물주</li> <li>○ 설계/시공사</li> <li>○ 공공기관</li> </ul>	초고층 건물의 유지관리 시스템에 활용 에너지 관리 분야에 활용 스마트그린빌딩 구축 분야에 활용

나. 2세부: 초고층 재료/시공 기술 개발

	과제명	최종성과물	수요처	활용방안
2-1	초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1000MPa건축용 고성능 강재</li> <li>○ 초고강도(800,1000급)강관/각관 제품</li> <li>○ 초고강도강재 접합용부품</li> <li>○ 초고강도강재이용 설계 및 시공기술</li> </ul> <p>현장적용 2건 기준/정책반영 2건 지적재산권 8 건 학술논문 10 편</p>	<p>철강사 강관사 철구조제작사 부품제조사 구조설계사 건설사</p>	<p>초고강도 강재 양산품 생산 고강도강 강관 및 각관 제품 생산 강구조물 제작 및 설치 접합부품 생산 및 판매 건축프로젝트 최적화 설계 및 VE 현장시공시 부재 경량화로 시공성 향상 및 공기단축</p>
2-2	300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고강도 콘크리트의구조 및 설계 지침</li> <li>○ 300MPa 프리캐스트</li> <li>○ 콘크리트 생산기술</li> <li>○ 콘크리트 생산기술 프리캐스트양생기술</li> </ul> <p>현장시험 5건 현장적용 2건 지적재산권 10건 (국제 5건,국내 5건) 학술논문 10건</p>	<p>시공사 구조설계사</p>	<p>초고층 건축물의 수직부재 설계시 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 고내구성이 요구되는 SOC 구조물</li> <li>▪ 300MPa 초고강도 프리캐스트 콘크리트 개발을 통하여 초고층이외 적용분야 확대를 통하여 초고강도 콘크리트의 완전실용화 실현</li> </ul>
2-3	내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 500MPa급 건축용 내화강 생산기술(시제품)</li> <li>○ 150MPa 폭렬저감형 CFT용 고성능 콘크리트 제조기술(시제품)</li> <li>○ 내화 4시간 합성구조 저합 내화피복재 제조기술(시제품)</li> </ul> <p>현장적용 3 건 지적재산권 7 건 학술논문 10 편</p>	<p>건축/구조설계사 건설 시공사 건설재료제조사</p>	<p>국내 초고층빌딩 (인천 청라, 부산 롯데타운 등)에 개발기술 및 제품활용 중동/동남아시아 등 해외 초고층빌딩 수주 지원</p>

	과제명	최종성과물	수요처	활용방안
2-4	자동화 기반 고속시공 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대형 테이블폼의 ICT융합형 설치 및 해체 자동화 기술(시제품 등)</li> <li>○ 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술(시제품 등)</li> <li>○ 케이지 연결 시스템(시제품 등)</li> <li>○ 케이지 위치제어 시스템(시제품 등)</li> <li>○ 무인운영 장비(시제품 등)</li> <li>○ 양중계획 및 관리모델(S/W 등)</li> <li>○ BIM을 활용한 거푸집 최적 zoning 계획(S/W 등)</li> </ul> <p>현장적용 5건 지식재산권 10건 학술논문 12건 기술실시계약 1건</p>	골조업체 (거푸집 제작, 임대업체) 가설업체 리프트 제작, 임대업체 시공사	<p>국산 초고층 빌딩 시공기술 고도화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 건설분야와 ICT 융합을 통한 건설 자동화·첨단화를 통한 최첨단 고속시공 기술 확보로 해외 초고층 건설시장 수주 경쟁력 확보</li> </ul> <p>근본적인 양중효율 증대 및 무인운영 기술의 국산화를 통해 중소기업 및 대기업의 해외 시장 진출역량 확보</p>

## 4장. 사전타당성 검토

### 1절. 정책적 타당성

#### 1. 국내정책동향

##### 가. 초고층 관련 법·제도

- (피난안전구역 설치기준) 건축법시행령에서 초고층 빌딩 건축시 ‘30층 이내마다 피난안전구역(피난층)’ 등을 설치하도록 규정하였고, 피난 및 방화구조 기준에 관한 규칙 ‘피난안전구역의 설치기준’에 대한 세부사항을 규정하고 있음 (‘10. 상반기)
  - 피난안전구역 설치기준에서 연기제어 방안, 피난확보 방안, 구획화재 연소확대 방지방안 등에 대한 세부적인 기술 보완이 필요함
- (초고층 특별법) 초고층 및 지하연계 복합건축물과 그 주변의 재난관리를 위하여 재난의 예방·대비·대응 및 지원 등에 필요한 사항을 정하여 재난관리 체제를 구축함으로써 국민의 생명, 신체, 재산을 보호하고 공공의 안전에 이바지함을 목적으로 함 (‘12. 상반기)
- (한강변 관리방안 및 현안사업 가이드라인) 서울시는 도심, 부도심 및 도시기본계획에서 정한 지역은 50층 이상 초고층 건축물로 재건축하는 것을 허용하는 한강변 관리방향 및 현안사업 가이드라인 수립 (‘13. 상반기, 서울시)

##### 나. 건축 관련 법·제도

- (해외건설 촉진법) 해외건설업의 진흥과 국제수지의 향상에 이바지
  - 해외건설 현장훈련(OJT) 지원사업을 통한 중소·중견 건설업체 대상 약 400명의 신규 건설인력 선발 및 해외건설현장 파견 진행
  - 해외건설시장 동향을 조사·분석하고 정책개발과 제도개선을 지원하는 등 연구업무를 수행할 ‘해외건설정책지원센터’ 출범 예정
- (엔지니어링산업 진흥법) 엔지니어링산업의 기반을 조성하고 경쟁력을 강화함으로써 관련 산업 간의 균형발전을 도모하고, 창의적 지식기반사회의 실현과 국민경제의 발전에 이바지
  - 엔지니어링사업자 선정시 기술경쟁, 품질을 중시하는 방향으로 발주제도를 선진화하고자 발주절차, 평가기준, 계약조건, 사업대가, 이행관리 등 발주 제도 전반에 개선책 마련
  - 엔지니어링산업 기술·시장·업체·인력 정보 등을 체계적으로 유지·관리하기 위해 엔지니어링산업 종합정보망 구축서비스 실시(‘12. 상반기)

- (저탄소 녹색성장 기본법) 경제와 환경의 조화로운 발전을 위하여 저탄소 녹색 성장에 필요한 기반을 조성하고 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장동력으로 활용함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 저탄소 사회 구현을 통하여 국민의 삶의 질을 높이고 국제사회에서 책임을 다하는 성숙한 선진 일류국가로 도약하는데 이바지함
  - 박근혜정부에서는 기후변화를 창조경제의 핵심분야중 하나로 설정해 에너지 관리시스템, 신재생에너지, 탄소 포집·저장 등 기후변화 대응을 위한 기술개발 투자 확대 및 관련 산업 발전, 시장 창출 가속화 명시

## 2. 국외정책동향

- 초고층 관련 법·제도
  - (미국) 특별용도지역제, 밀도보너스제도, 협정개발제, 연계개발제도로 초고층 건축을 계획적으로 유도하고 있으며, 특별구역인 Special District, Density Bonus, Negotiated Development, Linkage System을 도입하여 용적률 완화후 초고층 개발 유도
    - 초고층빌딩의 연쇄붕괴를 방지하기 위한 설계지침 마련
    - 초고층 개발을 위한 지역을 지정하여 높은 용적률의 차등 적용(시카고 FAR 제도)
  - (일본) 일본건설성(현 국토교통성) 지원으로 “하이퍼빌딩연구회”를 발족하고 도시재생특별조치법등을 통하여 공지와 녹지 확보를 위한 용적제 도입, 높이제한 철폐, 특정가구제도, 종합설계제도, 고도이용지구 등으로 인해 초고층 건립 유도
    - Master Plan에 의해 높이 1000m, 수명 1000년, 규모 1000ha를 목표로 교통시스템, 에너지시스템, 방재·안전시스템을 검토
  - (영국) 카나리워프 프로젝트를 진행하면서 초고층 건축을 허용하기 위한 관련 법령 개정
  - (중국 및 홍콩) 초고층빌딩을 지을 수 있는 지역 “경제자유구역”, 푸동의 “경제개발특구”등을 지정하는 Master Plan 운영
    - 초고층빌딩에 관한 별도의 방화규정 적용
  - (U.A.E.) 비정형 초고층빌딩의 적극적인 도입을 통해 세계적인 브랜드 도시로 급부상 (World-HUB Dubai 프로젝트 추진)
  - (말레이시아) 말레이시아 정부를 Kuala Lumpur로 이전하고 Vision 2020 프로젝트를 통한 말레이시아의 자긍심 고취
    - 정부관련 기관을 Petronas Twin Tower로 이전

### 3. 연구과제의 정책적 타당성

- 세계 각국은 국가 전략상품으로서 초고층 건축물의 중요성을 인식하고 정부차원의 집중적인 초기 투자를 통하여 초고층건설 핵심기술 개발과 이를 통한 세계 초고층 건축물 시장으로의 진출을 도모하고 있음
- 아랍에미리트(UAE)의 두바이 초고층빌딩과 말레이시아 쿠알라룸푸르의 페트로나스 타워는 적극적인 정부 지원의 좋은 사례로 들 수 있음
- 첨단 건설기술로서 구현되는 초고층 건축물은 지구 자원 보존과 쾌적한 인간 삶의 질(거주성)을 확보할 수 있는 방안으로써, 수평적으로 팽창하는 도시개념 (2차원 공간개념)에서 도시 상부공간을 고도로 이용한 수직도시 개념(3차원 공간개념)으로의 발상전환을 의미하며, 이는 대도시의 토지 이용을 고도화하고 고밀도 도시환경 문제를 해결하는 최선의 대안으로 여겨지고 있음
- 2007년 현시점에서 우리나라의 시공기술은 세계 3~5위권으로 알려져 있으나, 설계 및 엔지니어링 분야(특히 방재분야)에서는 상대적으로 취약한 것으로 여겨짐
- 따라서 미국, 일본 등과 같은 선진국이 세계 초고층 건축물의 설계 및 엔지니어링을 독점하고 있는 상황에서, 고부가가치인 초고층 건축 기술에 대한 국가적인 전략적 투자가 시급히 요구되고 있음
- 현재 국내에서 건설을 계획하고 있는 초고층 건축물은 100층~150층 규모이며, 이는 현재 전 세계에서 건설되고 있는 초고층 건축물과 비슷한 규모임. 미래 한국 건설 산업의 성장을 위해서는 1,000m급 이상 200층 규모의 초초고층건축물 개발을 위한 (정부, 민간)노력이 요구된다고 할 수 있음
- 특히, 미래의 초고층 건축물은 경제성, 시공성, 거주성 측면에서 지능형 첨단구조 시스템과 신소재가 복합된 형태가 될 것으로 예측되고 있어, 수평력에 저항하기 위한 특수 구조 및 해석 기술과 같은 기술적 부문 뿐 아니라 사회, 문화, 예술, 감성 부문들을 포함한 종합적인 연구개발이 요구되고 있음
- 현재까지 초고층 건축물과 관련된 연구들이 활발하게 진행되고 있으나, 이러한 연구들의 실질적인 성과를 만들어내기 위해서는 정부의 초고층 건축물 연구개발에 대한 종합적이고 체계적인 지원이 필요함

## 2절. 기술적 타당성

### 1. 기술수준 분석

□ 초고층 분야 기술수준 분석

- 초고층분야 최고 기술보유국은 미국으로 한국의 기술수준은 최고국 대비 71.4%, 기술격차 21년 (건기연 조사, '11)
  - 설계·엔지니어링 기술은 선진국과의 기술격차가 큰 분야로 응용기술뿐만 아니라 기초 원천기술을 확보할 수 있는 R&D 사업이 필요함
  - 재료 및 시공기술은 대상기술 중 가장 높은 기술수준을 보이는 것으로 평가되고 있으며, 세계 최고기술 확보를 위한 R&D 투자가 필요함
  - 유지관리 및 방재기술은 선진국 대비 기술격차가 큰 분야로 ICT, 센싱기술을 기반으로 한 기술개발이 필요함

[표 4-1] 소분류 단위 상대 기술수준 및 기술격차

중분류	소분류	분석결과		
		최고국	한국 기술수준/격차	국내 기술수준 분석
설계/엔지니어링 기술	초고층 구조시스템 전산설계 및 최적화	미국	69.4/13.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 파라메트릭 디자인을 적용할 수 있는 툴을 개발하여 초고층 구조물을 최적화 설계할 수 있는 SW를 개발하였음</li> <li>○ 시간의존적 부재거동특성 분석 및 예측기술에 대한 기술개발이 필요함</li> </ul>
	에너지저감 환경기술	독일	79.5/4.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 태양광, 풍력, 연료전지, 태양열, 지열 등 개별 요소기술은 확보하고 있으나 실제 초고층 건축물에 대한 시공경험은 갖추고 있지 않음</li> <li>○ 다양한 건축물(공공 건축물, 공동주택)에 적용을 위한 BIPV는 설계 및 시공방안의 연구가 진행 중이나 현재까지 초고층 건축물 적용을 위한 연구는 초보적임</li> </ul>
	풍진동 제어기술	일본 미국	70.0/3.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층빌딩 설계기술연구단 과제개발을 통해 1축 능동형 제진장치 개발</li> <li>○ 다축다중모드에 대한 진동제어를 위한 국내기술개발이 미흡함</li> <li>○ 다축 및 다중방향 제어에 필요한 제어알고리즘 개발이 미흡함</li> </ul>
재료 및 시공기술	초고강도 강재 및 이형기술	일본	76.0/12.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 건축구조용 강재의 경우 인장강도 600MPa급 강재 상용화('05)이후, 800MPa급 HSA800가 개발되어 규격화 및 설계기준에 반영되어 상용화함</li> <li>○ 800MPa강재의 적용확대를 위해서는 제작사의 제작 수준 및 대응 접합재료 등이 미흡한 상태임</li> </ul>

고강도 콘크리트	일본	85.0/12.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상온양생 200MPa급 고강도 콘크리트를 개발하여 내화성능 평가, 현장적용 등 Pilot Test를 완료함</li> <li>○ 고강도 콘크리트 구조설계기술에 대한 기술 개발이 필요함</li> </ul>
강-콘크리트 합성 구조 기술	일본	70.0/4.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인장강도 800MPa강재와 100MPa콘크리트 이용 강관콘크리트(CFT)구조 개발 및 현장적용</li> <li>○ 100MPa콘크리트 국내 BP 제조가능하며, 초고강도 CFT용 콘크리트 압송에 따른 콘크리트의 재료분리 및 유동성 확보기술 확보</li> <li>○ 내화 4시간이 필요한 초고층 빌딩에 2시간 내화도료 및 내화뿔칠방법으로 사양성능으로 내화구조를 구축하고 있어 내화성능에 따른 구조시스템을 구축하는 선진국 대비 경쟁력 열위에 있음</li> </ul>
자동화 기반 고속 시공 기술			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외에서는 인력절감을 위해 거푸집의 대형화 및 기계화 관련 높은 수준의 기술을 확보하고 있음</li> <li>○ 국내에서는 거푸집의 대형화 및 기계화와 더불어 한단계 더 나아가 최근 비정형화되고 있는 초고층 평면에 맞춰 변형이 가능한 가변형 테이블폼을 개발 하였음. 그러나 ICT를 융합한 거푸집 관리 및 거푸집의 설치·해체 자동화를 위한 기술개발은 미흡한 실정임</li> </ul>

## 2. R&D 중점추진분야 및 기술 격차 해소 방안

### 가. R&D 중점추진분야 및 미래 유망분야 도출

[표 4-2] R&D 중점추진 분야 및 미래 유망분야별 관련 내용

R&D 중점추진분야 및 미래 유망분야	관련 내용
ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설산업의 뿌리를 구성하는 전통적인 중소기업 전문업종 기술에, 세계적 초기 단계인 첨단 ICT융합기술을 개발하여, 혁신적인 생산성 향상을 통하여, 건설후발국의 저임금 장벽에 막혀있는 노동집약적 업역에서 글로벌 시장 경쟁력을 회복하고, 창의적 ICT융합 고급기술 선점을 통하여, 건설선진국이 장악하고 있는 기술집약적 고부가가치 기술 업역에서 글로벌 기술경쟁력 확보</li> </ul>
외피/구조체 자동제어 기술을 통한 에너지/구조성능 최적화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대형구조물 진동제어장치와 관련하여 산업계의 장치제작기술과 학계의 첨단연구가 결합되어 연구가 수행되어야 하나, 국내 관련 기업의 규모가 매우 영세하여 정부지원을 통한 연구과제 수행이 요구됨</li> <li>○ 대형구조물 설계/엔지니어링 시장에서의 진출을 위해 다음과 같은 기술개발이 요구됨               <ul style="list-style-type: none"> <li>(1)에너지/구조성능 개선을 위한 능동형 건물외피(Active Building Cladding) 설계기술 개발</li> <li>(2)지진과 바람응답 동시제어용 다축다중모드 진동제어장치 개발</li> <li>(3)생애주기형 건물 안전도/에너지 모니터링기술 개발</li> </ul> </li> </ul>
초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 거대도시화에 따른 초고층건축물의 건립에 있어서 구조재료의 고강도화는 한정된 자원, 장비 등으로 메가구조물의 시공이 가능하도록 하는 핵심기술임.</li> <li>○ 전 지구적인 지진 등 이상기후 증가에 따른 건축물의 안전성 향상 요구 증가</li> <li>○ 세계 초고층 복합빌딩 시장 진출과 해외PJ 수익성향상을 위해서는 특화된 소재를 기반으로한 기술역량보유가 필수적임</li> </ul>
300MPa 프리캐스트 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현재 80~90MPa 수준인 고강도 콘크리트 설계기준 개정을 통하여 80MPa 이상의 초고강도 설계적용을 통한 기둥단면적의 축소로 100MPa 이상의 실제적 VE 구현</li> <li>○ 300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트의 개발을 통하여 초고강도 콘크리트의 적용분야 확대</li> </ul>
내화성능형 합성구조 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 복합용도에 따른 다양한 구조성능에 대응하는 초고강도 강재와 콘크리트구조 혼용에 따른 복합구조 엔지니어링 기술 요구 증가</li> <li>○ 초고층 빌딩 화재에 대한 4시간 이상의 내화성능을 확보할 수 있는 화재안전성 향상 요구 증가</li> <li>○ 건설 완제품 중심에서 기술적 진입장벽의 구축이 용이한 Only One 재료기술 강화로 해외시장 진출을 위한 필수역량</li> </ul>
자동화 기반 고속시공 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설노동력의 지속적인 감소에 대응하기 위하여 인력중심 산업에서 장비중심 산업으로의 전환 필요성 대두</li> <li>○ 건설분야와 ICT 융합을 통한 건설 자동화·첨단화 고속시공 기술 확보로 해외 초고층 건설시장 수주 경쟁력 확보</li> </ul>
광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특화된 LED 조명시장의 개발로 신시장 개척</li> <li>○ 초박형 LED 조명은 건축물의 디자인 요소를 최대한 고려하여 조명을 제공할 수 있음</li> <li>○ 광가이드기술은 초박형 LED 조명을 핵심요소임</li> </ul>

나. 기술격차 해소방안

○ 건축분야 기술격차 해소를 위해서는 R&D 투자확대와 법제도 정비가 최우선 과제

설계 엔지니어링 기술	ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설 분야는 기계, 자동차, 조선, 전기전자 등 타 산업에 비하여 IT융합이 더디며, 최근 기존 2D CAD 기반에서 3D 기반으로 전환되기 시작하는 시점에서 향후 건설산업의 경쟁력을 좌우할 중요한 핵심기술로 인식됨</li> <li>○ 전문 업역 별로 전문화된 ICT융합 기술 및 도구 개발을 통한 시장 선점이 필요함</li> </ul>
	지진과 바람응답 동 시제어용 다축다중모 드 진동제어장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 진동제어장치와 관련한 국내 관련기업 규모가 영세하여 산업계의 장치제작기술과 학계의 첨단연구가 결합한 연구수행이 필요함</li> <li>○ 국내 능동형 제진장치에 대한 설계기준 등한 제정이 시급함</li> </ul>
	평가이드 기술을 적 용한 초박형 LED 조명	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이론적 고찰이 아닌 시작품 제작을 통한 연구경험이 필요</li> <li>○ 지속적인 제품 개발로 기술격차를 해소할 필요가 있음</li> </ul>
재료 및 시공기술	초고강도 1000MPa 강재 및 이용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1000MPa 초고강도 소재에 대한 고성능화를 통한 특화기술 개발 필요</li> <li>○ 초고강도 강 소재 개발 및 부가가치형 이용기술 개발을 접목하여 기술 격차 해소</li> <li>○ 중소제작사 및 부품사와 연계한 기술개발을 통해 제품화 및 상용화 소요 기간 단축</li> </ul>
	300MPa 프리캐스 트 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1km 이상의 극초고층 구조물을 시공하기 위해 초고강도 콘크리트는 필수 핵심기술로 초고강도 콘크리트에 대한 설계기준 개정이 시급함</li> <li>○ 초고층 분야와 건설기술의 전반적 기술향상을 위해 프리캐스트 초고강도 콘크리트의 개발 추진이 필요함</li> </ul>
	내화성능형 강관콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 빌딩시공에서 현장인력 절감 및 공기단축을 위한 요구증대에 따른 초고강도 강재와 콘크리트 간의 합성 접합개발에 대한 연구필요</li> <li>○ 초고층 내화성능을 고려한 초고강도 강관콘크리트 구조부재와 내화피복재간의 성능연계에 따른 연구필요</li> <li>○ 초고층 대응으로 개발한 초고강도 구조용 재료에 대한 내화성능 DB구축(열특성 및 고온 기계적 특성 등)이 필요</li> <li>○ 내화성능에 대한 국제표준의 인증 및 평가를 위한 제도정비 시급</li> </ul>
	자동화 기반 고속시공 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설노무자의 지속적인 감소 전망과 건설산업의 3D산업 이미지 제고 필요. 이에 따라 랜드마크적 역할을 하면서도, 인력중심 작업방식으로 진행되는 초고층빌딩 시공현장에 ICT 융합형 기계화, 자동화 시공기술 개발을 위한 다양한 연구 필요</li> <li>○ 초고층빌딩시공기술연구단의 1단계 과제성과물을 활용하여 보다 더 높은 수준의 시공기술 개발을 위한 지원 필요</li> <li>○ 건설기술의 첨단화/자동화를 활성화하기 위하여 입찰시 기술가산점 부여 등 법·제도적 정비 필요</li> </ul>

### 3. 연구현황 및 역량분석

#### □ 연구성과

##### (1) 주요 연구성과

○ 그간 주요성과는 논문, 특허 등 대부분에서 성과가 우수함, 특히 연구개발 성과물 실용화를 위한 노력으로 특허등록, 현장적용, 기술료 등이 계속해서 증가되고 있음

##### ○ 과학기술적 성과

구분		'09	'10	'11	'12	'13	계
논문게재 (편)	SCI	0	2	2	12	7	23
	비SCI	1	17	32	34	15	99
	계	1	19	34	46	22	122
특허 (건)	출원	3	22	24	35	8	92
	등록	0	5	4	16	14	39
	계	3	27	28	51	22	131
S/W 등록 (건)		0	0	6	8	2	16

##### ○ 경제적 성과

(단위 : 백만원)

구분	'09	'10	'11	'12	'13	계
현장적용을 통한 비용 절감	0	0	163	2,030	3,909	6,102
사업화	0	0	414	0	9,625	10,039

##### ○ 기술료 실적

(단위 : 건, 백만원)

구분	'09	'10	'11	'12	'13	계
계약건수	2	2	2	2	7	15
징수금액 (고정기술료 기준)	100	100	100	200	388	888

#연돌효과 개발사업실적을 반영함

##### ○ 정책적 성과













(단위 : 건)

구분	'09	'10	'11	'12	'13	계
설계기준/시방서/지침 제안·반영	0	0	1	2	8	11
정책 제안 및 반영 계	0	0	2	0	4	6
	0	0	3	2	12	17

○ 과제별 주요 추진성과

1. 과제명	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발									
중점기술분야	초고층빌딩 및 비정형 엔지니어링 기술									
<b>2. 과제 개요</b>										
기술소개	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건물골조의 상세설계정보를 3차원으로 표현하고 제한된 시간 안에 수천 개 이상의 설계대안을 창출하여 건물의 성능을 향상시키고 건설비용은 절감시킬 수 있는 최적의 설계를 가능케하는 전산설계기술</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">As-Is</th> <th style="text-align: center;">To-Be</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">노동집약적 시공 중심 건설산업</td> <td style="text-align: center;">ICT융합 설계/Eng 선도</td> </tr> </table>	As-Is	To-Be			노동집약적 시공 중심 건설산업	ICT융합 설계/Eng 선도		
As-Is	To-Be									
										
노동집약적 시공 중심 건설산업	ICT융합 설계/Eng 선도									
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비정형 초고층 파라메트릭 모델링 기술 및 모델러 개발</li> <li>○ genetic algorithm을 이용한 설계 대안 생성 기술</li> <li>○ SAP2000과 연동을 통한 구조해석, 단면고속설계, 건축물 성능 평가 기술</li> <li>○ Parallel Processing 기법에 의한 설계소요시간 단축 기술</li> <li>○ 골조상세설계를 포함한 정밀물량산출 및 경제성 비교 모듈</li> <li>○ 풍진동제어기술 등 핵심엔지니어링 기술을 융합한 비정형 통합설계 전산플랫폼 StrAuto 구축</li> </ul>									
최종성과물	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비정형 통합설계 전산플랫폼 StrAuto</li> <li>○ 골조상세설계, 정밀물량산출 및 경제성 분석 시스템 Rebar Hub</li> </ul>								
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 및 대규모건축물 설계/Eng 기술 경쟁력 향상을 통한 기술집약적 고부가가치 설계/Eng. 글로벌시장 진출</li> <li>○ 해외 지사 설립을 통한 글로벌 컨설팅 엔지니어링사 육성</li> </ul>								
현장적용 실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 러시아 모스크바시티가든 Plot 17-18 (지상 68층 2개동) 최적설계</li> <li>○ UAE 유나이티드타워(연면적 100,000㎡) 최적설계</li> <li>○ 말레이시아 Ma-Trade Exhibition Center (연면적 100,000㎡) 파라메트릭 모델링 및 최적화</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">모스크바시 티가든</th> <th style="text-align: center;">UAE U-Tower</th> <th style="text-align: center;">말레이시아 Ma-Trade</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> </table>	모스크바시 티가든	UAE U-Tower	말레이시아 Ma-Trade					
		모스크바시 티가든	UAE U-Tower	말레이시아 Ma-Trade						
										
		<p style="text-align: center;"><b>러시아 모스크바시티가든</b></p>	<p>기술적용시기 ('13.5~'13.12) 적용기술: StrAuto에 의한 골조최적화 비율절감효과 : 골조물량 8% 절감</p>							
<p style="text-align: center;"><b>UAE 유나이티드타워</b></p>	<p>기술적용시기 ('14.1~'현재) 적용기술: StrAuto에 의한 골조최적화 및 Rebar Hub에 의한 경제성분석 비율절감효과 : 골조물량 3% 이상 절감 목표</p>									
<p style="text-align: center;"><b>Ma-Trade</b></p>	<p>기술적용시기 ('12.12~'13.6) 적용기술: 파라메트릭 모델링 및 메인지붕 강골조 최적화 비율절감효과 : 강재물량 11.2% 절감</p>									
기대효과 및 경제적효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층, 대공간 건축물 등 기술집약적 고난도 설계/엔지니어링 분야 글로벌 경쟁력 향상</li> <li>○ 세계적 초기 단계인 ICT융합 설계기술 선도를 통한 기술 신뢰도 향상 및 브랜드 창출</li> <li>○ 기술집약적 고부가가치 설계/엔지니어링 글로벌 시장 확대</li> </ul>									

1. 과제명	풍진동제어기술 개발		
중점기술분야	초고층빌딩 및 비정형 엔지니어링 기술		
<b>2. 과제 개요</b>			
기술소개	<ul style="list-style-type: none"> <li>고층부 자연풍 모사를 기반으로 풍응답을 정밀예측하고 인간의 진동 인지레벨 이하로 응답을 저감함으로써 강풍시 진동으로부터 쾌적하고 안락한 주거성을 확보하는 기술로, 첨단기술이 접목된 보조감쇠장치인 제진장치를 활용하는 기법</li> </ul>	As-Is	To-Be
			
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내독자의 하이브리드 제진장치 설계 및 제작기술 개발</li> <li>초고층부 풍하중 DB구축 및 1km 초고층부 풍하중 예측기술 개발</li> <li>초고층 구조물 풍특성 DB구축 및 모니터링 기술 개발</li> </ul>		
최종성과물	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드 제진장치 설계/제작 기술</li> <li>풍진동 모니터링 시스템</li> <li>제진장치-구조물 통합설계모듈</li> </ul>	
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내/외 초고층 진동제어 프로젝트 수주</li> </ul>	
현장적용 실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>5층 테스트 타워</li> <li>테크노마트21 강변점 수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치 (서울시 광진구, 39F, 복합시설)</li> </ul>	5층 테스트 타워	테크노마트21
			
	<b>테크노마트21 강변점 수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치</b>	기술적용시기 ('12.07~'13.07) 적용기술: 수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치(수직:TMD, 수평:AMD)	
기대효과 및 경제적효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드 제진장치 설계/제작 기술 100% 국내 자립화</li> <li>초고층건축물의 경제적 설계를 위한 설계용 풍하중 산정 기술 개발</li> <li>수입 대체효과로서 풍진동 제진장치 설계비 10억/건 절감(제작비 별도)</li> <li>1-1세부 전산플랫폼과 융합하여 제진장치가 설치된 초고층복합빌딩의 최적대안을 통합 설계할 경우 구조물량을 최소화하여 기존 제진장치 대비 40% 이상 CO2 감소효과가 기대됨.</li> </ul>		




1. 과제명	초고층 오피스용 다기능 조립식 냉난방 패널 시스템 개발							
중점기술분야	초고층 오피스용 복사 냉난방 패널 시스템							
<b>2. 과제 개요</b>								
기술소개	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축물의 복사 냉난방을 위한 조립식 패널 시스템</li> <li>○ 천장 및 바닥에 설치되는 천장 걸이형 복사 패널 시스템과 바닥 지지형 복사 패널 시스템</li> <li>○ 복사 패널 시스템의 성능을 예측, 평가할 수 있는 성능 해석 툴 Dynamic RaPS-C and RaPS-F</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ceiling</td> <td style="width: 50%;">Floor</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>천장형 패널시스템</td> <td>바닥형 패널시스템</td> </tr> </table>	Ceiling	Floor			천장형 패널시스템	바닥형 패널시스템
Ceiling	Floor							
								
천장형 패널시스템	바닥형 패널시스템							
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 천장걸이형 복사 패널 시스템 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 천장 마감 일체형 알루미늄타입 냉난방 복사 패널 시스템</li> <li>· 냉/온수 메인 파이프, 패널과 패널의 연결을 플렉시블 호스를 이용한 원터치 접속을 구현</li> </ul> </li> <li>○ 바닥지지형 복사 패널 시스템 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 액세스 플로어 일체형 스틸타입 냉난방 복사 패널 시스템</li> <li>· 배관 지지 및 상부 표면으로 열을 균등하게 전달시킬 수 있는 열확산층을 구성하여 상부 공간으로의 열전달 성능 향상</li> </ul> </li> </ul>							
최종성과물	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 천장걸이형 및 바닥지지형 복사 패널 시스템</li> <li>○ 복사 패널 시스템 설계 및 제어 기술</li> </ul>						
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 복사 패널 시스템 적용을 통해 초고층 오피스 건물의 공조 시스템의 최소 설계 및 운전으로, 설비 용량 및 유지 비용 절감이 가능함</li> </ul>						
현장적용 실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대한건축학회 건축센터 (서울시, 5F, 업무시설, 근린생활시설)</li> <li>○ GS 그린텍 사옥 (서울시, 업무시설)</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">건축센터</td> <td style="width: 50%;">G 사옥</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	건축센터	G 사옥				
	건축센터	G 사옥						
								
대한건축학회 건축센터	기술적용시기 ('12.1~'14.1) 적용기술: 307.34 m <sup>2</sup> 업무 공간에 천장걸이형 복사 패널 시스템 설치 비용절감효과 : 에너지 절감 성능 모니터링 중							
GS 그린텍 사옥	기술적용시기 ('12.1~'14.1) 적용기술: 4층 업무 공간에 천장걸이형 복사 패널 시스템 설치 비용절감효과 : FCU 단독 운전 대비 약 17.8% 에너지 비용 절감							
기대효과 및 경제적효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존의 천장 마감 및 뜬바닥 구조를 동일하게 이용할 수 있으므로, 냉난방 기능이 추가되었음에도 기존의 마감과 형상 및 기능이 동일하여 건축적으로 거부감이 없음</li> <li>○ 기존의 마감과 형상 및 설치, 유지 보수 방법이 동일하여 시공성 용이</li> <li>○ 높은 온도의 냉수로 냉방/낮은 온도의 온수로 난방을 하므로 에너지 절감 가능</li> <li>○ 기존 천장 및 바닥 마감재에 실의 냉난방을 위한 냉/온수 수송 파이프를 일체화 하여 유지 보수가 용이함(유지 보수 비용 절감 가능)</li> </ul>							

1. 과제명	건축용 HSA800 강재개발 및 실용화												
중점기술분야	초고층빌딩 및 비정형 엔지니어링 기술												
<b>2. 과제 개요</b>													
기술소개	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고층 및 대공간 건축물의 국제적인 시공 기술 경쟁력 확보를 위한 건축구조용 고강도 강재 (HSA800) 및 실용화 기술 개발</li> <li>건축구조용 저항복비를 갖는 고성능 강재인 HSA800 강재를 적용하여 대형 건축물에 사용되는 메가부재크기를 줄임으로 기존 570급 강재 대비 시공성 20%향상 및 물량 30%절감</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">As-Is</td> <td style="width: 50%;">To-Be</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>570MPa강재 135톤</td> <td>800MPa강재 94톤</td> </tr> </table>		As-Is	To-Be			570MPa강재 135톤	800MPa강재 94톤				
As-Is	To-Be												
													
570MPa강재 135톤	800MPa강재 94톤												
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축용 고강도 800MPa 강재 요구성능 도출 및 시제품 개발</li> <li>건축용 고강도 저항복비 강재의 소재 및 부재성능 (압축재, 휨재, 접합부) 평가</li> <li>건축용 고강도 저항복비 강재 양산품 (HSA800) 생산 및 성능평가</li> <li>HSA800 강재의 KS규격 제정 및 구조설계기준 정비</li> <li>HSA800 강재 적용 강관/각관 부재 개발</li> <li>고강도 BH부재/강관 접합부 개발</li> </ul>												
최종성과물	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고층 건축물의 고강도 강재 시공성 향상 기술</li> <li>건축용 고강도 강재 법제화(KS, 설계기준, 특기시방서)를 통한 실용화 기반 구축</li> <li>고강도 강재 현장 실적용을 위한 메가부재 제작 기술</li> </ul>											
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술 실용화 경험을 바탕으로 국내 기업들에의 적극적인 기술이전 및 사업화 추진</li> <li>개발된 요소기술(소재, 부재제작, 시공기술)의 국내외 현장적용 추진</li> </ul>											
현장적용 실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>롯데월드타워 아웃리거, 외곽기둥, 벨트트러스(서울시 송파구, 123F, 복합시설)</li> <li>서강대 인공광합성 센타 CFT 기둥 (서울시 마포구, 8F, 연구시설)</li> <li>서울대관정도서관 메가트러스 (서울시 관악구, 7F, 도서관)</li> <li>청라시티타워 설계도면 반영 (인천 청라지구)</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;">롯데월드타워</td> <td style="width: 33%;">인공광합성센타</td> <td style="width: 33%;">청라시티타워</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>아웃리거/벨트트러스</td> <td>HSA800 각관기둥</td> <td>HSA800 강관기둥</td> </tr> </table>			롯데월드타워	인공광합성센타	청라시티타워				아웃리거/벨트트러스	HSA800 각관기둥	HSA800 강관기둥
	롯데월드타워	인공광합성센타	청라시티타워										
													
	아웃리거/벨트트러스	HSA800 각관기둥	HSA800 강관기둥										
롯데월드타워 아웃리거	기술적용시기 ('13.03 ~ '13.09) 적용기술: 570MPa강재 80T 각관 → HSA800 60T Plate 단면으로 개선 비율절감효과 : 강재물량 30%절감, 공사비 10%절감, 공기 20% 단축												
서강대 인공광합성센타	기술적용시기 ('11.10~'12.08) 적용기술: 490MPa강재 48T 각형기둥→HSA800 25T CFT기둥으로 개선 비율절감효과 : 강재물량 44%절감, 공사비 14%절감, 공기 10% 단축												
서울대관정도서관 메가트러스	기술적용시기 ('13.12~'14.04) 적용기술: 570MPa강재 각관 80T → HSA800 각관 40T 단면으로 개선 비율절감효과 : 강재물량 30%절감, 공사비 10%절감												

<p><b>기대효과 및 경제적효과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ World Top class 건축용 고강도 강재 개발 및 실용화 기술 개발을 통하여 초고층 건축 시공 핵심기술 확보 및 해외 의존적인 기술에 대한 수입 대체, 국내 산업체와 인력 활용을 통한 고부가가치의 신성장동력 및 일자리 창출에 기여</li> <li>○ 고성능 재료 기술 적용에 따른 구조물 유지관리 비용 최소화 실현 및 경량화 실현을 통한 생산성, 경제성 향상</li> <li>○ 고성능/고내구성 구조용 재료 사용으로 건설관련 구조물의 붕괴 등으로 인한 인명/재산상 손실 감소 및 구조물의 사용수명 증가로 건설폐기물 감소로 환경 문제 대처</li> <li>○ ○ 건축물의 친환경성 증대에 따른 직, 간접적 탄소배출저감 효과</li> </ul>
--------------------------------	---

1. 과제명	슈퍼 콘크리트 실용화 기술								
중점기술분야	200MPa 초고강도 콘크리트 개발								
<b>2. 과제 개요</b>									
기술소개	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고층 빌딩 설계 및 시공의 핵심 소재 기술인 200MPa 초고강도 콘크리트의 개발 및 Global 실용화</li> <li>초고강도 콘크리트의 적용으로 수직부재의 단면적이 최소 30%이상 축소가 가능하며 1Km이상 극초고층 구조물의 시공이 가능해짐</li> </ul>		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">As-Is</th> <th style="width: 50%;">To-Be</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>80MPa급 고강도 콘크리트 적용</td> <td>150~200MPa급 콘크리트 실용화</td> </tr> </tbody> </table>	As-Is	To-Be			80MPa급 고강도 콘크리트 적용	150~200MPa급 콘크리트 실용화
			As-Is	To-Be					
									
80MPa급 고강도 콘크리트 적용	150~200MPa급 콘크리트 실용화								
<b>주요 연구내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상온양생 압축강도 200MPa 초고강도 콘크리트의 개발 및 안정적인 강도 확보</li> <li>200MPa 초고강도 콘크리트의 내화성능</li> <li>200MPa 초고강도 콘크리트의 고압송성</li> <li>200MPa 초고강도 콘크리트의 경제성 확보</li> <li>200MPa 초고강도 콘크리트의 현장적용에 따른 실용화 기술 확보</li> </ul>								
<b>최종성과물</b>	<b>최종성과물</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>내화성능을 확보한 200MPa 초고강도 콘크리트의 제조 및 압송기술</li> <li>200MPa 초고강도 콘크리트의 실용화 기술 확보</li> </ul>							
	<b>활용방안</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>200MPa 초고강도 콘크리트의 기술홍보 및 현장 시범적용 확대</li> <li>초고강도 콘크리트에 대한 설계기준 개정으로 적용성 확대</li> </ul>							
<b>현장적용 실적</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인도 Worli PJT 수직부재 시범적용 (Mumbai, India, 85F, 주거 및 사무복합시설)</li> <li>싱가포르 UIC PJT 수직부재 시범적용 (Singapore 53F, 주거 및 사무복합시설)</li> </ul>		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">India Worli Tower</th> <th style="width: 50%;">UIC Tower</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	India Worli Tower	UIC Tower				
			India Worli Tower	UIC Tower					
									
<b>India Worli Tower</b> 수직부재	기술적용시기 ('12.9~'13.3) 적용기술: 200MPa 초고강도 콘크리트의 현지화 및 실부재 적용								
<b>Singapore UIC Tower</b> 수직부재	기술적용시기 ('13.5~'14.7) 적용기술: 200MPa 초고강도 콘크리트의 현지화 및 실부재 적용								
<b>기대효과 및 경제적효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고층 구조물 설계시 구조적으로 기둥의 단면적을 줄여 유효공간의 추가 확보로 설계 자유도를 높여주며, 재료 기술 D/B를 제공하여 설계의 신뢰성 증진</li> <li>초고강도 콘크리트를 제조하는 레미콘 공장의 설비 및 기술력 향상에 기여하여 생산기술의 상위평준화 유도</li> <li>초고강도 콘크리트의 제조/활용기술 개발에 따른 지적재산권(특허 등) 확보 및 콘크리트 배합재료의 국산화 실현을 통한 국내 독자 기술 확보</li> <li>기존의 부가가치가 높지 않았던 콘크리트를 고부가가치 기술로 산업구조 개선</li> <li>사용재료의 국산화, 콘크리트 재료의 시공기술 및 구조적 성능향상 등으로 건설 비용의 절감 기대</li> </ul>								

1. 과제명	800MPa강-100MPa콘크리트 합성구조/내화피복거푸집/내화성능설계											
중점기술분야	고성능재료 및 시공기술											
<b>2. 과제 개요</b>												
기술소개	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고층 건축물의 국제적인 기술 경쟁력 확보를 위한 합성구조 기술 개발 및 실용화</li> <li>HSA800 강재와 100MPa 콘크리트를 적용하여 부재크기를 1/3로 줄임으로 시공용이성 향상 및 물량 30%절감</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">As-Is</th> <th style="text-align: center;">To-Be</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">  <p style="font-size: small;">□-1100x1100x35 50MPa Conc. → SM 570 (Tbk=35mm)</p> </td> <td style="text-align: center;">  <p style="font-size: small;">□-900x900x20 100MPa Conc. 800MPa Conc.</p> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">&lt;온실가스(CO2)배출량 (Unit: ton/m)&gt;</p> <p style="font-size: x-small;">Steel : SM 570 Conc. : 70MPa</p> </td> <td style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">Steel : SM 570 Conc. : 70MPa</p> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">570MPa강재+50MPa 콘크리트</td> <td style="text-align: center;">800MPa강재+100MPa 콘크리트</td> </tr> </tbody> </table>	As-Is	To-Be	 <p style="font-size: small;">□-1100x1100x35 50MPa Conc. → SM 570 (Tbk=35mm)</p>	 <p style="font-size: small;">□-900x900x20 100MPa Conc. 800MPa Conc.</p>	 <p style="font-size: x-small;">&lt;온실가스(CO2)배출량 (Unit: ton/m)&gt;</p> <p style="font-size: x-small;">Steel : SM 570 Conc. : 70MPa</p>	 <p style="font-size: x-small;">Steel : SM 570 Conc. : 70MPa</p>	570MPa강재+50MPa 콘크리트	800MPa강재+100MPa 콘크리트		
As-Is	To-Be											
 <p style="font-size: small;">□-1100x1100x35 50MPa Conc. → SM 570 (Tbk=35mm)</p>	 <p style="font-size: small;">□-900x900x20 100MPa Conc. 800MPa Conc.</p>											
 <p style="font-size: x-small;">&lt;온실가스(CO2)배출량 (Unit: ton/m)&gt;</p> <p style="font-size: x-small;">Steel : SM 570 Conc. : 70MPa</p>	 <p style="font-size: x-small;">Steel : SM 570 Conc. : 70MPa</p>											
570MPa강재+50MPa 콘크리트	800MPa강재+100MPa 콘크리트											
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>HSA800 강과 100MPa 콘크리트이용 매입형/충전형 합성부재 개발 및 엔지니어링 기술 개발</li> <li>500MPa 고강도 머리붙이 스티드 개발</li> <li>3시간 내화성능 확보를 위한 강관콘크리트 및 내화피복 거푸집 개발</li> <li>구조재료 고온 열특성 및 기계적성질 DB구축 및 화재안전성 시뮬레이션 개발</li> </ul>											
최종성과물	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>HSA800강+100MPa콘크리트 이용 합성부재</li> <li>500MPa 고강도 머리붙이 스티드</li> <li>내화 3시간 확보 강관콘크리트 및 내화피복 거푸집</li> </ul>										
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고층/대공간 대형구조물 합성부재의 시공/제작 용이성으로 해외 초고층빌딩 수주 지원</li> <li>초고층 건축물 화재안전 내화고도화 기술개발</li> </ul>										
현장적용 실적	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">동대구 환승센터</th> <th style="text-align: center;">더샵시티애비뉴</th> <th style="text-align: center;">인공광합성센터</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">메가 CFT 기둥</td> <td style="text-align: center;">고강도 CFT 기둥</td> <td style="text-align: center;">고강도 CFT 기둥</td> </tr> </tbody> </table>			동대구 환승센터	더샵시티애비뉴	인공광합성센터				메가 CFT 기둥	고강도 CFT 기둥	고강도 CFT 기둥
	동대구 환승센터	더샵시티애비뉴	인공광합성센터									
												
	메가 CFT 기둥	고강도 CFT 기둥	고강도 CFT 기둥									
동대구 신세계 복합환승센터	기술적용시기 ('13.01~'15.06) 적용기술: 570MPa강재 각관 --> HSA800+50MPa콘크리트 CFT 비율절감효과 : 강재물량 20%절감, 공사비 10%절감, 공기 10% 단축											
부산연산동 주상복합빌딩	기술적용시기 ('12.11~'14.12) 적용기술: 490MPa강재 H형강 --> STK490+100MPa콘크리트 CFT 비율절감효과 : 강재물량 50%절감, 공사비 30%절감, 공기 5% 단축											
서강대 인공광합성센터	기술적용시기 ('12.1~'14.01) 적용기술: 570MPa강재 각관 --> HSA800+100MPa콘크리트 CFT 절감효과 : 강재물량 20%절감, 공사비 10%절감, 공기 10% 단축											
기대효과 및 경제적효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>추격형 기술인 초고층 건축물 핵심기술 확보를 통해 해외 의존적인 기술에 대한 수입대체, 국내 산업체와 인력 활용을 통한 고부가가치의 신성장동력 및 일자리 창출에 기여</li> <li>초고층 건축물의 시공성, 안전성(지진/풍하중 및 화재) 등에 대한 강-콘크리트 합성기술로 Pre-Construction Business 분야의 새로운 시장 창출 기대</li> </ul>											

1. 과제명	지능형 현장시공 기술						
중점기술분야	거푸집 공법 및 관리 기술						
2. 과제 개요		As-Is	To-Be				
기술소개	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가변형 테이블폼 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장선의 길이 변화를 통해 비정형 초고층 평면에 맞춰 형태 변화가 가능한 테이블폼. 바닥 거푸집 공사 자재비용 24% 절감 및 재래식 거푸집 설치부분 감소로 인한 설치시간 단축</li> </ul> </li> </ul>	 재래식 폼	 가변형 테이블 폼				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자동인양플랫폼 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 리프트 마스트를 사용한 골조자재 자동인양시스템. 자재 인양시 타워크레인의 양중 지원이 필요없기 때문에 타워크레인의 양중 부하 35% 감소 및 거푸집 설치시간 35% 단축</li> </ul> </li> </ul>	 타워크레인 양중	 자동인양플랫폼				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바다거푸집 최적 배치 프로그램 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 복잡한 평면에 대하여 수리모형을 통한 테이블폼 최적 배치 프로그램. 기존 전문가 경험에 의한 주관적 배치안 도출 문제 및 배치안 도출에 오랜 시간 소요되던 문제를 해결</li> </ul> </li> </ul>	 전문가의 주관적 기준에 의한 거푸집 배치안	 최적배치 프로그램에 의한 거푸집 배치계획				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ USN 기반 거푸집 공사관리 시스템 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모바일 기기로 콘크리트 적산온도의 실시간 수집을 통해 콘크리트 강도를 체크하여 적절한 탈형시기를 예측할 수 있는 시스템. 골조공사 품질관리 효율 향상 및 기존 시스템 대비 구축비용 30% 절감</li> </ul> </li> </ul>	 공시체를 이용한 콘크리트 강도시험	 USN 기반 거푸집 공사관리 시스템				
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가변형 테이블폼 개발</li> <li>○ 자동인양플랫폼 개발</li> <li>○ 바다거푸집 최적 배치 프로그램 개발</li> <li>○ USN 기반 거푸집 공사관리 시스템 개발</li> </ul>						
최종성과물	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가변형 테이블 폼</li> <li>○ 자동인양플랫폼</li> <li>○ 바다거푸집 최적 배치 프로그램</li> <li>○ USN 기반 거푸집 공사관리 시스템</li> </ul>					
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 초고층 빌딩(부산국제금융센터, 서울숲 더샵 등)에 개발 기술 적용</li> <li>○ 중국을 비롯한 아시아, 중동 등 해외 초고층빌딩 수주 지원</li> </ul>					
현장적용 실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 부산국제금융센터 (부산시 남구, 63F)</li> <li>○ 시흥 6차 푸르지오 2단지 (경기도 시흥시, 23F)</li> <li>○ 서울숲 더샵 (서울시 성동구, 42F)</li> <li>○ 고려대 하나과학관 (서울시 성북구, 7F)</li> </ul>	부산국제금융센터	시흥 6차 푸르지오	서울숲 더샵	고려대 하나과학관		
	부산국제금융센터	기술적용시기 ('12.2~'12.2)					
 가변형 테이블 폼		 가변형 테이블 폼		 USN기반 거푸집 공사관리 시스템		 테이블 폼 자동인양 시스템	

		적용기술: 가변형 테이블 폼 비용절감효과 : 슬래브 거푸집 공사 자재비용 24% 절감
	<b>시흥 6차 푸르지오</b>	기술적용시기 ('12.5~'12.5) 적용기술: 가변형 테이블 폼 비용절감효과 : 슬래브 거푸집 공사 자재비용 24% 절감
	<b>서울숲 더샵</b>	기술적용시기 ('13.8~'13.8) 적용기술: USN기반 거푸집 공사관리 시스템 비용절감효과 : 골조공사 관리시스템 구축비용 30% 절감
	<b>고려대 하나과학관</b>	기술적용시기 ('14.4~'14.6) 적용기술: 테이블 폼 자동인양 시스템 비용절감효과 : (산출예정)
<b>기대효과 및 경제적효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 고속시공 기술 개발로 초고층 건축공사 공기 25% 단축(4day → 3day cycle) 기대</li> <li>○ 중국을 중심으로 지속적으로 확대되고 있는 해외 건설시장에서 수주를 위한 기술경쟁력 확보</li> </ul>	

1. 과제명	지능형 현장시공 기술		
중점기술분야	비정형 초고층 양중장비 기술		
2. 과제 개요		As-Is	To-Be
기술소개	<ul style="list-style-type: none"> <li>이동식 급전장치(Power Rail) <ul style="list-style-type: none"> <li>기존의 초고층의 큰 풍하중과 긴 동력 케이블 길이와 하중으로 인한 잦은 고장 및 운행중지 등에 대응하는 레일 방식의 급전장치. 사용가능 높이가 초고층에 적합하며(550m사용가능), 기존 Power Cable에 비해 사용주기 길고(약 5년), 전력공급이 안정적인(350A)</li> </ul> </li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>비정형 초고층용 경사 리프트 <ul style="list-style-type: none"> <li>비정형 초고층 건축물 기울어진 각도에 대응하는 경사 리프트. 기존의 리프트 사용 시 설치되는 가설구대가 필요하지 않고, 경사에 대응한 빠른 운영이 가능하여 공기 단축 및 비용 절감 가능</li> </ul> </li> </ul>		
Power Cable			이동식급전장치 (Power Rail)
기존 리프트			초고층용 비정형 경사 리프트
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>이동식 급전장치(Power Rail) 개발</li> <li>비정형 초고층용 경사 리프트 개발</li> </ul>		
최종성과물	최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>이동식 급전장치(Power Rail)</li> <li>비정형 초고층용 경사 리프트</li> </ul>	
	활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 초고층 빌딩(전국경제인연합회관, 롯데타워 등)에 개발 기술 적용</li> <li>중국을 비롯한 아시아, 중동 등 해외 초고층빌딩 수주 지원</li> </ul>	
현장적용 실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>전국경제인 연합회관 (서울시 영등포구, 50F)</li> <li>롯데월드타워 (서울시 송파구, 123F)</li> </ul>	전국경제인 연합회관	롯데월드타워
			
		이동식급전장치 (Power Rail)	이동식급전장치 (Power Rail)
	전국경제인 연합회관	기술적용시기 ('12.3~'13.4) 적용기술: 이동식급전장치 (Power Rail) 비용절감효과 : 기존 공사비 + A/S 비용 대비 40%절감	
	롯데월드타워	기술적용시기 ('13.12~'15.6) 적용기술: 이동식급전장치 (Power Rail) 비용절감효과 : (산출예정)	
기대효과 및 경제적효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고층 고속시공을 위한 핵심기술인 양중기술 개발로 초고층 건축공사 공기 25%로 단축(4day → 3day cycle) 지원</li> <li>중국을 중심으로 지속적으로 확대되고 있는 해외 건설시장에서 수주를 위한 기술경쟁력 확보</li> </ul>		

## 4. 성공 가능성 및 기술적 파급효과

### 가. 기술개발의 성공가능성 종합 평가

- 현재 국내 보유기술 수준은 선진국과 비교하면 기술이나 경험측면에서 다소 격차가 있는 실정임
  - 국내 초고층 기술수준은 크게 설계기술, 시공기술, 유지관리기술로 구분되는 기술모수의 종합수준은 최고수준국의 81.6%이며, 핵심기술인 기초설계는 대부분 해외업체에 의존하고 있는 실정
  - 그러나 초고층 건축 관련 법/제도 시스템 개선은 각 세부과제별 연구결과 및 기존의 정책/제도 개선을 위해 충분히 성공적으로 수행할 수 있을 것으로 판단됨
  
- 선진국과의 격차를 만회하기 위하여 현재 설계, 재료개발 및 시공기술의 자립화 기반 확보 등 기술발전 속도가 매우 빠르게 진행되고 있어 기술개발 역량은 비교적 빠르게 축적되고 있는 추세임
  - 고성능 구조재료 개발은 현재의 기술수준 대비 성공 가능성이 높음
  - 구조안전성은 현재의 기술수준인 약 100층 규모라면 150-200층 기술 개발의 성공 가능성이 높음
  - 비정형 건축은 새로운 초고층 경향을 대변하고 있으며 세계적으로도 구체화되어 있지 못함. 기술수준이 세계적으로 태동기라 할 수 있으며 세계수준으로 성공할 가능성이 높음. 단 S/W 중심으로 구성되어 있는 세부과제가 구조시스템, 부재제작, 시공부분이 연계되어야 함
  - 초고층의 건설기술개발 수준은 국내 대형건설사를 위주로 한 해외건설경험을 바탕으로 초고층 건축물을 위한 핵심기술을 보유하고는 있으나, 선진국 대비 70~80% 수준의 경쟁력 있는 실용화 기술들이 대부분으로 기술개발의 높은 성공 가능성과 파급효과가 예상됨
  - 현재 USN, 4D CAD, 통합시스템구축 등에서 세계적인 수준의 IT 기술과 더불어 PMIS 등의 정보통신기술(ICT)의 건설산업적용 경험 보유하고 있기 때문에, 이를 통해 기술자립화 기술발전 속도가 가속화됨에 따라 기술개발 역량이 빠르게 축적되고 있는 추세임
  
- 성공가능성을 종합적으로 분석해 보면, 초고층복합빌딩시스템사업단의 보유기술 수준 및 기술개발 역량 등이 선진국에 비해 다소 열세에 있는 것으로 나타나는 하나 기술개발계획의 성공가능성이 낮은 것은 아님
  - 현재 여러 가지 여건을 고려할 때, 선진국 또는 기술선도 국가와의 경쟁에 있어서 기술개발의 성공가능성을 낙관적으로만 볼 수는 없는 것이 사실임
  - 새로이 등장하고 있는 초고층건축물 시장에 진입하는 후발국가로서 현재는 다소간 열위에 있을 수밖에 없으나, 이것은 절대적인 열세라기보다는 선발국가에 비한 열세를 의미하는 것임

- 또한 기술개발의 불확실성은 언제나 상존하는 것이며, 불확실성으로 인해 연구개발이 지연될 경우 향후 기술의존이 심화 및 후발국가의 추격에 대한 우려도 동시에 존재함

○ 따라서 건설기술의 신속한 역량결집으로 세계 Top 기술수준을 빠른 시일 내에 확보하고 세계의 초고층건축물 시장을 선점하기 위해 사업단의 규모와 체제로 기술개발을 추진할 필요가 있음

- 현재 국내에는 다수의 초고층건축물 건설이 계획되어 있어서 안방시장에서 핵심기술의 확보 및 실용화가 기대되므로, 기술개발 및 시공 등에 관한 경험을 갖춘 전문인력 및 연구인력을 배출하고 미흡한 연구개발 인프라를 확충함으로써 장래 기술개발 및 연구개발 기반을 확충하는 데에도 기여할 수 있을 것으로 전망됨

#### 나. 기술적 파급효과 분석

○ 세계최고수준 초고층복합빌딩 건설을 위한 원천기술 확보로 세계 초고층 기술 시장 진입의 기반 확보가 가능해지고 핵심기술 개발을 통해 건축 각 분야의 미래 기술 패러다임의 변화에 선도적인 역할을 담당할 수 있어 세계시장 확보에 보다 유연한 대응이 가능해 짐

○ 방재, 통신, 운송설비 등 M&E 요소기술과 IT의 접목으로 학제간 융합화의 실현으로 건설IT 분야의 획기적 기술 개발 기간 단축과 함께 도시재생, 재개발 분야 까지 영역을 확대할 수 있을 것으로 기대됨

○ 개발기술을 초고층빌딩이외의 여러 사회기반시설물에 적용함으로써 건설산업전반의 기술력 향상 기대 되고 요소기술 각 분야 전문가 집단의 국가적 차원의 상호 실용적 협력체계 구축이 가능해 짐

○ 현재 국제적으로 인정받고 있는 우리나라 초고층 건물 시공기술에 비해 상대적으로 고전하고 있는 기본설계 및 엔지니어링 기술의 국제 경쟁력 향상을 위해서 계획 및 디자인기술 뿐만 아니라 관련 엔지니어링 기술도 하나의 브랜드로 통합화 하여 수출을 위한 패키지 상품화를 도모하는 것도 좋을 것으로 판단됨

○ 초고층건축물의 구조시스템 성능개선 기술개발은 친환경적이면서도 지속가능한 고효율의 건물개발을 가능하게 할뿐만 아니라 내진, 내풍 및 내화 등에 관련된 방재 및 테러예방 등에 관련된 방법의 저감에 탁월한 효과를 발휘함으로써 인해서 국내 건설시장 활성화 및 해외 초고층 건물 엔지니어링 시장에서 국내 업체의 진출과 점유율을 높이는 데에도 일조할 것으로 생각됨.

○ 비정형 건축기술의 경우 관련 IT 산업에 대한 기술 전파 효과가 있으며, 부재

제작기술 및 관련 구조시스템 기술의 개선이 예상되고 computational geometry, 디자인 S/W 산업, 구조 및 제작 지원 S/W 산업, 도면 등 대용량 자료의 효율적인 관리/운영 등 Storage 산업, 철골 부재 Drawing, 제작 등 소재 산업 및 RFID 와 연계한 현장 설치 산업의 연계를 통해 관련 분야의 동반 기술 상승이 예상된다. 또한 비정형 건축의 활성화로 도시 브랜드 가치 상승이 예상된다

- 첨단시공기술개발은 최적의 수직공간 건설기술 개발을 위해 세부과제들의 선정 체계의 적절성 및 합리성을 확보하였고, 이러한 세부과제들의 달성을 통해 해외 기술수준에 미달하는 기술의 자립화를 실현하고, 일부 기술의 경우에는 해외시장 선도에 기여할 수 있을 것으로 전망됨. 그리고 기술자립화를 통해 해외기술 도입에 따른 경제적 손실을 막을 수 있을 뿐만 아니라 기술 강국으로서의 이미지를 정립함으로써 해외시장에서의 경쟁력 확보가 가능할 것으로 사료됨
- 첨단시공기술개발 과제가 성공적으로 달성될 경우, 효율적인 통합생산체계 구축, 체계적인 공기단축 및 공사비 절감, 공정관리 시스템 구축 및 첨단 인적자원관리 시스템 구축에 바탕을 둔 신수요 및 시장이 형성될 것으로 보이며 국내 건설시장 활성화 및 해외 초고층 건물 엔지니어링 시장에서 국내 업체의 진출이 주도적으로 이루어 질 것으로 판단됨
- 각 세부과제 내용에 있어 실제적인 민간기업의 적극적인 참여와 중소기업의 기술 수용을 통한 기술 실용화 및 신수요 개발을 유도 위해서는 보다 적극적인 학제간 융복합, 산학 협동을 요구하는 연구내용을 향후 작성될 RFP에서 보다 더 구체적으로 언급되어야 할 것으로 판단됨

### 3절. 경제적 타당성

- 경제적 타당성 분석은 ‘R&D결과의 활용 및 확산,’ ‘해외건설시장 진출 대비’라는 2가지 관점에서 4가지 분석 기준, 즉 ‘R&D 투자의 경제적 효과,’ ‘과학기술적 파급효과,’ ‘경제사회적 파급효과,’ ‘해외시장 효과’를 도출하였음
- 4가지 분석기준별 분석 항목과 각 분석항목별 측정방법은 [표 4-3]에 제시된 바와 같음

[표 4-3] 경제적 타당성 분석 관점 및 분석항목

구분		정성적	정량적	비고
R&D투자의 경제적 효과	· 생산유발효과		✓	투자과정에서 예상되는 파급효과
	· 고용유발효과		✓	
경제사회적 파급효과	· 건설생산성 증대효과	✓		투자 후에 예상되는 파급효과
	· 사회적 파급효과	✓		
과학기술적 파급효과	· 학술적 파급효과	✓		
	· 기술적 파급효과	✓		
	· 교육훈련효과	✓		
해외시장효과	· 해외시장 로열티 비용절감		✓	

- R&D 투자의 경제적 효과는 생산유발효과와 고용유발효과로 분석하였고, 각각의 분석결과는 다음과 같음
  - 생산유발효과: 500억원, 1,000억원, 그리고 1,250억원에 대한 각각의 산업유발효과는 약784억원, 약1,568억원, 약1,960억원으로 나타났음
  - 고용유발효과: 투자규모 추정치인 500억원, 1000억원, 그리고 1250억원 각각에 대한 고용유발인원 추정결과는 약1,116명, 약2,232명, 약2,790명으로 나타남
  
- 경제사회적 파급효과는 R&D투자의 경제적 효과와 사회적(간접적)파급효과를 정성적으로 분석하였음
  - 개발될 기술에 대한 목표달성도가 충족되면 R&D투자 효과는 국내 초고층건설의 경우 약 6,750억원~1조3,500억원으로 산정됨. 즉, 1.5~3.0조원의 사업비가 예상되는 국내 초고층빌딩 9개 준공건설에 적용하여 산정할 경우, 1개 건축물당 약 750억~1,500억원의 비용절감 효과를 가질 수 있음
  - 해외 초고층복합빌딩건설시장에서 삼성건설과 같이 기술선점효과를 가질 수 있을 뿐만 아니라 랜드마크의 상징성, 주거건축의 친환경성, 관광객 유치효과에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석됨
  - 지역개발효과와 국제적 위상제고에 효과가 있는 것으로 분석되었음
  
- 과학기술적 파급효과는 학술적 파급효과, 기술적 파급효과, 전문인력 양성 및 교육증진효과로 분석하였음
  - 학술적 파급효과: 고층빌딩 이상의 건축기술 관련 논문 총 3,058건 중에서 초고층 빌딩 논문은 24건으로 진행수준이 상대적으로 미진한 점을 감안할 때, 본 초고층복합빌딩 R&D투자는 학술논문발표 및 발표된 논문들의 국제적 피인용 활동을 유발함으로써 학술적인 측면에서 긍정적인 효과가 기대되며 또한 이는 국가 기술경쟁력 향상에도 기여를 할 수 있음
  - 기술적 파급효과: 기술 분야별 주요 특허출원인은 대부분 일본 또는 미국인 것으로 분석되었음. 기술로열티를 고려한다면, 초기 시장인 초고층 건축 기술 특

- 히 확보 노력이 필요하며, 당 초고층복합빌딩 R&D사업은 특히 확보에 긍정적인 기여를 할 수 있을 것임
- 전문인력 양성 및 교육증진효과: 초고층복합빌딩 건설기술개발 사업단의 운영을 통하여 연구자 및 기술자간에 정보와 노하우의 공유, 그리고 이 활용·확산을 도모할 수 있음. 이와 같이 연구자, 기술자간 지식공유의 선순환 구조를 바탕으로 국가적 차원에서의 R&D 투자효과와 교육 달성에도 기여할 수 있을 것임
- 해외시장 효과는 해외시장에서의 기술로열티 절감 효과로 분석하였음. 기술개발에 따른 해외시장에서의 기대효과는 2030년도까지 연간 1.2~1.9억 달러로 분석됨
- 건설 분야의 일반적인 기술 로열티 비율 약 2.5%를 적용하면, 기술 개발에 의한 로열티 절감액은 1개 건축물 당 약 300~600억원 규모로 추정되어 국내초고층 건설의 경우에도 약 2,700~5,400억원이 절약될 수 있음
- 본 연구는 초고층복합빌딩시스템 R&D의 경제적 타당성을 분석하였기 때문에, 도시 스카이라인의 이미지 부각, 토지이용의 효율성, 경제 활성화, 국가/기업/지역 마케팅 효과와 같이 도시 랜드마크로서 초고층 건축물이 가지는 가치는 연구 범위에 포함되지 않았음

## 5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

### 1절. 전체 사업 소요예산

(단위 : 천원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	5,905,175	2,744,025	8,733,050	4,712,850	9,717,375	5,295,825	8,191,050	4,725,850	5,533,050	2,733,850	38,079,700	20,212,400
1세부	3,356,400	926,600	4,546,000	1,224,000	5,133,600	1,383,400	3,746,000	949,000	2,808,000	677,000	19,590,000	5,160,000
1-1	1,000,000	250,000	1,200,000	300,000	1,710,000	440,000	880,000	220,000	800,000	200,000	5,590,000	1,410,000
1-2	1,200,000	300,000	2,100,000	525,000	2,100,000	525,000	1,700,000	425,000	900,000	225,000	8,000,000	2,000,000
1-3	650,000	250,000	650,000	250,000	650,000	250,000	550,000	150,000	500,000	100,000	3,000,000	1,000,000
1-4	506,400	126,600	596,000	149,000	673,600	168,400	616,000	154,000	608,000	152,000	3,000,000	750,000
2세부	2,548,775	1,817,425	4,187,050	3,488,850	4,583,775	3,912,425	4,445,050	3,776,850	2,725,050	2,056,850	18,489,700	15,052,400
2-1	669,000	669,000	1,627,000	1,627,000	1,924,000	1,924,000	1,760,000	1,760,000	800,000	800,000	6,780,000	6,780,000
2-2	344,500	310,000	344,500	310,000	344,500	310,000	344,500	310,000	344,500	310,000	1,722,500	1,550,000
2-3	490,000	490,000	1,220,000	1,220,000	1,360,000	1,360,000	1,390,000	1,390,000	630,000	630,000	5,090,000	5,090,000
2-4	1,045,275	348,425	995,550	331,850	955,275	318,425	950,550	316,850	950,550	316,850	4,897,200	1,632,400

## 2절. 세부과제별 소요예산

### 1. 1세부 추진분야(설계 엔지니어링 기술 개발)

가. 1-1세세부 (ICT 융합 설계기술 및 통합엔지니어링 플랫폼 구축)

1-1세세부															(단위 : 천원)	
비목	세목	예산 항목	예산 내역												비율 (%)	
			단가 (연급여/천원)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계		
				인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율			
직접비	인건비	책임 연구원	60,000	2	30%	2	40%	2	40%	2	30%	2	30%	204,000	3	
		연구원	60,000	6	70%	8	70%	10	70%	6	70%	6	70%	1,512,000	22	
		연구보조 (박사과정)														
		연구보조 (석사과정)	21,600	2	50%	2	60%	2	60%	2	50%	1	50%	105,840	2	
	소 계				309,600		409,920		493,920		309,600		298,800	1,821,840	26	
	연구 장비재료비	연구기자재재료비			150,000		200,000		300,000		150,000		120,000	920,000	13	
		시작품제작비							87,080					87,080	1	
		외주시험비														
	연구 활동비	인쇄복사비/공공요금			21,600		22,080		30,000		20,000		10,000	103,680	1	
		해외여비			80,000		90,000		120,000		60,000		60,000	410,000	6	
		자료수집비			26,000		26,000		20,000		26,000		18,000	116,000	2	
		기술정보활동비			150,000		150,000		240,000		100,000		60,000	700,000	10	
	연구 과제추진비	사무용품비			15,000		20,000		32,000		10,400		10,000	87,400	1	
		국내여비			15,000		20,000		20,000		12,000		10,000	77,000	1	
		회의비			75,000		120,000		150,000		50,000		65,000	460,000	7	
		야근식대			30,000		30,000		35,000		30,000		30,000	155,000	2	
	연구수당			185,800		210,000		350,000		170,000		146,200	1,062,000	15		
	소 계				748,400		888,080		1,384,080		628,400		529,200	4,178,160	60	
	위탁연구개발비															
	간접비	인력지원비														
연구지원비				170,000		180,000		250,000		140,000		150,000	890,000	13		
성과활용지원비				22,000		22,000		22,000		22,000		22,000	110,000	1		
소 계				192,000		202,000		272,000		162,000		172,000	1,000,000	14		
<b>합 계</b>				<b>1,250,000</b>		<b>1,500,000</b>		<b>2,150,000</b>		<b>1,100,000</b>		<b>1,000,000</b>	<b>7,000,000</b>	<b>100</b>		
정부 출연금				1,000,000		1,200,000		1,710,000		880,000		800,000	5,590,000	80		
민간 부담금				250,000		300,000		440,000		220,000		200,000	1,410,000	20		

나. 다축모드 진동제어 장치 개발

1-2세세부			예산내역												(단위 : 천원)	
비목	세목	예산항목	단가 (연급여/ 천원)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	비율 (%)	
				인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율			
직접비	인건비	책임연구원 (미지급)	10,000 (120,000)	1	30	1	30	1	30	1	30	1	30	180,000		
		연구원 (미지급)	5,000 (60,000)	4	30	4	30	4	30	4	30	4	30	360,000		
		연구원 (미지급)	3,000 (36,000)	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	108,000		
		연구원 (내부지급)	5,000 (60,000)	4	20	4	20	4	20	4	20	4	20	300,000	3.0	
		연구원	5,500 (66,000)	2	70	2	90	2	90	2	90	2	60	528,000	5.3	
		연구원	5,500 (66,000)	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	330,000	3.3	
		연구원	2,500 (30,000)	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	300,000	3.0	
		연구보조 (박사과정)	2,500 (30,000)	2	60	2	90	2	90	2	90	2	40	222,000	2.2	
		연구보조 (석사과정)	1,800 (21,600)	5	60	5	90	5	90	5	90	5	40	399,600	4.0	
		책임연구원 (미지급/TE)	7,000	1	10	1	50	1	50	1	30	1	20	134,400	1.3	
		연구원 (미지급/TE)	24,500	6	10	6	50	6	50	6	30	6	20	470,400	4.7	
		소 계				454,800		645,000		645,000		569,400		370,200	2,684,400	26.8
연구장비재료비	연구기자재재료비		169,400		273,500		273,500		259,100		124,700		1,100,200	11.0		
	시작품제작비		360,000		990,000		990,000		720,000		210,000		3,270,000	32.7		
	외주시험비															
연구활동비	인쇄복사비/공공요금		18,000		19,000		19,000		14,000		19,000		89,000	0.9		
	해외여비		36,000		42,000		41,000		36,000		25,000		180,000	1.8		
	자료수집비		17,000		18,000		19,000		20,000		17,000		91,000	0.9		
	기술정보활동비		68,000		152,000		152,000		54,000		25,500		451,500	4.5		
연구과제추진비	사무용품비		17,540		18,680		18,680		18,680		18,800		92,380	0.9		
	국내여비		29,000		42,000		42,000		32,000		25,000		170,000	1.7		
	회의비		17,000		20,000		20,000		17,000		16,000		90,000	0.9		
	야근식대		43,000		45,000		45,000		43,000		45,000		221,000	2.2		
연구수당		103,760		140,120		140,120		126,120		87,400		597,520	6.0			
소 계				878,700		1,760,300		1,760,300		1,339,900		613,400	6,352,600	63.6		
위탁연구개발비																
간접비	인력지원비															
	연구지원비		166,500		219,700		219,700		215,700		141,400		963,000			
	성과활용지원비															
	소 계		166,500		219,700		219,700		215,700		141,400		963,000	9.6		
<b>합 계</b>				<b>1,500,000</b>		<b>2,625,000</b>		<b>2,625,000</b>		<b>2,125,000</b>		<b>1,125,000</b>	<b>10,000,000</b>	<b>100</b>		
<b>정부 출연금</b>				<b>1,200,000</b>		<b>2,100,000</b>		<b>2,100,000</b>		<b>1,700,000</b>		<b>900,000</b>	<b>8,000,000</b>	<b>80</b>		
<b>민간 부담금</b>				<b>300,000</b>		<b>525,000</b>		<b>525,000</b>		<b>425,000</b>		<b>225,000</b>	<b>2,000,000</b>	<b>20</b>		

다. 광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명 개발

1-3세세부															(단위 : 천원)	
비목	세목	예산 항목	예산 내역												비율 (%)	
			단가 (연급여/ 천원)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계		
				인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율			
직접비	인건비	책임 연구원														
		연구원	51,600	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	516,000	12.9	
		연구보조 (박사과정)	30,000	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	300,000	7.5	
		연구보조 (석사과정)	21,600	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	324,000	8.1	
	소 계			228,000		228,000		228,000		228,000		228,000		912,000	28.5	
	연구 장비 재료비	연구기자재재료비			100,000		100,000		100,000		0		0	200,000	7.5	
		시작품제작비			200,000		200,000		200,000		100,000		45,000	545,000	18.65	
		외주시험비			50,000		50,000		50,000		100,000		100,000	300,000	8.75	
	연구 활동비	인쇄복사비/공공요금			6,000		6,000		6,000		8,000		8,500	28,500	0.86	
		해외여비			50,000		50,000		50,000		35,000		15,000	150,000	5.0	
		자료수집비			6,000		6,000		6,000		6,000		3,000	21,000	0.68	
	연구 과제 추진비	기술정보활동비			10,000		10,000		10,000		15,000		15,000	50,000	1.5	
		사무용품비			3,000		3,000		3,000		3,000		3,000	12,000	0.38	
		국내여비			5,000		5,000		5,000		6,000		6,000	22,000	0.68	
		회의비			10,000		10,000		10,000		12,000		12,000	44,000	1.35	
	연구수당			30,000		30,000		30,000		30,000		30,000	120,000	3.75		
	소 계			470,000		470,000		470,000		315,000		237,500		1,492,500	49.1	
	위탁연구개발비															
	간접비	인력지원비														
		연구지원비			202,000		202,000		202,000		157,000		134,500	695,500	22.4	
성과활용지원비																
소 계				202,000		202,000		202,000		157,000		134,500	695,500	22.4		
<b>합 계</b>			<b>900,000</b>		<b>900,000</b>		<b>900,000</b>		<b>700,000</b>		<b>600,000</b>		<b>3,100,000</b>	<b>100</b>		
<b>정부 출연금</b>			<b>650,000</b>		<b>650,000</b>		<b>650,000</b>		<b>550,000</b>		<b>500,000</b>		<b>2,350,000</b>	<b>75</b>		
<b>민간 부담금</b>			<b>250,000</b>		<b>250,000</b>		<b>250,000</b>		<b>150,000</b>		<b>100,000</b>		<b>750,000</b>	<b>25</b>		

라. ICT 융합 통합 유지관리 플랫폼 구축

1-4세 세부															(단위 : 천원)	
비목	세목	예산 항목	예산 내역												비율 (%)	
			단가 (연급여/ 천원)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계		
				인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율			
직접비	인건비	책임 연구원	60,000	2	30%	2	40%	2	40%	2	30%	2	30%	204,000	5.4	
		연구원	50,000	3	70%	5	70%	5	70%	5	70%	6	70%	805,000	21.5	
		연구보조 (박사과정)														
		연구보조 (석사과정)														
	소 계			141,000		223,000		223,000		211,000		211,000		1,009,000	26.9	
	연구 장비 재료비	연구기자재재료비		90,000		90,000		90,000		90,000		90,000		450,000	12.0	
		시작품제작비						80,000						80,000	2.1	
		외주시험비														
	연구 활동비	인쇄복사비/공공요금		8,000		8,000		8,000		8,000		8,000		40,000	1.1	
		해외여비		80,000		100,000		100,000		130,000		120,000		530,000	14.1	
		자료수집비		10,000		10,000		10,000		10,000		10,000		50,000	1.3	
		기술정보활동비		50,000		60,000		70,000		50,000		50,000		280,000	7.5	
	연구 과제 추진비	사무용품비		5,000		5,000		5,000		5,000		5,000		25,000	0.7	
		국내여비		8,000		8,000		10,000		10,000		10,000		46,000	1.2	
		회의비		25,000		25,000		30,000		30,000		30,000		140,000	3.7	
		야근식대		6,000		6,000		6,000		6,000		6,000		30,000	0.8	
	연구수당			110,000		110,000		110,000		120,000		120,000		570,000	15.2	
	소 계			392,000		422,000		519,000		459,000		449,000		2,241,000	59.8	
	위탁연구개발비															
	간접비	인력지원비														
연구지원비			90,000		90,000		90,000		90,000		90,000		450,000	12.0		
성과활용지원비			10,000		10,000		10,000		10,000		10,000		10,000	1.3		
소 계			100,000		100,000		100,000		100,000		100,000		500,000	13.3		
<b>합 계</b>			<b>633,000</b>		<b>745,000</b>		<b>842,000</b>		<b>770,000</b>		<b>760,000</b>		<b>3,750,000</b>	<b>100</b>		
<b>정부 출연금</b>			<b>506,400</b>		<b>596,000</b>		<b>673,600</b>		<b>616,000</b>		<b>608,000</b>		<b>3,000,000</b>	<b>80</b>		
<b>민간 부담금</b>			<b>126,600</b>		<b>149,000</b>		<b>168,400</b>		<b>154,000</b>		<b>152,000</b>		<b>750,000</b>	<b>20</b>		

## 2. 2세부 추진분야 (초고성능 재료 및 시공기술 개발)

가. 2-1세세부 (건축용 1000MPa급 초고강도 강재 개발)

2-1세세부			예산내역											(단위 : 천원)		
비목	세목	예산항목	단가 (연급여/ 천원)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	비율 (%)	
				인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율			
직접비	인건비	수석 연구원	123,000	1	40%	1	40%	1	40%	1	30%	1	30%	221,400	1.6	
		책임 연구원	95,000	3	40%	4	50%	4	50%	4	50%	4	40%	836,000	6.2	
		선임 연구원	48,000	2	100%	2	100%	2	100%	2	100%	1	100%	432,000	3.2	
		현물지급			283,900		691,400		817,400		747,750		339,550	2,880,000	21.2	
	소 계				543,100		1,026,600		1,152,600		1,070,650		576,450	4,369,400	32.2	
	연구장비재료비	연구기자재재료비	현금			130,000		180,000		280,000		130,000		120,000	840,000	6.2
			현물			183,900		191,400		117,400		147,750		139,550	780,000	5.8
		시작품제작비	현금					350,000		350,000		350,000		120,000	1,170,000	8.6
			현물			100,000		500,000		700,000		600,000		200,000	2,100,000	15.5
	외주시험비					20,000		200,000		250,000		300,000		100,000	870,000	6.4
	연구활동비	인쇄복사비/공공요금				20,000		4,000		30,000		20,000		10,000	84,000	0.6
		해외여비						50,000		50,000		50,000		10,000	160,000	1.2
		자료수집비				22,000		26,000		20,000		26,000		18,000	112,000	0.8
		기술정보활동비				20,000		50,000		60,000		60,000		70,000	260,000	1.9
	연구과제추진비	사무용품비				12,000		20,000		32,000		10,600		10,000	84,600	0.6
		국내여비				15,000		20,000		20,000		12,000		10,000	77,000	0.6
		회의비				45,000		60,000		60,000		60,000		65,000	225,000	1.7
		야근식대				30,000		30,000		35,000		30,000		30,000	155,000	1.1
	연구수당															
	소 계				597,900		1,681,400		2,004,400		1,796,350		837,550	6,917,600	51.0	
위탁연구개발비					50,000		200,000		300,000		300,000			850,000	6.3	
간접비	인력지원비															
	연구지원비				147,000		346,000		391,000		353,000		186,000	1,423,000	10.5	
	성과활용지원비															
	소 계				147,000		346,000		391,000		353,000		186,000	1,423,000	16.8	
정부출연금					669,000		1,627,000		1,924,000		1,760,000		800,000	6,780,000	50	
민간 부담금	현금				101,200		244,200		289,200		264,500		120,900	1,020,000	7.5	
	현물				567,800		1,382,800		1,634,800		1,495,500		679,100	5,760,000	42.5	
	소 계				669,000		1,627,000		1,924,000		1,760,000		800,000	6,780,000	50	

나. 2-2세세부 (300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발)

2-2세세부															(단위 : 천원)			
비목	세목	예산 항목	예산 내역												비율 (%)			
			단가 (연급여/천원)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계				
				인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율					
직접비	인건비	책임 연구원	70,000	7	50%	7	50%	7	50%	7	50%	7	50%	7	50%	245,000		
		연구원																
		연구보조 (박사과정)																
		연구보조 (석사과정)																
	소 계															245,000		
	연구 장비 재료비	연구기자재재료비			310,460		310,460		310,460		310,460		310,460		310,460		1,552,300	
		시작품제작비			5,000		5,000		5,000		5,000		5,000		5,000		25,000	
		외주시험비			20,000		20,000		20,000		20,000		20,000		20,000		100,000	
	연구 활동비	인쇄복사비/공공요금			1,200		1,200		1,200		1,200		1,200		1,200		6,000	
		해외여비			10,000		18,000		18,000		20,000		25,000		25,000		91,000	
		자료수집비			6,000		4,800		4,800		4,800		4,800		4,800		25,200	
		기술정보활동비			20,000		20,000		20,000		20,000		20,000		20,000		100,000	
	연구 과제 추진비	사무용품비			2,000		2,000		2,000		2,000		2,000		2,000		10,000	
		국내여비			3,000		3,000		3,000		3,000		3,000		3,000		15,000	
		회의비			2,400		2,400		2,400		2,400		2,400		2,400		12,000	
		야근식대			4,800		4,800		4,800		4,800		4,800		4,800		24,000	
	연구수당																	
	소 계				384,860		391,660		391,660		393,660		398,660		398,660		1,960,500	
	위탁연구개발비				200,000		200,000		200,000		200,000		200,000		200,000		1,000,000	
	간접비	인력지원비																
연구지원비																		
성과활용지원비				10,000		10,000		10,000		20,000		20,000		20,000		70,000		
소 계				10,000		10,000		10,000		20,000		20,000		20,000		70,000		
<b>합 계</b>				<b>654,500</b>		<b>654,500</b>		<b>654,500</b>		<b>654,500</b>		<b>654,500</b>		<b>654,500</b>		<b>3,275,500</b>		
<b>정부 출연금</b>				<b>344,500</b>		<b>344,500</b>		<b>344,500</b>		<b>344,500</b>		<b>344,500</b>		<b>344,500</b>		<b>1,722,500</b>		
<b>민간 부담금</b>				<b>310,000</b>		<b>310,000</b>		<b>310,000</b>		<b>310,000</b>		<b>310,000</b>		<b>310,000</b>		<b>1,550,000</b>		

다. 2-3세세부 (내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발)

2-3세세부			(단위 : 천원)													
비목	세목	예산 항목	예산 내역												비율 (%)	
			단가 (연급여/천원)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계		
				인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율			
직접비	인건비	수석 연구원	123,000	1	40%	1	40%	1	40%	1	30%	1	30%	221,400	2.2	
		책임 연구원	95,000	2	40%	2	50%	2	50%	2	50%	2	40%	437,000	4.3	
		선임 연구원	48,000	2	100%	2	100%	2	100%	2	100%	1	100%	432,000	4.2	
		현물지급			205,400		515,900		555,900		663,250		266,050	2,206,500	21.7	
	소 계				426,600		756,100		796,100		891,150		426,950	1,090,400	32.4	
	연구 장비 재료비	연구기자재재료비	현금		70,000		90,000		180,000		80,000		100,000	520,000	5.1	
			현물		105,400		115,900		155,900		163,250		166,050	706,500	6.9	
		시작품제작비	현금				350,000		350,000		350,000		120,000	1,170,000	11.5	
			현물		100,000		400,000		400,000		500,000		100,000	1,500,000	14.7	
	외주시험비				10,000		100,000		125,000		150,000		50,000	435,000	4.3	
	연구 활동비	인쇄복사비/공공요금				20,000		4,000		30,000		20,000		10,000	84,000	0.8
		해외여비						50,000		50,000		50,000		10,000	160,000	1.6
		자료수집비				22,000		26,000		20,000		26,000		18,000	112,000	1.1
		기술정보활동비				10,000		25,000		30,000		30,000		35,000	130,000	1.3
	연구 과제 추진비	사무용품비				12,000		20,000		32,000		10,600		10,000	84,600	0.8
		국내여비				7,000		10,000		10,000		6,000		5,000	38,000	0.4
		회의비				10,000		15,000		15,000		15,000		8,000	63,000	0.6
		야근식대				10,000		12,000		15,000		15,000		15,000	67,000	0.7
	연구수당															
	소 계				376,400		1,217,900		1,412,900		1,415,850		647,050	5,070,100	49.8	
	위탁연구개발비				30,000		120,000		120,000		120,000			390,000	3.8	
	간접비	인력지원비														
		연구지원비				147,000		346,000		391,000		353,000		186,000	1,423,000	14.0
		성과활용지원비														
		소 계				147,000		346,000		391,000		353,000		186,000	1,423,000	14.0
정부출연금				490,000		1,220,000		1,360,000		1,390,000		630,000	5,090,000	50.0		
민간 부담금	현금			79,200		188,200		248,200		63,500		97,900	677,000	6.7		
	현물			410,800		1,031,800		1,111,800		1,326,500		532,100	4,413,000	43.3		
	소계			490,000		1,220,000		1,360,000		1,390,000		630,000	5,090,000	50.0		

라. 2-4세세부 (자동화기반 고속시공기술 개발)

2-4세세부			(단위 : 천원)												
비목	세목	예산 항목	예산 내역												비율 (%)
			단가 (연급여/천원)	1차년도		2차년도		3차년도		4차년도		5차년도		소계	
				인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율	인원	참여율		
직접비	인건비	책임 연구원	132,000	5	40%	5	40%	5	40%	5	40%	5	40%	1,320,000	20.2
		연구원	30,000	7	25%	7	25%	7	25%	7	25%	7	25%	218,600	3.3
		연구보조 (박사과정)	30,000	15	15%	15	15%	15	15%	15	15%	15	10%	315,000	4.8
		연구보조 (석사과정)	21,600	20	15%	20	15%	20	15%	20	15%	20	10%	302,400	4.6
	소 계			431,200	431,200	431,200	431,200	431,200	431,200	431,200	431,200	2,156,000	33.0		
	연구 장비재료비	연구기자재재료비		133,000	66,700	13,000	6,700	6,700	226,100	3.5					
		시작품제작비		130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	650,000	10.0					
		외주시험비		27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	135,000	2.1					
	연구 활동비	인쇄복사비/공공요금		32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	160,000	2.5					
		해외여비		13,600	13,600	13,600	13,600	13,600	68,000	1.0					
		자료수집비		26,700	26,700	26,700	26,700	26,700	133,500	2.0					
	연구 과제추진비	기술정보활동비		17,000	17,000	17,000	17,000	17,000	85,000	1.3					
		사무용품비		27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	135,000	2.1					
		국내여비		27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	135,000	2.1					
		회의비		28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	140,000	2.1					
	연구수당		2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	13,000	0.2						
	연구수당		77,600	77,600	77,600	77,600	77,600	388,000	5.9						
	소 계			541,500	475,200	421,500	415,200	415,200	2,268,600	34.7					
	위탁연구개발비			133,000	133,000	133,000	133,000	133,000	665,000	10.2					
	간접비	인력지원비													
연구지원비			262,000	262,000	262,000	262,000	262,000	1,310,000	20.1						
성과활용지원비			26,000	26,000	26,000	26,000	26,000	130,000	2.0						
소 계			288,000	288,000	288,000	288,000	288,000	1,440,000	22.1						
합 계			1,393,700	1,327,400	1,273,700	1,267,400	1,267,400	6,529,600	100						
정부 출연금			1,045,275	995,550	955,275	950,550	950,550	4,897,200	75						
민간 부담금			348,425	331,850	318,425	316,850	316,850	1,632,400	25						

# 6장. 과제 제안 요구서

## 1절. 과제 제안 요구서(RFP)


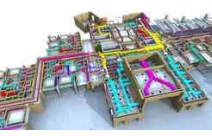


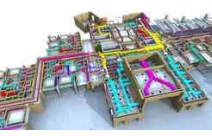


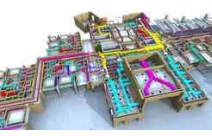

### 1. 1단계 고도화 과제 제안 요구서(RFP)

가. 1세부. 초고층 설계 엔지니어링 기술 개발

(1) ICT융합 대규모건축물 스마트 설계/Eng 기술

1. 제안과제명	ICT융합 초고층건축물 스마트 설계/Eng 기술		
제안기관	선문대학교		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발(○)
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ 기술집약적 고부가가치 초고층건축물 설계/Eng. 분야에서 글로벌 경쟁력을 확보하기 위하여, 세계적으로 초기단계인 3차원 기반 설계 환경을 구축하고, 전통적인 설계/Eng 기술과 첨단 ICT 및 설계이론을 융합한 초고층건축물 스마트 설계/Eng 기술 개발, IPD 개념을 지원하는 통합설계 플랫폼 개발, 공기단축 및 공사비절감을 위한 PreCon 협업 프로세스 지원 전산플랫폼 개발		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ 초고층 핵심요소 기본설계를 위한 지능형 스마트 설계기술 개발 - 최적설계기술 : Soft Computing 기술을 활용하여 수천~수만 개의 구조 시스템 대안을 생성하고 분석, 구조성능을 실시간 평가 및 비교분석함으로써 최적 설계안을 도출하는 기술 - 상세설계 자동화 기술 : 골조, 외피, MEP 등의 상세설계 모델링, 정밀물량 산출, 상세설계도면 작성으로 이어지는 상세설계 및 시공데이터 작성과정을 3D 모델에 기반하여 자동화하는 기술 ○ 초고층 핵심요소 설계모듈 통합설계 플랫폼 - 구조시스템, 외피, MEP 등의 단위업무별로 개발된 요소모듈들을 통합하여 IPD(Integrated Project Delivery, 건설 각 분야의 전문가들이 프로젝트 초기 설계단계부터 선형적 단계별 참여가 아닌 multi-phase 방식으로 참가하는 협업체계) 개념을 지원하는 통합설계 플랫폼 구축 - 단위 설계업무 간의 간섭체크를 실행하고 디자인 관련 의사결정에 정확한 물량, PreCon에 의한 해결책 등을 제시함으로써 궁극적으로 프로젝트의 품질, 생산성 및 경제성을 향상시키는 것을 목표로 함 ○ PreCon 협업 프로세스 지원 플랫폼 - 초고층 핵심요소 통합설계 이후 시공단계에서 종합건설업체와 전문건설업체의 협업 프로세스 구축 및 이를 지원하는 가상시공 플랫폼 - 프로젝트 비용 및 공정을 최적화함으로써 초고층 공사비 10% 절감, 공기 20% 단축 실현을 목표로 함		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 2012년 650억불로 대기업건설회사 해외건설 수주 최고 실적에도 불구하고 중소전문건설사는 7~8년 전 대비 절반으로 급감. 건설시장의 고용은 정체 상황		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 외형적 성장에도 불구하고 하이테크 분야는 건설선진국에, 로우테크 분야는 낮은 인건비 기반의 현지 또는 동남아 업체에 밀리는 전형적인 샌드위치 현상으로 고전</li> <li>○ 설계/Eng 등 건설 분야의 부품산업이며, 현장 실행조직인 중소전문건설사들의 글로벌시장 진출이 확대되어야 실질 매출 증대 및 대규모 고용창출 가능</li> <li>○ ICT를 융합한 초고층건축물 스마트 설계/Eng 기술을 개발하여 기술집약적 고부가가치 설계/Eng 분야 기술 차별화를 통하여 기술장벽을 극복하고, 혁신적인 생산성 향상으로 상세설계 등 보편적 설계/Eng 업역 저임금장벽 극복</li> <li>○ 각 전문건설기술 분야의 기술 및 저임금장벽 극복으로 글로벌 경쟁력을 갖춘 기술집약적 강소기업 중심의 건설산업 기반 구축 및 신성장동력 재창출</li> </ul> <p><b>□ 연구개발동향</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ IT융합 전산설계기술은 현재 비선형 건축물 설계/엔지니어링 기술력을 좌우하는 핵심요소기술 중 하나이며, 세계시장을 선도하는 설계/엔지니어링 회사들은 자체적인 기술개발을 통하여 IN-HOUSE 시스템을 갖추고 이를 활용한 기술력을 앞장세워 세계시장을 독과점하고 있음</li> <li>○ 초고층빌딩설계기술연구단에서는 1단계 연구를 통하여 전통적인 구조설계 기술과 IT를 융합한 비정형 초고층 구조시스템 최적설계기술을 개발하여, 다수의 국내외 대규모 프로젝트에 적용하여 10%안팎의 골조 물량 절감 효과를 확인함</li> <li>○ 최근 건축 분야 설계 환경은 기존의 2D CAD 기반에서 3D BIM 기반 환경으로 전환되기 시작하였으나 아직은 초기 단계로서 설계 및 시공 현장에서 실용적으로 활용할 수 있는 업무 범위는 한정됨. 세부 설계/Eng 업무 별로 전통적 업무 또는 프로세스를 대체할 현장 활용 기술의 개발이 국내외적으로 활발히 진행되고 있으며, 향후 관련 기술 선점이 기술경쟁력의 중요 요소가 될 것으로 예상됨</li> </ul> <p><b>□ 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술집약적 고부가가치 설계/Eng 분야 글로벌 기술경쟁력 확보</li> <li>○ 노동집약적 상세설계 및 시공 업역 저임금 장벽 극복</li> <li>○ 다수의 강소기업 전문건설기술 기반 강화로 기술집약적 고부가가치 건설산업으로 패러다임 전환과 건전한 산업생태계 구축에 기여</li> <li>○ 현장 실행조직인 중소강소기업 활성화로 대규모 고용 창출</li> </ul>
4. 기술의 시장동향 및 규모	<p><b>□ 시장동향 및 규모</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 건설산업의 해외 진출은 단순시공 분야를 중심으로 이루어지고 있으며, 기술집약적 고수익 분야인 설계 및 엔지니어링 해외진출은 전무한 상태에서 국내 시장마저 해외기술에 의존</li> <li>○ 국내 관련 시장 규모 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계: 2조원/년 + 분야별 실시(상세) 설계/ENG : 2조원/년</li> <li>- 건축 분야 IT융합 SW : 2,000억원/년</li> </ul> </li> <li>○ 해외 관련 시장 규모 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건축설계: 12조원/년 + 분야별 실시(상세) 설계/ENG : 10조원/년</li> <li>- 건축 분야 IT융합 SW : 2조원/년</li> </ul> </li> </ul> <p><b>□ 수출,입 효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 설계용역 자립(해외기술 수입 대체) : 10억원/건 X 10건 = 100억원/년</li> <li>○ 해외 설계용역시장(상세설계 포함) 신규 창출 : 4억원 X 50건 = 200억원/년</li> <li>○ IT융합 SW 수입 대체 : 2,000만원/본 X 1,000본 = 200억원/년</li> <li>○ IT융합 SW 해외 수축 : 2,000만원/본 X 2,000본 = 400억원/년</li> <li>○ 해외 시장 신규 창출을 통하여 연간 200명(2억매출/년,인) 고용 창출 및 유지</li> </ul>
5. 연구개발	<p><b>□ 추진전략</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 골조/외피/MEP/마감 등 분야 별로 전문 설계/ENG 회사와 기술개발팀이</li> </ul>

추진방법	<p>콘소시움 구성하여 최적화 설계를 포함한 IT융합 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 외피/거푸집/MEP 등 대상 업종에 전문화된 3D 저작도구 및 상세설계 자동화 기술 개발</li> <li>○ 구조시스템, 외피, MEP 등 초고층 핵심요소 설계모듈을 확장 가능한 플러그인으로 개발함으로써 확장형 메인플랫폼 구축</li> <li>○ IT융합 혁신설계기술, 3D 기반 설계/Eng 협업 설계기술, PreCon 프로세스 및 지원 플랫폼 등 세계선도 설계사/건설사 벤치마킹</li> </ul> <p><b>□ 추진체계</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기획, 테스트, 검증을 수요처 중심으로 진행하여 특화 전문 프로그램 완성도 보장</li> <li>○ 현장에서 요구하는 시스템 성능의 기획, 테스트, 검증에 관련 협력업체가 유기적으로 참여하는 협업체계 구축</li> <li>○ 전문건설사에서 실행하는 프로젝트를 테스트베드로 활용, 파일럿 프로젝트 수행</li> </ul>										
6. 기대효과 및 특기사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건축물의 성능과 경제성을 결정짓는 고난도 설계/Eng 분야의 독창적 최적전산기술 개발로 기술 신뢰성 및 기술 브랜드 창출</li> <li>○ ICT융합을 통한 혁신적 생산성 향상으로 상세설계 등의 노동집약적 업역에서 저임금 장벽 극복</li> <li>○ 현장지향적 3D 원천기술 확보를 통한 ICT융합 건설기술 선도</li> <li>○ 중소 전문건설기업들의 글로벌 경쟁력 회복을 통한 기술집약적 건설뿌리산업 기반 구축</li> <li>○ 대형중합건설사와 중소전문건설사간의 협업체계 강화로 글로벌 건설시장 수익률 및 점유율 향상</li> </ul>										
7. 기술개발 최종성과물	<p><b>□ 최종성과물</b></p> <p>(1)차년도 : 최적설계기술 고도화, 단위업무 상세설계/IPD 지원 통합설계/PreCon 협업 프로세스 현업 요구조건 분석 및 성능 기획</p> <p>(2)차년도 : 최적설계기술 현업 적용, 상세설계/IPD 지원 통합설계/PreCon 협업 프로세스 모듈 기획 및 성능구현</p> <p>(3)차년도 : 초고층 핵심요소 설계모듈 고도화 및 메인플랫폼과의 연동, 파일럿 프로젝트 수행</p> <p>(4)차년도 : 파일럿 프로젝트 수행 확대, 시스템 검증 및 타당성 검토</p> <p>(5)차년도 : 시스템 성과 확산 및 DB 구축</p> <table border="1" data-bbox="762 1308 1401 1563"> <thead> <tr> <th data-bbox="762 1308 954 1352">As-Is</th> <th data-bbox="954 1308 1177 1352">단기(~'18)</th> <th data-bbox="1177 1308 1401 1352">장기(~'23)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="762 1352 954 1503">  <p>노동집약적 시공 중심 건설산업</p> </td> <td data-bbox="954 1352 1177 1503">  <p>ICT융합 설계/Eng 선도</p> </td> <td data-bbox="1177 1352 1401 1503">  <p>기술집약적 고부가가치 설계/Eng 건설산업</p> </td> </tr> </tbody> </table>					As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)	 <p>노동집약적 시공 중심 건설산업</p>	 <p>ICT융합 설계/Eng 선도</p>	 <p>기술집약적 고부가가치 설계/Eng 건설산업</p>
As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)									
 <p>노동집약적 시공 중심 건설산업</p>	 <p>ICT융합 설계/Eng 선도</p>	 <p>기술집약적 고부가가치 설계/Eng 건설산업</p>									
8. 연구개발 과제 규모	총 연구비 (백만원)	<table border="1"> <tr><td>정부</td><td>7,000</td></tr> <tr><td>민간</td><td>1,750</td></tr> <tr><td>총합</td><td>8,750</td></tr> </table>	정부	7,000	민간	1,750	총합	8,750	총 연구기간	5년	
정부	7,000										
민간	1,750										
총합	8,750										
9. 기존의 선행 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건설교통기술촉진연구사업 - 비선형 공간구조물 전산설계 및 최적화 설계</li> <li>○ 첨단도시개발사업 - 비정형 통합설계 시스템 개발</li> </ul>										
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치						
	가. 최적화	3	10	7	10						
	나. 상세설계	3	10	7	10						
	다. 통합 플랫폼	4	10	5	9						

(2) 다축모드 진동제어 장치 개발

1. 제안과제명	다축모드 진동제어 장치 개발		
제안기관	단국대학교		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발 (O)
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ 비정형 초고층/대형 구조물의 극한하중에 대한 다축 및 다중모드 거동 특성을 고려한 진동제어 장치		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ 다축/다중 모드 자동제어 프로그래밍 기술 ○ 다축/다중 모드 제어장치 제작기술 ○ 다축/다중 풍하중 추정기술 ○ 첨단 센싱 기술을 통한 다축/다중 모드 식별 기술		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 일방향 능동제어 기술개발을 통해 확보된 국내기술의 해외 진출 ○ 해외 일류 기술과의 기술격차를 줄이기 위한 다축다중모드 제진장치 개발이 요구됨		
	<input type="checkbox"/> 연구개발동향 ○ 국내기술 수준 및 동향 - 국내 독자기술로 1축 방향 능동형 제진장치를 개발하여 테크노마트 등에 현장 적용 ○ 국외기술 수준 및 동향 - 일본 등 기술 선진국은 지진, 바람 등의 기후환경 변화를 고려하여 극하중에 대한 대형건물의 구조성능 최적화를 위해 임의형상을 가지는 건물의 지진응답과 풍응답을 동시에 제어할 수 있는 다축다중모드 진동제어장치를 적용함		
	<input type="checkbox"/> 파급효과 ○ 능동형 제진장치 세계시장 진출 ○ 풍진동제어-통합플랫폼 패키지화로 해외프로젝트설계 수주		
4. 기술의 시장동향 및 규모	<input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모 ○ 제진장치 적용 건당 40억/건*5건/년=200억/년		
	<input type="checkbox"/> 수출,입 효과 ○ 청라시티 등 국내 프로젝트에 활용 (100% 수입대체) ○ 제진장치 수출 40억/건*2건/년=80억/년		
5. 연구개발 추진방법	<input type="checkbox"/> 추진전략 ○ 1단계 연구를 통해 개발된 수직/수평 동시제어용 제진장치의 성능 확장 : 선형/비선형 등 제어알고리즘의 다양화, 생애 주기별 구조물특성 변화를 고려한 적응제어 방식의 도입, 스트로크/질량 최소화를 위한 알고리즘 개선 ○ 풍동실험결과와의 비교를 통한 다축/다중 모드 풍하중 추정기술 검증 ○ 상시미진동/극한진동 등 다축/다중 거동특성의 응답의존성평가 ○ 해외프로젝트 수주로 세계시장 진출		
	<input type="checkbox"/> 추진체계 ○ 학계와 제진장치 관련 전문 엔지니어링 업계의 협업체계		
6. 기대효과 및 특기사항	○ 초고층 및 대형건축물에 대한 다축다중모드 제진장치와 자동제어설계기술의 개발을 통해 초고층/대공간 건물의 세계시장을 선도할 수 있음		

7. 기술개발 최종성과물	□ 최종성과물				
	(1)차년도 - 다축모드제진장치 1차 시제품 개발 (2)차년도 - 다축/다중 모드 제진장치 알고리즘 고도화 (3)차년도 - 다축모드 제진장치 2차 시제품 개발 (4)차년도 - 현장적용 및 모니터링 (5)차년도 - 제진장치-통합엔지니어링 플랫폼 설계 패키지 최종성과물: 다축모드 제진장치 시제품 2건, 현장적용 2건, 지적재산권 3건, 학술 논문 30편, 프로그램 12건				
		As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)	
					
		1축 모드 제어장치	다축모드 제어장치	풍진동제어 Total Solution 패키지	
8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원)	정부	8,000	총 연구기간	5년
		민간	2,000		
		총합	10,000		
9. 기존의 선행 연구	○ 50ton급 1축 능동제어 장치 테크노마트 적용				
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
	가. 다축제어		3축	1축	3축
	나. 국산화율	%	100%	70%	100%

(3) 광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발

1. 제안과제명	광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발		
제안기관	가천대학교 산학협력단		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발(○)
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ LED 조명의 발광부와 현광부를 분리 ○ LED -Tile 과 LED-Fiber 의 결합		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ 빛을 만드는 발광부(light generating part)와 공간으로 빛을 내보내는 현광부(light presentation & fixture)를 분리 ○ LED Tile과 결합 ○ 조명제어시스템과 연동		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 디자인, 사용자경험: LED조명은 원하는 디자인 구현이 용이함. 얇고, 가벼우며, 접과 선, 면이 되며 Flexible하여 빛나는 외피, LED Skin의 구현 가능 ○ Efficiency & Green: 에너지 효율이 좋은 LED로 인하여 머지않아 거의 모든 나라에서 백열등과 할로젠등은 금지될 것이고, 백열등을 LED조명으로 바꾸는 것이 현재 알려진 기술 중 온실가스 절감 효과가 가장 큼 ○ '20년 EUR 65B(95조원)으로 예상되는 LED조명 시장의 공략 필요		
	<input type="checkbox"/> 연구개발동향 ○ 국내기술 수준 및 동향 - 국내에는 LED 산업과 관련하여 약 450여개 업체가 있음 - 삼성전기 및 LG이노텍은 LED 생산과 관련하여 에피웨이퍼부터 모듈에 이르기까지 일괄 생산체계를 갖추고 있음 - 서울반도체는 세계적인 LED 제조업체로서 LED 패키징에 특화된 기술 보유, 동사는 세계 최초로 교류용 LED(제품명: 아크리치, Acriche)를 개발함 - 그러나 아직 초박형 타일식 면등은 개발 및 제품 출시 사례가 없음 ○ 국외기술 수준 및 동향 - 세계 조명시장을 주도하는 필립스, 오슬람 등 주요기업들은 '조립식 초박형 LED 면등'을 2020년 100조 원 규모로 예상되는 LED 조명등 시장의 혁신상품으로 중점 개발하고 있음: 이는 기존 조명등에서는 불가능했던 디자인과 사용자 가치를 쉽게 구현할 수 있기 때문임 - LED 조명 중 신규설치형의 IT융합 제어시스템/솔루션 시장에는 기존 사업자들과 Apple과 같은 신규사업자들이 새롭게 나타나고 있음 - Apple사의 경우 필립스 LED 부문과 협력해서 LED조명제품을 '12년 10월 애플스토어에서 판매중		
	<input type="checkbox"/> 파급효과 ○ 시장분석 전문가들은 '15-6년을 분기점으로 LED조명산업에 대전환이 일어날 것으로 예상하고 있음. '14년부터 시작되는 백열램프의 사용규제가 LED조명 시장을 본격적으로 성장시킬 것임 ○ McKinsey의 2012 Global Lighting Market Model을 사용한 분석결과 2016년 45%의 일반조명이 LED로 전환될 것으로 예측하였으며, 2020년에는 70%에 이를 것임 ○ 새로운 디자인, 모듈화된 구조와 시스템으로 이루어지는 LED조명의 개발은 새로운 시장에 적합한 제품으로 시장을 지배하게 될 것임		
	<input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모 ○ 조명시장 규모는 '20년에는 생산자 가격 기준으로 EUR 108B(158조원) 규모		
4. 기술의			

로서, TV시장과 비슷한 규모임. 연평균 6%씩 성장하고 있으며, '16-20년간에도 3%의 성장이 기대됨

○ 일반용 LED조명 시장은 무려 연평균 46%씩 커왔고 향후 몇 년은 이런 추세가 유지될 것임. '16년에는 EUR 33B(48조원)에 이를 것이고, '20년에는 EUR 56B(82조원) 정도로 예측됨

**LED lighting market is expected to increase very rapidly in the coming 10 years**

LED value-based market share by sector\* (Percent)

Sector	2010	2013	2014	2015	2016	2020
Backlighting	100	96	94	94	100	100
General lighting	13	17	20	20	34	54
Automotive lighting	13	17	20	20	34	54

LED lighting market by sector\* (US\$ billions)

Sector	2010	2013	2014	2015	2016	2020
Backlighting	7	18	20	20	34	54
General lighting	13	17	20	20	34	54
Automotive lighting	13	17	20	20	34	54

CAGR (Percent)

Sector	2010-15	2016-20
Backlighting	13	13
General lighting	46	15
Automotive lighting	46	15

LED value base market share (Percent)

1 Total general lighting market (new fixture installation market with light source and lighting system control components, 2M value share) and light source replacement market; automotive lighting (new fixture installations and light source replacement); and backlighting (light source only, CCP).

SOURCE: McKinsey Global Lighting Market Model; McKinsey Global Lighting Professionals & Consumer Survey

시장동향 및 규모

□ 수출입 효과

- 개발하고자 하는 내용은 초니치 LED 시장을 목표로 하고 있음
- 규모는 LED 세계시장의 1%인 8,000억('20년)으로 추산됨

5. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- LED Tile 로 정의한 규격화된 면조명으로 원하는 크기와 형태의 조명설계를 가능하게 함
- 발광부와 현광부를 분리하여 하나의 LED광원으로 여러 곳을 밝힘
- 조명설비 전체의 수명과 효율을 향상시키며, 조명이 필요한 곳에 전기를 공급하지 않아도 될 수 있도록 구현

□ 추진체계

- 산학연 협동으로 해당 제품을 개발하고 추진함



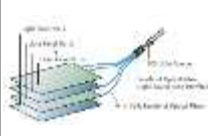
6. 기대효과 및 특기사항

- 새로운 형태의 조명장비로 신시장을 개척하고 디자인 요소를 반영한 조명설계를 가능하게 함

7. 기술개발 최종성과물

□ 최종성과물

- (1)차년도 - LED Tile 시작품
- (2)차년도 - LED Fiber 시작품
- (3)차년도 - LED Tile-Fiber 결합
- (4)(5)차년도 - 현장시험 및 검증

As-Is	단기(~18)	장기(~23)
		
단순초박형	LED-Tile	LED-Tile 과 LED-Fiber

8. 연구개발 과제 의 규모

총 연구비 (백만원)	정부	3,000	총 연구기간	5년
	민간	1,000		
	총합	4,000		

9. 기존의 선행 연구










- 초박형 LED 면광원 제품 개발

10. 제안기술에 대한 평가

평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
가. 국산화율	%	100%	해당사항 없음	100%
나. 두께	mm	5mm	해당사항 없음	5mm

(4) ICT 융합 통합 유지관리 플랫폼

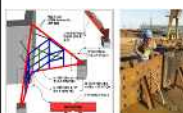


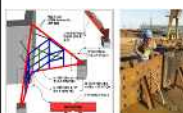


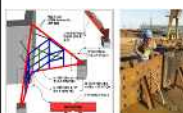


1. 제안과제명	지능형 유지관리 플랫폼 개발		
제안기관	(주)솔리데오시스템즈		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발( 3 )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ 지능형 유지관리 기술의 핵심솔루션이라 할 수 있는 시설물 통합관리(FMS) 솔루션을 초고층 복합빌딩의 유지관리에 특화시켜 고도화하고, 타 시스템(IFS, 센서 및 센서노드)과 상호연동 및 BIM 모델링 기술을 접목하여 초고층복합빌딩을 LCC기반으로 관리할 수 있는 지능형 유지관리 플랫폼을 개발하여 해외기술의 의존도를 탈피하고 기술경쟁력 확보		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ 초고층 복합빌딩의 다양한 시스템(IFS, BEMS, FMS, BIM)을 연동을 통한 통합 유지관리 플랫폼 개발 ○ 초고층 복합빌딩 에너지 관리 솔루션 개발 ○ BIM 기반의 통합유지관리 플랫폼 개발 유지 ○ 클라우드 기반의 유지관리 기술 연계		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 유지관리 BIM이 적용된 통합솔루션의 국내 개발을 통해 통합관리 솔루션의 국산화 및 등을 통해 외산 제품의 의존도 탈피 ○ 통합관리 플랫폼을 기반으로 건물의 에너지 관리 및 유지관리 비용의 절감을 통한 환경 및 경제적 이익 창출		
	<input type="checkbox"/> 연구개발동향 ○ 국내기술 수준 및 동향 - 지능형 유지관리기술은 현재 설비 시스템통합 모니터링 및 도면관리, 공간 관리 등 기본적인 업무에 적용하고 있는 수준 ○ 국외기술 수준 및 동향 - 다양한 IT관련 여러정책을 통해서 BAS, IBS(Intelligent Building System), BEMS(Building Energy Management System)의 적용을 확대하고 있으며, 여러 그린 빌딩 인증에서도 BAS 시스템의 경우 가산점을 부여함. 특히, 미국과 유럽에서는 BMS, FMS에 BIM(Building Information Modelling) 도입을 강하게 추진하고 있음		
	<input type="checkbox"/> 파급효과 ○ 지능형 유지관리를 통한 비용 절감 및 관리 효율성 향상 ○ 국내 기술력 향상을 통한 기업의 경쟁력 강화		
4. 기술의 시장동향 및 규모	<input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모 ○ 초고층 복합 건축물의 국내시장은 2010년 2조원, 2012년 8조, 2015년 112조 규모로 성장할 것을 예상됨 ○ 지능형 유지관리시의 경제이득을 15%, 건축물 생애주기를 50년으로 가정하면 2015년 112조원의 초고층복합건축물 시장규모의 경우 총 3,360억원, 연간 약 67억원의 비용절감 기대 가능		
	<input type="checkbox"/> 수출,입 효과 ○ 국외 프로그램 수입대체효과 : 45억원/년 ○ 지능형 유지관리 솔루션 수출 효과 : 5억 X 30동 = 150억/년		
5. 연구개발 추진방법	<input type="checkbox"/> 추진전략 ○ 지능형 유지관리를 플랫폼을 기반으로 한 단위 시스템의 통합기술 개발 ○ 기존 기술 보유 업체 및 기관과의 협력을 통한 기술의 고도화		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 파일럿 프로젝트 수행을 통한 솔루션 검증 및 고도화</li> <li>○ 단일 건물 기반이 아닌 여러 유형의 다양한 시설물을 통합 유지관리 할 수 있는 솔루션 개발</li> <li>○ 건물 내외부 정보연계 및 인터페이스에 대한 표준화 방안 연구</li> </ul>													
	<input type="checkbox"/> <b>추진체계</b>													
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술 개발/실시/활용 컨소시엄 구성</li> <li>○ 기 보유기술의 활용 및 고도화</li> <li>○ 현업 적용을 통한 기능 개선/보완/확장</li> </ul>													
6. 기대효과 및 특기사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 외산 FMS의 활용, 외산 IBS 시스템위주의 구도에서 탈피하여 순수 국산 통합 FMS를 구축하는데 기여함으로써, 수입대체 효과를 기대할 수 있으며, 초고층 통합 FMS 시스템의 실질적인 유지관리 활용 후, 해외의 초고층복합빌딩에 대한 유지관리 시장에 진출 가능</li> <li>○ 통합 FMS의 모델 구축을 통하여 개별 진행되어 오던 IBS, FMS의 통합을 도모할 수 있으며 유지관리 분야의 연계기술 개발 등 설계/엔지니어링 측면에서 다양한 파급효과 기대</li> </ul>													
7. 기술개발 최종성과물	<input type="checkbox"/> <b>최종성과물</b>													
	(1)차년도 - 시스템 분석설계서 특허 1건 (2)차년도 - 타 시스템 연동 API 설계 에너지분석 기법 알고리즘 설계, 특허 2건, 소프트웨어 등록 1건 (3)차년도 - 지능형 유지관리 플랫폼 특허 1건, 소프트웨어 등록 1건, 시제품 2건 (4)차년도 - Pilot-test 적용 현장적용 2건 (5)차년도 - 기술실시계약 2건													
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">As-Is</th> <th style="width: 33%;">단기(~'18)</th> <th style="width: 33%;">장기(~'23)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>단위시스템 운영</td> <td>지능형 유지관리 플랫폼</td> <td>첨단 스마트그린빌딩 솔루션</td> </tr> </tbody> </table>					As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)				단위시스템 운영	지능형 유지관리 플랫폼	첨단 스마트그린빌딩 솔루션
As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)												
														
단위시스템 운영	지능형 유지관리 플랫폼	첨단 스마트그린빌딩 솔루션												
8. 연구개발 과제 의 규모	총 연구비 (백만원)	정부 민간 총합	3,000 750 3,750	총 연구기간	5년									
9. 기존의 선행 연구														
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치									
	가. 통합유지관리	3	10	3	9									
	나. BIM유지관리	3	10	5	9									
	다. 제품화	4	10	5	9									

나. 2세부: 초고층 재료/시공 기술 개발

(1) 건축용 1000MPa급 초고강도 강재 개발

1. 제안과제명	초고강도 1,000MPa급 강재 및 이용기술 개발		
제안기관	(주) 포스코		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발(○)
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ 초고층/장스팬 구조물에 적용되는 인장강도 1,000MPa급 초고강도 강재 이용 기술 개발		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ 건축물의 초고층화/대형화에 따른 주요 건설구조용 구조재료인 강재의 초고강도화, 고내구화로 소요 강재 물량을 20%저감함과 동시에 시공품질과 원가 절감이 가능한 기술 개발 - 건축구조용 1,000MPa급 강재(판형) 개발 - 건축구조용 1,000MPa급 부재(원형, 각형) 제품화 기술 개발 - 초고강도 접합부품(F19T볼트) 및 접합구조 개발 - 무손상 초고층 구조시스템 개발		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 초고층건축물의 건립에 있어서 구조재료의 고강도화는 한정된 자원, 장비 등으로 메가구조물의 시공이 가능하도록 하는 핵심기술 ○ 글로벌 초고층 시장선점을 위한 Only-One 기술로서 해외수주 및 시공 경쟁력 향상에 필수적임		
	<input type="checkbox"/> 연구개발동향 ○ 국내 건축구조용 강재의 경우 인장강도 600MPa급 강재 상용화('05)이후, 800MPa급 HSA800가 개발되어 규격화 및 설계기준에 반영되어 상용화함 ○ 일본의 경우 1000MPa강재의 개발 및 시범적용 실적을 보유함		
	<input type="checkbox"/> 파급효과 ○ 해외 초고층빌딩에 대한 대기업 건설사 수주 및 Only One 기술을 통한 중소기업의 해외시장 진출에 용이		
4. 기술의 시장동향 및 규모	<input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모 ○ 국내외 초고층 건축물의 복합화에 따른 초고층 골조시스템의 강재사용 비율 40% 이상을 차지 ○ 국내 건설업계의 해외건설 수주액은 연간 600억달러로 플랜트 위주에서 벗어나 토목/건축으로 확산되며, 건축은 25%를 차지함 ○ 연간 초고층관련 기술개발에 따른 시장규모는 국내 연간 0.2조원, 국외 연간 3.4조원 이상으로 추정		
	<input type="checkbox"/> 수출,입 효과 ○ 세계최고수준의 소재를 이용한 가격과 품질경쟁력을 높인 제품기술 개발을 통하여 국내 초고층시장 제품수입 방어 및 해외 초고층시장 진입에 용이함.		
5. 연구개발 추진방법	<input type="checkbox"/> 추진전략 ○ 건축물의 초고층화/대형화에 따른 주요 건설구조용 재료인 강재의 초고강도화, 고내구성화를 통하여 20%이상의 CO2를 저감함과 동시에 시공품질과 원가 절감이 가능하도록 함		

	<p>○ 초고강도 신강종과 접합 소재 개발, 신강종을 이용한 제품화, 제품화된 부재의 설계기술, 시공기술에 이르는 계열화된 기술개발을 통하여 관련 중소기업과 연계된 기술개발 추진</p> <p><input type="checkbox"/> 추진체계</p> <p>○ 초고강도 강재의 기술개발과 해외 진출을 위한 세계최고수준 소재생산업체, 소재이용 제품개발 설계Eng. 및 건설사간 중소기업체를 적극 참여한 산학연 연구체계를 구성</p>													
6. 기대효과 및 특기사항	<p>○ 미래 핵심기술 선점을 통한 초고층 건축물 구조기술분야의 세계적인 경쟁력 확보</p> <p>○ 특화된 초고강도 소재 및 이용기술을 통해 초고층 시공기술의 경쟁우위 점유</p>													
7. 기술개발 최종성과물	<p><input type="checkbox"/> 최종성과물</p> <p>(1)차년도 : 건축용1000MPa급 강재 Spec.  (2)차년도 : 건축용1000MPa급 강재 시제품 및 접합부 요구성능  (3)차년도 : 건축용1000MPa급 강재 양산품  (4)차년도 : 초고강도 강재 제품화/ 설계 및 현장적용  (5)차년도 : 건축용1000MPa 강재 설계/시공 지침</p> <table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <thead> <tr> <th style="width:33%;">As-Is</th> <th style="width:33%;">단기(~'18)</th> <th style="width:33%;">장기(~'23)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>800MPa급 강재 시범적용</td> <td>1,000MPa급 강재 시제품 개발 및 성능평가</td> <td>1,000MPa급 강재 상용화</td> </tr> </tbody> </table>					As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)				800MPa급 강재 시범적용	1,000MPa급 강재 시제품 개발 및 성능평가	1,000MPa급 강재 상용화
As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)												
														
800MPa급 강재 시범적용	1,000MPa급 강재 시제품 개발 및 성능평가	1,000MPa급 강재 상용화												
8. 연구개발 과제 규모	총 연구비 (백만원)	정부 민간 총합	5,700 800 6,500	총 연구기간	5년									
9. 기존의 선행 연구	○ 초고층 빌딩대응 인장강도 800MPa급 개발 및 현장적용													
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치									
	가. 소재인장강도	MPa	1000	800	1000									
	나. 설계기준강도	MPa	690	650	870									
	다. 접합부품		F15T	F13T	F15T									

(2) 300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발




1. 제안과제명	300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발		
제안기관	삼성물산(주) 건설부문		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발(○)
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ 300MPa 프리캐스트 초고강도 콘크리트 개발  <input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ 초고강도 콘크리트의 설계기준 개정 및 해외 현지 여건을 고려한 Global 기술 실용화 확대 ○ 200MPa 초고강도 콘크리트의 기술 업그레이드를 통한 300MPa 프리캐스트 콘크리트 개발 ○ 300MPa 프리캐스트 콘크리트 개발을 통하여 초고층이외 적용분야 확대를 통하여 초고강도 콘크리트의 완전실용화 실현		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 고부가가치 재료 및 시공기술 개발을 통한 해외건설시장 진출 및 수주확대 필요 ○ 신시장 발굴 및 일자리 창출을 위해서는 세계최고의 재료 및 시공기술 확보 필요  <input type="checkbox"/> 연구개발동향 ○ 국내기술 수준 및 동향 - 국내의 경우 건설사간 초고강도 콘크리트 개발 경쟁이 전개됨 - 100MPa 수준의 초고강도 시대를 뛰어넘어 삼성물산이 1990년 50MPa의 고강도 콘크리트 현장적용을 시작으로 2000년 80MPa 고강도 콘크리트의 타워팰리스 3차 현장 실용화에 이르기까지 관련 기술의 실용화를 선도해 왔으나, 최근에는 포스코 건설, GS건설, 대림산업 등 많은 건설사에서 200MPa 급의 초고강도 콘크리트 개발을 진행중이나 대부분 시험실 수준에 머물러 있어 실제 현장적용에는 어려움이 있는 실정임 - 정책과제 ‘슈퍼 콘크리트 실용화기술’을 통하여 삼성물산이 Global 수준의 상온양생 200MPa 초고강도 콘크리트의 개발을 완료, 국내의 현장 시범적용 추진중임 ○ 국외기술 수준 및 동향 - 세계적으로 초고층 PJT가 증가하고 있으나 콘크리트의 경우 설계기준상 80MPa가 최대임 - 1km 이상의 극초고층 구조물을 시공하기 위하여 초고강도 콘크리트는 필수 핵심기술이므로 설계기준에 대한 개정이 시급함. - 선진국의 경우 프로젝트에 따라 사용을 허가, 또는 설계기준을 개정하고 있는 추세임 1)캐나다 : ‘14년 설계기준 개정을 통하여 120~130MPa 기준 제정 2)일 본 : 국토교통성인증을 얻은 PJT 에 대하여 PJT별 사용허가 - 초고층 분야 이외 건설 전반적인 적용을 위하여 프리캐스트 초고강도 콘크리트의 개발 추진  <input type="checkbox"/> 파급효과 ○ 초고층 구조물 설계시 구조적으로 기둥의 단면적을 줄여 유효공간의 추가 확보로 설계자유도를 높이며, 기술 D/B 제공으로 설계 신뢰성 증진 ○ 고성능 건축구조재료로서의 초고강도 콘크리트 사용을 통해 구조물의 장수명화 및 지속가능한 (Sustainable) 친환경 건축물 구축시스템에 일조		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 빌딩의 핵심기술인 초고강도 콘크리트 기술확보로 해외 초고층 시장에서의 경쟁력 향상 및 국가 이미지 제고</li> <li>○ 국가 탄소배출량 저감, 탄소배출권의 경제적 환산가치와 함께 전략적 우위 선점 가능성 기대</li> </ul>
<p>4. 기술의 시장동향 및 규모</p>	<p><input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 PJT는 국내수요대비 해외수요가 압도적으로 증가하는 추세임</li> <li>○ 초고강도 콘크리트 기술은 초고층 PJT를 수행하기 위한 핵심기술이며 세계적으로 관심이 집중되고 있는 1km 이상의 초고층 구조물 시공을 위한 필수 기술임</li> <li>○ 초고층 PJT는 국내수요대비 해외수요가 압도적으로 증가하는 추세이며 국내에서 개발된 세계수준의 기술력을 바탕으로 하여 해외시장이 매우 넓은 상태이므로 진출이 필요함</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 수출,입 효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고강도 콘크리트 제조기술, 실용화기술 및 사용 재료 국산화 등으로 기술수출 및 콘크리트 기술의 국가 경쟁력 강화로 초고층 빌딩 해외수주 기술경쟁력 강화에 기여</li> <li>○ 고성능 건축구조재료로써의 초고강도 콘크리트 사용을 통해 구조물의 장수명화 및 지속가능한(Sustainable) 친환경 건축물 구축시스템에 일조</li> <li>○ 고탄소 배출산업 제품인 시멘트의 절대적 사용량 감소에 따른 직접적 탄소배출량 감소효과 기대</li> <li>○ 사용재료의 국산화, 콘크리트 재료의 시공기술 및 구조적 성능향상 등으로 건설비용의 절감 기대</li> <li>○ 구조용 재료의 장수명화로 유지관리비용 최소화 가능</li> </ul>
<p>5. 연구개발 추진방법</p>	<p><input type="checkbox"/> 추진전략</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고강도 콘크리트의 재료 및 구조설계 지침 작성을 통하여 200MPa 급 초고강도 콘크리트의 완전 실용화 추진</li> <li>○ 300MPa 프리캐스트 콘크리트 부재 기술의 개발</li> <li>○ 세계 최고수준 300MPa 프리캐스트 부재의 개발을 통해 초고층 분야를 포함한 건축 및 토목분야의 현장 실용화</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 추진체계</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 콘크리트 관련 학회 및 대학과의 연계를 통하여 200MPa 초고강도 콘크리트에 대한 구조설계관련 기준 개정을 추진</li> <li>○ 해외 선형연구의 확대 및 글로벌 초고층 시장이 증가함에 따라 선진 네트워크를 통한 협업체계 구축</li> </ul>
<p>6. 기대효과 및 특기사항</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과학기술적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 구조물 설계시 구조적으로 기둥의 단면적을 줄여 유효공간의 추가 확보로 설계 자유도를 높이며, 기술 D/B 제공으로 설계 신뢰성 증진</li> <li>- 초고강도 콘크리트를 제조하는 레미콘 공장의 설비 및 기술력 향상에 기여하여 생산기술의 상위평준화 유도</li> <li>- 초고강도 콘크리트의 제조/활용기술 개발에 따른 지적재산권(특허 등) 확보 및 콘크리트 배합재료의 국산화 실현을 통한 국내 독자 기술 확보</li> </ul> </li> <li>○ 사회경제적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고강도 콘크리트 제조기술, 실용화기술 및 사용 재료 국산화 등으로 기술수출 및 콘크리트 기술의 국가 경쟁력 강화로 초고층 빌딩 해외수주 기술경쟁력 강화에 기여</li> <li>- 고성능 건축구조재료로써의 초고강도 콘크리트 사용을 통해 구조물의 장수명화 및 지속가능한(Sustainable) 친환경 건축물 구축시스템에 일조</li> <li>- 고탄소 배출산업 제품인 시멘트의 절대적 사용량 감소에 따른 직접적 탄소배출량 감소효과 기대</li> <li>- 사용재료의 국산화, 콘크리트 재료의 시공기술 및 구조적 성능향상 등으로 건설비용의 절감 기대</li> <li>- 구조용 재료의 장수명화로 유지관리비용 최소화 가능</li> </ul> </li> </ul>

	<p>○ 정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 일반 재료와는 전혀 다른 높은 기술력이 요구되는 고성능 재료 개발에 참여함으로써 관련 분야 전문인력 양성</li> <li>- 기존의 부가가치가 높지 않았던 콘크리트를 고부가가치 기술로 산업구조 개선</li> <li>- 초고층 빌딩의 핵심기술인 초고강도 콘크리트 기술확보로 해외 초고층 시장에서의 경쟁력 향상 및 국가 이미지 제고</li> <li>- 국가 탄소배출량 저감, 탄소배출권의 경제적 환산가치와 함께 전략적 우위 선점 가능성 기대</li> </ul>																			
<p>7. 기술개발 최종성과물</p>	<p>□ 최종성과물</p> <p>(1)차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고강도 프리캐스트 배합 프로세스 관련 논문 1건, 특허 1건</li> <li>- 초고강도 프리캐스트 배합지침서 1건</li> </ul> <p>(2)차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 개발 관련 논문 2건, 특허 2건</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 현장시험 1건</li> </ul> <p>(3)차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 양생기법 특허 1건</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 BP 생산 특허 1건</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 관련 국제특허 2건</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 관련 논문 1건</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 현장시험 2건</li> </ul> <p>(4)차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 구조성능 관련 논문 2건, 특허 2건</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 현장시험 5건</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 현장적용 1건</li> </ul> <p>(5)차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 200MPa 초고강도 콘크리트 구조설계기준 State of the art</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 구조성능 관련 논문 2건, 특허 1건</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 현장시험 5건</li> <li>- 300MPa 프리캐스트 콘크리트 현장적용 1건</li> </ul>																			
<p>8. 연구개발 과제의 규모</p>	<p>총 연구비 (백만원)</p>	<table border="1"> <tr> <td>정부</td> <td>1,722.5</td> </tr> <tr> <td>민간</td> <td>1,550</td> </tr> <tr> <td>총합</td> <td>3,275.5</td> </tr> </table>	정부	1,722.5	민간	1,550	총합	3,275.5	<p>총 연구기간</p>	<p>5년</p>										
정부	1,722.5																			
민간	1,550																			
총합	3,275.5																			
<p>9. 기존의 선행 연구</p>	<p>○ 상온양생 현장타설 200MPa 초고강도 콘크리트의 실용화</p>																			
<p>10. 제안기술에 대한 평가</p>	<table border="1"> <tr> <td>평가항목 (주요성능)</td> <td>단위</td> <td>세계최고수준</td> <td>연구개발전 국내수준</td> <td>개발목표치</td> </tr> <tr> <td>가. 압축강도</td> <td>MPa</td> <td>300</td> <td>200</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>나. 구조설계기준</td> <td>MPa</td> <td>80</td> <td>80</td> <td>200</td> </tr> </table>	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치	가. 압축강도	MPa	300	200	300	나. 구조설계기준	MPa	80	80	200				
평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치																
가. 압축강도	MPa	300	200	300																
나. 구조설계기준	MPa	80	80	200																

(3) 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발










1. 제안과제명	내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발		
제안기관	(주) 포스코		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발(○)
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표		
	○ 초고층빌딩 대응 내화성능형 강-콘크리트 합성구조 기술개발/실용화		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	○ 내화 4시간 인장강도 800MPa 강+100MPa 콘크리트 합성부재 개발		
	○ 인장강도 500MPa 내화강 개발 및 합성부재 개발		
	○ 내화 4시간 내화피복재 개발 및 강구조대비 내화피복 40%이상 절감		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성		
	○ 해외 초고층빌딩 시장진출을 위한 세계최고수준 Only One 합성구조 기술확보를 위한 초고강도와 내화성능을 보유한 합성부재 개발이 필요함.		
	<input type="checkbox"/> 연구개발동향		
4. 기술의 시장동향 및 규모	○ 국내기술 수준 및 동향		
	- 내화 3시간 인장강도 800MPa강+100MPa 콘크리트 합성구조 기술		
	○ 국외기술 수준 및 동향		
	- 내화 3시간 인장강도 780MPa강+150MPa 콘크리트 합성구조 기술		
	- 인장강도 490MPa 내화강 상용화 - 강구조대비 내화피복두께 30% 절감		
<input type="checkbox"/> 파급효과			
○ 해외 초고층빌딩에 대한 대기업 건설사 수주 및 Only One 기술을 통한 중소기업의 해외시장 진출에 용이			
5. 연구개발 추진방법	<input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모		
	○ 국내외 초고층 건축물의 복합화에 따른 초고층 골조시스템은 합성구조는 30% 이상을 차지		
	○ 국내 건설업계의 해외건설 수주액은 연간 600억달러로 플랜트 위주에서 벗어나 토목/건축으로 확산되며, 건축은 25%를 차지함		
	○ 연간 초고층관련 기술개발에 따른 시장규모는 국내 연간 0.2조원, 국외 연간 3.4조원 이상으로 추정		
<input type="checkbox"/> 수출,입 효과			
○ 세계최고수준의 소재를 이용한 가격과 품질경쟁력을 높인 제품기술 개발을 통하여 국내 초고층시장 제품수입 방어 및 해외 초고층시장 진입에 용이함			
6. 기대효과 및 특기사항	<input type="checkbox"/> 추진전략		
	○ 초고층 건축물의 고객요구에 대해서 세계최고 수준의 기술설정을 바탕으로 합성구조에 대한 소재 원천기술의 고도화와 이를 이용한 응용기술/제품 개발을 추진함		
	<input type="checkbox"/> 추진체계		
○ 내화 4시간용 초고강도 합성구조 기술개발과 해외 진출을 위한 세계최고수준 소재생산업체, 소재이용 제품개발 설계Eng. 및 건설사간 중소기업체를 적극 참여한 산학연 연구체계를 구성			
○ 초고층 내화성능형 초고강도 강관콘크리트 이용기술은 건설기계장비, 발전, 조선, 해양플랜트 산업용 고성능 소재를 효율적으로 이용하는 기술 개발에 응용 가능하며, 해당 분야의 국가경쟁력 제고에 일익을 담당할 것으로 기대됨			

	○ 본 연구를 통하여 개발된 소재와 이를 이용한 부재 설계기술을 바탕으로 국내 건설사의 해외 초고층 시장 진출시 수주 및 기술 경쟁력 향상이 기대됨				
7. 기술개발 최종성과물	□ 최종성과물				
	(1)차년도 : 내화 4시간용 합성부재 Spec. (2)차년도 : 내화강, 150MPa 콘크리트 및 내화 4시간 피복재 시제품 (3)차년도 : 내화강, 150MPa 콘크리트 및 내화 4시간 피복재 양산품 (4)차년도 : 내화 4시간용 합성부재 제품/ 설계 및 현장적용 (5)차년도 : 내화 4시간용 합성부재 제품 지침서				
			As-ls	단기(~'18)	장기(~'23)
					
		내화3시간 800MPa강+100MPa콘 크리트 시범적용	내화 4시간 800MPa강+150MPa콘크리 트 내화CFT 시범적용	내화 4시간 800MPa강+150MPa콘크리 트 내화CFT 상용화	
8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원)	정부	3,000	총 연구기간	5년
		민간	1,000		
		총합	4,000		
9. 기존의 선행 연구	○ 초고층 빌딩대응 내화 3시간 인장강도 800MPa강+100MPa콘크리트 합성구조 기술 개발 및 현장적용				
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
	가. 내화강 강도	MPa	490	-	500
	나. CFT용 콘크리트 강도	MPa	150	100	150
	다. 내화시간	시간	3	3	4

(4) 자동화 기반 고속시공 기술개발

1. 제안과제명	자동화 기반 고속시공 기술 개발		
제안기관	고려대학교		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발(O)
2. 연구개발의 목표 및 내용	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICT 융합형 자동화 기반 초고층 고속시공 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 초대형 거푸집의 자동화 기반 ICT 융합형 고속시공 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 초고층 건축물에서 큰 비중을 차지하는 플랫폼라브 구조에 적합한 초대형화 바닥거푸집의 전반적 공사과정(설치/해체/이동/양중)을 대상으로 ICT 융합 및 자동화 기술을 개발함. 이를 통해 거푸집 생산성을 향상시키고 노무비를 절감하고자 함.</li> </ul> </li> <li>▪ 자동화 기반 무인 상하 연계형 리프트 및 운영기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 양중장비(상하 연계형)의 양중효율을 근본적으로 증대시키고, 자동화 기반 무인 운영시스템을 개발함. 이를 통해 양중효율을 증대시키고, 고속시공을 지원하고자 함.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대형 테이블폼의 ICT 융합형 설치 및 해체 자동화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서 기반 거푸집 높이 제어 시스템</li> <li>- 거푸집 자동 탈형 관리 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 대형 테이블폼의 이동 및 양중 자동화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형 테이블폼의 이동 자동화 기술</li> <li>- 대형 테이블폼의 양중 자동화 기술</li> </ul> </li> <li>○ BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적 거푸집공사 최적 zoning 알고리즘</li> <li>- BIM 구현을 통한 최적 거푸집공사 최적 zoning 계획 시각화 기술</li> </ul> </li> <li>○ 상하 연계형 리프트 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 케이지 연결 시스템</li> <li>- 케이지 위치제어 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 자동화 기반 상하 연계형 리프트 무인 운영기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상하 연계형 리프트 양중계획 및 관리모델</li> <li>- 양중계획 기반 무인운영 기술</li> </ul> </li> </ul>		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존의 인력작업 중심의 거푸집 공사는 지속적인 작업인력 부족으로 생산성 저하, 인건비 상승, 품질 저하 문제가 발생할 것으로 예상됨. 거푸집의 대형화/장비화는 이러한 문제에 대한 해결방안으로 주목받고 있으며, 플랫폼라브 구조가 큰 비중을 차지하는 해외 초고층 건설현장에서는 대형을 넘어 초대형 거푸집이 적용되고 있음.</li> <li>○ 거푸집의 초대형화는 거푸집 생산성을 향상시키지만, 초대형 거푸집의 전반적인 공사과정(설치/해체/이동/운반)에서 다양한 문제를 야기시킴(이동의 불편함, 설치시 레벨링의 어려움 등). 이에 따라 ICT 융합형 자동화 초대형 거푸집 공법 개발을 통해 거푸집 공사의 생산성을 보다 향상시키고 노무비를 절감할 대안을 찾는 것이 요구됨</li> <li>○ 또한, 건물이 초고층화 될수록 양중장비의 중요성이 커지는데 반해, 양중장비의 양중효율의 증가는 한계가 있음. 따라서 근본적인 양중효율을 증대시킬 리프트 운영기술의 개발이 요구됨</li> <li>○ 더불어 운영인력 수배의 어려움과 운영인력 축소를 위한 무인 리프트 운영기술이 필요함</li> </ul>		

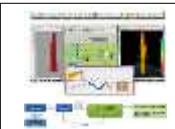


	<p><b>□ 연구개발동향</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 기술 수준 및 동향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내의 경우, 인력 중심 작업방식이 주를 이루고 있어 거푸집의 대형화/장비화에 관한 연구 및 기술개발은 미흡한 실정이며 특히, 초대형 거푸집에 대한 연구 및 기술개발은 더욱 기초적인 수준임</li> <li>- 초대형 거푸집의 해체/설치 자동화를 위한 연구 또한 마찬가지로 미흡한 실정임</li> <li>- H사 엘리베이터에서 초고층용 엘리베이터에 상하 연계형 시스템을 개발하여 적용 중이나, 초고층용 리프트에 적합한 기술은 개발된 사례 없음</li> <li>- 또한, 리프트의 안전사고와 운전인력 확보 등의 문제로 자동화/무인화 리프트 상용화가 활발히 진행 중에 있으나, 건설분야 적용사례가 없는 상하 연계형의 자동화/무인화 및 운영 효율화 관련 연구 및 기술은 전무함</li> </ul> </li> <li>○ 국외 기술 수준 및 동향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외의 경우, 거푸집의 대형화 및 장비 중심 작업방식이 정착되어있으며, 초대형 거푸집인 트러스 테이블폼의 적용사례를 쉽게 찾을 수 있음</li> <li>- 또한 IT 기술이 거푸집 공사 서비스에 활용되고 있으며, 그 예로 BIM 적용을 통한 거푸집 적용 시뮬레이션 서비스가 있음</li> <li>- 상하 연계형 리프트는 엘리베이터 4개사에서 시제품을 생산중이나, 리프트 업계에서는 시제품 적용사례가 없음</li> </ul> </li> </ul> <p><b>□ 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장 시공의 기계화/자동화를 통한 현장 기능인력 부족 및 고령화 문제 등 사회적 문제를 효과적으로 해결 가능</li> <li>○ 건설분야와 ICT 융합을 통한 건설산업 이미지 제고</li> <li>○ 최첨단 고속시공 기술 확보를 통한 해외 초고층 건설시장 수주 경쟁력 확보 가능</li> <li>○ 세계최고 수준의 기술의 확보로 중소기업의 해외진출 역량 확대</li> </ul>
<p>4. 기술의 시장동향 및 규모</p>	<p><b>□ 시장동향 및 규모</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2015년 전체 건설시장에서 시공부문이 차지하는 규모는 약 11,000조에 이를 것이며, 2030년에는 약 34,000조원의 막대한 규모에 달할 것으로 예상됨 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 거푸집 공사가 통상 건축 공사비의 약 15%를 차지한다고 가정했을 때, 전 세계 거푸집 시장의 규모는 2015년 까지 약 1,650조원, 초고층 거푸집 시장의 규모는 약 84조원에 이를 것으로 전망됨</li> <li>- 초고층 공사비에서 리프트가 차지하는 금액을 비중으로 계산하면 연간 약 4,600억의 시장이 형성될 것으로 전망됨</li> </ul> </li> </ul> <p><b>□ 수출,입 효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외시장 진출에 유리한 기술 개발을 통한 해외 초고층 건설시장 수주경쟁력 향상</li> </ul>
<p>5. 연구개발 추진방법</p>	<p><b>□ 추진전략</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정부지원 연구개발을 통하여 민간의 초기 기술개발 투자 부담을 최소화하고 투자유도를 진행하는 한편, 해외건설시장 선점 및 융합 기술개발 장려를 통하여 중소기업 및 벤처사업자의 해외건설시장 진출 역량 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 초고층 건축물 구조 중 큰 비중을 갖는 플랫폼라브 구조를 기술 개발 대상으로 선정하여 거푸집의 보편성을 확보하고, 검증된 중소기업과 협력하여 현장밀착형 고속시공 기술 개발을 통한 해외시장 진출</li> <li>- 시제품 테스트, 현장적용 등 결과를 피드백하면서 기술 완성도를 향상시켜 실용화 가능성 확대</li> </ul> </li> </ul> <p><b>□ 추진체계</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장 밀착형 기술 개발을 위하여 거푸집 및 리프트 전문 중소기업과 연계</li> <li>○ 실무업체와 연계함으로써 개발된 기술의 실용화가 용이</li> <li>○ 초대형 거푸집에 대한 국내 연구의 미흡을 극복하고, 해외 진출형 기술 개발을 위하여 해외 거푸집 분야 선도기업인 PERI나 DOKA의 전문가와 협력 추진</li> </ul>

<p>6. 기대효과 및 특기사항</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국산 초고층빌딩 고속시공기술 고도화를 통한 국내 전문건설업체(골조업체/리프트 업체 등)의 해외 진출 역량 마련</li> <li>○ 현장 시공의 기계화/자동화를 통한 현장 기능인력 부족 및 고령화 문제 등 사회적 문제에 대한 대응 가능</li> <li>○ 건설분야와 ICT 융합을 통한 세계 최고 수준의 최첨단 고속시공 기술 확보로 해외 초고층 건설시장 수주 경쟁력 확보</li> </ul>													
<p>7. 기술개발 최종성과물</p>	<p><input type="checkbox"/> 최종성과물</p> <p>1차년도 : 대형 테이블폼 문제점 도출 및 대형 테이블폼 자동화 기술 개발 방향 정립, 상하 연계형 양중 기술 조사  2차년도 : 대형 테이블폼 자동화 기술 개념안 도출, 상하 연계형 리프트 설계 및 자동화 기반 상하 연계형 무인운영기술 개념 도출  3차년도 : 대형 테이블폼 자동화 기술 시제품 개발 및 BIM을 활용한 거푸집 공사 최적 zoning 계획, 상하 연계형 리프트 시제품 제작 및 무인운영 시스템 개발  4차년도 : 현장적용 및 모니터링, 상하 연계형 리프트 및 무인운영기술 현장적용  5차년도 : 기술 보완 및 실용화 추진</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;">As-Is</td> <td style="width: 33%;">단기(~'18)</td> <td style="width: 33%;">장기(~'23)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>테이블폼</td> <td>자동화 기반 대형 테이블폼</td> <td>자동화 기반 대형 테이블폼 실용화</td> </tr> </table>					As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)				테이블폼	자동화 기반 대형 테이블폼	자동화 기반 대형 테이블폼 실용화
As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)												
														
테이블폼	자동화 기반 대형 테이블폼	자동화 기반 대형 테이블폼 실용화												
<p>8. 연구개발 과제 의 규모</p>	총 연구비 (백만원)	정부 민간 총합	4,897 1,632 6,529	총 연구기간	5년									
<p>9. 기존의 선행 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내의 경우, 인력 중심 작업방식이 여전히 주를 이루고 있고, 일부 연구는 일반 테이블폼과 같은 대형 거푸집에 대한 연구는 수행하였으나, 초대형 거푸집인 트러스 테이블폼에 대한 연구 및 기술개발 사례는 미흡한 실정임</li> <li>○ 초대형 거푸집의 해체/설치 자동화에 대한 연구 또한 미흡한 실정임</li> <li>○ 리프트 장비의 운영효율을 증대시키기 위해서 대부분 연구가 리프트의 성능 향상이나 운영의 효율화에 초점</li> <li>○ 양중 효율의 근본적인 증대안에 관한 건설분야의 연구 및 기술 개발 사례 없음</li> <li>○ 상하 연계형 리프트는 건설용 리프트에 처음 적용되는 개념이기에 이를 무인 운영하기 위한 연구 및 기술 개발 사례는 전무함</li> </ul>													
<p>10. 제안기술에 대한 평가</p>	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고 수준	연구개발전 국내수준	개발목표치									
가. 거푸집 공법 생산성 향상	%	-	-	10%										
나. 거푸집 자동 레벨링 속도	min	-	-	5 이내										
다. 상하 연계형 리프트 속도	m/min	-	-	80										
라. 상하 연계형 리프트 케이지 층맞춤 오차	mm	-	-	50										
마. 상하 연계형 리프트 케이지 층맞춤 속도	sec	-	-	15 이내										
바. 상하 연계형 리프트 양중량	ton	-	-	4										










## 2. 신규과제 기술 수요 조사서

- 차세대 성능기반 초고층 통합설계시스템 개발
- 초고층건물 유지관리를 위한 ICT기반 통합 SHM 시스템 개발
- 초고층 오피스용 다기능 냉난방 시스템 개발
- 항공기 충돌에 의한 초고층 건물 연쇄붕괴 방지 기술 개발
- 초고층 건물의 시공 중 붕괴 해석 및 방지 설계 기술 개발
- 항공기 충돌 및 미사일 포격 등의 극한하중을 받는 구조물의 성능평가 기술 및 통합관리 시스템 개발
- 초고층 수직공간의 활용성 최적화를 위한 공간설계기술 개발
- 초고층 건축의 수직동선계획 및 피난계획 설계기술 개발
- 고강도 합성구조의 초고층 건축물 적용 기술 개발
- 실시간 모니터링기술기반 초고층프로젝트 통합관리기술
- 연동기법을 활용한 하이브리드 연기제어 및 방화구획 중심 층별 대피공간 확보 기술 개발
- 가상현실 기반 초고층 빌딩 방재설비 운영자 훈련 시뮬레이터 개발
- 초고층 건축물 복합공간의 연기제어 기술개발
- 탄소저감형 재료를 이용한 고내화성 커튼월 시스템 개발

1. 제안과제명	차세대 성능기반 초고층 통합설계시스템 개발		
제안기관	(주)창민우구조건설탄트		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분 류	기초( ), 응용( ), 개발( )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 <input type="radio"/> 전산플랫폼을 이용한 초고층 건물의 성능기반 자동화 최적설계 기술 개발		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 <input type="radio"/> 설계 단계에서 필요한 설계안검토, 성능평가 및 경제성 평가를 전산플랫폼 안에서 자동화 프로세스를 통해 수행하여 단시간 내 효율적으로 최적설계를 수행할 수 있는 핵심기술 개발		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 <input type="radio"/> 초고층 건물의 설계는 프로젝트 특성인 복잡화/대형화/첨단화에 따라 기존의 설계방식으로는 많은 시간과 인력이 필요하며 경제적 비용이 발생함 <input type="radio"/> 이러한 초고층 건물에 대한 설계는 주로 해외 엔지니어링 회사에서 수주를 하고 있으며 초고층 설계 시장을 장악하고 있음 <input type="radio"/> 초고층 건물에 대해 실무자들이 효율적으로 활용할 수 있는 통합설계시스템을 개발하여 해외 초고층 설계시장에 경쟁력 있는 원천기술을 확보할 필요가 있음		
	<input type="checkbox"/> 연구개발동향 <input type="radio"/> 국내기술 수준 및 동향 - “비정형 통합설계 시스템 개발”로 국내 최고층 건물인 롯데월드타워(123층) 및 몽골에서 가장 높은 건물이 될 MAK Tower에 대한 최적설계 및 내진성능평가를 수행함 <input type="radio"/> 국외기술 수준 및 동향 - 세계 최고의 엔지니어링 회사 중 하나인 Degenkolb에서는 병렬처리의 일환인 Multi-machine Analysis을 활용한 전산플랫폼을 구축하여 대형 구조물에 대한 프로젝트 수행 시간을 효율적으로 단축하고 있음 - 최근 미국의 연방재난관리청(FEMA)과 응용기술협회(ATC)에서는 FEMA445, ATC-58을 통해 구조물의 내진성능을 표현하는 성능지표로 구조물의 변형에서 건축주 및 일반인에게 더 의미가 있는 보수비용, 인명손실, 영업정지기간 등과 같이 리스크에 관련된 지표로 대체하고 있음 - ATC에서는 또한 구조물의 성능을 리스크 개념으로 평가 할 수 있는 전산프로그램인 PACT(Performance Assessment Calculation Tool)을 개발		
	<input type="checkbox"/> 파급효과 <input type="radio"/> 초고층 건설 기술에 대한 원천기술 확보로 고부가가치 시장인 설계 엔지니어링 시장에서의 경쟁력 확보 및 국내 초고층 기술의 브랜드 가치 향상		
	<input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모 <input type="radio"/> 전 세계 초고층 시장 규모는 계속 증가할 전망이며 2015년에는 560조 규모로 성장할 것으로 예상 <input type="radio"/> 세계 초고층 시장은 200~400m 규모의 초고층 건립이 지속적으로 증가하고 있으며 미국, 유럽뿐만 아니라 아시아, 중동, BRICs등 신흥국가를 중심으로 초고층 및 극초고층에 대한 계획안이 실현화 단계에 있음		
4. 기술의 시장동향 및 규모	<input type="checkbox"/> 수출,입 효과 <input type="radio"/> 개발된 기술을 통해 예전 국내 초고층건물 건설 시 건 당 해외 엔지니어링 회사에 지불하는 300억~600억원의 막대한 기술료에 대한 경제적 비용 감소 <input type="radio"/> 경쟁력 있는 초고층 엔지니어링 기술을 바탕으로 고수익을 창출하는 설계 엔지니어링 프로젝트 수주를 통해 기술수출에 의한 경제적 효과 상승		


	○ 초고층 엔지니어링 기술과 시공 기술의 package화를 통해 대규모 시공 프로젝트 수주 지원				
5. 연구개발 추진방법	<input type="checkbox"/> 추진전략				
	○ 산업계에서 소요기술을 도출하고 해당 기술 개발을 위한 실적과 역량을 갖춘 연구진을 구성하여 연구를 수행함				
	○ 산재되어 있는 세계수준의 연구 실적들을 복합화한 엔지니어링 프로세스 구축 연구를 수행하여 최단기간에 보유기술을 복합, 실용화함.				
	○ 엔지니어링 업무 전반에 첨단 IT를 융합한 통합플랫폼 구축을 통하여 기술 시너지 효과 극대화 및 개발 기술에 대해 실무자들의 활용도를 강화함				
	○ 연구 수행 과정 중 실무 엔지니어들과 지속적인 피드백을 통해 실무대응형 통합설계 시스템을 개발함				
	<input type="checkbox"/> 추진체계				
	○ 추후 예정				
6. 기대효과 및 특기사항	○ 차세대 성능기반 초고층 통합설계시스템을 통해 많은 인력과 시간이 필요한 초고층 프로젝트를 효율적으로 수행할 수 있으며 최적설계를 통한 경제성 확보 및 리스크 평가를 통한 프로젝트의 사업성 검증이 가능함				
	○ 초고층 설계에 대한 첨단 고급기술의 개발을 통해 국내 초고층 기술의 국제적 브랜드가치 향상, 초고층 시장에 대한 기술경쟁력 확보 및 해외 초고층 프로젝트의 수주역량 강화가 기대됨				
7. 기술개발 최종성과물	<input type="checkbox"/> 최종성과물				
	(1)차년도 초고층 구조시스템 및 최적 설계 대안 생성 자동화 모듈 개발 고속 설계를 위한 병렬 처리 방식을 적용한 비선형 해석 솔버 시스템 개발				
	(2)차년도 : 지진하중 및 풍하중에 대한 초고층 구조물 성능평가 전산플랫폼 개발				
	(3)차년도 - 구조체/비구조체의 손상모델 및 보수비용 정보 등과 같은 리스크 평가에 필요한 DB 구축 - 초고층 건축물의 지진 및 풍하중에 대한 리스크 평가 모듈개발				
	(4)차년도 : 초고층 건물의 성능기반 자동화 최적설계 전산플랫폼 개발 및 실용화				
			As-Is	단기(~18)	장기(~23)
					
			비정형 초고층 구조설계기술	차세대 성능기반 초고층 통합설계시스템	국내외 초고층 프로젝트에 적용
8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원)	정부 민간 총합	1,000 400 1,400	총 연구기간	4년
9. 기존의 선행연구	○ 비정형 통합설계 시스템 개발 (도시건축연구 사업, 09첨단도시 A01)				
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
	가. 최적화 구조설계	%	100	80	90
	나. 고속 전산 설계	%	100	70	85
	다. 리스크 평가	%	100	60	80
	라. 구조설계 통합플랫폼	%	100	85	95


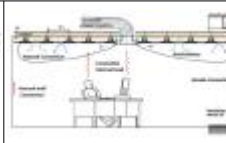


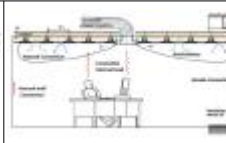


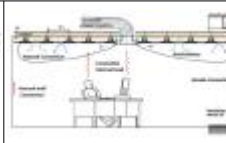

1. 제안과제명	초고층건물 유지관리를 위한 ICT기반 통합 SHM 시스템 개발		
제안기관	(주)창민우구조건설단트		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발( )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 <input type="radio"/> 구조공학과 ICT 기술을 융합하여 초고층 건물의 건전성을 통합적으로 관리할 수 있는 SHM 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 <input type="radio"/> 초고층건물의 응답을 효과적으로 계측할 수 있는 첨단 무선 센서 네트워크 기술 기반 최적 계측 시스템, 계측된 데이터를 바탕으로 구조물의 상태를 파악하는 자동화 해석 시뮬레이션 기반 분석시스템, 분석된 데이터를 이용한 통합 유지관리 시스템으로 구성된 통합 SHM 시스템 개발		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 <input type="radio"/> 최근 중동과 중국 등 신흥국가를 중심으로 도시의 상징적 의미를 갖는 초고층 건물의 건립 경쟁이 가속화되고 있음 <input type="radio"/> 초고층 건물의 경우 위험에 노출되었을 때(자연재해/테러 등) 대형 참사의 발생 가능성이 높음(삼풍백화점 붕괴, WTC 테러사건 등) <input type="radio"/> 최근에는 강변 테크노마트에서 원인을 알 수 없는 진동으로 거주자들이 대피하는 사건이 발생하였고 이에 영업정지로 인한 막대한 경제적 피해를 입었고 초고층 건물의 안전에 대한 불안감이 높아짐 <input type="radio"/> 이러한 일련의 사건들로 초고층 건축물의 구조적 안전에 대한 사회적 요구가 커지고 있음 <input type="radio"/> 구조적 안전에 대한 사회적 요구를 충족하기 위해 대상건물에 계측기를 설치하여 실시간으로 건축물의 구조적 안전을 모니터링하는 SHM(Structural Health Monitoring System)시스템의 도입이 필요 <input type="radio"/> 2012년 3월 “초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법” 제정 및 시행으로 50층 이상 또는 200m 이상인 구조물에 대하여, 계측설비 설치계획을 수립하도록 법제화되었으나 아직까지 초고층 건물에 효율적으로 적용할 수 있는 SHM 시스템 기술이 미비한 상태로 법규에 따른 실질적인 SHM 시스템 적용이 어려움		
	<input type="checkbox"/> 연구개발동향 <input type="radio"/> 국내기술 수준 및 동향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해운대두산위브더제니스(부산) : 바닷가 근처에 위치한 초고층 주거용 건물로 강한 바닷바람에 대해 건축물의 안전성을 상시 확인하기 위해 가속도, 풍향풍속, 변형률, 변위를 계측 항목으로 SHM 시스템이 운영되고 있음</li> <li>- 동북아무역센터(인천) : 인천 송도국제도시의 랜드마크 타워인 동북아무역센터(68층)에 대해서는 아웃리거와 기둥접합부의 변위 계측 및 Mega기둥과 아웃리거 변형률 계측 등 변위, 변형률, 가속도, 풍향풍속을 계측 항목으로 SHM 시스템이 운영되고 있음</li> </ul> <input type="radio"/> 국외기술 수준 및 동향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guangzhou New TV Tower : 2010년에 완공된 중국 광저우에 있는 높이 610m의 방송전파송출탑. 시공단계뿐만 아니라 시공완료 후에도 모니터링 시스템을 구축하여 상시계측을 수행 중에 있으며 800개의 센서를 통해 바람, 지진, 온도, 구조응답, 변형률, 가속도, 변위, 경사, 온도, 습도 등 건물의 안전 점검에 필요한 다양한 요인들에 대해 계측 중에 있음</li> <li>- 부르즈 칼리파(Burj Khalifa) : 2010년에 완공된 세계 최고층 건물로서 시공 중 및 완공 후에도 스트레인 게이지, 가속도계, 풍향풍속계 등 모니터링 시스템을 구축하여 안전관리를 수행 중에 있음</li> </ul>		

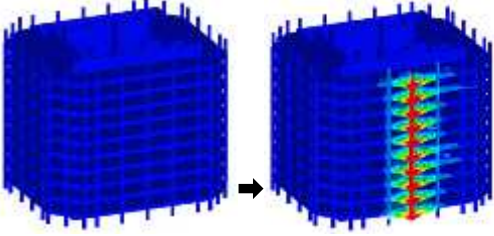
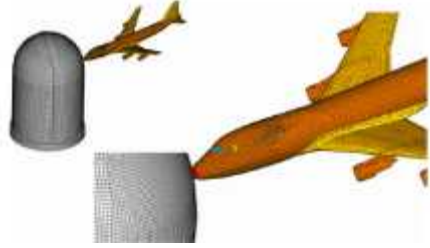
	<p><b>□ 파급효과</b></p> <p>○ 현재 적용되고 있는 SHM 시스템은 단순히 센서를 이용한 계측시스템 수준으로 제안하는 기술을 개발한다면 초고층 유지관리기술에 대한 원천기술 확보를 통해 세계적인 건설기술 시장에 우위를 차지할 수 있음</p>									
<p>4. 기술의 시장동향 및 규모</p>	<p><b>□ 시장동향 및 규모</b></p> <p>○ 전 세계 초고층 시장 규모는 계속 증가할 전망이며 2015년에는 560조 규모로 성장할 것으로 예상</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 건물 및 비정형 건물의 계획 및 시공이 증가하면서 시공 중 품질관리를 위해 수직/수평 변위를 계측할 필요성이 증대되고, 시공 후 건물의 사용성 및 안전성 유지를 위해 건물의 구조반응을 모니터링할 필요성이 증대되고 있음. 이에 따라 SHM 시스템 기술은 건설시장의 새로운 고부가가치를 창출하는 엔지니어링 분야가 될 전망이 높음</li> </ul> <p><b>□ 수출,입 효과</b></p> <p>○ 2015년 초고층 시장 규모를 기준으로 SHM 시스템은 전체 수주액의 약 1.2%라고 예상하면 SHM 시스템의 시장은 약 7조 규모가 되며 개발된 기술을 이용하여 약 10%의 프로젝트를 수주한다면 7,000억원의 기술수출에 대한 경제적 효과를 예상할 수 있음</p>									
<p>5. 연구개발 추진방법</p>	<p><b>□ 추진전략</b></p> <p>○ SHM 시스템 필요 소요기술을 도출하고 해당 기술 개발을 위한 실적과 역량을 갖춘 연구진을 구성하여 연구를 수행함</p> <p>○ 산재되어 있는 세계수준의 SHM 관련 연구 실적들을 바탕으로 통합 SHM 시스템 구축에 대한 연구를 수행하여 최단기간에 보유기술을 복합, 실용화함.</p> <p>○ 첨단 IT 기술을 기반으로 첨단센서, 무선네트워크 시스템, 자동화 해석 시뮬레이션 기술 및 유지관리 시스템을 융합하여 SHM 시스템에 대한 기술 시너지 효과 극대화 및 개발 기술에 대해 현장 적용에 대한 실용성을 강화함</p> <p>○ 연구 수행 과정 중 실무 엔지니어들과 지속적인 피드백을 통해 실무대응형 SHM 통합설계 시스템을 개발함</p> <p><b>□ 추진체계</b></p> <p>○ 추후 예정</p>									
<p>6. 기대효과 및 특기사항</p>	<p>○ 재난발생 시 효과적인 재난관리를 통해 인명 및 경제적 피해를 최소화</p> <p>○ 초고층 건물에 대한 상시 모니터링을 통해 거주자들의 안전에 대한 불안감을 해소</p> <p>○ 초고층 건물의 건전성 확보를 통해 유지관리 비용 절감 및 건물의 장수명화 구현</p> <p>○ 첨단 ICT 기술과의 융합을 통해 건설기술의 High-Technology로서의 기술력 상승 및 부가가치를 창출 할 수 있으며 세계적인 건설기술에 대한 경쟁력 확보 가능</p>									
<p>7. 기술개발 최종성과물</p>	<p><b>□ 최종성과물</b></p> <p>(1)차년도 : 첨단 무선 센서 네트워크 기술 기반 최적 계측 시스템 개발</p> <p>(2)차년도 : 자동화 해석 시뮬레이션 기반 분석시스템 개발</p> <p>(3)차년도 : 통합 유지관리 시스템 개발</p> <p>(4)차년도 : 통합 SHM 시스템의 실제 초고층 건물에 대한 상용화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반 엔지니어들을 위한 SHM 시스템 구축 가이드라인 개발</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">As-Is</th> <th style="width: 33%;">단기(~18)</th> <th style="width: 33%;">장기(~23)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>초고층 건물의 모니터링 시스템</td> <td>초고층 건물의 ICT기반 통합 SHM 시스템</td> <td>국내외 초고층 프로젝트에 적용</td> </tr> </tbody> </table>	As-Is	단기(~18)	장기(~23)				초고층 건물의 모니터링 시스템	초고층 건물의 ICT기반 통합 SHM 시스템	국내외 초고층 프로젝트에 적용
As-Is	단기(~18)	장기(~23)								
										
초고층 건물의 모니터링 시스템	초고층 건물의 ICT기반 통합 SHM 시스템	국내외 초고층 프로젝트에 적용								

8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원)	정부	1,200	총 연구기간	4년	
		민간	200			
		총합	1,400			
9. 기존의 선행연구	○ 시공 안정성 기술 개발 (첨단도시개발사업)					
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)		단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
	가. 최적 계측 시스템		%	100	70	90
	나. 해석 시뮬레이션		%	100	80	95
	다. 유지관리 시스템		%	100	80	95

1. 제안과제명	초고층 오피스용 다기능 냉난방 시스템 개발		
제안기관	서울대학교 산학협력단		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발( O )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ 초고층 건축물의 냉난방을 위한 복사 냉난방 패널 시스템/chilled beam system 제품 및 운전 제어 알고리즘 개발 <input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ 복사 냉난방 패널 시스템 개발 - 천장에 설치되는 천장 마감 일체형 알루미늄타입 냉난방 복사 패널 시스템 - 냉/온수 메인 파이프, 패널과 패널의 연결을 플렉시블 호스를 이용한 원터치 접속을 구현 - 바닥에 설치되는 액세스 플로어 일체형 스틸 타입 냉난방 복사 패널 시스템 - 배관 지지 및 상부 표면으로 열을 균등하게 전달시킬 수 있는 열확산층을 구성하여 상부 공간으로의 열전달 성능 향상 ○ Chilled beam system 개발 - 대류 및 복사에 의한 냉각효과를 이용하여 거주공간의 쾌적성과 에너지 절약을 동시에 만족 - 복사 열교환을 주로 이용하는 passive chilled beam과 강제대류에 의해 열전달 효율을 높인 active chilled beam 개발 - 복사 냉난방 패널 시스템과 chilled beam system의 운전 제어 알고리즘 개발		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 국내에서 조립식 냉난방 패널 시스템 및 chilled beam system은 현재 도입 초기 단계로서 친환경 건축물에서 시범 적용되고 있으며 국내의 건물 에너지 정책이 강화됨에 따라서 저에너지 건축물의 보급이 활성화될수록 더욱 확대될 것으로 판단됨 ○ 현재 1단계 연구를 통해 복사 패널 시스템의 개별 설계가 완료되었으며, pilot test 적용 이후 개선 사항을 도출하여 향후 조립식 냉난방 패널 시스템의 건물 적용 시 배관 압력 손실, 공간 기류 해석, 최적 circuit design 및 layout 설계, 시스템 zoning 등의 추가 연구가 필요함 ○ 유럽을 중심으로 개발 및 적용이 냉난방 패널 시스템 개발 분야에 있어서, 이를 공조 시스템까지 확대 연동할 수 있는 chilled beam system 개발의 중요성을 인식하고, 엔지니어링 및 관련 기술의 자체 확보가 시급하다고 할 수 있음 <input type="checkbox"/> 연구개발동향 ○ 국내기술 수준 및 동향 - 대표적인 에너지 다소비형 건물인 초고층 건물에서의 에너지 절약은 정책적으로 다양한 지원책이 수립되고 있는 추세임 - 국내에서 조립식 냉난방 패널시스템 및 chilled beam system은 현재 도입 초기 단계로서 친환경 건축물에서 시범 적용되고 있으며 국내의 건물 에너지 정책이 강화됨에 따라서 저에너지 건축물의 보급이 활성화될수록 관련 기술의 보급은 활성화될 것으로 판단됨 ○ 국외기술 수준 및 동향 - 복사 패널 시스템 및 공조시스템 연동 chilled beam system 통합 설계 및 제어 기술은 유럽을 중심으로 미국, 중국 등지에서 친환경 건축기술로서 활발하게 보급 활성화 되고 있음 - 특히 LEED 인증을 위한 주요 에너지 저감 기술 중 하나로써 유럽, 미국의 다양한 건물 적용 사례를 찾아볼 수 있음		

	<p><b>□ 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건물은 전공기 방식의 공조시스템을 채택할 경우 과도한 에너지 소비, 반송동력 증가 등의 문제점이 심화될 수 있으므로, 이에 대한 대안으로서 패널을 환경조절 장치로 활용하는 패널 시스템 및 chilled beam system에 대한 수요는 더욱 증가할 것으로 예상됨</li> <li>○ 천장/벽/바닥 마감 일체형 다기능 냉난방 패널 시스템 및 chilled beam system 환경 설비기술을 온돌기술과 함께 최고의 한국적 특화기술로 세계 수출</li> <li>○ 국내에서 조립식 냉난방 패널시스템은 현재 도입 초기 단계로서 친환경 건축물에서 시범 적용되고 있으며 국내의 건물 에너지 정책이 강화됨에 따라 저에너지 건축물의 보급이 활성화될수록 저에너지형 조립식 냉난방 패널시스템의 보급은 활성화될 것으로 판단됨</li> <li>○ 국내 기후 조건을 고려할 경우, 운영 단계에서 실내 온열 쾌적 및 결로 발생 문제, 환기 문제를 해결하기 위해서는 DOAS, UFAD 등 환기 및 제습 시스템과의 통합 공조 설비의 설계 및 운영 기술 개발이 필요함</li> <li>○ 또한 ACB와 같은 다양한 형태의 냉난방 기술이 보급됨으로써 실내 기류 순환을 개선하고, 환기를 통한 실내 공기질 문제도 해결 가능할 것임.</li> </ul>
<p>4. 기술의 시장동향 및 규모</p>	<p><b>□ 시장동향 및 규모</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Green City, Eco City 건설의 Parent Industry는 건설 산업으로 세계시장의 규모는 2007년을 기준으로 약 4조 5천억 달러로 추산됨. 시장 전망 전문기관인 'Global Insight'사, 미국의 건설전문 컨설팅 기관인 'FMI'사 및 건설전문 잡지인 'ENR'지에 따르면 전 세계 건설시장의 규모는 연평균 5~6%의 성장세가 당분간 지속될 것이라고 전망함. 따라서 2030년 15조 4천억 달러에 이를 것으로 전망됨</li> <li>○ 조립식 냉난방 패널 시스템은 건축물의 부재를 이용하여 공조부하를 경감시키는 방식으로, 국외에서는 천장복사냉방(Ceiling panel), TABS(Thermally Active Building System) 등 다양한 형태의 복사냉난방 시스템으로 시장이 확대되고 있으며, 국내에서는 일부 상업 건물에서 도입되기 시작하고 있음. 특히 초고층 건물은 전공기 방식의 공조시스템을 채택할 경우 과도한 에너지 소비, 반송동력 증가 등의 문제점이 심화될 수 있으므로, 이에 대한 대안으로서 복사 시스템을 환경조절 장치로 활용하는 패널 시스템 및 chilled beam system에 대한 수요는 더욱 증가할 것으로 예상됨</li> </ul> <p><b>□ 수출,입 효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건물용 복사 패널 시스템 개발 및 연관 기술 확보로, 해당 기술 국산화 및 해외 시장 점유율 확대가 기대됨</li> <li>○ 본 연구를 통하여 개발된 소재와 이를 이용한 부재 설계기술을 바탕으로 국내 건설사의 해외 초고층 시장 진출 시 수주 및 기술 경쟁력 향상이 기대됨</li> </ul>
<p>5. 연구개발 추진방법</p>	<p><b>□ 추진전략</b></p>  <p><b>□ 추진체계</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실용화 중심의 산학연 공동 연구 체계 구축</li> <li>○ 연구 성과물의 표준화 및 법/제도 개선 반영을 위한 정부 출연 기관 공동 협력 체계 구축</li> </ul>

<p>6. 기대효과 및 특기사항</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존의 천장 마감 및 뜬바닥 구조를 동일하게 이용할 수 있으므로, 냉난방 기능이 추가되었음에도 기존의 마감과 형상 및 기능이 동일하여 건축적으로 거부감이 없음</li> <li>○ 기존의 마감과 형상 및 설치, 유지 보수 방법이 동일하여 시공성 용이</li> <li>○ 높은 온도의 냉수로 냉방/낮은 온도의 온수로 난방을 하므로 에너지 절감 가능</li> <li>○ 기존 천장 및 바닥 마감재에 실의 냉난방을 위한 냉/온수 수송 파이프를 일체화 하여 유지 보수가 용이함(유지 보수 비용 절감 가능)</li> </ul>													
<p>7. 기술개발 최종성과물</p>	<p>□ 최종성과물</p> <p>(1)차년도 복사 냉난방 패설 시스템 및 chilled beam system 사전 조사 보고서 초고층 오피스용 복사 냉난방 패널 시스템 및 chilled beam system 시작품 (실험실 수준)</p> <p>(2)차년도 초고층 오피스용 복사 냉난방 패널 시스템 및 chilled beam system 제어 알고리즘 및 조절기 시작품 (현장 적용 수준)</p> <p>(3)차년도 초고층 오피스용 복사 냉난방 패널 시스템 및 chilled beam system 설계 도면 및 제품 (현장 적용 수준)</p> <p>(4)차년도 최종 제품 및 설계 도면, 현장 적용 모니터링 결과</p> <table border="1" data-bbox="770 920 1406 1227" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">As-Is</th> <th style="width: 33%;">단기(~18)</th> <th style="width: 33%;">장기(~23)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>패널시스템 개발 및 제품화</td> <td>패널시스템 및 chilled beam system 운영 알고리즘 개발 및 제품 현장 적용</td> <td>현장 평가 모니터링 및 브랜드화를 통한 제품 수출</td> </tr> </tbody> </table>					As-Is	단기(~18)	장기(~23)				패널시스템 개발 및 제품화	패널시스템 및 chilled beam system 운영 알고리즘 개발 및 제품 현장 적용	현장 평가 모니터링 및 브랜드화를 통한 제품 수출
As-Is	단기(~18)	장기(~23)												
														
패널시스템 개발 및 제품화	패널시스템 및 chilled beam system 운영 알고리즘 개발 및 제품 현장 적용	현장 평가 모니터링 및 브랜드화를 통한 제품 수출												
<p>8. 연구개발 과제의 규모</p>	<p>총 연구비 (백만원)</p>	<p>정부 민간 총합</p>	<p>21,000 7,000 28,000</p>	<p>총 연구기간</p>	<p>4년</p>									
<p>9. 기존의 선행연구</p>	<p>○ 국토해양부, 초고층 오피스용 냉난방 및 다기능 조립식 패널 시스템 개발 (2009.04.~2013.05.)</p>													
<p>10. 제안기술에 대한 평가</p>	<p>평가항목 (주요성능)</p>	<p>단위</p>	<p>세계최고수준</p>	<p>연구개발전 국내수준</p>	<p>개발목표치</p>									
	가. 방냉량	W/m <sup>2</sup>	90	70	99									
	나. 규격화정도	%	80	60	100									
	다. 제품완성도	%	80	70	100									

1. 제안과제명	항공기 충돌에 의한 초고층 건물 연쇄붕괴 방지 기술 개발 초고층 건물의 시공 중 붕괴 해석 및 방지 설계 기술 개발		
제안기관	건국대학교 건축공학과		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류Q 중분류Q1 소분류Q14	기초( ), 응용(O), 개발( )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 항공기 충돌의 특성 분석과 연쇄붕괴 성능평가 기법 분석</li> <li>○ 항공기 충돌의 정밀해석기법 및 연쇄붕괴 해석기술 개발</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현행 설계기준에서 고려하지 않는 소·대형 항공기 및 헬기 등의 충돌 등의 사건·사고에 의해 발생한 구조부재의 국부적인 손상으로 인해 구조물 전체의 파괴로 이어지는 연쇄 붕괴 현상에 대한 저항성능을 높이는 기술 개발</li> <li>○ 연쇄붕괴 방지 기술의 범위 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연쇄붕괴를 고려한 구조시스템 평가 및 개발</li> <li>- 연쇄붕괴 성능평가 기술 개발</li> <li>- 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술 개발</li> <li>- 항공기 충돌 해석/설계 기술 개발</li> <li>- 연쇄붕괴 방지용 주요 구조요소 개발</li> </ul> </li> <li>○ 전산유체해석을 통한 항공기와 초고층 구조물의 충돌해석 능력 및 기법 개발</li> <li>○ 연쇄붕괴 시뮬레이션을 통해 항공기와 초고층 구조물 충돌시의 영향 분석</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>&lt;폭발하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션&gt;</p>  <p>&lt;전산유체해석을 통한 항공기 충돌 시뮬레이션&gt;</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 충돌시의 영향을 분석하여 피해절감을 위한 방안 도출을 통해 사고 발생시 대규모 인명피해 예방 가능</li> </ul>		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전 세계적으로 빌딩의 초고층화가 가속화되는 가운데 신개념의 수직공간 창출을 위한 미래형 고부가가치의 초고층 도시 설계 기술 개발이 활발히 이루어지고 있는 가운데 이에 대한 안정성 확보에 대한 필요성이 대두됨</li> <li>○ 국외 사례의 경우 2001년의 뉴욕 세계무역 센터 및 펜타곤의 항공기 충돌에 의한 연쇄붕괴가 대표적이며, 2006년에는 뉴욕의 52층의 고층아파트에 소형 비행기가 충돌하는 등 건물의 초고층화로 인한 항공기와 건물의 충돌 피해가 발생하고 있음</li> </ul>		

- 국내 사례의 경우 삼성동 아이파크 아파트에 민간 헬기가 충돌하는 사고가 발생하였으며, 이에 따라 현재 건설 중인 제2 롯데월드와 관련하여 항공기 운항 안전 문제가 제기되고 있음



<세계 무역센터 및 펜타곤 항공기 테러사건>



<뉴욕 벨레어아파트 항공기 충돌 사고> <아이파크 헬기충돌 사고>

- 제2 롯데월드 건설을 필두로 국내의 초고층빌딩 건설이 가속화될 것이며 다양한 구조요소 및 시스템이 복합적으로 사용되는 초고층빌딩의 국내기술을 통한 안정성 확보가 요구됨

**□ 연구개발동향**

- 국내기술 수준 및 동향

(1)국내 기술개발 수준

세부기술		현재 기술수준			과제 완료시 국내 기술수준		
		기술수준 (%)	기술격차 (년)	비고	기술수준 (%)	기술격차 (년)	비고
연쇄붕괴 방지기술	항공기충돌 해석기술	60	4	도입	80	2	성숙

(2)국내 기술개발 동향

- 비정상 하중에 대한 설계분야에서는 1970년 마포구 창전동 와우 아파트 붕괴를 기점으로 1994년 아현동 도시가스폭발에 의한 주택붕괴, 1995년 삼풍백화점의 연쇄붕괴를 비롯하여 가스폭발, 화재, 발파, 지반침하 등에 의한 건물의 피해가 발생하고 있음에도 불구하고, 체계적인 접근보다는 임시적인 조치만 취하여 왔음
- 기존의 연구들은 대부분 재료 및 부재 수준의 내화성능과 관련된 연구이며, 구조물 전체의 거동 및 붕괴 기구에 관해서는 연구된 바 없음
- 항공기와 초고층빌딩의 충돌에 관한 연구논문은 없고, 단지 세계무역센터 건물에 한해서 항공기와의 충돌과 붕괴의 과정에 대한 연구 논문만 존재
- 2009년 후반기부터 시작된 초고층복합빌딩 사업단 과제에서 전산유체역학을 이용한 폭발하중의 정밀 수치모델링 기술과 철근콘크리트 구조물의 재료모델링 기술이 개발되기 시작하여 철근콘크리트 기둥 및 합성기둥의 폭발저항 성능 정밀해석 및 잔존하중지지능력 평가 기술이 실용화 단계에 접어들기 시작하고 있음

- 국외기술 수준 및 동향

(1)국외 기술개발 수준







세부기술	국외 현황 (주요선진국명)	국내 개발 현황	수준 (국외대비)
철골 보-기둥 접합부의 파괴실험 및 정밀 해석 모델	Myers, Houghton & Partners, Inc.(미국)	철골조의 설계변수에 따른 연쇄붕괴 거동평가	80%
구조의 폭발해석 및 방폭 설계	Karagozian & Case	철근콘크리트 구조물의 폭발 해석	70%

(2)국외 기술개발 동향

- 미국에서는 1995년 Oklahoma City의 Murrah Federal Building과 2001 New York의 World Trade Center의 붕괴 이후 연쇄붕괴 방지기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있음
- 미국의 엔지니어링 회사인 Myers, Houghton & Partners, Inc. 에서는 미국

	<p>국방부의 지원을 받아 철골 보-기둥 접합부의 파괴실험을 실시하고 정밀 해석 모델을 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 건축엔지니어링 회사인 Weidlinger Associates, Ove Arup 등에서는 연쇄 붕괴를 고려한 건물의 해석 및 설계 자동화 프로그램을 자체 개발하여 초고층건물의 설계 프로젝트에 적용하고 있음</li> </ul>																		
4. 기술의 시장동향 및 규모	<p><input type="checkbox"/> 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건물의 최적화</li> <li>○ 고부가가치 엔지니어링 기술</li> <li>○ 국내외 엔지니어링분야 점유율 확대</li> <li>○ 시공프로젝트 수주역량 강화</li> </ul>																		
5. 연구개발 추진방법	<p><input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연쇄붕괴를 고려한 건물의 해석 및 설계 자동화 프로그램 개발 및 공급이 주요 시장이며, 현재는 대부분 개발단계에 있음.</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 수출,입 효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해당없음</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 추진전략</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구의 기본 목표 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 항공기 충돌의 특성 분석과 연쇄붕괴 성능평가 기법 분석</li> <li>- 항공기 충돌의 정밀해석기법 및 연쇄붕괴 해석기술 개발</li> </ul> </li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 추진체계</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1단계 세부 추진계획 <table border="1" data-bbox="451 1070 1361 1193"> <thead> <tr> <th>연구개발내용</th> <th>세부추진 계획</th> <th>방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>항공기충돌 해석 기술</td> <td>항공기 충돌의 특성 조사 충돌하중에 대한 정밀해석 충돌하중에 대한 약산해석 기술 개발</td> <td>구조해석</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ 2단계 세부 추진계획 <table border="1" data-bbox="451 1238 1361 1344"> <thead> <tr> <th>연구개발내용</th> <th>세부추진 계획</th> <th>방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>항공기 충돌에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션</td> <td>충돌 후의 거동 해석 연쇄붕괴에 대한 성능평가</td> <td>구조해석</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ 3단계 세부 추진계획 <table border="1" data-bbox="451 1388 1361 1494"> <thead> <tr> <th>연구개발내용</th> <th>세부추진 계획</th> <th>방법</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>항공기 충돌에 의한 연쇄붕괴 방지설계</td> <td>충돌 하중의 효과를 저감시킬 수 있는 설계 방법을 제시함</td> <td>지침서 작성</td> </tr> </tbody> </table> </li> </ul>	연구개발내용	세부추진 계획	방법	항공기충돌 해석 기술	항공기 충돌의 특성 조사 충돌하중에 대한 정밀해석 충돌하중에 대한 약산해석 기술 개발	구조해석	연구개발내용	세부추진 계획	방법	항공기 충돌에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	충돌 후의 거동 해석 연쇄붕괴에 대한 성능평가	구조해석	연구개발내용	세부추진 계획	방법	항공기 충돌에 의한 연쇄붕괴 방지설계	충돌 하중의 효과를 저감시킬 수 있는 설계 방법을 제시함	지침서 작성
연구개발내용	세부추진 계획	방법																	
항공기충돌 해석 기술	항공기 충돌의 특성 조사 충돌하중에 대한 정밀해석 충돌하중에 대한 약산해석 기술 개발	구조해석																	
연구개발내용	세부추진 계획	방법																	
항공기 충돌에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	충돌 후의 거동 해석 연쇄붕괴에 대한 성능평가	구조해석																	
연구개발내용	세부추진 계획	방법																	
항공기 충돌에 의한 연쇄붕괴 방지설계	충돌 하중의 효과를 저감시킬 수 있는 설계 방법을 제시함	지침서 작성																	
6. 기대효과 및 특기사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발결과의 활용방안 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 안전한 초고층건물의 설계</li> <li>- 군 시설 및 대 테러 주요시설의 설계에 적용</li> <li>- 초고층건물 해외 수주활동 지원</li> <li>- 테스트베드 적용을 통한 개발기술 검토</li> </ul> </li> <li>○ 연구개발결과의 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 설계 엔지니어링 기술의 자립화를 통한 설계비 절감</li> <li>- 해외 초고층건물 시공 프로젝트 수주실적 향상</li> <li>- 초고층 설계 엔지니어링의 해외 진출</li> <li>- 초고층 프로젝트의 활성화</li> </ul> </li> </ul>																		
7. 기술개발 최종성과물	<p><input type="checkbox"/> 최종성과물</p> <p>(1)차년도 : 항공기 충돌의 특성 분석 및 정밀 모델링 기법 개발 (2)차년도 : 정밀 모델링 기법을 통한 항공기의 약산해석 기술 개발 및 연쇄붕괴 시뮬레이션</p>																		

	(3)차년도 : 항공기 충돌 후의 거동 해석 및 연쇄붕괴에 대한 성능 평가 (4)차년도 : 항공기 충돌에 의한 영향을 저감시킬 수 있는 방지 설계 방법 제안					
8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원)	정부	500	총 연구기간	2015.3~ 2019.2	
		민간	·			
		총합	500			
9. 기존의 선행연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존의 전산유체해석을 통한 선행 연구는 단면의 형상에 따른 철근콘크리트 기둥의 폭발저항 성능 평가 하거나 P-M 상관곡선을 이용한 철근콘크리트 기둥의 폭발 저항 성능 평가 등 부재 단위의 폭발 및 충돌 저항성능을 평가하는 용도로 주로 사용되었음</li> <li>○ 선행연구를 통하여 폭발하중에 의한 구조물 전체에서 발생하는 연쇄붕괴 해석 기술을 확보하였음</li> <li>○ 따라서 위 기술을 토대로 항공기 및 차량 충돌해석 기법을 접목하여 항공기 충돌에 의한 초고층 구조물 전체의 연쇄붕괴 해석을 수행 할 것</li> </ul>					
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)		단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
	가. 항공기 충돌 해석 능력		%	미국	30	80
	나. 연쇄붕괴 해석 능력		%	미국	50	80
	다. 전산유체해석 능력		%	미국	40	80
	라. 연쇄붕괴 방지 설계 기술		%	미국	25	70

1. 제안과제명	항공기 충돌 및 미사일 포격 등의 극한하중을 받는 구조물의 성능평가 기술 및 통합관리 시스템 개발		
제안기관	성균관대학교 건설환경시스템공학과		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	P-03-07 (시설물설계/해석기 술[건축])	기초( ), 응용( ), 개발( ○ )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 항공기 충돌 및 미사일 폭격과 같은 극한하중에 의하여 발생한 구조물의 손상을 파악할 수 있는 구조물 성능평가 통합시스템을 개발</li> <li>○ 극한하중에 의한 피해를 최소화할 수 있도록 최적설계 및 보강기법을 개발하여 손상된 부재의 위치와 손상의 정도를 신속히 파악할 수 있는 손상탐지기법 및 모니터링 시스템 개발</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한하중에 대한 구조해석 및 최적설계 통합시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한하중에 대한 정밀해석 기법 및 단순 모형화 기법 개발</li> <li>- 극한하중에 대한 성능기반 최적설계 알고리즘 개발</li> <li>- 극한하중 해석프로그램 입력 데이터 자동생성 인터페이스 모듈 개발</li> </ul> </li> <li>○ 극한하중에 대한 보강기법 개발 및 보강성능 입증 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한하중에 대한 보-기둥 접합부 거동 평가 및 보강방안 도출</li> <li>- 충격완화장치 및 에너지 소산장치를 이용한 부재 보강방안 도출</li> <li>- 극한하중 실험을 통한 보강부재 거동평가 및 보강성능 검증</li> </ul> </li> <li>○ 극한하중 직후의 구조물 안전성 평가기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비정형 구조물의 변형률 계측을 통한 안전성 평가 알고리즘 개발</li> <li>- 극한하중 패턴에 따른 변형률 응답 패턴 분석 연구</li> <li>- 비정형 구조물 잔존수명 예측 알고리즘 개발</li> </ul> </li> </ul>		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계 각국에서 테러 및 폭발, 충격에 의한 건물의 붕괴 및 인명의 손상이 빈번하게 발생하고 있으며, 한국테러정보통합센터에 따르면 이러한 추세는 2000년 이후 점차 증가하고 있는 것으로 나타남</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) 1995년 오클라호마시티</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b) 2001년 뉴욕 WTC</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(c) 2010년 연평도 포격</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">&lt; 테러 및 포격에 의하여 붕괴된 건물 &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ WTC 붕괴사고에 의하여 약 160억 달러의 재산손실과 약 50억 달러의 인명피해로 인한 경제적 손실이 발생</li> <li>○ 국내의 경우 북한의 군사도발로 인한 연평도 포격사태가 발생하여 많은 수의 민간에 피해가 발생하였으며 북한의 보유 미사일과 사정거리에 따라 상당히 높은 수준의 방호설계가 필요</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) 2011년 우면산 산사태</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b) 1945 옴파이스테이트 빌딩 항공기 충돌사고</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(c) 1992 네덜란드 항공기 충돌</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">&lt; 자연재해 및 항공기에 의한 충돌사고 &gt;</p>		

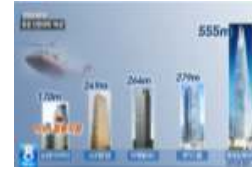
- 최근 기후변화에 의한 집중호우로 인한 산사태가 발생하고 있으며 애플이아 스테이트 빌딩의 군사항공기 충돌사고 및 네덜란드 민간 항공기의 아파트 충돌사고 등과 같이, 항공기 사고에 노출된 공항에 인접한 도심지의 사고방지를 위한 대책이 필요
- 2013년 삼성동 아이파크 경우 안개와 같이 순간적인 기후변화에 따라 발생하는 가시거리 미확보로 인한 헬기 충돌사고가 발생하였고, 이러한 항공기 충돌 사고에 대한 대책 및 연쇄붕괴 방지 설계 방법이 필요



(a) 2013년 아이파크 헬기충돌



(b) 날씨에 의한 가시거리 축소



(c) 초고건물 충돌높이 비교

<초고층 구조물에 의한 항공운항 충돌사고>

- 잠실 롯데 슈퍼타워와 같은 초고층 건물의 항공기 충돌사고 위험에 대한 우려의 목소리가 높아지고 있는 추세임
- 초고층 구조물은 충분한 여유도를 보유하여 항공기 충돌에 대한 구조물의 전체붕괴 발생 확률은 낮지만, 2차적인 화재 및 붕괴에 의한 위험은 정량적인 분석이 어려움에 따라 실시간 모니터링 관리 시스템이 필요

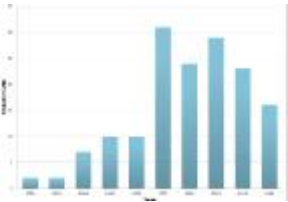
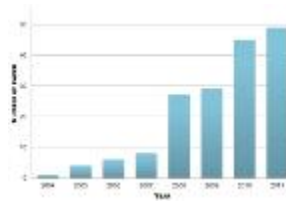
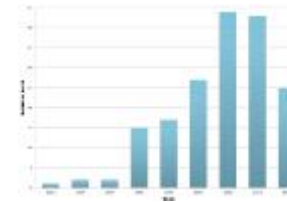
**□ 연구개발동향**

- 국내기술 수준 및 동향
  - 폭발하중에 의한 기둥의 파괴거동 연구를 통한 군사시설물 및 주요 산업시설물의 방폭설계 활용
  - 충격실험 및 해석적 연구를 통한 차량, 선박의 충돌 및 재료의 내충격 성능 개발
  - 다양한 구조시스템의 연쇄붕괴 해석을 통하여 초고층 건물의 연쇄붕괴 방지 설계에 활용
- 국외기술 수준 및 동향
  - 방폭설계 기술개발을 통한 설계 용역 서비스 제공
  - 폭발해석 소프트웨어 개발을 통하여 구조물에 가해지는 비정상하중에 대한 해석 및 연쇄붕괴 해석 등에 활용
  - 다양한 충격실험 및 해석적 연구를 통하여 군사시설물, 교통 및 항공관련 분야에 적용
  - 연쇄붕괴 자체 소프트웨어 개발을 통하여 군 관련 시설 및 초고층 건물 등의 연쇄붕괴 방지 설계 용역 수행
  - 광섬유 센서 기반 변형률 측정을 이용한 구조물의 모니터링 및 손상추정 연구를 통한 구조물의 안전성 평가 및 손상위치 검출기술 개발 및 적용
  - 광섬유 센서 제조와 응용기술분야에 관한 연구를 통하여 health monitoring 기술 개발
  - 가속도 센서, 레이저를 이용한 손상검출, 구조물의 상시 모니터링 기술 연구를 통한 구조물의 안전성 평가 및 손상위치 검출기술 개발

**□ 파급효과**

- 극한하중에 관한 기존의 연구는 주로 특화된 기관 또는 업체에서 고난도 해석 기법을 이용하여 구조물의 거동을 정밀하게 예측함에 따라, 소수의 전문가를 제외한 일반 엔지니어의 실무분야에 적용하기에는 한계가 있음
- 폭발 및 충격에 의한 붕괴해석분야의 경우 막대한 금액의 용역비를 요구하는 소수의 외국 전문 업체들이 시장을 선점
- 국내 구조공학의 기술수준을 높여 극한하중 관련 기술에 대한 저변을 확대하여 국산화된 새로운 산업분야의 창출이 가능
- 개발된 통합시스템을 이용할 경우, 일선 구조엔지니어링 회사에 보급함으로써 외국 기술에 대한 의존도를 줄임과 동시에 막대한 용역비 절감이 가능

<p>4. 기술의 시장동향 및 규모</p>	<p><input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모</p> <p>○ 국내의 경우 충돌 및 폭파사고가 빈번하게 발생하지는 않으나, 세계 유일의 분단국가의 위험 대비성을 고려하였을 때, 방폭설계 및 내충격설계는 반드시 고려되어야 하며 개발된 기술을 이용하여 해외 용역을 통한 새로운 수익 창출 가능</p> <p>○ 극한하중이 발생 할 경우의 피해비용 절감 효과는 지진에 비하여 낮은 수준이지만 대량의 인명피해를 예방하기 위하여 고려되어야 하며 사회기반시설을 포함하는 교량 및 구조물의 충돌 및 폭파사고의 사회적 편익 예측치는 약 8천억 가량의 비용 절감 가능</p> <p><input type="checkbox"/> 수출,입 효과</p> <p>○ 극한하중에 의한 구조물의 해석 및 모델링 기법 기술에 대한 연구 및 개발을 통하여 국산화된 기술을 확보하고, 기술을 보유하지 못한 국가에 수출하여 새로운 산업분야의 창출 가능</p>
<p>5. 연구개발 추진방법</p>	<p><input type="checkbox"/> 추진전략</p> <p>○ 1단계 연구에서는 각 분야별 요소기술 개발을 진행, 극한하중에 대한 정밀해석 결과를 바탕으로 단순한 하중모델 및 시뮬레이션 기법을 개발하고 개발된 해석기법에 최적설계기법을 추가하여 통합시스템 요소기술을 개발 및 손상된 구조물의 손상추정기법을 개발</p> <p>○ 2단계 연구에서는 노후 구조물의 발파해체 시뮬레이션 기법을 개발, 극한하중에 대한 해석/설계/시뮬레이션 통합시스템 구축을 통한 통합관리 시스템을 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 추진체계</p> <p>○ 극한하중에 대한 해석 모델링 기법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한하중의 단순 모형화</li> <li>- 연쇄붕괴 해석기법</li> </ul> <p>○ 극한하중에 대한 최적설계 통합시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 붕괴해석 솔버 개발</li> <li>- 데이터 자동분석 인터페이스 모듈 개발</li> </ul> <p>○ 극한하중에 대한 보강기법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 접합부 상세에 따른 극한하중 거동평가</li> <li>- 보강 부재의 폭발/충격 저항성능 검증</li> </ul> <p>○ 극한하중에 대한 계측 및 손상추정기법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 비정형 구조물 변형률 계측 시스템 구성</li> <li>- 구조물 잔존수명 예측 알고리즘 개발</li> </ul>
<p>6. 기대효과 및 특기사항</p>	<p>○ 극한하중 및 연쇄붕괴에 대한 해석/설계 통합시스템 개발을 통하여 일반 구조엔지니어링 사무소에 기술이전이 될 경우, 소수 전문가집단에 의하여 독점되던 관련 기술분야 기술이 실무 분야로 확산될 수 있으며 해외 엔지니어링 회사에 위탁하여 수행되던 극한하중 관련 용역의 국산화 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물의 시공 단계별 붕괴 안전성 검토</li> <li>- 구조물의 연쇄붕괴 방지설계 및 대테러 방호설계</li> </ul>
<p>7. 기술개발 최종성과물</p>	<p><input type="checkbox"/> 최종성과물</p> <p>(1)차년도 : 정밀 해석을 통한 극한하중 단순 모형화 모델을 이용한 구조물 변형 특성 계측방법 개발</p> <p>(2)차년도 : 연쇄붕괴 해석기법 및 성능기반 설계기법 개발을 통한 변형률 응답 패턴 분석 및 보강방법 개발</p> <p>(3)차년도 : 에너지 흡수 보강부재 개발을 통한 최적설계 알고리즘 개발 및 객체 지향형 통합 데이터베이스 구축</p> <p>(4)차년도 : 극한하중 설계 자동화 시스템 및 구조물 손상탐지 모니터링 시스템 개발을 통한 극한하중 통합관리 시스템 구축</p>










8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원)	정부	450	총 연구기간	2015.03 ~ 2019.02
		민간			
		총합	450		
9. 기존의 선행연구	<p>○ 지진하중이나 풍하중에 비교하여 극한하중에 대비한 구조물의 안전성 향상에 관한 연구는 소수의 전문가 및 전문업체에 국한하여 수행</p> <p>○ 뉴욕의 World Trade Center의 붕괴사고 이후, 극한하중에 대한 구조안전성 보장에 대한 관심이 대두되고 있는 추세</p> <p>○ 그림 3은 구조물의 연쇄붕괴, 폭발 및 충격, Health Monitoring과 관련된 연구논문의 게재 편수를 나타낸 것으로 2007년 이후 많은 연구가 수행</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) 폭발 및 충격</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b) 연쇄붕괴</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(c) Health Monitoring</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">&lt;연도별 연구논문 편수 변화&gt;</p>				
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계 최고수준	연구개발진 국내수준	개발 목표치
	가. 연쇄붕괴 해석기법	%	미국	50	80
	나. 극한하중에 대한 전산유체 해석	%	미국	40	80
	다. 극한하중저항 설계	%	미국	30	80
	라. Sensor기반 Health monitoring 기법	%	미국	50	80
	마. 연쇄붕괴 방지설계	%	미국	30	80

1. 제안과제명	초고층 수직공간의 활용성 최적화를 위한 공간설계기술 개발		
제안기관	세종대학교		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발( ○ )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표		
	<input type="radio"/> 초고층 건물의 공간적 활용성과 경제성 개선을 통한 도시경쟁력 확보 <input type="radio"/> 초고층설계분야의 개별적 연구를 통합하여 초고층공간설계기술 개발		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용		
	<input type="radio"/> 1단계과제의 지속적 연구개발과 추가과제를 통한 초고층공간의 연구 종합 <input type="radio"/> 저층부공간개발: 초고층과 도시 공간의 점점인 저층부 공간설계 연구 <input type="radio"/> 중층부공간개발: 렌터블 에어리어 최적화 및 가변적 공간 활용성 연구 <input type="radio"/> 고층부공간개발: 전망대 공간 건축계획 및 설계에 관한 연구		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성		
	<input type="radio"/> 초고층 개발에 따른 도시 공간의 경쟁력 확보 <input type="radio"/> 공간적 효율성을 높임으로서 초고층 개발의 경제적 가치 개선 <input type="radio"/> 전망대 연구를 통한 설계기준 선진화 및 초고층 어메니티 개발		
	<input type="checkbox"/> 연구개발동향		
	<input type="radio"/> 국내기술 수준 및 동향 - 초고층수직공간과 수평도시의 점점인 저층부공간의 체계적 연구 미흡 - 렌터블 에어리어에 대한 정량적 연구는 1단계연구가 세계 최초로 시도됨 - 전망대 설계기술은 체계화된 연구가 전무함 <input type="radio"/> 국외기술 수준 및 동향 - 저층부공간에 대한 담론적 논의는 많으나, 체계적인 연구결과는 미흡 - 렌터블 에어리어에 대한 설계적 접근에 대한 연구는 미흡하나마 존재하나, 정량적 측정에 대한 연구는 없음 - 전망대에 대한 연구는 벤치마킹에 수준으로 체계적인 연구 및 자료 미흡		
<input type="checkbox"/> 파급효과			
<input type="radio"/> 저층부공간개발: 도시공간의 경쟁력 확보를 통한 지속가능한 환경 구축 <input type="radio"/> 중층부공간개발: 업무시설 공간 최적화를 통한 초고층건물의 경제성 개선 <input type="radio"/> 고층부공간개발: 초고층 어메니티 개발을 통한 특정분야 설계기술 선진화			
4. 기술의 시장동향 및 규모	<input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모		
	<input type="radio"/> 글로벌 시장에서 특정분야 기술선점을 통한 경쟁력 확보가 절실함 <input type="radio"/> 건물의 수명화에 의한 초고층건축물 공간의 경제성 확보가 요구됨 <input type="radio"/> 실용화를 목적으로 하는 연구 개발이 필요함 <input type="radio"/> 고밀도시의 지속가능한 환경을 위한 건축계획/설계기술 개발이 필요함 <input type="radio"/> 중국의 초고층 건설시장의 약진으로 선진설계기술의 수출가능성 확대됨		
	<input type="checkbox"/> 수출,입 효과		
5. 연구개발 추진방법	<input type="checkbox"/> 추진전략		
	<input type="radio"/> 렌터블 에어리어 공간 활용성 연구 및 분석 소프트웨어 개발 <input type="radio"/> 렌터블 에어리어 공간의 가변적 활용성에 대한 설계 기술 개발 <input type="radio"/> 수직연결성 및저층부/고층부 공간에 대한 연구 수행 및 설계 기술 개발 <input type="radio"/> 단계적인 연구결과를 통합하여 초고층공간설계기술 성과 도출		

	<input type="checkbox"/> 추진체계				
	○ 초고층개발의 근간 분석: 도시 밀도와 초고층건물의 공간관계 조사/분석 ○ 복합적인 용도에 따른 공간 특성 분석 및 가변적 공간계획 연구 ○ 초고층매스와 공간관계 분석: 정량적 측정을 통한 DATA 분석 ○ 전망대계획의 특성분석: 저층부와 고층부의 연결적 동선을 중심으로 분석				
6. 기대효과 및 특기사항	○ 초고층건물의 공간설계연구를 통한 건축설계기술의 선진화 ○ 측정가능한 소프트웨어 개발을 통한 초고층건설의 경제성 개선 ○ 최적화된 수직도시의 구현을 통한 지속가능한 도시환경 구축				
	<input type="checkbox"/> 최종성과물				
7. 기술개발 최종성과물	(1)차년도 중층부공간연구(렌터블 에어리어)로 개선된 공간효용성 분석 프로그램 건물의 장수명화에 대비한 가변적 공간 활용성에 대한 설계기술 관련 연구에 대한 논문 발표 (2)차년도 저층부공간연구(복합공간)를 통한 공간계획 및 설계가이드 관련 연구에 대한 논문 발표 (3)차년도 고층부공간연구(전망대)를 통한 공간/시설계획 및 설계가이드 관련 연구에 대한 논문 발표 (4)차년도 전년도 연구를 통합한 실용프로그램 및 초고층 수직공간 설계기술지침 관련 기술들의 특허 출원 및 논문 발표				
8. 연구개발 과제 의 규모	총 연구비 (백만원)	정부	400	총 연구기간	5년
		민간	100		
		총합	500		
9. 기존의 선행연구					
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
	가. 렌터블 에어리어 확보기술	%	미국	70%	100% (독자개발)
	나. 공간계획의경제적 가치	%	미국	60%	90% (기술선도)
	다. 전망대설계기술	%	미국,일본	50%	90% (기술선도)

1. 제안과제명	초고층 건축의 수직동선계획 및 피난계획 설계기술 개발		
제안기관	서울대학교 / 충남대학교		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	Y14-EI03-EI0307	기초( ), 응용( ), 개발( O )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축의 성능기반 엘리베이터 계획 수립 소프트웨어 프로그램 개발</li> <li>○ 초고층 건축의 수직동선계획과 연계한 피난계획 설계지침 및 시뮬레이션 프로그램 개발</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축의 엘리베이터 계획 수립 소프트웨어 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기 개발한 엘리베이터 계획수립 프로그램(A-RIDE*)의 수정·보완</li> <li>- A-RIDE의 디지털 설계도구와의 연동 방안 연구</li> </ul> </li> <li>○ 초고층 건축의 수직동선 계획과 연계한 피난계획 설계지침 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 건축의 피난안전구역계획, 피난대피층 계획, 피난용 엘리베이터 계획과 관련한 계획 지침 수립</li> <li>- 현행 초고층 건축의 피난·방재 관련 법령 검토 및 개정방향 제안</li> <li>- 초고층 건축의 피난 시뮬레이션 프로그램 개발</li> <li>- 초고층 건축의 수직동선계획 및 피난계획 수립에 따른 시뮬레이션 프로그램 개발</li> </ul> </li> </ul> <p>※A-RIDE : 1단계 초고층빌딩설계기술연구단 연구과제를 통해 개발한 프로그램으로서 초고층 건축의 계획 초기단계에서 간단한 기본정보만으로 엘리베이터계획 대안을 제시해 주는 웹기반의 컴퓨터 프로그램임.</p>		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축의 엘리베이터 계획 수립 소프트웨어 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 초고층 건축의 엘리베이터 계획과 관련하여, 수립된 계획을 검증하는 시뮬레이션 프로그램은 존재하나, 계획 자체를 수립해 주는 프로그램은 전 세계적으로 존재하지 않는 상황이었음</li> <li>- 1단계 연구과제를 통해 개발한 A-RIDE는 초고층 건축의 엘리베이터 계획을 수립해 주는 최초의 시도이며, 유의미한 결과도출을 검증한 상태임</li> <li>- 하지만, 초고층 건축설계 과정에서 보다 유용한 활용을 위해서는 현재의 프로그램을 수정·보완할 필요성이 있음</li> </ul> </li> <li>○ 초고층 건축의 수직동선계획과 연계한 피난계획 설계지침 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 초고층 건축물의 피난·방재 계획에 대한 관련 법령 및 제도 마련이 미비한 상황으로 대규모 재해 방지를 위해서는 이와 관련한 연구의 진행을 통해 계획 지침 마련 및 법령 개정이 필요한 상황임</li> <li>- 초고층 건축의 피난은 수직동선계획(엘리베이터, 계단 등)과 밀접하게 관련되며, 피난안전구역 및 대피층 계획 역시 수직동선계획의 연장선 상에서 이루어져야 함</li> <li>- 초고층 건축물에서는 피난층(지상층)까지의 단시간 대피 및 이동이 현실적으로 어려운 측면이 있기 때문에 다양한 방법의 피난대책 수립과 거주자 신체 특성을 고려한 피난방법 마련 등의 연구가 이루어져야 할 것임</li> </ul> </li> <li>○ 초고층 건축의 피난 시뮬레이션 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 건축의 수직동선계획 및 피난계획 수립 이후 이에 대한 검증을 위한 시뮬레이션 프로그램의 개발이 필요함</li> <li>- 현재 국내외 주요 상용화 피난대피 시뮬레이션 프로그램은 초고층 건축의 피난 상황에 최적화되어 있지 않은 상황임</li> <li>- 새롭게 마련되는 피난계획 수립 지침에 부합하는 시뮬레이션 프로그램의 개발이 필요함</li> </ul> </li> </ul>		

	<p><b>□ 연구개발동향</b></p> <p>○ 국내기술 수준 및 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 초고층 건축의 엘리베이터 계획은 엘리베이터 제작업체 및 전문 컨설팅업체에 의존하고 있어 건축설계를 진행하는 건축가의 입장에서는 경제적이고 효율적인 설계 진행에 어려움이 있음</li> <li>- A-RIDE가 정교하게 수정·보완되어 보급된다면, 초고층 건축의 엘리베이터 계획 분야에서는 전세계적으로 선도적인 위치를 점할 수 있을 것으로 판단됨</li> <li>- 국내 초고층 건축의 피난 및 방재 분야는 관련 법령의 미비로 인해 계획 지침 혹은 설계기술의 개발 자체가 제대로 이루어지지 못하고 있음</li> <li>- 피난 시뮬레이션의 경우 국내외 상용화 프로그램을 통해 다양하게 연구되고 있지만 초고층 건축물에 최적화된 피난 시뮬레이션 프로그램은 현재 국내에서 이루지지 않은 상황임</li> </ul> <p>○ 국외기술 수준 및 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 건축의 엘리베이터 계획은 국외의 경우에도 해당 전문가의 지식과 경험에 의존하고 있으며, A-RIDE와 같이 즉각적인 대안 제시가 가능한 프로그램의 개발은 이루어지지 않은 상황임</li> <li>- 해외 선진국의 경우 초고층 건축의 피난 및 방재와 관련하여 성능기반 피난 설계 및 그에 따른 규정들이 제정되어 있음</li> <li>- 다양한 피난 대피 시뮬레이션 프로그램이 초고층 건축물의 계획 과정에서 사용되고 있으며 초고층 빌딩용 피난 시뮬레이션 프로그램도 개발되어 특허출원 등이 진행되고 있음</li> </ul> <p><b>□ 파급효과</b></p> <p>○ 초고층 건축의 엘리베이터 계획 수립 소프트웨어 프로그램 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A-RIDE의 최종 개발이 완료될 경우, 초고층 건축의 설계과정에서 건축가가 경제적이고 효율적인 엘리베이터 계획을 신속하게 수립 가능함</li> <li>- 이는 해당 분야 설계기술에 있어 세계적으로 선도적인 위치를 점할 수 있음을 의미하며, 초고층 설계프로세스를 대폭 단축시킬 수 있음</li> <li>- 초고층 건축의 엘리베이터 계획은 코어계획의 핵심 분야이며, 효율적인 코어계획은 초고층 건물의 이동효율성 향상뿐만 아니라 시공비 절감, 전용면적 증가에 따른 사업성 향상 등과 같이 전반적인 계획의 질적 향상을 유도할 수 있음</li> <li>- 초고층 건물을 설계하는 건축가의 입장에서는 평면계획의 경제성 및 효율성을 감안하여 다양한 엘리베이터 계획 대안들을 프로그램(A-RIDE)을 통해 손쉽게 수립하고 검토해 볼 수 있기 때문에 대단히 유용한 설계지원 도구로 활용할 수 있음</li> </ul> <p>○ 초고층 건축의 수직동선계획과 연계한 피난계획 설계지침 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초고층 건축의 설계과정에서 명확한 피난계획의 반영이 가능함</li> <li>- 국내 관련 법령 및 제도 개선의 기초자료로 활용할 수 있으며, 설계기준 및 심의기준의 자료로 활용할 수 있음</li> <li>- 성능기반의 실질적인 피난계획 수립으로 초고층 건물의 화재 등에 따른 재난상황에서 피해를 최소화할 수 있음</li> </ul> <p>○ 초고층 건축의 피난 시뮬레이션 프로그램 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 앞서 제시한 초고층 피난계획 수립 지침에 적합한 시뮬레이션 프로그램의 개발을 통해 피난계획의 검증도구로 활용할 수 있음</li> </ul>
<p>4. 기술의 시장동향 및 규모</p>	<p><b>□ 시장동향 및 규모</b></p> <p>○ 국내 시장동향 및 규모</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 대부분의 대형 설계사무소에서 초고층 건축물을 설계하고 있음</li> <li>- 국내의 초고층 건축물뿐만 아니라 향후 동남아시아 등의 개발도상국에서 초고층 건축물에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되며, 국내 건축설계사무소 및 건설사의 해외 진출이 증가할 것으로 판단됨</li> <li>- 개발하고자 하는 엘리베이터 계획수립 프로그램(A-RIDE) 및 피난 시뮬레이션 프로그램의 경우 대부분의 국내 설계사무소 및 엔지니어링 업체에서의</li> </ul>

	<p>수요가 예상됨</p> <p>○ 국외 시장동향 및 규모</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국외의 경우 역시 엘리베이터 계획을 수립해주는 프로그램이 현재 존재하지 않는 상황임</li> <li>- 전세계 초고층 건축물을 설계하는 건축설계사무소 및 엔지니어링 업체가 본 연구를 통해 개발하게 될 A-RIDE의 수요시장이라 할 수 있음</li> <li>- 피난계획 지침 및 피난 시뮬레이션 프로그램의 경우, 현재 관련 제도가 정착되어 있지 않은 개발도상국에 보급할 수 있을 것으로 판단됨</li> </ul>											
	<p><input type="checkbox"/> 수출,입 효과</p>											
	<p>○ A-RIDE : 초고층 건축물의 엘리베이터 계획 수립 프로그램</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전세계 건축설계사무소 및 엔지니어링 업체에 보급(수출) 가능</li> <li>- 상업용 프로그램으로 개발하여 판매할 것인지에 대해서는 추후 결정</li> </ul> <p>○ 피난 시뮬레이션 프로그램</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전세계 건축설계사무소 및 엔지니어링 업체에 보급(수출) 가능</li> <li>- 현재 구입하여 사용하고 있는 해외의 관련 시뮬레이션 프로그램을 대체할 수 있을 것으로 예상됨</li> </ul>											
<p>5. 연구개발 추진방법</p>	<p><input type="checkbox"/> 추진전략</p>											
	<p><input type="checkbox"/> 추진체계</p>											
<p>6. 기대효과 및 특기사항</p>	<p>초고층 건축의 수직동선계획 분야에서 세계적 수준의 설계기술 확보 ( ⇒ 초고층 건축 전반의 설계기술력 향상 유도 ) 성능기반의 초고층 피난계획 설계지침 개발을 통한 정책적, 제도적 개선 유도</p>											
<p>7. 기술개발 최종성과물</p>	<p><input type="checkbox"/> 최종성과물</p> <p>(1)차년도 - 초고층 엘리베이터 계획수립 프로그램 A-RIDE (ver.1) : 기존 A-RIDE에 대한 수정·보완 국내외 초고층 건축물의 피난계획 법규검토 및 사례자료집 : 국내외 초고층 건축물의 피난 관련 법규 및 제도 분석 : 국내외 초고층 건축물의 피난계획 설계사례 조사분석</p> <p>(2)차년도 - 초고층 엘리베이터 계획수립 프로그램 A-RIDE (ver.2) 초고층 건축의 피난계획 설계지침 수립</p> <p>(3)차년도 - 초고층 건축의 피난 시뮬레이션 알고리즘 개발</p> <p>(4)차년도 - 초고층 건축의 피난 시뮬레이션 프로그램 개발 (ver.0)</p>											
	<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <thead> <tr> <th style="width:33%;">As-Is</th> <th style="width:33%;">단기(~18)</th> <th style="width:33%;">장기(~23)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>건축가 및 관련 전문가의 경험적 지식에 의한 계획 수립</td> <td>- 계획수립도구(A-RIDE)를 통한 최적의 계획안 도출 - 수직동선계획과 연계한 피난계획 설계지침 수립</td> <td>'수직동선계획수립 - 피난계획수립 - 피난시뮬레이션을 검증의 원스톱(One-Stop) 계획프로세스 구축</td> </tr> </tbody> </table>			As-Is	단기(~18)	장기(~23)				건축가 및 관련 전문가의 경험적 지식에 의한 계획 수립	- 계획수립도구(A-RIDE)를 통한 최적의 계획안 도출 - 수직동선계획과 연계한 피난계획 설계지침 수립	'수직동선계획수립 - 피난계획수립 - 피난시뮬레이션을 검증의 원스톱(One-Stop) 계획프로세스 구축
As-Is	단기(~18)	장기(~23)										
												
건축가 및 관련 전문가의 경험적 지식에 의한 계획 수립	- 계획수립도구(A-RIDE)를 통한 최적의 계획안 도출 - 수직동선계획과 연계한 피난계획 설계지침 수립	'수직동선계획수립 - 피난계획수립 - 피난시뮬레이션을 검증의 원스톱(One-Stop) 계획프로세스 구축										
<p>8. 연구개발 과제의 규모</p>	<p>총 연구비 (백만원)</p>	<p>정부</p> <p>민간</p> <p>총합</p>	<p>총 연구기간</p>									

<p><b>9. 기존 의 선행연구</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3차원 GIS를 이용한 초고층 피난시물레이션 프로그램 개발 (2008)</li> <li>○ 초고층 건축물의 화재피난안전성능 및 환경변화 평가 (2008)</li> <li>○ 계획이 완료된 초고층 건축물의 피난성능에 대한 평가 및 검증에 관한 연구로 계획단계에서의 피난이 고려되지 않음</li> <li>○ 초고층빌딩을 위한 속도 420m/min급 에너지 절감형 엘리베이터 권상기 개발 기술 개발 (2013)</li> <li>○ 새로운 초고층 Rope-less 엘리베이터용 고효율 PMLSM 최적 설계 및 제어 알고리즘에 관한 연구 (2010)</li> <li>○ 초고층 엘리베이터에 적용하는 기술에 관한 연구로 계획적인 측면에 대한 고려가 포함되지 않음</li> <li>○ 초고층 건축물의 피난공간 도입에 관한 연구 (2008)</li> <li>○ 초고층빌딩 설계기술 연구단 : 3-6세부 초고층 수직동선 계획 및 평가기술 (2011)</li> <li>○ 초고층 수직동선계획과 피난공간계획에 관한 연구는 별도로 진행하였으나, 피난을 고려한 수직동선(엘리베이터)계획에 관한 연구는 진행되지 않음</li> </ul>				
<p><b>10. 제안기술에 대한 평가</b></p>	<p>평가항목 (주요성능)</p>	<p>단위</p>	<p>세계최고수준</p>	<p>연구개발전 국내수준</p>	<p>개발목표치</p>
가.					
나.					
다.					
라.					
마.					
바.					

1. 제안과제명	고강도 합성구조의 초고층 건축물 적용 기술 개발		
제안기관	롯데건설(주)		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발( ), 실용화/사업화(○)
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ 초고층 1단계 연구 성과를 초고층 구조물의 고강도 합성부재에 적용하여 시공성 부분을 고려하여 공기단축(5% 단축), 원가절감(10% 절감), 품질개선(보수보강 비용 10% 절감)의 효과를 가져오는 것을 목적으로 함. 고성능 재료 및 정밀시공기술의 현장 적용을 통해 기술검증을 완료하고 세계 건설 시장 선도 및 세계 시장 공급을 목표로 함		
	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ HSA800, 고강도 합성부재(CFT), 고강도 전단스터드 등의 연구성과를 기반으로 초고층 현장의 넓은 범위에 적용. 현장에서의 고강도 구조설계의 적합성, 시공성 평가 및 품질 개선 연구		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 초고층 건축물의 구조성능 및 공간 효율성 향상, 중량 저감, 경제성 확보를 위해서는 고성능 초고강도의 강재 및 콘크리트의 적용이 필수적임. 초고강도 구조재료를 초고층 건축물에 효과적으로 적용하기 위해서는 강·콘크리트의 합성 구조 설계 기술이 필요함 ○ 초고층 1단계 연구 성과에 대한 현장 적용 미비 그리고 시공시 발생하는 문제점 개선이 필요하고 적용후의 유지관리 검토가 필요함		
	<input type="checkbox"/> 연구개발동향 ○ 국내기술 수준 및 동향 - 고강도 강재 및 고강도 콘크리트의 적용 기술 수준은 최상임. 국내 초고층 잠실 HSA800 일부 부재 적용되고 있음 ○ 국외기술 수준 및 동향 - 현재 인장강도 800MPa급 강재, 항복강도 600MPa급 철근, 100MPa급 콘크리트는 개발이 거의 완료된 상태. 강도, 내력, 강성을 고려한 단면성능면과 시공성면에 대해 강도조합의 연구가 이루어지고 있음		
	<input type="checkbox"/> 파급효과 ○ 현재의 구조설계기준은 강재는 인장강도 600MPa급, 콘크리트는 70MPa급 수준으로 최대강도를 제한하고 있어, 향후 현재에 비해 30~40%의 강도 증가로 개발되는 초고강도 구조재료의 활용 및 초고층 건축물 적용에 대한 설계기준 개정과 활용도가 증가할 것으로 전망됨.		
4. 기술의 시장동향 및 규모	<input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모 ○ 1980년대까지 초고층 건축물의 구조형식은 대부분 강구조가 주를 이루었으며, 1980년대 이후, Bank of China, Tapei 101등 합성구조기술이 적용된 초고층 건축물들이 건설되면서 2014년 현재 50층 높이의 초고층 건축물에 합성구조 부재기술들이 적용되고 있음. 추후 초고층의 수요는 국내 뿐만 아니라 국외에서도 증가할 것임		
	<input type="checkbox"/> 수출,입 효과 ○ 초고층 대형화 추세에 부합하는 합성 구조부재 상세 개발을 통해 기술 선도적 역량강화 및 해외 초고층 수주에 기여		

5. 연구개발 추진방법	<input type="checkbox"/> 추진전략				
	○ 초고층 핵심 요소기술 자립화로 초고층 기술 선도국가로 국가 이미지 제고				
6. 기대효과 및 특기사항	<input type="checkbox"/> 추진체계				
	○ 1단계 초고층 연구 성과 정리 -> 초고층 현장 사전 검토(도면 및 계산서) -> 초고층 현장 적용성 검토 -> 초고층 현장 요건에 맞는 사이즈의 Mock-up test 결과 및 분석 -> 초고층 현장 검토 요구사항 정리 및 분석 -> 결과에 대한 성과 및 홍보 추진				
7. 기술개발 최종성과물	<input type="checkbox"/> 최종성과물				
	(1)차년도 : 초고층 고강도 강.콘크리트 적용 사례 조사 보고서 (2)차년도 : 고강도 합성부재 성능 연구 및 현장 적용에 대한 논문 및 특허 (3)차년도 : 시공성, 품질, 원가 절감에 대한 경제성 분석 보고서 (4)차년도 : 초고층 현장 적용에 대한 유지관리 보고서 (5)차년도 : 초고층 현장 적용에 대한 성과 홍보				
8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원)	정부	250	총 연구기간 (5년)	5년
		민간	500		
		총합	750		
9. 기존의 선행연구	○ 기존 선행 연구 - 초고강도 콘크리트 개발 - 고강도 콘크리트 펌프압송 적용기술 - 초고층 빌딩 시공기술연구단(고성능 재료 기술 개발) ○ 고강도 강.콘크리트의 현장 적용에 대한 피드백과 유지관리 분석이 필요한 시점임				
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
	가.				
	나.				
	다.				
	라.				
	마.				

1. 제안과제명	실시간 모니터링기술기반 초고층프로젝트 통합관리기술		
제안기관	서울대학교		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	EI-04-02	기초( ), 응용( ), 개발( O ), 실용화/사업화( )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표		
	<p>○ 본 연구는 초고층 프로젝트에 대하여 (1)실시간 모니터링 기술을 활용하여 초고층 프로젝트 수행 중에 발생하는 정보(공정/원가/노무/자원 등)를 수집하고 (2)수집된 정보를 BIM기반 시스템을 활용하여 통합 관리하며 (3)데이터분석 및 시뮬레이션을 수행하여 프로젝트의 리스크를 사전에 예측하고 현장의 불확실성에 실시간으로 대응하는 기술을 개발하는 것을 목적으로 함.</p>		
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 내용		
	<p>○ 실시간위치추적기술(RTLS, Real Time Locating System), 스마트모바일(Smart-Mobile) 등의 첨단 자동화 정보 수집기술을 활용하여 초고층 프로젝트의 진행상황을 실시간으로 모니터링함으로써, 기존의 서류상으로 파악되는 기본적인 프로젝트 정보 외에도 프로젝트 수행 상황에서 다각적으로 변화하는 정보를 수집하여 데이터 관리 및 분석을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 다양한 프로젝트 모니터링 기술 활용 방법론을 검토하고 실시간 정보수집 시스템을 개발함.</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;"> <b>웨어러블 컴퓨터 기반 영상공간정보 추적기술</b>  <b>BIM- 3D scanner 기반 공정 및 품질 관리 기술</b> </p> <p style="text-align: center;">&lt;첨단 자동화 정보 수집기술&gt;</p> </div> <p>○ BIM(Building Information Modeling), PMIS(Project Management Information System), 웹(Web)기반 데이터베이스 기술 등을 활용하여 모니터링 기술 활용에 의해 실시간으로 축적되는 정보를 통합적으로 관리하며 프로젝트 참여자에게 요구정보를 실시간으로 제공하는 웹기반 초고층프로젝트 통합정보관리 시스템을 개발함(본 시스템 개발은 1단계 연구 성과물을 기초로 하며 1단계 연구 범위인 공정/원가 정보 외 노무/자원/안전/품질 등 프로젝트 관리 분야 전반의 프로젝트 정보로 범위를 확장함)</p> <p>○ 실시간으로 수집되고 관리되는 정보를 기초로 데이터분석 및 시뮬레이션기술(Discrete Event Simulation, Agent Based Simulation 등)을 활용하여 초고층 프로젝트에서 발생하는 다양한 리스크를 사전에 예측하고 현장의 불확실한 상황에 실시간으로 대응하는 의사결정지원시스템을 개발함(본 시스템은 1단계 연구의 성과물인 공사기간예측모델, 양중시간예측모델, 자재관리최적화모델 등에서 다뤘던 범위 이외의 노무/자원/안전/품질 등으로 다양한 프로젝트 관리 분야 및 리스크로 범위를 확장함)</p>		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성		
	<p>○ 미국 노동통계국에 따르면 지난 50년간 타 산업분야의 생산성이 2배 이상 높아진데 반해 건설산업의 생산성은 변화가 없으며(미국 노동통계국), 건설 공사의 생산성 향상을 위한 노력에 앞서 건설공사 진행상황의 정확하고 다각적인 측정이 필요하며, 이에 첨단 IT기술을 모니터링 기술의 필요성과 수요가 증</p>		

	<p>가하고 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 프로젝트의 생산성 향상을 위한 노력이 주로 새로운 재료 및 공법 도입 등에 집중되는 반면 프로젝트 정보 관리에 대한 고려가 아직 미흡함. 프로젝트의 규모 및 수행방식 등의 환경 변화에 따라 다양하게 변화하는 방대한 규모의 프로젝트 정보를 통합적 관점에서 관리하고 분석해야할 필요성이 제기됨</li> <li>○ 초고층 프로젝트는 과거 수행사례가 적어 생산성 저해, 비용할증 등의 불확실한 상황이 불규칙적으로 발생하므로 실시간 모니터링 기술을 통해 수집한 프로젝트 정보를 실시간으로 분석함으로써 불확실성을 제어하고 프로젝트 관리자의 선제적(Proactive)인 의사결정을 지원하는 시물레이션 기술이 필요함</li> <li>○ 시물레이션 기술 분야의 기존의 통합된 단일 시물레이션 시스템만으로는 대규모 초고층 프로젝트의 복합적인 정보처리가 어려워 분산형 시물레이션 플랫폼 구축이 필요함. 이는 다수 시물레이터의 연동, 시물레이터와 모니터링 시스템 및 BIM의 연동 등을 가능케하여 시물레이션을 통한 복합적인 의사결정을 효과적으로 지원함</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 연구개발동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내기술 수준 및 동향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장 실시간 모니터링 기술은 개발되어 있으나, 실제 초고층 프로젝트 현장에 적용하기 위한 기술 도입이 필요한 시점이며, 모니터링을 통해 수집된 데이터의 활용 과정에서 BIM 기반 데이터 통합관리에 대한 부분은 기초 수준에 있음</li> </ul> </li> <li>○ 국외기술 수준 및 동향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국외에서 개발되고 있는 기술은 주로 초고층 프로젝트의 불확실성을 제어하는 방법에 초점을 맞추어 있으며, 리스크 분석을 통해 공정, 원가, 노무 생산성의 불확실성을 최소화하고 공사관리에 활용하려는 노력을 함</li> </ul> </li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 향후 전 세계적으로 확대되는 초고층 건축공사 시장에 대응할 수 있는 국내 건설기술의 경쟁력 확보 가능</li> <li>○ 국내 건축기술 향상을 통한 건설산업 생산성 증대로 사회적, 재정적 비용 절감</li> <li>○ 현장 실시간 모니터링 기술, BIM, 데이터 베이스 기술, 스마트 기술 등 첨단 기술과의 융복합을 통한 건설 IT 활성화를 통해 전문 인력 양성에 기여하여 선진국과의 기술 경쟁력에서 우위를 확보할 수 있음</li> </ul>
<p>4. 기술의 시장동향 및 규모</p>	<p><input type="checkbox"/> 시장동향 및 규모</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2015년까지 전 세계적으로 약 560조원 규모의 세계 초고층 시장이 형성될 것으로 전망(한국건설산업연구원)</li> <li>○ 통상 일반관리비가 전체 공사비의 4%이므로(조달청) 전 세계적으로 공사관리 기술과 관련된 시장이 약 22조원 규모임을 추정할 수 있음</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 수출,입 효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 선진화된 통합공사관리 기술은 국내 우수 건설업체의 해외 초고층 건축공사 수주 경쟁력 강화를 제고할 수 있음</li> <li>○ 해외의 첨단 실시간 모니터링 기술 도입을 통해 국내의 건설산업 수준 향상 및 산업간의 융합을 통한 시너지 효과를 창출할 수 있음</li> </ul>
<p>5. 연구개발 추진방법</p>	<p><input type="checkbox"/> 추진전략</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 웨어러블 컴퓨팅 기술, 영상공간정보 추적기술, 첨단 BIM 기반 기술 등 기존에 개발되어 있는 해외의 주요 기술들을 적극적으로 활용하여 통합공사관리 기술 시스템을 조기에 개발하도록 함</li> <li>○ 1단계 연구에서 완료되는 시공 중 변위예측/모니터링 및 제어기술(대우건설), 지능형 현장 시공기술(고려대학교), 초고층 건축공사 통합형 공정관리기술(서울대학교)과 연계하여 활용될 수 있도록 추진함</li> </ul>

	<p>○ 1단계 연구에서 완료되는 초고층 건축공사 통합형 공정관리기술과 연계하여 활용될 수 있도록 추진함</p> <p><input type="checkbox"/> 추진체계</p> <p>○ 각 요소기술 분야별 전문가, 업체 또는 연구진과의 적극적인 협력체계 구축을 통해 연구의 원활한 진행 도모</p> <p>○ 컴퓨터공학 분야 영상 및 이미지 인식 기술 연구진, 웨어러블 컴퓨터 관련 연구진, BIM 소프트웨어 전문업체, 센싱 기술 연구진을 포함한 연구팀 구성</p> <p>○ 초고층 시공기술 연구단 내의 연구진들과의 연계를 통해 해당 통합공사관리 기술 시스템을 통해 다른 세부 기술들도 활용이 가능하도록 추진</p>
<p>6. 기대효과 및 특기사항</p>	<p>○ 기술적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구에서 개발된 기술은 실시간 모니터링을 통해 프로젝트의 진행 상황에 대한 정보를 수집/관리/분석을 가능케하여 현장에서 발생 가능한 리스크에 보다 능동적으로 대응하는 의사결정을 지원함으로써 현장 내 작업 생산성 및 자원관리의 효율성을 극대화시킬 수 있음</li> <li>- 실시간으로 수집한 정보에 대하여 BIM기반 시스템을 활용하여 통합적인 관리를 함으로써 다분야의 걸친 프로젝트 정보의 호환성을 향상시키며, 초고층 프로젝트 현장관리기술의 정보화를 실현함</li> </ul> <p>○ 사회경제적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 분산형 시뮬레이션을 활용하여 공사 중 발생하는 비효율적 요소들을 예측하고 관리요소를 최적화함으로써 초고층 프로젝트 전체의 생산성을 높일 수 있어 공기단축 및 공사비 절감의 경제적 효과와 더불어 공사 품질의 개선이 가능함</li> <li>- 연구 성과물을 현장에 적용함으로써 초고층 프로젝트의 투자효율을 높이고 초고층 건축 사업의 효율화를 촉진시켜 국내 건설 산업의 수익성 향상에 기여함으로써 국내 건설 산업의 국제경쟁력 향상 및 사회전반의 경제발전에 기여함</li> </ul> <p>○ 정책적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 모니터링 기술, BIM, 데이터베이스 기술 등 첨단기술과의 융복합을 통한 건설 IT 활성화를 통해 전문 인력 양성에 기여하여 건설 기술 전반의 최적화 및 선진화를 통해 선진국과의 기술 경쟁력에서 우위를 확보할 수 있음</li> <li>- 개발 기술을 소프트웨어, 시방서 및 지침으로 제공함으로써 T/B에의 적용과 동시에 개발-적용과정을 통한 개발 기술의 노하우 축적으로 세계 초고층 시장에서의 기술 선도를 추진하며, 세계 최고 수준의 초고층 시공기술 경쟁력을 확보함</li> </ul>
<p>7. 기술개발 최종성과물</p>	<p><input type="checkbox"/> 최종성과물</p> <p><b>(1)차년도</b>  [모니터링] Non-Contact Passive기반 초고층건물 3D Scanning 기술  [시뮬레이션] 초고층건설 분산형 시뮬레이션 플랫폼 개발</p> <p><b>(2)차년도</b>  [모니터링] 공간영상기반 공정 및 품질정보 모니터링 자동화기술  [데이터] 공간영상정보-BIM 데이터통합 모델 개발  [시뮬레이션] 실시간 현장상황반영 공정 시뮬레이션 기술</p> <p><b>(3)차년도</b>  [모니터링] 공간영상기반 자원흐름(자재/장비/작업원) 모니터링 자동화기술  [데이터] 실시간 건설현장 Visualization 및 4D/5D 시뮬레이션 기술  [시뮬레이션] 분산형 시뮬레이션 활용 실시간 프로젝트 모니터링 및 관리</p> <p><b>(4)차년도</b>  [모니터링] 초고층건설 모니터링 자동화 센싱장비 프로토타입 개발  [데이터] 초고층 건설정보 실시간 통합시스템 개발  [시뮬레이션] 건설관리(공정/원가/품질/자원) 최적화 모델 개발</p> <p><b>(5)차년도</b>  [모니터링] 공간영상정보기반 건설현장 모니터링 자동화 기술 T/B 및 사업화</p>

	[데이터] 실시간 건설관리 통합시스템 T/B 및 사업화 [시뮬레이션] 실시간 건설관리 시뮬레이션 시스템 T/B 및 사업화				
8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원, 개략추정치)	정부	1650	총 연구기간 (5년)	5년
		민간	920		
		총합	2570		
9. 기존의 선행연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장 정보를 수집하여 시공 관리 의사결정을 지원하는 많은 연구들이 있었지만, 현재 모니터링 기술 수준의 향상, 시스템의 실용화 및 적용 확대가 요구됨</li> <li>○ 위치정보 활용 건설안전리스크 관리기술 개발(서울대학교)</li> <li>○ 프로젝트 단계별 건설객체의 성장에 근거한 건설데이터 통합 모델(한국건설산업연구원)</li> <li>○ 3차원 시뮬레이션 기반 기획단계 의사결정 지원 시스템 개발(동명대학교)</li> <li>○ UML을 이용한 실시간 진도관리 시스템의 설계 및 구현(건국대학교)</li> <li>○ RFID + 4D CAD기반의 물류 및 진도관리를 위한 통합 의사결정 지원 프로세스 모델 및 체계 개발(성균관대학교)</li> </ul>				
10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
	가. Non-Contact Passive기반 고층 빌딩 3D Scanning Model 오차율	%	80	40	90
	나. 공간영상기반 공정진행상황 및 품질상황 인식 정확도	%	75	35	90
	다. 건설현장 분산형시뮬레이션 기술 정확도	%	90	70	95
	라. 실시간 자원흐름관리 최적화 기술 정확도	%	85	70	90
	마. 모니터링 자동화 센싱장비	%	75	50	90
	바. 초고층 건설정보 실시간 통합 시스템 적용성	%	95	80	95

1. 제안과제명	연동기법을 활용한 하이브리드 연기제어 및 방화구획 중심 층별 대피공간 확보 기술 개발		
제안기관	한국건설기술연구원		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	EI.건설/교통-EI11.시설물 안전·유지관리기술-EI1104. 시설물 소방안전관리기술	기초( ), 응용( ), 개발( ○ ), 실용화/사업화( )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ 초고층 복합건물의 공간유형, 용도별 피난안전성 향상을 위한 수직 및 수평 통합 하이브리드 연기제어 시스템 구축 ○ 기존의 방화구획을 이용한 공간별 대피공간 확보 <input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ 연기제어 시스템의 통합적 운영을 위한 연동기법 개발 ○ 연기제어 시스템의 통합운영 해석기술 개발 ○ 연기확산방지를 위한 하이브리드 연기제어 시스템 개발 ○ 방화구획의 가압급기 및 연기 차단기술 개발 ○ 출입문의 방화성능 확보기술 개발		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 2단계 연구수행 필요성 - 기존 선행연구에서는 무지향성 제연덤퍼개발, 아트트리움 제연시스템, Floor-to-Floor 거실 연기제어 시스템 및 화장실 피난안전 시스템 등 독립적인 기술개발이 이루어져 통합시스템 구축이 다소 미흡함 - 현재 대부분의 빌딩에 설치된 연기제어 시스템은 연계성이 미흡하여 동시에 독자적으로 운영될 경우 상호 간에 영향을 미칠 수 있으며, 이로 인해 연기제어 시스템의 운전이 피난안전성에 악영향을 미칠 수 있음 - 따라서 연동기법을 통해 각 시스템 간 상호영향을 파악하여 상호연계성을 확보함으로써 시스템이 동시에 운전될 경우에도 소기의 목적을 달성할 수 있는 기술의 개발이 필요함 - 한편 초고층빌딩에 대해 세계각국에서 적용하고 있는 건물내 대피공간 확보 기준은 25층~30층마다 1개층으로 규정하고 있음. 그러나 재실자의 각자 신체조건이 상이함을 고려할 때 이들과 가장 인접한 곳에 확보하는 것이 가장 바람직함. 이러한 관점에서 층별대피공간의 확보기술 개발은 필수적임 - 현재 최대 30층마다 1개층을 빈공간으로 비워두는 것은 상단히 비경제적이며, 평상시의 유지관리에도 문제가 있음. 따라서, 이들 면적을 최소화하여 경제성을 확보할 수 있으며, 유지관리가 용이한 기존공간을 최대한으로 활용하는 방안을 마련할 필요가 있음 ○ 정부지원 필요성 - 화재안전기술은 불특정 다수의 생명보호를 통한 국민복지와 밀접한 관련이 있는 공공성이 강한 분야로 정부의 지원이 절대적임 - 국내외의 특성상 화재안전은 제도개선과 가장 밀접한 관계가 있으며, 제도개발에 필요한 연구는 정부지원이 필수적임. 즉, 민간기업에서 수행하기 어려운 분야의 객관성 확보가 가장 중요한 기술임. 따라서, 민간기업에 미치는 파급효과가 높으므로 국가적 차원의 지원, 노력이 필수적임. - 국내의 건축관련법에서 일정면적마다 방화구획을 의무화하고 있음. 방화구획은 화재의 확산방지를 주 목적으로 하고 있으나 제연 및 급기 기준을 도출하고 관련기술을 개발하여 유사시 대피공간 확보, 또는 재실자들에게 대피시간을 제공할 수 있는 시스템을 종합적으로 개발할 필요가 있음 <input type="checkbox"/> 연구개발동향 ○ 국내기술 수준 및 동향		

- ‘초고층 화재안전 기술개발’ 연구단에서는 초고층 건축물의 수직유동특성 분석 및 개선방안 정립 등 초고층 건축물 화재시 연기확산으로 인한 인명피해 방지를 위한 상용화 연구를 수행하였음(2010~2013)
- 현재 국내에서는 해당 건축물을 중심으로 사양적 화재안전 설계를 수행하고 있으며, 다양한 용도의 공간상호간의 영향을 고려한 제연계획 등은 미흡한 실정임
- 국내 연기안전 설계기준은 표1에서와 같이 “거실에 대한 배연기준”과 “피난계단 및 부속실에 대한 제연기준”이 제시되고 있으며, 초고층 건축물에서 배연창과 배연설비에 대한 대체방안으로서 FTF 시스템이 본 초고층 연구사업에서 제시되었음

[표 1] 국내 연기제어 시스템의 설계기준 검토

구분	거실에 대한 배연기준			피난계단 및 부속실에 대한 제연기준
	방법	자연배연	기계배연	FTF 시스템
설계수단	배연창	배연설비	화재층 배기/상하부층 급기	급기가압설비
관련법규	건축물의 설비기준등에 관한 규칙	제연설비의 화재안전기준 (NFSC 501)	초고층 연구사업에서 설계기준 확립	특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비의 화재안전기준 (NFSC 501A)

○ 국외기술 수준 및 동향

- 해외에서는 CFD기반 연기, 화재확산 프로그램 개발을 통해 구획(Compartment), 가압(Pressurization), 유동(Airflow), 배연(Exhaust), 부력(Buoyancy) 등의 핵심기법을 바탕으로 초고층 복합빌딩의 화재, 건축, 피난, 연기유동, 설비적 특성을 반영하는 PBD 설계방안을 적용하여 비용 효과적으로 연기안전을 확보할 수 있는 초고층복합빌딩의 연기제어 방안을 개발·적용하고 있음
- NFPA, BS 등 선진각국의 화재안전 기준에서는 이러한 통합적 관점에서 건축물 연기제어 시스템의 운전성능에 대한 설계와 평가가 제시되고 있음
- 각국의 화재안전 기준을 바탕으로 Burj Khalifa 등 세계 유수의 초고층 빌딩에 대해서 최적의 연기제어 시스템을 반영하고 있음



<시카고 CTA교통센터-초고층 복합건물 구축사례 (AON)>

□ 파급효과

- 국내외 유사·경쟁기술 대비 연기제어 정밀도 향상과 국제적인 신개념 핵심기술 확보 및 체계적 상용화 추진으로 국내외 초고층 연기제어 시스템 시장 진출
- 연기제어 시스템 설계지침 반영을 통한 연기제어 설비 최적화 및 비용효율적 설계 수행
- 초고층 건축물의 연기제어 시스템 기술력 선진국 대비 100% 수준 확보
- 신개념 하이브리드 연기제어 시스템의 실규모 적용·평가 및 10Pa급 정밀도의 현장 성능평가 기술 확립

4. 기술의 시장동향 및 규모

□ 시장동향 및 규모

- 도시가 고도화 · 집적화되면서 건축물의 대형화 · 고층화 및 복합화가 급격히 진행됨에 따라 화재에 취약한 건축물이 증가되고 있어, 인명안전을 위한 효과적인 화재대책의 필요성이 절실히 요구되고 있음
- 특히 화재 발생시 피난 및 소화활동에 큰 지장을 초래하고, 인명안전에 가장

- 큰 위협이 되고 있는 연기에 대처하기 위한 연기제어 시스템의 중요성이 강조되고 있음
- 주요 국가별 고층 건물의 연기제어 시스템 기준에서는 다음 표와 같이 시스템의 운전성능 기준을 제시하고 있으므로 이를 만족하기 위해서는 정밀한 제어성능을 확보해야 함

[표 2] 주요 국가별 연기제어 시스템 설계기준

국가	화재안전기준 (연기제어 시스템 부분)	연기제어 시스템 요구 성능 기준
한국	NFSC501A	- 40 Pa 이상, 110N 이하
미국	NFPA 92A	- 25 Pa 이상 (층고 2.7m 기준) - 최대치는 NFPA 101의 출입문 개방력 이하
	IBC (1022.9, 909.20)	- 25 Pa 이상, 87 Pa 이하
유럽	EN 12101-6	- 50 Pa 이상, 110N 이하
중국	GB 50045 (8.3)	- 40-50 Pa 이상

- 연동기법을 활용한 하이브리드 연기제어 시스템은 이러한 필요성을 충족시킬 수 있을 것으로 판단되며, 신기술적 구조와 안전확보 성능이 홍보되면 국내외 시장진입 및 보급이 급속히 이루어 질 것으로 예상됨
- 국내외 자료를 참조로 연기제어 시스템의 시장규모를 파악하면 다음 표 3과 같음

[표 3] 연기제어 시스템 추정 시장규모 (단위:억원)

년도	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
세계시장 규모 <sup>2</sup>	16,472	17,296	18,161	19,069	20,022	21,023	22,075	23,178
국내시장 규모 <sup>1</sup>	2,059	2,162	2,270	2,384	2,503	2,628	2,759	2,897

- \* 주1 : 국토해양부 통계시스템 통계누리 건축물통계를 기반으로 추정
- \* 주2 : CTBUH Journal을 기반으로 국내시장과 세계시장 비율 추정
- \* 주3 : 시장규모는 매년 5%의 성장으로 추측

수출,입 효과

- 핵심기술의 산업재산권 확보와 관련 기업과의 기술실시계약 체결 및 기술지도를 통해 개발기술의 상용화 달성 (국내 시장점유율 30% 예상, 2020년도)
- 기술자립과 국내 현장적용을 통해 완성도를 끌어 올린 후 국외 시장에 참여 (국외 시장점유율 5% 예상, 2022년도)

5. 연구개발 추진방법

추진전략

- 현장실험과 설계과정 검토를 통한 현황 및 문제점 검토
- 신개념 설계방안 도출 및 시제품 제작
- 실험실 규모 성능평가 및 개선방안 도출
- 실규모 Test Bed 성능평가 및 건물 적용성 확보
- 산업재산권/신기술 확보 및 관련 인증 추진
- 기술실시계약 체결 및 상용화 추진

추진체계

- 산학연 중심의 선도적 연구기관 참여
- 현장기반의 실용화 연구 추진
- 국가 관련 기준안 제시 및 정책반영을 위한 협력

6. 기대효과 및 특기사항

- 기술적 파급효과
  - 수치·축소모형·실증실험 및 현장평가기술의 체계적인 개발을 통해 선도적인 연기 확산·제어기술 확립
  - 10 Pa급의 제어성능을 가지는 지능형 연기제어 설비 설계기술 확보

- 초고층 건물의 하이브리드 연기제어 시스템 현장 성능평가를 통해 실제적인 설계·운용 파악 가능
- 국내의 획일적인 화재안전법규에서 공학적인 이론에 근거한 성능적 방재기준 개념의 설계로의 전환을 위한 기술적 기반을 제공
- 경제·산업적 파급효과
  - 화재공학기반 지능형 연기제어 설비 개발 및 Test Bed 적용
  - 성능기반 연기제어 최적화를 통해 비용효율적 연기제어 시스템 설계 및 시공비용 절감
  - 핵심기술의 산업재산권 확보와 관련 기업과의 기술실시계약 체결 및 기술지도를 통해 개발기술의 상용화 달성
- 사회적 파급효과
  - 안전대피와 소화활동지원을 위한 연기제어 핵심기술 확보로 화재인명 피해 최소화
  - 대형화·고층화·복합화 되어 가는 건축물의 화재안전성 확보

**□ 최종성과물**




(1)차년도  
초고층 건축물의 연동기법 적용을 위한 연기제어 시나리오 정립  
방화구획의 대피공간 확보 요소기술 설계

(2)차년도  
초고층 건축물의 연동기반 하이브리드 연기제어 시스템 설계안  
방화구획의 연기차단 및 방화성능 확보기술 개발

(3)차년도  
하이브리드 연기제어 설비의 핵심 시제품 개발  
방화구획 대피공간의 핵심 시제품 개발

(4)차년도  
개발 설비의 실규모 성능평가 및 산업재산권 확보

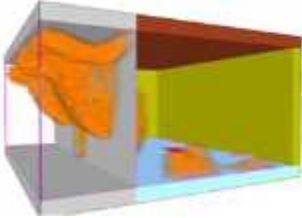


(5)차년도  
Test Bed 적용 및 실용화 추진

As-Is	단기(~18)	장기(~23)
		
공간별 연기제어 설계	연동기반 하이브리드 연기제어	하이브리드 연기제어/피난 안전 확립

<b>8. 연구개발 과제</b> 의 규모	<b>총 연구비</b> (백만원)	정부	2,000	<b>총 연구기간</b> (5년)	60개월
		민간	700		
		총합	2,700		

- 9. 기존의 선행연구**
- 기존의 선행연구
    - 건축물의 출입문에서 연기제어를 위한 자동폐쇄장치 개발
    - 에어커튼을 활용한 지하도로 연기제어 시스템 개발
    - 제연구역 급기댐퍼의 비례제어시스템 개발
    - 건축물 제배연시스템 최적설계 기술 개발 및 운영기준 확립
    - 화재시 거주자의 안전을 위한 실내 대피공간 구축
    - 실외기실문의 기능을 결합한 한국형 대피공간 방화문 개발
  - 선행연구와의 차별성
    - 상기의 선행연구는 건설구조물의 공간·설비별 연기제어 시스템의 개발 및 활용을 위한 연구과제가 대다수로서 각 시스템의 상관관계 및 연동성에 대한 검토가 미약함
    - 본 제안 연구에서는 초고층 건축물의 각 연기제어 시스템과 환기 시스템 및

	연돌효과 등 연기제어 시스템의 전체 설계와 운영에 영향을 미치는 인자들을 연동기법을 통해 통합적으로 설계/운영하는 하이브리드 연기제어 시스템 개발을 목적으로 함으로서 차별성을 가짐				
10. 제안기술에 대한 평가	<b>평가항목 (주요성능)</b>	<b>단위</b>	<b>세계최고수준</b>	<b>연구개발전 국내수준</b>	<b>개발목표치</b>
	가. 연기제어 정밀도	Pa	20 Pa급	30 Pa급	10 Pa급
	나. 출입문 개방력	N	100 N	150 N	100 N
	다. 방연풍속 균일성	%	80 %	50 %	90 %
	라. 방화성능	시간	2 시간	1 시간	2 시간
	마. 층고저감	mm	150	-	150
	바. 공사비저감	억원/층	0.5	-	1.0

1. 제안과제명	가상현실 기반 초고층 빌딩 방재설비 운영자 훈련 시뮬레이터 개발		
제안기관	한국건설기술연구원		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발( O ), 실용화/사업화( )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가상현실(Virtual Reality, VR)을 기반으로 한 초고층 빌딩의 화재상황 가시화 및 화재대응 운영자 훈련 (Operator Training Simulator, OTS)시스템을 개발하여 초고층 빌딩의 재해대응, 훈련 표준절차, 수치해석 DB 및 교육 콘텐츠를 포함하는 종합적 운영자 훈련 절차서를 제시함.</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 빌딩 화재대응 시나리오, 지침 및 표준 훈련 절차서 개발</li> <li>○ 초고층 빌딩 화재 전산 해석 DB 및 Flash-over등 화재현상에 대한 가상 현실 재현 기술 개발</li> <li>○ 실시간 대용량 전산해석 데이터 처리 기술</li> <li>○ 가상현실 기반 초고층 빌딩 방재 운영자 훈련 프로그램 개발</li> <li>○ 훈련자 및 교육자 인터랙션 기능을 가진 OTS 플랫폼 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>&lt;화재해석예시&gt;</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>&lt;소방훈련 시뮬레이터 예시&gt;</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가상현실(VR, Virtual Reality)기술 이용 범위 확대</li> <li>○ VR 기술은 컴퓨터에 의해 시뮬레이션되는 3차원 가상환경을 통해, 인간에게 현실감 및 몰입감을 제공해 주는 기술임</li> <li>○ 현재 VR기술은 데이터의 시각화를 통해 각종 시뮬레이션/교육/의료/오락 등 다양한 분야에 걸쳐 폭넓게 응용되고 있음</li> <li>○ 따라서, 실제 초고층 화재현장에서 위기 상황 대응 훈련을 대체하기 위하여 최근에 기술이 비약적으로 발전한 이러한 가상현실 기술을 활용할 필요가 있음</li> <li>○ 실제 상황이 매우 위험하거나 인위적 연출이 어려운 경우에 가상현실을 응용할 경우 위험에 직접 교육생이 노출되지 않으며, 적은 비용으로 다양한 시나리오에 대하여 반복 훈련을 할 수 있는 특징을 가지고 있어, 화재에 대응할 수 있는 훈련용 시뮬레이터로는 가상현실이 가장 적합함</li> <li>○ 가상현실 시스템 시장은 하드웨어의 빠른 발전 속도 및 인터넷 전송망 속도의 혁신적인 증가로 인해 기존의 일반적인 기술이 아닌 새로운 멀티미디어기술과 접목되어 시장이 빠르게 성장하고 있는 추세임</li> <li>○ 따라서 재난관리 가상현실 시뮬레이터는 가상현실 기술의 매우 중요한 응용분야로 대두되고 있으며, 대규모의 인명피해를 가져올 수 있는 재난에 대비하여 그 피해를 최소화시킬 수 있는 가장 효율적인 훈련도구로 대두됨에 따라 활용 범위가 점점 더 확대될 전망임</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 연구개발동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내기술 수준 및 동향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내의 VR을 이용한 시뮬레이터 기술은 자동차 운전 교육, 철도 운행 및 항</li> </ul> </li> </ul>		

- 공기 조정등 편증된 분야에서만 국한적으로 이용되고 있음
- 화재 분야의 경우 최근 소방방재청의 R&D를 통한 소방안전 대응 시뮬레이션 VR시스템 구축사례가 있음. IT 기술의 발전에 따라 VR 기반의 다양한 콘텐츠 개발 업체가 가상현실 구현 기술을 가지고 있음
- 그러나, 단순 가상현실 구현 기술 및 구동 엔진만을 가지고 있을 뿐, 방재 설비 운영자 교육을 위한 화재상황 모사 및 데이터 처리 기술등 종합적인 방재 운영자 교육 콘텐츠 개발은 미흡

○ 국외기술 수준 및 동향

기존기술	선진기술 보유국/기술명	핵심기술 특성	기술적 한계 및 문제점
가상현실 기반 화재 체험 및 시뮬레이터	일본/Application of Virtual Reality Technology to Evacuation Simulation in Fire Disaster	-지하철 역사와 같은 밀폐된 공간에서의 화재시 발생시 정확하고 신속한 대피 체험을 위한 시뮬레이터 -FDS를 이용한 화염발생 시나리오에 대한 수치해석 결과 반영	-운영자의 화재대응 훈련을 위한 교육 시뮬레이터가 아닌 단순 화재 체험용에 국한
가상현실 기반 화재 체험 및 시뮬레이터	일본/FireCube	-특정한 공간에 VR 기술로 화재상황을 구현하고, 체험자가 이를 체험하는 방식 -화재 체험 현실감을 주기위하여 공조, 가습, 조명, 연기발생, 배기, 열방사, 음향 시스템 등을 활용 -대구지하철 화재 재현 등의 연구에 적용된 바 있음	-영상장치로 프로젝터를 사용하고 열방사 및 연기 분사 등 직접적인 체험이 가능하나 운영자 훈련 및 소방훈련이 불가능한 시스템임

- 미국, 유럽 및 일본 등에서는 산불화재, 일반화재, 고층건물화재, 항공화재, 테러 및 지진과 같은 재난에 대비하여 훈련할 수 있는 다양한 매체를 개발하여 사용하고 있으며, 그 중 가상현실을 이용한 시뮬레이터의 활용이 가장 활발함

□ 파급효과

- 세계적인 IT 강국으로 부상한 국내 IT 기술력과 화재상황에 대한 엔지니어링 해석 결과를 적용한 세계 최고 성능의 초고층 VR OTS 시스템 구축이 현실화 될 수 있으며, 이를 통한 운영자 교육 훈련 콘텐츠 보급 가능.

□ 시장동향 및 규모

- 2000년도 국내 가상현실 시장은 약 1억 7,500만 달러 규모로 추산되며, 2003년까지 연평균 75%의 성장률을 기록하여 10억 900만 달러의 규모로 확대될 전망이다.(한국전자통신연구원, 가상현실 기술시장 보고서, 2002. 12, p.173)
- 향후 국내 가상현실 시장은 2004년 1,350백만달러에서 2007년 3,00 백만달러로 성장하여 연평균 30% 성장할 것으로 전망되고 있음

<국내 가상현실 시장 전망>

(단위 : 백만달러, %)

구분/연도	2004	2005	2006	2007
가상현실 시장규모	1,350	1,750	2,300	3,000

[자료 : 2005 미래유망 사업화아이템 이슈분석 “가상현실시스템” KISTI, 2005]

□ 수출,입 효과

- 안전 관련 기술의 부족은 초고층 빌딩 시장에서 우리나라 업체의 기술 경쟁력 신장에 걸림돌로 작용하였음
- 따라서, 개념설계 및 FEED(Front End Engineering & Design) 패키지 설계능력을 확보하기 위해서는 안전설계 및 신뢰성 공학 기술 등을 포함한 안전기반기술의 확보가 필수적이며, 본 VR 기반 운영자 교육 콘텐츠가 초고층 빌딩의 안전 기술력 국산화와 함께 기술력의 국외 수출에도 크게 기여 할 수 있을 것으로 기대됨

4. 기술의 시장동향 및 규모

5. 연구개발 추진방법	<input type="checkbox"/> 추진전략 ○ 연구개발을 위한 3단계 추진 전략 1단계(1차년도) 핵심요소기술 : 초고층 빌딩 화재 시나리오 및 대응 방안 모델화 : OTS 표준 절차서 수립 및 교육 훈련안 2단계(2차/3차년도) 가상 시뮬레이터 개발 : VR 가상화 기술 개발 및 화재대응 OTS 시스템 개발 : 운영자 교육을 위한 콘텐츠 개발 3단계(4차/5차년도) OTS 시스템 고도화 및 실용화 : OTS 시스템 고도화 및 운영자 교육 플랫폼 구축 : 시범운영을 통한 실용화 및 활용 체계				
	<input type="checkbox"/> 추진체계 ○ 소방방재청, 일선소방서 및 화재 설비 설계사의 전문가 집단으로 구성된 자문단 구성(화재상황 및 소방훈련 시나리오, 개발된 화재체험/소방훈련 시뮬레이터의 활용 협조) ○ 연구결과의 실용화를 위하여 연구결과의 사업화가 가능한 VR 개발업체의 참여 유도				
6. 기대효과 및 특기사항	○ 기술적 효과 - 초고층 빌딩 방재 운영자의 화재안전 대응 교육 원천 기술 및 핵심 설비 운영 기술 확보 - 초고층 빌딩의 설비 운영자의 화재 대응 훈련 및 평가 기술을 확보하기 위한 산·학·연 간의 기술 지원 시스템 구축 ○ 사회경제적 효과 - 최근 고층빌딩 화재사고 급증(최근 5년 30층 이상 화재사고 10건) - 선진 기술에 의존하던 감시 및 대응/운영 시스템 기술 확보로 세계 초고층 빌딩 설비 계획 및 운영 계획 수립등 건설 시장 진출의 교두보 마련 - 초고층 빌딩의 화재 대응 전문인력 교육 및 인력 양성의 기회로 활용되어 전문 인력 창출 효과 ○ 정책적 효과 - 현행 화재관련 기준 개정을 위한 자료 제공 및 화재안전 규정의 선진화를 위한 노력에 일조				
7. 기술개발 최종성과물	<input type="checkbox"/> 최종성과물 (1)차년도 초고층 빌딩 화재 대응 지침 및 OTS 표준 절차서(특허 출원, 관련 논문) (2)차년도 / 3차년도 초고층 빌딩 정밀 화재 구현을 위한 전산 화재 해석 DB OTS 시스템 설계서 및 초고층 빌딩 화재안전 운영자 교육 콘텐츠(관련 특허 및 논문) (4)차년도 / (5)차년도 초고층 빌딩 가상현실 구축 및 시뮬레이터 플랫폼(시제품) OTS 프로그램 및 훈련 관리/제어 모듈 개발 완료(시제품) 교관 교육 프로그램 및 훈련자 교육 매뉴얼				
8. 연구개발 과제 의 규모	총 연구비 (백만원)	정부	1,290	총 연구기간 (5년)	2014 - 2018
		민간	258		
		총합	1,508		
9. 기존의 선행연구	○ 소방 지휘훈련 시뮬레이터 개발(중앙소방학교) - 지휘관이 가상화재 현장에서의 대규모 소방력이 동원되는 상황을 부여하여 지휘관이 상황처리를 선형하면서 사고현장 지휘체계를 습득 가능하게 함 - 그러나 이는 화재상황(열기, 연기)의 직접 체험보다는 소방자원의 활용 측면에서의 대처 요령을 주로 훈련하기 위한 것으로 실제 화재현장을 재현하지				

	<p>못하는 한계를 지님</p> <p>○ VR 기반 소방안전대응 시뮬레이터 프로그램 개발(소방방재청)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소방관의 소방훈련 및 체험을 위한 시뮬레이터로 개발됨</li> <li>- 초고층빌딩과 같이 복잡한 설비 운영자들의 교육 콘텐츠가 미비됨</li> <li>- 수직입체도시인 초고층빌딩에 맞는 화재 시나리오 및 대응 방법이 없음</li> </ul>				
10. 제안기술에 대한 평가	<p><b>평가항목</b> (주요성능)</p>	<p><b>단위</b></p>	<p><b>세계최고수준</b></p>	<p><b>연구개발전 국내수준 (선진국 대비수준)</b></p>	<p><b>개발목표치</b></p>
	<p>가. 초고층 빌딩 화재 재현을 위한 화재 수치해석 DB</p>	-		30%	100%
	<p>나. 운영자 교육컨텐츠 구성 기술</p>	-		0%	100%
	<p>다. VR 기반 화재 재현 기술</p>	-		70%	100%

1. 제안과제명	초고층 건축물 복합공간의 연기제어 기술개발		
제안기관	대림산업(주)		
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	Q-Q1-G14	기초( ), 응용( ), 개발( ), 실용화/사업화( ○ )
2. 연구개발의 목표 및 내용	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 건축물과 연계된 지하철, 대규모 복합시설 및 아트리움 등의 연기제어시스템 개발</li> <li>○ 초고층 건축물과 연계된 복합공간의 제연시스템 개발을 통한 피난안전성능 10% 향상(연기확산 대피 피난성공율 기준)</li> <li>○ 초고층 복합공간의 성능위주설계지침 정립</li> <li>○ 선진국 수준의 초고층 복합빌딩 화재안전성능(연기제어 및 피난) 확보</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 연구개발의 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고층 복합건물은 50층 이상 초고층 건축물과 저층부에 연계된 지하상가, 지하철 및 다목적 시설 등을 의미하며, 불특정 다수가 사용하는 초고층 복합건물의 공간유형, 용도별 피난안전성 향상을 위한 연기제어시스템 및 기술개발을 연구범위로 함</li> <li>○ 연구개발의 내용은 초고층 건축물과 연계된 복합공간 설계 및 시공사례조사 분석을 통한 유형분류, 발생가능 문제점 도출 및 연기·피난성능 개선방안 도출, 연기제어시스템 개선(개발) 등을 주요 내용으로 하며, 개선안의 현장 적용 및 성능검증을 포함</li> </ul>		
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<p><input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현대의 도시는 고층화, 고밀도화와 지하공간을 이용한 복합화를 추구하면서 그 구조와 형태가 다양하게 변화하고 있으며, 그 중에서도 미래적인 첨단 기술의 집합체인 초고층 건물은 다양성과 복합성으로 많은 인구가 밀접되고 불특정 다수인이 이동 및 거주하는 공간으로써 경제적인 활성화가 되는 반면, 그 반대급부로 화재와 같은 재난시 그에 따른 대응과 안전성 확보 및 피난에 많은 어려움이 있음</li> <li>○ 국내에서도 화재사고시 인명손실의 50% 이상이 연기에 의한 것으로 조사되고 있고, 도시가 고도화·집적화되면서 초고층복합빌딩과 같이 건축물의 고층화, 대형화 및 복합화가 급격히 진행됨에 따라 연기에 취약한 건축물이 증가되고 있어, 실효성 있는 연기대응 기술의 확립이 요구되고 있음</li> <li>○ 기존 선행연구에서는 지하공간, 초고층 건축물 등 특정 건축물 중심의 화재안전성 확보/개선을 이한 연구개발이 이루어졌으며, 지하철, 대규모 쇼핑공간 등과 연계된 초고층 복합건물에 대한 기술검토 및 기준개발 연구는 상대적으로 미흡한 실정임</li> <li>○ 초고층 복합건물의 사용자는 불특정 다수로 피난동선에 익숙하지 않은 경우가 많아 화재발생시 피해가 커질 수 있음</li> <li>○ 초고층 건축물은 지하철, 대규모 쇼핑공간 등과 연계된 개발이 빈번하며, 이에 따라 특정공간에서의 화재발생시 피해범위가 급격하게 확산될 수 있음</li> <li>○ 초고층 건축물은 지하철, 대규모 쇼핑공간 등과 연계된 개발이 빈번하며, 이에 따라 특정공간에서의 화재발생시 피해범위가 급격하게 확산될 수 있어 관련분야에 대한 연기제어, 화재확산제어 및 피난시간 개선을 위한 기술개발 및 기준정립 연구가 필요함</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 연구개발동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내기술 수준 및 동향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- ‘초고층 화재안전 기술개발’ 연구단에서는 초고층 건축물의 수직유동특성 분석 및 개선방안 정립 등 초고층 건축물 화재시 연기확산으로 인한 인명피해 방지를 위한 상용화 연구를 수행하였음(2010~2013)</li> </ul> </li> </ul>		

- ‘지하공간 환경개선 및 방재기술 연구단’을 통해 지하공간의 화재, 연기확산을 위한 기술기준 및 시스템 개발을 수행하였고, 초고층 건축물에 부착된 지하생활공간에서의 화재발생시 연기확산 등의 문제점에 대한 기초분석을 수행하였음
  - 현재 국내에서는 해당 건축물을 중심으로 사양적 화재안전 설계를 수행하고 있으며, 복합 건축물 상호영향을 고려한 제연계획 등은 미흡한 실정임
- 국외기술 수준 및 동향
- 해외에서는 CFD기반 연기, 화재확산 프로그램 개발을 통해 구획(Compartment), 가압(Pressurization), 유동(Airflow), 배연(Exhaust), 부력(Buoyancy) 등의 핵심기법을 바탕으로 초고층 복합빌딩의 화재, 건축, 피난, 연기유동, 설비적 특성을 반영하는 PBD 설계방안을 적용하여 비용 효과적으로 연기안전을 확보할 수 있는 초고층복합빌딩 연기제어 방안을 개발·적용하고 있음



<시카고 CTA교통센터-초고층 복합건물 계획사례(AON)>










□ 파급효과

- 초고층 건축시장은 초고층 주거/오피스에 대한 건설 수요로 이어지고 있으며, 도시의 랜드마크를 목적으로 한 복합용도의 초고층 기획 또는 건설의 증가하고 있음. 이러한 시장특성을 반영하여 복합용도초고층건설시장이 급성장하고 있음
- 본 연구개발을 통해 초고층 건축물의 시공, 환경, 유지관리 및 화재안전분야에 대한 전반적인 기술향상으로써 초고층 건설분야 해외시장 확대도 가능할 것임














□ 시장동향 및 규모

- 높이 400m 이상 초고층복합빌딩은 중동, 아시아, 미국, 중국, 러시아 등이 주를 이루고 있으며 2010년까지 계획된 초고층복합빌딩은 주로 중동과 러시아에서 계획되어지고 있는 추세이며 최근 터키 이스탄불에는 Dubai Towers Istanbul(2010), Pentominium(2011), Burj Al Alam(2009), The Fodham Spire(2012)등 많은 초고층복합빌딩들이 계획 및 시공되어지고 있음
- 1960년대부터 2010년까지 부산, 서울, 마이애미, 시카고, 뉴욕, 두바이, 홍콩의 세계주요도시의 년도별 초고층 높이변화의 경우 홍콩의 초고층복합빌딩의 높이변화가 가장 급격하게 발전한 것을 알 수 있으며, 뒤를 이어 두바이의 초고층복합빌딩의 높이가 높아진 것을 알 수 있고, 국내 현황의 경우 부산 초고층복합빌딩의 높이 발전이 두드러진 것으로 나타났음
  - 현재 전 세계적으로 400m가 넘는 초고층 건물은 2010년 완공된 아랍에미리트(UAE) 부르즈 칼리파를 비롯해 모두 14개다. 프로젝트가 진행 중인 사업장은 모두 55개에 달하는 것으로 추정됨
- 초고층복합빌딩의 세계시장 규모 (50층 이상 빌딩 기준, 2010년까지 발주)는 약 120건, 최대 10조로 전망되어 투자가치가 클 것으로 예상되며 전세계 초고층 시장 규모는 2012년에 40조, 2015년에 560조 규모로 성장할 것으로 예상됨
- 전 세계에서 완공되었거나 현재 시공중인 250m 이상의 80개으로써 초고층복합빌딩에 대한 연도별 높이에 따른 분포는 다음과 같이 1890년대 Reliance Building(높이 45m)에서 2020년대의 Mile High Tower(높이 1600m)에 이르

4. 기술의 시장동향 및 규모

	기까지 초고층복합빌딩의 기술적 측면, 수적인 측면이 모두 발전한 것을 알 수 있음												
	<input type="checkbox"/> 수출,입 효과 ○ 현재 국내외 초고층 시장에서 화재안전분야에 대한 설계는 선진 외국설계사에 의존하고 있으며, 이로인한 엔지니어링 비용이 유출되고 있음 ○ 본 연구를 통한 엔지니어링 능력향상 및 시스템 개발을 통해 기술수입 대체 효과가 기대됨												
5. 연구개발 추진방법	<input type="checkbox"/> 추진전략 ○ 산-학-연 공동연구개발 및 현장적용을 통한 실용화 ○ 화재안전분야 선진엔지니어링사와의 협업(기술자문 또는 위탁)을 통한 기술 국산화 <input type="checkbox"/> 추진체계 ○ 산업계 : 연기제어시스템의 적용성 평가 및 현장성능 검증 ○ 학/엔지니어링사(국내외) : 연기제어시스템 개선안 도출 및 성능예측 ○ 연구계 : 정부출연연구소 중심으로 관련기술의 제도화 및 정책반영												
6. 기대효과 및 특기사항	○ 본 연구는 산-학-연 컨소시엄 구성을 통해 초고층 복합공간의 연기제어 및 피난성능 개선을 통한 국가적 차원의 인명피해방지 및 재산보호를 주요 연구 목표로 하여, 기술경쟁력을 바탕으로 해외 초고층 시장 수주경쟁력 제고 및 해외설계에 의존성 탈피가 가능할 것으로 기대됨 ○ 과제의 성공적인 수행을 위해서는 사전기획연구를 통해, 연구범위 및 최종성과물의 구체적인 목표를 재수립하는 과정이 필요할 것임												
7. 기술개발 최종성과물	<input type="checkbox"/> 최종성과물 <b>(1)차년도</b> 국내외 초고층 건축물 복합공간 설계·시공 사례조사 자료집 초고층 건축물과 연계된 복합공간의 화재안전성능 검토 및 문제점 도출 <b>(2)차년도</b> 초고층 건축물과 연계된 복합공간의 연기제어·피난성능 개선안 초고층 복합공간의 연기제어 기준정립 및 시스템 개발 개발기술의 지적재산권 확보 <b>(3)차년도</b> 연기제어시스템 개선안의 성능평가 및 검증 연기제어시스템 개선안의 현장적용 설계·시공지침 정립 초고층 건축물의 준공단계 화재안전성능 현장검증안 정립 <b>(4)차년도</b> 초고층 복합공간의 화재안전성능 개선안 현장적용 및 성능검증 / 보완 <b>(5)차년도</b> 초고층 복합공간 화재안전기술의 제도화 연기제어시스템 개선안의 현장적용 설계·시공·성능검증 지침 보완												
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>As-Is</th> <th>단기(~'18)</th> <th>장기(~'23)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>시양중심 설계</td> <td>성능기반설계</td> <td>성능개선/실성능 확보</td> </tr> </tbody> </table>	As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)				시양중심 설계	성능기반설계	성능개선/실성능 확보
As-Is	단기(~'18)	장기(~'23)											
													
시양중심 설계	성능기반설계	성능개선/실성능 확보											
8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원)	정부 750 민간 750 총합 1,500	총 연구기간 (5년)	2015 ~ 2020									

<b>9. 기존의 선행연구</b>	○ ‘초고층 화재안전 기술개발’ 연구단에서는 초고층 건축물의 수직유동특성 분석 및 개선방안 정립 등 초고층 건축물 화재시 연기확산으로 인한 인명피해 방지를 위한 상용화 연구를 수행하였으며(2010~2013), ‘지하공간 환경개선 및 방재기술 연구단’을 통해 지하공간의 화재, 연기확산을 위한 기술기준 및 시스템 개발을 수행하였고, 초고층 건축물에 부착된 지하생활공간에서의 화재발생시 연기확산 등의 문제점에 대한 기초분석을 수행하였음. 그러나, 초고층과 연계된 복합공간에 대한 종합적인 연구는 미흡함				
<b>10. 제안기술에 대한 평가</b>	평가항목 (주요성능)	단위	세계최고수준	연구개발전 국내수준	개발목표치
가. 시스템설계 및 시공기술		기술력	100% (미국, AON)	75%	100%
나. 예측기술		기술력	100% (미국, NIST)	70%	100%

1. 제안과제명	탄소저감형 재료를 이용한 고내화성 커튼월 시스템 개발																																
제안기관	(주)한화건설																																
기술분류	국가과학기술표준 분류체계	대분류-중분류-소분류	기초( ), 응용( ), 개발( ), 실용화/사업화( ○ )																														
2. 연구개발의 목표 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구개발의 목표 ○ 고층빌딩의 커튼월 화재확산 방지를 위한 고내화성 커튼월 시스템 개발 ○ 탄소저감형 재료를 이용한 화재확산 방지재료 개발 <input type="checkbox"/> 연구개발의 내용 ○ 탄소저감형 재료의 특성평가 및 최적배합 도출 ○ 화재확산 방지재료 시제품 개발 및 성능검증(내화성능, 내풍압성 평가) ○ 고층빌딩 커튼월용 고내화성 화재확산 방지재료 제조 기술 개발 ○ 화재확산 방지재료 적용 고내화성 커튼월 시스템 공법 개발 및 제시 ○ 화재확산 방지재료 현장적용 및 시공매뉴얼(안) 개발																																
3. 연구개발 동향 및 파급효과	<input type="checkbox"/> 연구개발의 필요성 ○ 내화성 커튼월 소재 및 부품 개발 필요 ○ 건축물의 고층화·대형화에 따른 커튼월 사용의 급증 ○ 기존 커튼월 소재인 유리와 알루미늄은 방·내화성능 부족으로 화재에 취약하며, 층간 화재진압을 막기에는 한계가 있음 - 2010년 10월 1일에 발생한 우산 골드스위트 화재사건 - 인화성 특수페인트 및 스티로폼 단열재에 의한 급격한 화재 확산으로 화재 시간 30분에 약 54억원의 막대한 경제적 손실 발생  ○ 고시 기준 강화에 선대응할 수 있는 화재확산 방지재료 개발 필요 ○ 국토해양부 고시를 통한 화재확산 방지재료 사용 의무화 시행 - 제 24조 5항 건축물 피난 방화구조 등의 기준에 관한 규칙(2012. 09.) ○ 향후 커튼월 내화구조 관련 고시 기준 강화 예정 <input type="checkbox"/> 연구개발동향 ○ 국내기술 수준 및 동향 - 기존 건축용 단열재는 성능부족(내화성능, 시공성능) : 유기단열재 → 스티로폼, 폴리우레탄 등으로 화재에 매우 취약 : 무기단열재 → 글라스울, 미네랄울 등으로 강도, 시공특성 부족 향후 고시 기준을 만족시킬 수 없어 화재확산 방지재료로 사용 부적합 <table border="1" data-bbox="654 1769 1165 2016"> <thead> <tr> <th>항목</th> <th colspan="2">무기계 섬유류</th> <th colspan="2">유기계 단열재</th> </tr> <tr> <th>종류</th> <th>글라스울</th> <th>미네랄울</th> <th>스티로폼</th> <th>폴리우레탄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>사진</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>내열특성</td> <td>우수</td> <td>우수</td> <td>불량</td> <td>불량</td> </tr> <tr> <td>강도특성</td> <td>매우 불량</td> <td>매우 불량</td> <td>불량</td> <td>불량</td> </tr> <tr> <td>시공특성</td> <td>매우 불량</td> <td>매우 불량</td> <td>불량</td> <td>불량</td> </tr> </tbody> </table>			항목	무기계 섬유류		유기계 단열재		종류	글라스울	미네랄울	스티로폼	폴리우레탄	사진					내열특성	우수	우수	불량	불량	강도특성	매우 불량	매우 불량	불량	불량	시공특성	매우 불량	매우 불량	불량	불량
항목	무기계 섬유류		유기계 단열재																														
종류	글라스울	미네랄울	스티로폼	폴리우레탄																													
사진																																	
내열특성	우수	우수	불량	불량																													
강도특성	매우 불량	매우 불량	불량	불량																													
시공특성	매우 불량	매우 불량	불량	불량																													

	<p>○ 국외기술 수준 및 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 소재를 이용한 무기계 패넬이 다소 상용화 되고 있음</li> <li>: 단열성과 내화성을 모두 만족하는 제품은 없음</li> <li>- 다양한 단열소재 제조하거나 혼합하는 제품 및 특허가 많음</li> <li>: 국내에서는 한정된 재료를 사용</li> </ul> <p>□ 파급효과</p> <p>○ 기존 단열재 대비 방내화성능이 우수한 고내화성 화재확산 방지재료를 개발 함으로 고층건축물의 화재안전성 확보</p> <p>○ 국내 커튼월 시장(외장재 시장의 약 90%, 연간 6조원 규모)의 시장점유 1% 를 통한 약 600억원 이상의 시장 형성</p>
<p>4. 기술의 시장동향 및 규모</p>	<p>□ 시장동향 및 규모</p> <p>○ 국내시장 규모</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내에 고단열 내화성 커튼월 시장은 아직 형성되지 않았음</li> <li>: 커튼월의 화재위험성이 고려되지 않은 환경적 영향으로 판단</li> <li>- 국내 건축용 외장재 시장은 연간 7조원, 단열재는 연간 2.2조원 규모임</li> <li>: 유기단열재 70%, 무기단열재 30% 수준</li> </ul> <p>○ 국외시장 규모</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세계 단열소재 시장은 2006년까지 매년 약 5.3%의 성장세를 보임</li> <li>- 2016년 외장재 시장은 연간 4,000억 달러, 단열재는 연간 429억 달러에 이를 것으로 추측</li> <li>- 커튼월 시장은 외장재 시장의 95%에 이르고 있으며, 2016년 커튼월용 단열재 시장은 연간 400억 달러 이상(한화 약 40조원) 예상됨</li> <li>* 모든 시장현황은 The Freedonia Group의 “World Insulation to 2011을 참조</li> </ul>
<p>5. 연구개발 추진방법</p>	<p>□ 추진전략</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정책과제로 연구개발을 수행</li> <li>- 국토해양부 정책과제로 진행 중에 있는 초고층빌딩시공기술연구사업의 연계 과정보로, 기존 연구내용을 토대로 연구기간을 최소화하여 조기 상용화 가능</li> <li>- 3세부 화재안전기술분야의 주관기관인 한국건설기술연구원을 중심으로 한 기존 연구</li> <li>- 기관과의 협력 및 기술자문을 통한 연구효율성 향상</li> <li>: 화재안전분야의 개발기술을 통합한 기술집약형 파일럿테스트 구축 가능</li> </ul>
<p>6. 기대효과 및 특기사항</p>	<p>○ 기술적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 단열재 대비 방·내화성능이 우수한 고내화성 화재확산 방지재료를 개발함으로써 고층건축물의 화재안전성 확보</li> </ul> <p>○ 사회경제적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최근 고층빌딩 화재사고 급증(최근 5년 30층 이상 화재사고 10건)</li> <li>- 고층빌딩에 고내화성 커튼월 시스템을 적용함으로써, 화재피해를 최소화할 수 있음</li> </ul> <p>○ 정책적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2012년 9월에 개정된 국토해양부 고시기준에 대응할 수 있음</li> <li>- 향후 커튼월 내화구조 관련 고시기준 강화에 선대응할 수 있음</li> <li>- 우수한 내화성능 및 단열성능을 갖춘 고내화성 커튼월 시스템을 적극 유도 하여 국가적 안전 및 에너지 저감 정책에 일조할 수 있음</li> </ul>
<p>7. 기술개발 최종성과물</p>	<p>□ 기술개발 내용 및 최종성과물</p> <p>(1)차년도</p> <p>탄소저감형 재료의 특성평가 및 최적배합 도출</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>: 탄소저감형 재료에 관한 문헌조사 및 실험적 연구를 통하여 재료특성 평가</li> <li>: 구성물질 및 배합 변화에 따른 내화성능평가를 통하여 최적배합 도출</li> <li>▶ 학술발표논문 1건</li> </ul>

	<p><b>(2)차년도</b>  화재확산 방지재료 시제품 개발 및 성능검증(내화성능, 내풍압성 평가)  : 현재 상용화되어 있는 국내외 커튼월용 내화재료의 성능 수준을 파악  : 화재확산 방지재료의 요구성능별 개발제품 성능목표 수립  : 화재확산 방지재료 시제품 개발 및 성능평가  ▶ 시제품 개발 1건 : 화재확산 방지재료 1차 시제품  현장시험 2건 : 내화성능평가, 내풍압성 평가  학술발표논문 1건</p> <p><b>(3)차년도</b>  고층빌딩 커튼월용 고내화성 화재확산 방지재료 제조 기술 개발  화재확산 방지재료 적용 고내화성 커튼월 시스템 공법 개발 및 제시  : 화재확산 방지재료를 적용한 일체형 커튼월 시스템 공법 개발  : 커튼월 소재인 유리, 알루미늄 등과의 일체화 방식(접합방식) 연구  : 시공효율성 향상을 위한 화재확산 방지재료 모듈화 생산 연구  ▶ 시제품 개발 1건 : 화재확산 방지재료 2차 시제품  현장시험 2건 : 내화성능평가, 내풍압성 평가  학술발표논문 1건</p> <p><b>(4)차년도</b>  화재확산 방지재료 현장적용 및 시공매뉴얼(안) 개발  ▶ 현장적용 1건  특허출원 1건  시공매뉴얼 1건  연구홍보 1건  학술발표논문 1건</p> <p><b>(5)차년도</b>  고내화성 커튼월 시스템 시공효율성 향상  : 최종보고서 작성  ▶ 기술실시계약 1건</p>
--	--

8. 연구개발 과제의 규모	총 연구비 (백만원)	정부 민간 총합	300 100 400	총 연구기간 (5년)	
----------------	-------------	----------------	-------------------	-------------	--

9. 기존의 선행연구	○ (주)현대산업개발 - 석탄 소비에 따른 부산물인 석탄회를 이용한 내화성 경질경량 무기발포소재를 개발하여 화재확산 방지재료 사용을 검토 중임 - 기존 단열재 대비 내화성능 및 단열성능이 우수하나, 현장 시공 및 가공 문제, 중량 문제 등으로 인하여 실용화되지 않고 있음
-------------	---

10. 제안기술에 대한 평가	평가항목 (주요성능)	단위	국내 최고 수준	개발목표치
	가. 내화성능 (15분 내화시험 시 온도상승)	K	20	20
	나. 단열성능 (열전도율)	Kcal/mh℃	0.1	0.1
	다. 압축강도	MPa	8	8
	라. 휨강도	MPa	2	2
	마. 두께	mm	30	20
	바. 중량 (M2당)	Kg	14.7	10
	바. 경제성 (M2당)	원	11,692	10,000

## 참고문헌

1. 한국건설교통기술평가원, 초고층복합빌딩시스템사업단 사전·상세기획연구 보고서, 2009.02.
2. 초고층복합빌딩사업단, 초고층복합빌딩사업단 운영계획서, 2009.06.
3. 일본강구조협회, 고장력강(780N/mm<sup>2</sup>급강)의 건축구조물 적용, 1998. JSSC 기술보고서
4. 포스코, 2007년 제16회 건설분야 철강이용기술 발표회 논문집, 2007.
5. 한국강구조학회, 2007년도 강구조 기술발표대회 강연자료집, 2007
6. 포스코, 2008년 제17회 철강이용기술 발표회 논문집, 2008.
7. RIST 강구조연구소, 제47회 철강기술 심포지엄 “초고강도 강재를 활용한 강구조 및 복합/합성구조 실용화”, 2008.09.
8. 한국초고층건축포럼, 제11차 국제심포지엄 논문집 “초고층 사회의 기술변화와 한국 경쟁력”, 2009.04
9. 대한건축학회, 콘크리트충전 강관구조 설계 및 시공매뉴얼, 2004.
10. 대한건축학회, 건설교통부 고시 건축구조설계기준 및 해설, 2006.
11. 한국강구조학회, 제37회 철강기술 심포지엄 “초고강도 건설용 강재 적용기술”, 2007.03.
12. 일본강구조협회, 혁신적 구조재료를 이용한 신구조시스템 건축물 연구개발, 2008.03.
13. 일본건축학회, 고강도콘크리트 시공지침(안)·동해설, 2005.02
14. 대한건축학회, 건축용 스테인레스강 내외장재 제품 사용기술, 2007.10.
15. 이승훈 외 “초고층 RC 건축물의 재료 및 시공기술” 콘크리트학회지, Vol.16 No.3, 2004
16. 이재삼 외 “초고층 주거건축의 고강도콘크리트 시공관리 및 내화성능 향상공법” 콘크리트학회지, Vol.21 No.1, 2009
17. 이종상 외 “초고층 RC 건축물의 시공계획 및 공법” 콘크리트학회지, Vol.16 No.3, 2004
18. 왕인수 외 “국내 최초 설계강도 800 kgf/cm<sup>2</sup> 초고강도 콘크리트를 적용한 주거용 초고층 건물 시공 사례” 콘크리트학회지, Vol.15 No.3, 2003
19. 김동석 외 “초고층 주상복합구조물에 적용한 고강도 콘크리트의 사례” 콘크리트학회지, Vol.14 No.5, 2002
20. 송도현 외 “초고층 건축공사의 관리포인트-세계 최고층 건물 말레이시아 KLCC공사 보고” 콘크리트학회지, Vol.9 No.2, 1997
21. 문형재 외 “초고층 직압 타설을 위한 고강도콘크리트 펌퍼빌리티 테스트 수행결과” 한국콘크리트학회 2007년도 가을 학술발표회 논문집, Vol.19 No.2, 2007

22. 이승훈 외 “초고층건물에 대한 고강도 콘크리트의 현장적용 및 품질관리” 콘크리트 학회지, Vol.8 No.1, 1996
23. 김규동 외 “초고층 구조물에 적용되는 고강도 콘크리트의 배합설계-세계 최고층 빌딩 버즈 두바이 타워 사례” 한국콘크리트학회 2006년도 가을 학술발표회 논문집, Vol.18 No.2, 2006
24. 김규동 외 “초고층 빌딩 적용을 위한 설계강도 800 kgf/cm<sup>2</sup> 고강도 콘크리트의 개발” 한국콘크리트학회 2002년도 봄 학술발표회 논문집, Vol.14 No.1, 2002
25. 한국콘크리트학회, 콘크리트 표준시방서, 2003
26. 한국콘크리트학회, 고강도콘크리트실용화연구, 1991
27. 한국콘크리트학회, “철근콘크리트 구조물의 내화특성”, 2005
28. 고강도콘크리트 제조/설계/시공 기술, 한국콘크리트학회, 2002
29. 김무한 외, “초고강도 콘크리트의 내화성능에 관한 일본건설사의 연구동향 및 성능인증 현황”, 콘크리트학회지 제17권5호 2005.9
30. 서치호, 박상훈 : “무세골재 콘크리트의 강도특성에 관한 실험적 연구” , 대한건축학회 학술발표논문집, 제6권 2호, 1986.10.
31. 서치호 : “인공경량골재의 개발현황과 특성” , 한국콘크리트학회지, 제3권 2호, 1991. 6
32. 윤재환 : 포틀랜드 시멘트 및 콘크리트, 세진출판사. 1999.
33. 변근주 : 혼화재료, 한국레미콘 공업협회, 1993.
34. 서치호 : 경량콘크리트의 성상에 관한 실험적 연구, 한양대학교 대학원 박사학위논문, 1985.
35. 유택동 : 유동화경량골재콘크리트의 성상에 관한 연구, 건국대학교 대학원 박사학위논문, 1998.
36. 이종찬 : 코팅 발포폴리스티렌비드를 사용한 경량골재 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 건국대학교 대학원 박사학위논문, 2004.
37. 박혜정 : 폐EPS를 혼입한 온돌용 경량기포콘크리트의 강도특성에 관한 실험적 연구, 건국대학교 대학원 석사학위논문, 2000.
38. 박상훈 : 무세골재콘크리트의 강도특성에 관한 실험적 연구, 건국대학교 대학원 석사학위논문, 1986
39. 박승범 : 식생 콘크리트, 한국콘크리트학회지 제12권 5호, 2000.
40. 홍건호 : 세골재를 사용하지 않은 경량콘크리트의 재료특성에 관한 실험적 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 1992.
41. 강승문 : 팽창 펄라이트를 사용한 건축용 보드의 개발에 관한 실험적 연구, 건국대학교 석사학위논문, 2002.2.

42. 김기용 : 혼화재료를 이용한 퍼라이트 경량 모르타르의 개발, 경상대학교 석사학위논문, 1996. 2.
43. 정동학 : 퍼라이트를 이용한 경량물탈의 강도에 관한 실험적 연구, 건국대학교 대학원, 1989. 2.
44. 박대오 : “경량골재의 공극구조에 따른 골재 함수특성이 경량골재콘크리트의 내동해성에 미치는 영향” , 건국대학교 석사학위논문, 2007.
45. 건설부 : “건축공사표준시방서” , 대한건축학회, 1999
46. 건설부 : “콘크리트표준시방서” , 한국콘크리트학회, 2004
47. Bungale S. Taranath, Steel, Concrete and Composite Design of Tall Buildings, McGraw Hill, 1998.
48. Chew Yit Lin, Michael, Construction Technology for Tall Buildings, Singapore University Press, 2007.
49. J.A. Hanson : “A.C.I. Journal” , July, 1961
50. Short, Andrew, and Kinniburgh, William : “Lightweight Concrete” , John Willey and Sons, 1963.
51. Andrew Short : “Lightweight concrete” , Applied Science Publishers, LTD 1978
52. Aitcin P.-C. : High Performance Concrete. EF&N SPON, 1998
53. Atcin, P.C. : “Cements of Yesterday and Today”, Cement and Concrete Research, v.30 No.9, pp.1349-1359, 2000
54. Ajdukiewicz, A. and Radomski, W. : “Trends in the Polish Research on High-Performance Concrete”, Cement and Concrete Composites, 24(2), pp.243-251, 2002
55. A.M.Neville : Properties of concrete, The Pitman, London, 1981, p490.
56. Pedersen, N. : Commercial Development of Alternatives To Asbestos
57. Okamoto Takahisa : Preparation of Porus Concrete, 한국콘크리트학회지 제12권 5호, 2000.
58. Satish Chandra : “Lightweight aggregate concrete”, NOYESPUBLICATIONS, 2003
59. Phan, L. T. 1996, “Fire performance of high-strength concrete: A report of the state-of-the-art.”, Rep. NISTIR 5934, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Md.
60. V.K.R Kodur, “Fire Performance of High-Strength Concrete Structural Members”, National Research Council of Canada, December, 1999, pp.1026~1220.
61. Neville, Properties of Concrete, Pitman, 1981
62. M.N Haque, T.Chulilung, Strength Development of Slag and Ternary Blend

- Concrete, Cement and Concrete Research, VOL. 20, 1990, PP 120-130
63. Francois de Larrard, Ultrafine Particles for The Marking of Very High Strength Concretes, Cement and Concrete Research, Vol. 19, 1989, PP 161-172
  64. Cameron M, Special Techniques for Producing High Strength Concrete, ACI, 1970, PP 996-1002
  65. Yoshihiko Ohama, Limit of Achievable Concrete Strength by Trying Possible measures Concrete, No.546, 1992, 1164-69
  66. Yoshihiro Masuda, The Concrete which Design Strength is 600 kgf/cm<sup>2</sup> will not be a High Strength Concrete, Cement · Concrete, No.546, 1992, PP 45-58
  67. T.kawai, et al, Challenge to Practice of 1,000kgf/cm<sup>2</sup> Concrete, Cement Concrete No.508, 1989, 1131-38
  68. Motoo Hesaka, Physical Properties of High Strength and High Quality Concrete Using High-Range Water Reducing Agents-Part I, Cement Concrete, No.548, 1992. PP 9-18
  69. Yoshihiro Masuda, Trends of Research and Development on High Strength Concrete for Reinforced Concrete Buildings, Concrete Journal, Vol. 28, No. 12, 1990, PP 14-24
  70. 長龍重義, “シリカフェームのコンクリートへの利用の現状と展望”, コンクリート工學 Vol.29, No.4, April 1991, p5
  71. 今橋太一, “シリカフェームを用いた超高強度コンクリート(その特性と性能)”セメントコンクリート No.619, Sep.1998, p20
  72. 今橋太一, “シリカフェームの分散性と超高強度コンクリートの流動性”, 無機マテリアル, Vol.5, Jan. 54-59(1998)
  73. 鳴瀬浩康 外, “シリカフェームを用いた超高強度コンクリートの開発”, 無機マテリアル, Vol.12, 281-289(2005)
  74. 陣内浩 外, “実用化を迎えた設計基準強度150N/mm<sup>2</sup>級超高強度コンクリートの性能”, セメントコンクリート No.678, Aug. 2003, p10
  75. 早川光敬 外, “設計基準強度 150N/mm<sup>2</sup>の超高強度コンクリートの大臣認定について”, コンクリートテクノ、Vol.22, No.4, Apr, 2003, p27
  76. 小室努 外, “150N/mm<sup>2</sup>級の超高強度コンクリートを用いたRC柱の実用化研究”, コンクリート工學 Vol.39, No.10, 2001.10
  77. 黒岩秀介 外, “設計基準強度130N/mm<sup>2</sup>の超高強度コンクリートの施工について”, コンクリートテクノ、Vol.23, No.6, Jun, 2004, p9
  78. 深田康弘 外, “シリカフェームを用いた高強度コンクリートの物性”, セメント技術大会講演集, No49, p102, 1995

79. 鳴瀬浩康 外,“超高強度コンクリートへの挑戦(150N/mm<sup>2</sup>クラスに對應したシリカフェーム混入セメントの開発)”, セメントコンクリート, No.697, Mar.2005, p8
80. 鳴瀬浩康 外, “シリカフェームセメントスーパーの開発超高強度コンクリートへの挑戦”, コンクリートテクノ、Vol23, No.10, Oct, 2004, p26
81. 陣内浩 外,“コンクリート施工・限界への挑戦(超高層化)”,セメントコンクリート, No.700, Jun.2005, p40
82. 竹内博幸 外, “高爐スラグ微粉末を用いた超高強度コンクリートの實用化に関する研究”, コンクリート工學年次論文報告集, Vol.15, No.1, 1993, p93
83. 日本セメント協會 “セメント硬化体研究委員會報告書”, 2001, p61
84. 宇智田 外, “高強度化のためのセメントの開発と水和の理論”, セメントコンクリート, No.546, Aug.1992, p6
85. 寺村悟 外, “高強度化のための混和材の開発”, セメントコンクリート, No.546, Aug.1992, p34
86. 友澤史紀 外,“高強度コンクリートの開発”, コンクリート工學 Vol.32, No.10, 1994.10, p11
87. 西岡思郎 : “人工輕量骨材の使用時の吸水量に関する考察”, 日本建築學會大會學術講演梗概集, (近畿), 昭和 46年 11月
88. 白山和久, 上村克郎 : “氣泡コンクリート”, オーム社, LTD 1978
89. 白山和久, 上村克郎, 飛坂基夫 : “人工輕量骨材コンクリートに関する研究”, 建築研究報告, 第50號, 昭和 42年
90. 福士勲, 西岡思郎 : “人工輕量骨材コンクリートの標準調合”, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 昭和45年
91. 林正道 : “最新コンクリート技術伴書”, 山海堂, 1980
92. 村田二郎: “まだ固まらないコンクリートの性質と試験コンクリートジャーメル”, Vol.5, No.3, 1976. 3.
93. 徳田弘 : “人工輕量骨材用いたコンクリートの熱的性質について”, 構造用輕量骨材シムポジウム, 土木學會, 1964年 5月
94. 일본용접협회, [http://www-it.jwes.or.jp/qa/details.jsp?pg\\_no=0090030040](http://www-it.jwes.or.jp/qa/details.jsp?pg_no=0090030040)
95. JFE, <http://www.toami.co.jp/product/detail/rivbon1275.htm>
96. 안도건설, [http://www.ando-corp.co.jp/rd/technique\\_04.html](http://www.ando-corp.co.jp/rd/technique_04.html)
97. 한국철강신문, <http://www.kmj.co.kr/>
98. 다케나카건설, <http://www.takenaka.co.jp/>
99. 시미즈건설, <http://www.shimz.co.jp/404.html>
100. 다이세이건설, <http://www.taisei.co.jp/ss/cabinet/index.html>

101. 카지마건설, <http://www.kajima.co.jp/tech/index-j.html>
102. 콘크리트구조설계기준, 한국콘크리트학회, 2007
103. 콘크리트표준시방서, 한국콘크리트학회, 2004
104. 정석창, 유은중, 주영규, 최 향, 박칠림, “콘크리트 충전 강관기둥을 사용한 초고층 구조물의 기둥 축소량 해석”, 1998년 11월, 대한건축학회 논문집, 제14권, 제11호, pp.47-54.
105. 정석창, 유은중, 주영규, 최향, 안재현, 박칠림, 초고층 구조물에서 기둥 축소량의 영향, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(구조계) : v.18 n.2, 1998. 10
106. 송화철, 유은중, 정석창, 주영규, 박칠림, “초고층 콘크리트 건물의 기둥 축소량 효과”, 1997년 12월, 대한건축학회 논문집, 제13권, 제12호, pp.289-297.
107. 송화철, 유은중, 정석창, 주영규, 박칠림, “비탄성효과를 고려한 Plaza Rakyat 오피스동의 기둥부등축소량”, 1997년 11월, 제 9권 2호, 한국콘크리트학회, 학술발표대회 논문집, pp. 475-480.
108. 송화철, 정석창, 초고층 건물의 기둥축소량 예측 및 보정, 대우건설기술 제18호, 1997. 04
109. 김한수, 수평부재와 철근의 구속효과를 고려한 고층건물 기둥축소해석, 대한건축학회 논문집(구조계) v.24 n.6 2008. 06
110. 하태훈, 기둥축소량 현장계측 및 재료시험, 대우건설기술 제29호, 2007. 07
111. 김성수, 초고층 구조물의 기둥 축소량 예측에 관하여, 한국건축구조기술사회지, 2006. 06
112. 김한수; 김진근; 김도균, 수분확산을 고려한 고층건물 SRC합성기둥의 축소량 해석, 대한건축학회 논문집(구조계) v.21 n.9 2005. 09
113. 김옥중; 홍성현, 초고층건축물에서의 수직부재 축소량 해석기법에 관한 연구, 대림기술정보 2004.봄호 2004. 03
114. (건설교통부제정) 구조물기초 설계, 한국지반공학회, 2002
115. 건축기초 설계 기준, 일본건축협회(AIF), 2001
116. 건설교통부, 도로교표준시방서, 1996
117. 이진형, 정상섬, “연약지반에 시공된 Piled-Raft 기초의 3차원 거동 분석”, 한국지반공학회 논문집, 23권 5호, 한국지반공학회, pp. 63~75, 2007년 5월
118. 정상섬, 원진오, 김영호, “교대를 지지하는 균말뚝의 캡강성효과“ 한국지반공학회 논문집, 제23권 9호, pp.39~49, 2007년 9월
119. 전경수 (2000), 풍화암에 근입된 현장타설말뚝의 연직 및 횡방향 지지거동 분석, 서울대학교 박사학위 논문.
120. 이진형, 배종오, 정상섬 (2001). “암반에 근입된 대구경 현장타설말뚝의 지지력 분석.” 대한토목학회 2001년도 학술발표회 논문집.

121. 조성한 (1997), “풍화암에 근입된 현장타설말뚝의 하중전이에 관한 연구.” 연세대학교 박사학위 논문.
122. 박진오, 원심모형실험과 수치해석을 이용한 과압밀 지반에서의 piled raft 기초의 지지력 평가 한국과학기술원, 석사학위논문, 2009
123. Sung-Gul Hong, Sung-Chul Chun, Sung-Ho Lee, and Bohwan Oh, Strut-and-Tie Model for Development of Headed Bars in Exterior Beam-Column Joint, *ACI Structural Journal*, Vol. 104, No. 5 Sep.-Oct. 2007, pp. 590-600 ISSN: 0889-3241
124. Sung Chul Chun, Sung Ho Lee, Thomas H.-K. Kang, Bohwan Oh, and John W. Wallace, Mechanical Anchorage in Exterior Beam-Column Joints Subjected to Cyclic Loading, *ACI Structural Journal*, Jan.-Feb. 2007, pp. 102-112
125. Hyo Seon Park, Hyun Seok Jung, Yun Han Kwon, Ji Hyum Seo, Mathematical models for assessment of the safety of steel beams based on average strains from long gage optic sensors, *Sensors and Actuator A*, 2006, pp. 17-24
126. H. S. Park, H. M. Lee, A New Approach for Health Monitoring of Structures: Terrestrial Laser Scanning, *Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 2007, pp. 19-30
127. Hyo Seon Park, Seong Moon Jung, Hong Min Lee, Yun Han Kwon, Ji Hyun Seo, Analytical models for assessment of the safety of multi-span steel beams based on average strains from long gage optic sensors, *Sensors and Actuators A*, 2007, pp. 6-12
128. Hyo Seon Park, Ji Hyun Seo and Yun Han Kwon, Development of drift design model for high-rise buildings subjected to lateral and vertical loads, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2008, 273-293
129. Ji Hyun Seo, Weon-Keun Song, Yun Han Kwon, Kappyo Hong, and Hyo Seon Park, Drift design model for high-rise buildings based on resizing algorithm with a weight control factor, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2008, pp. 563-578
130. Hyo Seon Park, Hong Gyoo Sohn, Ill Soo Kim and Jae Hwan Park, Application of GPS to monitoring of wind-induced responses of high-rise buildings, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2008, pp. 117-132
131. H. M. Lee and H. S. Park, Estimation of Deformed Shapes of Beam Structures using 3D Coordinate Information from Terrestrial Laser Scanning, *CMES*, 2008, pp. 29-44
132. Jeong Sang Seom, Kim Byung Chul, Won Jin Oh, Lee Jin hyung, “Uncoupled analysis of Stabilizing Piles in Weathered Slopes”, *Computers and Geotechnics*, Vol. 30, p671-682, December 2003.

133. Jeong Sang Seom, Lee Jin hyung, Lee Cheol Ju "Slip Effect at the Pile- Soil Interface on Dragload", Computers and Geotechnics, Vol. 31, p.115-126, March 2004.
134. Jeong Sang Seom, Seo Dong Hee, Lee Jin Hyung, Park Jung Bae, "Time-Dependent Behavior of Pile Groups by Staged Construction of Adjacent Embankment on Soft Clay", Canadian Geotechnical Journal, Vol. 41-4, p. 644-656, 2004.
135. Jeong Sang Seom, Seo Dong Hee, "Analysis of Tieback Walls Using Proposed P-y Curves for Coupled Soil Springs", Computers and Geotechnics, Vol. 31-6, p. 443-456, 2004.
136. Jeong Sang Seom, Kim Jae Hong, Park Seong Wan, Jitendra Sharma, "Influence of rainfall-induced wetting on the stability of slopes in weathered soils", Engineering Geology, Vol. 75-3~4, p.251-262, 2004.
137. Won Jinoh, You Kwangho, Jeong Sang Seom, Kim Sooil, "Coupled Effects in Stability Analysis of Pile-Slope Systems", Computers and Geotechnics, Vol. 32-4, p. 304-315, 2005.
138. Lee Cheol Ju, Lee Jin Hyung, Jeong Sang Seom, "The Influence of Soil Slip on Negative Skin Friction in Pile Groups connected to a Cap" Geotechnique, Vol. 56-1, p. 53-56, 2006.
139. Jinoh Won, Sang-Yong Ahn, Sangseom Jeong, Jinhyung Lee, "Nonlinear three-dimensional analysis of pile group-supported columns considering pile cap flexibility", Computers and Geotechnics, September. 2006.
140. Sangseom Jeong, Jaehong Kim, and Kyuhyun Lee, "Effect of fine contents in the wetting front of rainfall-induced slope stability", Canadian Geotechnical Journal, (In press)
141. Seol, H. I., Jeong, S. S., Cho, C. H., You, K. H, "Shear Load Transfer for Rock-Socketed Drilled Shafts based on Borehole Roughness and Geological Strength Index (GSI)", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Elsevier, Vol.45, Issue.6, September 2008, pp.848-861
142. Burland, J. B., and Kalra, J. C. (1986), "Queen Elizabeth II Conference Centre: Geotechnical aspects.", Proc. ICE, 80, 1479 - 1505.
143. Horikoshi, K. and Randolph, M. F., Centrifuge Modelling of Piled Raft Foundations on Clay, Géotechnique Vol. 46, No. 4, 1996 pp. 741-752.
144. Katzenbach, R., Arslan, U., and Moormann, C. (2000), Piled raft foundation projects in Germany., (Hemsley, J. A., Ed.), Thomas Telford, London
145. Katzenbach, R., Schmitt, A., Turek, J. (2005),"Assessing settlement of high-rise structures by 3D simulations.", Computer-aided civil infrastructure engineering, 20,

146. Mandolini, A. (2003), "Design of piled raft foundations: Practice and development.", Proc. 4th Int. Geotechnical Seminar on Deep Foundation on Bored and Auger Piles, Ghent, Millpress, Rotterdam, 59-80.
147. Poulos, H. G. (2000), "Practical design procedures for piled raft foundations.", Design applications of raft foundations(J. A. Hemsley, ed.), Thomas Telford, London, 425 - 467.
148. Randolph, M. F., Design Methods for Pile Group and Piled Rafts, Proc. of 13th ICSMFE, Vol. 5, 1994 pp. 61-82.
149. Reul, O., and Randolph, M. F. (2003), "Piled rafts in overconsolidated clay - Comparison of in-situ measurement and numerical analyses.", Géotechnique, 53(3), 301-315.
150. 강상수, 황문환, 김용수, 최인성 "건설공사의 하도합 리스크관리 모델개발에 관한 연구-공동주택공사의 골조공사를 중심으로", 대한건축학회, 1998
151. 강인석, 김창학, 곽중민 "건설공사단계별 리스크 인자 중요도에 관한 현황분석", 한국건설관리학회, 2001
152. 강인석, 김창학, 손창백, 박홍태 "대형건설공사의 리스크분석에 관한 사례적용연구", 한국건설관리학회, 2001
153. 강인석, 문현석, 박서영 "건설공사 진행단계별 4D CAD시스템의 적용방법론 및 프로세스 모델 구성", 대한건축학회논문집 구조계, 2008.
154. 강인석, 박서영 "건설공사 리스크관리를 위한 모형 개발 연구", 한국건설관리학회, 2003
155. 강인석, 박서영 "건설공사의 리스크분석을 위한 퍼지평가모형 개발", 한국건설관리학회, 2001
156. 건설교통부, "Expert System에 의한 공사실적정보관리시스템 개발 연구보고서", 경희대학교, 2001
157. 건설기술연구원, 건설공사 품질안전관리 통합시스템 구축 연구, 건설교통부, 2000
158. 건설물가조사사회, "건설 디플레이터의 개선검사", 건설경제분석 시리즈 No. 45, 동경: 재단법인 건설물가조사사회, 1995.
159. 건설물가조사사회, "건설 디플레이터의 기준개정(평성 2년도)", 건설경제분석시리즈, No. 46, 동경: 재단법인 건설물가조사사회, 1996.
160. 건설물가조사사회, "월간물가지수월보", 동경: 재단법인 건설물가조사사회, 2000. 11.
161. 건설산업연구원, 국내 용역형 CM/PM 시장활성화를 위한 개선방안, 2005. 8.
162. 권순오, 윤철성, 주해금, 김선규 "건설공사 위험관리 기법의 상황별 적용기준 정립", 한국건설관리학회, 2004

163. 김경래, “실적공사비 적산제도를 통한 적정공사비 산정 및 관리”, 건설산업동향, 한국건설산업연구원
164. 김광희, 강경인, “유전자 알고리즘에 의한 신경망 학습의 최적화를 이용한 공동주택의 초기 공사비 예측에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 20권 2호, 81-88쪽, 2004
165. 김광희, 강경인, “사례기반추론 기법을 이용한 공동주택 초기 공사비 예측에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 20권 5호, 83-92쪽, 2004
166. 김광희, 김상용, 강경인, “공동주택 공사비 예측 정확도 비교에 관한 연구 - 사례기반추론 기법과 신경망을 중심으로”, 대한건축학회 논문집 20권 5호, 93-102쪽, 2004
167. 김광희, 안성훈, 조형근, “신경망과 유전자알고리즘을 이용한 공사비예측 모델의 예측정확도 비교에 관한 연구 - 공동주택 공사비를 중심으로”, 대한건축학회 논문집 22권 3호, 111-118쪽, 2006
168. 김동진 외 2인, “고층건축공사의 리프트 양중계획 합리화”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제22권 제2회, 2002
169. 김문한 외, 건설경영공학, 기문당, 1999
170. 김민기 외 2명, 공공건설사업 시공 전 단계 사업비관리 개선에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 제3회, 2002. 12
171. 김상중, 신규철, 김재준 “건축현장 마감자재 조달프로세스 영향요소 분석에 관한 연구 : 도심지 초고층 공사를 대상으로”, 대한건축학회논문집 구조계, 2003.
172. 김상훈, 김광희, 강경인 “건설공사의 적정 Lot Size 결정에 의한 효율적인 재고관리방안에 관한 연구”, 한국건축시공학회 논문집, 2004.
173. 김선국, 구인환, “신경망을 이용한 사무소 건물의 코스트 모델”, 대한건축학회 논문집 16권 9호, 59-66쪽, 2000
174. 김선규 “건설공사 위험대응 반복 프로세스 모델”, 한국건설관리학회, 2002
175. 김선규 “위험대응 비용을 기준한 건설공사 비상예비비 산정 방법”, 대한건축학회, 2002
176. 김선규 “잔여위험을 고려한 위험대응 프로세스 모델”, 대한건축학회, 2002
177. 김선규, 김재준 “VaR개념을 응용한 위험허용도 중심의 건설공사 위험대응 방법론에 대한 연구”, 대한건축학회, 2001
178. 김선규, 김재준, 김경래 “건설공사 위험허용도 설정 모델에 관한 고찰”, 대한건축학회, 2000
179. 김선규, 김재준, 김경래 “VaR개념을 응용한 건설공사 위험허용도 산정방법”, 한국건설관리학회, 2001
180. 김성철, 실내벽의 UHF 대역 전파 투과 특성 해석, 한국통신학회논문지 99-10 vol.24 No. 10B
181. 김수희 외 1, Wireless LAN 환경 하에서 Access Point의 RSSI 삼각측량 방식을 이

- 용한 RTLS 설계, 2006년도 한국정보과학회 가을 학술발표논문집 Vol.33, No.2(D)
182. 김영진 외 1인, “유전자 알고리즘, 파레토 최적, 환기 시뮬레이션을 통합한 환기 시스템 최적설계”, 대한건축학회논문집, 24권 1호 통권 231호, 2008
  183. 김용득 외 1인, “몬테카를로 시뮬레이션과 선형계획법을 이용한 최적의 일정 및 비용 산정방법”, 한국건설관리학회 학술발표논문집, 제5회, 2004
  184. 김윤주, 송병관, 최석인, “실적공사비제도의 평가 및 개선방안”, 한국건설산업연구원, 2004
  185. 김재준 외 2인, “초대형 고층건물공사양중관리체계개발”한양대학교 초대형 구조시스템연구센터, 2001
  186. 김정진 외 1인, “초고층 건축공사의 양중계획 시스템에 관한 연구”, 한국건축시공학회논문집, 제5권 제2호, 2005
  187. 김창학, 박서영, 강인석 “건설분야 통합 리스크관리에 관한 구성 모델”, 한국건설관리학회, 2004
  188. 김학용, “무선랜 기반 위치정보 서비스”, Telecommunication Review, 2006
  189. 김학용, 무선랜 기반 위치정보 서비스, Telecommunications review, 2005.04
  190. 김훈 외 2인, “고층 빌딩 공사의 리프트 선정 프로세스 개선 방안에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제19권 제2회, 1999
  191. 문민식 외 3인, “마감자재 양중횟수 산정 약산식 제안”, 한국건설관리학회 학술발표논문집, 제4회, 2003
  192. 박근준, 전재열, 김종필, “국내 공동주택공사의 연면적 변화에 의한 공종별 비용증감 추이분석”, 대한건축학회 논문집(구조계), 제16권 5호, 2000
  193. 박길재 외 2인, “고층 건축공사에 있어 자재양중계획의 최적화방안”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제21권 제2호, 2001
  194. 박대홍, 김재준, 이현수 “건설 현장 자원소요예측시스템에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 구조계, 2002
  195. 박상준, 이종식, 전재열 “수익성 평가에 의한 일정과 비용의 최적화방안”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(구조계), 제21권 2호, 2001
  196. 박소현, 이주현, 송정화, 오건수 “건설자재관리 프로세스의 RFID기술 적용 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2001.
  197. 박찬식, 장선호, 김기홍, “설계의사결정 과정에서의 확률적 공사비계획 모델 - 고층 오피스빌딩을 중심으로”, 대한건축학회 논문집 19권 11호, 181-189쪽, 2003.
  198. 박창욱 외 2인, RFID 기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례분석 및 개선방안제시, 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집, 2007.04
  199. 박천수, The basic of RF, 컨버전스 미디어, 2008
  200. 박홍태, 손창백, 강인석 “건설공사 공정관리이행의 리스크 감소를 위한 개선방안”, 한

- 국건설관리학회, 2000
201. 서석원, 김재준, 김경래 “건설공사의 최적 리스크 대응방안 선정을 위한 의사결정 모델”, 대한건축학회, 2002
  202. 손병식 외1, “RFID Tag 기술” 고분자 과학과 기술지 2006
  203. 손보식, 영향변수에 따른 수량변화 분석 기반의 건축공사비 개선견적 모델, 서울대학교 박사학위 논문, 2005. 2
  204. 손정욱 “리스크요인을 고려한 건설사업 타당성분석 프로세스에 관한 연구(민간건설 프로젝트를 중심으로)”, 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 2003
  205. 손창백 외, “대형건설회사 본사 및 현장의 안전관리수준 평가”, 대한건축학회논문집, 18권 6호, 2002
  206. 손치수, 김구택, 김경환, 이운선, 김정학, 김재준 “실시간 모니터링 시스템 프로토타입 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 구조계, 2008.
  207. 송영웅, 최윤기 “비용·일정 통합관리를 이용한 커튼월 자재관리”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2004.
  208. 신규호, 김재준 “국내개발사업 사전기획단계에서의 효율적 리스크 관리를 위한 리스크 인자 중요도에 관한 연구”, 한국건설관리학회, 2002
  209. 신형준, 김선규 “건축공사 공법에 대한 데이터베이스 구축에 관한 연구”, 대한건축학회, 2000
  210. 안병주 외 1인, “고층건물공사 마감자재의 수직수평이동계획이 통합된 의사결정모델”, 한국건설관리학회논문집, 제2권 제2호, 2001
  211. 안병주, “이산형 시뮬레이션을 사용한 초고층건물공사 작업원의 수직이동계획”, 한국건설관리학회논문집, 제5권 제2호, 2004
  212. 안용선, 송규열, 허정민, “건설사업 초기단계에서 개선견적의 정확성 향상방안”, 대한건축학회 논문집 구조계 19권 11호, 133-140쪽, 2003
  213. 안재명 외2, (주)디테일테크 기술연구서 공저, EP(global Network 기반의 RFID 기술 및 활용, Global, 2007
  214. 안홍섭 외, 건설업체의 안전관리 수준평가 방안, 대한건축학회 논문집, 18권 1호, 2002
  215. 안홍섭, 건설안전활동 평가기준 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 11권 12호, 1995.12
  216. 안홍섭, 고성석, 이찬식, “건설현장의 안전관리 개선방안에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 12권 12호, 1996.12
  217. 예태곤, 사례기반 건설안전 관리시스템 추론 모형, 서울대학교 석사논문, 1998
  218. 오명진, 황영삼, “IFC기반 건축현장 자재구매관리모델”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2002.

219. 오승준, “건축 프로젝트에서 성능·비용·시공성을 고려한 최적 설계대안 선정모델, 단국대학교 박사학위 논문, 2004.
220. 오용석, 이주현, 송정화, 오건수 “단위공간의 적정자재 선정 시 Package Service 기초 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2008.
221. 원서경 외 4인, “해외플랜트 프로젝트 구매조달 시스템 구축을 위한 프로세스 분석”, 대한건축학회논문집, 제24권 제2호 통권232호, 2008
222. 원서경, 김선국 “건축공사 마감자재정보시스템 구축 및 활용방안”, 대한건축학회논문집 구조계, 2008.
223. 유지연 외 5인, RFID/USN 연동 시스템의 건설 산업 적용을 위한 성능실험에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2007-11
224. 윤여완, 양극영 “건축공법별 리스크 인지를 위한 체크리스트 개발에 관한 연구”, 대한건축학회, 2001
225. 윤여완, 양극영 “리스크 요인분석을 통한 건축공법선정에 관한 연구 -지하구조체 공종을 중심으로-”, 대한건축학회, 2001
226. 윤철성, 김선규 “국내 건설공사 클레임사례를 기준한 위험요인 및 대응전략 도출”, 대한건축학회, 2003
227. 윤철성, 주해금, 김선규 “계획공정표, 모든 지연을 포함한 준공공정표, 발주자 지연을 제외한 준공공정표의 비교를 통한 공기지연분석”, 한국건설관리학회, 2003
228. 이남수 외 5, RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 자재위치파악 방안, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2006-11
229. 이동준, “초기설계단계에서의 원가관리 프로세스 개선 및 요소별 비용 DB모델에 관한 연구”, 단국대학교 석사학위 논문, 2003.
230. 이상범 “건설자재의 적정 리드타임 산정에 관한 연구”, 한국건축시공학회논문집, 2004.
231. 이영국, 전파와 CDMA란 무엇인가?, 한국이동통신 중앙 연구소, 1994
232. 이웅균 외 3인, “유전자 알고리즘 모델을 활용한 양중계획 합리화 방안”, 대한건축학회논문집, 20권 2호 통권184호, 2004
233. 이재명, 유정호, 김창덕 “야적장 크기를 고려한 철근의 경제적 주문량(EOQ) 산정”, 한국건설관리학회 학술발표대회논문집, 2007.
234. 이재명, 유정호, 김창덕, 이광재, 임병수 “건설 현장 자재수요 변동을 고려한 주문시점 산정 방법”, 대한건축학회논문집 구조계, 2008.
235. 이재민, 최종수 “자재구매 및 조달관리가 공정에 미치는 영향분석 : 철골공사 프로젝트를 중심으로”, 대한건축학회논문집 구조계, 2007.
236. 이종수, 최석인, “실적공사비 적산제도의 합리적인 도입 방안”, 한국건설산업연구원, 2003

237. 이종훈 외 4인, 실시간 실내외 측위기술 개발동향 분석, 텔레콤 제22권 제2호, 2006
238. 이주현, 송정화, 오건수 “건설자재 정보관리의 RFID 기술 적용을 위한 상황인지 시나리오 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 구조계, 2009.
239. 이준복 외 1인, “공동주택공사의 건설용 리프트를 이용한 양중계획 타당성 분석”, 한국건설관리학회논문집, 제9권 제3호, 2008
240. 이준복 외 3인, “건설기계산업의 선진화를 위한 관리체계의 개선 방안”, 한국건설관리학회논문집, 제9권 제1호 통권41호, 2008
241. 이현수, 송상훈, 김우영 “정보 분석을 통한 자재관리 프로세스 재설계”, 대한건축학회논문집 구조계, 2002.
242. 전석한, 최인성, “실적공사비 산정시스템에 관한 연구 - 공동주택을 중심으로”, 한국건축시공학회 논문집 제5권 1호, 111-121쪽,
243. 전재열, “실적자료 분석에 의한 건축공사비 산정 방법 적용에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집(구조계), 제18권 4호, 2002.
244. 전재열, 조재호, “실적 공사비에 의한 예정공사비 산정 전산화 방안”, 한국건설관리학회 논문집 제2권 2호, 2001.
245. 전재열, 조재호, 박상준, “실적자료 분석에 의한 적정 공사비 산정방법의 전산화 알고리즘 구축에 관한 연구”, 한국건설관리학회 논문집, 제4권 4호, 2003.
246. 전현식 외 5인, 실내 환경에서 효율적인 위치 추적을 위한 알고리즘에 관한 연구, Journal of Information Technology Applications & Management, 제 13권 3호
247. 정도영, 박상혁, 곽수남, 김형관, 한승현 “건설현장 철근작업 프로세스상의 적정 자재재고 관리 방안에 관한 연구”, 한국건설관리학회 학술발표대회논문집, 2006.
248. 정동욱, 김형진, 현창택, 김인호 “SOC 민간투자사업의 재무적 리스크 분석에 관한 연구 -경량전철 건설사업을 중심으로-”, 대한건축학회, 2001
249. 정동호 외3, “능동형 RFID를 이용한 RTLS의 설계 및 구현”, 2006
250. 정병화, 정영식 “건설공사의 리스크인자 분석 및 경감에 관한 연구”, 한국건설관리학회, 2001
251. 정재현 외2, “Wireless LAN Access Point를 이용한 사용자 위치 추적”
252. 정지영, 박영기, “건설공사의 안전관리와 재해 감소대책에 대한 연구 - I, II”, 대한건축학회학술발표대회논문집, 16권 1호, 1996.4
253. 정평기 외2인, “Probabilistic value analysis methodology for public water supply systems”, Civil Engineering and Environmental Systems, 2008
254. 조미란 외 3명, “효율적 사업수행을 위한 건설사업 프로세스모델 개발”, 대한주택공사, 2000
255. 조영수 외 5인, 실내외 연속측위 기술 동향, 전자통신동향분석, 2007.06
256. 조재호, “실적자료분석에 의한 적정 건축공사비 산정 방법에 관한 연구 - 확률 시물

- 레이션 개념 도입을 중심으로-”, 단국대학교 석사학위 논문, 2000.
257. 조재호, 전재열, “확률적 평가에 의한 건설공사 비용 위험도 측정의 적용성에 관한 연구”, 한국건설관리학회 논문집 제1권 1호, 2000
258. 조훈희, 김선규, 김경래 “건설현장 프로세스 및 정보의 우선순위 평가방법 - 철근콘크리트공사를 중심으로 Uniclass분류체계를 이용하여-”, 대한건축학회, 2002
259. 조훈희, 오수양, 김경래 “공기연장 실태조사를 통한 발주자중심 공기지연리스크 대응방안 -공공발주 공동주택을 대상으로-”, 대한건축학회, 2001
260. 주해금, 김선규 “건설사업 위험분류체계의 재정립을 통한 위험인지 체크리스트 개발”, 한국건설관리학회, 2003
261. 주현태 외 3인, 건설현장에서 RFID 기술의 적용성에 관한 연구, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집, 2007
262. 진유나, 이상범 “건설 공정관리에서의 적시생산을 위한 통합 프로세스 설계”, 한국건설관리학회논문집, 2004.
263. 최광수 외 2인, “건설용 리프트의 사용실태 조사 및 문제점 분석에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제22권 제2호, 2002
264. 최규학, 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템, 도서출판ITC, 2007
265. 최완식 외5, “실내의 연속측위 기술동향”, 전자통신동향분석, 2007
266. 최철호, 건설 분야에서의 RFID 시스템 활용사례 및 발전방향, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2004 제 5회
267. 하영서, 유정호, 김창덕 “자재물류관리를 위한 자재 속성별 자재관리 프로세스 모델 : ETO 범주 자재를 중심으로”, 한국건설관리학회논문집, 2009.
268. 한국 인터넷 진흥원 “RFID 국내의 정책 및 기술 동향 보고서” 2006
269. 한국건설기술연구원, “건설사업관리제도 운영기반 연구”, 2000
270. 한국건설기술연구원, “실적공사비 추적 및 적용방안 연구”, 건설교통부, 1999. 12
271. 한재구, 권순욱, 조문영 “RFID 기술을 활용한 자재관리 시범시스템 구축 및 현장실험”, 대한건축학회논문집 구조계, 2006.
272. 한종관, 진상윤, 김예상 “시공사 중심의 주요 공종별 공기지연 원인분석에 관한 연구 -공동주택을 중심으로-”, 대한건축학회, 2003
273. 한주연, 홍영수, 김경래, 신동우 “다중현장관리를 위한 자원조달 지원 모델”, 대한건축학회논문집 구조계, 2004.
274. 홍성욱, 김형일, 안용선 “국내 건설기업의 리스크 관리의 실태분석 및 개선방향에 관한 연구”, 대한건축학회, 2003
275. 홍성욱, 안용선 “건축리모델링 공사의 전략적 리스크 대응방안에 관한 연구”, 대한건축학회, 2004
276. 홍성호, Design for Safety 개념을 활용한 건설안전관리정보모형 개발, 중앙대학교

- 박사학위 논문, 2003.12
277. 황지선, 이찬식 “초기 건설공사 리스크인자의 중요도 산정”, 한국건설관리학회, 2004
278. 황지선, 이찬식 “초기 건설공사의 리스크 분류체계에 관한 연구”, 대한건축학회, 2003
279. 황지선, 이찬식 “퍼지이론을 이용한 초기 건설공사의 리스크 관리 방법”, 한국건설관리학회, 2004
280. 황지선, 한현중, 신종현, 이찬식 “Fuzzy 이론을 이용한 건설공사의 리스크 분석 방법”, 대한건축학회, 2003
281. AACE Cost Index Committee, “International Cost/Price Indexes(1989)”, Cost Engineer’s Handbook Vol 1, AACE International, 1995.
282. Ahmed B. Senouci and Neil N. Eldin, M.ASCE, “Use of Genetic Algorithms in Resource Scheduling of Construction Projects”, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, NOVEMBER/DECEMBER 2004, P869-877
283. Ali Touran, M.ASCE, Ramon Lopez “Modeling Cost Escalation in Large Infrastructure Projects”, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 2006
284. B. Mulholland, J. Christian “RISK ASSESSMENT IN CONSTRUCTION SCHEDULES”, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT. 1999
285. D. K. H. Chua, M.ASCE, and G. M. Li, “RISim: Resource-Interacted Simulation Modeling in Construction”, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, MAY/JUNE 2002, P195-202
286. Daisy X. M. Zheng, S. Thomas Ng “Stochastic Time - -Cost Optimization Model Incorporating Fuzzy Sets Theory and Nonreplaceable Front”, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 2005
287. Damien Schatteman, Willy Herroelen, Stijn Van de Vonder, Anton Boone “Methodology for Integrated Risk Management and Proactive Scheduling of Construction Projects”, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 2008.
288. David J. Lowe, Margaret W. Emsley, and Anthony Harding, “Predicting Construction Cost Using Multiple Regression Techniques”, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 132, No. 7, pp. 750-758, 2006
289. Dennis F. McCahill and Leonhard E. Bernold, Members, ASCE, “RESOURCE-ORIENTED MODELING AND SIMULATION IN CONSTRUCTION”, Redistribution subject to ASCE license, P590-606

290. Dong-Eun Lee, "Probability of Project Completion Using Stochastic Project Scheduling Simulation", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 2005
291. Dongping Fang, Patrick Sik-wah Fong, Mingen Li "Risk Assessment Model of Tendering for Chinese Building Projects", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 2004
292. Dr. Stephen J. Kirk & Alphonse J. Dell'Isola, "Life Cycle Costing for Design Professionals".
293. Eloy Morua Padilla and Robert I. Carr, Fellow, ASCE, "RESOURCE STRATEGIES FOR DYNAMIC PROJECT MANAGEMENT", Redistribution subject to ASCE license, P279-2963
294. Enno Ed Koehn al, Quality, "Environmental, and Health and Safety Management Systems for Construction Engineering", ASCE, Journal of CEM, 2003
295. FORREST D. CLARK& A.B. LORENZONI, "Applied Cost Engineering, 2nd ed.", 1998.
296. G. H. Kim, D. S. Seo, and K. I. Kang, "Hybrid Models of Neural Networks and Genetic Algorithms for Predicting Preliminary Cost Estimates", Journal of Computing in Civil Engineering, (208)19, 2005
297. G.E.Gibson Jr., J.H.Kaxzmarowski, H.E.Lore Jr. "Preproject-Planning Process for Capital Facilities", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 1995
298. Garold D. Oberlender and Steven M. Trost, "Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Based on Estimate Quality", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 127, No. 3, pp. 173-182, 2001
299. General Services Administration, "Construction Excellence(Special Report)", 1998.
300. Gregory Carter, Simon D. Smith "Safety Hazard Identification on Construction Projects", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 2006
301. H. N. Ahuja & Walter J. Campbell, "Estimating from Concept to Completion," 1988.
302. H. Ping Tserng, Samuel Y. L. Yin, and Sherman Li, "Developing a Resource Supply Chain Planning System for Construction Projects", Journal of construction engineering and management, April 2006, Journal of construction engineering and management, April 2006, P393-407
303. H. Randolph Thomas David R. Riley and John I. Messner, "Fundamental Principles of Site Material Management", JOURNAL OF CONSTRUCTION

304. H.J. Wang, J.P. Zhang, K.W. Chau, M. Anson "4D dynamic management for construction planning and resource utilization", Automation in Construction 13, 2004, P575 - 589
305. Health and Safety Executive, Successful Heal & Safety Management, 1995
306. Heng Li and Peter E. D. Love, "Site-Level Facilities Using Genetic Algorithm", Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol 12, No. 4, pp.227-231, 1998
307. Heng Li C. W. Kong Y. C. Pang W. Z. Shi and Ling Yu, "Internet-Based Geographical Information Systems System for E-Commerce Application in Construction Material Procurement", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, November/December 2003, P689-697
308. Hong, Young-Tak, Yu, Jung-Ho, Lim, Gyeong-Ho and Lee, Hyun-Soo, Evaluation of Time-Affecting Factors in High-Rise Building Construction Using FMEA,Architectural Institute of Korea, Korea, 20(10) 183-192, 2004
309. Howell, Rethinking Safety : Learning to Work Near The Edge, 2002
310. <http://searchmobilecomputiing.techtarget.com>
311. Hyo-Sang, H., Kyung-Rai, K., Sang-Wook, S., and Dong-Woo, S, Analysis of Actual Duration by Effecting Elements to Duration Estimate. Korea Institute of Construction Engineering and Management, v.3 n3, pp. 84-93, 2002
312. Inmon, W. H., Building the Data Warehouse, John & Wiley, 2002
313. J. A. Kuprenas, "Construction Project Cost Performance Prediction Based on Project Bid Characteristics", Construction Research Congress, (184)94, 2005
314. Jaeho Son and Miroslaw J. Skibniewski, "MULTIHEURISTIC APPROACH FOR RESOURCE LEVELING PROBLEM IN CONSTRUCTION ENGINEERING: HYBRID APPROACH", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, JANUARY/FEBRUARY 1999, P23-31
315. James E. Seibert,<sup>1</sup> Associated Member, ASCE, and Gerald W. Evans, "TIME-CONSTRAINED RESOURCE LEVELING", Redistribution subject to ASCE license P503-520
316. Jesus M. De la Garza al, Analysis of Safety Indicators in Construction, ASCE, Journal of CEM, 1998
317. Jingheng Shi and Simaan M. AbouRizk "Resource-Based Modeling For Construction Smulation", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, MARCH 1997, P26-33
318. Jingsheng Shi and Simaan M. AbouRizk, Associate member, ASCE,

- "Resource-Based Modeling for Construction Simulation", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, March 1997, P26-33
319. Jong-Ryoul, L., Yong-Seok, J. and Chan-Sik, P, Models for Predicting Hoisting Times of Tower Crane in the High-rise Building Construction, Korea Institute of Construction Engineering and Management, Korea, 5 1-4 , 2004
320. Jung-Jin, K. and In-Sung, C, A Study on the Hoisting Planning System in Highrise Building Construction, The Korea Institute of Building Construction, Korea, 5 (4) 121-129 , 1998
321. Kamal M. Al-Harbi, David W. Johnston, and Habib Fayadh, "Building Construction Detailed Estimating Practices in Saudi Arabia", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 120, No. 4, pp. 774-784, 1994
322. Kamat, V. R., CIC at University of Michigan, [http:// pathfinder. engin. umich. edu/index.html](http://pathfinder.engin.umich.edu/index.html)
323. Keith R. Molenaar, "Programmatic Cost Risk Analysis for Highway Megaprojects", ASCE, 2005.
324. Kenji Kimoto, Kazuyoshi Endo, Satoru Iwashita, Mitsuhiro Fujiwara "The application of PDA as mobile computing system on construction management", Automation in Construction 14, 2005, P500-511
325. Kris G. Mattila and Dulcy M. Abraham, "Resource Leveling of Linear Schedules Using Integer Linear Programming", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, May/Jung 1998, P232-244
326. KS F 1503 "건축 모듈 정합 원칙 및 기준", 1995(2005 확인)
327. KS F 1508 "건축 모듈 정합 관련 용어" 2005
328. KS×ISO/IEC18000-4 "2.45GHz 에어 인터페이스 통신용 파라미터", 2005
329. Kyunghwan Kim and Jesús M. de la Garza, A.M.ASCE, "Evaluation of the Resource-Constrained Critical Path Method Algorithms", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, May 2005, P522-532
330. Lee, Jong-Ryoul, Jeon, Yong-Seok and Park, Chan-Sik, Models for Predicting Hoisting Times of Tower Crane in the High-rise Building Construction, Korea Institute of Construction Engineering and Management Conference, Korea, 5, 1-4, 2004
331. LEO DIAMANT & C.R. TUMBLIN, "Construction Cost Estimates, 2nd ed."
332. Leroy J. Isidore, W. Edward Back "Multiple Simulation Analysis for Probabilistic Cost and Schedule Integration", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 2002.
333. Lin, Kuo-Liang & Hass, Carl T. "Multiple Heavy Lift Optimization" Journal of

- the Construction Division, ASCE, Vol 122. No. 4, pp.354-362
334. Lisa Phifer, "Understanding WLAN Signal Strength." Feb. 15, 2005
  335. Miller, C. A., "Selection of a Cost Index(1995)", Cost Engineer's Handbook Vol 1, AACE International, 1995.
  336. Ming Lu, Hoi-Ching Lam, Fei Dai "Resource-constrained critical path analysis based on discrete event simulation and particle swarm optimization", Automation in Construction 17, 2008, P670 - .681
  337. Ming Lu, M.ASCE, and Hoi-Ching Lam, "Critical Path Scheduling under Resource Calendar Constraints", Journal of construction engineering and management, January 2008, P25-31
  338. Moonseo Park "Model-based dynamic resource management for construction projects", Automation in Construction 14, 2005, P585 - 598
  339. Peter S. Brandon, "Cost versus Quality: a zero sum game?", Construction Management and Economics, pp. 111-126,
  340. Sai On Cheung, Henry C.H. Suen, Kevin K.W. Cheung "PPMS: a Web-based construction Project Performance Monitoring System", Automation In Consturction, 2004.
  341. Sang-Joong, K., and Jae-Soeb, L, An Optimal Scheduling Method Using Probability on the Estimation of Construction Duration. Korea Institute of Construction Engineering and Management, v.5 n.6, pp. 72-79, 2004
  342. Seeley, I. H., "Building Economics" 4th Edition, Macmillan, 1996.
  343. Standard Cost Engineering Terminology, "AACE Recommanded Practice and Standard No. 10s-90", AACE, Inc., 1990.
  344. Steven M. Trost and Garold D. Oberlender, "Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Using Factor Analysis and Multivariate Regression", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 129, No. 2, pp. 198-204, 2003
  345. T&T, "Management of Construction Project- Capital Investment Manual", 1997.
  346. Tarek M. Zayed,<sup>1</sup> Student Member, ASCE, and Daniel Halpin,<sup>2</sup> Member, ASCE, "SIMULATION OF CONCRETE BATCH PLANT PRODUCTION", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, MARCH/APRIL 2001, P132-141
  347. W. David Kelton et al, "Simulation with Arena", McGraw-Hill International Editions, 1998
  348. Wang, X. and Dunstom, P. S., "Specification for Mapping Mixed Reality Visualization Technology to AEC Tasks", Proceedings of Construction Research Congress, ASCE, pp.628-632

349. Warszawski, A. "Analysis of Transportation Methods in Construction" Journal of the Construction Division, ASCE, Vol 99. No. 1, pp.191-202
350. Weng-Tat Chan, David K. H. Chua, and Govindan Kannan, "Construction resource scheduling with genetic Algorithms", Journal of construction engineering and management, June 1996, P125-132