R&D
A01-09

최종보고서 초고층빌딩 설계기술 연구단

2015. 07. 30

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

ISBN 979-11-955447-1-4

발간등록번호
11-1613000-000901-01

도시건축연구사업 R&D A01-09

초고층빌딩 설계기술 연구단 최종보고서

2015. 07. 30

주관연구기관 / 단국대학교 산학협력단
협동연구기관 / (주)창민우구조컨설탄트
가천대학교

Infrastructure
R&D Report

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술 연구개발사업의 최종보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

보고서 요약서 (1세부)

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>09첨단도시
A01</td><td>해당단계
연구기간</td><td>2014.08.01.~
2015.0731</td><td>단계구분</td><td>(3단계)/
(3단계)</td></tr>
<tr><td>연구사업명</td><td colspan="5">도시건축연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>최상위
과제명</td><td colspan="4">초고층빌딩 설계기술 연구단</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">비정형 통합설계 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>김종호</td><td>총연구기간
참여
연구원수</td><td>총 : 299명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 5,312,973천원
기업 : 2,997,394천원
계 : 8,310,367천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="2">㈜창민우구조컨설탄트</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">㈜희림종합건축사사무소 외 11개 기업</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 미국, 대만 상대국연구기관명 : 예일대학교, 대만국립대학교</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">▪ 초고층건축을 포함한 현대건축은 단지 문화 다원주의의 지배에 대한 인식을 통해서 이해할 수 있으며, 일찍이 초고층건축 디자인은 국제주의의 출현과 함께 시작되었지만 오늘날 초고층 건축물들은 다양한 건물유형들과 디자인 방법들이 반영되고 있음
▪ 이러한 현대 디자인 흐름은 Twisted/Tapered/Tilted/Freeforms와 같은 다양한 건물형태들을 생성하였다. 비정형 통합설계 시스템개발 연구에서는 세계 최고의 연구실용화 능력을 통하여 초고층 복합빌딩 최적화 설계기술의 개발을 목적으로, 본 연구진은 초고층건축 설계/엔지니어링 기술들을 100% 자립화하고, 국내 설계 엔지니어링 기술이 세계경쟁력을 갖추도록 다음과 같이 연구를 진행함
- 초일류 엔지니어링 능력 보유를 목표로 비정형 초고층 구조시스템의 경제성과 구조 및 시공 안정성 확보가 가능한 구조설계기술개발
- 세계수준 엔지니어링 역량 확보를 위한 요소기술 복합과 첨단IT 융합에 의한 비정형 구조시스템 설계 전산플랫폼 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색인어
(각 5개 이상)</td><td>한글</td><td colspan="4">초고층, 비정형 구조물, 전산플랫폼, 구조시스템 최적화, 구조통합화</td></tr>
<tr><td>영어</td><td colspan="4">Tall Buildings, Complex-shaped Structure, Computational Platform, Structural Optimization, Structural Integration</td></tr>
</table>

보고서 요약서 (3세부)

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>'09 첨단도시 A01</td><td>해당단계 연구기간</td><td>2014.08.01.~ 2015.0731</td><td>단계구분</td><td>(3단계)/ (3단계)</td></tr>
<tr><td>연구사업명</td><td colspan="5">도시건축연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>최상위 과제명</td><td colspan="4">초고층빌딩 설계기술연구단</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">구조시스템 성능개선 기술개발</td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>정 란</td><td>총연구기간 참여 연구원수</td><td>총 : 351명
내부 :197명
외부 :163명</td><td>총연구비</td><td>정부:15,452백만원
기업:6,779백만원
계:22,231백만원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속부서명</td><td colspan="2">단국대학교
(주)티이솔루션
포스코건설</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">포스코건설, 티이솔루션</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">▪ 국내 독자기술의 하이브리드 풍진동 제진장치 설계/제작 기술 개발 및 세계일류 브랜드 창출
▪ 비정형 구조물 풍하중 산정 및 시공단계별 풍진동 특성평가 기술 개발
▪ 비정상 하중에 의한 초고층 복합빌딩의 연쇄붕괴 방지기술의 확보를 통한 세계 최고의 엔지니어링 능력 보유
▪ 초고층 건축물의 입지여건, 건축물 특성 등의 다양한 요인을 고려한 테러위험도 평가모델을 개발하고, 각 위험도 평가등급에 따라 비용효율적으로 차등 적용할 수 있는 폭발물 테러 예방 및 피해경감을 위한 구조/계획 설계지침을 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색인어
(각 5개 이상)</td><td>한글</td><td colspan="4">풍진동제어, 연쇄붕괴, 제진장치설계 제작, 접합부 설계, 통합설계</td></tr>
<tr><td>영어</td><td colspan="4">Wind Vibration Control, Progressive Collapse, Design and Manufacture of Control device, Beam-column design, Integrated Design</td></tr>
</table>

보고서 요약서 (4세부)

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>09첨단도시A01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2014.08.01.~
2015.07.31</td><td>단 계 구 분</td><td>3단계/
3단계</td></tr>
<tr><td>연구사업명</td><td colspan="5">도시건축연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">초고층빌딩 설계기술 연구단</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">초고층빌딩 유지관리 기술개발</td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>배시화</td><td>총연구기간
참여
연구원수</td><td>총 : 358명
내부 : 228명
외부 : 130명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 3,739,000천원
기업 : 2,697,588천원
계 : 6,436,588천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="2">가천대학교 산학협력단</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">(주)애니캐스팅
(주)맥스포
(주)솔리데오시스템즈
한국건설기술연구원</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">▪ 해당 연구는 초고층 지능형 유지관리 기술개발과제로서 초고층 빌딩의 효율적인 운영을 전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리플랫폼 및 초박형 LED 조명과 초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션을 개발함
▪ 인도네시아 자카르타에 위치한 시즌시티 건물에 해당 개발 기술을 적용하여 파일럿테스트를 수행함
▪ 분산 및 통합관리 솔루션은 건물정보데이터(건물정보모델)을 기반으로 FMS를 구성하고 최종적으로 사용자별로 구성된 화면을 제공함
▪ 설계 및 시공에서 제작된 건물정보데이터 정보를 유지관리에서 활용할 수 있도록 건물정보데이터 기술에 대한 요소모델을 정의하고 지침을 개발함
▪ 전력수요관리 모듈과 개방형표준을 적용한 전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리플랫폼을 개발함
▪ LED 조명은 디자인적 요소를 고려한 초박형 형태의 LED로서 두께 5 mm 이하 초박형/초경량 면조명과 면광원을 독자적으로 개발하고 해당 면광원을 관리할 수 있는 조명제어관리시스템을 개발함
▪ 대규모 센서네트워크를 통합관리시스템으로서 원격으로 관리하는 소프트웨어와, 하위시스템의 복잡도와 하드웨어에 따라 발생하는 여러 가지 제한을 추상화하고, 시설물이나 환경감지에 사용되는 각종 센서류의 다양한 출력에 대해 아날로그/디지탈적인 대응이 가능한 센서네트워크미들웨어를 개발함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색인어
(각 5개 이상)</td><td>한글</td><td colspan="4">에너지관리플랫폼, 유지관리솔루션, 초박형 LED, 건물정보데이터모델, 센서네트워크 관리시스템, 센서네트워크미들웨어</td></tr>
<tr><td>영어</td><td colspan="4">Energy Management System, Facility Management System, Ultra-slim LED, Building Information Modeling, Sensor Network Management system, Sensor Network Middleware</td></tr>
</table>

1세부 요 약 문

Ⅰ. 제 목

비정형 통합설계 시스템 개발

Ⅱ. 연구개발과제 개요(목적 필요성 범위 등)

- 초고층건축을 포함한 현대건축은 단지 문화 다원주의의 지배에 대한 인식을 통해서 이해할 수 있음
- 일찍이 초고층건축 디자인은 국제주의의 출현과 함께 시작되었다. 그러나 오늘날 초고층 건축물들은 다양한 건물 유형들과 디자인 방법들이 반영되고 있음
- 이러한 현대 디자인 흐름은 Twisted/Tapered/Tilted/Freeforms와 같은 다양한 건물형태들을 생성하였음.
- 비정형 통합설계 시스템개발 연구에서는 세계 최고의 연구실용화 능력을 통하여 초고층 복합빌딩 최적화 설계기술들을 개발하려 한다. 또한 본 연구진은 초고층건축 설계/엔지니어링 기술들을 100% 자립화하고, 세계경쟁력을 갖추도록 할 것임.
- IT기반 기술을 활용하여 제반 관련기술을 융복합할 수 있는 전산플랫폼을 제공하고 비정형 초고층건축물의 안전성과 경제성을 극대화하기 위한 비정형 초고층건축물 골조 전산 플랫폼과 관련 요소기술 및 모듈을 개발하는 기술
- 비정형 분야 핵심 원천기술은 상상력과 상상력 실현을 위한 전산환경으로, 최적의 구조 안전성과 합리적 범위 내 건설비 제어 능력이 필수임. 이를 위하여 대안생성 및 평가를 위한 전산설계 기술과 통합관리를 위한 전산플랫폼의 개발이 반드시 필요함
- 비정형 건축물 설계 및 시공을 위한 IT 융합 비정형 건축물 구현기술의 핵심 원천기술로는 첫째, 최적 구조시스템 창출을 위해 수많은 구조시스템 대안을 컴퓨터가 생성하고 성능평가를 통하여 가장 우수한 설계안을 채택하는 전산설계(Computational Design) 기술, 둘째 합리적 범위 내로 건설비 상승을 제어할 수 있는 대안생성/평가/상세설계/도면 및 표현/물량산출/사전 시뮬레이션/제작 데이터 생성 등 비정형 건축물 구현 전 과정을 통합 지원하는 전산 플랫폼을 들 수 있음

Ⅲ. 연구개발 수행내용 및 결과 (연구수행과정, 연구수행결과 등)

- 비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발에서는 비정형 초고층 구조시스템의 경제성과 구조 및 시공 안정성 확보가 가능한 구조설계기술개발을 통하여 초일류 엔지니어링 능력 보유하려 함
- 비정형 통합설계 전산플랫폼 개발에서는 요소기술 복합과 첨단IT 융합에 의한 비정형 구조시스템 설계 전산플랫폼 개발로 세계수준 엔지니어링 역량을 확보하려 함
- 비정형 초고층 건축물의 구조시스템 설계 및 실시설계까지 포함한 구조분야의 제반 업무를 처리할 수 있는 통합 플랫폼 구현
- 통합데이터베이스 개발을 통해 비정형 초고층 건축물의 형상정보, 해석정보, 설계정보까지를 포함한 일련의 자료들에 대한 통합 관리 실현
- 본 연구개발사업 성과로 설립된 ㈜창소프트아이앤아이는 비정형 전산설계 분야에서 국내 유일기업으로 단위기술로 해외 대규모 프로젝트를 단독 수주하고 있으며, 분기마다 성장, 고용창출이 증가하고 있고 2015년 현재 15명 고용창출 달성

Ⅳ. 최종 연구성과 및 적용실적

- 비정형 초고층 건축물 분류 및 프로토타입 개발
- 유한요소해석을 통해 횡지지에 따른 다이아그리드 부구조체 거동평가 및 대각부재의 횡변위를 구속하는 면외방향 횡지지부재 영향평가
- 실제 시공된 프로젝트인 Marina Bay Sands Hotel에 대한 시공단계해석 적용을 통한 기존 시공단계해석 프로그램의 비정형 초고층 적용성 검증
- RC 부재의 장기거동해석 알고리즘을 개발하여 변수연구에 적용하여 시간의존적인 부재 거동 특성 분석
- 지역별 지진동 선정 및 스케일링 및 초고층 지진리스크 평가기술
- 비정형 초고층 구조요소의 성능평가 및 최적 상세 자동화 프로세스
- IT기반의 비정형 초고층 성능기반 내진설계 프로세스
- 실무자들을 위한 비정형 초고층 설계기술 활용 예제집
- 국내외 대표 초고층 빌딩(롯데월드타워, 몽골 MAK Tower)에 대해 내진성능평가 수행
- 비정형 건축물 구조시스템의 대안생성, 해석, 설계, 최적화, 평가를 수행하는 최적설계 통합플랫폼 StrAuto 개발
- 파라메터의 조절로 수많은 대안을 실시간으로 생성, 단시간에 수천~수만 개 대안 생성 및 비교 가능
- 구조해석 결과의 피드백으로 새로운 파라메터 조합 생성, 한계치까지 자동 반복해석을 통

해 물량, 성능 최적화 실현

- 국내외 글로벌 프로젝트 11개 적용하여 기술 신뢰도 검증 및 브랜드 창출
- 세계 최초로 3D 환경에서 철근콘크리트골조 상세설계 및 정밀물량 산출 기능 실용화를 실현한 RebarHUB 개발
- 2D 도면 인식을 통해 3D 모델 골조 및 설계정보를 자동 생성하고 이를 토대로 설계기준과 시공성을 반영한 3D 철근 배근 상세 작성
- 배근상세설계 자동화 및 상세설계를 반영한 정밀물량산출
- 국내외 수십 개 실 프로젝트에 적용하여 기능 검증
- 국토교통부 건설교통신기술(NET) 지정 (제704호) (국토교통부, '13.06)

Ⅴ. 연구목표 달성 및 효과

- 비정형 초고층 구조시스템의 최적화, 비정형 초고층 건물 물량 최적화를 통한 경제성 확보
- 첨단 초고층 건물 고급기술 확보 및 고수익 엔지니어링 프로젝트 수주가능
- 고급 엔지니어링 기술의 package화 및 기술지원을 통한 시공 프로젝트 수주
- 비정형 초고층 구조시스템에 적합하고 실무에서도 편리하게 적용할 수 있는 구조요소 설계지침 개발을 통한 엔지니어링 업무 부담 감소]
- 중저층을 포함한 비정형 건물의 구조시스템 대안의 생성, 해석, 설계, 최적화, 평가를 통한 최적의 구조시스템 설계 프로세스 제공
- 본 개발기술로 러시아 Renaissance Construction, 아부다비 International Capital Trading 등의 해외 대형 건설사들로부터 해외 대형 건설 프로젝트 직접 수주
- 소프트컴퓨팅 기법에 의한 구조성능 및 물량 최적화 개념 최초 도입
- 주관기관 외에 국내 전문기술 또는 소프트웨어는 없으며, 기존 상용 모델러 활용 플러그인, 스크립트 등으로 부분 기능 구현
- 현재 ICT기술의 RC 골조 도입에 진입장벽인 철근공사에 대한 자동화 설계 모듈(RAP)을 세계 최초로 개발
- 철근 상세까지 포함하여 철근콘크리트 골조 상세정보를 현장에서 실용적으로 모델링하고 활용할 수 있는 BIM 도구는 국내외를 막론하고 전무함
- 현재 개발된 SW는 대부분 단일 프로세스(예 : 구조 해석)에 특화 또는 상용 BIM처럼 전체 프로세스에 부분적 적용만 가능한 수준
- Pre-Construction이 가능한 One-Stop 골조 특화 BIM 도구로 철근상세 모델링 및 철근배근상세도 생성 실용화 및 현업 적용

Ⅵ. 연구성과 활용계획

- 국제공동연구를 통하여 개발되는 요소기술들을 중심으로 세계 시장 진출의 교두보를 우선 확보한 후, 초고층 엔지니어링 시장 진출
- 비정형 초고층 구조계획 및 내진설계 연구결과는 국제자문위원회를 활용하여 추후 발간될 예정인 CTBUH 초고층 내진설계지침 개정판에 반영토록 함으로써 국내 개발 기술의 국제 브랜드화
- 2세대 성능기반 내진평가 모듈은 학술적인 용도로 ASP 서비스를 제공하여 국내개발기술의 국제화 및 국가 이미지 제고
- 본 연구기관의 독점적 보유기술에 해당하는 구조시스템 최적화설계 기술, 3D 모델/상세설계정보 자동화 기술의 기술이전
- 건설회사 + 엔지니어링사 + IT융합기술컨설팅회사로 컨소시움을 구성하고, 기술차별화와 물량최적화를 통한 경제성 확보를 강점으로 비선형 공간건축물 Design-Build 세계시장 진출, 시공프로젝트 수주역량 강화, 높은 기술력 평가에 따른 수익률 향상 기대
- 수요처 우선 기술이전으로 경쟁력(생산성/기술력)을 향상시켜 다양한 프로젝트 적용
- 수요처와 함께 ICT융합기술 기반의 세계 전문건설 시장 진출

3세부 요 약 문

I. 제목

구조시스템 성능개선 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

■ 풍진동 제어기술

- 바람에 의한 응답을 정확하게 평가하고 그 응답을 허용 가능한 수준까지 저감시키는 기술은 초고층건축물을 설계하는 데 있어 가장 핵심이 되는 기술 중 하나이다.
- 최근 들어, 초고층건축물의 풍응답을 저감시키기 위한 방법으로 강성을 강하게 하는 기존의 전통적인 접근방법에 더하여 부가적인 제진장치를 사용하여 구조물의 감쇠를 증가시키는 방법이 개발되어 실제 초고층 건축물의 설계에 많이 적용되고 있으며 특히, 제진장치를 설치할 경우 구조물의 물량을 크게 저감시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.
- 국내에서도 감쇠장치를 적용하고 있는 사례가 증가하고 있으나, 감쇠장치의 설계 및 제작 관련한 중요기술은 외국 엔지니어링 사에 대부분 의존하고 있는 실정으로, 한국의 울산 L 호텔의 경우 감쇠장치의 하나인 AMD가 제작되어 설치되었으나, 핵심기술인 콘트롤러 설계기술은 모두 일본의 기술에 의존하여, 외화유출이 심각한 수준이었다. 이에 따라, 국내독자기술의 풍진동 제진장치 설계 및 제작기술을 개발할 필요가 있다.

■ 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

- 초고층건물의 연쇄붕괴 현상을 방지하기 위해서는 하중에 대한 모델링 및 연쇄붕괴 거동에 대한 정확한 평가가 필요하며, 이를 실무에 적용할 수 있는 자동화 프로그램의 개발이 필요하다.
- 초고층 건물의 부재들을 하나씩 제거하며 비탄성 동적해석을 수행하는 것은 막대한 해석시간이 소요되므로 실무적으로는 타당성이 없음. 따라서 위험성이 큰 부재의 위치를 간단한 방법으로 파악한 후 선택된 위험부재에 대한 정밀 해석을 수행하는 것이 타당한 대안으로 판단된다.
- 초고층건물의 구조시스템으로 적용되는 메가구조 시스템/다이어그리드 시스템은 횡력에 대한 저항 시스템으로 효과적이나 연쇄붕괴에 대한 안정성을 검토할 필요가 있다.
- 초고층 건물의 구조설계 과정에서 폭발 및 충격과 같은 비정상하중은 고려하기 어렵기 때문에, 쉽게 이용이 가능한 약산 해석 기술을 개발할 필요가 있다.

- 미국 및 영국을 비롯한 해외 선진국에서 연쇄붕괴해석/설계 기술을 개발하고 있으며, S/W 역시 개발되어 있다.

■ 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

- 현재 국내외 초고층시장이 활성화 되고 있는 시점에서 국가의 적극적인 R&D 지원이 이루어지고 있는 실정이다. 또한 초고층 프로젝트에서 붕괴에 대한 건물의 안전성을 보장하는 것이 최우선 과제로 평가되고 있기 때문에 이러한 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술에 대한 필요성은 점점 더 대두 될 전망이다.
- 세계수준의 요소기술에 대한 연구 실적과 세계 최고 IT 기술/환경을 보유하고 있음에도 불구하고, 국내 대부분의 설계사에서 연쇄붕괴 관련 설계 기술을 보유하고 있지 않으며 외국 대형 설계사들이 보유한 연쇄붕괴 방지 설계 기술 습득의 어려움이 있으므로 본 연구 과제를 통하여 국내 초고층건물 건설기술의 향상을 선도하는 과정을 필요로 한다.

■ 비정상하중 해석/설계 기술

- 초고층건물의 연쇄붕괴 현상을 방지하기 위해서는 하중에 대한 모델링 및 연쇄붕괴 거동에 대한 정확한 평가가 필요하며, 이를 실무에 적용할 수 있는 약산 해석프로그램 개발이 필요함.
- 초고층 건물의 주요 구조부재별로 구조부재의 붕괴 저항 성능을 평가하고 폭발과 충격에 대한 저항 성능을 높일 수 있는 구조부재 설계 방법을 개발함.
- 폭발과 충돌에 의한 구조부재 응답해석 및 구조부재 소실 후의 구조물 전체의 거동에 대한 해석을 수행하여, 구조 요소의 재료 비선형/ 대변형 해석을 통해 연쇄붕괴 모드를 시뮬레이션함.
- 초고층 건물의 구조설계 과정에서 폭발 및 충격과 같은 비정상하중은 고려하기 어렵기 때문에, 쉽게 이용이 가능한 약산 해석 기술을 개발할 필요가 있음.
- 폭발과 충격 하중에 대한 정밀해석을 수행한 결과를 분석하여 초고층 건물 설계과정에서 사용할 수 있는 등가정적하중을 이용한 약산 해석 프로그램을 개발

■ 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발

- 전 세계적으로 초고층 건축물의 건설시장은 지속적으로 성장해오고 있으며, 사회경제적 상징인 초고층 건축물을 대상으로 한 테러발생 가능성 역시 증가하고 있다. 9.11 테러 이후 미국과 영국을 중심으로 테러예방 대책을 마련하기 위한 노력이 지속적으로 이루어지고 있다.
- 우리나라에서도 중앙정부와 지자체를 중심으로 관련 법률을 제정하고 제도화를 추진하고 있으나, 현재 우리나라에서 개발된 가이드라인의 내용은 포괄적이어서 지침을 구성하는 항목을 세분화하고 내용을 구체화하여 보완할 필요가 있다.

- 이에 본 연구는 다음과 같은 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술을 개발하는 것을 목적으로 한다.
- 초고층 건축물 테러 위험도의 정량적 평가모델 개발
- 초고층 건축물의 테러예방 및 피해경감 계획설계 가이드라인 개발
- 초고층 건축물의 테러예방 및 피해경감 구조설계 가이드라인 개발
- 테러 위험수준에 따른 가이드라인의 비용효율적 적용방안 제시

■ 초고층건축 법/제도 및 지원정책

- 초고층건축의 경우 기존 일반건축물에 적용하는 법/제도로는 사업시행에 한계가 있으며, 이에 초고층 특성을 고려한 법/제도로의 제·개정이 필요함.
- 국내의 경우 건축 관련 설계는 강제규정에 바탕을 두고 있는 사양설계법을 주로 채택하고 있어, 초고층건축물과 같이 복합용도이면서 최첨단 건설기술이 적용되는 경우에는 이를 준용하기에 무리가 있음. 따라서 성능기반설계를 적용한 제도적인 지원이 절대적으로 필요하며, 여기에는 초고층건축 핵심기술의 성능기준 및 초고층에 특화된 녹색성능 평가시스템의 기반 마련이 요구됨.
- 일반 건축 사업에 적용하는 국내의 경직된 인허가 제도로는 초고층 사업의 효율적 추진이 불가능하며, 이는 초고층 사업의 리스크요인으로 작용하고 있어 초고층의 특수성이 반영된 건축인허가 및 사업추진절차의 재정립이 필요함.
- 본 연구의 주된 목적은 지속가능한 초고층복합빌딩을 위한 제도와 시스템을 정립하는데 있으며, 이를 달성하기 위한 세부목표는 첫째, 기술개발촉진을 위한 초고층 법/제도의 개선, 둘째, 글로벌 수준의 성능평가 기반 마련, 셋째, 초고층 건축 인허가제도의 선진화와 같음.

■ 녹색수직도시공간 계획연구

- 초고층 건축물 프로젝트 진행 시, 계획분야의 해외의존도가 높은 실정
- 도시계획기술, 건축설계기술, 녹색기술의 융복합을 통한
  - 초고층 수직도시 계획 기술 경쟁력 확보
  - 미래형 고부가가치의 초고층 계획 설계 기술의 자립화
  - 세계적으로 경쟁력 있는 초고층 건축 브랜드 창출

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 과제의 주요 연구내용과 범위는 다음과 같다.

■ 풍진동제어 기술개발

- 국내 독자의 하이브리드 제진장치 콘트롤러 설계 및 제작기술 확보
  - 기계, 전자, 건축기술의 융복합 연구를 통해 순수 국내 기술로 하이브리드 제진장치의 핵심기술인 콘트롤러의 설계와 제작기술을 개발
  - 개발된 기술을 실제 파일럿 건축물에 적용하여 성능 확인
  - 적용실적을 바탕으로 관련기술을 브랜드화하여 세계 시장에 진출할 수 있는 교두보 확보

- 전산플팻폼-풍진동제어 융복합 기술 개발
  - 초고층건축물 고속 대안선정 모듈인 전산플랫폼과 풍진동제어기술을 융복합하여 제진장치의 종류(층간설치형, 최상층설치형, 수동형, 능동형), 수, 용량, 위치 등을 최적설계할 수 있는 SW 모듈 개발.
  - 제진장치의 유무에 따른 구조시스템의 변경 및 종류, 물량 및 응답수준을 고속으로 평가하여 설계자가 용이하게 최적의 대안을 선정할 수 있도록 지원.

- 초고층부 풍하중 및 풍응답 예측기술 개발
  - 초고층 건축물의 풍하중과 그에 따른 풍응답을 평가할 수 있는 절차를 정립하고, 풍하중생성 SW를 개발.
  - 기상청자료 및 계측자료에 기반하여 국내 풍속지도를 개선함.

- 초고층건축물 풍진동 DB구축 및 제진장치 성능 모니터링
  - 초고층건물의 상시/원격 풍진동 모니터링 시스템을 구축하고 이를 활용하여 국내에서 건설된 초고층건물에 대한 풍진동 DB 구축.
  - 초고층건물을 설계하는 데 있어 가장 중요한 요소인 구조시스템 치 높이에 따른 고유주기, 감쇠비 및 모드형상 등을 분석, 초기 설계단계에서 이를 추정할 수 있는 기술개발.
  - 실제 제진장치가 설치된 구조물에 대한 모니터링을 통해 제진장치의 성능 실증.

■ 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

- 선형해석을 통한 위험부재 선정 해석자동화 프로그램 작성
- 초고층 메가프레임 구조 시스템의 연쇄붕괴 거동평가 및 보강방안 제시
- 비정형 다이어그리드 구조 시스템의 연쇄붕괴 성능평가
- 초고층건물의 접합부 조사
- 연쇄붕괴 설계용 선형 해석 프로그램 개발을 위한 해석 프로그램 개발.
- RC 및 합성기둥 부재에 대한 폭발 저항성능 평가

■ 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

- 연쇄붕괴 설계용 선형 해석 프로그램 개발
- 프로그램 실무적용을 위한 지침서 작성
- 연쇄붕괴를 위한 통합설계 시스템 구축 및 TB 적용
- 연쇄붕괴 설계용 비선형 해석 프로그램 개발
- 연쇄붕괴 시뮬레이션 기법 및 설계용 GUI 개발
- 개발된 SW 사업화

■ 비정상하중 해석/설계 기술

- 비정형 건물 접합부 각국 설계 기준 데이터베이스 구축.
- 정밀해석 프로그램 캘리브레이션 실시
- 위험 부재 선정 기법 연구와 RC부재 폭발해석 기법 개발을 통한 연쇄붕괴 거동평가
- 실 구조물의 정밀 폭발 해석 및 연쇄붕괴 방지 설계 구조 시스템 개발
- 연쇄붕괴 설계용 선형 해석 프로그램 개발을 위한 해석 프로그램 개발
- 개발된 약산 해석 프로그램의 상용 프로그램화 및 설계 가이드라인 작성

■ 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발

- 폭발물테러의 위협 및 취약 요인 도출
- 테러위험도 영향요인의 중요도 및 가중치 산정
- 설계요소의 상호보완 효과를 반영한 함수식 설정

- 테러 위험도의 정량적 평가모델 개발
- 계획설계를 위한 방어선의 개념 정립
- 위험도 평가 및 계획설계를 위한 방어선 별 설계요소 도출
- 해외 위험도 평가 및 계획설계 가이드라인 DB 구축
- 상호보완 효과를 고려한 방어선별 계획설계요소 체계화
- 방호수준별 적용가능한 가이드라인 등급 DB 구축
- 각 방어선의 계획설계요소별 가이드라인 개발
- 테러위험도에 따른 디자인 가이드라인의 비용효율적 적용방안 제시
- 고위험 건축물의 보안시스템 운영방안 제시
- 폭발물 테러에 의한 건물 파괴모드 분석
- 폭발하중유형과 손상도에 따른 방호기반 구조부재 성능평가
- 폭발하중의 응답경감을 위한 구조부재 연성확보 방안 제시
- 해외 구조설계 가이드라인 분석 및 체계화
- 폭발 저항 해석 및 설계 방법 제시
- 구조계획, 구조시스템, 부재설계 가이드라인 개발

■ 초고층건축 법/제도 및 지원정책

- 본 연구는 1단계(1차년도)에 초고층건축 법/제도 및 지원정책 수립을 위해 필요한 관련 요소별 이슈와 문제점을 파악하고, 이후 법/제도 및 성능인증시스템 구축과 관련된 정책 개발을 위한 항목별 관련 제도 분석, 국내외 현황 및 문제점, 개선방향 분석 및 우선순위 파악을 통해 연구추진 로드맵을 구축하는 것으로 시작됨.
- 초고층건축 특별법(초고층건축 절차 및 기준법) 제정 추진
  - 효율적인 초고층사업의 추진을 위한 초고층 특별법 제정 연구는 1)초고층건축 특별법 체계(안) 도출과 2)초고층건축 특별법(안) 작성의 두 단계로 구분하여 추진함.
  - 초고층 특별법 체계(안)에는 본 연구의 주요 연구 항목(법/제도 개선 기반 마련, 성능평가 기반 마련, 인허가 및 사업추진절차 모델 구축)에 대한 내용이 반영되며, 각 내용은 크게 인허가 부문과 성능평가 부문의 두 부분으로 구분됨.
  - 본 연구는 초고층건축 특별법(안)의 제정을 위하여 구성항목 및 세부 구성요소를 도출하며, 도출된 법령(안) 구성에 대한 검증 및 보완 등을 위하여 각 구성항목 및 세부 구성요소의 필요성 및 타당성 등에 대해 관련 전문가 및 업계 실무자와의 자문회의 및 문헌/사례 고찰을 수행함.

- 성능평가 제도 및 시스템 구축

  - 본 연구에서는 성능기반설계(PBD) 적용 기반 마련을 위하여 선진국의 성능평가 제도 및 시스템 조사를 수행함. 피난·방재 등 제반 분야의 성능위주설계 적용 기반을 마련하기 위해 영국 등 선진외국의 관련제도(성능평가항목 및 기준 등)을 조사·분석함.

- 초고층건축 녹색성능평가 기반 마련

  - 본 연구는 국내외 녹색성능 관련 제도를 조사하고, 각 제도별 평가항목을 정리하여 비교·분석함. 국내외 녹색성능 관련 제도를 조사·분석하기 위해 비교가능한 관련 제도를 선별하였으며, 국내의 경우 친환경건축물 인증제도, 환경영향평가제도, 친환경주택건설기준 및 성능, 주택성능등급인증제도가 이에 해당됨. 국외의 경우 녹색성능 관련 선도적인 위치에 있는 미국의 LEED, 영국의 BREEAM, 일본의 CASBEE를 중심으로 각 제도의 현황 및 평가항목에 대하여 조사함.

- 초고층건축의 인허가 및 사업추진절차에 대한 연구의 일환으로 선진외국의 관련 법/제도 및 인허가 절차를 분석하는 것은 필수적임. 따라서 우선 가장 적절한 외국의 사례로 여겨지는 영국과 미국(뉴욕, 시카고) 등의 상황을 조사하였으며, 외국의 (초)고층건물 계획 및 허가에 관한 포괄적 지침인 (초)고층건물의 가이던스(Guidance on Tall Building)와 계획허가제 등 내용을 중심으로 벤치마킹 연구를 수행함.

■ 녹색수직도시공간 계획연구

- 초고층 도시계획 기술

  - 초고층 건축물의 입지선정 모형 개발 (도시규모, 지구단위계획규모)
  - 친환경 교통 및 조경계획기술 개발 (대상 부지 규모)

- 초고층 수직도시공간 건축설계기술

  - 수직도시공간 용도배분 및 교통동선 계획기술 개발
  - 초고층 건축물의 MASS최적화 및 파사드 디자인 설계기법
  - 센싱 기술을 이용한 유비쿼터스 공간에서의 에너지저감 설계 및 계획기술 개발
  - 주거공간의 쾌적성(거주성) 확보기술 개발

- 초고층 도시건축 브랜드 개발 및 마케팅 기술

- 초고층 건축물 사업성 평가 프로그램 및 매뉴얼 개발
- 초고층 건축물의 브랜드 마케팅 전략 개발을 위한 사례연구
- 초고층 건축물의 도시문화거점 유형화요소 도출을 위한 설문 분석

IV. 연구개발결과

본 과제의 연구개발 결과는 다음과 같다.

■ 풍진동제어 기술개발

- 국내 독자의 하이브리드 제진장치 콘트롤러 설계 및 제작기술 확보
  - 국내 독자의 속도제어형 제어알고리즘 및 이송거리 최소화를 위한 게인스케줄링 및 원점보정 신호 알고리즘 개발
  - 수직-수평 동시제어용 하이브리드 제진장치 적용(테크노마트21 강변점)
  - 3기 인천공항 관제탑 2방향 AMD 적용

- 전산플랫폼-풍진동제어 융복합 기술 개발
  - 전산플랫폼인 스트라우토(StrAuto)를 이용하여 감쇠장치 설치에 따른 감쇠비 증가 효과와 감쇠비 증가에 따른 풍하중 저감효과를 평가하기 위한 해석프로그램을 개발

- 초고층부 풍하중 및 풍응답 예측기술 개발
  - 풍하중의 시간이력생성과 관련된 절차를 MATLAB 프로그램으로 구현하고 SW 등록하였다.
  - 풍압적분법을 활용한 초고층부 풍하중 예측기술을 개발하여 풍동실험을 통해 이의 유효성을 검증하였다.
  - 고층건축물의 풍직각방향 하중을 산정하기 위한 평가식을 제안하였고, 현재 제안된 평가식은 개정 예정인 건축구조설계기준(KBC2015)에 반영될 예정이다.

- 초고층건축물 풍진동 DB 및 모니터링 시스템 구축
  - 풍진동 실계측 및 동특성 평가 DB 구축
  - 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용 기술 개발

■ 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

- 구조물의 국부적인 손상이 발생했을 때 연쇄붕괴로 이어질 수 있는 가장 위험한 부재를 손쉽게 파악할 수 있는 위험부재 선정 프로그램을 개발하였다.
- 메가 구조의 연쇄붕괴 성능을 파악하고 적절한 보강방안을 제시하였다.
- 회전형 (Rotor type) 비정형 다이어그리드 시스템의 연쇄붕괴 저항성능을 파악하였다.
- 연쇄붕괴 관련 설계 기준 자료 데이터베이스화하였다.
- 핵심인력의 교육 및 연구과제 홍보를 위해 회사 홈페이지에 관련자료를 게재하였다.
- 연쇄붕괴 선형해석 프로그램 개발절차에 따라 연쇄붕괴 해석 Procedure 개발하였다.
- 폭발하중의 산정하였다.
- 급속한 변형률을 갖는 콘크리트 및 철근의 재료 모델 결정하였다.
- 철근콘크리트 기둥과 CFT 기둥의 폭발저항성능 평가하였다.

■ 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

- 연쇄붕괴 방지 설계 기준에 관한 조사, 분석 보고
  - 코드별 연쇄붕괴 방지를 위한 고려사항 및 설계기준 분석
  - GSA2003과 DoD2005의 연쇄붕괴 방지 가이드라인
  - 연쇄붕괴 방지 해석법 종류 분석

- 연쇄붕괴 해석 전용 프로그램 등록
  - 프로그램 개발을 위한 Procedure 개발
  - 선형 정적 해석 기법 개발
  - 비선형 정적, 동적 해석 기법 개발
  - 연쇄붕괴 해석 전용 프로그램 등록(선형 정적, 비선형 정적, 비선형 동적)

- 프로그램 실무 적용을 위한 지침서 작성
  - 비선형 해석 기법을 도입한 해석 모듈 개발
  - 소성힌지 분포 및 골조의 횡변위 검토
  - 비선형 정적/동적 해석 기법 개발

- 선형 해석 프로그램의 사용성 평가
- 프로그램 오류사항 수정 및 업데이트
- 실무 적용을 위한 지침서 작성

- 연쇄붕괴 성능평가기술의 개별기술 TB 적용
  - 선형해석 프로그램을 이용한 실제 건축물 시뮬레이션 실시
  - 연쇄붕괴 해석 유무에 따른 안전성 평가
  - 비선형해석프로그램을 이용한 실제 건축물 시뮬레이션 실시(용산 R4b)
  - 선형과 비선형 해석에 대한 각각의 안전성 평가 비교

■ 비정상하중 해석/설계 기술

- 원형기둥이 사각형기둥보다 최대변형과 잔류변형이 더 작게 발생하였고, 최대변형이후의 복원력도 큰 것을 확인하여, 단면 형상에 따른 폭발저항 성능의 차이를 연구.
- 강판보강기둥과 CFT 기둥은 강판 및 강관의 경계조건의 차이로 폭발 압력파에 대한 거동이 다르게 나타남을 규명하고, CFT 기둥의 폭발하중 저항능력을 확인.
- 철근과 콘크리트의 거동을 하나의 재료로 나타낼 수 있는 새로운 재료모델을 제안하여 적은 수의 요소를 사용하여 정밀해석모델과 유사한 폭발해석 결과를 얻음.
- Reinforcement contact 모델을 적용하여 적은 수의 요소를 사용하더라도 정밀해석모델과 유사한 폭발해석 결과를 얻을 수 있으며, 초고층 건물과 같이 큰 규모의 폭발해석에 효율적으로 사용 가능.
- 철근콘크리트 부재의 폭발하중에 대한 파괴 거동을 보다 정확하게 모사하기 위한 침식 기준을 제안하고, 실험 결과와 유사한 해석 결과를 보여줄 값을 도출함.
- 응용요소법을 이용한 프로그램인 ELS를 사용하여 실제 건물의 붕괴 사례를 시뮬레이션 한 후, 방지 구조시스템을 제안하고 확인함.
- 제안한 초고층 건물의 축소모델링 방안을 여러 시나리오에 적용하여 해석 후, 그 타당성을 확인함.
- 폭발 하중을 받는 RC 기둥의 손상 평가 및 생존 능력 파악을 간단하게 하기 위해 개발한 약산해석 프로그램과 전산해석을 통한 해석 결과를 비교하여 유효성을 확인함.

■ 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발

- 미국 FEMA에서 개발한 Risk Management Series의 9개 가이드라인을 분석하여, 초고층 건축물 폭발물테러 예방설계에 적용할 수 있는 계획설계 가이드라인의 DB를 구축함

- 초고층 건축물의 방어선을 (1)주변현황, (2)대지경계, (3)외부공간, (4)건물외피 및 내부공간으로 분류하고, 각 방어선의 설계요소 중 테러발생에 영향을 줄 수 있는 요소를 체계화함
- AHP 기법을 활용하여 평가요소의 가중치를 산정하였고, 평가항목 간 상호보완효과를 고려한 함수식 설정을 통해 테러 위험도 평가모델을 개발하였으며, 이를 바탕으로 한 가이드라인을 개발함
- 계획설계요소의 가이드라인을 방호성능에 따라 등급화하고, 설계요소의 상호보완효과를 반영하여 체계화하였으며, 폭발물 테러를 예방하고 피해를 경감할 수 있는 건축 계획설계 가이드라인을 개발하고 비용효율적인 적용방안을 제시함
- 폭발에 의한 피해전파과정 및 부재별 파괴모드를 분석하여 손상도 및 파괴모드에 따라 부재별 저항성능 평가항목을 도출함
- 폭발하중에 따른 해석절차, 손상도 및 부재별 목표성능에 기반하여 구조부재평가를 수행함
- 해외 가이드라인 분석을 통해 구조계획, 구조시스템, 부재설계로 체계화하고, 국내 고층건축물의 테러위험도를 평가하여 위험도 영향요인을 분석함
- 폭발 저항성능 및 연성능력 평가를 통해 폭발하중 응답경감을 위한 구조부재 연성확보 설계방안을 제시함
- 실무적용을 위한 폭발저항 구조부재 해석 및 설계기술로서 단자유도 해석절차를 이용한 구조부재 폭발응답해석 프로그램을 개발함
- 초고층 건물의 폭발물테러에 의한 피해경감 구조설계를 위하여 합리적인 구조설계 가이드라인을 작성함

■ 초고층건축 법/제도 및 지원정책

- 국내 초고층사업은 현행 관련법에 따른 제약으로 사업추진에 어려움을 겪고 있었으며, 건축법 체계의 재편 추진 및 부산 고층주상복합빌딩의 화재 발생 등 시기적으로 초고층건축 관련법의 재정비의 필요성이 대두되었고, 이에 본 연구에서는 초고층건축 특별법(초고층건축 절차 및 기준법)을 추진함.
- 초고층건축 특별법의 체계는 관련 법령 분석 결과와 전문가 자문 등을 근거로 총 10가지 항목으로 분류하고 이에 대한 각각의 세부 구성요소를 도출한 후, 요소별 현황 등에 대하여 1차적으로 조사·정리하는 것으로 연구 결과물을 도출하였으며, 각 구성항목별 세부구성요소는 다음과 같음.
  - ①사전인가: 도시계획요소 연계, 사전영향평가, ②건축허가: 건축허가 및 건축허가 절차 등, ③공사감리: 공사감리자, ④사용승인: 초고층건축의 사용승인, 초고층건축의 부분(임시)사용승인, ⑤공간계획: 건폐율·높이제한 등의 계획요소, ⑥구조/재료: 기술기준 및 구조기준, ⑦재난대응: 피난·방재, 테러방지, ⑧설비기준: 건축설비기준, 승강기, ⑨유지관리: 건축물 유지관리, 용도변경, ⑩녹색인증: 친환경·에너지·온실가스저감 등

- 이후 특별법 체계(안)을 검증·보완하여, 초고층건축 특별법(안)을 작성하고 시행령 및 관련 규칙 및 기준 작성 작업을 추진함.
- 성능설계는 사양설계의 문제를 보완하기 위하여 1980년대에 영국과 일본 등의 선진국을 중심으로 적극적으로 도입되기 시작하였으며, 초고층건축물에서는 특히 화재발생 측면에서 성능위주의 설계가 필수라고 할 수 있음. 따라서 본 연구에서는 피난·방재 등 제반분야의 성능위주설계 적용 기반마련을 위하여 외국의 사례를 조사·분석함.
- 본 연구는 피난·방재 등 관련 분야별 성능기반설계 적용을 위한 성능평가 항목 및 디테일한 기준을 조사하여, 앞서 기술한 초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련에서 제시한 제도개선 연구와 연계되는 성과물을 제시함.
- 초고층의 특수성이 반영된 건축인허가 및 사업추진절차 모델의 개발을 하기 위하여 선진외국의 선행 사업들에 대한 사업추진절차를 벤치마킹할 필요가 있어, 본 연구에서는 현재 가장 적절한 사례로 여겨지는 영국, 미국 등의 사례를 조사·분석하고, 이를 토대로 국내인허가 및 사업추진절차와 관련한 시사점 및 개선방향을 도출함.
- 또한 초고층건축 사업 추진 영향요인 및 개선요소를 분석하고, 이를 토대로 초고층건축 인허가 및 사업추진절차 Framework과 모델을 구축하여 제시함.

■ 녹색수직도시공간 계획연구

- 초고층 복합빌딩 DB 구축 (http://www.stbdb.org)
- 세계 주요도시 도시지표와 초고층 건축물 보유현황 관계 규명
- Parking Guidance System
- 생태 면적률 기준(법/제도) 개선방안 제안
- 초고층 용도구성 영향요인 도출
- 초고층 수직 동선 계획을 위한 소프트웨어 프로그램의 알고리즘 제안
- 초고층 MASS계획요소 유형설정 및 2차원적 효율성 평가기법 개발
- 초고층 파사드 디자인 영향요인 도출
- 센서네트워크 가이드라인 초안 및 쾌적성을 고려한 시나리오 기반 센서적용방안 제안
- 효율적인 주거공간의 Database 구축 및 쾌적성(거주성) 지표개발
- 효율적인 주거평면계획을 위한 Lease Span분석 및 평면구성 요소도출
- 초고층 건축물 사업성 평가지표 도출
- 초고층 건축물의 브랜드 가치 증진 요소 및 사회·문화적 특성 도출

V. 연구개발결과의 활용계획

■ 풍진동제어 기술개발

- 풍진동제어기술과 IT(전산플랫폼)의 융합을 통한 국내 엔지니어링 기술의 고부가가치화
- 풍진동제어 관련 엔지니어링분야 수입대체에 활용
- 제진장치 적용에 따른 초고층 건축물 물량 및 CO2저감에 활용
- 풍하중 실측 DB를 활용하여 우리나라 지형학/기상학적 조건에 맞는 설계풍하중기준 반영
- 풍진동 모니터링 DB를 활용하여 초고층건축물 풍진동 사용성 기준 제안

■ 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

- 초고층 구조물의 연쇄붕괴 설계 및 효율적인 보강방안 제시한다.
- 테스트베드 적용을 통한 개발기술 검토한다.
- 초고층 프로젝트 프리콘 서비스를 한다.
- 군사 및 방폭시설의 설계한다.

■ 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

- T/B 현장적용 방안
  - 개발된 핵심기술을 T/B를 통하여 검증하고 실용화하여 세계 일류 브랜드를 창출하도록 한다.
- 실용화/제품화 방안
  - 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 설계는 독립적인 기능을 수행하는 모듈이므로 이미 개발되어 있는 기존의 소프트웨어에 추가모듈로 탑재하여 실용화 하도록 한다.

■ 비정상하중 해석/설계 기술

- 비정상 하중의 특성 분석과 연쇄붕괴 성능평가 기법 분석
- 비정상 하중의 정밀해석기법 및 연쇄붕괴 해석기술 개발
- 연쇄붕괴 저항성능이 향상된 접합부 제안 및 중간층 파괴에 의한 연쇄붕괴 해석
- 세계일류 브랜드화 및 사업화

■ 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발

- 테러예방 계획설계 가이드라인 항목의 세분화 내용의 구체화를 통해 국내 가이드라인의 개선을 위한 기초자료 제공
- 위험도 등급에 따른 비용효율적 설계 및 관리를 통해 설계프로세스 및 건물운영의 효율 향상
- 폭발에 대한 연성 및 저항성을 확보할 수 있는 구조설계기술을 보급하고 폭발하중의 응답경감을 위한 체계화된 구조설계 가이드라인을 제공

■ 초고층건축 법/제도 및 지원정책

- 초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련
  - 본 연구에서 추진한 초고층건축 관련 제도 개선 방안은 추후 보완 및 검증 등을 통해 초고층건축 관련 법령 개정시에 활용
  - 초고층건축 특별법(초고층건축 기준 및 절차법)은 검증·보완하여, 초고층건축 특별법(안) 입안 및 제정시의 기반으로 활용

- 초고층건축 성능평가 기반 마련
  - 향후 피난·방재 등 관련 제도 개선 연구와 연계하여 활용
  - 초고층건축 녹색성능 관련 제도 조사·분석은 초고층건축 녹색성능 평가항목 및 평가요소 도출의 근거로 활용
  - 초고층건축 사업의 성능평가 가이드라인으로 활용

- 초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 개발
  - 초고층건축 인허가 및 사업추진을 위한 절차적인 실무 Framework 및 모델로서 활용

■ 녹색수직도시공간 계획연구

- 초고층 복합빌딩 DB에 구축된 자료를 바탕으로 초고층 도시계획 및 건축계획안 평가도구 및 계획지침 수립 예정 (프로그램 개발 및 특허 등록)
- 테스트베드 적용 및 검증/보완
- 초고층 수직교통동선 계획 프로그램 개발 예정(프로그램 개발)
- 도출된 브랜드 마케팅 요소를 적용한 국내 초고층 건축물의 상품성 평가

4세부 요 약 문

Ⅰ. 제 목

초고층 빌딩 유지관리 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 초고층빌딩 유지관리 기술개발은 초고층 빌딩의 효율적인 운영을 위하여 다양한 특성의 설비와 에너지 정보를 센서로 측정하여 해당정보를 통합유지관리 플랫폼기반으로 관리하는 것을 목표로 함.

- 초고층 건물의 효율적인 운영의 기반술인 에너지관리/유지관리 플랫폼 개발기술의 구성요소로서 초고층 FMS모델, 개방형 건물정보데이터 기술과 LED 면광원 조명제어 연계 및 통합형 센서네트워크기술을 개발함.

- 지능형 유지관리를 위한 초고층 시설물 통합관리 솔루션 기술개발, 통합관리 솔루션과 연계되는 시설물 센서네트워크 기술을 개발 적용할 수 있는 최적화된 초고층 FMS 모델을 확보함으로써 솔루션 상용화에 기여하고 이를 토대로 수직도시 기능을 가진 초고층복합빌딩을 최적 상태로 유지관리할 수 있도록 함.

III. 연구개발의 내용 및 범위

■ 전력망 연동형 초고층 빌딩 에너지 관리 플랫폼 및 LED 개발
- 초고층빌딩 전력자원 통합 분석 관리 시스템 개발
- 전력망 연동 B2G 플랫폼 개발
- e-App Portal 개발
- 초박형 스마트 LED 면등 시스템 개발

■ 초고층 복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 개발
- 초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발
- u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 개발
- u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 개발
- 시범지구 적용 및 Testbed 시험

■ 초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발
- LCC기반 초고층 시설물 통합 관리 솔루션 아키텍쳐 설계
- 초고층 FMS 표준 기능 선정 및 업무 프로세스 정의
- 초고층 통합 FMS 표준 기능 개발
- 초고층 통합 FMS 운영 시나리오 구축
- 초고층 통합 FMS 파일럿 테스트 적용

■ 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발
- 유지관리 건물 정보 데이터 활용 시나리오 개발
- 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 기술 개발
- 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발

IV. 연구개발결과

■ 초고층빌딩 전력자원 통합 분석 관리 시스템 개발
- 전력 자원 모델링
- 전력자원 정보 취득 모듈 구현

■ 전력망 연동 B2G 플랫폼 개발
- 전력망 연동 B2G 플랫폼 아키텍처 개발
- 상위 시스템 연동 모듈 개발

■ e-App Portal 개발
- e-App Portal 기능요구사항 아키텍처 개발
- 사용자 인터페이스 개발

■ 초박형 스마트 LED 면등 시스템 개발
- 초박형 스마트 LED 면등 개발
- 조명관리 시스템 개발 및 연동
- Mobile 기기를 이용한 원격 관리 시스템 개발

■ 초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발
- 초고층 복합 건물 정보 수집 센서 멀티 모듈 제작
- 외부환경 센서 인터페이스 연구
- 내부환경 센서 인터페이스 시작품 제작
- 통신 케이스를 이용한 최적화 안테나 연구

■ u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 개발

· u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 설계

· ARM 기반의 통합 게이트웨이 시작품 개발

■ u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 개발

· u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 설계

· u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 개발

■ 시범지구 적용 및 Testbed 시험

· 신뢰성 시험 및 인증

· 테스트 사이트 구축

■ LCC기반 초고층 시설물 통합 관리 솔루션 아키텍쳐 설계

· 유지관리분야의 관리시스템 분석

· 건물정보데이터기반 FMS와의 관계를 분석하여 건물정보데이터를 활용한 유지관리시스템 기초 설계

■ 초고층 FMS 표준 기능 선정 및 업무 프로세스 정의

· 초고층 FMS 표준기능 도출

· 국내 주요사 FMS 시스템 사례조사

· 국내 주요사 FMS 기능체계 조사 / 분석

■ 초고층 통합 FMS 표준 기능 개발

· 표준 기능 메뉴 및 Sub 메뉴 선정 및 기능체계도 정립

· 초고층 FMS 표준 기능 개발

■ 초고층 통합 FMS 운영 시나리오 구축

· 초고층 FMS 에너지 절감 운영 프로세스 분석 및 정립

· 사례 조사 분석을 위한 기술 DB 구축

· 통합 FMS 운영 시나리오

■ 초고층 통합 FMS 파일럿 테스트 적용

· 인도네시아 자카르타 인티랜드 빌딩에 초고층 통합 FMS 설치 및 운영

■ 유지관리 건물 정보 데이터 활용 시나리오 개발

· 유지관리 분야의 관리 시스템 분석

· 유지관리 건물정보데이터 활용 시나리오 도출

· 유지관리 모델 현황 조사 분석

■ 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 기술 개발

· 방범/방재 분야 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 기술 개발
· 기계설비분야 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 기술 개발
· 전기설비 및 정보통신 분야 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 기술 개발
· 건축공간분야 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 기술 개발

■ 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발
· 방범/방재 분야 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발
· 기계설비분야 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발
· 전기설비 및 정보통신 분야 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발
· 건축공간분야 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발

V. 연구개발결과의 활용계획

- 에너지관리플랫폼과 유지관리플랫폼으로 초고층건물의 효율적인 운영으로 건물운영비용을 절감함

- 초고층복합빌딩 유지관리 매뉴얼을 개발, 초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발에 이를 적용하여, 초고층복합빌딩용 시설관리시스템의 상용화 도모.

- 초고층 FMS의 기능 모델, 운영모델, 서비스 모델 및 기존 초고층 적용 모델 구축을 통하여 초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발시 활용 적용하며, 이를 통하여 초고층용 지능형 유지관리 시스템을 구축하는데 적용.

- 구축된 FMS 모델 설계서 및 유지관리 매뉴얼을 기반으로 초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발에 활용함으로써, 시설관리 DB의 표준화 및 관리 업무 지침 DB를 구축하여 유지관리 데이터베이스로 이관하고 통합관리 솔루션의 유지관리 체계를 정립하는데 활용

- 전 세계적으로 USN을 활용한 초고층 복합건물 수집센서네트워크 통합운영 사례는 없으며 우리나라에서 기반기술 및 세부요소기술 개발을 통해 표준화함으로써 차세대 융복합 기술을 선도하고 신규시장을 창출

SUMMARY (The 1st Particulars)

Ⅰ. Title

Complex-shaped Tall Building Integrated Design System

Ⅱ. Research Outline

- Today's architecture, including tall buildings, can be understood only through recognition of the dominance of cultural pluralism.
- Early design of tall buildings culminated with the emergence of the International Style, which prevailed for decades. Today, however, as is true of other building types, multiple design directions are prevalent for tall buildings.
- This contemporary design trend has produced various building forms, such as twisted, tapered, tilted, and free forms.
- In this project, we will develop the optimized design technique for complex-shaped tall building through practical use of the world's leading research-level competence. We are also developing 100% stand-alone skyscraper design engineering technology with World-class competitiveness.
- To provide a computational platform which integrates IT technologies for structural design and to develop techniques and modules for maximizing the safety and economic feasibility of complex-shaped tall buildings
- The core technology for complex-shaped building design lies in a computational environment which can realize designers' imagination, which requires structural optimization and controlling construction cost within a reasonable range. To achieve this, computational techniques are required for generating and evaluating design alternatives and a computational platform needs to be developed for an integrated management.
- The core techniques for the IT convergence technology for the design and construction of complex-shaped buildings are as following: first, the computation design technology by which computers can auto-generate a number of structural design alternatives and locate an optimal one through performance evaluation; and second, a computational platform that comprehensively supports the whole process for delivering complex-shaped buildings, including design generation and evaluation for controlling construction cost within a reasonable range, detail design, drawing generation, quantity take off, simulation, and data generation for manufacturing.

Ⅲ. Contents and Results of Research

- Development of optimized design technology for complex-shaped tall structure system which contributes to securement of global-level engineering technology by development of available structural design technologies ensuring economics, structural performance safety and construction safety of structural system of complex-shaped tall buildings
- Development of integrated design platform for complex-shaped tall buildings which results in providing world-top class engineering services by combination of partial technologies and fusion of advanced IT.
- Implementing an integrated platform which comprehensively processes the entire structural design process for complex-shaped tall buildings including from the conceptual design to the construction document phase
- Implementing an integrated data management by developing an integrated database, including the geometry data, analysis data, and design data of complex-shaped tall buildings
- ChangSoft I&I was founded as a result of the research outcome, which is the only firm in Korea that provides computational design services for complex-shaped structures. ChangSoft has been committed high profile projects worldwide, growing and increasing in employment yearly, grown to a business with 15 employees by far.

Ⅳ. Final Results and application of Research

- Classification of complex-shaped super tall buildings and development of the prototypes
- Behavior evaluation of diagrid substructure with lateral supports using finite element analysis and influence evaluation of out-of -plane lateral supporting member constraining lateral displacement of diagrid.
- Applicability check for existing construction sequence analysis program to complex-shaped super tall buildings by applying to Marina Bay Sands Hotel projects which is currently under construction
- Analysis of behavior characteristics of time-dependent members by applying the developed long-term behavior analysis algorithm for RC members to parametric studies
- Development of local ground motion selection, scaling, and earthquake risk evaluation technology for complex-shaped super tall buildings
- Process of performance assessment and detail optimization for structural components of complex-shaped tall building
- IT based seismic performance evaluation of complex-shaped tall buildings
- Design guide for structural systems of complex-shaped tall buildings

- Developing an integrated platform for design optimization, StrAuto, which executes model creation, analysis, design, optimization, and evaluation of the structural system of complex-shaped buildings
- StrAuto is able to generate numerous design alternatives in real time by controlling design parameters, to auto-generate and evaluate thousands to tens of thousands of alternatives in a short amount of time.
- StrAuto creates new combinations of parameters based on the feedback results of structural analysis, through which the automated iterative analysis is enabled to a limited extent and quantity/performance optimization is realized.
- Validating technical feasibility and creating a brand by the application to 11 global high-profile projects
- Developing RebarHUB which realized the world's first practical implementation of the 3D BIM environment for the detail design of reinforced concrete structure and precise quantity take off
- Auto-generating 3D structural models and design information out of 2D drawing recognition, based on which 3D rebar detail design is done reflecting design codes and workability
- Precise quantity estimation based on rebar layout automation and detail design
- Function verification by applying to dozens of global projects
- NET (New Excellent Technology) Certification, No. 704, Korean Ministry of Land, Infrastructure and Transport (June 2013)

Ⅴ.Achievement and Effect of Research

- Achievement of economic feasibility by optimizing of structural system and construction costs of complex-shaped super tall buildings
- Securement of up-to-date super tall building construction technology, and obtainments of orders of high-profit engineering project
- Obtainments of construction project orders by packaging high technologies of engineering and technical supports
- Decrement of engineering works by development of a design manual for structural elements which will be appropriate for complex-shaped super tall building structural systems and applicable to engineering
- Design of complex-shpaed structural system based on analysis, design, optimization, and evaluation of the various structural alternatives

- With the developed technology, winning high-profile contracts from foreign big construction companies such as Renaissance Construction in Russia and International Capital Trading in Abu Dhabi
- Introducing for the first time in domestic practice of structural design the optimization technique by soft computing for structural performance and quantity
- StrAuto is the only and one expertise tool for computational optimization of building structures in the country.
- Developing the world's first RAP (Rebar Auto-Placing) module for reinforced concrete construction, which has been left behind in the BIM race
- Currently, there are no BIM tools that supports the detailed structural information of reinforced concrete structure on a practical level for use in the field.
- Most of BIM tools released so far are specialized in a single process (i.e. structural analysis) or can be partially applied to the entire delivery process.
- RebarHUB is a one-stop BIM tool specialized for structure supporting the whole project delivery process and pre-construction, developed for practical application in the field for detailed rebar placement modelling and shop/placing drawings.

Ⅵ. Application Plan of Research Results

- By the key technology developed from the international cooperative research which is the bridge to the world market, advance to super tall building engineering market
- By reflecting the structure plans and seismic design results of complex-shaped super tall building structures in the next edition of CTBUH · super tall building seismic design specifications, globalization of the technology developed in Korea
- Globalization of the technology in Korea and improvement of national image by providing ASP service of 2nd generation of seismic evaluation module for academic purpose.
- Technology transfer for structural optimization and 3D modeling/detail design information automation techniques
- Building a consortium of an IT convergence technology consulting firm, an engineering firm, and a construction firm for entry into global design-build markets based on the technical differentiation and cost optimization, eventually strengthening contract performance and increasing yields by receiving high marks
- Winning diverse contracts through improving competitiveness (productivity/technology) by technology transfers to consumers
- To advance into world construction market based on the ICT convergence technology

SUMMARY (The 3rd Particulars)

Ⅰ. Subject

Development of Structural System Performance Improvement Technology

II. Necessity and purpose of R&D

■ Wind-Induced Vibration Control Technology

- Wind-induced vibration control technology is for realization of the hardly perceptible vibration level condition of the super-tall building structures subject to extremely large wind loads. Core technologies are 1)Design of structural system and control devices, 2)Accurate estimation of wind loads and wind-induced responses, and 3)Structural heath monitoring.
- Active mass damper(AMD), and hybrid mass damper(HMD) can provide better performance in spite of using smaller mass than passive TMD. The design of the controller is core technology for ensuring the performance and stability of the AMD, but completely dependent on the technical support by foreign engineers before the beginning of this research project. Both the HMD installed at the 1st phase Incheon airport control tower and AMD installed at Ulsan L Hotel were designed by japanese engineers. The outflow of capital overseas amounted to about more than 60% of the total construction engineering fee. Furthermore, because the initial structural designs of super-tall building projects such as the Lotte World Tower currently under progress in Korea, have been conducted mostly by foreign engineering companies, the technical know-how on the judgement on the applicability of the additional control devices did not accumulate for korean engineers.

■ Evaluation technology and structural system of progressive collapse potential

- Performance evaluation of tall and freeform buildings with various structure systems is important for evaluation of progressive collapse.
- Retrofit schemes for tall buildings against progressive collapse is required.
- An analysis program to check progressive collapse of tall building is necessary in practice.
- Many engineering firms in foreign countries including the United States and Britain have softwares for progressive collapse.
- It is hard to consider the abnormal load in the process of structural design for tall buildings, so simplified analysis method which can easily calculate the abnormal load is needed.

■ Prevention technology of progressive collapse potential

- To prevent progressive collapse of tall building, we need exact evaluation for progressive collapse behavior and simplified analysis programs for practice works.
- Evaluating collapse resisting performance of main structural element of tall building and developing design method for improving resisting performance against impact and detonation.
- Carrying out analysis about structural element response and behavior of entire building after losing some structural element, simulating progressive collapse mode through nonlinear/large-scale-deformation analysis of structural element.
- In the structural design process of tall building, considering abnormal loading like blast and impact, it is necessary to develop simplified analysis technique for easy using.
- Developing simplified analysis program using equivalent static loading for tall building design process by carrying out detailed analysis about blast and impact loading

■ Development of Design Guidelines of Super High Rise Buildings for Protecting from Terrorism

- Super high rise building industry has been growing continuously around the world, and also the risk of terrorism has become higher because of its social and economical symbolic meaning. After the terrorist attacks of 09/11/01, there has been constant efforts to take measures to terrorism in America and England.
- Recently, Korean government has been pushing ahead with a plan to legislate for protection against terrorism and developed some guidelines. But these guidelines are comprehensive and general, it is needed to complement them by subdividing items and specifying contents of guidelines.
- The purpose of this R&D project is to develop design guidelines of super high rise buildings for protecting from terrorism as follows:
  - Developing a quantitative model for assessing the terrorism risk
  - Developing architectural design guidelines of super high rise buildings for anti-terrorism
  - Developing structural design guidelines of super high rise buildings for anti-terrorism
  - Deducing a cost-efficient way for application of design guidelines based on the risk level of a building

■ Law/Regulation and Supportive Policies for Super Tall Building

- It is difficult to apply the existing law/regulation for general building to super tall building. Therefore, it is necessary to revise or legislate law/regulation in consideration of the characteristics of super tall building.
- Prescriptive design methodology is applied to domestic building design, which is based on the mandatory regulations. Thus, it is difficult to apply to the case of super tall complexes building and also is applied with latest construction technology. Hence, it is absolutely necessary to support with an application of performance based design, and also to establish a foundation of green performance evaluation system specializing for super tall building and performance standard of primary technology adopted in super tall building.
- Inflexible domestic approval regulation for general construction project cannot effectively carry out super tall building project. This becomes a risk factor for super tall building project so that it needs to reestablish building approval and project procedure reflecting the characteristics of super tall building.
- The objective of this study is to establish a regulation and system for sustainable super tall complex building. In order to accomplish this, the following is the detailed goals: Firstly, it is to improve law/regulation of super tall building for supporting technology development. Secondly, it is to prepare a foundation of performance evaluation in a global standard. Thirdly, it is to develop a building approval system for super tall buildings.

■ Development of Design & Marketing System for Green Vertical City

- High level of dependence on foreign planning when performing Super Tall Buildings project
- Through converging Urban Planning, Architecture Design and Green Technology,
  - Secure competitiveness of Super Tall Vertical City planning
  - Get independent technology which is future oriented and high-value added
  - Create Super Tall Building brand which has international competitiveness

III. Contents and Scope of R&D

■ Wind-induced Vibration Control Technology

- Development of design and manufacturing technologies of hybrid damping device controller.
  - · Development of controllers for active/hybrid damping devices by the convergence of mechanics, electronics, and architectural engineering.
  - · Performance verification through the application of the developed technologies to real world pilot projects.
  - · Build-up brand power based on the application actual results and enhancement of the competitiveness in the world market.

- Convergence of computational design platform and wind-induced vibration technology.

  Development of SW module for optimal design of the number, capacity, and the placement of the damping devices for reducing the wind-induced responses of a super-tall building.
  - · High-speed design of structural system alternatives including the application of the damping devices and performance evaluation.

- Accurate estimation of wind load and structural response of a super-tall building.
  - · Development of wind-load generation SW and the procedure of the wind-induced responses of a super-tall building.
  - · Revision of wind-speed map in Korea based on the meteorological office data.

- Database and web-based monitoring system construction of the wind-induced responses and performance of the control devices.
  - · Construction of real-time/web based monitoring system and database of ambient and strong wind induced vibration.
  - · Estimation of structural period, damping ratio and mode shape based on the monitored data and design application.
  - · Performance verification of the damping device based on the monitored data.

■ Evaluation technology and structural system of progressive collapse potential

- Progressive collapse potential of mega-frame structures
  - The progressive collapse resisting capacity of mega-frame structures designed in modular concept was investigated using nonlinear static analysis.
  - Four types of mega-frame structures were designed as basic analysis model structures.
  - The progressive collapse resisting capacity of mega-frame buildings was enhanced by employing exterior mega-bracing.

- Progressive collapse resisting capacities of rotor-type buildings
  - For analysis models, thirty two-story convex, concave, and gourd rotor building with diagrid system were designed.
  - Their progressive collapse performances were compared with the behavior of the regular building with moment frame and diagrid system.

- Development of a automated program to select critical structural members
  - A MATLAB-based analysis program was developed to select critical structural members to prevent progressive collapse.
  - The program automatically carries out a series of linear elastic analysis after removing every column one by one.
  - Investigation of national standards for progressive collapse has been carried out to develop the S/W. The materials for related technologies has been added on the website of MIDAS IT for the promotion and education of professionals.

- An automated software for data pre-processing and post-processing for progressive collapse analysis and design was developed.
- Blast loads were modeled by the finite element software Autodyn
- Evaluation of blast resisting performance of the reinforced concrete columns and the CFT columns was performed

■ Prevention technology of progressive collapse potential

- Building design code database for connection of freeform building
- Carrying out program calibration of detailed analysis

- Research for choosing critical element and evaluation of progressive collapse through blast analysis of RC element
- Detailed blast analysis of practice structure and developing structural system for preventing progressive collapse
- Developing analysis program for design of preventing progressive collapse
- Commercialization of developed simplified analysis program and making design guideline

■ Development of Design Guidelines of Super High Rise Buildings for Protecting from Terrorism

- Identifying factors of threat and vulnerability which effect on the level of terrorism risk
- Extracting weights of the layered evaluation elements based on the analytic hierarchy process
- Including evaluation level integration methodology to reflect mutual supplementary effects within the similar elements
- Developing a quantitative model for assessing terrorism risk
- Identifying layers of defence for architectural design
- Deducing design elements of four layers of defence for risk assessment and architectural design
- Building database of foreign risk assessment and architectural design guidelines
- Organizing and Systematizing of architectural design elements of each layer for reflecting mutual supplementary effects
- Establishing guideline database of each design element and grading applicable guidelines based on the protection level
- Developing design guidelines for each layer of defense
- Deducing a cost-efficient way for application of design guidelines based on the risk level of a building
- Suggesting guidelines of security system for high risk buildings
- Analyzing the damage mechanisms of structures produced by blast loads
- Evaluating the protection-based performance of structural elements according to blast load types and damage levels
- Proposing the methods to obtain ductility of structural elements for blast mitigation in buildings

- Analyzing and systematizing foreign structural design guides and standards
- Proposing the blast-resistant analysis and design methods
- Developing the blast mitigation design guidelines for structural layouts, systems, and elements

■ Law/Regulation and Supportive Policies for Super Tall Building

- In the 1st year of research period, it was to identify the issues and problems for each factor in relation to the super tall building, which are required to establish super tall building law/regulation and support policies. Besides, research roadmap is established by analyzing relevant laws for each item to develop relevant policies, status and issues in terms of domestic and international standard, analyzing improvement direction and identifying priorities.
- Promoting Special Law for super tall building
  - In order to carry out super tall building project effectively, the research on super tall building special law is classified into two stages 1) establishing a framework for super tall building special law and 2) preparation of super tall building special law.
  - The super tall building special law framework reflects the details of primary research items (preparing a foundation for law/regulation, preparing a foundation for performance evaluation, and establishing a project procedure model). Respective item is classified by 2 categories: law/regulation & approval, law/regulation & performance evaluation.
  - First, component item and detailed component elements were identified to establish the super tall building special law framework. For the verification of the framework composition, it carried out advisory meeting with relevant professionals and hands-on workers, and study on reference/cases.
- Investigation on the performance evaluation regulation and system
  - This study carried out the research on the performance evaluation regulation and system in developed countries, in order to prepare an application of performance based design(PBD). In order to prepare a foundation of performance based design application, the research was carried out on the items and criteria of performance evaluation, by analyzing the relevant regulations in developed countries.
- Preparing the foundation for the evaluation of green performance in super tall building construction

- This research investigated relevant regulations of domestic and international green performance. Also, the evaluation items for each regulation were summarized for the follow up comparison and analysis. For the purpose of investigating and analyzing the relevant regulations of domestic and international green performance, relevant system was selected to compare. In the case of Domestic, relevant system can be environment friendly building certification, environment impact assessment, criteria and performance of environment-friendly house construction, and certification of housing performance grade. In the case of international, a research was carried on the status and evaluation items of each leading system including LEED of US, BREEAM of England, and CASBEE of Japan.

• It is required to analyze the procedure of relevant law/regulation and approval in developed countries as a preliminary research implementation stage for the approval and promotion of super tall building. Therefore, a case that is considered to be the most appropriate example in England and US(New York, Chicago) was investigated. More specifically, Guidance on Tall Building and Planning permission are primarily studied because they are comprehensive instruction for the planning and approval of tall building.

■ Development of Design & Marketing System for Green Vertical City

• Development of Urban Planning & Design System for Super Tall Buildings

- Develope the model for location selection of Super Tall Buildings(Urban scale and Block scale)
- Sustainable Transportation & Landscape Planning & Design System (Site scale)

• Development of Architectural Design Planning & Design System for Super Tall Buildings

- Development of Stacking & Vertical circulation Planning & Design System
- Development of Optimum Mass & Facade Design Planning & Design System
- Development of Energy saving planning in ubiquitous space using sensing technology
- Development of technology which secures comfortableness(livability) in residential area

• Development of Feasibility Analysis Programme & Korean Brand for Super Tall Buildings

- Development of evaluation programme and manual for feasibility study of Super Tall buildings
- Case study for strategy development of Super Tall building brand marketing

- Analysis on survey results for drawing typology elements of Super Tall buildings as an urban & cultural basis

IV. Results of R&D

■ Wind-induced Vibration Control Technology

- Development of design and manufacturing technologies of hybrid damping device controller.
  - · Development of controllers for active/hybrid damping devices by the convergence of mechanics, electronics, and architectural engineering.
  - · Performance verification through the application of the developed technologies to real world pilot projects.
  - · Build-up brand power based on the application actual results and enhancement of the competitiveness in the world market.
- Convergence of computational design platform and wind-induced vibration technology.
  - · Development of SW module for optimal design of the number, capacity, and the placement of the damping devices for reducing the wind-induced responses of a super-tall building.
  - · High-speed design of structural system alternatives including the application of the damping devices and performance evaluation.
- Accurate estimation of wind load and structural response of a super-tall building.
  - · Development of wind-load generation SW and the procedure of the wind-induced responses of a super-tall building.
  - · Revision of wind-speed map in Korea based on the meteorological office data.
- Database and web-based monitoring system construction of the wind-induced responses and performance of the control devices.
  - · Construction of real-time/web based monitoring system and database of ambient and strong wind induced vibration.
  - · Estimation of structural period, damping ratio and mode shape based on the monitored data and design application.
  - · Performance verification of the damping device based on the monitored data.

■ Evaluation technology and structural system of progressive collapse potential

- The mega-frame structure with four corner columns did not satisfy the design guidelines for progressive collapse and the retrofit schemes with additional mega-braces were most effective in increasing progressive collapse resisting capacity.
- The progressive collapse potential of diagrid system structures was relatively low and did not vary significantly depending on the number of stories.
- The developed MATLAB-based program turned out to be accurate and efficient in finding out critical members for progressive collapse.
- Database for design criteria of progressive collapse was made.
- The materials for related technologies has been added on the website of MIDAS IT for the promotion and education of professionals.
- Development of a procedure for performance evaluation automation according to process of linear static analysis.
- A software for data pre-processing and post-processing for progressive collapse analysis and design was developed.
- Analytical modeling of blast loads.
- Determination of material models of concrete and reinforcement under rapid strain rate.
- Evaluation of blast resisting performance for RC columns and CFT columns.

■ Prevention technology of progressive collapse potential

- An evaluation of blast resistance performance of RC columns according to the shape of cross section
- Evaluation of blast resistance performance for CFT columns by using computational analysis
- An modeling method for the progressive collapse analysis of RC structure
- A method for the progressive collapse analysis of RC frame structure due to blast load by using computational analysis
- Analysis and design to prevent progressive collapse of reinforcement concrete tall building using applied element method
- Reduced degree of freedom modeling for progressive collapse analysis of tall buildings using applied element method

- Development of simplified analysis program using equivalent static loading for tall building

■ Development of Design Guidelines of Super High Rise Buildings for Protecting from Terrorism

- 9 guidelines of Risk Management Series developed by FEMA were analyzed and the data base of architectural design guidelines were established, which are applicable to super high rise building for protection from bomb attack.
- 4 layers of defense were deduced as follows: (1)characteristics of the surrounding area, (2)site perimeter, (3)exterior space of the site, (4)building envelope and interior space.
- For each layer of defense, factors and design elements effecting on the level of terrorism risk were categorized.
- Based on the AHP process, the weights of evaluation elements were extracted. And including evaluation level integration methodology, mutual supplementary effects within the similar elements were reflected. As a result, guidelines for assessing the terrorism risk were suggested.
- Developing architectural design guidelines: The guidelines of each design element were graded based on the protection level and organized for reflecting mutual supplementary effects. As a result, architectural design guidelines for protecting from terrorism and matigating damage were developed and cost-efficient application methods were suggested.
- The progression of damage and the failure mechanisms of structural components by blast loading were analyzed. Then, the key factors for the performance evaluation of structural elements were derived from damage levels and mechanisms.
- The blast resistance of structural elements was estimated based on analysis methods, damage levels, and target protection
- The structural layouts, systems, and elements were categorized according to foreign structural design guides and standards. And the risk assessment of high rise buildings in the country were conducted.
- The methods to secure the ductility of structural elements and the integrity of structural systems in super tall buildings were suggested through the performance evaluation of blast-resistance and ductility of the structural members.
- The program for blast response analysis of structural elements using the dynamic analysis procedure of single-degree-of-freedom system was developed for practical design applications.
- The basic structural guideline for blast mitigation of super tall buildings was developed.

■ Law/Regulation and Supportive Policies for Super Tall Building

- Promoting Special Law for super tall building

  - It carried out the investigation and summarization on the status of each element by deducing respective detailed component of total 10 items that consist the super tall building construction special law system (plan). Detailed component for each composition item is as follows.

  - ① Pre-approval: Liaison with city planning elements, Prior Impact Assessment, ② Construction permit; Construction permit and Construction permit procedure, ③ Construction supervision: Construction supervisor, ④ Approval to use: Approval to use of super tall building, Approval to use a part (temporary) of super tall building, ⑤ Space planning: Planning components such as building coverage ratio, height limit, ⑥ Structure/Material: Technology and Structure standard, ⑦ Disaster Confrontation: Evaluation/Disaster prevention, Terror prevention, ⑧ Equipment standard: Construction Equipment Standard, Elevator, ⑨ Maintenance: Building Maintenance, Change of Building Use, ⑩Green Certification: Environment-friendly Energy, Reducing Greenhouse Gas

- Plan to improve the system of super tall building

  - Suggest an improvement plan about super tall building evacuation and disaster prevention and etc.

- Investigation on the performance evaluation regulation and system

  - This study carries out the investigation on the primary guideline of non-residential and residential building regulation, and also suggests the detailed design direction.

- Preparing the foundation for the evaluation of green performance in super tall building construction

  - Comparison and analysis on the evaluation elements and standard were carried out by collecting the evaluation item that is related to the evaluation criteria. Based on this, detailed evaluation item and elements for super tall building was suggested.

- In case of Planning permission, the overall process is classified into 3 stages: ①preliminary (preparation) stage, ②evaluation stage, ③determination stage. Planning permit document that the federal and local government require should be submitted to apply for the permit. In relation to this, considerations for the permit by government were studied to carry out a

super tall building project, by researching previous planning permit cases that were applied to tall building in England and US(New York, Chicago).

■ Development of Design & Marketing System for Green Vertical City

- Construct DB of Super Tall mixed-use buildings (http://www.stbdb.org)
- Investigate the correlation between city index and the number of super tall buildings in the world major cities
- Parking Guidance System
- Suggestion of improvement in standard ecological area rate (act/policy)
- Draw influential elements of function complex of Super Tall Buildings
- Suggestion of programme algorithm for vertical circulation plan in Super Tall buildings
- Type selection for mass plan for Super Tall Buildings & Development of evaluation tool for 2 dimension efficiency
- Draw influential elements of facade design of Super Tall Buildings
- Suggestion of guideline draft on sensor network & scenario based sensor application concerning comfortableness
- Construction of efficient residential area DB & Establishment of criteria for comfortableness (livability)
- Analysis on Lease Span for efficient floor plan & Draw its components
- Establishment of feasibility criteria of Super Tall Buildings
- Draw social & cultual characteristics of Super Tall Buildings and its value improving element

V. Application plans for results of R&D

■ Wind-induced Vibration Control Technology

- Production of a high value-added engineering technology by combining wind-induced vibration control and computational design platform
- Substitution of import in the field of wind-induced vibration control.
- Reduction of the quantity of structural elements and CO2 by the application of damping devices to a super-tall building.

- Korea building code revision based on the measured wind-load data
- Set up of serviceability criteria based on the monitored wind-induced responses of super tall buildings.

■ Evaluation technology and structural system of progressive collapse potential

- Evaluation of progressive collapse potential of tall and freeform structures with various shapes, and development of retrofit schemes
- Pre-construction service for tall building projects
- Design of military and anti-terror facilities

■ Prevention technology of progressive collapse potential

- Evaluation of progressive collapse potential of tall and freeform structures with various shapes, and development of retrofit schemes
- Pre-construction service for tall building projects
- Design of military and anti-terror facilities

■ Development of Design Guidelines of Super High Rise Buildings for Protecting from Terrorism

- Results of this project could be a preliminary data for complementing design guidelines by subdividing items and specifying contents of guidelines.
- The application of design guidelines in a cost-efficient way based on the risk level could improve design process and management of a building.
- The blast-resistant design methods of structural elements and the blast mitigation design guidelines for structures will be spread throughout the engineers.

■ Law/Regulation and Supportive Policies for Super Tall Building

- This research development results are: first, contributing to the realization of settling a regulation with global standard, by actualizing the existing system that limited the application of latest construction technology to super tall building by the improvement of relevant law/regulation to super tall building.
- Secondly, it will contribute to regulate the approved performance standard of technology, developed by super tall building project agency with a suggestion of super tall core

developing technology. The guideline for each type of super tall building construction technology standard also reflects the environment change in domestic and international construction field to the application to the systematic repair of super tall construction technology standard. Also, it is expected to be used as an evaluation tool that can evaluate the level of green performance by establishing super tall construction green performance evaluation framework.

- Thirdly, establishing a model for super tall construction approval and project procedure, it is possible to use it as a tool to establish a project system systematically from the planning stage.

■ Development of Design & Marketing System for Green Vertical City

- Set the evaluation tool and planning guideline for urban plan and architecture plan of Super Tall building based on reference stored in Super Tall mixed-use building DB (programme development and applying for a patent)
- Verify and supplement of the test bed
- Programme development for vertical circulation plan of Super Tall buildings
- Evaluate marketability of domestic Super Tall building applied brand marketing elements

SUMMARY (The 4th Particulars)

Ⅰ. Title

Development of Supertall building maintenance technology

Ⅱ. Research Outline

- To manage a supertall building efficiently, it requires a facility management technology based on integration platform system that maintain various attributes of facilities and energy information as measured by the sensor.

- For the efficient operation of a supertall building, Energy management/Facility Management platform is required, That platform has a component of the FMS model for supertall building, open BIM technology, LED lighting control and sensor network technology.

- To maintain efficiently, optimized integrated facilities management solutions for supertall building is required. That can be applied integration, facilities management solutions in conjunction with the development of sensor network technology. A FMS model solutions based on it should be able to maintain a supertall complex features a vertical city to optimize.

Ⅲ. Contents and Results of Research

■ A Grid connected Energy Management Flatform for supertall building and Developing LED Lighting System

- Power Resource Modeling & Power resource information acquisition module
- B2G platform architecture design
- e-App Portal functionality requirements elicitation
- Super-Slim LED Planar Lighting System

■ Supertall buildings with wireless sensor network technology integrated

- Multi-module sensor for supertall building complex
- u-SISN (Supertall Info Sensor Network) gateway development
- u-SISN middleware development
- Installing real-site test bed

■ Developing distributed and integrated maintenance system solution for the supertall building

- Architecture on LCC based FMS solution for supertall building
- Supertall FMS standard feature selection and model development
- Supertall FMS standard business process definition
- Supertall FMS standard operation guideline
- Pilot test in supertall building

■ BIM-based information modeling guideline for facility management of supertall building

- Operation manual for BIM-based information modeling guideline for facility management
- Modeling of BIM-based information modeling guideline for facility management
- Guideline of BIM-based information modeling guideline for facility management

IV. Results of R&D

■ Power resource information acquisition & analysis system development

- Power resource modeling
- Power data acquisition technology, Modbus, BACnet, COSEM / DLMS technology research

■ Implementation of the grid connected integration B2G platform development

- Implementation of the grid connected integration B2G platform architecture
- higher system integration module technology

■ e-App Portal development

- e-App Portal functionality and user requirements, architecture design, production

- Developing user interface

■ **Super-Slim LED Planar Lighting System**

- Super-slim LED planar lighting module development
- Lighting control/management system development
- Supporting remote site management with smart mobile devices

■ **Multi-module sensor for supertall building complex**

- Multi-module sensor for supertall building complex
- External environment of the sensor interface (weather sensors, environmental sensors in the atmosphere)
- Internal environment sensor interface (Indoor Air Quality Sensor, Oxygen,CO, CO2) Prototype
- Communication Antenna Optimization using the case study

■ **u-SISN gateway development**

- Design of u-SISN gateway
- ARM-based Integrated gateway prototype

■ **u-SISN middleware development**

- Design of u-SISN middleware
- u-SISN middleware developing & porting to the system

■ **Installing real-site test bed**

- Installing & operating the system in GSBC

■ **LCC based FMS solution for supertall building**

- Maintenance management system and BIM-based FMS system are analyzed
- The basic system is established based on BIM maintenance system

■ **Supertall FMS standard feature selection and model development & Supertall FMS standard business process definition**

- Supertall building FMS standard features derived
- Domestic FMS system Case Study
- Domestic FMS functional systems research / analysis

■ Development for the Supertall FMS standard operation guideline

- Standard features 10 menus and 58 Sub menu selection and also establish functional systems
- Developing for standard feature functions

■ Design of Supertall FMS standard operation guideline

- Analysis for energy savings & operation process of supertall FMS
- Design of technical Database based on FMS system Case Study
- Supertall FMS standard operation guideline

■ Pilot test for FMS

- Installing & operating FMS solution in Intiland Building, Indonesia

■ Operation manual for BIM-based information modeling guideline for facility management

- Maintenance management system analysis
- Operation manual for Maintenance management system using BIM
- Research for Maintenance management system model

■ Modeling of BIM-based information modeling guideline for facility management

- Crime / Disaster BIM property field
- Machine / Facility BIM property field
- Power / IT BIM property field
- Architectural Space BIM property field

■ Guideline of BIM-based information modeling guideline for facility management

- Crime / Disaster BIM property field

- Machine / Facility BIM property field
- Power / IT BIM property field
- Architectural Space BIM property field

Ⅴ. Application plan of study result

- Energy management platform and maintenance platform for the efficient operation saved supertall building operating costs

- Developed Supertall building maintenance manual, applying it to the solution development of supertall building distributed and integrated management, promoting the commercialization of facility management system.

- To model integrated management of distributed solution, supertall building feature of FMS model, operating model, service model, and existing models are utilized. Through this model, supertall intelligent facility maintenance system is installed.

- FMS model built based on design document and maintenance manuals are used for developing distributed and integrated management of supertall building solution. By leveraging the standardization of facilities management and management of DB then those are utilized to establish an integrated management solution management system.

- In worldwide, USN sensor network utilized in supertall building integrated operating practices are not collected. We can create new markets and lead next-generation converged technologies through technology development and standardization detailed component-based technologies.

목 차

제 1 장 연구개발과제 개요 ····· 1

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성 ····· 1

1. 연구개발의 필요성 ····· 1

2. 연구개발의 목적 및 목표 ····· 7

제 2 절 연구개발의 정의, 범위, 특징 ····· 42

1. 연구개발기술의 정의 ····· 42

2. 연구개발의 범위 ····· 60

3. 연구개발의 특징 ····· 63

제3절 관련분야의 국내외 기술개발 현황 ····· 71

1. 국내 기술현황 ····· 71

2. 국외 기술현황 ····· 87

제4절 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치 ····· 108

1. 연구개발기술의 우수성 ····· 108

2. 연구개발 기술의 차별성 ····· 111

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 114

제 1 절 연구수행 전략 및 방법론 ····· 114

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발 ····· 114

2. 제3세부 : 구조성능개선 기술 개발 ····· 116

3. 제4세부 : 초고층 유지관리기술 개발 ····· 124

제2절 연구수행과정 및 내용 ····· 126

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발 ····· 126
2. 제3세부 : 구조성능개선 기술 개발 ····· 246
3. 제4세부 : 초고층 유지관리기술 개발 ····· 398

제3장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 509

제1절 개별 연구성과명 ····· 509

1. 개별 연구성과 설명 ····· 509
2. 주요 연구성과(학술적 성과 및 기술적 성과) ····· 519
3. 기술 실시 및 적용사례 ····· 546
4. 기술개발 성과의 국내외 시장 전망 ····· 558

제4장 연구목표 달성 및 효과 ····· 562

제1절 연구개발 최종목표 달성도 ····· 562

1. 연구개발 목표 달성도 ····· 562

제2절 연구개발 성과의 기술적 효과 ····· 575

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발 ····· 575
2. 제3세부 : 구조성능개선 기술 개발 ····· 576
3. 제4세부 : 초고층 유지관리기술 개발 ····· 577

제3절 연구개발 성과의 경제적 효과분석 ····· 578

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발 ····· 578
2. 제3세부 : 구조성능개선 기술 개발 ····· 579
3. 제4세부 : 초고층 유지관리기술 개발 ····· 581

제4절 연구개발 성과의 정책적 효과분석 ····· 582

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발 ····· 582
2. 제3세부 : 구조성능개선 기술 개발 ····· 583
3. 제4세부 : 초고층 유지관리기술 개발 ····· 584

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 585

제1절 연구성과 향후 활용방안 ····· 585

1. 기술실시 계획 ····· 585
2. 판매계획 ····· 588
3. 사업화 추진방안 ····· 590
4. 정책반영 계획 ····· 592
5. 기존 연구 및 타 연구와의 연계 방안 ····· 594

제2절 추가연구 필요성 ····· 596

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발 ····· 596
2. 제3세부 : 구조성능개선 기술 개발 ····· 616
3. 제4세부 : 초고층 유지관리기술 개발 ····· 630

참고문헌 ····· 642

제 1 장 연구개발과제 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 필요성

[1세부]

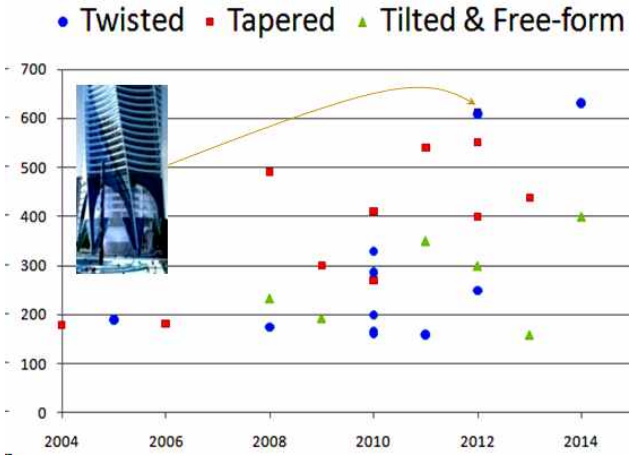
○ 최근 들어 디자인 코리아 프로젝트, 디자인서울사업, 더블 IT(double IT) 프로젝트 등 기존의 직선, 직각을 벗어난 혁신적이고 아름다운 형태의 다양한 비정형 건축물이 확산되고 있음

○ 따라서 안정적이고 경제적인 비정형 초고층 건물의 엔지니어링 역량을 향상시킴으로써, 건물 디자인화 및 랜드마크에 의한 도시경쟁력 향상 및 비정형 초고층 구조물에 대한 구조재료의 사용 및 에너지 소모를 최소화할 수 있는 엔지니어링 기술 개발은 국가경쟁력 향상을 위한 주요한 요소가 됨.

○ 초고층건축을 포함한 현대건축은 단지 문화 다원주의의 지배에 대한 인식을 통해서 이해할 수 있으며, 일찍이 초고층건축 디자인은 국제주의의 출현과 함께 시작되었지만 오늘날 초고층 건축물들은 다양한 건물 유형들과 디자인 방법들이 반영되고 있음

○ 이러한 현대 디자인 흐름은 Twisted/Tapered/Tilted/Freeforms와 같은 다양한 건물형태들을 생성하였음

[기술개발의 필요성]



[3T 비정형 초고층 건물의 건설 추이]

○ 국내 40층 이상의 주거건축물은 세계 4위의 수준에 있으며, 100대 주거용 건축물 중 9동이 국내에 있어 세계 3위에 속하고 있음.

○ 서울, 인천 등 지자체 추진형 초고층복합단지개발 및 국내 대기업 자체사업으로 도시경쟁력 확보 및 도심재생 등의 목적으로 100~150층 건물 건립이 활발히 추진되고 있음.

○ 최근 주요 세계 여러 도시에 제안되거나 건설되고 있는 초고층 건축물의 경우에도 이러한 '비정형(complex-shaped)' 디자인 경향은 뚜렷한 현상으로 나타나고 있음. 국내에서도 현재 추진 중인 6~8개의 100층 이상 초고층 건축물 프로젝트들 중 일부는 비정형 형상을 취하고 있으나, 해외의 사례에 비해서는 아직 초기 단계에 머무르고 있음.

○ 최근 초고층건축물의 경향은 높이 경쟁과 함께 형태 측면에서 한계를 극복하여 비정형화된 형태를 통하여 개성 있는 브랜드를 창출하고자 함. 건물의 높이 상승에 따라 순차적으로 한 층씩 안정적으로 시공되는 일반적인 구조물에 비해 비정형 건물은 시공 중 안정성 문제와 변형이 발생할 가능성이 존재하며, 이를 해결하기 위한 구조설계 및 시공기술의 개발 및 적용이 활발히 시도되고 있음.

○ 국내의 초고층 건축물 건설 경험은 아직 미진한 단계이므로 국내의 초고층 건축물에 필요한 기술의 상당 부분을 해외 업체들에 의존해야하는 상황임.

○ 세계 유수의 CAD 업체들은 자사의 3D CAD 프로그램을 통해 자체적인 설계 플랫폼의 역할을 수행하려 하고 있으나 업체별 프로그램 간 정보의 호환과 공유의 문제를 해결하지 못하고 있음

○ 비정형 초고층 건축물에 최적화된 설계기술이나 요소기술 등이 우리나라에 축적되어 있지 않으며, 일부 건설 선진국 또는 선도 설계회사 및 건설회사에 의하여 독점화 되어있으나 기술 개발과 그에 따른 기술경쟁력 확보 가능성은 열려 있는 상황임

○ 비정형 초고층 구조물의 계획 시에는 초기 구조시스템 선정 지원 시스템, 규칙 및 제한조건 설정 모듈, 구조시스템 전산생성 알고리즘, 구조시스템 대안평가 기술, 비정형 구조시스템 구현기술 등이 수반되어야 함

○ 따라서 초기 형태생성에서부터 전산화된 방식에 의존할 수밖에 없는 비정형 초고층 건축물의 경우에는 IT기반 기술을 활용하여 제반 관련기술을 융복합할 수 있는 전산플랫폼의 개발과 형태생성 및 대안평가를 자동화할 수 있는 전산시스템의 개발이 필수적으로 요구됨

○ 비정형 통합설계 시스템 개발은 비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발, 비정형 통합설계 전산플랫폼 개발, 초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발을 통하여 세계적인 비정형 설계기술 확립이라는 세부과제의 비전을 실현할 수 있음.

[3세부]

○ 친환경, 저에너지의 지속가능형 초고층건축물 설계 시 건축물의 안전성, 사용성, 경제성 등을 최적화할 수 있는 엔지니어링 기술 및 프로세스

○ 기존 국내 건설산업의 해외 진출은 단순시공 분야를 중심으로 이루어지고 있으며, 기술집약적 고수익 분야인 핵심엔지니어링 해외진출은 전무한 상태에서 국내 시장마저 해외기술에 의존

○ 국내 초고층건물 건설 시 건 당 300억~600억원의 기술료를 해외에 지불하고 있을 만큼 기술 자립이 취약한 분야

○ 단순시공 분야의 해외시장 점유율과 수익률도, 저임금 등을 앞세운 제3국의 추격과 경쟁으로 지속적 하락 추세

○ 시공 경험과 저가격 이외의 차별화된 세계일류기술 부재가 기술집약적 고수익 건설시장 진출의 핵심 장애 원인의 하나

○ 우리나라 건설산업이 세계 건설시장에서 선두 그룹에 진입하여 고수익을 창출하는 국가주력산업으로 발전하기 위해서는 기술집약적 고수익 엔지니어링 분야로의 패러다임 전환이 필수

○ 국가의 R&D 정책은 저탄소와 녹색성장으로 요약할 수 있음. 저탄소 정책기조로써는 자원절약과 부합된 것으로 풍진동 및 제진장치를 통하여 구조물에 사용되는 주재료인 강재 및 콘크리트의 물량 저감과 연관되어 있으며 녹생성장은 풍력이나 제진장치를 이용하여 자가발전형(energy harvesting) 동력을 생산하고 이를 이용하여 제진장치 가동 및 구동에 필요한 전원을 자체 생산하는 것임.

[4세부]

○ 초고층빌딩 유지관리 기술개발은 초고층 빌딩의 효율적인 운영을 위하여 다양한 특성의 설비와 에너지정보를 센서로 측정하여 해당정보를 통합유지관리 플랫폼기반으로 관리하는 것을 목표로 함.

○ 통합유지관리플랫폼은 전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리 플랫폼 및 LED개발 과 초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발로 구성되며 독립적인 기능의 플랫폼이 아닌 통합 플랫폼으로 구성됨.

○ 해당 플랫폼은 초고층 유지관리 모델과 건물정보데이터(건물정보모델)을 기반으로 구성되며 최종적으로 사용자별로 구성된 화면을 제공함.

○ 초고층 건물의 효율적인 운영의 기반기술인 에너지관리/유지관리 플랫폼 개발기술의 구성요소로서 초고층 FMS모델, 개방형 건물정보데이터 기술과 면광원 조명제어 연계 및 통합형 센서네트워크기술을 개발함.

○ 지능형 유지관리를 위한 초고층 시설물 통합관리 솔루션 기술개발, 통합관리 솔루션과 연계되는 시설물 센서네트워크 기술을 개발 적용할 수 있는 최적화된 초고층 FMS 모델을 확보함으로써 솔루션 상용화에 기여하고 이를 토대로 수직도시 기능을 가진 초고층복합빌딩을 최적 상태로 유지관리 할 수 있도록 함.

○ LED조명은 디자인적 요소를 고려한 초박형 면조명 형태의 LED를 개발할 필요성이 있으며 이를 초고층빌딩에 적용할 경우 기존에 조명 인입공간으로 요구된 공간을 절감하여 건설비 및 공간 활용성을 높일 수 있음.

○ 최근 스마트그리드에서 등장하고 있는 전력저장장치, 전기자동차 등 전력산업의 와해성 혁신 기술을 초고층복합빌딩에서 활용할 수 있도록 전력망연동형 에너지관리플랫폼과, 초고층복합빌딩의 전력에너지소비 효율화를 가능하게 하는 기반 기술이 요구됨.

○ 미국, 유럽, 일본, 중국 등 주요 시장에서는 백열등, 할로겐등과 형광등 사용이 금지 혹은 규제되고 있음. 향후 초고층빌딩뿐 아니라 일반적인 중·고층 빌딩에서 사용할 수 있는 조명의 80% 이상은 LED 조명뿐임. 빌딩에는 수백 개 이상의 LED 면등이 설치되어 에너지관리시스템과 연동되어 소비자의 편의성을 최적화하고 그린규제를 충족하는 방식으로 운영되어야 할 것임.

○ 또한 국내의 건물 에너지 정책이 강화됨에 따라서 저에너지 건축물의 보급이 활성화될수록 복사냉난방 패널 시스템의 보급은 활성화될 것으로 판단됨.

○ 초고층 복합빌딩의 경우, 복합빌딩의 특성상, 다양한 용도의 시설물이 사용되며, 비용 및 랜드마크적인 특성으로 인해 고가의 임대료를 유지하게 됨.

○ 다양한 용도에 대응하는 시스템의 구축 및 랜드마크 이미지에 걸맞은 고효율/High-Quality의 시설관리를 제공할 수 있도록 최적화된 초고층 FMS 모델에 의한 관리가 필수이며, 도면 및 문서관리 시스템, 자산에 대한 운영관리 시스템 등 건물운영관리 전반에 관한 FMS 기능/운영 모델의 정립이 필요함.

○ 초고층 시설물 통합관리 서비스 모델을 지원하기 위한 기능으로 시설물 현황관리, 시설물 운영관리 및 모니터링 현황 등이 제공되어야함.

○ 또한 세부적인 소프트웨어적 기능으로 시설물의 도면 현황을 분석할 수 있는 도면 뷰어 기능 및 건물정보데이터 뷰어 기능이 제공되어야 함.

○ 경영정보 분석을 위해 초고층 내에 각 시설물로부터 정보를 수집 및 통합하고 센서 미들웨어로부터 정보 취합을 위한 연계 API 적용이 필수적임.

○ 기존 FMS 관련 시스템인 IBS, BEMS 등의 시스템과 상호 연동을 통한 시설물 정보의 일원화를 위한 기반을 제공해야하며, 이러한 초고층 내의 센서 및 관련 시스템으로 부터의 정보를 통합 관리하기 위한 표준화 된 메타데이터 스키마가 설계 되어야하며, 또한 통합 솔루션 아키텍처가 설계 구현 되어야함.

○ 초고층 시설물 통합유지관리 시스템의 접근성을 확보하기 위해 웹기반 구조로 설계되어야함.

○ 설계 및 시공에서 제작된 건물정보데이터 정보의 유지관리 분야 활용을 위해 유지관리 분야에서 필요한 건물정보데이터 기술에 대한 요소모델을 정의하여 초고층 유지관리 건물정보데이터 모델이 필요함. 설계 및 시공단계에서 생성된 건물정보데이터 정보의 효율적 활용을 위해 유지관리 분야의 활용 내용을 다양화하기 위한 연구로서, 설계 및 시공단계에서는 건물정보데이터에 대한 다양한 연구(간섭체크, 자동 법규체크, 에너지 시뮬레이션 등) 및 실용화가 진행되고 있으나 유지관리 분야에 대한 건물정보데이터 연구는 전무한 실정임.

○ 특히 초고층에 대한 유지관리 건물정보데이터 연구는 향후 시설물 유지관리시스템(FMS) 시장과 IBS(지능형빌딩시스템) 시장에 다양한 변화를 줄 수 있을 것임.

○ 유지관리 건물정보데이터의 효율적 활용을 위해서는 유지관리 건물정보데이터 모델 개발되어야만 다양한 시뮬레이션이 가능함.

○ 설계 · 시공에서 제작된 건물정보데이터 정보의 유지관리 분야 활용을 위해서는 유지관리 분야에서 필요한 건물정보데이터 기술에 대한 요소모델 정의가 기반이 된 초고층 유지관리 건물정보데이터 모델 개발이 필요함.

○ 대규모 센서네트워크를 통합관리시스템으로서 원격으로 관리하고 센서네트워크의 장애 발생시 신속하게 처리하기 위한 소프트웨어개발이 필요함.

○ 센서 네트워크 통합 관리 시스템은 관리자가 언제 어디서나 쉽게 관리의 용이성과 유지 보수의 편리성을 제공할 수 있어야 함.

○ 유무선 보안 기술을 기반으로 외부의 침입자로부터 완벽한 보호를 할 수 있고 보안 솔루션을 제공하여 외부 침입자를 차단해야 하지만 내부 네트워크는 개방형 시스템을 채택하여 이 기종간의 네트워크 간에 완벽한 통신을 제공하기 위한 통합관리 소프트웨어 개발이 필요함.

○ 초고층 빌딩을 유지하기 위해서는 냉난방 공조 시스템을 위한 센서류, 안전관리를 위한 화재 센서, 가스 안전 센서 등이 사용되며, 환경관리를 위한 공기질 센서, 기상 센서 등이 필요하며, 이를 위한 멀티 센서 융합 기술이 필요함.

○ 센서네트워크미들웨어는 하위시스템의 복잡도와 하드웨어에 따라 발생하는 여러 가지 제한을 추상화하며 실제 센서네트워크 응용의 개발과 배포 그리고 관리에 필수적인 많은 기능들을 포함하여야 하며, 시설물이나 환경감지에 사용되는 각종 센서류의 다양한 출력에 대해 Analogue적 또는 Digital적인 대응을 통해 실시간으로 데이터를 auto-collection 하는 기술이 필요함.

○ 기존의 USN 미들웨어와는 달리 모니터링 뿐만 아니라 제어가 필수적이므로 표준프로토콜 기반

의 설계로 논리적 분산 데이터 처리 기술을 적용하여 각 세부 응용 서비스별 데이터 공유 기술을 적용해야 함.

○ 또한 이질적인 센서 데이터의 추상화 지원 기술을 통한 공통사항을 파악하여 상위 객체로 정의하고 각 네트워크 종류별로 공통사항을 상속하여 사용하도록 하는 기술이 필요함.

○ 무선 통신네트워크의 경우도 구조물의 형태에 따라서 다양한 무선 통신 환경을 구성하고 이에 따른 적절한 통신 네트워크 구성이 필요하며 또한 통신 데이터의 신뢰도 검증이 필요함.

○ 그동안 연구된 건물정보 수집 시스템과는 비교할 수 없는 수준의 확장성 및 데이터 처리의 분산화가 가능하며, 기존의 USN 시스템과는 다른 건설/빌딩 분야의 실용화 기술로 설계된 유비쿼터스 기술이 필요함.

○ 지능형 유지관리 및 통합운영시스템을 구축하여, 수직적으로 광범위한 공간에서의 효율적인 구획 Zone 계획을 통한 정보네트워크 관리기술을 확보하여 이 분야를 선도할 수 있는 기술을 확보할 수 있음. 이를 토대로 최근 정부의 외국으로의 기술수출을 장려하고 있는 정책에 부합 할수 있으며, 차세대 IT를 접목한 지식기반 산업으로의 육성이 가능함.

2. 연구개발의 목적 및 목표

가. 연구개발 목적

1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술

- 비정형 최적구조시스템 설계기술 개발
- 비정형 구조요소 성능평가 기술 개발
- 구조적 안전성을 확보하기 위한 내진설계 및 성능평가기술 개발
- 시공단계를 고려한 구조시스템 설계기술 개발

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼을 통한 융복합화 기술

- IT기반 기술을 활용하여 제반 관련기술을 융복합할 수 있는 전산플랫폼 개발
- 비정형 초고층건축물 골조 전산설계 시스템, 관련 요소모듈 및 연동 에이전트 개발
- ICT융합 통합설계 전산플랫폼 상품화, 기술 사업화 정착 및 세계적 회사 브랜드 창출

1-3	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발

- 초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발
- 초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발
- 초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발
- 초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발

3-1	풍진동제어 기술 개발

- 최소질량형 하이브리드 제진장치 제작 및 설치
- 하이브리드 제진장치 시제품 제작 및 풍하중/풍진동 실계측 시스템 구축
- 최소 질량형 제진장치 TB 적용(테크노마트)
- 풍진동 및 건전도 평가시스템 / 초고층건축물 설계기준 제안
- 신규핵심 융복합 및 테스트베드 적용
- 첨단 풍진동제어기 현장적용 / 세계일류 브랜드화 및 사업화
- 해외 초고층 풍진동모니터링 시스템 수주

3-2 연쇄붕괴 방지 기술

- 비정형 초고층구조 연쇄붕괴 거동 평가
- 세계 선도의 연쇄붕괴 해석 프로그램 개발
- 신규핵심기술 융복합 및 테스트 베드 적용
- 세계일류 브랜드화 및 사업화
- 비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션

3-3 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술 개발

- 테러 위험도 평가 가이드라인 개발
- 테러예방 계획설계 가이드라인 개발
- 테러예방 구조설계 가이드라인 개발

3-4 초고층건축 법/제도 및 지원정책

- 초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련
- 초고층건축 성능평가 기반 마련
- 초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축

2009~2010		2011~2012		2013~2014
로드맵 구축	제도개선방안 도출 및 사례 조사/분석	법/제도 개선 및 모델 기본 방안 제시	법/제도 개선 및 모델 구축	법/제도 개선 및 모델 적용을 위한 제도/정책 제안
초고층건축 관련 법/제도/성능인증 관련 현황 조사 법/제도/성능인증 항목별 중요도 및 현황수준 분석 초고층건축 관련 법/제도/성능인증 추진 로드맵 구축	항목별 제도 개선/보완 방안 도출 성능평가 체계 및 요소 도출 초고층 인허가 및 사업추진절차 사례 조사/분석	초고층건축 관련 제도 개선 정책(안) 제시 초고층 특별법(안) 초안 제시 성능평가수립을 위한 기본 방안 및 가이드 제시 초고층건축 녹색성능 평가요소 도출 인허가 및 추진절차 기본방안 제시	초고층건축 관련 제도 개선 정책(안) 제시 초고층 특별법(안) 제안 및 관련 시행령/시행규칙(안) 마련 초고층 성능평가 방안 제시 초고층 녹색성능평가 Framework 제시 초고층 인허가 및 사업 추진절차 모델 제시	초고층 특별법(안) 입법 추진 지원 초고층 특별법(안) 관련 시행령 및 시행규칙(안) 검증/보완 초고층 성능평가 방안 적용을 위한 제도/정책 제안 초고층 인허가 및 사업추진절차 모델 적용을 위한 제도/정책 제안

3-6 초고층 녹색수직도시공간 계획 기술 개발

- 기존의 2차원적 도시공간을 초고층의 3차원적 수직도시공간으로 구현
- 도시계획기술 및 건축설계기술의 융·복합

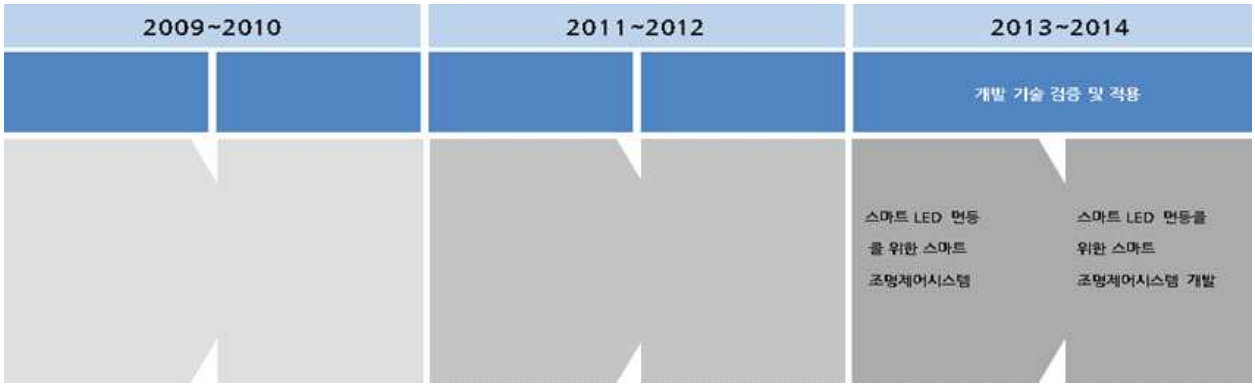
2009~2010		2011~2012		2013~2014
정량적 현황 분석 및 DB 개설	평가지표 개발 및 DB 운영	평가프로그램 시작품 제작	평가 지침 및 프로그램 개발	현장 적용 및 평가
초고층 DB 구축 입지평가 사례조사 녹색교통 체계 유형 분석 수직용도 배분 사례조사 수직동선 계획 기준 검토 Mass 최적화 기법 검토 Façade 디자인 기법 검토	입지평가 지표 개발 승용차 혼잡 완화를 위한 녹색교통기술 개발 초기단계 수직교통 동선 대안 검토 2차원 평면 효율성 평가 국내 초고층 에너지 전력 소비 실태조사 주거 쾌적성 지표 개발	S/W 시작품 개발 - 입지평가 S/W - 수직동선 평가 S/W - Mass 효율성 평가 S/W - 주거쾌적성 평가 S/W 주차정보제공을 위한 시스템 영향요인 도출	S/W 개발 완료 - 입지평가 S/W - 수직동선 평가 S/W - Mass 효율성 평가 S/W - 주거쾌적성 평가 S/W 주차정보제공 시스템 알고리즘 개발 및 특허출원 수직도시 도시계획 및 건축설계 지침 및 가이드라인 개발	개발 기술의 현장 적용 및 검증을 통해 특허 출원 및 기술 이전

4-1	전력망 연동형 초고층빌딩 에너지관리 플랫폼 및 LED 개발

- 초박형 스마트 LED 면등 개발
- LED 면등 연계시스템 개발

4-1	스마트 LED 면등을 위한 스마트 조명제어 시스템 개발

- 스마트조명 제어시스템 개발
- 단말게이트웨이 개발



4-1 초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술 개발

- 초고층 복합건물에 적합한 센서 적용기술
- 초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발 I
- u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 설계

4-2 초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발

- 초고층 FMS 서비스 모델 적용 및 보완
- 초고층복합빌딩 BEMS 적용 및 보완
- 타 시스템 연동 라이브러리 구현
- 초고층 통합 FMS 테스트베드 적용

4-2	건물정보데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발

- 유지관리시스템(FMS)과 연계하여 다차원 형태의 지능형 유지관리가 가능하도록 지원하는 BIM기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발
- 전력자원 통합분석관리 BIM 기술 방향 도출
- BIM 기술 적용 방향 도출
- BIM 객체분류 표준개발
- 조명시스템 전력망 모델링 기준서 개발
- 시범 BIM 라이브러리 및 모델제작

나. 연구개발 목표

(1) 정량적 성과목표

[1세부]

구 분		국내 학술지	SCI (E)	기술 실시 계약	사업 / 제품화	설계 기준 시방서 반영	시제품 출시	신기술 신청	연구 개발 홍보	정책 반영	특허 출원	특허 등록	현장 적용	소프트등록	현장 시험	수상 실적	합계
1-1	창민우	21	7	0	0	9	0	0	11	0	8	5	15	11	0	8	95
1-2	선문대	5	1	1	5	1	1	1	15	0	1	0	32	6	0	1	70
1-3	경희대 빌딩스마트협회	18	0	0	2	15	0	0	1	0	3	3	0	12	0	5	59
1 세부 소계		**44**	**8**	**1**	**7**	**25**	**1**	**1**	**27**	**0**	**12**	**8**	**47**	**29**	**0**	**14**	**224**

[3세부]

구 분		국내 학술지	SCI (E)	기술 실시 계약	사업 / 제품화	설계 기준 시방서 반영	시제품 출시	신기술 신청	연구 개발 홍보	정책 반영	특허 출원	특허 등록	현장 적용	소프트등록	현장 시험	수상 실적	합계
3-1	단국대	31	3	3	1	0	1	1	13	0	2	2	1	19	6	4	87
	㈜TE	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3	1	8
	㈜포스코	2	0	0	0	0	6	0	3	0	0	0	0	1	0	2	14
3-2	성균관대	8	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	32
	마이다스IT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
	건국대	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
3-3	고려대 단국대	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
3-4	건정연	0	0	0	0	8	0	0	2	34	0	0	0	0	0	2	46
3-6	아주대	21	1	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	3	0	1	32
3 세부 소계		**68**	**24**	**4**	**1**	**8**	**8**	**1**	**19**	**34**	**7**	**2**	**2**	**32**	**9**	**10**	**229**

[4세부]

구 분		국내 학술지	SCI (E)	기술 실시 계약	사업 / 제품화	설계 기준 시방서 반영	시제품 출시	신기술 신청	연구 개발 홍보	정책 반영	특허 출원	특허 등록	현장 적용	소프트등록	현장 시험	수상 실적	합계
4-1	가천대	1	0	0	0	0	6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	10
	애니캐스팅	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	맥스포	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
4-2	솔리데오	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
	건기연	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
4 세부 소계		**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**10**	**0**	**1**	**0**	**3**	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**	**18**

(2) 연구목표 및 내용

(가) 제1세부과제 : 비정형 통합설계시스템 개발

[1차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	비정형 구조시스템 사례조사 및 DB구축	100	▪ 초고층건축현황분석 ▪ DB구축 설문조사 ▪ 구조시스템 사례조사
	내진정보 DB구축	100	▪ 내진설계현황분석 ▪ 내진설계기준 수집 ▪ 나라별 높이에 따른 구조해석법 분류
	비정형 초고층 프로토타입 개발	100	▪ 비정형 초고층 건축물의 분류 ▪ 형태생성과 사례연구 ▪ 비정형 초고층 건축물의 최적 구조 프로트타입 설계를 위한 자동화 절차 개발
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	비정형 설계를 위한 Parametric Design 기법 연구	100	▪ 파라메트릭 디자인 관련 논문 검토 ▪ 파라메트릭 디자인 Tool 비교 검토 -Generative Components -Grasshopper ▪ 비정형 설계에서 Parametric Design 적용 방법 결정
	비정형통합플랫폼 To-Be 모델 구축	100	▪ 비정형 구조설계 프로세스 연구 및 사례 분석 -파라메트릭 디자인 관련 기존 연구 분석(Free form Structural Design) -인천세계도시 축전기념관 사례 분석 ▪ 비정형 구조설계 프로세스의 최종 구성도 작성
	비정형 구조시스템 대안생성 기법 연구	100	▪ 기존의 AI (Artificial Intelligence)에 기반한 최적화 알고리즘 조사 ▪ 기존 최적화 알고리즘의 비정형 초고층 건물에의 적용성 검토 ▪ Soft computing 기법을 이용한 비정형 구조시스템 대안생성 기법 연구 -유전자 알고리즘 (Genetic Algorithm) -유전자 프로그래밍 (Genetic Programming) -개미집단 최적화 (Ant Colony Optimization) ▪ 비정형 초고층 구조물의 유전적 표현기법 연구
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	초고층 복합건축물 개방형 BIM 활용시나리오 개발	100	▪ 초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형BIM요소기술 현황 및 선진활용사례 조사·분석 -개방형 BIM 요소기술의 정의 -개방형 BIM 요소기술의 종류 -개방형 BIM 요소기술의 국제표준 현황 -개방형 BIM 요소기술의 선진 활용 사례 현황 조사 -개방형 BIM 요소기술의 선진 활용 사례 분석 및 시사점

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 객체분류 매핑체계 및 기반환경 구축	100	▪ 초고층 복합건축물 주체분류 및 주체별BIM업무활용 목표 분석 -실무 주체별 BIM활용 업무대상 및 수준 정의 -실무 활용 BIM소프트웨어 객체분류 환경조사 -초고층 복합건축물 BIM적용을 위한 핵심성공요인 정의 -초고층 복합건축물 BIM도입 전략 정의
	초고층 복합건축물용 정보요구 정의서	100	▪ 국제 정보요구 정의 현황 조사분석 -국제 정보요구 정의 개발 및 적용현황 조사분석 -국내 정보요구 정의 방안 도출
	소프트웨어의 IFC/IFD BIM 지원을 위한 호환성 검증 및 개별 활용 가이드 개발	100	▪ 소프트웨어의 IFC/IFD BIM지원 현황파악 -국내 실무활용 BIM 소프트웨어 목록 파악 -국내 실무활용 소프트웨어별 IFC/IFD 지원 현황 파악 -실무활용을 위한 IFC/IFD 활용 요구분석
	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 일반기준서	100	▪ 개방형BIM표준 적용기준 운영관리 국내외 현황조사분석 ▪ 국내/국제 실무표준 현황 조사, 시사점 도출 ▪ 초고층 복합건축물 개방형 BIM적용 기준 요구분석 -초고층 복합건축물 개방형 BIM 적용 대상 업무 검토 -개방형 BIM 실무적용의 업무, 기술 및 관리 요구 정의 -개방형 BIM 실무적용 기준개발 방향 도출
	초고층 복합건축물용 개방형 BIM데이터 품질 관리 절차 및 기준	100	▪ 개방형 BIM데이터 품질 관리 기술 선진사례 조사분석 -개방형 BIM데이터 품질관리 소프트웨어 현황 조사 -개방형 BIM데이터 품질관리 적용 사례 조사분석 및 시사점 도출 ▪ 초고층 복합건축물 BIM 품질관리 대상, 범위 및 요건 검토 ▪ 품질관리 업무목표 정의 ▪ 물리적 품질관리 대상 범위 및 요건검토 ▪ 논리적 품질관리 대상 범위 및 요건검토

[2차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	비선형 해석 모델 개발	100	▪ 좌굴을 고려한 비선형 해석 모델 개발 ▪ 비선형 해석 모델 예제 건축물 적용
	초고층 구조물의 내진성능평가	100	▪ NDP방식의 Equivalent method 와 Coefficient Method에 의한 내진성능평가법 소개 및 평가
	비선형 초고층 구조상세 개발	100	▪ 비정형 튜브 구조요소 상세개발
	비정형 초고층의 시공 중 영향요소 분석	100	▪ 초고층 시공 중 안정성 영향요소 및 시공단계해석 /평가항목 분석
	비정형 초고층 시공단계해석 수행	100	▪ 범용구조해석프로그램을 이용한 비정형 초고층 시공단계 해석 수행
	비정형 초고층 시공단계해석 기법 개발	100	▪ 콘크리트 시간의존적 거동 특성에 따른 철근 콘크리트의 강성 및 강도 성능분석
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	파라메트릭 모델링 기술 개발	100	▪ 초고층건물 형상의 비정형화에 대한 경향 고찰 ▪ 파라메트릭 모델링 툴 분석 ▪ 파라메트릭 골조계획 지원모듈 개발
	구조시스템 대안 생성기법 개발	100	▪ 비정형 3D 건물의 파라메트릭 모델러(Rhino) 기반 구조모델 생성모듈 개발 ▪ 비정형 3D 건물의 구조모델 생성 UI 설계 ▪ 엔지니어의 요구를 반영하는 구조모델링 스펙 설계
	구조시스템 대안 평가기법 개발	100	▪ 구조시스템 대안의 성능평가 항목 도출 ▪ 기준별 평가결과 산정방법 검토 ▪ 기준의 가중치, 신뢰도 도출 ▪ 평가항목별 평가결과의 종합화 기법 연구
	대안 성능평가 모듈 원형 개발	100	▪ 대안성능평가 모듈 원형 설계 ▪ 대안성능평가 모듈 원형 구현
	핵심 인터페이스 모듈 개발	100	▪ IFC 및 활용방법 분석 ▪ SDP 자료모델 분석 ▪ SIM 초안 개발 ▪ SIM 용 프로그램 개발 ▪ SIM 검토 및 개선
	통합플랫폼 원형 구축	100	▪ 비정형 구조모델을 위한 통합플랫폼 원형 설계 ▪ 통합플랫폼 원형 개발 ▪ 통합플랫폼 원형을 적용한 비정형 구조모델 생성 및 적용성 분석
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	초고층 활용을 위한 개방형 BIM 적용시나리오 및 구성체계 개발	100	▪ 초고층 복합건축물 개방형 BIM 활용시나리오 개발

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	초고층 복합건축물용 정보요구 정의 및 MVD 기술	100	▪ 초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 객체 분류 매핑체계 및 기반환경 구축 ▪ 초고층 복합건축물용 정보요구 정의서 ▪ 초고층 복합건축물용 MVD 기술 정의서
	초고층 복합건축물 적용 IFD기반 객체 데이터 딕셔너리 표준기술	100	▪ 초고층 복합건축물용 IFD 기술 정의서
	IFC 적용을 위한 소프트웨어 표준체계 개발기술	100	▪ 소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 호환성 검증 및 개별 활용 가이드 개발 ▪ 소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 인터페이스 기술 기준 및 가이드개발
	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준 적용기준 및 운영관리기준 개발	100	▪ 초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준 적용 일반기준서 ▪ 초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준 적용 세부분야 기준서
	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 데이터 품질관리 기준 개발	100	▪ 초고층 복합건축물용 개방형 BIM데이터 품질 관리 절차 및 기준
	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 제작기술	100	▪ IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 표준기술규격 및 제작기준 ▪ 초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 DB구축

[3차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	비정형 초고층 구조시스템 프로토타입 개발	100	▪ 유형별 프로토타입 수치해석 ▪ 비정형 초고층 구조시스템 프로토타입 확장 수치해석 ▪ 비정형 초고층 구조계획 지침 개발
	비정형 내진설계기술개발	100	▪ 비정형 성능기반 내진설계 실무적용기술 ▪ 비정형 초고층 성능기반 내진평가 기술 개발
	비정형구조요소 성능평가	100	▪ 비정형 튜브 구조요소 설계 기술 ▪ 비정형 경사기둥 구조요소 성능평가 기술
	시공단계를고려한 구조시스템 설계기술	100	▪ 간략 시공단계해석기법 개발 ▪ 비정형 다이아그리드 프로토타입에 대한 시공단계 해석 및 시공 중 구조성능 평가 ▪ 시간의존적 거동을 고려한 RC부재 구조성능 실험 평가
	비정형 최적화 실용화 기술	100	▪ 다양한 모델의 적용에 의한 실용성 검증 ▪ 최적화 통합 모듈을 이용한 실제 프로젝트의 적용 ▪ 시간의존적 거동을 고려한 RC부재 구조성능 실험 평가
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	통합설계 전산플랫폼 개발	100	▪ 전산플랫폼 원형 기능 개선 ▪ 구조설계 규준별 부재 단면 설계 모듈(국제화) ▪ 상용 프로그램 통합 연동
	초고층 요소기술 통합 및 구조성능 평가기법 실용화	100	▪ 풍진동 제어기술 통합 ▪ CFD 해석을 통한 최대가속도 사용성 평가 ▪ 강도성능 및 횡강성성능 평가
	골조정보모델(SIM) 구축 및 전산플랫폼 탑재	100	▪ IFC 확장 골조정보모델 정의 ▪ 골조상세정보 지원 확장 IFC 구축 ▪ 전산플랫폼 내 통합 탑재
	5D 골조정보모델 구축 및 구현	100	▪ 5D 골조 정보모델 구축 ▪ RC 골조를 위한 Rebar Hub 구현 ▪ 골조 시공용 요소 모듈
	전산플랫폼 현업 적용	100	▪ 전산플랫폼 현업적용 및 기능 검증 ▪ 파일럿 프로젝트 결과 검증 ▪ 경제성 평가 기법
	사업화/ 국제화	100	▪ 사업화, 국제화, 해외시장 진출활동
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	100	▪ 초고층 BIM 표준적용을 위한 IDM, MVD 개발 ▪ 초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서 개발 ▪ 초고층 복합건축물 BIM 시공성 검토
	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	100	▪ 초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 개발 ▪ 초고층 BIM 피난 방재 시뮬레이션 모듈 개발 및 검증 ▪ 초고층 BIM설계 QTO 산출 모듈개발 및 검증
	초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발	100	▪ 초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발 ▪ BIM 표준 라이브러리 제작 기술개발
	초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발	100	▪ 초고층 BIM 라이브러리 구축 및 활용

[4차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	비정형 초고층 성능기반 내진설계 실무적용기술	100	▪ 비정형 초고층 성능기반 내진설계 프로세스 개발 ▪ 초고층 지진리스크 평가 기술 개발
	비정형 구조요소 설계기술	100	▪ 형상 최적형 구조요소의 내진상세 개발 ▪ 실무 적용을 위한 비정형 구조요소 평가 프로세스
	요소기술 실무적용 확대	100	▪ OO월드타워 구조건전성평가를 위한 비선형 지진해석 ▪ OO호텔 지진동 선,보정 및 내진성능평가 ▪ 용산 역세권 개발사업 - R2 Block(60층) 내진성능평가
	비정형 형상최적화 기술 상용화	100	▪ 비정형 최적 시스템의 선정지침 제공 ▪ 다양한 최적화 설계 예제 제공
	시공단계를 고려한 구조시스템 설계기술	100	▪ 시공 중 시공단계해석 및 구조성능평가 방안 제시 ▪ 비정형 프로토타입 모델에 대한 시공단계해석 및 시공 중 구조성능평가 적용 결과 분석 ▪ 시공 또는 입찰 진행 중인 프로젝트의 시공 중 구조거동 분석 ▪ RC 경사부재의 시간의존적 거동 실험 및 해석을 통한 시공 중 변형 간략평가법과 부재설계법 개발 ▪ 간략시공단계해석기법의 검증 및 사용자 매뉴얼 제작
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	전산플랫폼 기능 개선	100	▪ 효율 향상을 위한 멀티 프로세싱 환경 구축 -로컬 PC 멀티 솔버 프로세싱 시스템 개발 -분산 멀티 PC 멀티 솔버 시스템 개발 -Pilot 적용 - 대안생성 및 최적화 효율 수십배 향상 ▪ 요소기술 개선 보완 -국가별 설계기준에 의한 설계 모듈 -SIM 통합 및 상용 도구 연동 확대 -개방형 해석엔진 활용을 위한 IFC 구조정보모델 구축
	기술융복합	100	▪ 실무 엔지니어링 중심의 통합설계플랫폼 업데이트 - 설계규준에 의한 풍응답 평가모듈 - 신개념의 감쇠기설계 알고리즘 개발 - 목표 내풍성능을 만족하는 감쇠기 최적설계
	현업적용	100	▪ 파일럿 프로젝트 추진 -YIBD DD 단계 최적화 및 송도 MI 블록 V/E -건설사 해외 입찰 Pre-Engineering 참여 -해외 기술세미나 개최 및 Global Project 참여

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	100	▪ 초고층 BIM 표준적용을 위한 IDM, MVD 개발 ▪ 초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 ▪ 세부분야 기준서 개발 ▪ 초고층 복합건축물 BIM 시공성 검토
	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	100	▪ 초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 개발 ▪ 초고층 BIM 피난 방재 시뮬레이션 모듈 개발 및 검토 ▪ 초고층 BIM설계 QTO 산출 모듈개발 및 검증
	초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발	100	▪ 초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발 ▪ BIM 표준 라이브러리 제작 기술개발
	초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발	100	▪ 초고층 BIM 라이브러리 구축 및 활용

[5차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	실무 적용을 위한 비정형 구조요소 설계기술 관련 설계도구 개발	100	▪ 비정형 구조요소 성능평가 실무적용을 위한 프로세스 개선 ▪ BIM기반 비정형 구조시스템 접합부설계 매뉴얼 작성
	비정형 초고층 성능기반 내진설계기술 개발	100	▪ 비정형 초고층 내진성능평가 프로세스 실무적용 및 보완 ▪ 실무적용을 위한 비정형 초고층 내진설계 매뉴얼 작성
	통합플랫폼 실무 적용 및 문제점 개선	100	▪ 통합플랫폼 실무 적용을 위한 검증 및 개선안 제시 ▪ 통합플랫폼을 활용한 비정형 초고층 구조설계 매뉴얼 작성
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	전산플랫폼 기능개선	100	▪ 최적화 알고리즘 개선(효율 및 최적해 도출 확률 향상) ▪ BS 기준에 의한 부재고속설계 기능 ▪ Rebar Hub 물량산출 및 공정연계 기능 확대
	전산플랫폼 요소모듈 상품화	100	▪ 개발기술이 통합된 골조 BIM 도구 개발 (100% 해외의존 기술 국내 최초로 국산화) ▪ 최신 UI/UX 적용 ▪ 통신기술 융합 기술 개발
	현업적용	100	▪ UAE United Square 설계 및 V/E (파일럿 프로젝트) ▪ 해외 입찰 프로젝트 Pre-Engineering 참여 ▪ 기술 사업화 정착 및 세계적 회사 브랜드 창출
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	초고층 통합모델 기반의 BIM 표준규격 및 기준 보급	100	▪ 초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 분야 조사 및 분석 ▪ 초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 기준서 조사 및 분석
	초고층 개방형BIM모델 기반의 통합 평가활용 체계 보급	100	▪ 초고층 개방형 BIM모델 기반의 피난법규 및 QTO 통합 평가 시스템화 ▪ 초고층 개방형 BIM모델 기반의 피난법규 및 QTO 통합 평가 소프트웨어 보급
	초고층 BIM 라이브러리 보급체계 구축	100	▪ 초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발 ▪ 초고층 공동 BIM 라이브러리 보급 시스템 개발

[6차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	비정형 초고층 구조설계기술의 대중화	100%	▪ 실무엔지니어를 위한 교육프로그램 개발 ▪ 개발된 교육 프로그램 보급
	세계일류 브랜드 창출 및 사업화	100%	▪ 비정형 초고층 설계기술 정보 영문화
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	전산플랫폼 기능 향상	100%	▪ 도면 인식률 향상 ▪ 배근설계 자동화 알고리즘 개선 ▪ 철근배근시공도 자동 산출
	전산플랫폼 상품화	100%	▪ 차별화된 용역 성과로 관련 전산기술 브랜드 창출 ▪ 골조 관련 독보적 기능 제공으로 시장 지배력 확보 ▪ 골조특화 3D 도구 국내최초 개발, 해외시장 진출
	글로벌 프로젝트 수주역량 강화	100%	▪ 기술/임금/언어 장벽 극복한 글로벌 엔지니어링팀 구축 ▪ 회사/기술 브랜드 창출에 의한 글로벌 프로젝트 수주 ▪ 전문 건설사 협업, 해외시장 확대로 대규모 고용 창출

(나) 제3세부과제 : 구조성능개선 기술 개발

[1차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	제진장치-구조물 통합해석기술 개발	100	▪ 계측된 구조물의 응답 및 시스템에 대한 정보가 제한적인 경우의 제진장치의 성능을 극대화 할 수 있는 제어알고리즘 개발 ▪ 풍동실험결과를 기반으로 하여 포스코 송도사옥에 대한 구조해석 모델 구축 및 제안알고리즘 성능평가 수행 ▪ Matlab 기반 제진장치 해석용 SW개발
	제진장치 시제품	100	▪ 시제품 관련 본체 및 Active control system 기본도면 작성, Controller 내부의 PLC 모듈설계 및 관련계측기기 선정 (TE solution 공동)
최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	하이브리드 제진장치 기술조사	100	▪ 능동형 제진장치 내부 필요부품 산정
	제진장치 본체 기본설계	100	▪ 능동형 제진장치 기본설계도면 작성완료
	제진장치 Active Control System 기본설계	100	▪ 능동형 제진장치 기본설계도면 작성완료
초고층부 풍특성 실측 DB구축 및 풍동시뮬레이션 기술 개발	자연풍 실측 시스템 빌트업, 자연풍 기초 DB구축	100	▪ 자연풍 실측 시스템 빌트업 완료 ▪ 자연풍 실측 시작
풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	동특성 추정 프로그램 개발	100	▪ SSI 기법을 이용한 초고층 건물 동특성 추정 프로그램 개발 및 시공 중 건물 대상으로 성능 검증
	초고층 풍진동 모니터링 시스템 사양서 작성	100	▪ 풍진동 모니터링 시스템 설치 대상 선정 및 설치 상세 계획 수립
연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	초고층 접합부 데이터베이스 구축	100	▪ 국내외 비정형 구조물의 접합부 사례조사
	연쇄붕괴 위험부재 선정기법 개발	100	▪ 연쇄붕괴 위험도 평가를 위한 MATLAB 기반 프로그램 구성
연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	해석 프로그램 개발을 위한 자료 조사, 분석 및 데이터베이스화	100	▪ 연쇄붕괴 설계기준에 관한 조사, 분석 보고서'작성
	핵심인력의 교육 및 연구과제 홍보	100	▪ 회사 홈페이지에 해당 기술 관련 교육자료 게재
비정상하중 해석/설계 기술	폭발해석 데이타 베이스 구축	100	▪ 폭발관련 자료 분석 및 해석프로그램 선정
	폭발하중의 모델링 및 검증	100	▪ AUTODYN 프로그램을 이용해 폭발하중을 모델링하고, 실제 폭발실험 결과와 비교해 검증

[2차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
풍진동제어 기술 개발	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	100	▪ 구조물-제진장치 초기설계를 위한 교차스펙트럼밀도에 기초한 풍하중 시간이력 생성 SW 개발 ▪ 복합형 제진장치가 설치된 건물의 축소모델 생성 및 제어기 설계 SW 개발 ▪ 분산제어알고리즘 개발 및 풍하중을 받는 76층 벤치마크 구조물에 적용하여 성능 평가 및 제어효율 확인 ▪ 콘트롤러 알고리즘 내장화: 하이브리드 제진장치 시제품 제작 및 성능 Test ▪ 제진장치 등가 제어력 산정 입출력 모듈 개발 ▪ 제진장치 설치에 따른 응답평가 및 대안별 CO2 저감량 평가 모듈 개발 및 전산플랫폼을 이용한 대안평가수행 ▪ 구조해석 모델 및 풍하중 업데이트 모듈 개발
	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	100	▪ 2차년도 하드웨어적인 기술개발 완료. ▪ 내부 탑재 알고리즘 업데이트 및 PLC내 레더수정. ▪ 능동형 제진장치 설계도면 작성완료. ▪ 능등형 제진장치 시제품 제작 완료. ▪ 건물모형(고유진동수 0.86Hz) 상위에서 성능평가 테스트
	초고층부 풍특성 실측 DB구축 및 풍동시뮬레이션 기술 개발	100	▪ 자연풍 실측(지표면조도 D지역), 실측장소: 김제평원 일대 ▪ 자연풍 실측(지표면조도 A지역), 실측장소: 서울 잠실 롯데월드 ▪ 자연풍 특성 분석 데이터 베이스화 ▪ 자연풍 실측 DB 구축(1일간, 1주일간, 1개월간, 실측기간)
	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	100	▪ 포스코건설 송도사옥 준공에 따른 계측 데이터 장비 구축/점검 ▪ 기술연구소 PC를 통한 원격 데이터 분석 프로그램/장비 구축 ▪ 상시 진동을 이용한 동특성 추정 프로그램을 이용한 데이터 분석 ▪ 부산지역 고층 건물 풍진동 계측 및 동특성 분석
	초고층부 풍하중 예측기술 개발	100	▪ PIM 모형 3개, HFFB 모형 3개 제작완료 ▪ 실험조건수립 및 각 실험의 결과 도출 ▪ PIM과 HFFB간의 결과 비교
연쇄붕괴방지 기술 개발	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	100	▪ 연쇄붕괴 위험도 평가를 위한 자동화 프로그램 완성 ▪ 예제구조물을 통한 프로그램의 정확성 검증 ▪ 메가프레임 구조물의 안전성 평가 및 연쇄붕괴 보강설계 및 효과 검증 ▪ ROTOR형 비정형 구조물의 연쇄붕괴 성능평가
	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	100	▪ GSA의 선형해석절차 분석 ▪ 성능평가 자동화를 위한 Procedure 개발 및 검증 ▪ 성능평가 자동화를 위한 Procedure input & output 개발

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
	비정상하중 해석/설계 기술	100	▪ 폭발하중의 산정 ▪ 재료모델의 결정 ▪ 단면 형상에 따른 저항성능을 평가 ▪ RC조 기둥의 폭발저항성능 향상 모델 선정(강판 보강 기둥, CFT 기둥) ▪ 강관과 콘크리트 계면의 마찰력 정의 ▪ CFT 기둥의 폭발저항성능 평가
초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	초고층 건축물 테러예방 및 피해경감을 위한 계획설계지침 개발	100	▪ 해외 사례 분석 ▪ 테러예방을 위한 고려사항 및 설계요소의 항목 구성 ▪ 항목별 가이드라인 DB 구축 ▪ 전문가를 활용한 AHP 기법 도입 ▪ 설계항목의 가중치 형성 ▪ 테러예방을 위한 방어선 개념 정립 ▪ 방어선의 구성요소 및 고려사항 도출 ▪ 위험도 평가 및 설계를 위한 항목 체계화
	초고층 건축물 테러예방 및 피해경감을 위한 구조설계지침 개발	100	▪ 피해사례와 해외자료를 통해 파괴모드를 분석함 ▪ 폭발물 테러에 의한 구조부재별 피해양상과 파괴모드를 위한 고려사항을 체계화함 ▪ 충격파 형태의 폭발하중특성을 분석하여 충격량과 최대압력과의 관계 도출 ▪ 폭발하중 크기와 유형에 따른 방폭해석방법 구분 ▪ 손상도에 따른 방호수준을 정의하고 구조부재의 성능을 평가 ▪ 테러예방을 위한 고려사항 및 구조설계 요소 체계화 ▪ 대상건물 7동의 위험도 평가 ▪ 평가결과를 바탕으로 요소별 위험도 요인분석

[3차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
풍진동제어 기술 개발	풍진동제어 전산플랫폼 융복합	100	▪ 제진장치 구조물 통합설계 모듈 ▪ 풍하중 입력모듈 개발 (1차모듈) ▪ 풍진동계측자료를 활용한 구조해석 모델 업데이트 모듈 (1차모듈)
	하이브리드 제진장치 TB 적용	100	▪ 테크노마트 Pilot test 진동특성 평가 및 풍동 실험 ▪ 테크노마트 Pilot test 하이브리드 제진장치 설계
	아웃리거/ 에너지자가생산형 등 다양한 형태의 제진장치 설계 및 평가기술 개발	100	▪ 아웃리거 댐퍼시스템 축소모델 및 최적설계 ▪ 아웃리거 댐퍼 실물크기 모델적용 ▪ 에너지 자가생산형 댐퍼개념 도출
	초고층부 풍특성 실측 DB구축 및 풍동시뮬레이션 기술 개발	100	▪ 자연풍 실측 및 특성분석 ▪ 자연풍 DB구축
	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	100	▪ GPS를 이용한 변위 계측 시스템 구축 ▪ 국내 초고층 건물 풍진동 계측 및 동특성 분석 ▪ 포스코건설 송도사옥 풍진동 모니터링
연쇄붕괴 방지기술 개발	초고층건물 연쇄붕괴 거동평가	100	▪ 경사진 건물의 연쇄붕괴 거동평가 ▪ 다이어그리드 실구조물 적용
	연쇄붕괴 최적설계기법 개발	100	▪ 연쇄붕괴 최적설계기법 개발 ▪ 연쇄붕괴 방지 설계 자동화기법 개발 ▪ 해석모델 적용을 통한 검증
	비선형 해석 프로그램 개발	100	▪ 비선행 해석 프로그램 개발
	폭발 하중에 대한 수직 부재의 평가 및 성능 향상	100	▪ 철근콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가방법 제시 ▪ CFT 기둥의 폭발해석으로 저항성능 파악 및 향상 방안 검토
	전산 유체해석을 통한 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가	100	▪ 중·대규모 건물의 연쇄붕괴 시뮬레이션을 위한 철근콘크리트 폭발해석을 위한 재료모델링
초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술개발	위험도 평가모델 개발	100	▪ 수리적 방법론에 기반 한 정량적 가중치 설정 방안을 개발 ▪ 평가항목 간 상호보완효과를 고려한 함수식 설정을 통한 평가모델 개발 ▪ 초고층 건축물 테러 위험도 평가를 위한 가이드라인 형성
	계획설계 지침 개발	100	▪ 계획설계요소 체계화 및 가이드라인 개발 ▪ 고위험 건축물의 보안시스템 운영방안 제시
	구조설계 지침 개발	100	▪ 구조부재 연성확보 방안 ▪ 폭발응답 구조해석기술 개발 ▪ 구조설계 가이드라인 개발

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
초고층건축 법/제도 및 지원정책	초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련	100	▪ 초고층건축물에 관한 특별법(안) 및 정책(안) 초안 제시 ▪ 초고층건축 관련 법/제도 조사 및 분석
	초고층건축 성능평가 기반 마련	100	▪ 영국의 성능평가 관련 승인문서 분석 ▪ 초고층건축 성능평가 기본 방안 마련 및 전략적 가이드라인 제시 ▪ 녹색성능 관련 국내외 제도의 평가요소별 평가기준 비교/검토 ▪ 녹색성능 평가요소별 초고층건축물 적용 가능성 검토
	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축	100	▪ 시카고와 뉴욕의 고층건축 관련 법/제도 및 인허가 과정 분석 ▪ 초고층건축물의 인허가 개선 기본 방안 제시 ▪ 사업단계별 초고층 사업단/연구단의 연구성과 및 핵심개발 기술 적용 가이드북 Framework 제시
녹색수직도시 공간 계획 기술 개발	초고층 입지적정성 평가기술	100	▪ 수직도시 DB 구축 및 운영 ▪ 도시규모 입지지표 개발 및 분석 및 입지적정성 평가 S/W 개발
	주차정보제공 시스템 알고리즘 개발	100	▪ 주차정보제공 기초시스템 영향요인 도출 ▪ 무선식 루프검지기 전력소비량 효과분석 시행
	초고층 수직동선 계획 및 평가기술	100	▪ 소프트웨어 알고리즘(실행 프로세스) 개발 ▪ 층수별 최적 수직조닝 도출 방안 마련
	MASS/FACADE 디자인 효용성 평가기술	100	▪ 3차원 표면적 분석 ▪ 2차원 공간 효용성 분석 ▪ 초고층 파사드 구성요소 분석 및 파사드 구성요소 평가지표 개발
	주거공간 쾌적성 평가기술	100	▪ 초고층 주거공간 평가 알고리즘 개발 ▪ 초고층 주거공간 쾌적성 지표 검증 ▪ LQI(Living Quality indicator) 소프트웨어 개발
녹색융복합 기술 개발	외피시스템 융복합 기술 도출	100	▪ 국내외 비정형 외피시스템 동향 및 기술 분석 보고서 작성 ▪ 성능평가 수치해석 후, 개선방안 도출
	초고층 건물 에너지 최적화 시스템 개발	100	▪ 건물 정보 데이터 호환 기술 개발(건물 형태 자동 생성 기술과의 연동) ▪ 초고층 건물 에너지 성능 분석 인터페이스 개발

[4차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
풍진동제어 기술 개발	수직-수평제어용 제진장치(50ton급) Pilot Test 테크노마트21(39층) 적용	70	▪ 수직방향 TMD 설계완료(수직이동 유효질량, 스프링 강성, 감쇠, 스트로크 등) 및 실시설계도면 제작 ▪ 수평방향 AMD 설계완료(모터용량산정, 스트로크, 수평이동 유효질량 등) 및 실시설계도면 제작 ▪ 50ton급 수직-수평제어용 제진장치 제작 ▪ 제진장치 시공(임시가설 크레인을 이용한 인양계획, 부품조립계획, 설치층 바닥판 방수공사, 배관공사 등) ▪ 제진장치 및 구조물 모니터링 시스템 구축
	NEATT(68층) Pilot Test 적용	0	▪ NEATT 사업 진행 없음.
	제진장치-구조물 통합해석 모듈 개발	100	▪ 예비설계모듈 개발 : 동적해석없이 모드질량 등 간단한 정보만으로 제진장치설치에 따른 효과를 평가하여 전산플랫폼의 수많은 대안생성을 지원하는 모듈 ▪ 상세설계모듈 개발 : 동적해석을 통해 실제 설치에 따른 구조해석 및 부재 설계 모듈
	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 및 DB 구축	100	▪ 원격 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용 및 데이터 분석을 통한 동특성 DB 구축 ▪ 풍진동 실계측 DB 구축 및 감쇠비 계측값과 국외 감쇠비 제안식 비교
	PIM유효성평가 완료 및 풍하중 입력모듈	100	▪ 풍압적분법의 유효성 검증 ▪ 층별풍력의 상관성 검토
연쇄붕괴 방지기술 개발	상부구조의 낙하에 의한 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 해석방법 개발	100	▪ 상부구조 낙하를 고려한 탄성해석/설계방법 개발
	비정형 건물의 거동평가	100	▪ 비틀린 초고층건물의 설계 ▪ 비틀린 36층 다이어그리드 건물의 연쇄붕괴 거동평가
	강판을 이용한 모멘트골조의 보강기술	100	▪ 강판벽의 연쇄붕괴 저항성능 평가 ▪ 연쇄붕괴 방지를 위한 보강용 강판 설계방법 개발
	연쇄붕괴 설계용 비선형 해석 프로그램 개발	100	▪ 비선형 해석 프로그램 개발 및 SW등록 ▪ MIDAS Gen 프로그램에 비선형 해석 수행 가능
	연쇄붕괴를 위한 통합설계 시스템 구축 및 P/T 적용	100	▪ 대상 구조물에 선형, 비선형 정적 해석 적용 ▪ MIDAS Gen 프로그램을 통해 각 해석 방법 수행 ▪ 선형, 비선형 정적 해석을 통해 대상 구조물의 연쇄붕괴에 관한 안전성 판단

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
	철근콘크리트 건물의 폭파 해석을 위한 간략 모델링 방법	100	▪ 철근과 콘크리트의 재료 물성치를 하나로 보고 그 값을 정립하여 해석 속도를 향상
	전산해석을 이용한 폭발하중에 따른 철근콘크리트 골조의 연쇄붕괴 해석 기법	100	▪ RC골조건물을 모델링하고 전산 유체해석을 하여 연쇄붕괴를 시뮬레이션 및 해석
초고층건축 법/제도 및 지원 정책	초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련	136	▪ 초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법 및 시행령(안) 제시 ▪ 초고층건축물에 관한 정책(안) 13건 제안
	초고층건축 성능평가 기반 마련	250	▪ 초고층건축 친환경 성능평가방안 제시 ▪ 초고층건축 피난·방재 성능평가방안 제시 ▪ 초고층건축 시공·재료 성능평가방안 제시 ▪ 초고층건축 구조 성능평가방안 제시 ▪ 초고층건축 유지관리 성능평가방안 제시
	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선	100	▪ 초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축 ▪ 사업단계별 초고층 연구성과 및 핵심개발기술 적용 가이드북 Framework 제시 및 성과자료 1차 수집
녹색수직 도시공간 계획기술 개발	초고층 건축물 입지적정성 평가 SW 및 주차정보 제공시스템 알고리즘 개발	100	▪ 초고층 입지적정성 평가 SW 개발 ▪ 주차정보제공시스템 알고리즘 개발
	초고층 계획단계 수직동선 평가 SW 개발	100	▪ 초고층 건물 수직동선 계획 및 평가 SW 개발
	초고층 Mass/Facade 디자인 평가 SW 개발	100	▪ 도형객체를 이용한 대상공간의 효용성 분석 프로그램
	초고층 주거공간 쾌적성 평가 SW 개발	100	▪ 초고층 주거복합건물 주거공간 쾌적성 평가 방법 및 SW 개발

[5차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
풍진동제어 기술 개발	Pilot Test (테크노마트)	100	▪ 제진장치 설치 및 현장 튜닝 ▪ 제진장치 운영 및 원격 모니터링 ▪ Pilot Test 적용 결과 성능보고서(국문/영문) 작성
	Pilot Test (인천청라시티타워 또는 인천공항 3단계 관제탑)	60	▪ 제진장치 콘트롤러 설계 ▪ 구조물-제진장치 해석
	제진장치-구조물 통합해석 모듈 개발	100	▪ 구조설계 전산플랫폼 기반 풍진동제어 해석기술 모듈화 ▪ C02 절감효과 평가모듈 전산플랫폼 탑재
	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 및 DB 구축	100	▪ 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용을 통한 초고층 건물 거동 분석 ▪ 건전도 평가 알고리즘 개발 및 현장 적용
	초고층부 풍하중 모듈화	100	▪ 동적축약법을 적용한 건축물의 다절점해석 ▪ 건축물의 형상에 따른 다절점 변위응답 특성연구
연쇄붕괴 방지기술 개발	차량충격을 고려한 연쇄붕괴 해석	80	▪ 차량충격에 대한 건물의 연쇄붕괴 유한요소 해석기법 개발 ▪ 충격하중 단순화모델 개발 ▪ 등가정적 충격하중을 이용한 선형/정적 연쇄붕괴해석방법 개발
	개발된 MIDAS 연쇄붕괴 해석 프로그램을 이용한 해석, 검증 및 보완	80	▪ 개발된 MIDAS 연쇄붕괴 해석 프로그램의 검증 및 적용 ▪ 개발된 선형 및 비선형 프로그램의 개선점 도출 및 보완
	초고층 건물의 연쇄붕괴해석 가이드라인 작성	80	▪ 초고층 건물의 연쇄붕괴 해석 가이드라인 작성
	연쇄붕괴 해석 프로그램 사업화	80	▪ 비선형 동적 해석 기법 개발 ▪ 부재 자동화 설계(예정)
	테스트베드 적용	80	▪ 테스트베드 적용 건물(50층 이상) 선정 ▪ 선형해석 프로그램을 이용한 실제 건축물 시뮬레이션 실시
	폭발, 충돌 하중의 효과를 저감시킬 수 있는 설계방법 제시	80	▪ 초고층 빌딩에서의 구조물 붕괴 시뮬레이션 ▪ AUTODYN과 ELS(발파해체 프로그램)을 병용하여 구조시스템에 따른 구조 부재 소실 후의 구조물 전체 붕괴 시뮬레이션 및 성능평가

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
초고층건축 법/제도 및 지원 정책	초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법(안) 마련	100	▪ 초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법 및 시행령(안) 검증/보완과 관련 규칙(안) 제시
	초고층건축 설계 및 기술의 성능평가방안 적용을 위한 제도/정책 제안	100	▪ 초고층건축 성능평가방안 검증/보완과 성능평가방안 적용을 위한 제도/정책 제안
	초고층건축 인허가 모델 적용을 위한 제도/정책 제안	100	▪ 초고층건축 인허가 모델 검증/보완과 인허가 모델 적용을 위한 제도/정책 제안 ▪ 사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심개발기술 적용 가이드북 구축
녹색수직 도시공간 계획기술 개발	초고층 입지적정성 평가기술 개발	80	▪ 초고층 건축물 입지 평가 SW 현장적용
	초고층 수직동선 계획 및 평가기술	80	▪ 초고층 복합용도시설 수직동선 계획 및 평가 SW 현장적용
	초고층 Mass/Facade 디자인평가기술	80	▪ 초고층 Mass/Facade 디자인 효용성 평가 SW 현장적용
	초고층 주거공간 쾌적성 평가 기술	80	▪ 초고층 주거쾌적성 지표(LQI) 및 평가 SW 현장적용 검토

[6차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
풍진동제어 기술 개발	풍진동 제어기술 및 Pilot Test (인천공항 3단계 관제탑)	100	▪ 풍하중 추정기술 성능보고서 ▪ 제진장치 설계 프로세스 구축 및 매뉴얼 작성 ▪ 제진장치 본체 실시설계 및 제작 ▪ 5층 테스트 타워를 이용한 알고리즘 검증 ▪ 구조물-제진장치 해석 ▪ 제어부, 구동부, 전력부 설계 및 제작 ▪ 공장성능시험 ▪ 현장설치(현장상황에 따라 변경 가능)
	제진장치-구조물 통합해석 모듈	100	▪ Mega Brace형 감쇠장치 상세설계(청라시티타워) ▪ 최상층 설치형 감쇠장치 상세설계(청라시티타워) ▪ 풍압입력 모듈 개발 ▪ 상세설계 결과 보고서 작성
	풍진동 모니터링 시스템 적용 및 건전성 평가	100	▪ 풍진동 계측 및 건전도 평가 보고서 ▪ 풍진동 모니터링 매뉴얼 작성

(다) 제4세부과제 : 초고층빌딩 유지관리 기술 개발

[2차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어시스템 개발	초고층빌딩 전력망 시스템 연동 조명 기술 적용 방향 도출	100	▪ 초고층빌딩 전력망 시스템 연동 조명기술 적용요소 분석 ▪ 초고층빌딩 전력망 시스템 연동 조명 기능 정의
초고층 빌딩 전력망 시스템 지원을 위한 건물정보데이터연동 기술 개발	초고층 빌딩 전력망 시스템 건물정보데이터 기술 적용 방향도출	100	▪ 초고층 전력망 시스템 건물정보데이터 객체요소 검토 -건물 및 전력설비 구성 요소 검토 ▪ 초고층 전력망 시스템 건물정보데이터 기능 정의 -초고층빌딩 전력망시스템 건물정보데이터 기능 분류 및 범위정의
초고층 빌딩 B2G 플랫폼 개발	전력망 연동을 위한 데이터 모델 개발	100	▪ 전력망 연동을 위한 데이터 모델 개발 -전력망 연동을 위한 데이터 흐름 분석
초고층 빌딩 전력자원 분석 및 관리 소프트웨어 개발	전력자원 분석 및 관리시스템 개념 정립	100	▪ 국내외 관련 SW 조사 분석 ▪ 요구사항 분석 및 정의
초고층 복합빌딩 FMS 모델 구축	초고층 시설물 유지관리 현황/선진사례 조사분석	100	▪ 일반 건물의 건물개요 및 관리운영체계 조사 ▪ 일반 건물의 시설물 관리 현황조사 ▪ 초고층 건물의 건물개요 및 관리운영체계 조사
	초고층 FM(시설관리) 업무 프로세스 분석	100	▪ 일반건물의 업무프로세스 조사 및 분석 ▪ 초고층 건축물의 업무프로세스 조사
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발	시스템 아키텍처 설계	100	▪ 초고층 FMS 솔루션 선진 기술 분석 -논문, 보고서, 정기 간행물을 통한 국내·외 문헌 조사 -국내외 초고층 유지관리 현황 및 선진 사례조사 -FMS 기능 도출 및 차별화 방안 검토 ▪ 초고층 FMS 솔루션 기능 도출 -유즈케이스 도출/시스템 도메인 설정/UI/메타 DB 설계 ▪ 초고층 FMS 솔루션 아키텍처 설계 -시설물 관리시스템연계 인터페이스 분석 설계 -이식성 및 호환성을 고려
건물정보데이터기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	유지관리 건물정보데이터 모델 현황조사 및 방안도출	100	▪ 초고층 복합빌딩 적용을 위한 유지관리 건물정보데이터 현황 및 선진 사례조사 및 분석 ▪ 유지관리 건물정보데이터 활용 시나리오 도출 ▪ 유지관리 모델 현황 조사 및 분석 -해외 유지관리 건물정보데이터 모델 개발현황 및 적용현황
센서 및 센서 노드관리 시스템 / 센서 초고층 복합빌딩 유무선 통합형 센서 네트워크 기술개발	무선통신체계 현장시험 통신 신뢰도 검증 분석과 프로토타입 무선통신체계 모형 구축	100	▪ 주파수(2.4G대역) 간섭테스트 및 데이터 신뢰성 테스트 -ZigBee Outdoor 연동시험 및 Indoor 통신신뢰성 시험 ▪ 2차년도 파일럿 테스트에 데모시스템 설치 -센서선정/현장설치 및 시험결과 분석

[3차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	초고층빌딩 B2G 플랫폼 개발	100	▪ 플랫폼 아키텍처 설계 ▪ 플랫폼 아키텍처 구현
	초고층빌딩 전력자원 통합분석/관리시스템 개발	100	▪ 전력자원 정보취득 모듈 구성 ▪ 전력자원 정보취득 모듈 구현
	초고층빌딩 e-App Portal 개발	100	▪ 사용자 인터페이스 설계 ▪ 사용자 화면 구성
초고층 빌딩용 전력설비 및 시스템 통합기술 개발	초고층 조명시스템·전력망 모니터링용 건물정보데이터 객체 분류 표준개발	100	▪ 초고층 조명시스템·전력계통 설비구성요소 분석 ▪ 건물정보데이터 모델링을 위한 표준 객체 목록 정의 ▪ 건물정보데이터 모델링을 위한 표준 객체 속성 정의
	초고층 조명시스템·전력망 모니터링용 시범 규격 개발	100	▪ 시범 건물정보데이터 라이브러리 제작기준 정의 ▪ 조명시스템·전력망의 모델링 기준 개발
	적용 기술 요소 및 안전설계 Spec분석/설계 Guide 반영	100	▪ Converter 설계 지침서 작성 ▪ 회로 정수 산출
	관련 표준 및 제어 Interface 분석 및 정의	100	▪ Zigbee 무선 Network 제어 표준 분석 ▪ 조도 센서 연동 조명 System 제어 ▪ 유/무선 통합 제어 Interface 정의
	LED조명 구동 Topology분석	100	▪ AC/DC, DC/DC 구동 Topology 분석
	고효율 면광원 조명 Prototype 제작 및 평가	100	▪ Mock-up 제품 제작 및 평가
지능형 유지관리 기술	초고층 FMS 표준 기능 선정 및 모델 개발	100	▪ 국내외 FMS 시스템 사례조사 (해외 전문기업-CBRE 컨설팅 제휴) ▪ 국내 FMS 시스템 기능체계 분석 ▪ 초고층 특성반영 FMS 표준기능 도출
	초고층 FMS 표준 업무 프로세스 정의	100	▪ 초고층/일반 건축물 공통 업무프로세스 도출 ▪ 초고층 표준 업무 프로세스 정의
	FMS 표준 기능 모델 검토 및 파일럿 기능 선별	100	▪ 초고층 FMS 표준 기능 분석 ▪ 초고층 FMS 파일럿 기능 도출
	초고층 통합 FMS 기본기능 구현	100	▪ 기존 FMS 기능을 초고층 기능으로 고도화 및 구현 -시설물유지관리 -시설물현황관리 -관리통계정보 ▪ 초고층 특화 기능 구현 -분산 통합형 FMS 기능

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
지능형 유지관리 기술	연계기술 분석 및 연계방안 연구	100	▪ USN 미들웨어 기반 데이터 연동 API 라이브러리 분석 ▪ 표준 인터페이스 설계 및 API 표준화
	파일럿 테스트 적용 파일럿 시스템 개발	100	▪ 센서노드를 연계 활용한 통합 FMS 파일럿 시스템 구축 ▪ 테스트베드 건물정보데이터 데이터를 활용한 3차원 시설관리 적용
	초고층빌딩 건물정보데이터기반 유지관리시스템의 방재분야 운영 및 유지관리체계 연구	100	▪ 초고층 유지관리시스템 기능 고찰 -건물정보데이터기반 유지관리시스템의 운영 체계 도출
	방범/방재분야 건물정보데이터속성도출을 위한 유지관리 프로세스 정의 및 속성도출	100	▪ 유지관리(방범/방재) 항목 대상 선정 ▪ 방범/방재 건물정보데이터 정보속성도출을 위한 개발방법 고찰 ▪ 유지관리 정보교환 프로세스 정립 ▪ 방범/방재분야 건물정보데이터속성도출 ▪ 건물정보데이터활용을 위한 건물정보데이터모델 개발
초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	초고층 복합건물에 적합한 센서 적용기술	100	▪ 초고층 복합 센서 설치 환경 분석 ▪ 국가 주요시설물 안전관리 적용 센서 활용 연구 ▪ 특성별 적합한 센서기술 적용 연구
	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발 I	100	▪ 외부환경 센서 인터페이스 연구 (기상/대기환경 센서) ▪ 내부환경 센서 인터페이스 (실내 공기질 센서, 산소, CO2,) ▪ 실내 환경 복합 I/F 구현 및 Calibration ▪ 범용 복합 센서 I/F 구현 및 Calibration ▪ 범용 센서 I/F 적용한 기본 USN 설계
	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 설계	100	▪ ARM 기반의 통합 게이트웨이 설계 ▪ 멀티 네트워크 I/F 기술 개발 ▪ 시제품 제작 및 기본 동작 테스트

[4차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	초고층빌딩 B2G 플랫폼 개발	100	▪ 상위시스템 연동모듈 ▪ 하위시스템 연동모듈
	초고층빌딩 전력자원 통합분석/관리시스템 개발	100	▪ 수요자원관리모듈 ▪ 최적운영계획모듈
	초고층빌딩 e-App Portal 개발	100	▪ e-App Portal 분석/설계
초고층 빌딩용 전력설비 및 시스템 통합기술 개발	고효율 면광원 조명 설계 요소 기술 개발	100	▪ 고효율 광학 및 방열 설계 ▪ 제품 설계 기준서 제작 ▪ 조명 구동회로 및 LED Array 설계 ▪ 기존조명 vs LED 면조명의 조명 설계 분석
	전력망 연계 고효율 면광원 시작품 개발	100	▪ 조명 구동 회로 및 LED Array 설계 ▪ Mock-Up 제품 제작 및 평가
	초고층 빌딩용 전력망 연계면광원 파일럿 테스트	100	▪ 파일럿 테스트
	초고층 빌딩용 LED 면광원 요구조건 도출을 위한 문헌 연구 (숭실대)	100	▪ 용역 보고서
지능형 유지관리 기술	초고층 통합 FMS 시스템 연동 개발	100	▪ 통합 FMS, IBS 및 센서 네트워크 연결 ▪ 각 시스템을 실시간 상호 연동하기 위한 휴리스틱 룰셋 적용 ▪ 타 시스템 연동 API 적용
	BEMS 기능 개발	100	▪ 초고층 복합 건물 에너지 관리 ▪ 에너지 상황 패턴 인식 엔진 설계 및 개발 ▪ 에너지 효율 분석 기능 설계 개발
	타 시스템 연동 라이브러리 설계	100	▪ 입출력 데이터 분석 ▪ 데이터 표현 관련 국제표준 반영 ▪ FMS 등의 정보시스템이 사용할 수 있는 고수준의 API 구현
	기계설비분야 유지관리 정보모델링 지침 개발	100	▪ 기계설비분야 유지관리 대상 선정 ▪ 기계설비분야 정보요구정의를 통한 속성도출 ▪ 설계/시공 정보 연계방안 도출 ▪ 유지관리 속성정보를 반영한 기계설비 라이브러리 제작 ▪ 기계설비분야 유지관리 건물정보데이터 모델링 지침 작성
	초고층 FMS 에너지절감 운영 프로세스 분석 및 정립	100	▪ 초고층 복합 건물 에너지 관리 BEMS 운영사례 조사 및 분석 ▪ BEMS 운영 개선사례 정립(기기별, 분야별) ▪ FMS 에너지관리 운영 가이드라인 정립

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
지능형 유지관리 기술	사례 조사 분석을 위한 기술DB 구축	100	▪ 건물Data,사례조사 분석 및 운영기술 DB 구축 ▪ FMS 시설물 분류체계 구축 ▪ FMS 표준업무체계 구축
	통합 FMS 운영 시나리오	100	▪ 초고층 FMS 운영 및 서비스 사례를 바탕으로 초고층건물 운영 시나리오 설계 ▪ FMS/IBS 시스템 연계 가이드라인 정립 ▪ FMS/방재관리 연계운영 가이드라인정립
초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 개발	100	▪ 프로토콜 통합 처리 모듈 개발 ▪ 센서 네트워크 관리 모듈 개발 ▪ 데이터 포워딩 모듈 개발
	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 및 게이트웨이 고도화	100	▪ 다수 센서 네트워크 구성 기술 ▪ 대용량 싱크노드 기술 ▪ 센서 I/F 구현 및 Calibration ▪ 실내 화재 안전 센서(연기, 열, 불꽃) ▪ 가스 안전 센서(LPG, LNG) ▪ 시설물 제어 감시 센서
	시범지구 적용 및 Pilot Test 시험 I	100	▪ 시범지구 선정 연구 ▪ 시점지구에서의 통합 게이트웨이 시스템 검증

[5차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	전력망 연동 B2G 플랫폼 적용	90	▪ B2G 플랫폼 기능 시험
	초고층빌딩을 위한 초박형 스마트 LED 면등 개발	80	▪ 타일식 초박형 LED 면등과 이를 이용해 다양한 서비스 애플리케이션 기능을 수행하는 스마트조명서비스 시스템을 개발 ▪ 헤더부분 기술개발: 전원모듈, 네트워크모듈, 제어모듈, 연결부 ▪ 광체부분 기술개발: 전원모듈, 네트워크모듈, 제어모듈, 광원모듈, 연결부 ▪ 초고층빌딩의 LED 조명을 위한 무연결 전원공급 기술 개발 ▪ 스마트조명제어시스템 기술개발: 스마트 플랫폼과 단말 게이트웨이
초고층 복합빌딩 FMS 모델 구축	전기·정보통신분야 건물정보데이터기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발	100	▪ 전기·정보통신분야 유지관리 대상 선정 ▪ 전기·정보통신분야 유지관리 속성 도출 ▪ 유지관리 정보와 설계·시공 정보 연계방안 도출 ▪ 유지관리 속성을 반영한 전기·정보통신분야 초고층 건물정보데이터 모델 제작 ▪ 전기·정보통신분야 건물정보데이터기반 유지관리 정보 모델링 지침 작성
	초고층 FMS 서비스 모델 적용 및 보완	90	▪ 연구 개발된 초고층 FMS 서비스 모델을 적용한 통합 FMS 시스템 검증 Feedback, 보완 및 안정화
센서 및 센서노드관리 시스템	타 시스템 연동 라이브러리 구현	90	▪ 시스템과 USN 미들웨어 간 연동 라이브러리 개발 ▪ 다양한 플랫폼 지원 및 라이브러리 안정화
	u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 신뢰성 기술 개발	90	▪ 시스템의 신뢰성 테스트 수행 ▪ 모듈별 신뢰성 검증 수행
	u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 산업용 패키징 기술 개발 및 실용화	90	▪ 초고층 복합건물 모니터링 센서별 패키징 기술 연구 ▪ 초고층 복합건물 환경을 고려한 센서 배치 및 고도화 기법에 대한 연구 개발 ▪ 방수 및 방진, 온도, 충격등 신뢰성 시험 ▪ 센서 정보 공유를 위한 디스플레이 기술 개발
	시범지구 적용 및 Pilot Test시험	90	▪ 2차 시험건물 선정 ▪ 초고층 복합건물의 센서 정보 수집 검증

[6차년도]

구 분	목 표	달성도 (%)	내 용
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	초고층빌딩을 위한 초박형 스마트 LED 면등 개발	100	▪ COB 효율 개선 ▪ 면광원 패턴 플레이트 최적화
	스마트 LED 면등 조명 제어 시스템 개발	100	▪ Mobile 제어 시스템 서버 개발 ▪ iOS향 Mobile Client 시스템 개발
	LED 면광원 사우디 현지화 국제 협력	100	▪ Bezel-less type 초박형 LED 면광원 개발 ▪ Bezel-less type 초박형 LED 면광원 제어 시스템 제작
센서 및 센서 노드 관리 시스템	센서 노드 패키징	100	▪ 초고층 복합건물 모니터링 복합 센서 회로 설계 및 시제품 제작 ▪ 초고층 복합건물 모니터링 복합 센서 피키징 기술 연구 ▪ 초고층 복합건물 모니터링 복합 센서 시제품 제작
	초고층 게이트웨이 패키징 기술	100	▪ 초고층 복합건물 통합 게이트웨이 방폭 패키징 기술 연구 ▪ 방폭 신뢰성 시험 및 인증 ▪ EMI 신뢰성 시험 및 인증
	초고층 복합건물 Test Model 사이트 구축	100	▪ 시범지구 선정 연구 ▪ 시GSBC 광교홀 / 경기홀 테스트베드 설치 시스템 검증
초고층 복합빌딩 분산 및 통합 관리 솔루션	초고층 통합FMS 운영 적용	90	▪ 통합연동 시나리오에 따른 현장 시험 적용
	초고층 통합 FMS 솔루션 개선사항 분석 및 반영	100	▪ 테스트베드 현장 적용 성과 분석 및 개선사항 도출 및 보완 적용
	초고층 통합 FMS 테스트베드 적용	90	▪ 해외 초고층 복합건물 테스트 베드 적용 (인도네시아 인티랜드 타워)
건물 정보 data 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발	건물정보 data기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	100	▪ 초고층 건축공간 유지관리 대상 선정 ▪ 초고층 건축공간 유지관리 속성 도출 ▪ 초고층 건축공간 data기반 유지관리 정보 모델링 지침 작성 ▪ 유지관리 속성을 반영한 초고층 건축공간 BIM 모델 제작

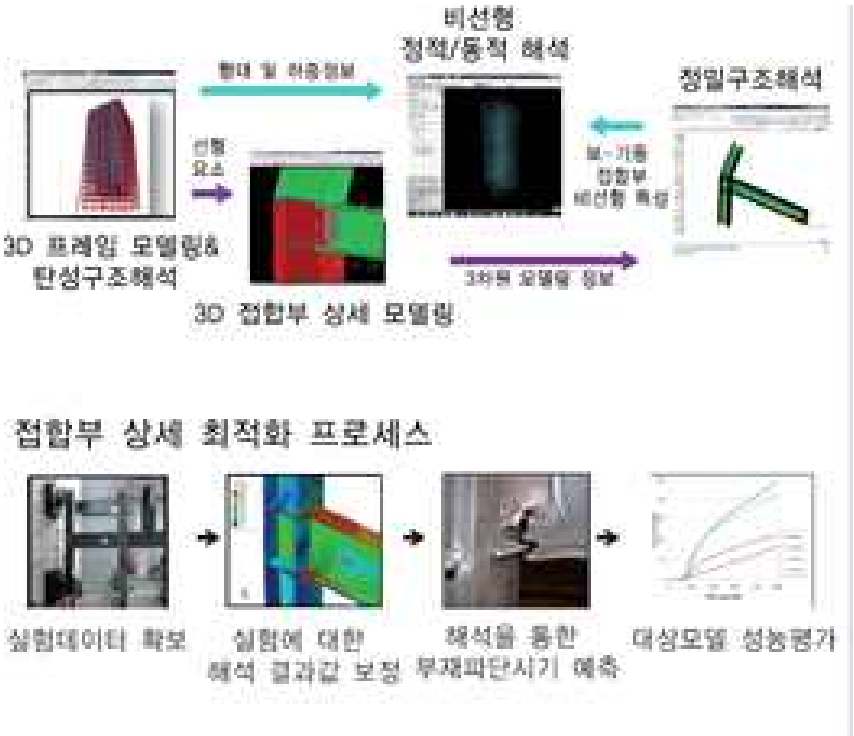
가. 제 2 절 연구개발의 정의, 범위, 특징

1. 연구개발기술의 정의

가. 제1세부

(1) 비정형 초고층 구조요소 설계최적화 프로세스 개발

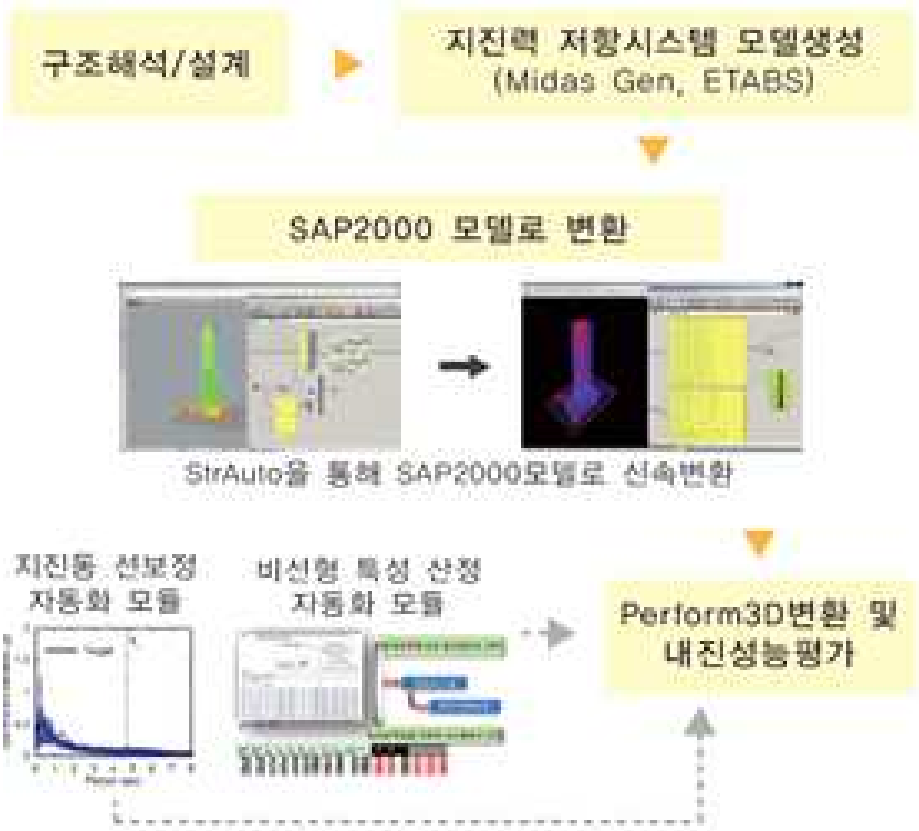
적용기술명	비정형 구조요소 성능평가 모델링 자동화 프로세스		
개발기간	2012.12 ~ 2014.06	기술의 개발단계	실시설계
개발기술 특징	▪ 구조설계용 탄성해석 모델에서 접합부 설계 및 성능평가 모델로 변환 ▪ 복잡한 초고층 구조요소에 대한 성능평가를 자동화함으로써 기존대비 모델링 소요시간을 크게 단축할 수 있음 ▪ 다수의 구조요소 접합부 대안에 대한 신속한 평가를 통해 최적 상세 제시가능		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 아웃리거 최적접합부 상세 설계수행 ▪ 설계 실무팀과의 협의를 통하여 보다 개선된 상세를 개발		



[접합부 성능평가 모델링 자동화 프로세스]

(2) 비정형 초고층 성능기반 내진설계 프로세스 개발

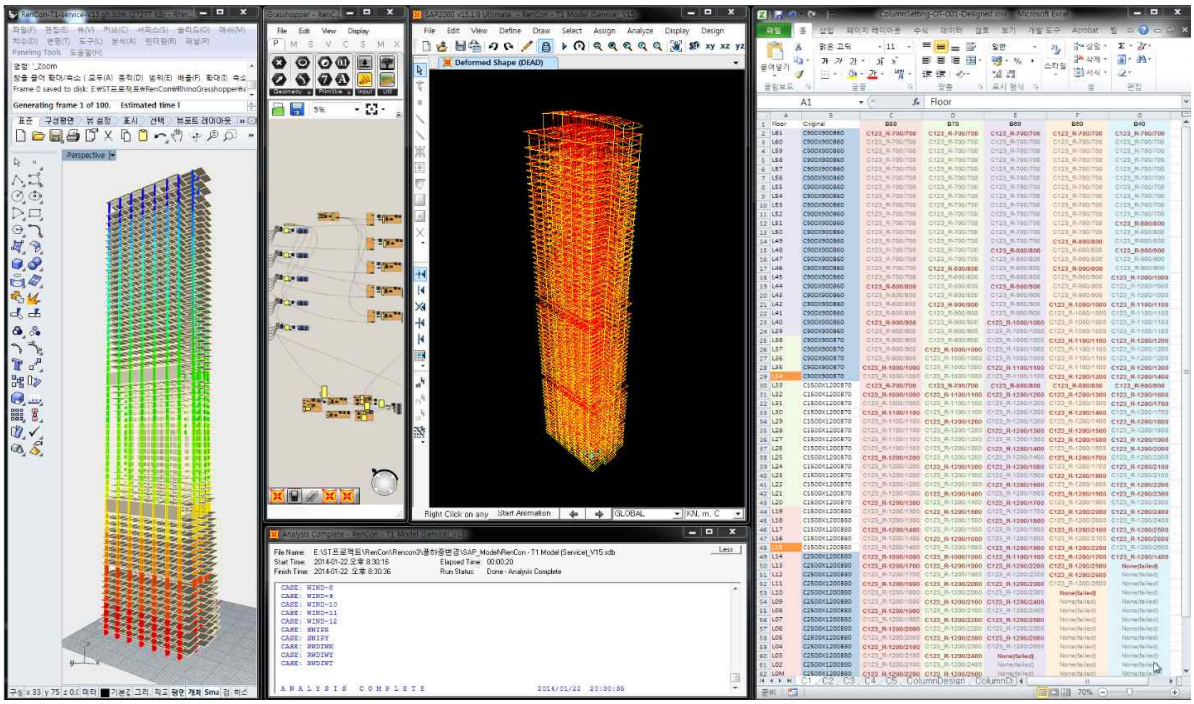
적용기술명	초고층 내진성능평가 모델링 자동화 프로세스		
개발기간	2012.12 ~ 2014.06	**기술의 개발단계**	실시설계
개발기술 특징	▪ 구조설계용 탄성해석 모델에서 비선형 해석 모델로 변환 ▪ 복잡하고 대규모의 비정형 초고층 건물에 대한 비선형 해석모델 구축시간을 크게 단축할 수 있음 ▪ 기존 방식에 비해 수행시간을 50%으로 단축가능		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 몽골 초고층 건물 MAK 타워에 대한 내진성능평가 수행		



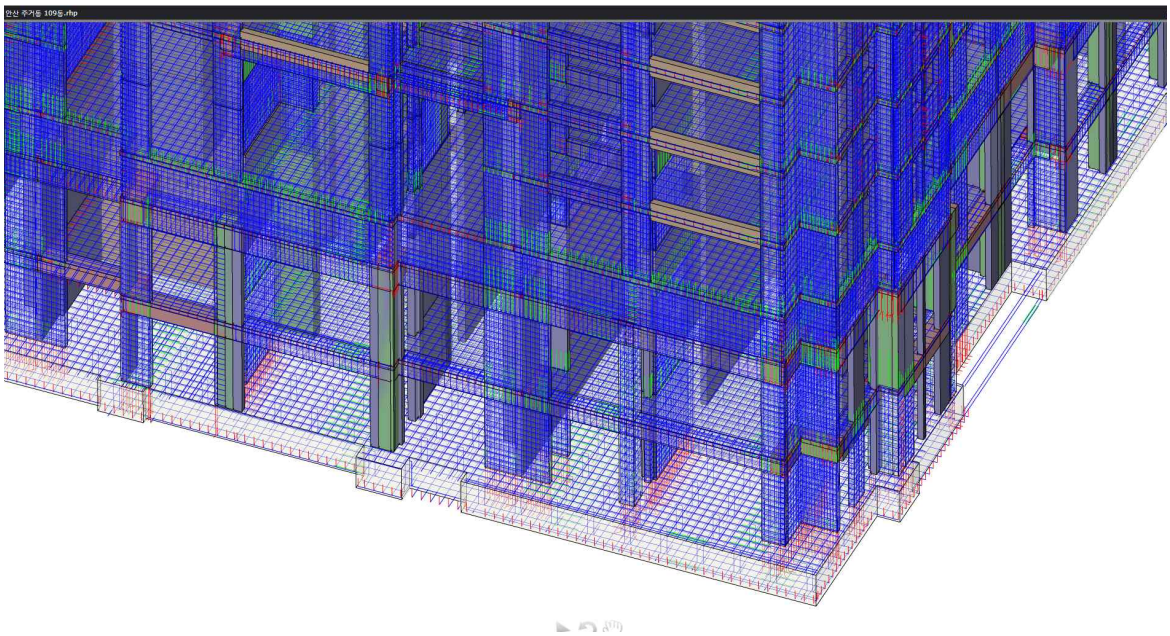
[초고층 내진성능평가 모델링 자동화 프로세스]

(3) 비정형 통합설계 전산플랫폼

적용기술명	비정형 통합설계 전산플랫폼 StrAuto		
개발기간	2010 ~ 2015	기술의 개발단계	실시설계
개발기술 특징	▪ 비정형 초고층 건물에 대한 다양한 구조적 사항들을 종합적이고 신속하게 고려하여 모델링, 해석, 설계, 평가 가능 ▪ 파라메트릭 디자인 기법과 최적화 기법을 도입하여 다양한 구조시스템 대안을 신속하고 편리하게 생성, 해석, 설계, 평가 가능 ▪ 다양한 구조시스템 대안의 생성 및 평가 소요시간의 획기적 단축 ▪ 구조시스템 물량 5~10% 이상 감소		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ United Square, UAE 아부다비, 지상 15층, 업무 및 복합시설 ▪ Moscow City Gardens, 러시아 모스크바, 지상 66층, 업무 및 복합시설		

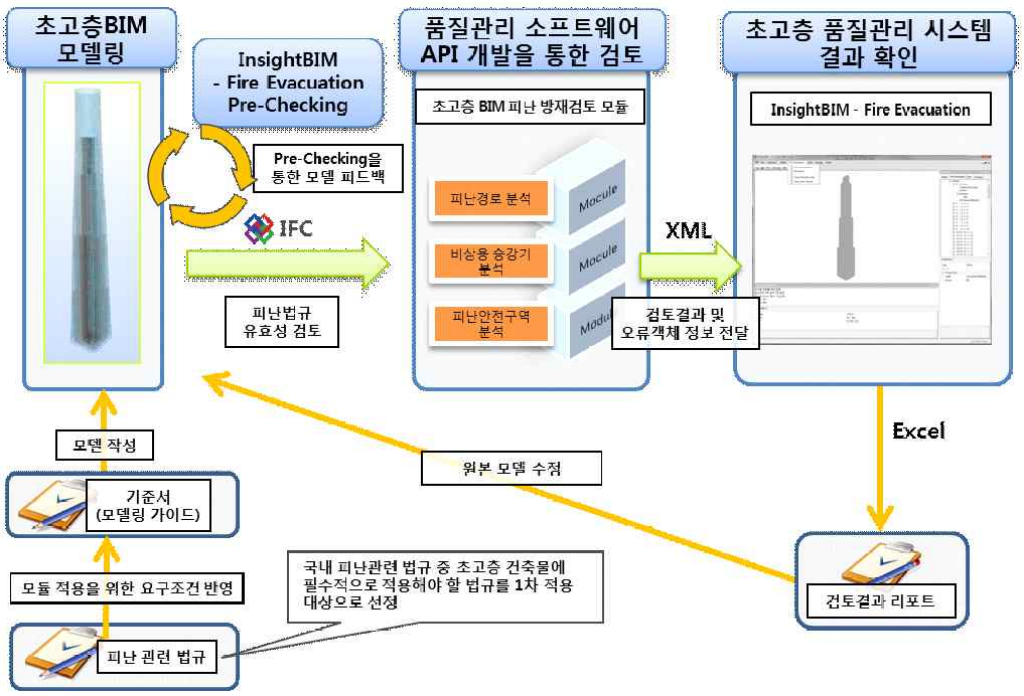


적용기술명	RC건축물 3D 상세설계 실용화 저작도구 Rebar Hub		
개발기간	2010 ~ 2015	기술의 개발단계	실시설계
개발기술 특징	▪ 2D 도면 인식을 통한 3D 모델 자동 생성, 모델 정보 입력 시간을 혁신적으로 단축 ▪ 3D 모델 및 단면 정보를 활용한 자동 배근 ▪ 시공 가능한 수준의 상세설계 도면 출력 ▪ 사용자 업무가 기계적인 도면 정보 입력에서 자동 생성 도면 검토로 전문화 ▪ 기존 2D 도면 편집 프로세스를 3D 모델링으로 대체, 3D 모델에서 추출한 다양한 정보 활용 ▪ 물량 정보, 공사 일정 연동, 시뮬레이션, 분석, VE 등 다양한 용도로 활용		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ United Square, UAE 아부다비, 지상 15층, 업무 및 복합시설 ▪ 그 외 국내 수십 개 아파트 건설 프로젝트		



(4) 초고층 개방형 BIM 정보환경기술 개발

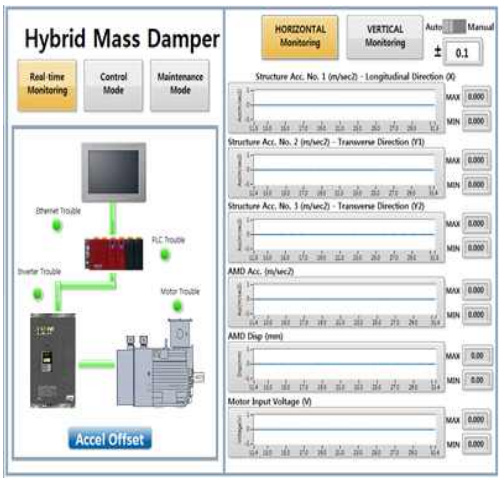
적용기술명	초고층 개방형 BIM 표준라이브러리 보급 및 초고층 개방형BIM 모델 기반의 통합평가 활용 체계 보급		
개발기간	2011 ~ 2013	기술의 개발단계	실시설계
개발기술 특징	▪ 초고층 QTO, 피난, 에너지 세부분야로 분류하여 BIM 통합 지침 작성 ▪ BIM 정보의 분야 간 공유 및 재활용을 위한 기초기술 확보 ▪ 통합을 전제로 한 분야별 정보모델링 기술 확보 ▪ 실무현장의 필요 및 요구를 모델에 반영하여 설계 시공 업무효율 향상 ▪ BIM표준기술을 BIM실무환경에 활용할 수 있는 응용기술 확보 ▪ BIM표준의 사용으로 BIM업무효율 증대 ▪ 정보통합 운영을 통한 비용절감		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 초고층건축물의 개방형 BIM 환경구축을 위한 국제표준 기반의 요소기술을 개발하여 이를 실무적으로 적용할 수 있도록 BIM 표준 지침 확보 ▪ 초고층 복합건축물 BIM 품질관리 시스템을 개발하여 적용-운영관리		



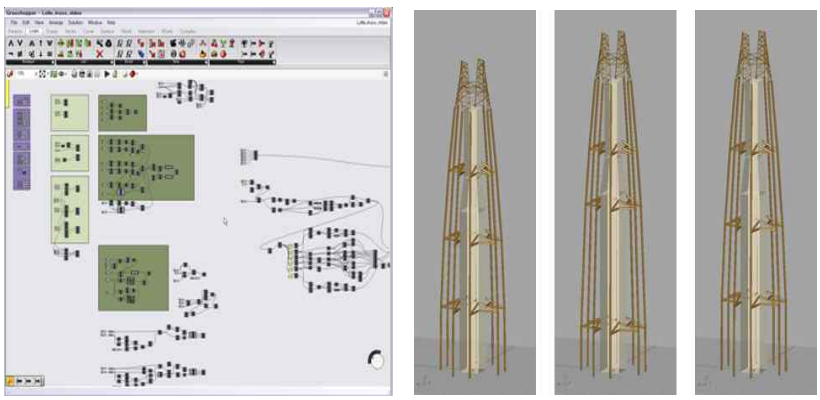
나. 제3세부

(1) 하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술

적용기술명	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술		
개발기간	2009.4 ~ 2015.07	**기술의 개발단계**	사업화
개발기술 특징	▪ 국내 독자의 하이브리드 제진장치 설계 및 제작 기술 ▪ 최적 제어력 산정 및 이송거리 최소화 알고리즘이 탑재된 비선형 제어기술 ▪ 제진장치-구조물 통합설계 모듈		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 파일럿 테스트를 통한 세계최초 수직-수평동시제어용 복합형 제진 장치 설계/제작/시공/운영 (테크노마트21 강변점) ▪ 최소질량형 이방향 제진장치 설계/제작 (3단계 인천공항 제2계류장 관제소)		



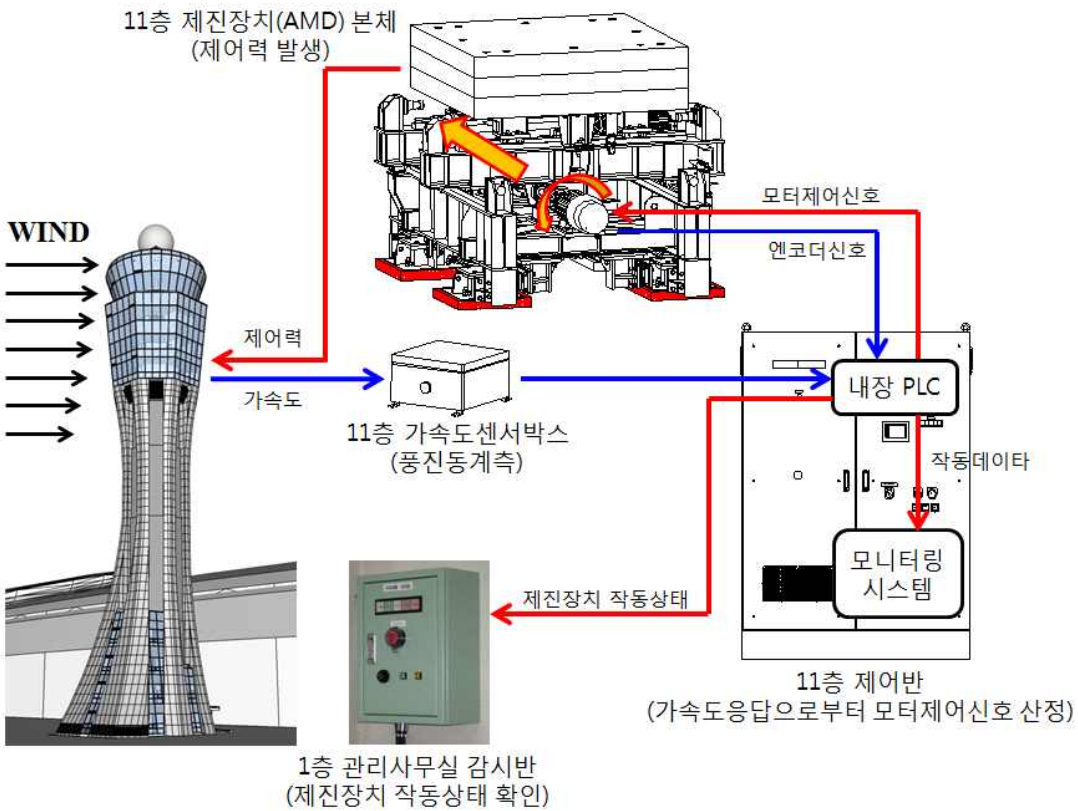
[하이브리드 제진장치 컨트롤러]



[감쇠장치 설계를 위한 통합전산플랫폼]

(2) 최소질량형 제진장치 제작/설계기술

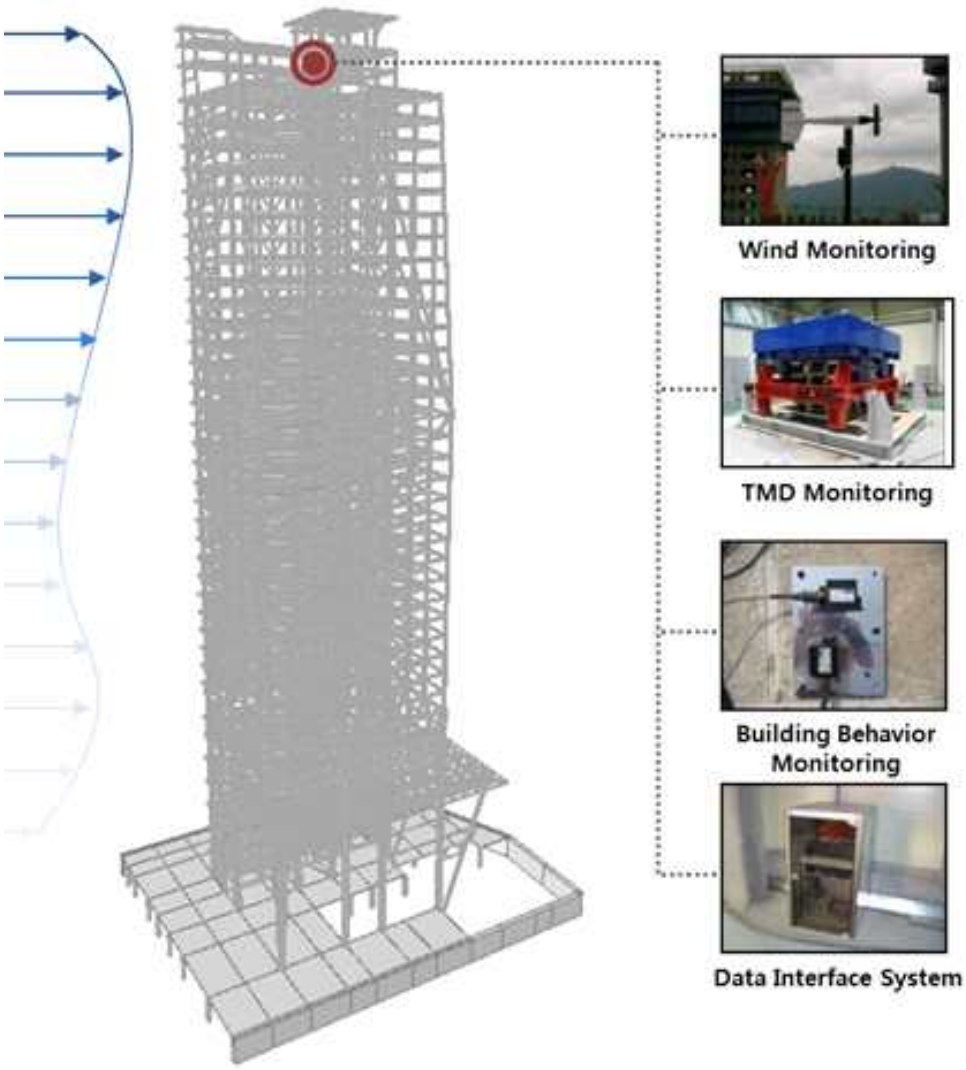
적용기술명	최소질량형 제진장치 제작/설계기술		
개발기간	2009.4 ~ 2015.07	기술의 개발단계	사업화
개발기술 특징	▪ 국내 독자의 최소질량형 제진장치 설계 및 제작 기술 ▪ 최적 제어력 산정 및 이송거리 최소화 알고리즘이 탑재된 비선형 제어기술 ▪ 제진장치-구조물 통합설계 모듈		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 파일럿 테스트를 통한 세계최초 수직-수평동시제어용 복합형 제진 ▪ 장치 설계/제작/시공/운영 (테크노마트21 강변점) ▪ 최소질량형 이방향 제진장치 설계/제작 (3단계 인천공항 제2계류장 관제소)		



[제진장치의 구성]

(3) 풍진동 계측 및 건전도 평가 기술

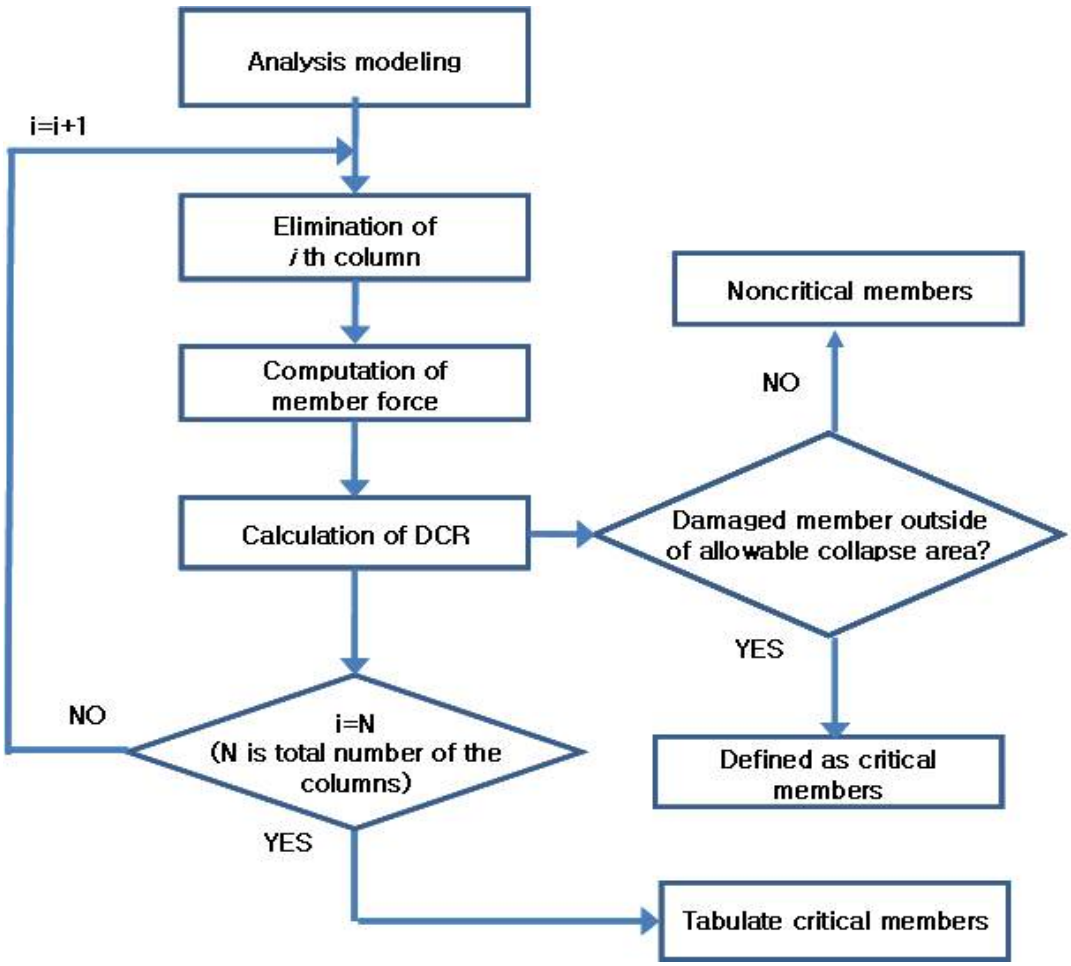
적용기술명	풍진동 계측 및 건전도 평가 기술		
개발기간	2009.4 ~ 2015.07	기술의 개발단계	사업화
개발기술 특징	▪ 고층 건물의 상시 및 장기 풍진동 모니터링 및 건전도 평가 기술 ▪ 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용 기술 개발		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용 (인천 송도 the# 1st world, 부산 해운대 the# 센텀파크, 서울 광진구 테크노마트) ▪ 풍진동 모니터링 시스템 매뉴얼화 ▪ 풍진동 계측 DB 구축 및 영문화		



[풍진동 모니터링 시스템 구축]

(4) 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

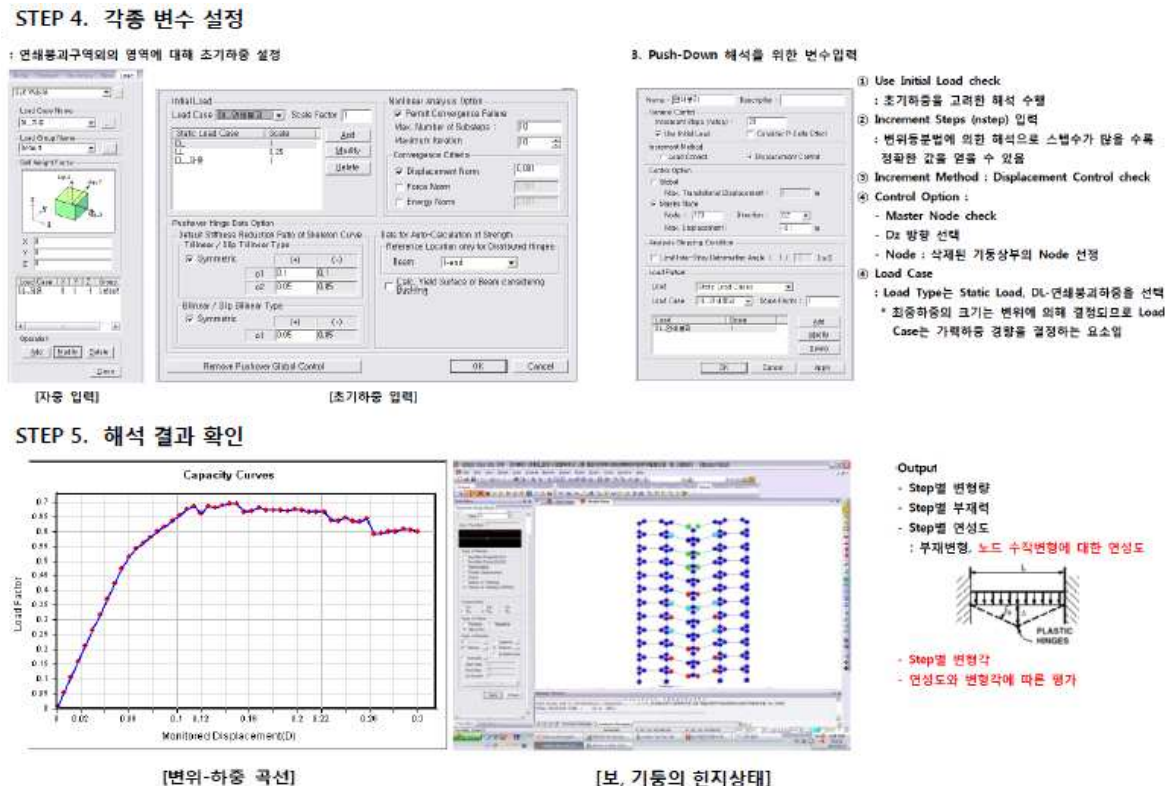
적용기술명	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발		
개발기간	2009.4 ~ 2014.07	기술의 개발단계	사업화
개발기술 특징	▪ 초고층 건축물의 연쇄붕괴 해석 및 성능평가 기법 ▪ 선형정적해석 방법을 이용한 위험부재 선정 자동화 프로그램 개발 ▪ 국내외 비정형 구조물의 접합부 상세 분석.		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 연쇄붕괴방지 최적설계기법 ▪ 상부구조의 낙하에 의한 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 해석방법 개발 ▪ 충격하중에 의한 연쇄붕괴 방지 보강방법		



[연쇄붕괴 위험부재 선정 자동화 알고리즘]

(5) 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

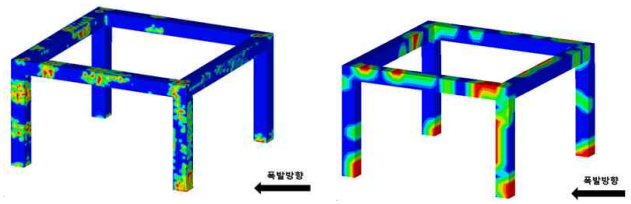
적용기술명	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술		
개발기간	2009.4 ~ 2014.07	**기술의 개발단계**	사업화
개발기술 특징	▪ 구조물의 탄성설계를 기반으로 하여 정적/동적하중에 대해 구조물의 연쇄붕괴에 대한 저항성능을 평가하는 프로그램 개발 ▪ 구조물의 비선형을 해석법을 기반으로 하여 동적하중에 대해 구조물의 연쇄붕괴에 대한 저항성능을 평가하는 프로그램 개발 ▪ 연쇄붕괴 성능평가 자동화를 위한 선형정적해석기법 개발		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 50층 철근 콘크리트 구조물, 철골 구조물에 관하여 선형정적, 비선형 정적, 비선형 동적 3가지 해석 방법에 따른 프로그램 검증. ▪ 용산 (R4B) 프로젝트에 T/B 적용 ▪ 연쇄붕괴 해석 전용 프로그램 등록 및 실무자용 지침서 작성		



[실무자를 위한 해석프로그램 지침서]

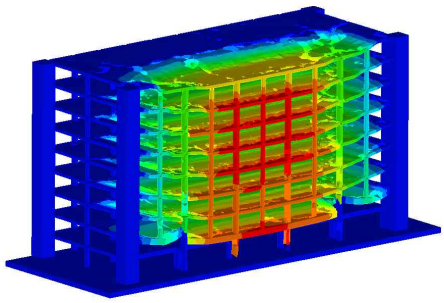
(6) 비정상하중 해석/설계 기술

적용기술명	비정상하중 해석/설계 기술		
개발기간	2009.4 ~ 2014.07	기술의 개발단계	사업화
개발기술 특징	▪ 주요 건물의 테러 등에 의한 비정상 하중으로 연쇄붕괴 여부를 파악 ▪ 편리하고 신뢰도 있는 비정상 하중 해석 기법 ▪ 복잡한 전산해석 과정을 거치지 않는 구조부재의 폭발 저항 성능, 손상 정도 파악 기법 ▪ 기존 설계 패러미터를 이용한 방폭 설계 기법 개발		
개발기술의 적용 및 추진현황	n/a		

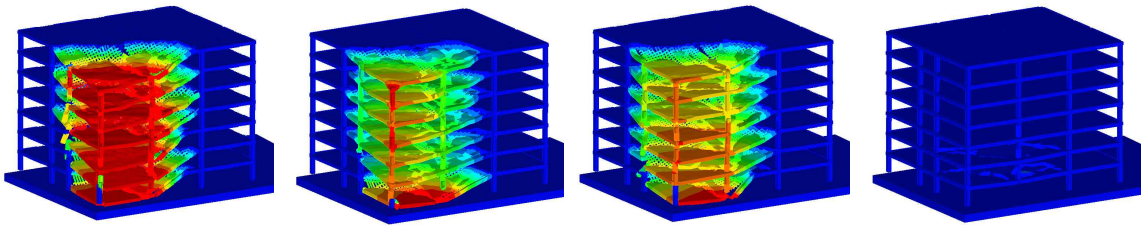


정밀모델의 손상정도 간략모델의 손상정도

[해석시간단축을 위한 철근콘크리트가 통합된 물성치 제시]



[철근콘크리트 골조의 연쇄붕괴해석]

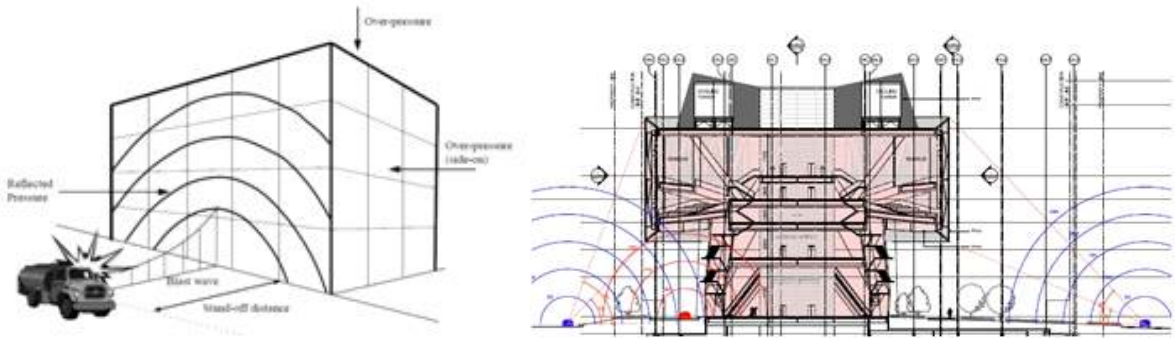


a) Cut off 10 (inch) b) Not cut off 10 (inch) c) Cut off 5 (inch) d) Not cut off 5 (inch)

[보철근 배근방식에 따른 폭발하중에 대한 연쇄붕괴저항성능 평가]

(7) 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술 개발

적용기술명	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술 개발		
개발기간	2009.4 ~ 2012.4	기술의 개발단계	사업화
개발기술 특징	▪ 초고층 건축물의 방어선을 (1)주변현황, (2)대지경계, (3)외부공간, (4)건물외피 및 내부공간으로 분류하고, 각 방어선의 설계요소 중 테러발생에 영향을 줄 수 있는 요소를 체계화 ▪ 실무적용을 위한 폭발저항 구조부재 해석 및 설계기술로서 단자유도 해석절차를 이용한 구조부재 폭발응답해석 프로그램을 개발 ▪ 초고층 건물의 폭발물테러에 의한 피해경감 구조설계를 위하여 합리적인 구조설계 가이드라인을 작성		
개발기술의 적용 및 추진현황	n/a		



[높이와 거리에 따른 폭발하중 분석]

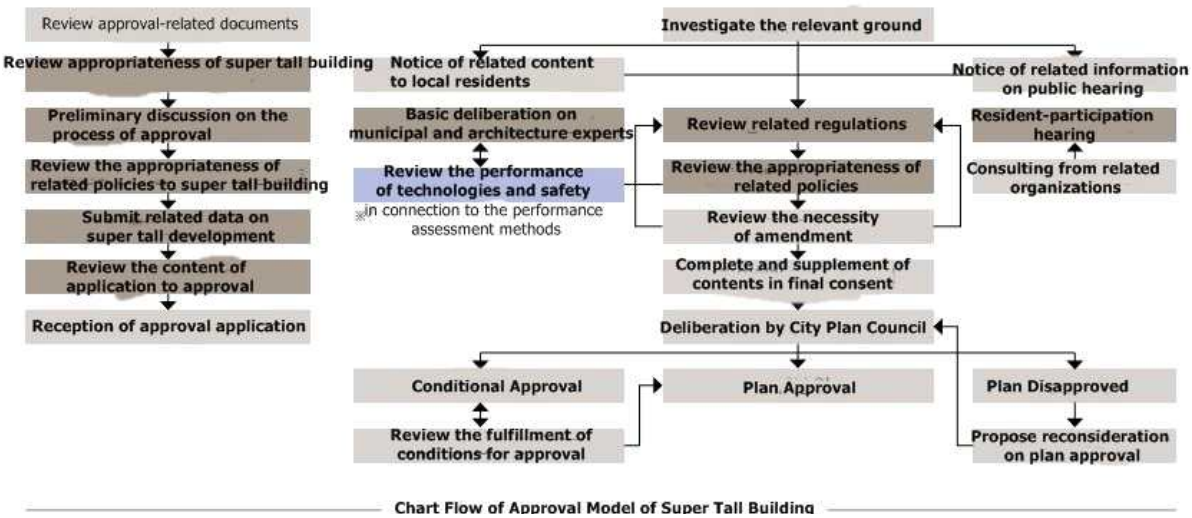
위험도 지수 4943 저위험도

Building Characteristics				Attribute Options		Vulnerability rating for given threat scenario								
						Internal			Explosive			CBR		
						Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III
Consequences	1. Consequences	1.1	지역형태	일집도시	5	0.63	0.43	1.67	0.43	0.43	0.43	1.67	1.67	1.67
		1.2	거주자 수	4,000 ~ 6,000	8	2.19	1.53	2.92	1.53	1.53	1.53	2.92	2.92	2.92
		1.3	대체비용	100 ~ 200	6	0.99	1.04	0.66	1.04	1.04	1.04	0.66	0.66	0.66
		1.4	문화재 등록	No	1	0.25	0.04	0.08	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.08
		1.5	사업 지속성	높음	2	0.92	0.64	1.23	0.64	0.64	0.64	1.23	1.23	1.23
		1.6	물리적 손실 영향	국가적	4	1.74	4.84	1.55	4.84	4.84	4.84	1.55	1.55	1.55
		합계				6.72	8.52	8.11	8.52	8.52	8.52	8.11	8.11	8.11
Threat Rating	2. Threat Rating	2.1	거주 용도	거주 그룹 III	3	1.4	1.4	1.4	1.1	0	0	1.1	0	0
		2.2	거주자 수	4,000 ~ 6,000	8	1.23	1.23	1.23	0.96	0	0	0.96	0	0
		2.3	인구 밀도	매우 높음 (1/0.5)	5	0	0	0	1.1	3	0	1.1	3	0
		2.4	가시성 / 상징성	보통	3	2.45	2.45	2.45	2.02	0	0	2.02	0	0
		2.5.1	Zone I (< 30m)	1	2	0	0	0	0.88	0	0	0.88	0	0
		2.5.2	Zone II (≥ 30m - < 91m)	7 ~ 9	4	0	0	0	0	2.78	0	0	2.78	0
		2.5.3	Zone III (≥ 91m - ≤ 305m)	7 ~ 12	3	0	0	0	0	0	6.75	0	0	6.75
		2.6	현장 접근가능성	접근 가능	2	1.4	1.4	1.4	0.6	0	0	0.6	0	0
		2.7.1	시설	Yes	2	1.45	1.45	1.45	1.25	2	1	1.25	2	1
		2.7.2	시설 형태	Yes	2	1.45	1.45	1.45	1.25	2	1	1.25	2	1
		합계				9.38	9.38	9.38	9.16	9.78	8.75	9.16	9.78	8.75
	3. Site	3.1	보안되지 않은 차량과의 거리	≥ 7.6m ~ < 15.2m	3	0	0	0	0.53	0	0	0	0	0
		3.2	주변 경계	장식의 / 임시적인 / 쉽류를 막는 장애물	4	0.28	0.1	0.1	0.29	0	0	0.19	0	0
		3.3	시야 방해	≥ 1.5m ~ < 3.0m	4	0.57	0.1	0.1	0.15	0	0	0.19	0	0
		3.4	보안되지 않은 지하 접근성	없음	1	0.24	0.09	0.09	0	0	0	0	0	0
		3.5	위험물질 저장소	없음	1	0.6	0.04	0	0.02	0.01	0	0	0	0
		3.6	부수적인 지하시설물 / 인접한 구조물	없음	1	0	0	0	0.1	0.09	0	0	0	0
		소계				1.69	0.33	0.29	1.09	0.1	0	0.38	0	0
	4. Architecture	4.1	건물높이	60.96m ~ 152.4m (16~40개층)	6	0	0.16	0	0.12	0.12	0	0.15	0.15	0.67
		4.2	층면적 / 1층 바닥면적 비율	30 ~ 50	3	0	0.04	0	0.03	0.03	0	0.03	0.03	0.15
		4.3	건물 형상	사각형	2	0	0	0	0.08	0.08	0.23	0	0	0
		4.4	돌출부	없음	1	0	0	0.03	0.02	0	0	0	0	0
		4.5	로비 / 소매점위치 (건물의 주요 바닥면과 관련하여)	사용 공간과 인접해 있음	5	0	0.43	0.43	0	0	0	0	0	0
		4.6	하역장	건물 지하에 있음	5	0	0.43	0.43	0.08	0	0	0	0	0
		4.7	건물 외부의 차량보행로	Yes	2	0	0	0	0.63	0	0	0	0	0
		4.8	차고 위치	사용공간 이래에 있음	4	0	0.43	0.71	0.08	0	0	0	0	0
		소계				0	1.49	1.6	1.04	0.23	0.23	0.18	0.18	0.82
		5.1	창문지지 형태	금속프레임과 유리	3	0	0	0	0.53	1.1	1.1	0	0	0
		5.2	창문 프레임 깊이	>= 1.27 cm	1	0	0	0	0.03	0.07	0.07	0	0	0

[수정 RVS 시스템]

(8) 초고층건축 법/제도 및 지원정책

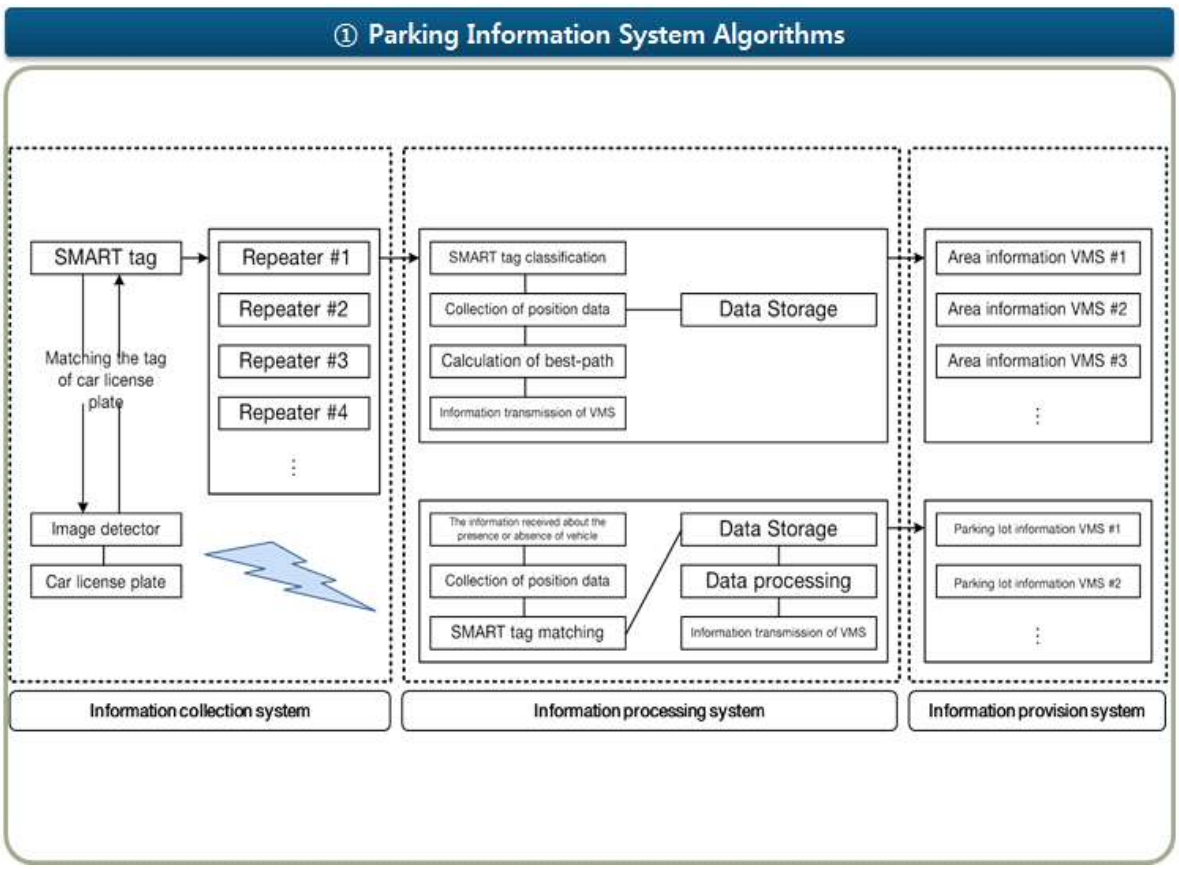
적용기술명	초고층건축 법/제도 및 지원정책		
개발기간	2009.4 ~ 2013.12	기술의 개발단계	사업화
개발기술 특징	▪ 명확한 초고층 인허가 절차의 제시 및 성능기준 체계의 선진형 규범으로의 전환 ▪ 영국, 미국(뉴욕, 시카고) 등의 벤치마킹을 통한 글로벌 인허가 시스템 및 성능평가 방안 마련		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 법(안): 총 7장 29개 조문, 시행령(안): 총 7장 33개 조문, 시행규칙(안): 총 7장 20개 조문으로 구성 ▪ 초고층 관련 22가지 정책 제안에 대한 '중요성' 및 '개선 필요성'을 평가하여 법령 개정 우선사항 도출 및 법령 개정(안) 제시 ▪ 공개공지 공공성 및 쾌적성 확보, 피난대책 관련 규정 개선, 승강기설치 관련 규정 개선 ▪ 초고층 관련 정보의 체계적 관리 및 활용을 위한 웹 서비스 구축 (http://sites.google.com/site/superttallbuilding/)		



[초고층건축 인허가 모델 흐름도]

(9) 초고층 녹색수직도시공간 계획 기술 개발

적용기술명	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술 개발		
개발기간	2009.4 ~ 2014.7	기술의 개발단계	사업화
개발기술 특징	▪ 수직동 계획 및 평가 기술 -초고층 건축계획 초기단계의 기본정보만으로 수직동선 대안을 제시 -소프트웨어 실행 변수값 조정을 통한 대안 변경 가능 -소프트웨어 개발시 복잡한 계산을 통해 얻어지는 결과에 대해 신속한 처리가 가능 ▪ 주차정보제공시스템 알고리즘 -기존에 없던 초고층 건축물 교통입지적정성 평가기술 개발하고, 초고층 건축물의 주차정보안내기술 개발 및 시뮬레이션 등을 활용한 평가		
개발기술의 적용 및 추진현황	n/a		

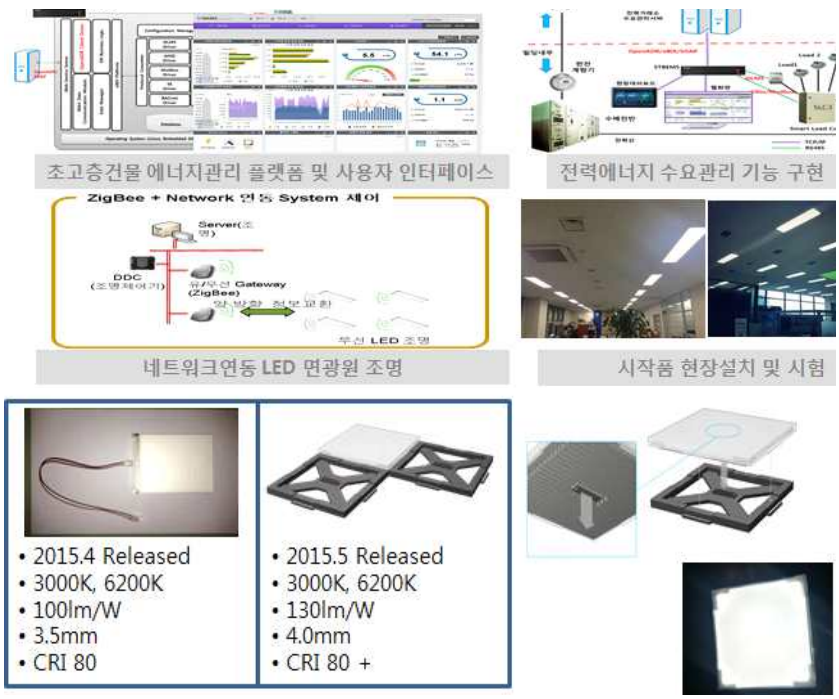


[주차정보제공시스템 알고리즘]

다. 제4세부

(1) 초고층빌딩 유지관리 기술 개발

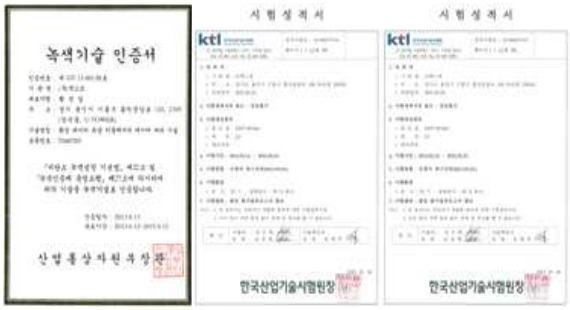
적용기술명	전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED 면광원		
개발기간	2010.11 ~ 2015.07	기술의 개발단계	실제환경검증
개발기술 특징	▪ 전력망연동 기술 구현과 LED 면조명 구축으로 초고층건물의 전력에너지 수요관리 기능 구현 ▪ 전력망연동을 고려한 시스템을 활용하여 국가전체의 전력수급안정에 기여할 수 있으며, 건물단독으로 에너지의 효율적인 사용과 건물운영비 절감에 기여함 ▪ 개발된 LED 면광원은 초박형/초경량 의 형태로서 두께 5 mm 이하 초박형/초경량 면조명, 마이크로 광학기술을 이용한 도광판, 면조명에 사용되는 면광원 자체개발 및 모듈 제작의 우수성을 가지고 있음. ▪ 초박형/초경량의 형태로서 제작된 면광원 조명은 초고층건축물의 층고 확보에 도움을 주어 기존 초고층건축물에 비해 공간활용도를 향상시킬 것임		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 초고층건물 에너지관리플랫폼 및 사용자 인터페이스 구현 ▪ 전력에너지 수요관리기능 구현 ▪ 네트워크 연동 LED 면광원 조명 현장시험 ▪ 초박형 LED 면광원 개발		



[그림] 초박형 LED 면등 개발

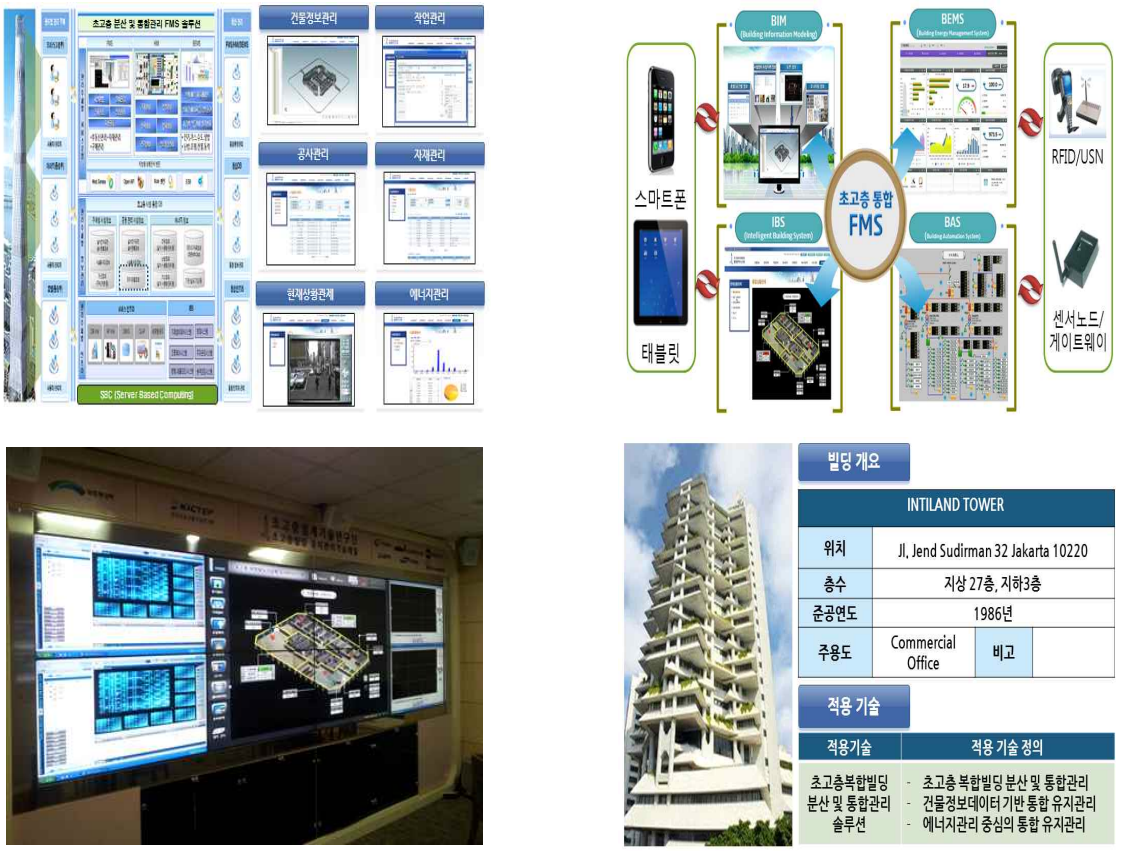
적용기술명	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술		
개발기간	2010.11 ~ 2015.07	기술의 개발단계	실제환경검증
개발기술 특징	▪ 센싱 된 초고층 복합 정보 데이터를 BIS에 제공하기 위한 통합 프레임워크 개발 ▪ 상황인식 및 센서 시스템의 소프트웨어 프레임워크로써 유지관리 응용 소프트웨어와 이 기종 시스템 연동을 위한 기반 시스템이며, 센서 응용 기술 개발에 활용 ▪ 새롭게 제안하는 초고층 복합 건물 정보 수집 u-SISN을 개발, 확보하여 건설 및 관리 분야에 새로운 가치 창조 ▪ 향후 초고층복합빌딩에서의 표준 플랫폼으로 시장을 선도		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ U-SISN(Supertall Info Sensor Networks) 게이트웨이 및 멀티 모듈 개발 -초고층 복합 센서 설치 환경 분석 및 특성별 적합한 센서기술 적용 연구 -초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 시작품 제작 -방수, 분진 시험 성적서, 적합 인증 무선 성적서, 전자파 적합 성적서 ▪ U-SISN(Supertall Info Sensor Networks) 미들웨어 개발 -초고층 복합건물에 프로토콜 통합 처리 모듈 개발 -센서 네트워크 관리 모듈 개발 -모든 노드와 게이트웨이로부터 WSN, CDMA, 인터넷 등을 통해 센서 데이터를 수집 -수집된 데이터를 분석하여 데이터베이스에 저장하는 역할을 수행 -부가적으로 데이터 패킷의 무결성 및 수신율을 측정하는 패킷 분석 기능을 제공 -한국산업 기술시험원 미들웨어 시험평가 시험 성적서 (녹색기술 인증)		

[U-SISN 게이트웨이 및 멀티모듈/미들웨어 개발]



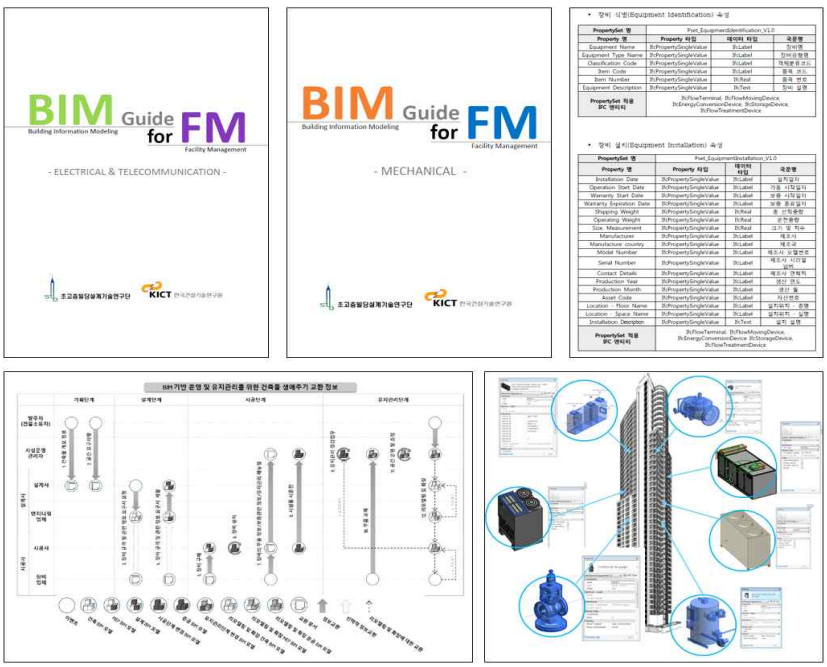
[시험성적서(녹색기술인증)]

적용기술명	초고층 복합빌딩 분산 및 통합 관리 솔루션		
개발기간	2010.11 ~ 2015.07	기술의 개발단계	실제환경검증
개발기술 특징	▪ 지능형 유지관리 기술의 핵심솔루션이라 할 수 있는 시설물 통합관리(FMS) 솔루션을 초고층 복합빌딩의 유지관리에 특화시켜 고도화 ▪ 타 시스템(IBS, 센서 및 센서노드)과 상호 연동 및 BIM 기술을 접목한 LCC 기반의 유지관리 플랫폼 개발 ▪ 초고층 복합빌딩에 적용 가능한 에너지 관리 기능의 고도화를 통한 에너지 관리 솔루션 연동 개발 ▪ BIM 기반 시설관리를 적용한 3차원 기반의 통합 시설관리 기술 개발 ▪ 국내 초고층 통합 시설물 관리 솔루션 개발의 활성화 및 선진국과 동등한 수준의 기술력 확보 ▪ 초고층 통합 시설관리를 위한 자동화 및 지능화 기술력 확보		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ BIM 기반 3차원 시설관리 기술 개발 및 적용 ▪ IBS, BIM, BEMS 기술을 통하여 구축된 시설물 정보를 활용하여 초고층 FMS 모델을 효과적으로 서비스하기 위한 통합 솔루션 개발 ▪ 인도네시아 인티랜드 타워 스마트 빌딩 구축을 위한 솔루션 공급 및 적용		



[그림] 초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발

적용기술명	건물정보 데이터기반 유지관리 정보모델링 지침		
개발기간	2010.11 ~ 2015.07	기술의 개발단계	개발완료 및 실무보급
개발기술 특징	▪ 설계, 시공 단계에서 생성된 BIM 정보의 효율적 활용을 위해 유지관리 단계에서 요구되는 정보항목에 대한 정의와 이에 대한 작성기준 제시 ▪ BIM 기반 초고층 유지관리시스템(FMS) 환경에서 운용 가능한 BIM 정보모델링 지침 및 라이브러리 개발 ▪ BIM 기반 초고층 유지관리시스템(FMS) 환경에서 운용 가능한 다차원 형태의 지능형 유지관리 요소기술 개발 ▪ BIM 기반 기계설비분야, 전기 및 정보통신분야, 건축공간분야의 유지관리 정보모델링 지침 개발 ▪ BIM기반 유지관리 지침 개발로 BIM 유지관리 부문 국내기술력 확보 ▪ BIM기반 초고층 유지관리시스템(FMS)의 요소기술로서 지능형 유지관리 기술 개발에 기여 ▪ 유지관리 관점에서 재활용 가능한 설계BIM, 시공BIM 정보 정의를 통해 상호 피드백 체계가 구축되어 설계, 시공, 유지관리 기술 상승 발전		
개발기술의 적용 및 추진현황	▪ 기계설비 분야, 전기 및 정보통신분야, 공간관리 분야 BIM 기반 유지관리정보모델링 지침 개발 ▪ BIM 기반 FMS 활용을 위한 유지관리 속성 정의 ▪ IFC 변환 가이드, BIM 데이터 속성입력 가이드 제시 ▪ 유지관리 속성이 반영된 기계설비 분야, 전기 및 정보통신분야, 건축공간분야 BIM 모델 제작		



[그림] BIM 기반 유지관리 지침 사례

2. 연구개발의 범위

[1세부]

구분	과제명	연구범위
1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	▪ 비정형 구조시스템 사례조사 및 DB 구축 ▪ 비정형 초고층 프로토타입 개발 ▪ 비정형 초고층 내진설계기술 개발 ▪ 비정형 구조요소 성능평가 ▪ 실무적용을 위한 비정형 구조요소 설계도구 개발 ▪ 비정형 초고층 성능기반 내진설계 실무적용기술
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼을 통한 융복합화 기술	▪ IT기반 기술을 활용하여 제반 관련기술을 융복합할 수 있는 전산플랫폼 개발 ▪ 비정형 초고층건축물 골조 전산설계 시스템, 관련 요소모듈 및 연동 에이전트 개발 ▪ ICT융합 통합설계 전산플랫폼 상품화, 기술 사업화 정착 및 세계적 회사 브랜드 창출
1-3	초고층 개방형 BIM 정보환경기술 개발	▪ 초고층 복합건축물 개방형 BIM 활용 시나리오 개발 ▪ 소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 호환성 검증 및 개별 활용 가이드 개발 ▪ 초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발 ▪ 초고층 BIM 라이브러리 보급체계 구축 ▪ 초고층 개방형 BIM모델 기반의 통합 평가 활용체계 보급

[3세부]

구분	과제명	연구범위
3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술 개발	▪ 하이브리드 제진장치 시제품 제작 및 풍하중/풍진동 계측시스템 구축 ▪ 제진장치 TB적용 및 실측 DB를 활용한 시각력 풍하중 산정 ▪ 제진장치 설계 전산플랫폼 탑재 및 세계일류브랜드화 ▪ 국내 독자의 능동제어 알고리듬 ▪ 수직 및 수평방향 진동을 동시에 제어할 수 있는 복합형 제진장치
3-1-2	최소질량형 제진장치 제작/설계기술 개발	▪ 하이브리드 제진장치 본체 설계 기술개발 ▪ Active control system설계 기술개발 ▪ 시제품 제작 및 Pilot Test를 통한 성능검증
3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술	▪ 풍진동 계측 및 모니터링 시스템 개발 ▪ 구조물의 건전도 평가 기술개발
3-1-4	초고층부 풍하중 예측기술 개발	▪ 기존 풍동실험과 PIM간 풍응답 및 풍하중 평가 결과 비교에 의한 이론 확립 ▪ 초고층건축물의 풍응답 및 풍하중 평가방법 연구 및 기술 개발 ▪ 초고층건축물의 설계기준 수정 및 제안
3-2-1	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	▪ 선형해석을 이용한 위험부재 선정 및 위험부재 선정 자동화 프로그램 작성 ▪ 정형 메가프레임 구조 시스템의 연쇄붕괴 거동평가 및 보강방안 제시 ▪ 연쇄붕괴방지 최적설계기법 ▪ 실제건물의 연쇄붕괴 해석 ▪ 상부구조의 낙하에 의한 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 해석방법 개발 ▪ 차량 충격에 의한 연쇄붕괴 현상 분석 ▪ 충격하중에 의한 연쇄붕괴 방지 보강방법
3-2-2	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	▪ 연쇄붕괴 방지 설계 기준에 관한 조사, 분석 보고 ▪ 연쇄붕괴 해석 전용 프로그램 등록 ▪ 프로그램 실무 적용을 위한 지침서 작성 ▪ 연쇄붕괴 성능평가 기술의 개별기술 TB 적용
3-2-3	비정상하중 해석/설계 기술	▪ 폭발하중을 받는 부재의 저항성능 평가 ▪ 폭발 하중에 대한 수직 부재의 평가 방법 및 성능 향상 방안 평가 ▪ 전산유체해석을 통한 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가 ▪ 폭발 하중을 받는 철근콘크리트 부재의 약산 해석 기법
3-3	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술 개발	▪ 테러 위험도 평가 가이드라인 개발 ▪ 테러예방 계획설계 가이드라인 개발 ▪ 테러예방 구조설계 가이드라인 개발
3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	▪ 초고층건축 법/제도 및 성능인증 추진 로드맵 수립 ▪ 초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련 ▪ 초고층건축 성능평가 기반 마련 ▪ 초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 개발
3-6	초고층 녹색수직도시공간 계획 기술 개발	▪ 개별주차정보제공 알고리즘 개발 및 평가 ▪ 초고층 건축물 수직동선 계획 소프트웨어 개발

[4세부]

구분	과제명	연구범위
4-1-1	전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	▪ 초고층 빌딩 전력망 연동 기술 개발 ▪ 전력망연동형 빌딩에너지 포탈시스템 개발 ▪ 전력망 연동 B2G 플랫폼 아키텍처 설계 ▪ e-App Portal 개발 ▪ 초박형 스마트 LED 면등 개발 ▪ LED 면등 연계시스템 개발
4-1-2	스마트 LED 면등을 위한 스마트 조명제어 시스템 개발	▪ 스마트조명 제어시스템 개발 ▪ 단말게이트웨이 개발
4-1-3	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	▪ 초고층 복합건물에 적합한 센서 적용기술 ▪ 초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발 ▪ u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 설계
4-2-1	초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	▪ 초고층 FMS 서비스 모델 적용 및 보완 ▪ 초고층복합빌딩 BEMS 적용 및 보완 ▪ 타 시스템 연동 라이브러리 구현 ▪ 초고층 통합 FMS 테스트베드 적용
4-2-2	건물정보데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침개발	▪ 유지관리시스템(FMS)과 연계하여 다차원 형태의 지능형 유지관리가 가능하도록 지원하는 건물정보데이터기반 유지관리 정보모델링 지침 개발 ▪ 전력자원 통합분석관리 건물정보데이터 기술 방향 도출 ▪ 건물정보데이터 기술 적용 방향 도출 ▪ 건물정보데이터 객체분류 표준개발 ▪ 조명시스템 전력망 모델링 기준서 개발 ▪ 시범 건물정보데이터 라이브러리 및 모델제작

3. 연구개발의 특징

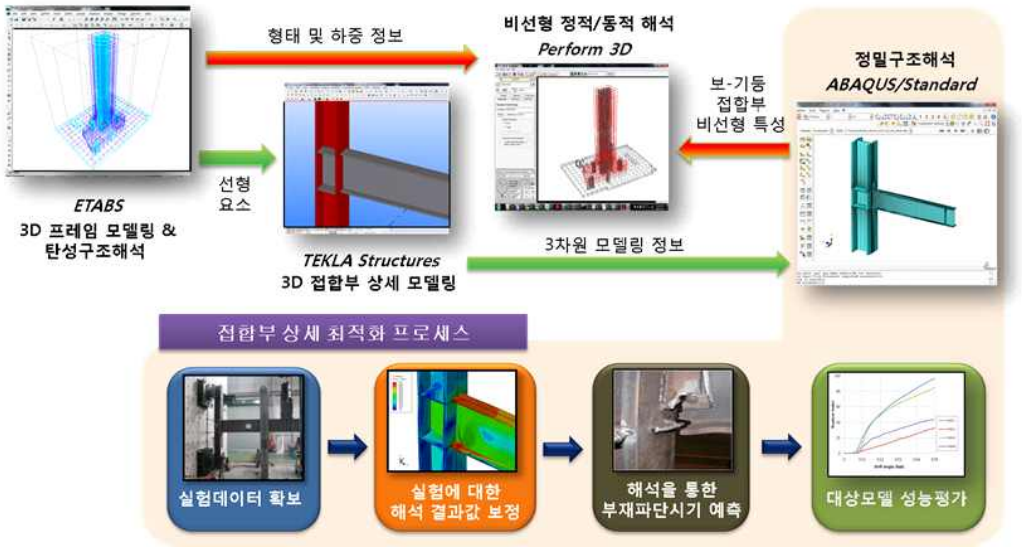
가. 제1세부

(1) 접합부 성능평가 모델링 자동화 프로세스

○ 엔지니어의 실무적용을 목표로, 유한요소해석을 활용한 비정형 구조요소의 성능평가 프로세스를 제시하고, 이를 통해 별도의 실험 없이도 설계 최적화를 수행할 수 있도록 함

○ 범용 구조해석프로그램, 3D BIM 프로그램, 그리고 유한요소해석 프로그램의 데이터 연동을 기반으로 한 전산플랫폼인 ConnAuto를 개발하여 접합부 정밀유한요소해석 프로세스에 소요되는 작업시간을 단축하였음

○ 해석으로부터 얻은 비정형 접합부의 비선형특성 정보는 비선형 골조해석 프로그램에 제공할 수 있도록 DB 구축



[접합부 성능평가 모델링 자동화 프로세스]

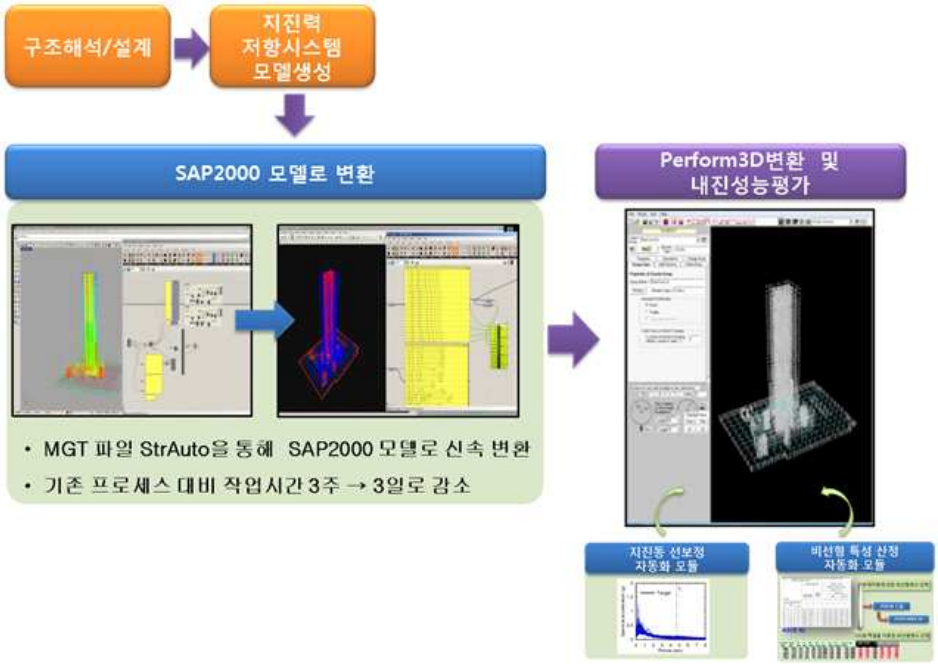
(2) 초고층 내진성능평가 모델링 자동화 프로세스

○ 비정형 초고층 건물의 내진성능평가는 기존 정형 및 중저층 건물에 비하여 많은 인력과 시간이 필요

○ EqAuto를 이용하여 기존 해석모델을 SAP2000으로 연동, 다시 비선형 해석을 위해 Perform 3D 모델로 신속한 변환

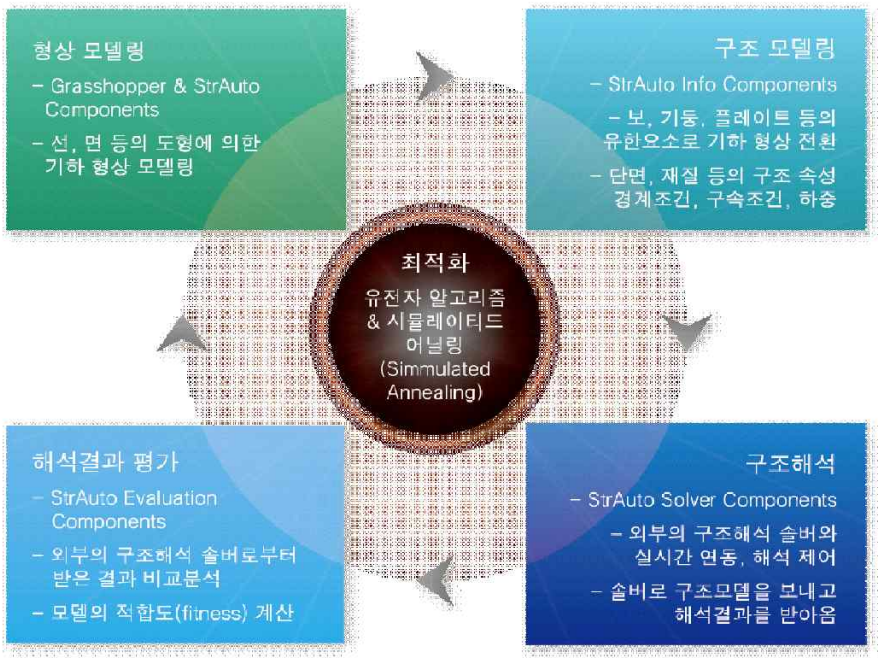
○ 지진동 선보정 자동화 모듈과 비선형 특성 산전 자동화 모듈을 통해 비선형 모델 구축 및 내진성능평가 수행

○ 기존 방식에 비해 수행시간을 50%으로 단축 가능



[초고층 내진성능평가 모델링 자동화 프로세스]

(3) 비정형 통합설계 전산플랫폼

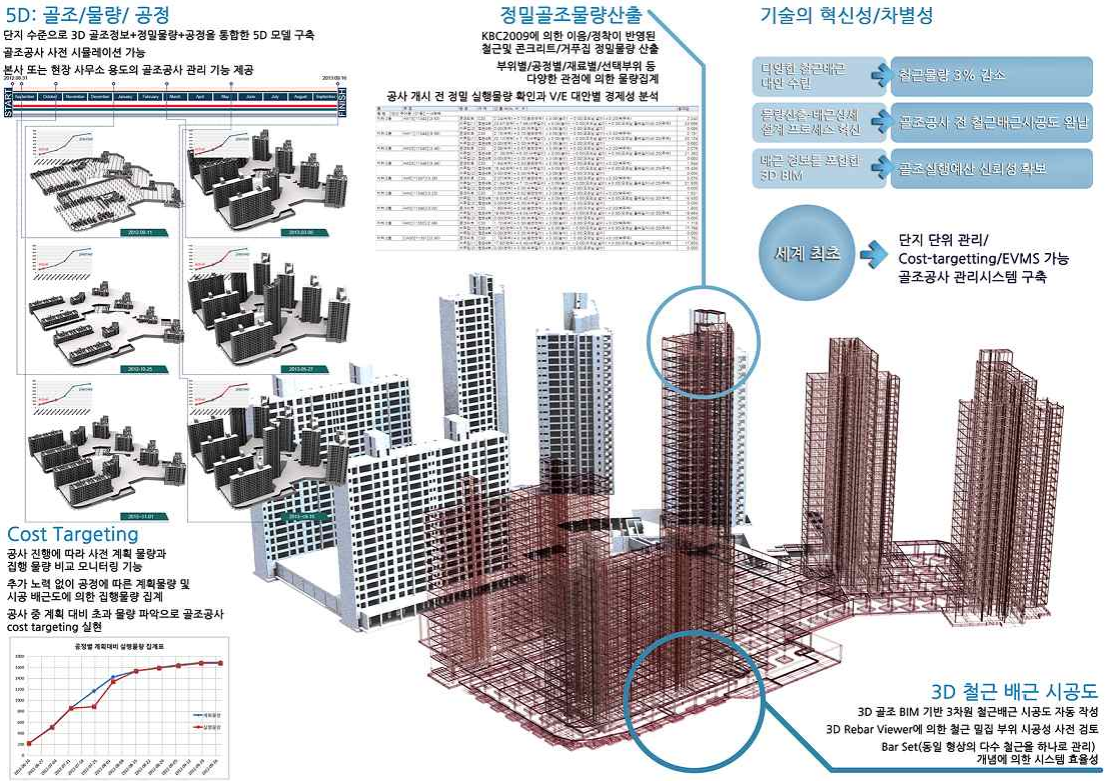


[비정형 통합설계 전산플랫폼 StrAuto]

○ 비정형 초고층 건물은 모델링, 해석, 설계, 평가에 엄청난 시간 소요되지만, 비정형 구조시스템 설계 통합플랫폼을 통해 비정형 초고층 건물에 대한 다양한 구조적 사항들을 종합적이고 신속하게 고려하여 모델링, 해석, 설계, 평가가 가능함

○ 최적화 대상 건물에 대해 주요 설계 변수를 스스로 변경하며 대안을 생성하고, 구조해석 프로그램과의 연동 기능을 이용하여 성능을 확인하면서 최적의 구조시스템 대안을 스스로 창출하는 기능

○ 기존 구조해석 프로그램의 모델러를 이용할 경우 모델링에만 1주일 이상 소요되는 비정형·초대형 건물 대상으로 수천 개의 대안을 수 시간 안에 생성, 해석, 비교 검토함으로써 최적의 구조시스템 대안을 찾아냄



[RC건축물 3D 상세설계 실용화 저작도구 Rebar Hub]

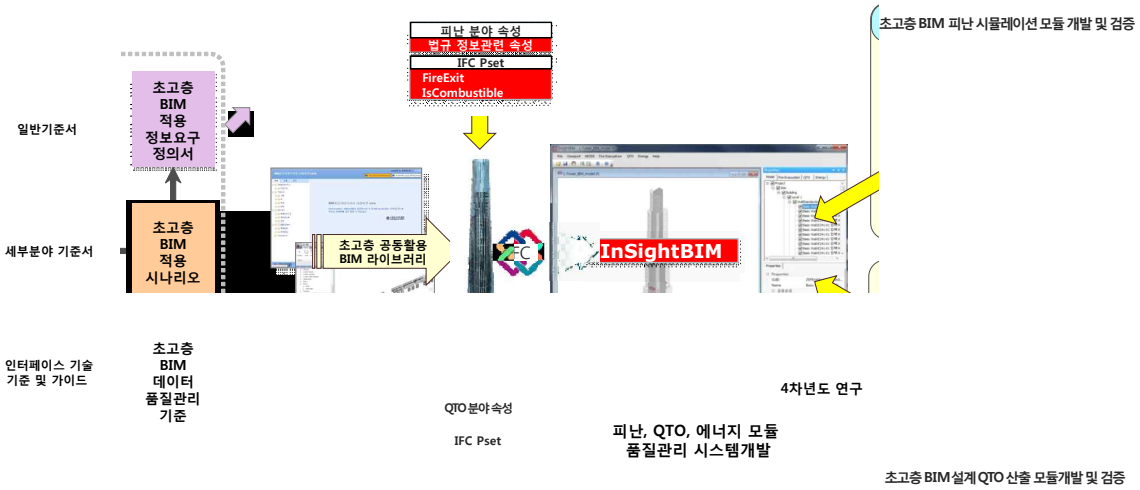
○ 3D 기술환경에서 철근콘크리트 골조 상세형상 및 배근상세설계를 실용적으로 수행할 수 있는 세계 최초 3D 저작도구

○ 골조 모델링, 배근상세설계, 정밀골조물량산출, 시공도면 작성, 공사계획 수립 및 공정관리를 일괄 지원

○ 상용 3D 저작도구 대비 모델링 생산성 300%, 배근상세설계 등 실시설계 생산성 500% 향상

○ 최선행 공정 및 골조 설계 및 시공 프로세스를 합리화로 골조 공사비 10%, 공기 20% 단축 목표

(4) 초고층 개방형 BIM 표준라이브러리 보급 및 초고층 개방형BIM 모델 기반의 통합평가 활용 체계 보급



[초고층 개방형 BIM환경구축 및 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발]

○ 초고층 복합 건축물 개방형 BIM 활용 시나리오 개발

○ BIM 모델 가시화 기능 구현

○ BIM 모델 기본 속성 검토 기능 구현

○ 데이터 품질관리의 각 모듈들을 포함할 수 있는 플랫폼인 초고층 BIM 데이터 품질관리를 위한 시스템 기본 기능 구현

○ 정보통합운영으르 통한 비용절감 및 건설단계, 공종별 3차원 모델업무의 표준화 및 효율화, 표준기술보급으로 타기종 시스템간 중복개발비 절감

○ InSightBIM 실행 시 각 모듈로의 접근을 위한 실행화면 기능을 구현. Splash 화면에서 사용하고자 하는 모듈 부분을 선택(클릭)하면 해당 모듈의 인터페이스로 접근이 가능함

○ 3D 그래픽 엔진을 통한 IFC 모델의 가시화 기능 구현 및 모델 내의 속성(부재의 피난 속성, 에너지 속성 등)을 검토할 수 있는 기능 구현

○ 초고층 BIM 데이터를 객관적이고 정확한 검토를 가능하게 하여 BIM 데이터의 품질확보를 가능하게 하고 초고층 BIM 데이터의 피난법규 자동화 검토로 설계자의 시간단축, 비용절감, 인력손실 방지 등의 효과를 기대할 수 있음

나. 제2세부

(1) 하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술

○ 수직 및 수평방향 진동을 동시에 제어할 수 있는 복합형 제진장치 기술로, 국내 독자의 능동제어 알고리즘이 탑재되어 있음.

○ 능동제어 알고리즘은 최적 제어력 산정과 함께, 이송거리 최소화를 위한 게인스케줄링 및 원점보정 알고리듬이 탑재되어 비선형 제어가 가능함.

○ 이를 통해 기존 제어알고리듬과 동일 성능 구현시, 이송거리를 최대 20% 이상 감소가 가능하며, 동일한 이송거리를 확보하는 경우 20% 이상의 제어력 상승 효과가 있음.

○ 본 기술은 현재 일방향 제어에 대한 실제 적용을 하였으나, 현재 진행 중인 인천공항 관제소 적용을 통해 2방향 제진장치에 대한 제어기술을 추가할 예정임.

○ 그러나 해외 최고수준의 기술 대비 70% 수준으로, 하나의 장치를 통해 다축 및 다중 모드 제어가 가능한 기술 개발이 필요함.

(2) 최소질량형 제진장치 제작/설계기술

○ 제진장치 시제품 Active control system 내 알고리즘 탑재 및 성능평가

○ 하이브리드 제진장치 기술개발

○ 수직-수평제어용 제진장치(50ton급) Pilot Test 테크노마트21(39층) 적용

○ 50ton급 수직-수평동시제어용 제진장치 설치공사

○ 수직방향 TMD 현장성능시험

○ 인천공항3단계 제2계류장 관제소에 대한 풍동실험(풍압시험 및 풍력시험)

○ 수평2방향 동시제어 제진장치 설계/제작

(3) 풍진동 계측 및 건전도 평가 기술

○ 국내 약 20여개 건물의 상시 풍진동 계측을 통한 고유진동수 및 감쇠비 분석 DB에 근거한 국내 건축물의 고유주기 및 감쇠비 설계식을 제안함.

○ 국내 고층 건물 상시 장기 풍진동 계측을 통해 건축물 동특성의 응답의존성을 분석함.

○ 국내 최초 풍진동 제어기(양방향 TMD, TLCD)가 설치된 건물의 풍진동 모니터링 시스템을 적용하고 관련 데이터 분석을 통한 제진장치에 대한 성능 검증을 수행함.

○ 풍진동 모니터링 시스템 기술의 매뉴얼화를 통해 풍진동 계측 및 건전도 평가 기술 전반에

대해 체계화.

○ 풍진동 모니터링 시스템의 경우 해외 최고수준의 기술 대비 70% 수준으로, 향후 원격제어 및 데이터 분석 시각화 등에 대한 기술 개발이 필요함.

(4) 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

○ 비정상하중에 의한 구조물의 연쇄붕괴 거동 예측 가능

○ 충격하중에 의한 접합부 거동 및 기둥의 좌굴 파손등을 방지하기 위한 보강방법 제시

○ 구조물의 연쇄붕괴시 프로그램을 활용하여 거동 예측

○ 편리하고 신뢰도 있는 비정상 하중 해석 기법

(5) 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

○ 구조물의 탄성설계를 기반으로 하여 정적/동적하중에 대해 구조물의 연쇄붕괴에 대한 저항성능을 평가하는 프로그램 개발

○ 구조물의 비선형을 해석법을 기반으로 하여 동적하중에 대해 구조물의 연쇄붕괴에 대한 저항성능을 평가하는 프로그램 개발

○ 연쇄붕괴 성능평가 자동화를 위한 선형정적해석기법 개발

(6) 비정상하중 해석/설계 기술

○ 주요 건물의 테러 등에 의한 비정상 하중으로 연쇄붕괴 여부를 파악

○ 편리하고 신뢰도 있는 비정상 하중 해석 기법

○ 복잡한 전산해석 과정을 거치지 않는 구조부재의 폭발 저항 성능, 손상 정도 파악 기법

○ 기존 설계 패러미터를 이용한 방폭 설계 기법 개발

(7) 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술 개발

○ 초고층 건축물의 방어선을 (1)주변현황, (2)대지경계, (3)외부공간, (4)건물외피 및 내부공간으로 분류하고, 각 방어선의 설계요소 중 테러발생에 영향을 줄 수 있는 요소를 체계화

○ 실무적용을 위한 폭발저항 구조부재 해석 및 설계기술로서 단자유도 해석절차를 이용한 구조부재 폭발응답해석 프로그램을 개발

○ 초고층 건물의 폭발물테러에 의한 피해경감 구조설계를 위하여 합리적인 구조설계 가이드라인을 작성

(8) 초고층건축 법/제도 및 지원정책

○ 명확한 초고층 인허가 절차의 제시 및 성능기준 체계의 선진형 규범으로의 전환

○ 영국, 미국(뉴욕, 시카고) 등의 벤치마킹을 통한 글로벌 인허가 시스템 및 성능평가 방안 마련

(9) 초고층 녹색수직도시공간 계획 기술 개발

○ 수직동 계획 및 평가 기술
- -초고층 건축계획 초기단계의 기본정보만으로 수직동선 대안을 제시
- -소프트웨어 실행 변수값 조정을 통한 대안 변경 가능
- -소프트웨어 개발시 복잡한 계산을 통해 얻어지는 결과에 대해 신속한 처리가 가능

○ 주차정보제공시스템 알고리듬
- -기존에 없던 초고층 건축물 교통입지적정성 평가기술 개발하고, 초고층 건축물의 주차정보 안내기술 개발 및 시뮬레이션 등을 활용한 평가

다. 제4세부

○ 초고층 빌딩에서 소비하는 에너지의 35%가 조명에 사용되어지며, 초고층 빌딩내 소비 에너지 저감을 위해서는 조명에 소비되는 에너지를 반드시 저감하여야 함

○ LED 조명은 건물에너지 저감에 가장 효과적인 수단이며 추가적으로 초박형 LED 조명은 디자인가치를 반영한 건축조명의 역할을 수행할 것임

○ 건물의 유지관리시스템(FMS)과 건물정보모델(BIM) 기반의 유지관리시스템 초고층건물의 운영비 절감과 건물수명에 기여할 것으로 사료됨

○ 초고층 빌딩의 시설관리 운영체계의 표준 정립 및 효율화 구현으로 에너지의 효율적인 사용과 건물운영비용의 절감에 기여할 것으로 사료됨

○ BIM기반의 UI형 초고층복합건물 FMS 시스템을 적용함으로써 공간과 속성을 통합하고 시각적 유지관리 기능을 결합하여 관리의 효율성을 극대화할 것으로 기대됨

○ 유지관리단계 BIM의 도입은 발주자 관점에서 BIM을 활용하는 궁극적인 목적 중 하나이며, 연차별 연구결과가 향후 완성될 유지관리 정보모델링 지침의 기반이 될 것임

○ USN 센서노드 시스템은 현재 환경, 농업, 빌딩 오토메이션, 홈 모니터링 분야 등 다양한 분야에 응용 사용되고 있으며, 초고층 복합건물 유지관리를 위한 USN 기술은 건축물에 대한 센서설치, 운용, 관리 기술을 성장 발전시킬 것이며 이로 인해 건설IT 인프라 산업 시장 발전과 기술 발전을 도모할 것임.

제3절 관련분야의 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술현황

[1세부]

가. 비정형 구조시스템 최적화 설계기술

○ 초고층빌딩설계연구단을 통해 비정형 초고층 설계 기술들은 외국 선진업체에 비견되는 수준으로 성장하였고 국내의 롯데월드타워, 국제금융센터, 몽골의 MAK Tower 등 다수의 초고층 프로젝트에 적용되어 그 우수성을 인정받음

○ 현업에 종사하는 엔지니어들에게 교육이 이루어지고 있으나 교육의 기회가 제한적이고 단시간에 습득할 수 있는 수준이 아니기 때문에 실무에서 널리 사용되기는 어려운 현실임. 이를 극복하고 실무 기술 인력을 육성, 확보하기 위해서 수준별 맞춤형 교육프로그램 개발이 요구됨

○ 아직까지 업계 전반에 해외 업체를 선호하는 인식이 여전하며 브랜드 파워 및 경쟁력이 아직 기존 업체에 미치지 못하는 까닭에 국내 입차에서 마저도 배제되어 로커업체에 머무르는 경우가 빈번함

○ 해외 적용 사례 등을 바탕으로 해당 기술에 대한 브랜드 이미지를 제고하고 가치를 향상시킬 수 있는 방안을 강구하는 것이 시급

○ 국제적인 활성화 및 도입에 따라 국내에서도 설계사, 건설사에서 BIM 도입에 대한 관심이 급증하는 추세이며, 대형사의 경우는 건축, 구조 중심의 팀조직을 통해 다양한 프로젝트에 적용하거나 계획 중임. 또한, BIM을 적용한 공공발주 사례가 점차 확산되고 있는 추세임

○ 국내의 개방형 BIM 요소기술 개발, BIM기준 개발 및 BIM라이브러리 개발을 위한 인프라는 기초수준에 있음

○ 국내에서도 BIM의 조기 도입과 활용을 위해서는 지침의 개발이 시급하며, 초고층 건물을 대상으로 지침을 개발할 경우 실제 파급효과가 매우 클 것으로 전망됨

나. 파라메트릭 구조해석 지원 도구

○ 비정형 초고층 구조물의 계획 시에는 설계의도를 반영할 수 있는 초기 구조시스템 선정 지원 시스템, 초기 구조시스템 선정에 필요한 규칙 및 제한조건 설정 모듈, 선정된 기본 형태를 바탕으로 수백 내지 수만 가지의 변형된 형태를 자동적으로 생성해내는 구조시스템 전산생성 알고리즘, 수많은 구조시스템 대안을 합리적으로 비교 평가할 수 있는 구조시스템 대안평가 기술, 디지털 기술을 이용한 비정형 구조시스템 구현기술 등이 수반되어야 함

○ 아직까지 비정형 초고층 건축물에 최적화된 통합적인 설계기술이나 요소기술 등이 우리나라에 축적되어 있지 않으며, 일부 건설 선진국 또는 선도 설계회사 및 건설회사에 의하여 독점화 되

어있으나 아직도 기술 개발과 그에 따른 기술경쟁력 확보 가능성은 열려 있는 상황임

○ 국내의 경우 2012년부터 조달청에서 발주하는 500억 이상 공사에 BIM을 적용하려는 계획이 발표되는 등 전산시스템을 이용해 건축물을 설계하고 이후의 엔지니어링 작업 역시 디지털 정보를 바탕으로 수행해 나가는 방식이 보편화되는 추세임

○ 따라서 초기 형태생성에서부터 전산화된 방식에 의존할 수밖에 없는 비정형 초고층 건축물의 경우에는 IT기반 기술을 활용하여 제반 관련기술을 융복합할 수 있는 전산플랫폼의 개발과 형태생성 및 대안평가를 자동화할 수 있는 전산시스템의 개발이 필수적으로 요구됨

[3세부]

가. 풍진동 제진장치 설계기술

○ 국내에서는 90년대 이후 진동제어에 대한 이론적 연구를 시작으로 건축구조물의 내풍성능 및 거주성능을 개선하기 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있음. 여러 가지 제진장치 타입에 대한 제어이론과 수치해석을 통한 성능개선을 평가하고, 축소모형에 대한 실험실 수준의 성능검증연구가 이루어지다가 90년대 말 실제 구조물에 적용하는 단계에 이르렀으며 최근에는 초고층 아파트에 대한 제진장치 적용 타성성 검토가 적극적으로 이루어지고 있으며 그에 따라 적용사례 또한 증가하고 있는 추세임.

○ 국내 적용된 제진장치의 타입으로는 층간 설치하는 가새-댐퍼시스템과 최상층에 설치하는 질량형 타입중에서 질량형 타입의 수동형 제진장치가 주로 사용되고 있으며 준능동, 능동형 제진장치는 연구개발 단계로서, 현재 적용된 사례는 해외의 기술을 도입하여 이루어진 것임. 국내 제진장치 적용은 초기 관급공사 구조물에 주로 적용되다가 민간 주도로 초고층아파트, 주상복합건물로 확대되고 있는 과정에 있음.

[세부기술별 국내 주요업체 현황]

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	최고기술보유기관	비고
풍동실험 및 풍하중 평가기술	T.E Solution	풍동실험	T.E Solution CKP 연구소 대우건설 기술연구소	-
	CKP 연구소	풍하중실측, 풍동실험, CFD해석		도플러소더
	분산공유형 풍동실험실	풍동실험		-
	현대건설 기술연구소	풍동실험		-
	대우건설 기술연구소	풍동실험		-
제진기술	T.E Solution	제진장치 제작기술	T.E Solution	-

○ 제진기술 시장에 전문으로 활동하는 업체는 매우 극소수이며 대부분 전문건설업체나 엔지니어링 업체가 제진기술을 일부 확보하고 있는 실정임. 다음은 국내 적용사례를 중심으로 제진기술 도입하고 활용한 경험을 가진 업체를 정리한 것임.

[제진기술 국내 초고층 건축물 적용 현황]

순번	적용대상 구조물	구조물 소재지	장치 유형	설치연도	비 고
1	인천국제공항관제탑	인천 국제공항	질량형(HMD)	1999	100.4m
2	양양국제공항 관제탑	양양 국제공항	질량형(TMD)	2000	80.1m
3	갤러리아 팰리스	서울잠실	가새댐퍼(VED)	2003	46층
4	센텀시티	부산	질량형(TMD)	2004	40층
5	현대 하이페리온	부산	질량형(TLD)	2005	42층
6	롯데 호텔	울산	질량형(AMD)	2007	20층
7	포스코더 샾 퍼스트 월드	인천송도	질량형(TLCD)	2008	64층 12월 예정
8	포스코 건설본사 사옥	인천송도	질량형(TMD)	2009	33층 4월예정

※ HMD : Hybrid mass damper (능동형) TMD : Tuned mass damper (수동형)
TLD : Tuned liqud damper (수동형) VED : Viscoelastic damper (수동형)
AMD : Active mass damper(능동형) TLCD: Tuned liquid column damper(수동형)

나. 풍진동 계측 및 건전도 평가기술

○ 국내에서는 바람 및 기타 요인에 의해 발생하는 구조물의 진동, 변위에 대한 모니터링의 경우 국내 교량과 같은 토목현장에서 먼저 적용되기 시작하였으며, 현재 서해대교, 인천대교 등 대형 교량에서 모니터링 시스템 적용이 일반화 되고 있음.

○ 국내 건축시장에서도 초고층 건물이 건설되기 시작하면서 건축물의 유지 관리, 사용성, 구조안전성에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이에 따라 구조물 모니터링 적용 사례가 증가하고 있음. 하지만 현재까지 건축물에서 풍진동 모니터링 시스템이 효율적으로 활용되는 사례가 적은 것으로 파악됨.

○ 적용 사례로는 도곡동 아크로비스타, 일산 위브더제니스, 포스코건설 송도사옥, 송도 NEATT 등이 있으며 잠실 롯데월드타워에도 적용 중이며, 본 과제 수행을 통해 송도 퍼스트월드, 부산 센텀파크 등에 적용되었음.

다. 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

○ 현재 국내에서는 건물의 구조설계시 화재, 폭발 등 설계기준에 포함 되지 않은 비정상하중에 의한 연쇄붕괴에 현상에 관하여 고려하지 않는 경우가 대부분임.

○ 국내에서 건물의 연쇄붕괴에 대한 연구는 미국 세계무역센터 붕괴 이후 건국대와 성균관대에서 수행되어 왔음.

○ 마이다스에서는 국토해양부 과제의 일환으로 연쇄붕괴 해석모듈을 개발하고 있음.

라. 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

○ 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 왔다.

○ 건물에 작용하는 비정상 하중과 관련된 국내의 연구는 주로 화재에 대한 연구에 집중되어 있으며, 화재에 의하여 콘크리트구조, 철골구조, 복합구조 등에 발생하는 손상에 관하여 연구한 예가 있다. 그리고 한국건설기술연구원에서 건축물의 내화설계에 관한 연구를 진행하였다. 그러나 기존의 연구들은 대부분 재료 및 부재 수준의 내화성능과 관련된 연구이며, 구조물 전체의 거동 및 붕괴 기구에 관해서는 연구된 바가 없다.

○ 폭발에 관한 연구는 산업시설을 대상으로 연구된 예가 있으나, 건축물에 대한 연구논문은 없고, 단지 건물의 방폭 설계에 대한 내용이 학술지 기사를 통하여 소개된 바가 있는 정도이다.

마. 비정상하중 해석/설계 기술

○ 현재 국내에서는 건물의 구조설계시 화재, 폭발 등 설계기준에 포함 되지 않은 비정상하중에 의한 연쇄붕괴에 현상에 관하여 고려하지 않는 경우가 대부분이다.

○ 국내에서 건물의 연쇄붕괴에 대한 연구는 미국 세계무역센터 붕괴 이후 건국대와 성균관대에서 수행되어 왔다.

○ 마이다스에서는 국토해양부 과제의 일환으로 연쇄붕괴 해석모듈을 개발하고 있다.

바. 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발

○ 9/11 테러 이후 국가기반시설 및 다중이용시설을 대상으로 한 테러발생위험에 대한 인식이 증가했으며 정부기관 및 지자체를 중심으로 주요시설에 대한 대책 수립을 위해 노력하고 있음.

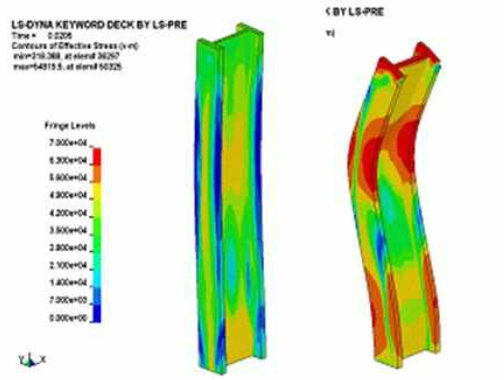
○ 국가정보원(NIS)에서는 국가 대테러 활동에 관한 활동 지침을 가지고 테러예방 및 대안을 구축하고 있으며, 국토해양부에서 마련한 다중이용 건축물 테러예방 설계가이드 라인을 이용하여 구체적인 건축물을 계획하고 있음. 또한 서울시에서는 50층 이상 200m이상의 초고층건물의 테러예방설계를 의무화하였으며, 국토해양부에서도 초고층건물을 포함하여 테러에 취약한 다중이 이용하는 건축물에 대한 테러예방 활동을 강화하기 위하여 '건축물 테러예방 설계가이드라인'을 마련하고 2010년 4월 1일부터 시행 중에 있음.

○ 정부는 2030년까지 '국민의 삶의 질'을 세계 10위권으로 끌어올리기로 하고 '삶의 질 관련기술 5개년 종합계획' 등에 자연재해, 범죄, 교통, 식품 등으로부터 안전한 삶과 사회적 약자의 편리한 삶을 구현한다는 방침을 밝히고, 관련 법적·제도적 장치를 마련하기 위해 노력하고 있음. 본 과제의 목표는 관련 분야 기술이 상대적으로 낙후되어 있는 현 상황에서 정부정책을 뒷받침할 수 있는 기초 및 기반기술로서의 가치가 있음.

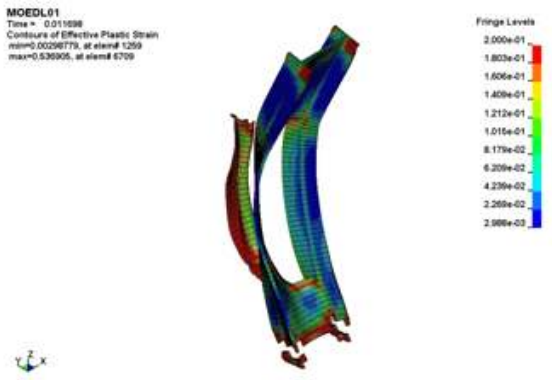
○ 현재 폭발물에 의한 테러예방 및 피해경감을 위한 구조/계획 설계기술을 확보하고 있는 국내 업체는 없으며, 초고층 건축물의 폭발물 테러예방과 관련된 기술개발연구는 수행된 바 없음.

○ 국내의 연구는 주로 재료 및 부재 수준의 내화성능과 관련된 연구에 집중되어 있음. 한국건설기술연구원에서 건축물의 내화설계에 관한 연구를 진행하였음. 내화성능과 더불어 폭발물 테러예방 및 피해 경감을 위한 계획/구조설계에 대해서는 연구된 바 없음.

○ 폭발에 관한 연구는 산업시설을 대상으로 연구된 예가 있고, 최근에 건축물의 방폭설계와 관련하여 폭발하중과 관련된 연구 및 폭발파-구조물 상호작용을 묘사하는 유체동력학을 이용한 정밀수치해석을 이용한 저층건축물 및 시설물의 부재차원의 연구가 진행되고 있음.



[폭발하중에 의한 강재기둥의 거동 평가]



[폭발하중-구조물 상호작용을 통한 성능평가]

○ 2007년도부터 성균관대학교가 진행 중인 비정상하중에 대비한 초고층건물 구조설계기술과 2009년도부터 성균관대, 건국대, 마이다스아이티, 그리고 도화구조가 진행 중인 초고층건물의 연쇄붕괴 방지기술에 대한 연구를 진행함. 이는 초고층건물의 연쇄붕괴방지설계를 대상으로 하는 것으로 본 연구의 초고층건물의 폭발물 테러 예방 및 피해경감 설계기술과는 연구의 대상 및 내용이 상이하므로 중복사항 없음.

○ 한편, 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계는 폭발하중에 대한 각개 부재 또는 일군의 부재의 성능을 평가하고, 건물에 방호 “외피”를 제공하여 폭발파편과 비산을 방지함으로써 인명 및 자산을 보호하고 주요 구조부재/시스템의 파괴를 방지하는 것을 주목적으로 함. 결론적으로 폭발하중에 대한 구체적인 국부적 저항성을 건물에 부여하는 것임. 본 과제의 주 목적은 허용 피해도에 상응하는 만큼 부재가 변형할 수 있도록 충분한 연성을 제공하는 것임. 이와 달리 연쇄붕괴방지설계는 구조시스템에 충분한 여유도와 연속성을 부여해서 국지적으로 시작된 파괴의 전파를 막는 것을 목적으로 함. 이상극한하중의 종류나 크기 등에 무관하다고 할 수 있음.

○ 이러한 관점에서 폭발물 피해경감 설계기술이 기존의 연쇄붕괴방지설계기술과 연계된다면 상호 보완되어 시너지효과가 매우 클 것으로 기대됨.

사. 초고층건축 법/제도 및 지원정책

○ 최근 토지이용의 효율성, 건축기술의 발전 등 다양한 요인들에 의하여 초고층건축물에 대한 관심이 전 세계적으로 증대되고 있으며, 국내에서도 서울, 부산, 인천 등에서 초고층 건축물 계획들이 발표되어 지고 있고, 지상 123층 규모의 롯데타워에 대한 최종 건축허가가 승인되어 시공 중에 있음.

○ 이러한 초고층건축물 건립에 대한 관심이 증대되고 있는 배경에는 초고층건축물이 도시의 랜드마크로서의 역할과 더불어 국가 경제력과 건축기술력을 보여주는 상징으로 부각되고 있음은 물론 한정된 도시공간의 효율적인 이용, 녹지 면적 증가에 따른 환경영향 제고, 도시경제 활성화, 건설산업 활성화, 건축 기술력 향상, 관광자원화 등 여러 방면에서 긍정적인 효과가 있기 때문임.

○ 그러나 1934년 제정된 조선시가지 계획령을 근거로 1962년 제정된 건축법은 부분개정이 누적된 형태가 현재까지 이르고 있는 대표적인 구시대적 체계의 법률로 지속적으로 건축기술이 발전하고 건축물 요구사항이 다양화되는 최근의 변화에 대한 제도적 대응과 지원에 한계가 있다는 주장이 각계에서 제기되고 있음.

○ 특히 건축도시공간연구소(Auri)에서는 건축법의 체계적 정비를 위한 기본방향 연구를 수행한 바 있으며, 아래의 그림과 같이 건축법 개편 대안 중 초고층건축물에 관한 법도 포함하여 제시되는 등 시기적으로 초고층건축물 관련법의 재정비 및 특별법(또는 별도의 법령)의 필요성이 대두되고 있음.

○ 이와 더불어 초고층건축물은 국내 저탄소녹색성장 관련 정책과의 연계도 고려되어 법/제도 및 지원정책이 수립되어야 함.

○ 초고층 법/제도 및 정책에 고려되어야 하는 저탄소 녹색성장 관련 정책으로, 정부는 2008년 하반기 에너지 자립도 향상을 위한 국가에너지 기본계획, 기후변화대응 종합기본계획, 녹색산업발전전략 수립하고, 2009년 초에는 전 세계적 경제위기 극복을 위한 녹색뉴딜 정책과 신성장동력 비전을 제시함. 2009년 5월에는 녹색 연구개발 계획과 그린 정보통신 국가전략을 발표

하고, 7월 ‘녹색성장 국가전략 및 5개년 계획’을 수립함. 또한 2010년 2월 ‘저탄소 녹색성장 기본법’ 시행령을 입법 예고하였으며, 저탄소 녹색성장 기본법은 기후변화 및 에너지 대책 등을 효율적으로 추진하기 위한 것으로 경제, 산업, 국토, 환경, 국민행동 전반을 종합적으로 규율하는 내용을 포함함. 본 연구는 이와 같은 관련 정책에 대한 고려가 필요함.

아. 녹색수직도시공간 계획연구

○ 국내 초고층 관련 연구개발 동향에는 다음과 같은 정부 R&D 사업에 대한 요약을 주요하게 포함시키고 있음

○ 과학기술부, "초대형 구조시스템 연구센터", 1993~2002, 한양대 초대형 구조시스템 연구센터, 이리형 교수 외 (50-100층 규모)

○ 건설교통부, "초대형 고층건물 기술개발", 1999~2001, 한양대.삼성물산.삼우설계.한국기계연구원, 이리형 교수 외 (100층 규모)

○ 건설교통부, "초고층건축물 건설기술연구단", 2003~2007, 대한건축학회.한국건설기술연구원.GS건설, 김진균 교수 외 (100층 규모)

[표 1-1] 국내 초고층 연구개발 동향

R & D	과학기술부 초대형 구조시스템 연구센터	건설교통부 초대형 고층건물 기술개발	건설교통부 초고층 건축물 건설기술 연구단
연구기간	1993~2002	1999~2001	2003~2007
연구책임자	이리형(한양대)	이리형(한양대)	김진균(서울대)
참여기관	한양대 초대형 구조시스템 연구센터	한양대, 삼성건설, 삼우설계, 한국기계연구원	대한건축학회, 건설 기술 연구원, GS건설
연구대상	50~100F 규모 요소기술	100F 규모 설계 · ENG 기술	100F 규모 설계 · ENG 기술
연구목표	초고층/대공간 구조물 건설 기술 개발	한국형 초고층 건축 기술	초고층 건축물 첨단건설기술 자립 및 실용화
계획 및 POE	-	거주성(쾌적성)평가 지표 및 프로그램 구축기술 친환경 성능 평가 지표 및 프로그램 구축 기술	피난계획 평가 및 예측시스템 개발 초고층 주거건축의 공용 공간 분석 및 설계 기준 개발

○ 위의 연구는 크게 ‘계획 및 POE’, ‘구조’, ‘재료 및 시공’, ‘환경 및 에너지 절감’, 이상 4가지의 세부 연구내용을 중심으로 단일규모의 초고층 건축물을 그 연구의 대상으로 하였음.

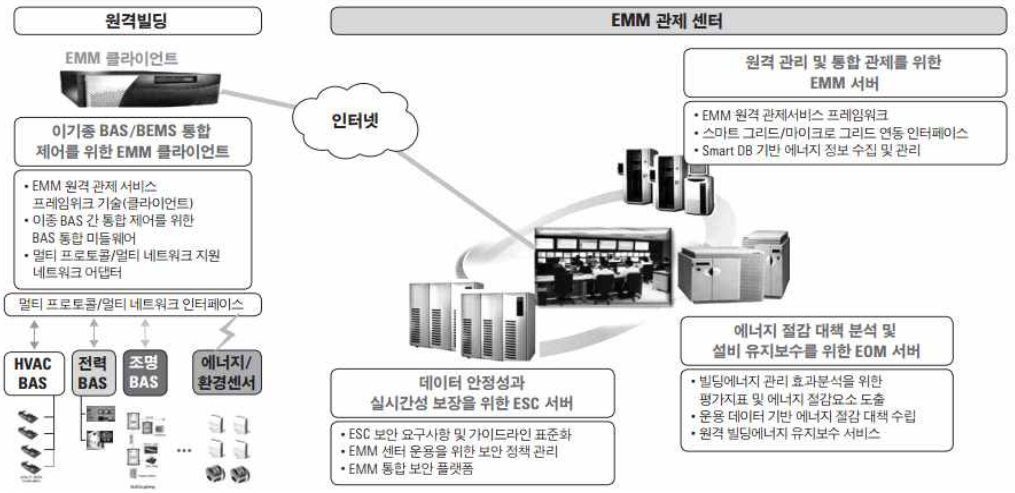
○ 최근 건설기술의 발전과 컴퓨터 기술의 융합으로 기존의 설계 및 시공의 한계를 극복한 비정형 건축물의 설계 및 시공이 활발히 이루어지고 있음.

[4세부]

가. 에너지관리플랫폼 기술 및 LED 조명기술

○ 빌딩 운용상의 문제점을 극복하고, 사용자의 빌딩 사용에 대한 쾌적도 만족 및 에너지 소비 효율화를 고려한 방향으로 기술개발이 추진되고 있으며 '고효율 건물에너지 감응형 EMM(Energy Monitoring&Management)플랫폼 기술 개발'과 '한국형 마이크로 에너지 그리드(K-MEG: Korea Micro Energy Grid)' 사업이 대표적인 사례임

○ 원격 관제센터를 통해 빌딩에너지 소비 관리 기능을 제공하는 기술을 개발하는 것이 국내외적인 추세이며, '고효율 건물에너지 감응형 EMM플랫폼 기술개발은 개별빌딩 환경에서는 빌딩에너지관리시스템(BEMS)을 구축하고, 다수 개 빌딩을 원격 관제 센터에서 관리하는 기술임



○ 'K-MEG 에너지 통합운영관리시스템 개발 및 구축' 과제는 통합 관제 센터(ToC: Total OperationCenter) 기반의 원격 그룹 BEMS 기능에 대한 기술연구 및 서비스 개발이 포함되어 있으며, 현재 관제센터를 통해 운영시험 중임

○ LED는 무수은, 이산화탄소 절감 등 친환경 광원으로 각광을 받으며 에너지 절감과 환경적인 측면에서 기존광원을 대체할 광원으로 평가받음

○ 우리나라는 공공기관 10% 절전 의무화로 민간보다 한층 강화된 철저한 에너지절약 실천을 통해 연간 10% 절전 의무화 달성목표를 완수하고, 경제계에서도 연간 5% 절전 목표를 선언하고 단체별·협회별 자발적 이행을 결의)하였으며, 2014년 1월 1일부터는 저효율 백열전구의 생산 및 수입이 금지됨

○ 정부는 2012년까지 세계 3대 LED 생산국으로 진입하는 것과 2015년까지 기존 조명기구의 30%를 LED 조명기구로 교체하는 것을 골자로 하는'LED 조명 15/30 보급프로젝트'를 추진한다는 계획에 따라 LED 교통 신호등 등 지자체 및 공공기관 중심의 LED 조명시장 확대 사업에 650여억 원, LED 유도등을 비롯하여 일반조명 대체용에 민간설치 보조 장려금 156억 원

을 포함하여 총 약 815억 원을 지원하였음

○ 국내 LED조명은 2005년 약 540억원 규모로 발아기를 거쳐 2012년 1.3조원, 2015년 3.6조원의 규모로 41.7%의 비약적인 연평균 성장률을 기록하면서 2018년에는 6조 원 규모에 이를 전망임

○ 우리나라 또한 백열전구, 할로겐전구, 형광등, 도로조명 대체시장이 우월한 시장을 가지고 있고, 해외의 예처럼 우리나라도 Retrofit 시장이 초기에 우세하다가 Monolithic LED Down Light 시장이 성장할 것으로 전망됨

▼ 국내 'LED 조명 및 응용' 시장 전망 ▼

(단위 : 억불)

구 분		제품명	05년	08년	10년	12년	15년	18년	CAGR (%) 08~18년간
LED 응용 (융합)기기		휴대전화 모듈	16,640	14,000	11,000	8,000	4,000	3,100	-14.0
		중대형 LCD BLU모듈		1,000	1,500	9,000	40,000	75,000	54.0
		자동차 모듈	90	160	600	3,000	7,000	10,000	51.2
		LED Display	460	1,115	2,100	3,357	5,000	6,400	19.1
		의료			100	600	1,500	2,400	48.8
		농수산업			50	500	1,800	3,300	68.8
		정보가전, 통신			50	400	3,000	5,400	79.5
		UV살균소독탈취, 경화응용		20	100	1,400	7,000	9,500	85.2
		LED응용기기 합계	17,190	16,295	15,500	26,257	69,300	115,100	21.6
LED 조명 기기	옥내	할로겐전구대체		200	700	1,800	5,017	8,970	46.3
		백열전구대체		330	1,250	3,000	7,024	11,297	42.4
		형광등 대체 평판형		100	500	2,000	8,028	14,111	64.0
	옥내외	Down Light		33	138	252	454	3,703	22.2
		Task Light	30	61	92	168	303	666	35.1
		LED Sign	364	490	787	1,379	2,405	444	22.0
		Outdoor Lighting	147	500	1,100	1,700	2,651	3,464	21.6
	옥외	LED 가로등		209	1,040	2,538	10,603	19,911	57.7
	LED 일반조명시장 합계		541	1,923	5,607	12,837	36,485	62,565	41.7
국내 LED 시장 총계			17,731	18,218	21,107	39,094	105,785	177,665	21.2

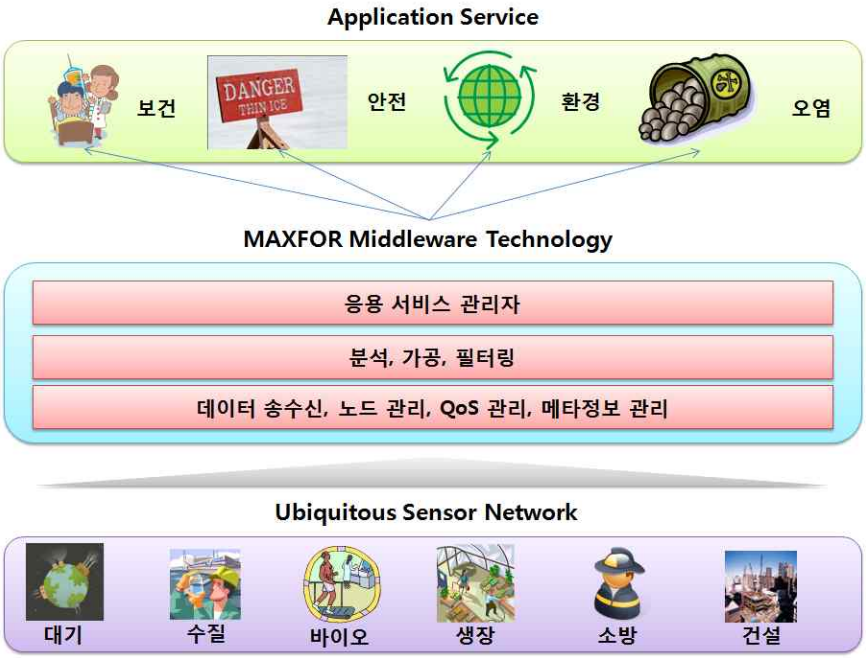
※ 출처 : 한국광기술원 (2008.4): 아래의 시장자료를 기초로 종합 · 분석된 자료, the Freedonia Group, Inc (2006), GIA 일반조명시장(2006), 조명산업발전위원회"국내외 조명분야 기술동향에 대한 영역별 신기술조사 보고서"(2002), 산자부 조명산업현황(2004), global Information, Inc., "조명기구 전망"(2005), 한국신용평가정보, Industry Report (조명기기), 2008.07.04(평가분석팀 한인효), 대신증권 리서치 센터, Strategies Unlimited (2008.2) "LED market forecast", OIDA 2007.9 (Photonics Korea 2007 발표, by Dr. M. Levy)

나. 센서 및 센서 노드 관리 시스템

○ 초고층복합빌딩은 구조물의 특성상 매우 다양한 설비와 시설물이 들어가며 용도도 매우 다양하여 이에 대한 정보를 감지하기 위해서 많은 이종 간의 감지장치들이 사용됨

○ 초고층복합빌딩은 설비의 상태, 시설물의 상태, 건물의 내부 환경, 건물의 외부 환경, 구조물의 상태 등이 설비와 시설물의 위치와 목적에 따라 서로 다른 감지장치가 사용될 수 있으며 이는 정보의 종류 및 감지장치의 종류와 특징에 따라 입력장치에 사용되는 기술들이 다름

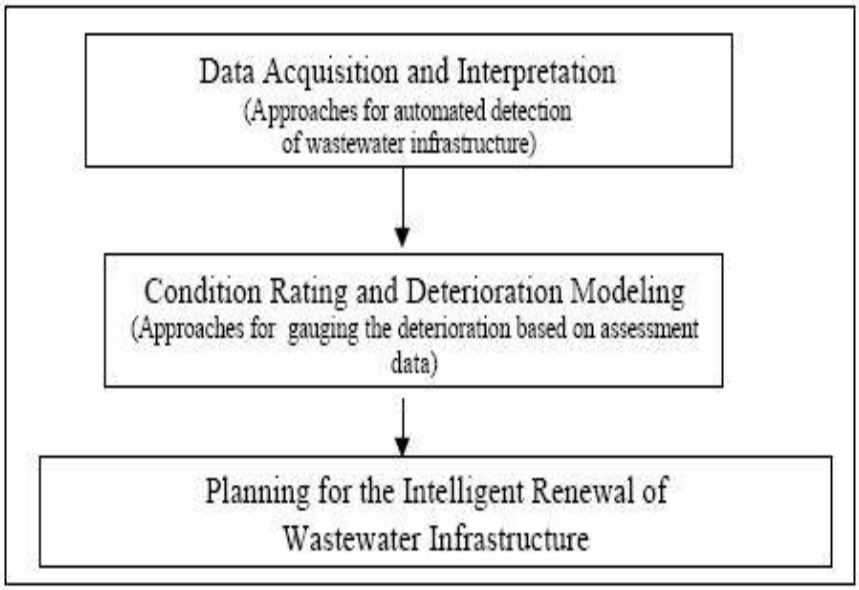
○ 센서 네트워크 및 미들웨어 는 시설물 센서진단 기술은 건물의 운영, 유지관리 및 다양한 분야에서 활용할 수 있는 정보를 제공하는 매우 중요한 기술이며 이를 뒷받침할 수 있는 기기 및 장비관련 유형적 manufacturing 산업기술도 중요하지만 이러한 인프라가 국내에는 현재 체계적으로 갖추어져 있지 못한 상황임. 2000년대 초부터 개발되고 있는 USN 등의 기술을 기반으로 한 시설물 센서 진단 기술은 다양한 응용분야에 활용될 수 있으며, 초고층 및 일반 건물에서 활용 가능한 기술은 최근 활발하게 제안되기 시작하고 있음



[그림] 맥스포 미들웨어 기술 계층도

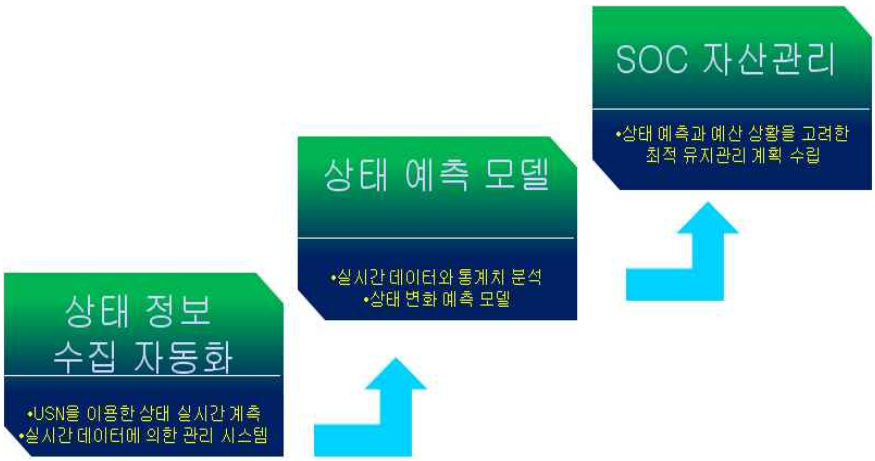
○ 지능형 시설물 관리에서 Lifecycle 개념과 Financial mangement 개념, 그리고 사용자의 편의성 개념을 통합하여 시설물의 시공, 운영과 수명이 다 할때까지의 관리를 포함하는 개념을 해외에서는 Total Asset Management라고 부르며, FMS와 IBS 등을 포함하는 포괄적인 개념으로서 대형 시설물 (도로, 교량, 항만, 공항, 고층 빌딩, 하천관리) 등에 적용 되고 있음

○ 센서 기반의 유지관리는 데이터의 획득의 자동화, 획득한 데이터의 처리, 마지막으로 보수와 보강을 위한 계획 수립으로 발전하게 됨



[그림] 수자원 인프라의 센서기반 유지관리의 발전 단계 (Abraham et al 1998)

○ 이 개념이 발전하여 아래 그림과 같이 자동화된 의사결정 까지를 포함하는 지능형 유지관리로의 발전이 이루어짐.

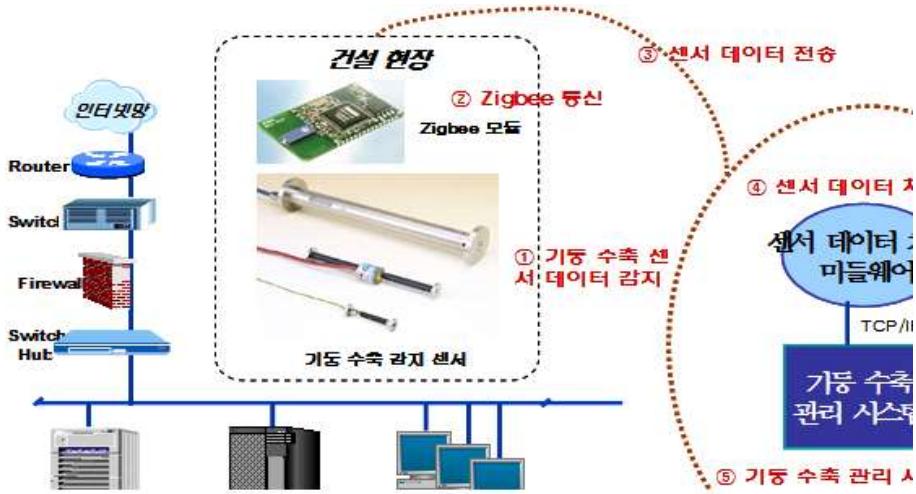


[그림] USN 계측의 발전 과정 (채명진 2007, RFID/USN 협회)

○ 무선 센서기술은 기존의 유선센서기술과 달리 센서의 추가 및 제거가 용이하며 이것이 관리자 환경에 적용 되어 함

○ 아래 그림과 같이 무선센서계측 시스템의 UI는 일반적인 유선 기반과는 다르게 진행 되며 센서의 추가가 편리하게 디자인 되는 것이 발전 추세임

○ 이 연구는 무선센서를 이용하여 초고층 빌딩에서 발생하는 센서데이터의 시험 적용이란 점에서 세계 최초로 시도된 사례임



[그림] USN을 이용한 초고층 빌딩 기둥 수축 계측 (ETRI, 한국건설기술연구원, 2007)

○ 스마트빌딩에서의 센서는 MEMS, 나노 등 첨단 기술을 기반으로 초소형 및 복합형으로 진화하고 있음

○ 온· 습도, 가스 통제를 위한 다양한 환경관리 센서임

○ 기존 CCTV에서 적외선, 진동, 음향, 초음파 등 분야가 다양한 보안 센서임

○ 지금까지의 많은 센서네트워크연구는 단편적이고 응용에 종속적인 기술을 사용하여 센서네트워크 자체의 가능성을 보여주었지만, 실제 센서네트워크를 개발하고 적용하기 위해서는 훨씬 다양한 기술들이 고려되어야하며 이를 지원하며 통합할 수 있는 미들웨어의 개발이 연구 중임

○ 웹사이트에 공개하는 단순한 개방을 벗어나, 다른 자원과의 융복합이 가능하도록 개방, 공유(Open API)하는 플랫폼으로 발전함

○ 일반적인 센서의 감지기술은 물론이고, 에너지절감을 위한 소비전력모니터링이나, 환경모니터링의 목적으로 대기환경감지 센서류의 개발 및 통합관리가 지속 연구 중에 있음

○ 시설물 센서진단 기술은 건물의 운영, 유지관리 및 다양한 분야에서 활용할 수 있는 정보를 제공하는 매우 중요한 기술이며 이를 뒷받침할 수 있는 기기 및 장비관련 유형적 manufacturing 산업기술도 중요하지만, 이러한 장비 인프라가 국내에는 현재 체계적으로 갖추어져 있지 못한 상황임

○ 2000년대 초부터 개발되고 있는 USN 등의 기술을 기반으로 한 시설물 센서 진단 기술은 다양한 응용분야에 활용될 수 있으며, 초고층 및 일반 건물에서 활용 가능한 기술은 최근 활발하게 제안되기 시작하는 것이 현재의 구현성능 수준임

○ 초고층 빌딩의 시공에는 거푸집을 신속하게 제거 할 수 있도록 콘크리트 강도를 예측하는 여러 가지 방법이 있는데 콘크리트의 내부 온도를 계측함으로서 콘크리트의 강도를 간접적으로 알 수 있는 방법이 FiaTech, Flour Construction 등에 의해서 개발되었으며, 이를 USN을 이

용하여 계측하는 기술을 한국건설기술연구원과 KMI가 공동으로 2005년에 개발하였음

○ (주)맥스포는 USN 미들웨어 플랫폼 기술 기반 환경측정 데이터 수집 미들웨어(모델명 : MTV-SFNet 2.0)로 GS 인증 및 녹색 기술을 인증을 받았음

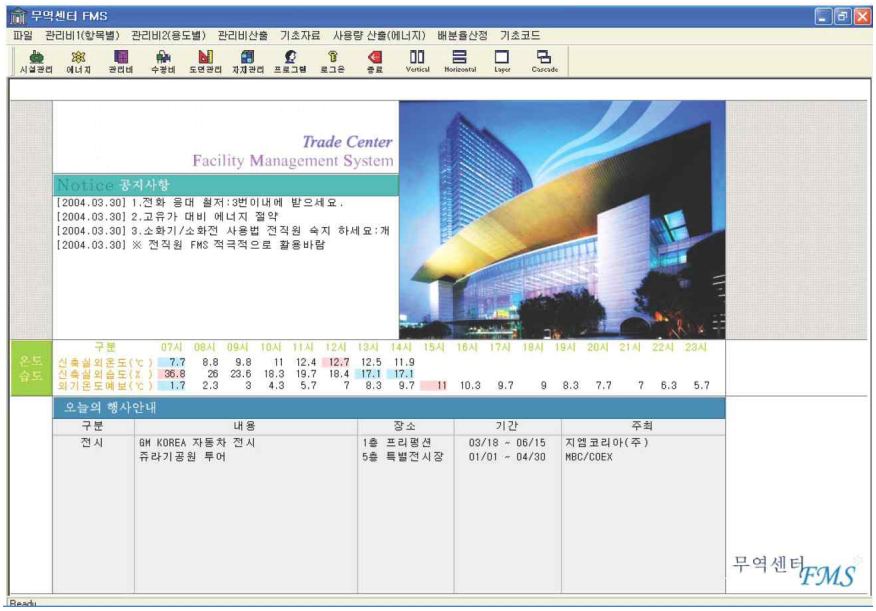
[그림] 무선센서를 이용한 콘크리트 양생 관리 체계 (한국건설기술연구원, KMI, 2005)

○ 국토부는 2008년 RFID/USN 센서, GPS 계측장비 및 이미지센싱 장비를 개발하여 주요시설물 8개소에 상시 안전관리시스템을 구축해 시범운영 추진함. 첨단센서를 이용한 안전관리 네트워크가 구축되면 통합운영시스템 및 이동 관제차량을 통해 시간과 공간의 제약 없이 언제, 어디서나 시설물 상태를 파악하고, 특히, 긴급상황 발생 또는 위험징후 감지시 인근주민에게 휴대폰 문자, 영상메세지, 도로전광판 등을 통해 5분이내에 동시다발적으로 전파되어 긴급사태시 초동대처가 가능해 시설물 사고로 인한 피해가 최소화되는 등 안전사고 예방효과를 거둘 수 있고, 시설물의 전체적인 거동, 변위 및 주요부재의 손상 상태 등을 실시간으로 파악해 이상징후에 대한 즉각적인 자동화 분석과 판정을 거쳐 신속한 대응 조치를 할 수 있어 시설물 안전사고 예방뿐만 아니라 시설물 장수화 효과 기대됨

다. 초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발

○ 지능형 유지관리기술은 현재 설비 시스템통합 모니터링 및 도면관리, 공간관리 등 기본적인 업무에 적용하고 있는 수준임

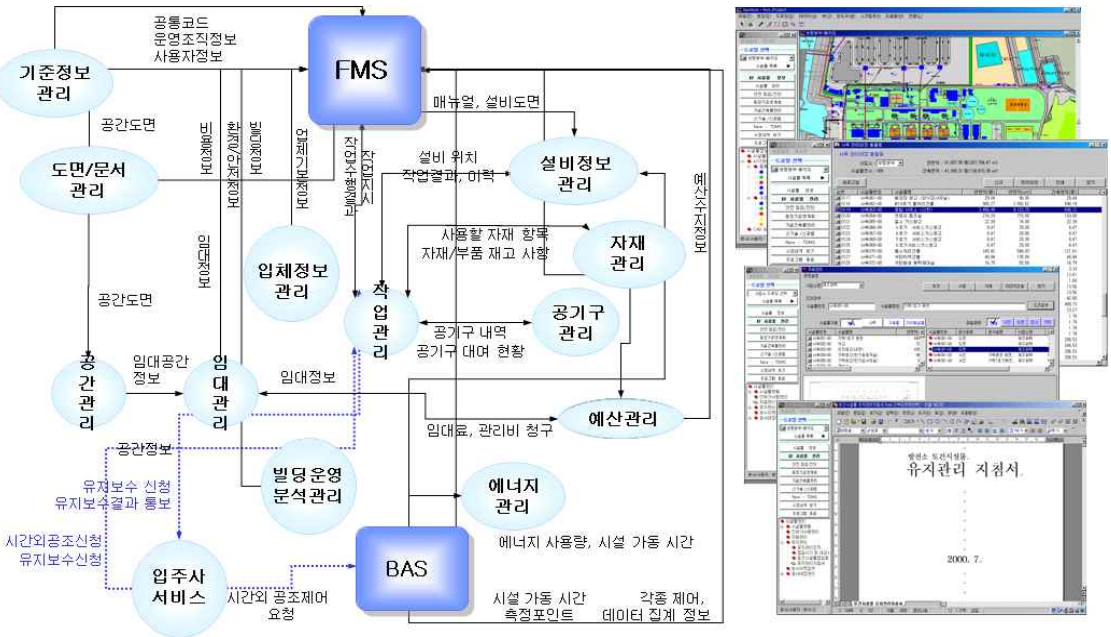
○ 국내 대표적인 FMS 구축·운영 사례인 COEX빌딩에서는 FMS의 주요 기능으로 시설/도면관리, 작업관리, 자재관리, 공기구관리, 협력업체관리, 에너지관리, 공간관리, 기준정보관리, 시각정보를 포함시키고 있는 것이 현재의 기술수준임



[그림] 무역센터(COEX) FMS 실제 구현화면(UI)

○ 현행 지능형 유지관리기술의 구현은 시각적인 CAFM 지원 하는 Visual-CAFM을 근간으로 사용자의 편의성과 향후 확장 및 유지보수를 용이하게 하면서 데이터 및 업무의 통합을 효과적으로 할 수 있는 객체 지향적 시스템으로 되어 있음

○ 지능형 유지관리기술의 현행 건축물 기술적용 수준을 대표하는 국내의 FMS 주요 기능도는 다음의 그림과 같이 제시됨



[그림] 국내 FMS 기술적용의 주요 기능도(Function Tree)

○ 지능형 유지관리 시스템으로는 소방방재청의 시설안전관리 시스템과 영등포구청의 RFID를 활용한 공공기관 도시시설물 관리 시스템 등 국내 정부기관 구축 사례들이 있음

라. 건물 정보 데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발

○ 빌딩스마트협회, 한국건축가협회, 연세대학교가 공동으로 수행한 국내 BIM 도입현황 설문조사(2008)에 따르면, BIM을 도입중이라고 응답한 국내건설사(엔지니어링 업체 포함)와 설계사는 각각 11개와 43개로 나타남.

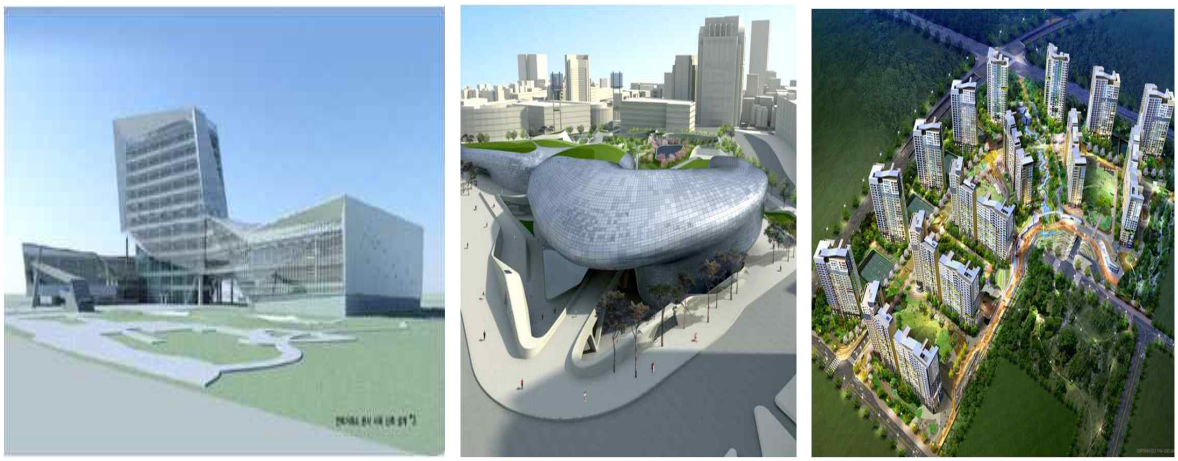
○ 이중 11개의 건설사중 3개사는 아직 BIM 프로젝트 수행경험이 없으며, 43개 설계사 중 20개사는 아직 소프트웨어를 보유하지 않거나, 보유하더라도 활용을 하지 않는 것으로 나타나 아직은 건설프로젝트에서의 BIM 활용이 아닌 도입 수준에 그치고 있는 상황으로 보임(최명석 논문 인용)

○ 국내 건설업계는 아직 BIM 도입초기 단계에 머물러 있으며, 주로 민간 대형 건설사와 설계사 위주로 추진 중임

○ BIM 분야의 전반적인 상황이 태동단계이며, 유지관리 BIM 분야도 유사한 단계에 있는 것으로 파악됨

○ 조달청에서는‘10년 4월에 공공건물에 BIM을 도입하겠다는 계획을 발표
- ‘10년에는 1-2건의 대형공사에 BIM을 시범적용하고, ’11년에는 3~4건으로 확대한 뒤, ‘12년부터는 Total Service 대상 500억 원 이상인 턴키·설계 공모 건축공사에 BIM 적용을 의무화 예정. 발주가이드 작성 및 발표(10년 12월)

○ 건축분야 : 서울시(동대문디지털플라자), 용인시(용인시민체육공원), LH 공사(파주운정지구 등), 전력거래소(본사 이전 사옥 설계)등 ‘08년 이후 공공발주공사에 대한 BIM 활용사례들이 있음

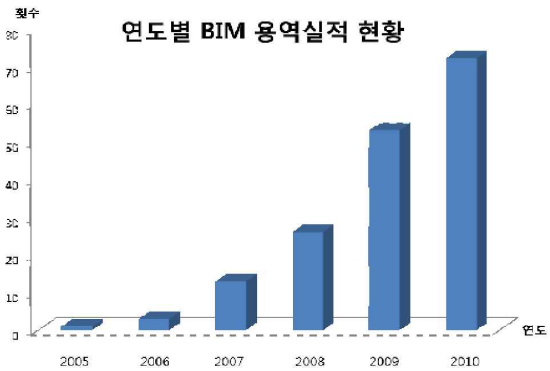


[그림] 한국전력거래소 현상안(좌), 동대문디지털플라자(중), 파주운정지구(우)

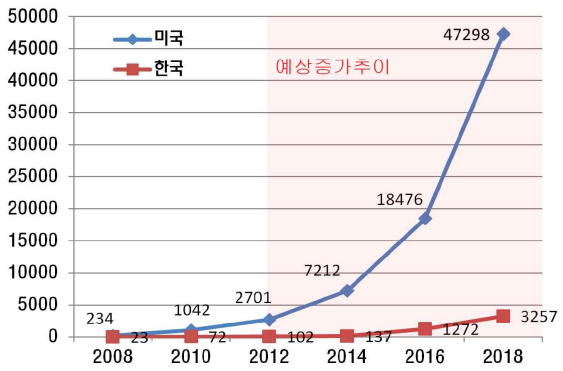
○ BIM이 알려지기 시작하면서부터 건설사, 설계사, 건설 IT 회사 등의 BIM 용역수행이 꾸준히 증가하고 있음. 2005년에 1건을 시작으로 하여 국내에 BIM이 본격적으로 도입된 시점인 2008년 26건, 2010년에는 72건으로 2005년도 대비 720% 2008년도 대비 약 280% 상승하였음

○ 공공발주의 경우 2008년 3건 국방부 발주를 제외한 총금액 약 3,200억원, 2009년 4건 총금액 약 6,600억원, 2010년 5건 총금액 9,336억 원으로 해마다 상승하고 있음

○ 2010년 BIM용역 실적 72건 대비 9,336억의 공공발주금액을 기준으로 프로젝트 증가 추이를 비교하면 2018년 BIM공공발주는 3,257건으로 총금액은422,324억으로 증가할 것으로 전망됨



[그림] 연도별 BIM 용역 실적 현황
(출처 : 빌딩스마트코리아, 2011)



[그림] 한국과 미국의 BIM 프로젝트 증가추이
(출처 : 이강 2011)

2. 국외 기술현황

[1세부]

가. 비정형 구조시스템 최적화 설계기술

○ 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 개발하고 있음

나. 파라메트릭 구조해석 지원 도구

○ 최근 기존 구조해석 모델러의 한계를 극복하고, 파라메트릭 디자인 도구의 장점을 활용하기 위한 연구가 진행되고 있으며, 주로 유용한 파라메트릭 디자인 도구와 구조해석 프로그램을 연계하는데 초점을 맞추고 있다. 여기에는 Rhinoceros(이하 라이노)기반의 Geometry Gym과 Generative Components(이하 GC)기반의 Structural Design Tools가 대표적임

○ Geometry Gym은 라이노의 모델을 구조해석 패키지와 연결해주는 라이노 플러그인으로 라이노 모델을 구조해석 프로그램의 형상입력 파일로 자동 생성하므로, 라이노의 다양한 자유형상 모델링 기능과 Grasshopper의 파라메트릭 모델링 기능을 활용하여 생성한 모델을 구조해석모델로 쉽게 변환할 수 있음

○ Structural Design Tools는 GC의 확장 컴포넌트로 개발되었으며, 역시 GC로 생성된 파라메트릭 모델을 자동으로 구조해석 프로그램의 입력파일로 변환해 줌

○ 위의 두 사례는 국외 업무 환경에 적합한 연구로, 국내에서 많이 사용되는 구조해석설계 프로그램과 호환되지 않고, 국내 설계환경(단면 DB 등)을 고려하지 않으며, 아직 실험적인 초기 단계여서 국내 실무에 직접 적용하기에는 무리가 있는 실정

○ 전세계 비정형 건축물 설계 시장을 장악하고 있는 영국의 Arup사에서는 수많은 대안을 빠르고 정확하게 검토하여 최적의 디자인 대안을 도출하는 CDO(Computational Design & Optimization)기술을 보유하고 있으나 이러한 기술을 외부에 공개하지 않고 실제 프로젝트에 독점적으로 사용하고 있음

○ 미국의 Gehry Technology는 자동차와 항공분야에서 사용되는 CATIA를 기반으로 개발된 파라메트릭 모델링 도구인 Digital Project를 다양한 비정형 건축물 설계에 활용하고 있음

[3세부]

가. 풍진동 제진장치 설계기술

○ 지진, 바람에 대한 구조물의 내진/내풍성능 향상을 위한 연구는 전 세계적으로 광범위하게 이루어져 왔음. 구조물 자체의 강성이나 연성을 증대시키는 소극적인 방법에서 탈피하여 구조물에 다양한 제진기술을 적용함으로써 외력의 영향을 제진장치의 에너지 소산으로 변화시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있음.

○ 지난 30여년 간 미국, 일본, 뉴질랜드, 이태리, 캐나다, 중국 등 많은 나라에서 700 여개가 넘는 구조물에 다양한 종류의 에너지소산장치가 새로운 내진/내풍설계 및 보강개념으로 적용되었으며, 구조물의 사용성 및 안전성 증진을 위한 유용한 장치로 검증되어 그 실용성을 높이기 위한 연구들이 현재 이루어지고 있음.

○ 제진장치 설계 및 제작은 주로 일본에서 이루어지고 있으며 Shimizu, Takenaka 건설과 같은 대형 건설회사들은 고유의 제진기술을 시공기술과 접목하여 자국내/해외시장에서의 경쟁력 확보에 활용하고 있으며, 미쯔비시 중공업, IHI는 제진기술에 대한 설계 및 제작기술을 특화하여 자국시장 뿐만 아니라 타국가의 건설업체와 연계하여 해외에 진출함으로써 시장을 다변화하고 있음.

[풍진동제어기술 최고 기술업체 현황]

세부기술	업체명(국적)	보유 기술 또는 특허	기술 수준	비고
제진기술	IHI	제진장치 제작기술	100%	능동형 제진장치
	Motioneering	제진장치 제작기술	100%	TLD
	스미즈	제진장치 설계 및 제작기술	100%	수동형 제진장치

나. 풍진동 계측 및 건전도 평가기술

○ 국외의 경우 1980년대 이후 첨단 제어계측을 이용한 Smart Structure의 개념이 도입되면서 ISSRI(Institute of Intelligent Structure System)에서 활발한 연구가 시작되어 다수의 교량 및 원전, 초고층 구조물 등 중요도가 높은 구조물에 계측기를 설치하여 구조물의 안전도를 상시 계측하고 있음.

○ 캐나다 RWDI에서는 말레이시아 페트로나스 트윈타워의 연결 브릿지 부분에 풍향풍속계, 진동가속도계를 설치하여 실시간 계측을 수행하고 있으며, 대만 Taipei 101에는 건물의 주요부위에 진동 가속도계를 설치하였음.

○ 그 밖에 Chicago Park Tower, Trump World Tower 등에서도 건물의 수평진동에 대한 주거성능 개선을 위하여 진동계측 및 HMD를 설치하여 구조물의 안전성 및 사용성을 실시간 제어계측 하고 있음.

다. 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

○ 영국에서는 1968년 Ronan Point 붕괴사고 이후 British Code에서 건물의 연쇄붕괴를 방지하기 위하여 건물의 모든 부분이 tie force로 연결되도록 규정하고 있음.

○ 2002년에 개정된 ACI 318-02[19]와 2005년 ASCE 7-05[20] 는 비정상적인 하중에 의하여 건물에 부분적인 손상이 발생할 때 여유도와 연성도를 확보하여 건물의 전체적 붕괴를 방지할 필요가 있다고 권고하고 있음.

○ 911 사태 이후 미국의 정부 산하 연구기완인 NIST (National Institute of Standard and Technology)에서는 미국 정부의 의뢰를 받아 3년에 걸쳐 세계무역센터 건물의 붕괴 원인을 조사하여 'Final Report on the Collapse of the World Trade Center Towers (2005)'라는 연구보고서를 발표하였음.

○ 2007년 NIST에서는 그동안의 연구결과를 바탕으로 'Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings'를 발표하여 구조엔지니어들에게 연쇄붕괴를 방지하기 위한 구체적 방안을 제시하였음.

○ 최근 초고층건물의 구조형식이 더욱 복잡해지고 비정형성이 심화되고 있다. 이러한 초고층 비정형건물의 연쇄붕괴 저항성능에 대해서는 아직 연구단계에 있으며, 각 설계사의 경험과 독자적 기술에 의존하고 있음.

○ 현재 세계 초고층건물 설계시장은 SOM, T & T, Ove Arup 등 몇 몇 대규모 설계사들이 주도하고 있으며, 초고층건물의 구조 형식이 더욱 복잡하고 비정형화함에 따라 이러한 추세는 앞으로도 계속 될 것으로 예상됨.

○ 이러한 대형 설계 엔지니어링 회사에서는 자체적인 연쇄붕괴 방지 설계기술을 개발하여 자체 초고층 프로젝트에 적용하고 있으며, 개발된 기술의 외부 유출을 철저히 통제하고 있으므로, 국내 업체가 기술을 전수받기 어려운 상태임.

○ 이러한 추세가 계속된다면 국내 설계사는 부가 가치가 낮은 단순 설계 하도업체의 수준을 벗어나기 어려우며, 고부가가치를 창출하는 고급 설계기술은 외국 대형 설계사가 독점할 수 있음.

라. 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

○ 미국에서는 1995년 Oklahoma City의 Murrah Federal Building과 2001년 New York의 World Trade Center의 붕괴 이후 연쇄붕괴 방지기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

○ 또한 미국의 엔지니어링 회사인 Myers, Houghton & Partners, Inc. 에서는 미국 국방부의 지원을 받아 철골 보-기둥 접합부의 파괴실험을 실시하고 정밀 해석 모델을 개발하였다. 현재 건축엔지니어링 회사인 Weidlinger Associates, Ove Arup 등에서는 연쇄붕괴를 고려한 건물의 해석 및 설계 자동화 프로그램을 자체 개발하여 초고층건물의 설계 프로젝트에 적용하고 있다.

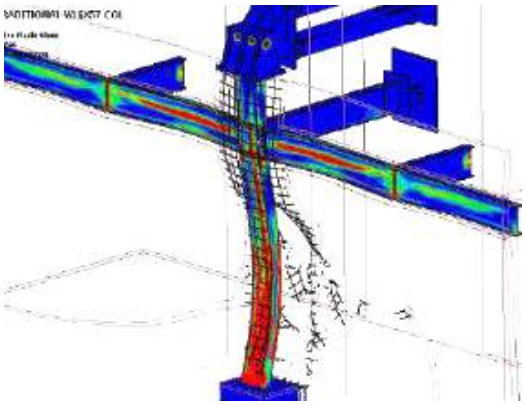
(a) Murrah Federal Building

(b) World Trade Center

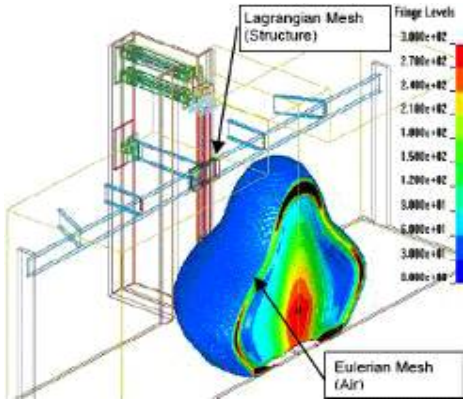
테러에 의한 대표적인 연쇄붕괴 사례

(a) Traditional moment connection

(b) SidePlate® moment connection



(c) Blast/Progressive collapse analytical model

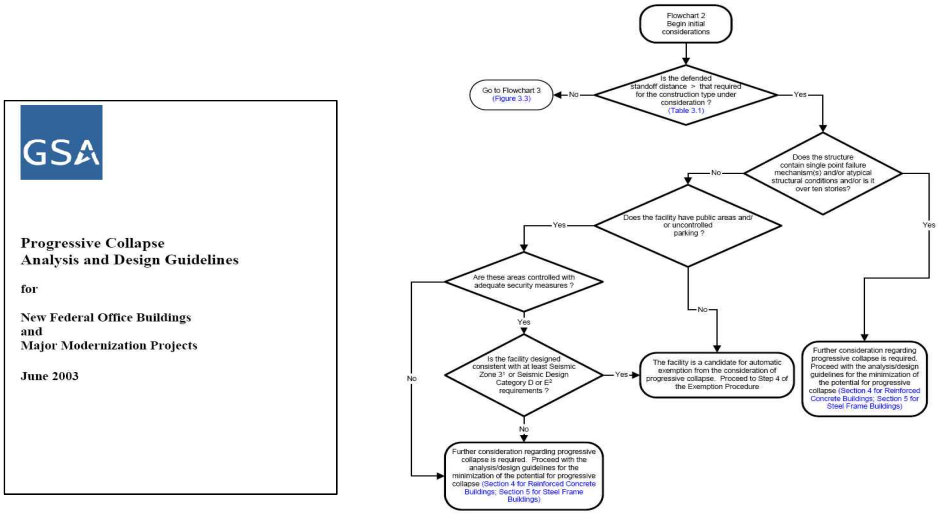


(d) Airfluid/Structure analysis

미국 Myers, Houghton & Partners, Inc.에서 수행한 철골 보-기둥 접합부의 파괴실험 및 정밀해석

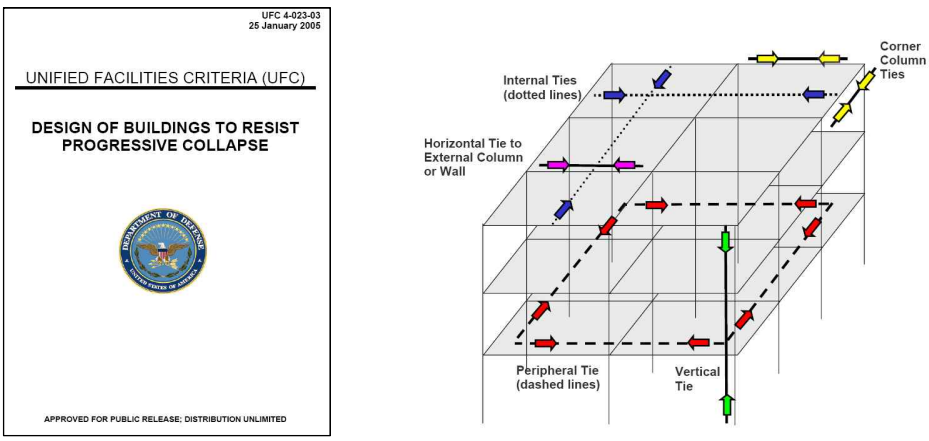
○ 미국뿐만 아니라 캐나다의 NBC 기준은 구조물의 연쇄붕괴를 방지하기 위해서 주요 부재의 설계, 연결재의 설치, 유사시 하중전달경로의 확보방안 등에 관하여 기술하고 있다.

○ 또한, 연방정부의 재산을 관리하는 미국 GSA(General Services Administration)와 국방부(Department of Defense)에서 각 부처 관할 구조물의 연쇄붕괴 방지를 위한 해석 및 설계에 대한 가이드라인을 발간하였다.



(a) 가이드라인 (b) 연쇄붕괴 가능성 평가 플로우차트

GSA의 연쇄붕괴 설계 가이드라인



(a) 연쇄붕괴 설계기준 (b) 수직, 수평 긴결력(tie force) 제공방안

미국 국방부의 연쇄붕괴 설계 가이드라인

○ 일반 건축물에 대한 기준인 IBC-2000과 같은 설계기준에는 반영되고 있지는 않으나, 2002년에 개정된 ACI 318-02와 ASCE 7-05는 비정상적인 하중에 의하여 건물에 부분적인 손상이 발생할 때 여유도와 연성도를 확보하여 건물의 전체적 붕괴를 방지할 필요가 있다고 권고하고 있는 실정이다. 최근 미국 National Institute of Building Sciences의 The Multihazard Mitigation Council에서는 연쇄붕괴(Progressive collapse)와 관련된 워크숍을 개최하고 재난에 대비한 건물의 설계기준 개선방안에 관하여 논의하였으며, 세계초고층협회 (CTBUH)에서는 연쇄붕괴 소위원회를 구성하여 지속적인 관심을 가지고 있다.

마. 비정상하중 해석/설계 기술

○ 영국에서는 1968년 Ronan Point 붕괴사고 이후 British Code에서 건물의 연쇄붕괴를 방지하

기 위하여 건물의 모든 부분이 tie force로 연결되도록 규정하고 있다.

○ 2002년에 개정된 ACI 318-02[19]와 2005년 ASCE 7-05[20] 는 비정상적인 하중에 의하여 건물에 부분적인 손상이 발생할 때 여유도와 연성도를 확보하여 건물의 전체적 붕괴를 방지할 필요가 있다고 권고하고 있다.

○ 911 사태 이후 미국의 정부 산하 연구기완인 NIST (National Institute of Standard and Technology)에서는 미국 정부의 의뢰를 받아 3년에 걸쳐 세계무역센터 건물의 붕괴 원인을 조사하여 'Final Report on the Collapse of the World Trade Center Towers (2005)'라는 연구보고서를 발표하였다.

○ 2007년 NIST에서는 그동안의 연구결과를 바탕으로 'Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings'를 발표하여 구조엔지니어들에게 연쇄붕괴를 방지하기 위한 구체적 방안을 제시하였다.

○ 최근 초고층건물의 구조형식이 더욱 복잡해지고 비정형성이 심화되고 있다. 이러한 초고층 비정형건물의 연쇄붕괴 저항성능에 대해서는 아직 연구단계에 있으며, 각 설계사의 경험과 독자적 기술에 의존하고 있다.

○ 현재 세계 초고층건물 설계시장은 SOM, T & T, Ove Arup 등 몇 몇 대규모 설계사들이 주도하고 있으며, 초고층건물의 구조 형식이 더욱 복잡하고 비정형화함에 따라 이러한 추세는 앞으로도 계속 될 것으로 예상된다.

○ 이러한 대형 설계 엔지니어링 회사에서는 자체적인 연쇄붕괴 방지 설계기술을 개발하여 자체 초고층 프로젝트에 적용하고 있으며, 개발된 기술의 외부 유출을 철저히 통제하고 있으므로, 국내 업체가 기술을 전수받기 어려운 상태이다.

바. 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발

○ 해외의 경우 FEMA, ASCE, CTBUH, GSA, NaCTSO 등을 중심으로 주요건물에 대한 폭발물 테러 예방과 피해 최소화를 위한 건축계획 및 건축구조에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있음.

○ 미국의 FEMA에서는 'Risk Assessment: A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings(2005)'에서 테러 위험도의 수식에 의한 정량적 평가방법을 제시하고 위험도 등급에 대한 개념을 정립함.

○ 미국의 RAND에서는 'Estimating Terrorism Risk(2005)'와 'Emerging Threats and Security Planning(2009)'에서 테러발생의 영향요인을 체계화하고 위험도 평가방법을 제시하고 있음.

○ 영국의 Home Office에서는 테러 위험도 평가시의 고려사항을 제시하고 위험도 등급을 분류하여 설정하고 있음.

○ 미국의 FEMA에서는 ‘Building design for homeland security(2004)’에서 테러유형별, 건축물 용도별로 계획설계 가이드라인을 제시하고 있으며, ‘Primer to design safe school projects in case of terrorist attacks(2003)’에서 학교시설의 건축요소별 테러예방 계획설계 지침을 제시하고 있음. DOD에서는 ‘Selection And Application Of Vehicle Barriers(1999)’에서 차량통제 시스템의 종류와 특성, 선택 시 고려사항, 설치방법 등에 대한 기준을 제시하고 있음.

○ 미국의 NIST에서는 WTC의 붕괴과정 및 원인을 규명하고, 그에 따라 초고층 건축물 계획 시 고려해야할 사항을 구조, 방화, 피난 등의 측면을 중심으로 제시하고 있으나, 초고층 건축물의 폭발물 테러예방 및 피해경감을 위한 구체적인 가이드라인은 없는 실정임.

○ 테러예방관련 대상 구조물에 작용하는 대기 폭발하중 산정, 부재 동적응답 결정, 대상 부재 파괴기준 수립의 3단계 평가 기준을 마련하고 피해경감을 최소화를 위한 구조물 보강을 통해 연성능력을 확보하는 기술이 제시되고 있음. 예를 들어, 새로운 세계무역센터인 Freedom Tower에서는 사용 Stainless steel, titanium/aluminum 패널로 콘크리트 벽체를 보강하여 구조시스템의 연성능력을 확보함.

○ 미국의 ASCE에서는 구조적 건정성(structural integrity) 확보를 위해 국부파괴의 문제에 대한 직접적으로 관련되는 목표를 지향하고 모든 종류의 재료나 구조형태에 일관성 있게 적용할 수 있는 기술적인 내용을 제시함

사. 초고층건축 법/제도 및 지원정책

○ 국외의 경우 초고층건축물을 국가적 사업으로 간주하여 행정적 지원을 아끼지 않고 있는데, 세계 주요국의 초고층건축물에 대한 기술개발 및 건립과 관련한 지원 제도 및 정책 동향은 크게 두 가지로 나누어 살펴볼 수 있음.

○ 첫 번째는 제도를 통하여 초고층건축물을 유도하는 것으로 미국의 경우 특별용도지역제(지역용적률제도), 밀도보너스제도, 협정개발제도, 연계개발제도로 초고층건축을 계획적으로 유도하여 왔으며, 일본은 용적제 도입, 높이제한 철폐, 특정가구제도, 종합설계제도, 고도이용지구 등을 추진하였음. 또한 중국 및 홍콩은 초고층건축물에 별도의 방화규정을 적용하고 있으며, U.A.E.는 용적률 제한을 철폐함으로써 세계에서 가장 높은 ‘Burj Dubai’의 건립과 더불어 유연한 스카이라인을 구축하였음.

○ 두 번째는 Master Plan에 의해 초고층건축물을 짓는 것으로 일본은 높이 1000m의 “하이퍼빌딩 프로젝트”를 진행 중에 있으며, 중국은 홍콩의 “경제자유구역”, 푸동의 “경제개발특구”등을 지정하여 초고층건축물을 허용하였고, 말레이시아는 "Vision2020"을 Master Plan으로 수도 Kuala Rumpur에 초고층을 유치하였으며, U.A.E.는 "World-HUB Dubai"프로젝트를 추진하면서 개발특구를 지정하는 Master Plan으로 세계의 주목을 받고 있음.

○ 성능평가와 관련해서는 영국(1984), 뉴질랜드 및 호주(1990), 일본(2006) 등은 건축 관련 법규를 성능기준의 코드로 개정하였으며, 미국 등 대부분의 선진국은 내화설계분야 등 특정 기술분

야에서 성능기반설계(Performance Based Design, PBD)를 유도하고 있는 것이 현실이나 국내의 경우 건축 관련 설계는 강제규정에 바탕을 두고 있는 사양설계법(Prescriptive Design Methodology)을 사용하고 있다는 점에서 성능기반설계의 적용을 위한 법/제도적 기반이 미흡한 실정임.

○ 특히, 일반적 조건의 건축물이라면 저비용 및 신속한 등의 장점을 가지고 있는 전통적 사양설계법을 적용하여도 경제적 설계가 가능하지만, 구조안전, 재난방지, 친환경 및 에너지저감, 거주성확보 등 다중이용시설로서 초고층부에서 요구되는 기술적 사항과 초고층건축물과 같이 복합용도이거나 새로운 재료, 혁신적 시스템 및 프로세스를 필요로 하는 경우에는 성능기반설계의 적용이 필수적이라는 점에서 초고층건축의 주요 기술적 사항들에 대한 성능평가에 대한 국내의 제도적 기반 마련이 시급함.

○ 성능기반설계의 궁극적인 목적은 설계자가 단순히 정해진 절대적 혹은 최소의 기준을 만족시키는 것에서 한걸음 더 나아가서 해당 건물이 지닌 특수한 요구조건을 적극적으로 반영하여 안전성능을 보장하는 것에 있음.

○ 즉, 초고층건축물의 경우 다른 소규모 건물에 비하여 실제적인 사례를 통한 데이터 확보가 매우 어렵다는 점에서 적용 가능한 첨단 기술과 그에 따른 분석력을 활용하여 가능한 경우의 수를 예측하는 것이 최선의 방법이라 할 수 있음.

○ 따라서 초고층의 특성상 방재 · 안전, 에너지저감, 거주성향상 등의 성능확보가 특히 중요하다는 점에서 초고층의 주요 기술적 사항에 대한 성능평가시스템 구축이 필요하며, 관련 국가의 제도 및 체계에 대한 분석이 요구되는 시점임.

○ 과거의 경제성장 중심에서 탈피하여 경제, 사회, 환경을 균등하게 발전시키기 위해 지속가능한 개발로의 패러다임 변화 등 전 세계적으로 적극적인 대책을 마련하고 있음.

○ 1997년 기후변화협약에 따른 교토의정서 채택 이후, 전 세계 각국은 범정부적 차원에서 온실가스 감축을 위해 총력을 기울이고 있으며, 특히, 건물에서의 온실가스 배출량이 전체 산업구조의 약 40% 이상을 차지함에 따라 건설산업은 환경부하 저감 및 지구환경보전을 위해 친환경적 지속가능한 개발로의 발전을 강하게 요구받고 있고, 따라서 에너지와 환경에 대한 차별화된 기술 없이는 경쟁력 확보는 물론 생존 자체가 어려운 길로 접어들고 있음.

○ 특히 초고층건축물의 경우 기본적으로 수직높이가 일반 건축물에 비해 비약적으로 높기 때문에 높이 증가에 따른 여러 가지 환경적 특성을 지니며, 또한, 에너지 소비정도와 패턴이 일반적인 건물과 다르고 초고층건축물의 특성상 각종 설비 적용의 제약들이 따르게 됨으로 현행 일반건축물을 대상으로 규정되어 있는 기준을 적용하는 것은 비합리적일 수 있으며, 따라서 건축물의 용도 및 연면적에 따른 구분 이외에 건축물의 높이에 따른 규정 마련이 요구되고, 이를 통해 초고층건축물에 적합한 에너지절약 및 설비가 시공될 수 있도록 해야 함.

아. 녹색수직도시공간 계획연구

○ 국외의 초고층 관련 연구개발은 CTBUH(Council on Tall Building and Urban habitat), CIB(Conseil International du Batiment), TG50(Tall Building), NFPA(Natimal Fire Proteetim Assosiation) 등에서 환경·지속가능성·도시개발 및 초고층 건물과 도시구조 연계 등의 분야를 중심으로 연구되어 왔음.

○ CTBUH는 계획/디자인/시공에 이르기까지 모든 초고층 건축 분야에 대한 연구 뿐 아니라, 초고층 건물이 도시에 미치는 기술적, 사회적, 문화적 영향 및 역할에 대해서 연구를 수행하고 있다. CIB는 초고층 건축의 계획/디자인/시공/운영 기술과 관련 정보를 교환하기 위한 포럼을 개최하고 초고층 건축물의 쾌적, 생산성, 성능을 높이기 위한 디자인 개발과 안전(화재시 대피) 등의 유기적 연계를 통한 통합화를 추구하고 있음.

○ 미국, 일본 등 선진국이 계획기술의 대부분 점유하고 있는 실정으로 건축계획분야는 SOM, Cesar Pelli&Associaters Architecturs, KPF, Norman Foster가 점유하고 있다. 또한 동선체계와 관련된 엘리베이터 시설분야는 Otis Elevator Company, Mitsubishi Elevator and Escalator, KONE Corporation, Shindler Elevator, Lerch, Bates & Associates,Inc., Toshiba Elevator and Building Systems Corporation(TELC), KONE Elevators Pty.Ltd 등이 있음.

○ 북미지역의 국가들은 NAICS1)의 엔지니어링 산업을 전문기술별로 나누어 상호배타적인 업역을 조장하지 않고 시공과 자연스럽게 연계하여 기술력을 발휘하기에 용이한 체계를 구축/활용하고 있음.

○ NAICS의 분류체계는 20개의 'Sector'와 1,000여개가 넘는 산업군이 포함되어 있는데, 건축엔지니어링 분야는 'Sector 54 : Professional, Scientific, and Technical Services (전문 기술서비스 분야)'에 해당된다. 이는 다시 세부 산업군으로 나누어지는데 '5413 : Architectural, Engineering, and Related Services(건축설계, 엔지니어링 및 기타 관련 서비스)'가 건설엔지니어링 분야에 속하게 된다. 여기에는 건축설계, 조경설계, 엔지니어링 서비스, 제도 서비스, 건물 인스펙션, 지형조사 및 맵핑, 측량 및 맵핑, 실험 및 시험에 관련된 산업분류가 포함되어 있음.

○ 초고층 건축물의 지속가능성 확보를 위한 연구 분야에서는 뉴욕 등 미국 대도시의 전통적인 초고층 지구, UAE 두바이를 비롯한 중동지역, 중국 홍콩, 상해 푸동지구 등을 중심으로 단순 도시기능의 적층으로서 초고층빌딩 개념을 탈피하여 지속가능한 유지관리 및 설계기술 적용이 활발하게 이루어지고 있음

○ 초고층 건축물의 시공 부분에서는 한국과 미국, 일본이 상위를 차지하고 있지만 건축계획분야는 미국과 영국이 세계 최고기술을 보유하고 있는 상황임

○ 초고층 건축물 설계시스템 최적화 분야에서는 CTBUH, Emporis 등 초고층과 관련된 기술 및 정보를 제공하는 웹서비스가 활성화되어 있으며, 미국·일본·홍콩 등 우리와 경쟁관계에 있는 국가들의 초고층 해외시장 진출이 활발히 진행되고 있어서 관련 DB 체계가 잘 정비되어 있음. 일부 환경기술 등에서는 EU국가가 미국, 일본의 기술을 추격하고 있는 상황임.

[4세부]

가. 에너지관리플랫폼 기술 및 LED 조명기술

○ 초고층건물의 에너지관리에 대한 관심이 증대되고 있음. 2012년 제 5회 초고층빌딩의 서밋 주제목록에 의하면, “Stream One : Green Building, Energy Saving I" 세션이 있으며, 해당 항목으로는

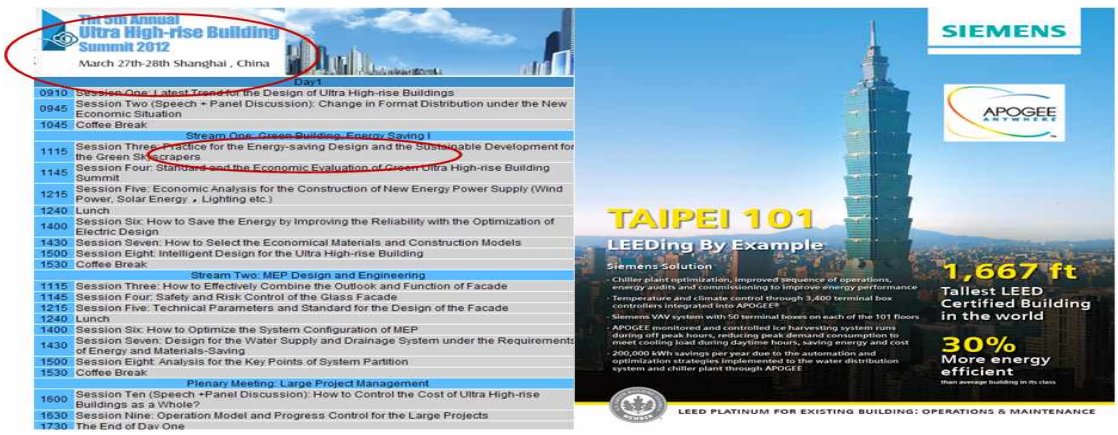
- Practice for the Energy-Saving Design and the Sustainable Development for the Green Skyscrapers
- Standard and the Economic Evaluation of Green Ultra High-rise Building Summit
- Economic Analysis for the Construction of New Energy Power Supply
- How to Save the Energy by improving the Reliability with the Optimization of Electric Design 등이 선정되어 있음

○ 타이페이 101 빌딩의 경우, Siemens 의 APOGEE 시스템을 이용하여 30% 이상 에너지 효율이 향상되었음. 101층, 총 높이 508m라는 위용에 걸맞게 타이베이 101은 2007년 기준으로 연간 4100만㎾h의 전력을 소비한 것으로 조사되었으며 이는 우리나라 안양시가 1년간 소비한 전력의 약 5%에 해당함

○ 해당시스템은 건물에서 사용하는 에너지를 모니터링하고 이를 통해 최적의 소비를 이끌어 냄에 주력하였으며, 건물 각 층의 천장에 매순간 온도,습도를 감시하는 센서를 설치하였음

○ 야간에 얼음을 만들고 저장하는 설비인 Terminal Boxes Controllers 가 건물안에 약 3,400개가 설치되어 있으며 이 시스템은 전력요금이 낮은 시간에 얼음을 생산하고 주간에 냉방에너지로 활용함

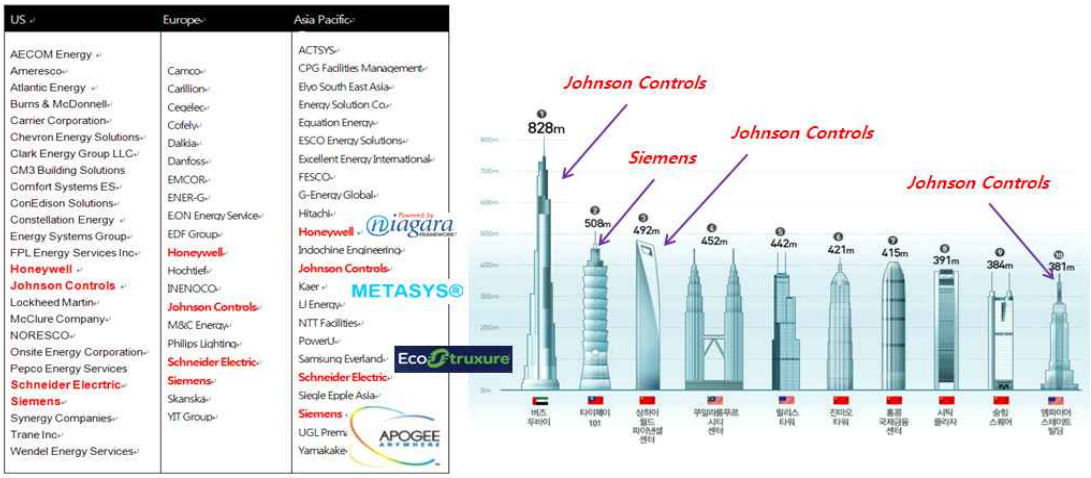
○ 12만5,000개의 형광등, 3,800개의 에너지 절감등, 2,400개의 할로겐등 등 건물에 설치된 모든 조명시설은 에너지관리플랫폼 시스템과 연동되어 있음



[그림] 2012 초고층빌딩 서밋

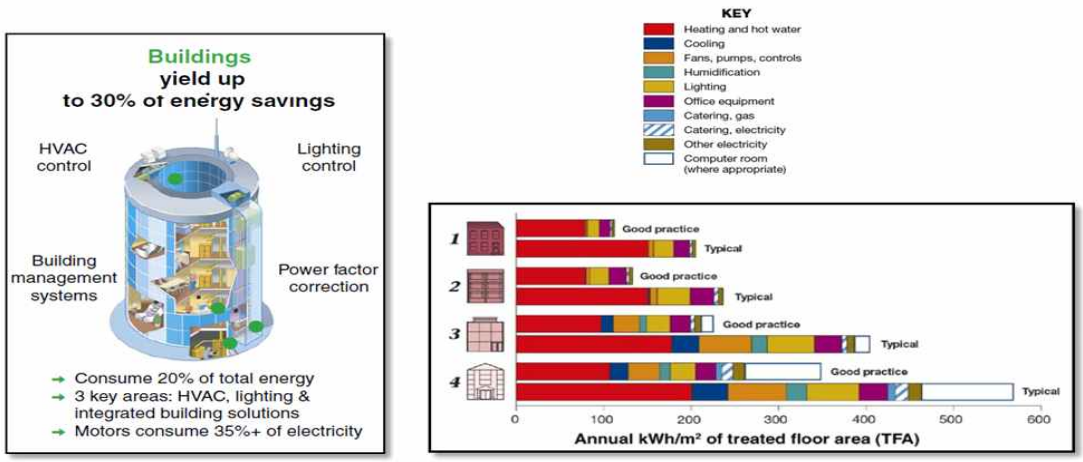
○ 초고층빌딩에 적용되어 있는 에너지관리플랫폼은 Big4 로 불리우는 Honeywell 의 Niagara, Johnson Control 의 METASYS, Schneider Electric 의 EcoStruxure, Siemens 의 APOGEE 시스템이 사용되고 있음

○ 해당 시스템은 플랫폼기반의 시스템으로 전력에너지의 효율적인 사용에 목적을 두고 있으며, 센서에서 수집된 정보를 기반으로 건물의 에너지를 모니터링 하는 것이 모든 시스템의 기본요구사항이며, 해당정보를 신뢰성 있게 처리하는 것이 필요함



[그림] 초고층 빌딩 에너지관리플랫폼 사용현황

○ Schneider의 Ecostruxure 의 사례에서 보듯이 건물의 에너지절감은 30% 까지 가능하며, 이는 조명제어, 빌딩에너지관리시스템, 공조제어, 역률조정을 이용하여 이루어짐



[그림] Schneider의 Ecostruxure 사례

○ 세계 전통 조명시장 규모는 2012년에는 1,300억 달러 규모의 시장이 형성될 것으로 전망되며,

2015년에는 약 30%의 일반조명 시장을 LED조명이 침투하여 380억 달러 이상의 시장을 형성하면서 연평균성장률 32%의 고속성장을 이룩할 것으로 전망

○ 세계 LED응용(융합)기기시장 규모는 2012년에는 226억 달러, 2015년에는 420억 달러의 시장이 형성될 것으로 전망

○ 일반조명 부문에서 가장 중요한 시장은 백열전구, 할로겐전구, 형광등, 가로등 시장이 비중이 크며, 처음에는 대체형(Retrofit)으로 시장을 진입하다가 종국에는 LED특성을 가장 잘 살린 일체형(Monolithic) Down Light 시장으로 귀속될 전망임

○ McKinsey Report 2011 에 의하면, 2010년 USD 10B$, 매출기준 전체 조명시장의 10% 수준이던 LED 조명시장은 이후 2010-16년 동안 연평균 35% 성장해서 2016년 시장점유율 40%, 글로벌 매출 규모가 USD 68B$ 에 이를 것으로 전망됨

○ 미국, 유럽연합, 중국, 일본은 모두 국가차원의 기술전략을 체계적으로 추진하고 있음. 미국의 경우 다년도 프로그램계획, 고체조명 R&D 제조 로드맵 등을 통해 기술개발의 방향을 제시하고 있으며, 유럽연합은 Horizon2020, 중국은 '12.5 신흥전략 발전규획', 일본은 21세기 광프로젝트를 통해 구체적인 기술적 목표와 전략을 체계적으로 구축하였음

○ 주요국 모두 현재의 LED 광원 및 조명기구의 성능과 가격으로는 향후 경쟁력 확보에 한계가 있음을 인지하고, 고효율 원천기술확보의 필요성을 강조하고 있음

○ LED 조명 보급 확대를 위한 정책에 있어서, 미국은 Energy Star, SSL Qualtity Advocate, CALiPER 등의 프로그램으로, 유럽연합은 Ecodesign, Energy Labelling, Ecolabel 등의 수단을 통해 소비자의 LED 조명에 대한 신뢰도를 높이고 있음

○ 일본의 경우는 일본전구공업회와 일본조명기구공업회를 통해 LED 광원 및 조명의 제품, 안전규격 등을 검토하고, 충분한 시험평가를 수행하고 있음. 이는 결과적으로 민간 부분 보급을 크게 활성화시켰음

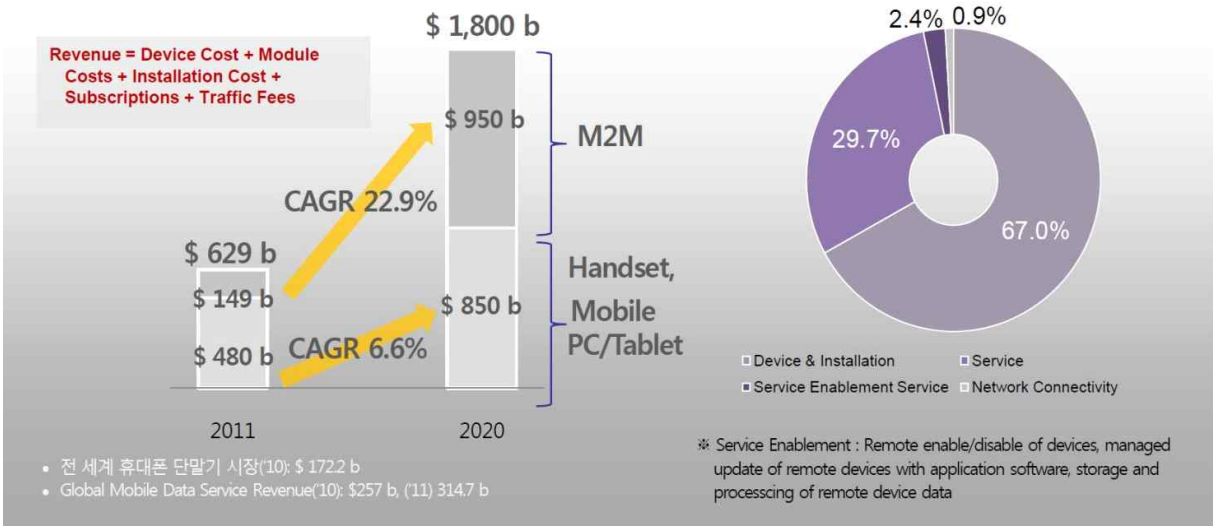
나. 센서 및 센서 노드 관리 시스템

○ 해당 기술의 시장의 변화

- 2013년 뉴욕주에서는 연면적 10,000m2 이상의 건물에는 모니터링 시스템이 설치되어야 한다는 법규가 통과됨

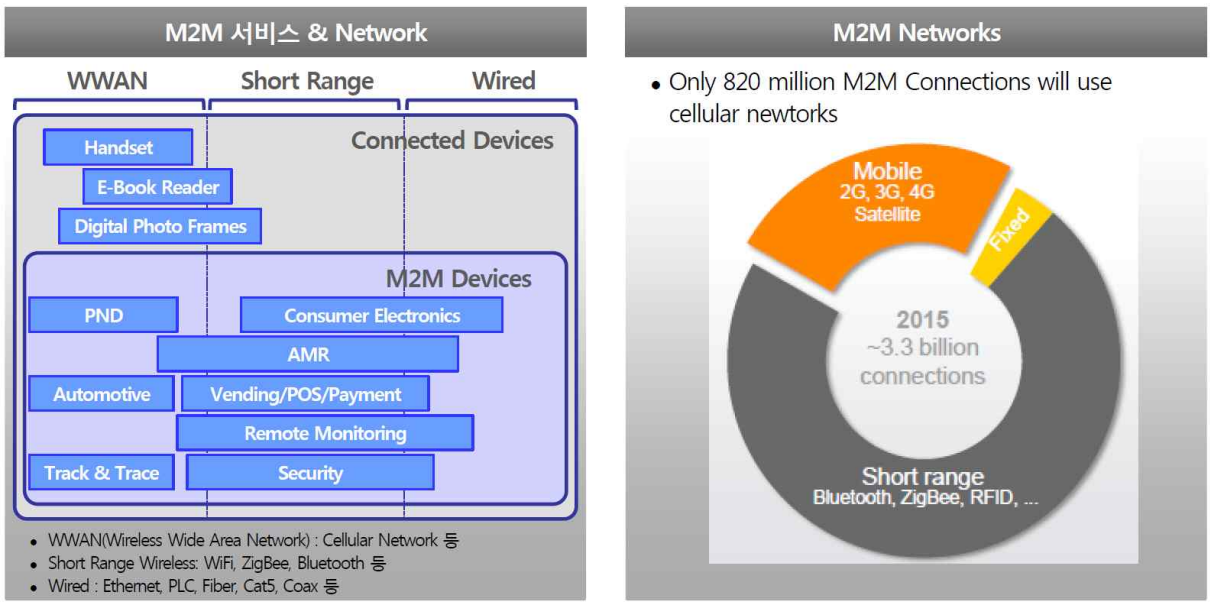
○ M2M 시장은 2011년 전체 Connected life 시장의 24%인 $1,490억 이지만, 연 22.9% 성장하여 2020년에는 전체 Connected Life 시장의 53% 수준인 $9,500억 로 성장

○ M2M 시장의 67%는 디바이스, 30%는 서비스 시장이며 Connectivity 는 0.9% 에 불과함



※ Source : 2020 connected devices overview, GSMA & Machina Research, 2011.
M2M Global Forecast & Analysis 2010-20, Machina Research, 2011., The Connected Life, GSMA, 2012
M2M Global Forecast & Analysis 2011-22, Machina Research, 2012
The Opportunites in M2M, Beechan Research, 2012

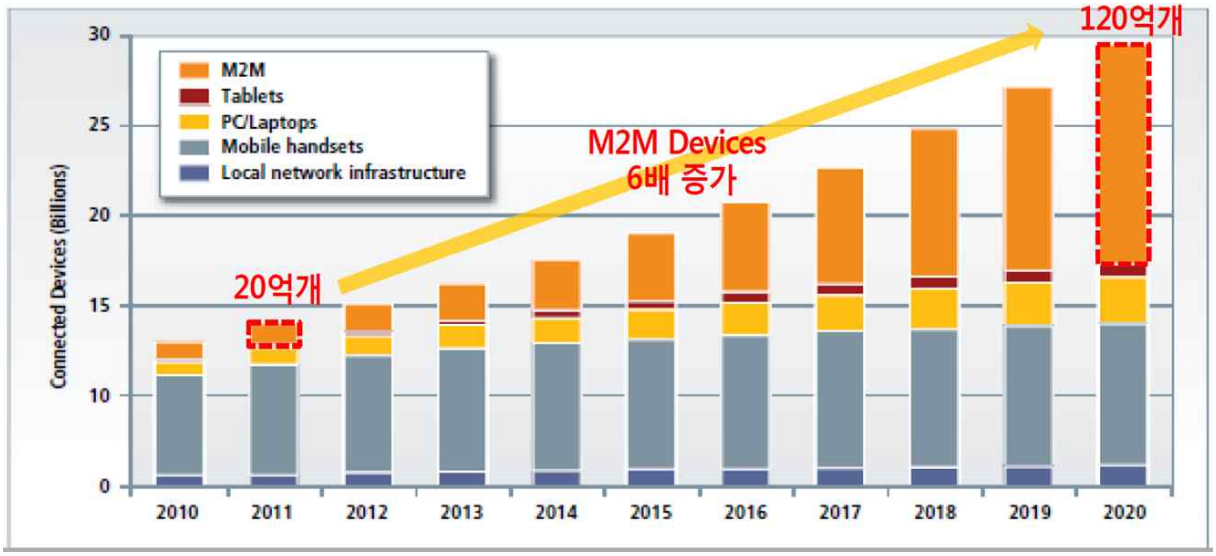
○ M2M 디바이스는 WWAN, Short-Range Wireless, Wired Network 등 여러 네트워크로 연결



※ Source: The M2M Market Evolution, Gartner, 2011.06.
M2M and a new kind of Biz. For Operator, Nokia Siemens Networks, 2011

○ CE, Utility 등 M2M 주요 성장 분야가 주로 Short-Range Network 으로 연결되어, Cellular 는 '15년 기준 전체 M2M Connection 의 24.8% 정도만 차지할 것

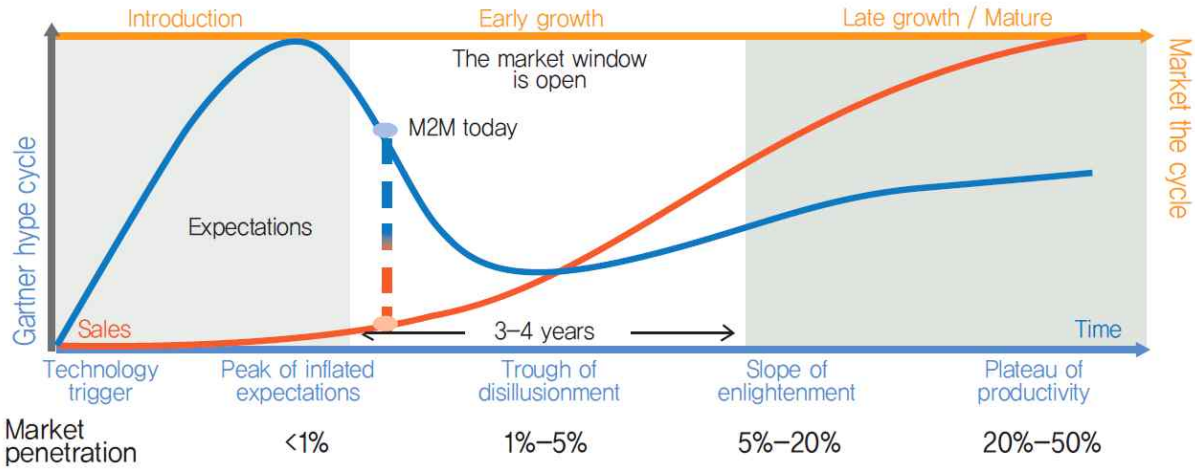
○ 전 세계 M2M Device는 2011년 20억 대에서 2020년 120억 대로 6배가 증가될 것으로 전망됨



※ Source : M2M Global Forecast and Analysis 2011-22, Machina Research,
2012 Experience a world where everything intelligently connects: The Connected Life, GSMA,2012

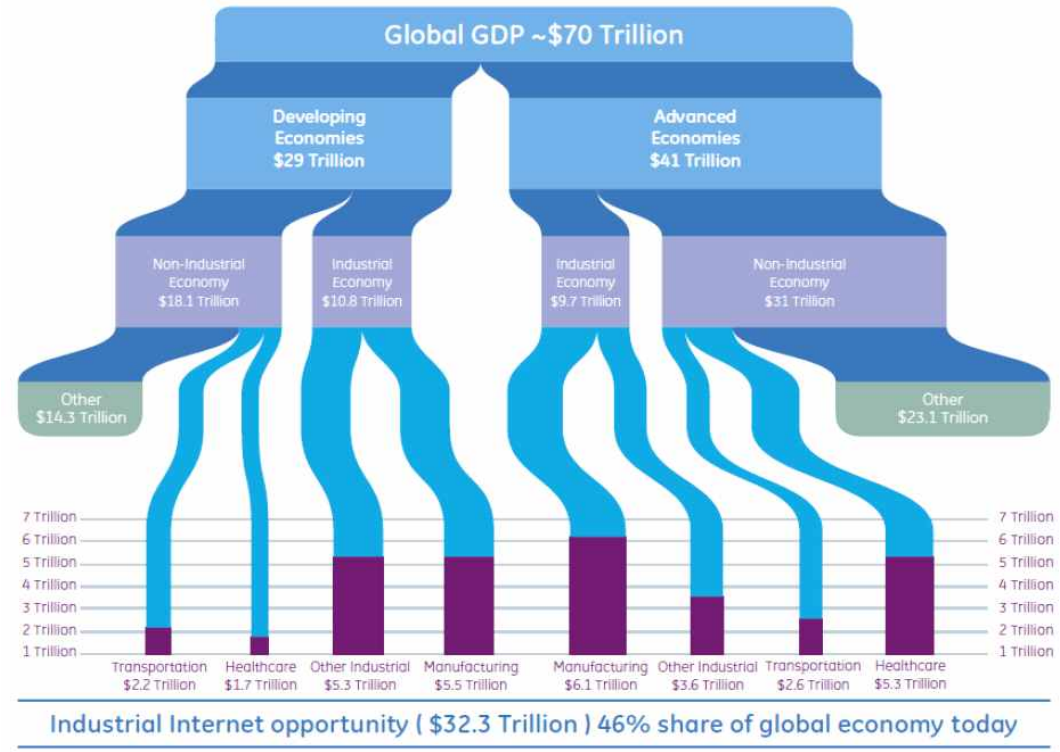
○ 글로벌 리서치기관인 가트너는 2012년 8월 IT 기술의 시장성장추이를 전망한 하이프 싸이클(HypeCycle)에서 M2M을 관심고조기(Peak of Inflated Expectations)를 지나 현실적 재조정기(Trough of Disillusionment)에 접어들었다고 발표

○ 또한 2013년을 이끌 10대 IT 전략기술 4위로 Internet of Things, 2014년을 이끌 10대 IT 전략기술 3위로 Internet of Everything을 선정하며 M2M/IoT 시장이 거품을 걷어내고 본격적으로 성장할 것으로 기대



※ Yankee Group, Global ConnectedView Forecast, 2011.9,
Nokia Siemens Networks, 2011

○ Internet of Everything (IoE)는 Cisco가 제안하는 개념으로 사람과 사물에 이어 프로세스와 데이터가 상호 밀접하게 연결되어 있는 새로운 형태의 네트워크 환경을 뜻함



※ Source: Dave Evans, 2012, The Internet of Everything; Brian Courtney, 2013.7.2., The Journey to the Industrial Internet, GE-IP닷컴

다. 초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발

○ 미국 및 유럽의 경우 건물 자산관련 정보의 체계적 관리 및 이용과 기간별, 항목별, 회계내역 DB를 구축하고 건물 유지관리비용의 증감에 따른 성능 개선여부를 결정하기위한 기초적인 자료를 제공해주고 있음

○ 이에 따라 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

○ 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 FMS을 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

○ 시설물의 자동화관리는 Capital Project관리를 리드하고 있는 FiaTech의 Roadmap에 핵심 전략이 잘 나타나 있음

○ Total Asset Life cycle Information Modeling을 비전으로 하고 있는데, 이것은 정보화 체계를 구축하여 시설물관리를 함에 있어서 생애주기 비용접근 방식을 이용하고 이를 위해서 (1) 데이터 관리와, 정보의 통합; (2) 기술과 지식기반의 업무인력; (3) 새로운 재료, 방법, 상품, 장비 등의 개발을 전술적 목표로 삼으며, 궁극적으로 실시간 프로젝트 관리, 시설물 관리, 협력 및 조정을 목표로 함

[그림] Fia Tech.의 BIM과 센서네트워크를 이용한 실시간 시설관리 로드맵

○ 시설물의 자동화관리는 Capital Project관리를 리드하고 있는 FiaTech의 Roadmap에 핵심 전략이 잘 나타나 있음

○ 지능형 시설물 관리에서 Lifecycle 개념과 Financial mangement 개념, 그리고 사용자의 편의성 개념을 통합하여 시설물의 시공, 운영과 수명이 다 할때까지의 관리를 포함하는 개념을 해외에서는 Total Asset Management라고 부르며, FMS와 IBS 등을 포함하는 포괄적인 개념으로서 대형 시설물 (도로, 교량, 항만, 공항, 고층 빌딩, 하천관리) 등에 적용 되고 있음

라. 건물 정보 데이터기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발

○ 미국과 일본을 중심으로 시설물 유지관리 시스템 도입이 확산되고 있으며 시설물 정보를 관리하기 위한 DBMS로 Oracle 시리즈와, Sybase ASIQ 등이 활용 되고 있으며 시설물 현황을 분석하기 위한 Autodesk사의 Autocad 및 BIM뷰어 등 초고층 시설물 유지관리를 위한 소프트웨

어 인프라들이 확대 보급되고 있으며 최근에는 증강현실(Augmented Reality) 기술이 적용되고 있음

○ Total Asset Life cycle Information Modeling을 비전으로 하고 있는데, 이것은 정보화 체계를 구축하여 시설물관리를 함에 있어서 생애주기 비용접근 방식을 이용하고 이를 위해서 (1) 데이터 관리와, 정보의 통합; (2) 기술과 지식기반의 업무인력; (3) 새로운 재료, 방법, 상품, 장비 등의 개발을 전술적 목표로 삼으며, 궁극적으로 실시간 프로젝트 관리, 시설물 관리, 협력 및 조정을 목표로 함

○ 이러한 목적을 달성하기 위한 여러 기술 중에 초고층복합빌딩의 지능형 유지관리에 관하여 "Intelligent Self-maintaining and Repairing Operational Facilities"에 포함되어 있는데, 이 부분에 유/무선 센서를 이용한 실시간 계측을 포함하여 BIM을 구축하는 기본으로 통합되는 것을 목표로 함

○ 지능형 시설물 관리에서 Lifecycle 개념과 Financial mangement 개념, 그리고 사용자의 편의성 개념을 통합하여 시설물의 시공, 운영과 수명이 다 할때까지의 관리를 포함하는 개념을 해외에서는 Total Asset Management라고 부르며, FMS와 IBS 등을 포함하는 포괄적인 개념으로서 대형 시설물 (도로, 교량, 항만, 공항, 고층 빌딩, 하천관리) 등에 적용 되고 있음

○ 선진외국에서는 초고층복합빌딩의 지능형 유지관리 및 화재관련 연구분야별 전담인력 구성을 통하여 조직적이고 체계적인 연구를 수행하고 있음

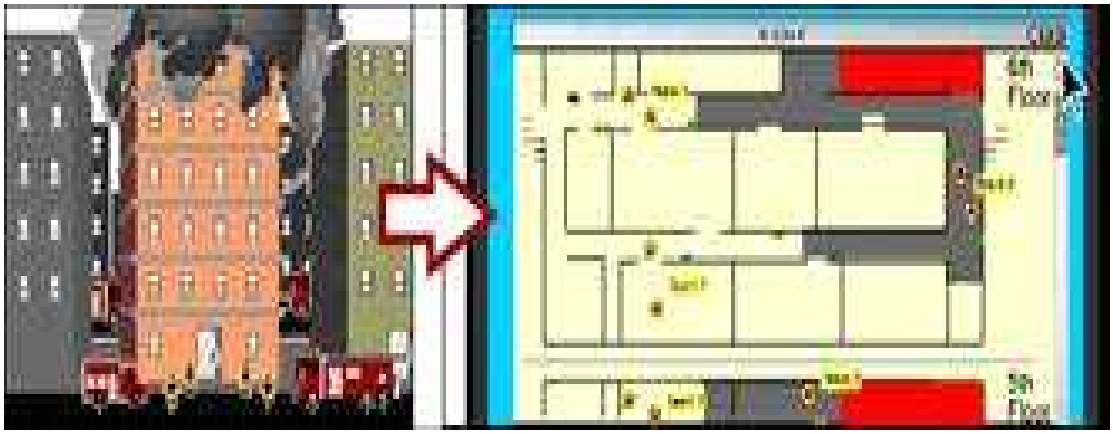
○ NIST(National Institute of Standards and Technology) - BFRL(Building and Fire Research Laboratory)

  - BFRL의 Automation and Robotics Group은 지능형 유지관리 센서시스템을 이용한 상태계측, 계측 데이터의 해석 등의 연구를 수행하고 있음

○ FiaTech.

  - 미국의 Fia Tech은 Capital Project (즉, 대규모의 자본이 투자되는 프로젝트) 관리를 위한 engineering 및 management기술 향상을 위한 민간주도의 산-학-연 컨소시움으로서 매년 프로젝트 관리분야의 최고의 기술을 선정하여 CETI Award를 수여하며 산업계의 최신 기술을 선도하는 그룹으로 최근의 주요 관심은 무선 센서를 이용하여 시설물의 상태를 계측하고 유지관리하는 분야와 BIM을 이용한 프로젝트 관리에 집중하고 있음

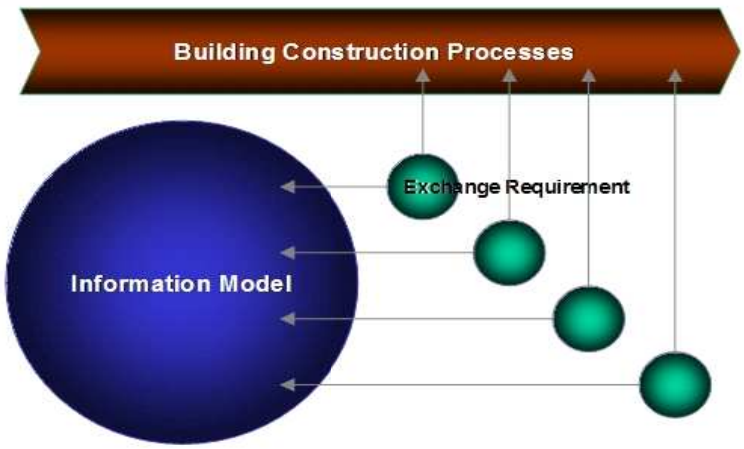
○ CSIRO F.I.R.E(Fire Information and Rescue Equipment)는 시카고 소방서(Chicago Fire Department)와 UC 버클리대학교의 기계공학과에서 공동 참여한 프로젝트로 9.11 테러이후, 신속한 초동 조치 및 응급사태 대응에 대한 필요성을 절실하게 느낀 시카고소방서(Chicago Fire Department)가 Ford Design and Prototyping Lab의 Paul Wright 교수에게 긴박한 응급상황에서 사용이 가능한 진화된 소방 IT 장비의 개발을 의뢰하면서 시작된 프로젝트임



[그림] CSIRO F.I.R.E(Fire Information and Rescue Equipment)

○ BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침개발에서 유지관리 BIM의 활용을 위해서는 유지관리를 위한 IDM(Information Delivery Manual)과 MVD(Model View Definition) 개발이 필요하며 이는 BIM 기반의 지능형 유지관리를 위한 기반기술임

○ 미국과 싱가포르 등은 최종 성과품 납품시 BIM기반의 자동체크 프로그램 수행 후 제출되도록 규정될 정도로 실용화 단계에 있음. 가능한 부분부터 점진적으로 자동화 시스템으로 발전되고 있는 추세이므로 이에 대한 준비가 필요함



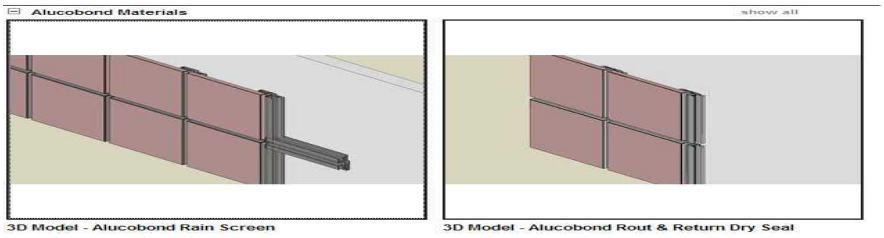
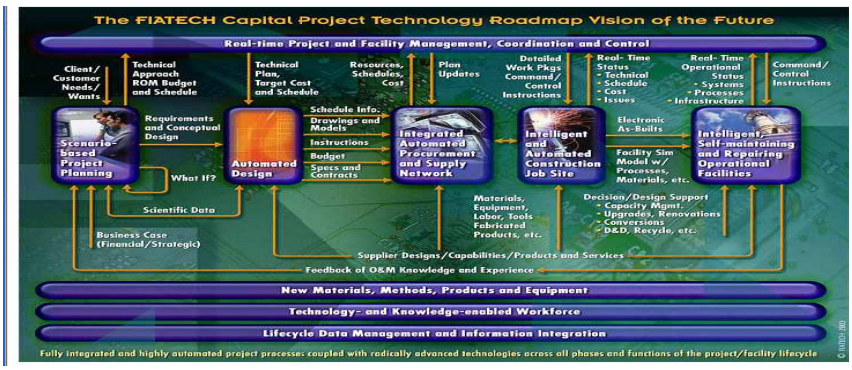
[그림] 빌딩건축 프로세스

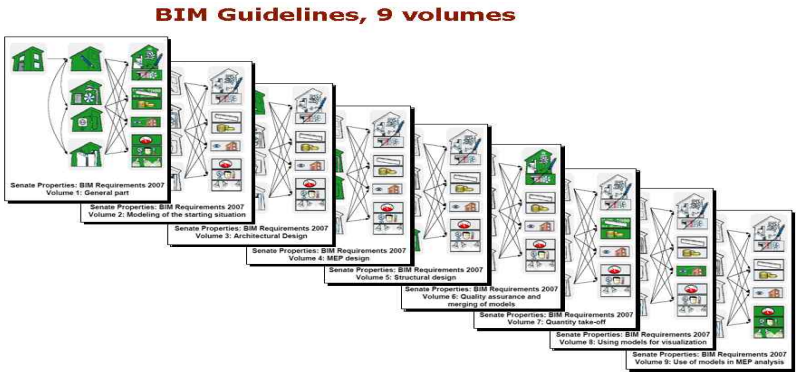
○ BIM은 여러 국가에서 연구하고 있으며, 현재는 미국, 핀란드, 싱가포르 등에서는 실무적용을 위한 지침·가이드 등이 운용되고 있음.

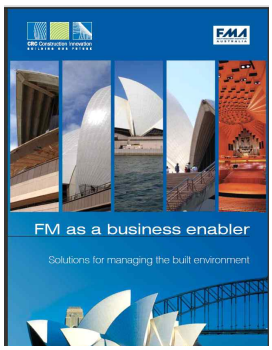
○ 호주에서는 유지관리 BIM을 자산관리와 연계하여, 3차원 설계정보 기반의 자산관리 체계를 도입하기 위한 연구가 수행되고 있음

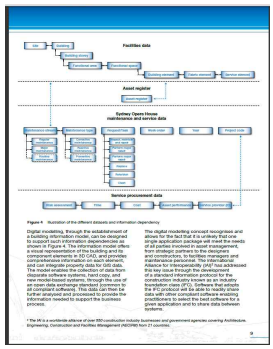
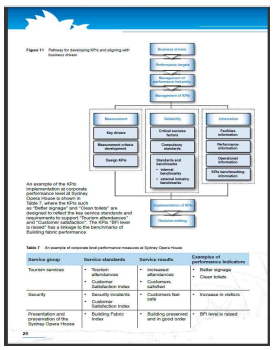
○ 미국의 경우 국립건설과학연구원(NIBS)을 통하여 BIM 도입을 위한 국가적 로드맵 및 전략을

수립하고 빌딩스마트(BuildingSmart), 피아텍(FIATech), 미국 건축가 협회(AIA)등을 통하여 BIM 기술을 개발 보급하고 있음.

국가명	현 황
미국	▪ National BIM Standard(NBIMS) 제정 ▪ 시설물의 생애주기 동안 정보를 생성하고 관리하기 위한 가이드 ▪ McGraw-Hill 사에서는 Sweet BIM 보유·운영 서비스 ▪ 건설자재를 제조사별 BIM 정보를 제작 운영  ▪ 미국의 경우 국립건설과학연구원(NIBS)을 통하여 BIM 도입을 위한 국가적 로드맵 및 전략을 수립하고 빌딩스마트(BuildingSmart), 피아텍(FIATech), 미국 건축가 협회 등을 통하여 BIM 기술을 개발 보급 
핀란드	▪ BIM Requirements 2007등 9권의 BIM지침 개발 ▪ 건축설계분야에서 IFC 제출을 의무화 하는 등 개방형 BIM 채택(07년)

<table>
<tr><td></td><td> 

(출처: Kiviniemi, A, BIM and IFC in Finland)</td></tr>
<tr><td>호주</td><td>▪ CRC(Cooperative Research Center)에서 시드니 오페라하우스를 대상으로 한 FM솔루션에 BIM 도입
 

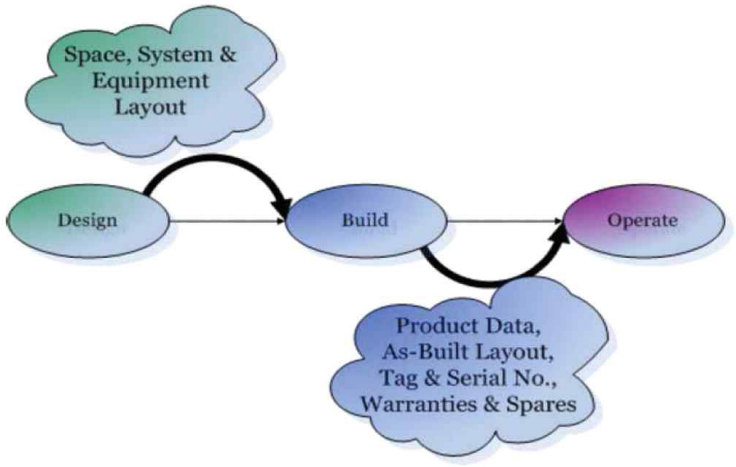
[그림] BIM 활용 사례(호주)</td></tr>
</table>

○ COBie (Construction Operations Building Information Exchange)

- BIM 분야의 국제적인 표준을 개발하고 있는 buildingSMART Alliance에서는 표준기반의 BIM 유지관리에 대한 연구가 진행되었으며 스프레드시트 형태로 정보를 교환 가능한 표준 모델인 COBie(Construction Operations Building Information Exchange)를 개발한바 있음.
- 다양한 어플리케이션간의 정보교환을 통해 모델을 구축한 실험적 프로젝트 사례인 COBie Challenge를 지속적으로 개최하여 COBie 체계를 확립하려는 노력도 보여주고 있음.
- 또한 소프트웨어 구현관점에서 유지관리의 요구사항을 COBie 및 IFC를 대상으로 정의한

Facility Management Handover MVD 개발 등이 진행되고 있음.

- COBie는 시설물들의 설계와 시공단계에서 생성된 디지털 정보를 유지관리 데이터베이스로 전달하는 정보 교환표준으로 시공 이후의 현장 데이터 수집 필요성을 없애고 운영비용을 절감하는데 목표를 하고 있음.



[그림] COBie의 정보교환 프로세스

제4절 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치

1. 연구개발기술의 우수성

[1세부]

구분	기술명	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
			부족	다소부족	동등	우월	보다우월
1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
1-3	초고층 개방형 BIM 정보환경기술 개발	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					

[3세부]

구분	기술명	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
			부족	다소부족	동등	우월	보다우월
3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술 개발	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
3-1-2	최소질량형 제진장치 제작/설계기술 개발	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
3-2-1	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
3-2-2	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
3-2-3	비정상하중 해석/설계 기술	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
3-3	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술 개발	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
3-6	초고층 녹색수직도시공간 계획 기술 개발	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					

[4세부]

구분	기술명	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
			부족	다소부족	동등	우월	보다우월
4-1	전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					
4-2	초고층 복합빌딩 분산 및 통합 관리 솔루션	현재기술의 수준(%)					
		연구개발기술의 수준(%)					

2. 연구개발 기술의 차별성

[1세부]

구분	기존 기술	연구개발 기술	기존 기술과의 차별성
1세부	-	접합부 성능평가 모델링 자동화 프로세스	▪ 별동의 실험 없이도 설계 최적화 수행가능 ▪ 범용 구조해석 프로그램, 3D BIM 프로그램, 유한요소해석 프로그램의 데이터 연동 기반으로 작업시간 단축
	-	초고층 내진성능평가 모델링 자동화 프로세스	▪ IT 기반 전산플랫폼을 이용하여 비선형 해석모델로 신속한 변환 가능 ▪ 자동화 요소모듈을 이용하여 기존 방식에 비해 수행시간 단축 가능
	수동 구조해석 프로그램	비정형 통합설계 전산플랫폼	▪ 기존의 수작업 모델링으로는 불가능한 비정형 초고층 건물의 모델링 및 형상 변경이 용이한 파라메트릭 기능 ▪ 형상 및 속성, 그룹 등을 파라메터로 조절하여 수천 번 이상의 대안을 반복해석을 통해 검토할 수 있는 기술 ▪ 수많은 대안을 비교검토하여 합리적인 최적화 가능
	-	초고층 개방형 BIM 표준라이브러리 보급 및 초고층 개방형 BIM 모델 기반의 통합평가 활용체계 보급	▪ 초고층 건축물의 개방형 BIM 환경구축을 위한 국제표준 기반의 요소기술을 통하여 실무적으로 적용할 수 있는 BIM표준지침 제공 ▪ 정보통합운영을 통한 비용절감 및 건설단계, 공종별 3차원 모델업무의 표준화 및 효율화, 표준기술보급으로 타기종 시스템간 중복개발비를 절감 ▪ 초고층 BIM 데이터를 객관적이고 정확한 검토를 가능하게 하여 BIM 데이터의 품질확보를 가능하게 하고 초고층 BIM 데이터의 피난법규 자동화 검토로 설계자의 시간단축, 비용절감, 인력손실 방지 등의 효과를 기대할 수 있음

[3세부]

구분	기존 기술	연구개발 기술	기존 기술과의 차별성
3세부	능동질량감쇠기	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술 개발	▪ 선형 제어알고리즘을 사용한 제어기술이 아닌, 비선형 알고리즘 적용을 통한 최소질량 구현 ▪ 게인스케줄링 및 원점보정 알고리즘을 사용한 이송거리 최소화 구현 ▪ 구조설계 단계에서 능동질량감쇠기 설치에 따른 구조검토 및 물량산정
		최소질량형 제진장치 제작/설계기술 개발	▪ X, Y방향 진동을 동시에 제어할 수 있는 복합형 제진장치 제작 및 설계기술 ▪ 설치공간의 협소로 고효율의 제진장치 설계기술
	풍진동계측기술	풍진동 계측 및 건전도 평가기술	▪ 풍진동 계측 DB를 통한 고유주기 및 감쇠비 설계식 제안 ▪ 풍진동 제어기가 설치된 건물의 풍진동 모니터링 시스템 적용 ▪ 상시 계측 및 극한 하중 계측 데이터 분석을 통한 제진장치 성능 검증
	연쇄붕괴방지기술	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	▪ 비정상하중에 의한 구조물의 연쇄붕괴 거동 예측 가능 ▪ 충격하중에 의한 접합부 거동 및 기둥의 좌굴 파손등을 방지하기 위한 보강방법 제시 ▪ 구조물의 연쇄붕괴시 프로그램을 활용하여 거동 예측
		연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	▪ 연쇄붕괴 성능평가를 위한 전용기능을 개발하여 탑재였으며, 기존 반복적 작업에 의해 해석되던 방식을 자동화하여 해석시간 단축하여 업무 효율성 증대
		비정상하중 해석/ 설계 기술	▪ 실무에 적용 가능한 비정상 하중을 받는 구조물의 간략 해석 방식 및 약산 해석 기술
	폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술 개발	▪ 실무적용을 위한 폭발저항 구조부재 해석 및 설계기술로서 단자유도 해석절차를 이용한 구조부재 폭발응답해석 프로그램을 개발 ▪ 초고층 건물의 폭발물테러에 의한 피해경감 구조설계를 위하여 합리적인 구조설계 가이드라인을 작성
	초고층건축 법/제도 및 지원정책	초고층건축 법/제도 및 지원정책	▪ 명확한 초고층 인허가 절차의 제시 및 성능기준 체계의 선진형 규범으로의 전환 ▪ 영국, 미국(뉴욕, 시카고) 등의 벤치마킹을 통한 글로벌 인허가 시스템 및 성능평가 방안 마련 ▪ 초고층 관련 정보의 체계적 관리 및 활용을 위한 웹 서비스 구축
	초고층 녹색수직도시공간 계획 기술 개발	초고층 녹색수직도시공간 계획 기술 개발	▪ 초고층 건축물을 방문한 방문목적에 부합하고, 운전자가 실질적으로 주차 가능한 최적의 주차장소에 대한 정보를 제공하여 불필요한 이동 및 차량의 공회전을 감소시킴 ▪ 초고층 건축계획 초기단계의 기본정보만으로 수직동선 대안을 제시 ▪ 소프트웨어 개발시 복잡한 계산을 통해 얻어지는 결과에 대해 신속한 처리가 가능 ▪ 추후 원활한 소프트웨어의 업그레이드 및 초고층 정보공유를 위해 웹기반 방식으로 개발

[4세부]

구분	기존 기술	연구개발 기술	기존 기술과의 차별성
4세부	전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	COB 광원 Type 타일형 어레이 방식 초박형/초경량 LED 면조명 모듈 제작	▪ 기존의 빌딩 에너지관리시스템은 건물(빌딩) 독자적인 에너지관리 기능만을 가진 것임. 전력망연동형 초고층에너지관리플랫폼은 전력망의 DR기능과 실시간요금에 기반하여 초고층빌딩의 에너지비용을 절감하는 기능을 가져 스마트그리드 기반에서 효과가 훨씬 큰 기술임 ▪ 기존 SMD Type LED칩을 사용한 면조명은 다수의 칩을 촘촘히 배치하여 면조명을 구현한 방식으로서 두께가 두껍고 발열양이 많은 이유로 두꺼운 방열 PCB를 사용해야 하는 단점이 있었음. ▪ 본 개발품은 이와 같은 문제점 해결을 위하여 COB 형태의 광원을 배치하고 마이크로 패턴 사출 구조의 광가이드를 이용하여 빛을 제어하는 방식을 채택하여, 모듈의 두께를 줄이고 발열량을 감소시키는 개발을 실행함
	국가 주요시설물 안전관리 네트워크 시험구축 및 운영시스템 개발 (한국건설기술연구원, 2006~2011)	시설물 안전관리 네트워크구축 조기경보 및 신속대응을 위한 전파 자동화시스템 개발	▪ 일부 기술적인 중복성은 있을 수 있으나, 과제의 적용 대상이 일반 시설물이 아닌 초고층 복합 빌딩에 해당하므로 IT 원천기술의 응용범위에 해당됨. ▪ 한국정보통신기술협회 지정 표준인 ‘센서네트워크 공통 인터페이스’ 및 USN 메타 데이터 모델 적용 기술 ▪ 다양한 측정 분야 빠른 시간 적용을 위한 멀티 플랫폼 제공 ▪ 그룹, 구역, 광역 등 데이터 공유를 위한 분산 데이터베이스 기술
	유지관리 기술	초고층 복합빌딩 분산 및 통합 관리 솔루션	▪ 개별용도별 단위 FMS와 이를 상위레벨에서 통합관리 할 수 있는 포털형 FMS가 동시에 필요한 분산 통합형 FMS ▪ 3차원 건물 정보(BIM)를 육안으로 쉽게 식별하면서 FMS 기능을 구현하는 BIM 기반 UI형 FMS 시스템 ▪ 저탄소 녹색성장 등 근래 이슈가 되고 있는 에너지관리(BEMS) 중심의 FMS 시스템으로 센서네트워크와 연동되는 실시간 통합관리 ▪ 출입, 주차 등의 FMS 운영모델의 제어포인트를 에너지관리 FMS 기능과 연계하여 최적화 에너지관리가 가능한 FMS 시스템
		BIM기반 유지관리 정보모델링 지침 개발 기술	▪ BIM 기반 유지관리 업무의 프로세스를 제시하고 FMS의 적용을 위한 유지관리 속성 및 표준 기반의 BIM 모델 구축 가이드 제시

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 연구수행 전략 및 방법론

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발

가. 연구추진 전략

○ 초고층 기술현황 조사 및 비정형 초고층 프로토타입 모델 개발

○ 비정형 설계를 위한 파라메트릭 모델링 기술 및 구조시스템 대안 생성기법 개발

○ 핵심 인터페이스 모듈 및 대안 성능평가 모듈 개발

○ 구조설계 규준별 부재 단면 설계 모듈 개발

○ 보유기술 융복합 및 신규핵심기술 개발의 일환으로 비정형 구조설계 요소기술 및 최적화 실용화 기술 개발

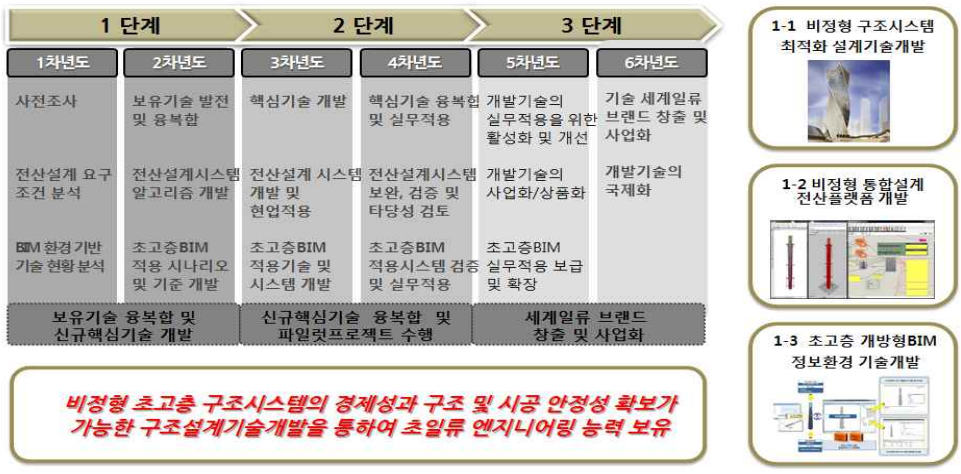
○ 개발된 요소기술과 최적화 실용화 기술 등의 신규핵심기술을 융복합한 비정형 초고층 최적설계 프로세스 개발 및 파일럿 테스트 수행

○ 파일럿 프로젝트 수행 및 현장 적용을 통한 전산플랫폼 검증

○ 개발기술이 실무적용을 위한 활성화 및 개선

○ 기술 세계일류 브랜드 창출 및 사업화

○ 전산플랫폼 요소모듈 상품화/사업화/국제화



[1세부 추친전략]

나. 연구추진 방법

○ 초고층 건축물의 비정형화에 따라 발생할 수 있는 구조 안전상의 문제를 해결하기 위하여 비정형 구조요소의 성능을 평가하여 현행 기준의 적용성을 분석하고 비정형 초고층 구조시스템에 적합한 구조요소 설계지침과 접합부 상세 개발

○ 중약진 지역인 국내뿐만 아니라 중국, 대만, 필리핀 등 강진 지역에서도 진출하기 위해, 지진에 의한 구조시스템 거동의 불확실성을 최소화할 수 있는 성능기반 내진설계 기법을 도입하여 비정형 초고층 특화 내진성능 평가기술 개발

○ 비정형 구조요소 설계기술과 비정형 초고층 성능기반 내진설계 및 평가기술을 실무에서 바로 사용할 수 있도록 요소모듈과 비정형 통합설계 시스템과의 연계성 강화

○ 파라메트릭 디자인 관련 논문 검토 및 파라메트릭 디자인 Tool 비교 검토를 통해 비정형 설계에서 파라메트릭 디자인을 적용하는 방법 결정

○ 최적화 알고리즘을 조사를 통해 비정형 초고층 건물에의 적용성을 검토

○ 파라메트릭 디자인 관련 기존 연구 및 사례 분석을 통해 비정형 구조설계 프로세스의 구성도 작성

○ 자료교환을 위한 모델을 설정하여 이를 바탕으로 단위모듈을 통합한 통합 플랫폼 원형 개발

○ 고층건물 구조시스템의 다양한 대안의 성능을 합리적으로 평가하는 기법 개발

○ 예비평가, 본평가, 실시평가로 나누고, 구조성능, 경제성, 공기를 고려한 세부 평가항목 구성

○ 최신 3D 모델링 및 뷰어 커널과 UI/UX 도입

○ 현업 적용을 통한 개선요구 기능 파악 및 최적설계 알고리즘 보완, 추가기능 개발

○ 수요 엔지니어링사와의 협업 통한 요소모듈 기능 검증 및 요구사항 반영

○ 파일럿 프로젝트 추진

○ 해외 대형건설사와의 협업 및 프로젝트 수주

○ 해외 입찰 프로젝트 Pre-Engineering 참여

2. 제3세부 : 구조성능개선 기술 개발

가. 연구추진 전략

(1) 핵심요소기술의 국내 기술수준 분류에 따른 연구 추진 전략 수립

○ 기술수준 분류 기준

- 보유기술 : 국제수준의 기 보유기술
- 신규핵심기술 : 국내외 초기 단계로 신규 개발 대상 핵심요소기술
- 도입기술 : 해외와의 큰 기술격차로 해외 도입이 현실적인 도입기술

○ 기술별 추진 전략

- 보유기술 : 과제 개시와 함께 기술 융복합연구 통하여 2년내 실용화
- 신규핵심기술 : 연구 초기 집중 투자로 4차년 이후 현업 적용. 세계선도
- 도입기술 : 연구초기 선도기술과 비교분석 후 융복합연구로 실용화

(2) 개별 세부과제에서 개발된 기술의 융복합 전략

○ 전체 핵심과제의 연구개발 성과를 IT기술을 통해 융복합함으로써 구조설계, 건축설계, 환경설계가 하나의 통합된 설계플랫폼을 통해 통합적으로 이루어질 수 있는 기반을 마련함

○ 비정형 초고층 구조물의 통합구조설계 기술과 에너지 저감 환경기술, 구조시스템 성능개선 기술, 초고층 도시 공간 설계기술이 단일 플랫폼에서 연계되어 초고층 설계 프로세스를 효율적으로 진행할 수 있도록 함

○ 이를 통하여 전체 프로세스의 소요기간을 단축하고, 건축설계, 구조설계, 환경설계가 독립적으로 수행되는 과정에서 발생할 수 있는 충돌을 최소화 하여, 최종 결과물의 가격경쟁력과 고품질화를 유도함

[기술수준 별 기술 융복합 및 실용화 추진전략]

나. 연구추진 방법

(1) 풍진동 제어기술

○ 질량형 제진장치의 제어효율을 극대화하기 위하여 센서와 가력장치가 혼합된 하이브리드 제진장치의 제어기 설계 및 센싱기술 개발

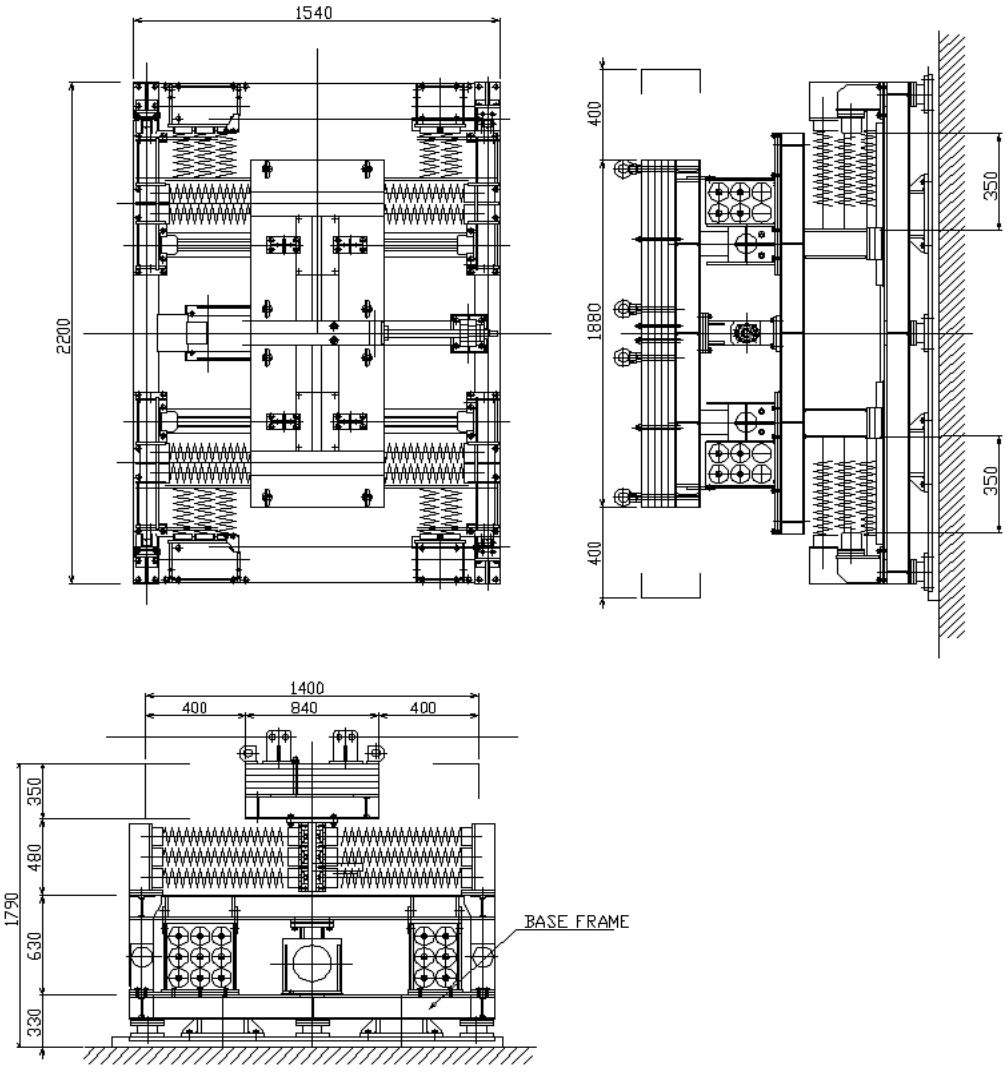
○ 단위 부품 모듈화 및 도면화 등의 제진장치 상세설계기술의 개발과 성과물의 전산플랫폼개발 세부과제로의 자료제공

○ 부품성적서, 제작계획서의 표준화를 통한 스프링, 레일, 감쇠기, 스토퍼 등의 주요 단위부품 순수 국내기술의 생산라인 확보

○ 공장시험에 의한 제진장치 성능평가기술 확립

○ 제진장치의 장기성능 계측을 통한 제진장치 성능평가기술 및 제진장치 유지관리기술 개발

○ 3년 이내 개발 완료하여 테스트베드 또는 파일럿 테스트에 적용을 목표로 함.



[하이브리드 TMD 제작 설계도]

○ 하이브리드 제진장치 운용 컨트롤러(SW) 개발

- 센서와 가력장치가 혼합된 수동형/준능동 전환형 에너지 절약형 최적 제어알고리즘 개발
- 구조물 비선형성을 고려한 최적 제어알고리즘 개발
- Quantization, Sampling, Saturation, Scaling, Overflow를 고려한 디지털 콘트롤 시스템 개발
- Interactive configuration module, Analogue and Digital IO module, Real time adjustment module, Error detection module 등의 필요 모듈개발

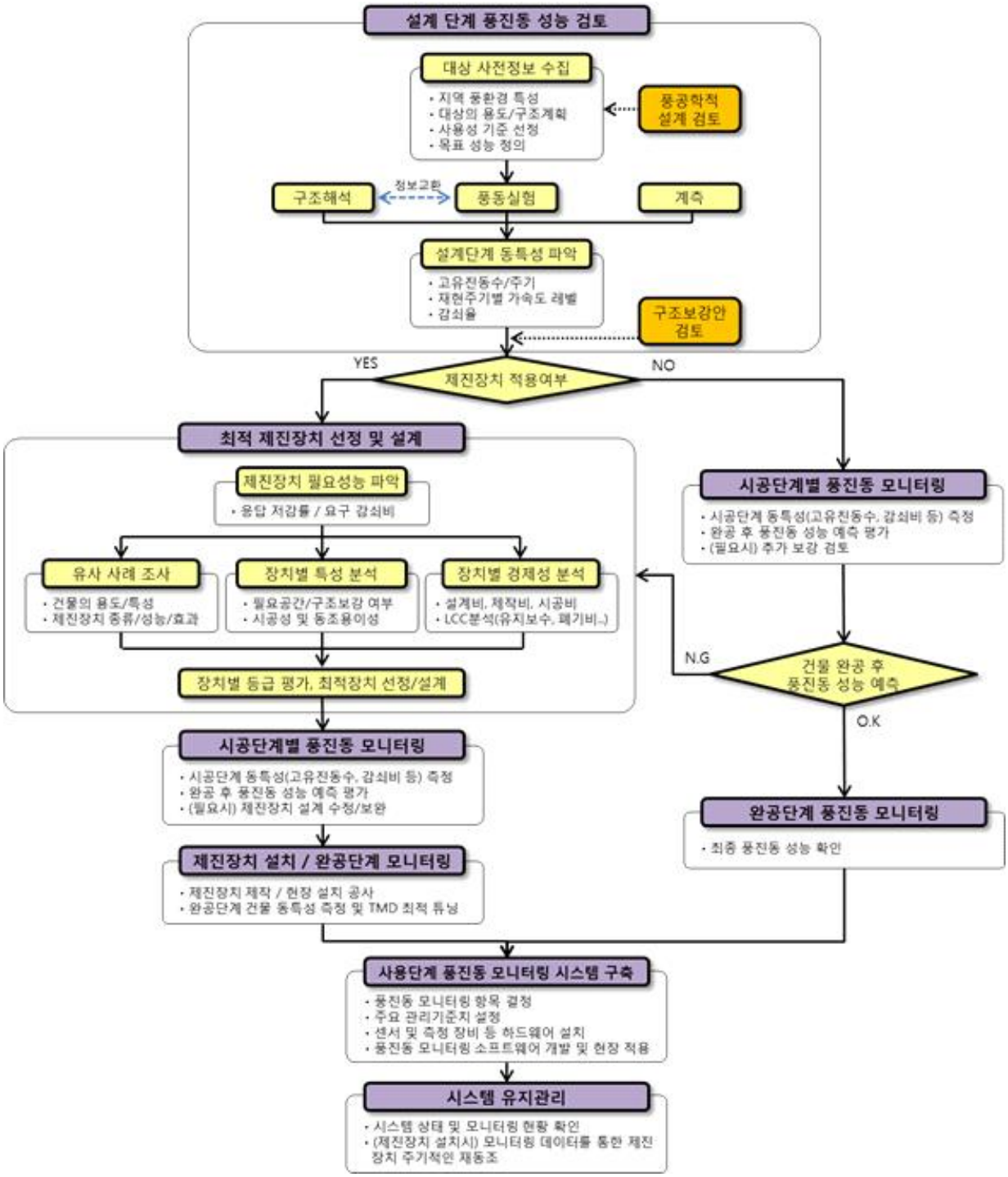
(2) 풍진동 계측 및 건전도 평가 기술

○ 풍진동 계측 DB 구축 및 건물 건전도 평가

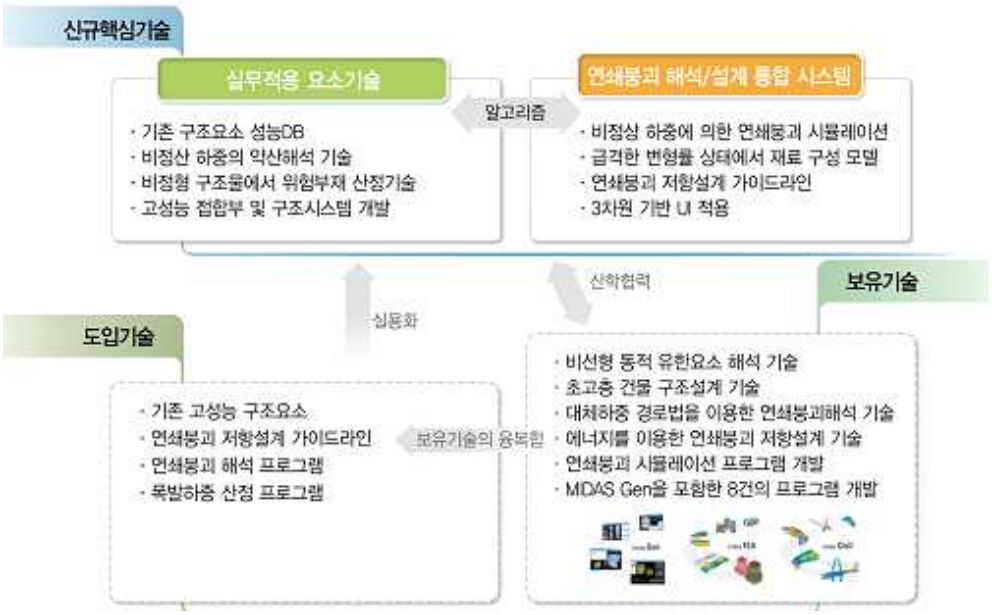
- 국내 고층 건물 대상 풍진동 계측
- 계측데이터를 바탕으로 동특성 분석을 통한 고유진동수 및 감쇠비 산정
- 국내외 고유진동수 및 감쇠비 설계식 비교, 검증 및 설계식 제안
- 실계측 자료를 바탕으로 구조해석모델 업데이트 제안

○ 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용 기술 개발

- 완공 건물 대상 풍진동 모니터링 시스템 구성 제안
- 풍진동 제어기 적용여부 및 풍진동 제어기 적용안에 따른 모니터링 시스템 최적화
- 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용
- 상시/장기 모니터링을 통한 건물 건전도 평가 및 제진장치 제어 성능 검증
- 초고층 건물 풍진동 모니터링 매뉴얼 작성


설계 단계 풍진동 성능 검토
대상 사전정보 수집
• 지역 풍환경 특성
• 대상의 용도/구조계획
• 사용성 기준 선정
• 목표 성능 정의
풍공학적 설계 검토
구조해석
정보교환
풍동실험
계측
설계단계 동특성 파악
• 고유진동수/주기
• 재현주기별 가속도 레벨
• 감쇠율
구조보강안 검토
YES
제진장치 적용여부
NO
최적 제진장치 선정 및 설계
제진장치 필요성능 파악
• 응답 저감률 / 요구 감쇠비
유사 사례 조사
• 건물의 용도/특성
• 제진장치 종류/성능/효과
장치별 특성 분석
• 필요공간/구조보강 여부
• 시공성 및 동조용이성
장치별 경제성 분석
• 설계비, 제작비, 시공비
• LCC분석(유지보수, 폐기비..)
장치별 등급 평가, 최적장치 선정/설계
시공단계별 풍진동 모니터링
• 시공단계 동특성(고유진동수, 감쇠비 등) 측정
• 완공 후 풍진동 성능 예측 평가
• (필요시) 제진장치 설계 수정/보완
제진장치 설치 / 완공단계 모니터링
• 제진장치 제작 / 현장 설치 공사
• 완공단계 건물 동특성 측정 및 TMD 최적 튜닝
시공단계별 풍진동 모니터링
• 시공단계 동특성(고유진동수, 감쇠비 등) 측정
• 완공 후 풍진동 성능 예측 평가
• (필요시) 추가 보강 검토
N.G
건물 완공 후 풍진동 성능 예측
O.K
완공단계 풍진동 모니터링
• 최종 풍진동 성능 확인
사용단계 풍진동 모니터링 시스템 구축
• 풍진동 모니터링 항목 결정
• 주요 관리기준치 설정
• 센서 및 측정 장비 등 하드웨어 설치
• 풍진동 모니터링 소프트웨어 개발 및 현장 적용
시스템 유지관리
• 시스템 상태 및 모니터링 현황 확인
• (제진장치 설치시) 모니터링 데이터를 통한 제진 장치 주기적인 재동조

(3) 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발



(4) 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

○ 1단계 세부 추진 과정

일련번호	연구개발내용	세부추진계획	방법
1	핵심인력의 교육 및 연구과제 홍보	▪ 연쇄붕괴 관련 자료 홈페이지 게재 ▪ 핵심인력 교육 자료로 활용 ▪ 마이다스 홈페이지 방문객 관련 기술홍보 효과	홈페이지 게재
2	해석 프로그램 개발을 위한 자료조사, 분석 및 데이터베이스화	▪ 현존하는 연쇄붕괴 설계기준 조사 ▪ 국가별 설계기준 분석(미국, 유럽, 국제표준기준 등) ▪ 조사된 자료 집대성, 데이터베이스화	자료집 작성
3	연쇄붕괴 설계용 선형 해석 프로그램 개발	▪ 선형 해석 기법 연구결과 검토 ▪ 프로그램 개발을 위한 TF팀 조성 ▪ 프로그램 개발을 위한 Procedure 개발 ▪ 프로그램 개발 착수 ▪ 선형 정적 해석 기법 개발 ▪ 선형 동적 해석 기법 개발(시간이력 해석 등)	논문 등록 SW 등록

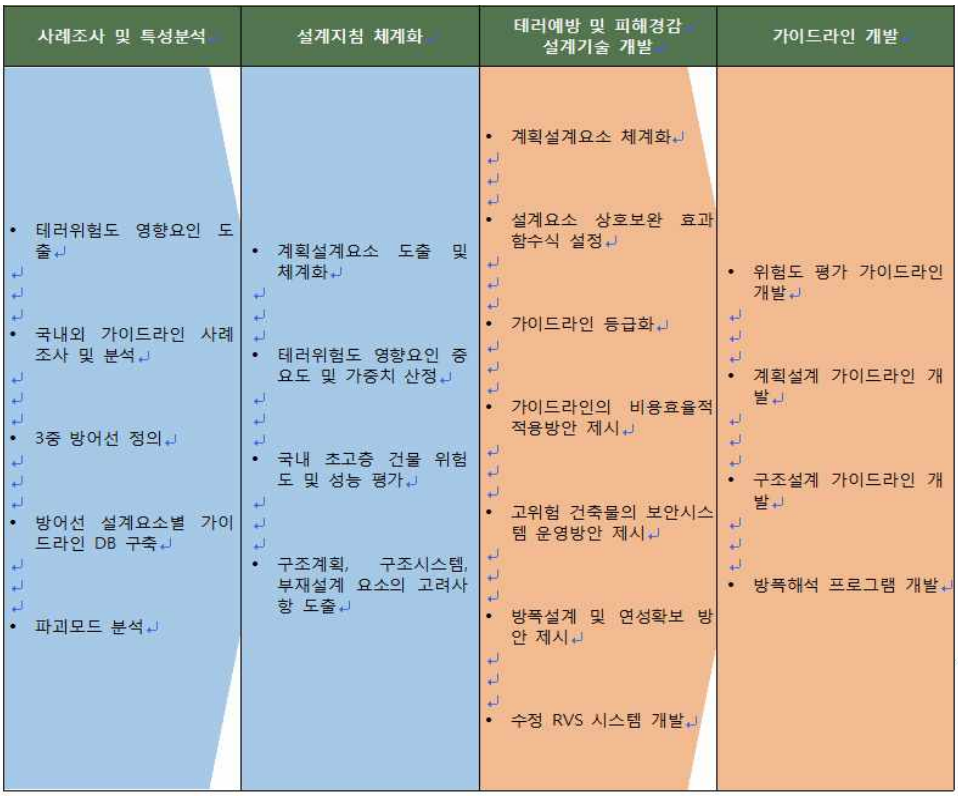
○ 2단계 세부 추진 과정

일련번호	연구개발내용	세부추진계획	방법
1	프로그램 실무적용을 위한 지침서 작성	▪ 선형 해석 프로그램의 사용성 평가 ▪ 프로그램 오류사항 수정 및 업데이트 ▪ 실무적용을 위한 지침서 작성	지침서 작성
2	연쇄붕괴를 위한 통합설계 시스템 구축 및 TB 적용	▪ T/B 적용 건물(50층 이상) 선정 ▪ 선형해석프로그램을 이용한 실제 건축물 시뮬레이션 실시 ▪ 연쇄붕괴 해석 유무에 따른 안전성 및 물량 비교	T/B 적용
3	연쇄붕괴 설계용 비선형 해석 프로그램 개발	▪ 비선형 해석 기법을 도입한 해석 모듈 개발 ▪ 비선형 정적 해석 기법 개발 ▪ 부재별 최대 처짐 산정, 연성도 및 회전각 검토 ▪ 소성힌지분포 및 골조의 횡변위 검토	SW 등록

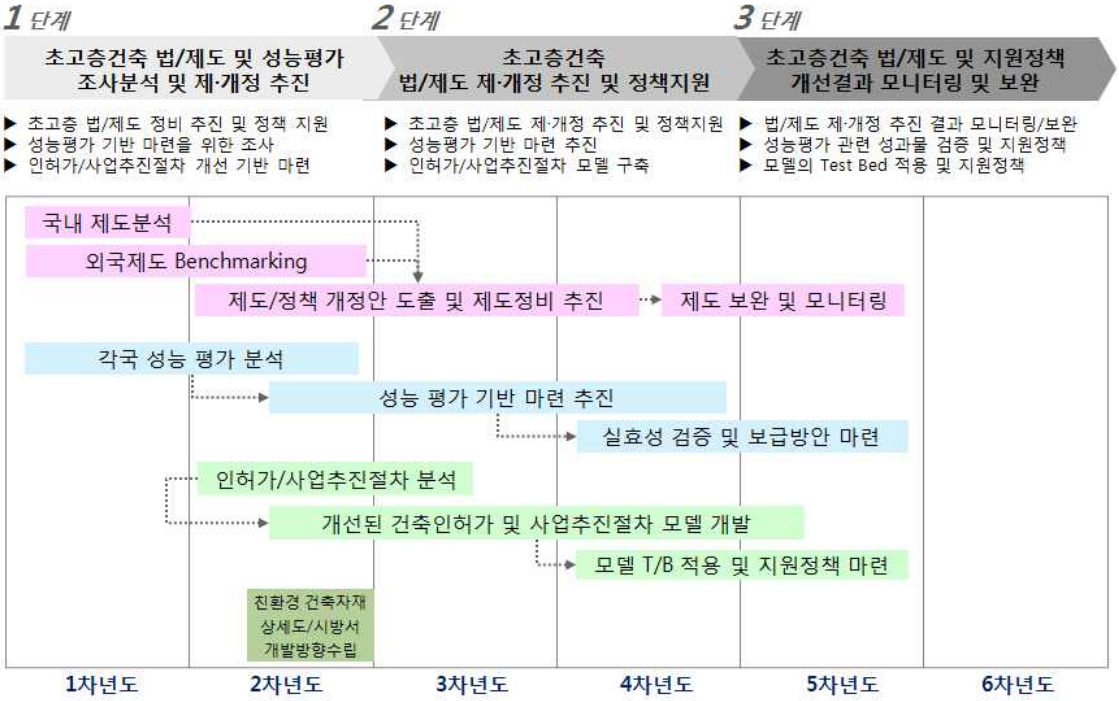
○ 3단계 세부 추진과정

일련번호	연구개발내용	세부추진계획	방법
1	연쇄붕괴 시뮬레이션 기법 및 설계용 GUI 개발	▪ 최신기준(UFC 2009)를 적용한 가이드라인 개편 ▪ 비선형 동적 해석 기법 개발 ▪ 연쇄붕괴 방지를 위한 기술 Gen 프로그램에 탑재	지침서 작성 SW 등록
2	개발된 SW 사업화	▪ 선형 및 비선형 해석 기능의 연쇄붕괴 설계프로그램 상용화 방안 기획 ▪ 연쇄붕괴 설계 최적화 가능	프로그램 홍보 및 교육

(5) 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해경감 설계기술 개발



(6) 초고층건축 법/제도 및 지원정책



(7) 초고층 녹색수직도시공간 계획 기술 개발

구 분	도시계획기술		
연구과제의 목표	초고층 건축물이 입지하기에 적정한 도시와 지역의 기준을 제시하고, 친환경적인 녹색교통기술의 기준을 제시		
단 계	1단계 (2009.03~2011.03)	2단계 (2011.03~2013.05)	3단계 (2013.05~2014.07)
단계별 전략	• 세계 주요도시의 도시지표 조사 • 세계 주요도시의 초고층 건축물 보유현황 조사 • 국내외 주요 초고층 건축물 및 주변지역의 공간구조/도시계획시설/교통기반시설 현황 사례조사 • 국내외 주요 초고층 건축물 주변 녹색교통기술 사례조사 • 초고층 건축물 부지 내 녹색교통기술 사례조사 • 초고층 DB 구축 및 운영	• 도시규모 초고층 입지 적정성 평가 알고리즘 개발 • 지구규모 초고층 입지 적정성 평가 알고리즘 개발 • 초고층 건축물의 용도별 바닥면적 예측 알고리즘 개발 • CO2 저감을 위한 녹색교통기술 개발 • 시작품 및 SW 개발 - 초고층 입지적정성 평가 소프트웨어 - 초고층 주자정보제공시스템 알고리즘 • 프로그램 등록 및 특허출원	• 평가 SW 검증 • 현장적용을 통한 개선사항 검토

구 분	건축설계기술		
연구과제의 목표	초고층 건축물의 고부가가치의 미래형 핵심 설계기술의 자립화		
단 계	1단계 (2009.03~2011.03)	2단계 (2011.03~2013.05)	3단계 (2013.05~2014.07)
단계별 전략	• 초고층 건축물 용도배분 관련 개념정립 및 사례조사 • 용도구성 특성 및 영향요인 분석 • MASS 유형에 관한 사례조사 및 디자인 요소 연구 • 초고층 파사드 디자인 기존 연구사례 정리 및 분석 • 평면구성의 특성 사례뿐석 • 수직이동동선 관련 기존 연구사례 및 적용현황 분석 • 초고층 주거 쾌적성 요소 비교 및 분석 • 국내외 초고층 주거환경 평가항목 도출 • 비정형 건축물 내에서의 평면 형상 사례 조사 • 초고층 건물의 평면에 의한 MASS 효용성 분석연구 • 웹 DB 구축 및 개설을 통한 사례 연구의 활성화 및 국제 공동연구 추진	• 초고층 수직교통동선 계획 초기 대안개발 소프트웨어 개발 • 초고층 건축물 쾌적성(거주성)확보를 위한 계획 기술 및 도심형 초고층 주거건축 설계기술 개발 • 초고층 건축물의 표면적에 의한 MASS 효용성 분석 • 전망대 공간에 대한 사례조사 및 구성기법 연구 • 초고층 주거쾌적성(거주성) 지표 및 지수 개발 • 시작품 및 SW 개발 - 초고층 계획단계 수직동선 계획 및 대안 평가 소프트웨어 - 초고층 평면효용성 평가 소프트웨어 - 초고층 주거공간 쾌적성 평가 소프트웨어 • 프로그램 등록 및 특허출원	• 평가 SW 검증 • 현장적용을 통한 개선사항 검토

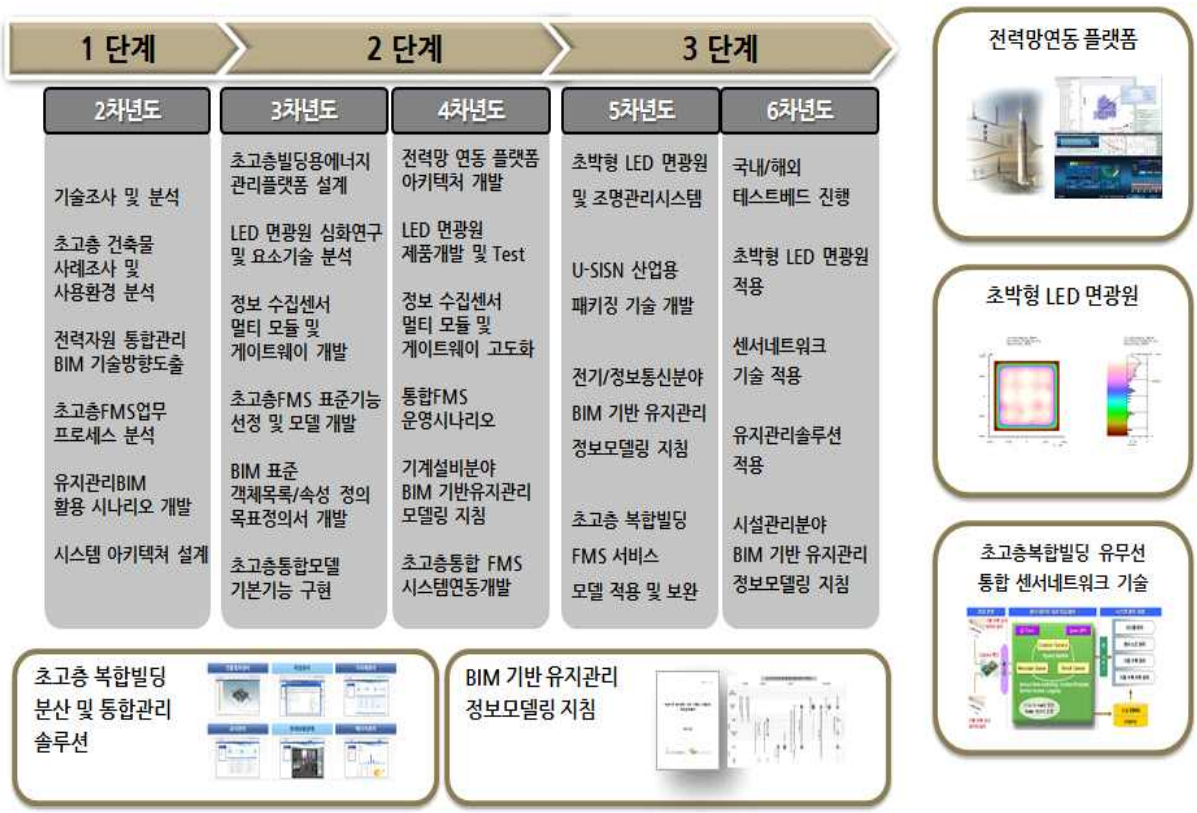
3. 제4세부 : 초고층빌딩 유지관리 기술 개발

가. 연구추진 전략

○ 초고층빌딩 유지관리기술개발과제는 총 3단계로 구성함. 1단계는 초고층빌딩 유지관리기술과제와 관련된 기술조사 및 분석을 수행하고 2단계에 설계 및 모델링, 시제품 제작을 진행한 후 최종 3단계에 시제품 수정, 보완 및 테스트베드에 해당 제품을 적용하는 과정을 수행함

○ 초고층복합빌딩은 에너지다소비형 건물이며, 상업지구, 주거지구, 업무지구 등이 복합형태로 구축되어 있기 때문에 건물에너지 절감과 통합관리가 필요함

○ 따라서, 초고층빌딩 유지관리 솔루션, 전기로 대표되는 건물에너지 절감에 필요한 LED 면광원과 에너지관리플랫폼, 건물정보기반 유지관리 정보모델링 지침, 초고층복합빌딩 유무선 통합 센서네트워크 모듈 개발을 목표로 함



나. 연구추진 방법

○ 초고층빌딩 유지관리기술개발과제는 전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리플랫폼 및 LED 개발과 초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발과제로 구성함

○ 전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리플랫폼 및 LED 개발과제는 전력수요관리기능을 포함한 에너지관리플랫폼, 초고층빌딩 적용을 고려한 초박형 LED 면광원 및 조명관리시스템, 초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티모듈 및 게이트웨이를 개발함

○ 초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발과제는 초고층복합빌딩 FMS (Facility Management System), 건물정보모델기반 유지관리 정보모델링 지침, 초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션을 개발함

○ 개발한 초고층빌딩 유지관리기술개발 기술은 테스트베드적용을 통해 기술을 입증함

제2절 연구수행과정 및 내용

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발

[1-1 세세부 : 비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발]

가. 비정형 초고층구조설계 기술

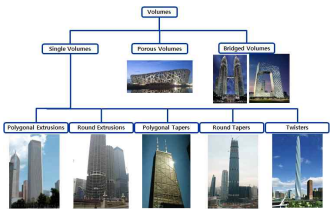
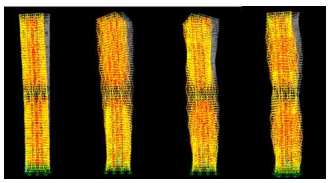
세세부 과제명	**비정형 초고층구조설계 기술개발**		
최종목표	비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발 비정형 초고층 구조시스템 설계 기술개발 비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발 비정형 초고층 구조설계 통합기술 개발 실무적용을 위한 비정형 초고층 구조설계도구 개발 통합설계 전산플랫폼 실무적용 및 문제점 개선 비정형 초고층 구조설계기술의 대중화 세계일류 브랜드 창출 및 사업화		
세부목표	**1~2 차년도**	**비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발**	
		A01	유형별 프로토타입 기본 설계
		비정형 초고층 구조시스템 설계 기술 개발	
		A02	비정형 초고층 내진설계기술 개발
		A03	비정형 초고층 구조요소기술 개발
	3차년도	**비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발**	
		A01	비정형 초고층 구조시스템 계획기술
		A02	비정형 초고층 성능기반 내진평가 기술
		A03	비정형 성능기반 내진설계 실무적용기술
		A04	비정형 구조요소 설계기술개발

세부목표	**4차년도**	**비정형 초고층 구조설계 통합기술 개발**	
		A01	비정형 초고층 성능기반 내진설계 실무적용기술
		A02	비정형 구조요소 설계기술
	5차년도	**실무적용을 위한 비정형 초고층 구조설계도구 개발**	
		A01	비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 개발
		A02	비정형 구조요소 성능평가 프로세스 정립 및 활용 매뉴얼 개발
		통합설계 전산플랫폼 실무적용 및 문제점 개선	
		A03	실무적용을 통한 전산플랫폼 요소기술의 문제점 개선
	6차년도	**비정형 초고층 구조설계기술의 대중화**	
		A01	실무엔지니어를 위한 교육프로그램 개발 및 보급
		세계일류 브랜드 창출 및 사업화	
		A02	비정형 초고층 설계기술정보 영문화

(1) 1단계 (1,2차년도)

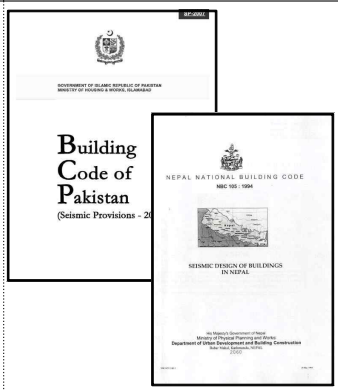
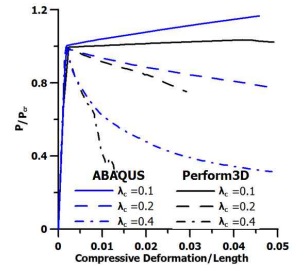
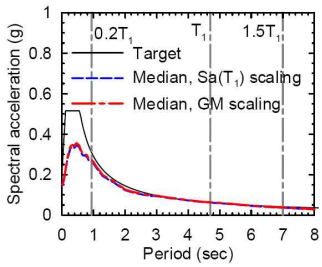
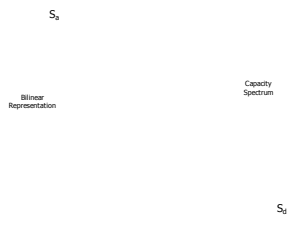
1,2차년도 (1단계) 세부목표	**비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발**	
	A01	유형별 프로토타입 기본 설계
	비정형 초고층 구조시스템 설계 기술 개발	
	A02	비정형 초고층 내진설계기술 개발
	A03	비정형 초고층 구조요소기술 개발

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 초고층 프로토타입 개발	DB구축
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발	
A01	유형별 프로토타입 기본 설계 (예일대)	

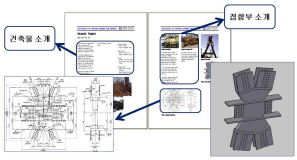
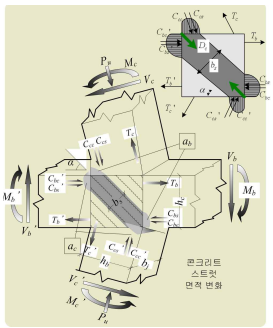
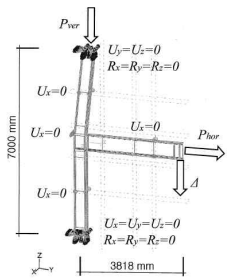
절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 건축물의 분류	▪ 비정형 초고층 건축물의 분류 ▪ 형태생성과 사례연구 ▪ 비정형 초고층 건축물의 최적 구조 프로트타입 설계를 위한 자동화 절차 개발		비정형 초고층 프로토타입
유형별 프로토타입 기본설계	▪ 프로토타입 개발을 위한 비틀림 정도와 구조시스템에 따른 Twisted Towers 연구 ▪ 프로토타입 개발을 위한 경사각과 형태에 따른 Tilted Towers 연구 ▪ 비정형 초고층 건축물의 최적 구조 프로트타입 설계를 위한 자동화 절차 개발		

관련 목표 성과물	▪ 비정형 초고층 유형별 프로토타입 기본설계 보고서

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 구조요소 성능평가 및 설계기술	DB구축, 학술논문,
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 설계 기술개발	
A02	비정형 초고층 내진설계기술 개발 (창민우구조컨설탄트)	

절차	내용	이미지	산출물
내진정보 DB구축	▪ 내진설계현황분석 ▪ 내진설계 기준 수집 ▪ 나라별 높이에 따른 구조해석법 분류		내진설계 사례집
비선형 해석 모델 개발	▪ 좌굴을 고려한 비선형 해석 모델 개발 ▪ 비선형 해석 모델 예제 건축물 적용		학술발표 대회논문
초고층 건축물 내진성능평가를 위한 지진동 보정	▪ 초고층 건축물 성능설계를 위한 지진동 선정 및 보정 ▪ 초고층 건축물에서 각 지진동 보정 방법의 장점과 단점		해외학술발표대회 논문
비정형 초고층 지진거동 특성평가	▪ NSP 방식의 Equivalent Linearization Method 와 Coefficient Method에 의한 내진성능평가법 소개 및 평가 ▪ NDP에 의한 내진성능평가법 소개 및 평가		
관련 목표 성과물	▪ DB구축, 학술논문		

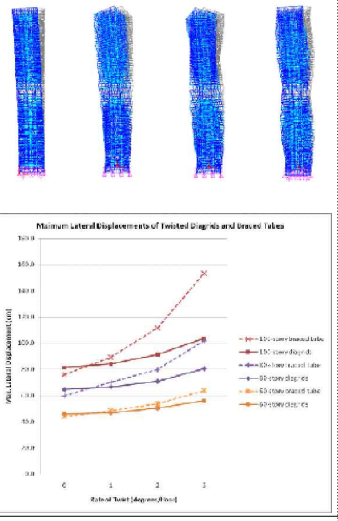
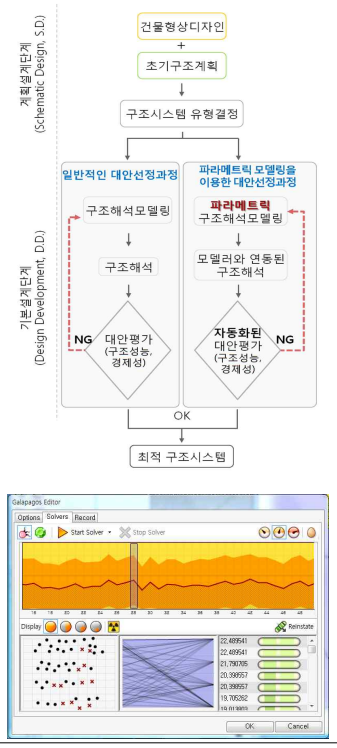
1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 구조요소 성능평가 및 설계기술	DB구축, 학술논문, 특허출원
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 설계 기술개발	
A03	비정형 초고층 구조요소기술 개발(창민우구조컨설탄트)	

절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 접합부DB구축	▪ 초고층건축현황분석 ▪ DB구축 설문조사 ▪ 접합부DB구축		접합부 DB구축
기존 정형 보-기둥 접합부 실험결과 분석을 통한 기초자료 확보	▪ 비정형 보-기둥 접합부의 내력 평가 메커니즘 규명 ▪ 비정형 보-기둥 접합부 실험 결과의 비교분석 기초자료로서 정형 보-기둥 접합부의 내력 및 연성 특성 파악 필요 ▪ 비정형 보-기둥 접합부 실험을 위한 문제점 파악 필요		학술지게재 논문
경사기둥 접합부의 구조성능평가	▪ 경사기둥 접합부의 축력에 의한 거동 평가 ▪ 접합부의 유한요소해석		학술발표대회논문
비선형 초고층 구조상세 개발	▪ 비정형 구조요소 형상 최적형 구조요소해석적 성능검증 ▪ 비정형 튜브 구조요소 상세개발		학술발표대회논문 및 특허출원
관련 목표 성과물	▪ DB구축, 학술논문, 특허출원		

(2) 3차년도

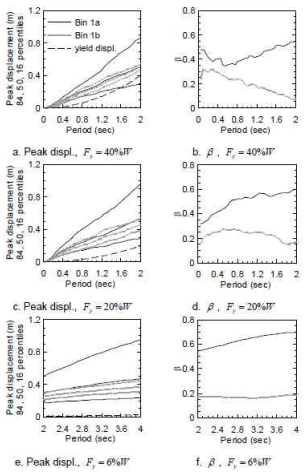
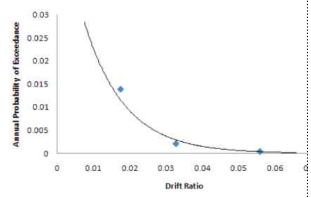
3차년도 세부목표	**하이브리드 제진장치 TB적용**	
	A01	비정형 초고층 구조시스템 계획기술
	A02	비정형 초고층 성능기반 내진평가 기술
	A03	비정형 성능기반 내진설계 실무적용기술
	A04	비정형 구조요소 설계기술개발

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비정형 초고층 구조시스템 프로토타입 개발 및 확장	지침 학술논문
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A01	비정형 초고층 구조시스템 계획기술	

절차	내용	이미지	산출물
비정형 구조시스템 프로토타입 개발	▪ Rhino/Grasshopper를 이용하여 파라메트릭 모델을 생성하고 설계와 해석 과정을 위해 SAP2000과 같은 구조공학 범용소프트웨어와 연동 ▪ 비교연구결과를 통해 각 유형별로 최적화된 구조 프로토타입을 개발하고, 다양한 기하학적 형상을 갖는 구조물의 경우 각 유형 내에서 더욱 상세한 프로토타입 개발		지침
비정형 구조시스템 프로토타입 확장	▪ 기존의 고층건물 구조시스템의 대안평가에 관한 연구에서는 파라메터를 이용한 대안평가 방안을 제시하였지만 실제로 파라메트릭 모델링을 흉한 구현까지는 적용하지 못함 ▪ 본 연구에서는 파라메트릭 기법을 이용한 모델링과 구조해석 뿐만 아니라 대안평가까지 연동시킴으로써 비정형 초고층 건물에 대한 최적 구조시스템을 선정하는 새로운 방법론을 제시		학술발표대회 논문

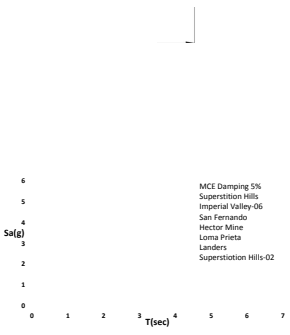
관련 목표 성과물	▪ 프로토타입 개발을 위한 지침 1건 ▪ 비정형 초고층 구조시스템 프로토타입 확장에 관한 학술발표대회 논문 1건 게재

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	학술발표대회논문 S/W개발
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A02	비정형 초고층 성능기반 내진평가 기술	

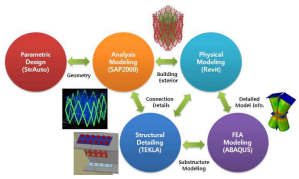
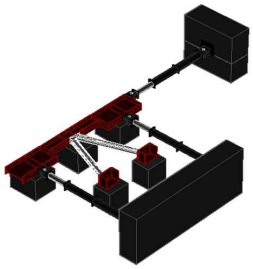
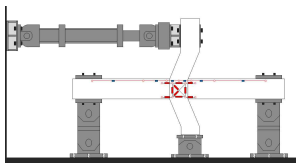
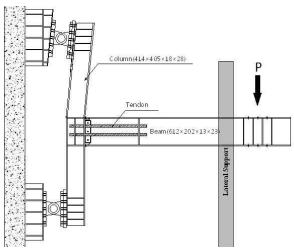
절차	내용	이미지	산출물
초고층 건축물 지진동 선보정 프로세스 검증	▪ 지진동 선보정의 초고층 건축물에 미치는 영향을 분석하고 구조적 응답과 비구조적 부재 및 2차적인 시스템에 대한 성능 요구치의 분포에 따른 선보정 절차의 영향 분석		학술발표대회논문, 지진동선보정 S/W개발
예상손실비용평가를 이용한 내진성능평가 기술	▪ 정량적인 경제성 평가를 통한 내진성능평가를 위해 기존의 지진에 의한 예상손실비용평가 방법을 조사하고 세계 최고수준의 예상손실비용평가 기술개발에 대한 방향을 제시		-
비정형 구조시스템 지진응답 특성 분석	▪ SAC Report(Lee & Krawinkler)를 참고하여 LA와 Boston에 위치한 9층 및 20층 Steel MRF 빌딩 모델링(ETABS) ▪ UBC 94 및 BOCA 93 기준에 따라 중력하중, 풍하중 및 지진하중(응답스펙트럼)에 대하여 탄성해석 수행, ASCE 7-05 적용 가능성 검증 (ETABS) ▪ 탄성해석 후 경사기둥을 포함시킨 건물을 추가로 모델링을 한 뒤 Perform3D로 불러들여 Push-over 및 Response History Analysis (RHA) 수행		-

관련 목표 성과물	▪ 비정형 초고층 지진동 선보정에 관한 국제학술발표대회 논문 2건 ▪ 비정형 초고층 지진동 선보정 소프트웨어 개발 1건

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 구조요소 평가 및 설계 기술개발	학술논문
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A03	비정형 성능기반 내진설계 실무적용기술	

절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 내진평가 프로세스 개발	▪ 비정형 초고층 건물에 대한 내진성능평가 프로세스 개발 ▪ 파라메트릭 디자인 툴과 구조해석 프로그램의 연동을 통한 다양한 내진성능평가를 위한 프로토타입 모델 선정 ▪ 내진성능평가의 전산화를 위한 지진동 선·보정 자동화 모듈과, 비선형 특성 및 성능기준 자동 생성 모듈 적용		-
비정형 성능기반 내진설계 실무적용 기술	▪ 비정형 초고층 프로토타입에 대한 내진성능평가 프로세스 적용성 검토 ▪ 본 연구에서 평면의 비틀림 각도가 0°, 1°, 2° 씩 비틀리는 비정형 초고층 건물에 대해 내진성능평가를 진행 ▪ 본 연구에서 약진지역과 강진지역에서는 평면의 비틀림 각도에 따른 비정형 초고층 건물의 거동 변화 양상을 평가하기 위해서 약진지역은 Boston지역을, 강진지역은 LA지역을 선정하여 지진지역에 따른 내진성능평가를 수행		국제학술대회 논문 3건
관련 목표 성과물	▪ 비정형초고층건물에 대한 내진성능평가에 관한 국제학술지 논문 3건 게재		

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	특허출원 학술지논문
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A04	비정형 구조요소 설계기술개발	

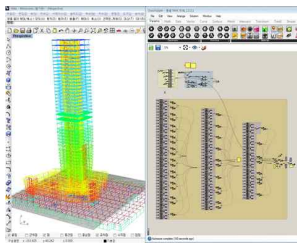
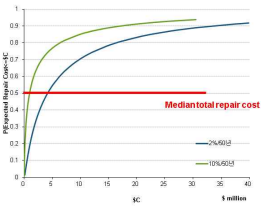
절차	내용	이미지	산출물
비정형 구조요소 성능평가 및 접합 상세 개발	▪ 비정형 접합부 성능평가를 위해 비정형 접합부의 형태에 최적화된 노드 상세를 개발하고, 접합부의 부구조체를 대상으로 하여 유한요소해석실시 ▪ 접합부의 유한요소해석에 앞서, 구조해석 프로그램과 BIM 프로그램의 연동을 통한 상세 모델링의 개발 적용 가능성을 검토하였다.		특허 2건 학술대회논문 1건
비정형 초고층 구조요소 비선형 해석모델 개발	▪ 비정형 부재의 해석모델 개발을 위해 유한요소해석 결과를 토대로 비정형 접합부 실험체를 설계 ▪ 실험 결과를 통해 다이아그리드의 성능 데이터베이스 및 해석모델을 개발하여 기존의 구조 해석 프로그램에 정보를 제공필요		-
철근 콘크리트 경사기둥-보 접합부의 실물대실험	▪ 6개의 철근콘크리트 경사기둥-보 접합부 실험을 통하여 기둥의 경사에 따른 접합부의 구조적 거동을 관찰하고, 파괴모드, 강도, 연성, 에너지소산의 변화를 평가		학술지1건
비정형 구조요소 접합상세의 내진성능 평가	▪ 비정형 경사기둥의 축력에 따라 발생되는 보-기둥 접합부의 인장력 및 압축력에 대한 응력 및 내진성능을 살펴보고, 이에 따른 해석적 연구를 수행		-

관련 목표 성과물	▪ 접합부상세 관련 특허 2건 출원 ▪ 철근콘크리트 경사기둥-보 접합부의 거동에 관한 학술지 논문 1건 게재

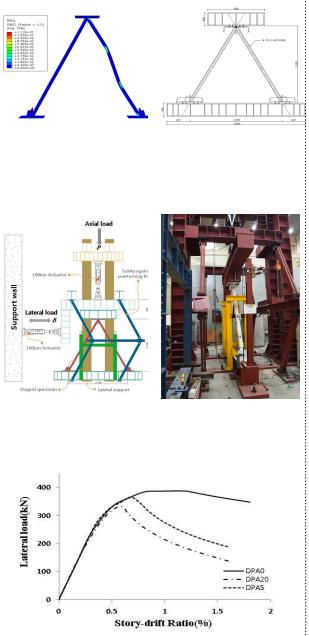
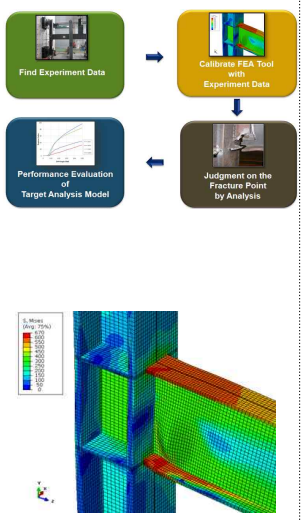
(3) 4차년도

4차년도 세부목표	비정형 초고층 구조설계 통합기술 개발	
	A01	비정형 초고층 성능기반 내진설계 실무적용기술
	A02	비정형 구조요소 설계기술

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비정형 초고층 성능기반 설계기술 개발	현장적용 국내논문 소프트웨어 등록
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A01	비정형 초고층 성능기반 내진설계 실무적용기술	

절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 성능기반 내진설계 프로세스 개발	▪ 전산플랫폼을 이용한 비정형 초고층 건물의 성능기반 내진설계 프로세스 개발 ▪ 내진성능평가를 위한 비선형해석 모델로의 변환과정을 신속하고 정확하게 수행 ▪ 초고층 설계단계에서 발생하는 설계변경에 대해 단시간 내 수많은 대안검토를 통한 최적대안 선정 ▪ YIBD 등 다수의 현행 프로젝트 적용실적	 SAP2000, ETABS Perform 3D Mass Line Load Point Load	현장적용 2건 국내논문 1건
초고층 지진리스크 평가 실무적용기술 개발	▪ 효율적인 성능기반 내진설계를 위해서는 구조물의 성능을 정량적으로 평가할 수 있는 리스크 기반 성능척도가 필요함 ▪ 본 연구에서는 구조물의 성능을 리스크 기반으로 평가할 수 있는 리스크 기반 내진성능평가 기술을 이용하여 지진에 의해 막대한 경제적 피해가 발생할 수 있는 초고층 건물의 성능을 평가함 ▪ 실제 건설 중인 초고층 건물에 대해 재해수준에 따른 예상보수비용을 산정함으로서 실무적인 효용성을 파악함	  	학술발표대회 2건 소프트웨어 등록 1건 설계 지침 1건
관련 목표 성과물	▪ 현장적용 2건 ▪ 비정형 초고층 성능기반 내진설계 프로세스 관련 국내 논문 1건 ▪ 철골구조물의 예상 보수비용 산정과 관련된 소프트웨어 등록		

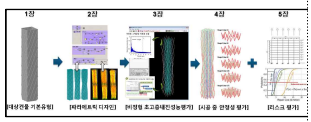
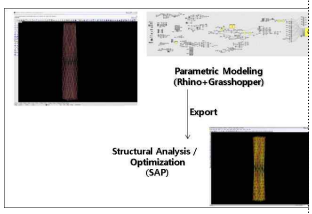
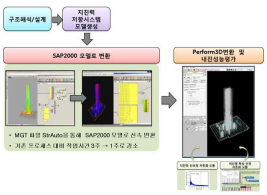
1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비정형 구조요소 평가기법 및 내진 상세 개발	국내외 학술대회 논문
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A02	비정형 구조요소 설계기술	

절차	내용	이미지	산출물
형상최적형 구조요소의 내진상세 개발	▪ 해석 및 실험을 통한 비정형 초고층 구조요소의 내진성능평가를 실시함. ▪ 실험결과 및 해석결과를 토대로 비정형 초고층 구조요소의 요구성능을 평가함. ▪ 평가된 비정형 초고층 구조요소의 요구성능을 기반으로 다이아그리드 시스템의 부재특성 데이터 베이스를 구축함.		국내학술대회 논문 1건
실무 적용을 위한 비정형 구조요소 평가 기법 개발	▪ 유한요소해석을 활용한 비정형 초고층 구조요소의 성능평가 프로세스를 개발하여, 엔지니어들이 쉽게 실무에 적용할 수 있도록 지원함 ▪ 제안된 성능평가 프로세스를 활용하여 실험을 수행하지 않고 비정형 구조요소의 비선형 성능을 파악한 사례를 제시함 ▪ 제안된 성능평가 프로세스를 통해 비정형 구조요소들의 비선형 성능 데이터베이스를 구축하는 과정을 소개함		해외학술대회 논문 3건 국내학술대회 논문 1건
관련 목표 성과물	▪ 국내외 학술발표대회 논문 5건		

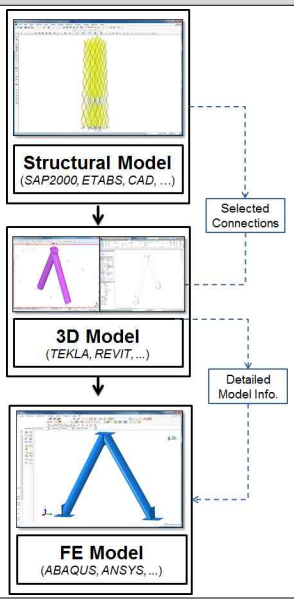
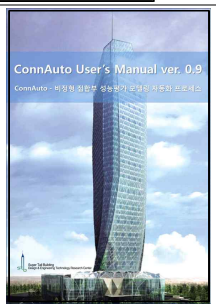
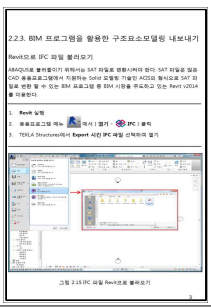
(4) 5차년도

5차년도 세부목표	**실무적용을 위한 비정형 초고층 구조설계도구 개발**	
	A01	비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 개발
	A02	비정형 구조요소 성능평가 프로세스 정립 및 활용 매뉴얼 개발
	통합설계 전산플랫폼 실무적용 및 문제점 개선	
	A03	실무적용을 통한 전산플랫폼 요소기술의 문제점 개선

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	개발 기술의 실무 적용을 위한 설계도구 개발	학술발표 논문
세부 목표	실무적용을 위한 비정형 초고층 구조설계도구 개발	
A01	비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 개발	

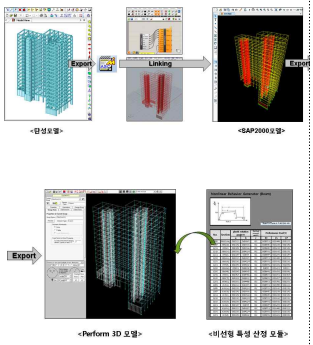
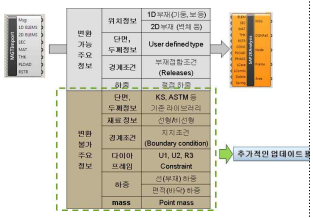
절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 구성 및 파라메트릭 디자인 활용방안 제시	▪ 실무자들이 개발된 비정형 초고층 구조 설계기술을 효과적으로 활용할 수 있도록 요소기술에 대한 예제집 필요 ▪ 개발된 비정형 초고층 연구성과 중 주요 요소기술에 대한 활용방안 제시 ▪ 요소기술 중 파라메트릭 디자인은 단시간 내에 여러 대안을 생성하여 구조성능을 평가할 수 있어 초기 설계에 유용한 기술이며 이를 효과적으로 활용할 수 있는 방안 제시	 	비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 1장 및 2장
전산플랫폼 기반 초고층 내진성능평가 및 리스크 평가 활용방안 제시	▪ 비정형 초고층 건물의 프로젝트 중 내진성능평가 과정은 중요한 과업임 ▪ 개발된 전산플랫폼 기반 내진성능평가 프로세스를 활용하면 기존 방식에 비해 단시간 내에 비선형 해석모델을 구축할 수 있음 ▪ 이러한 기술을 실무자들이 효율적으로 사용하도록 활용방안을 제시할 필요가 있음 ▪ 해당 기술뿐만 아니라 기타 중요 요소 기술들의 활용방안을 집약하여 최종적으로 활용 예제집 완성	 	비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 3장 및 5장
관련 목표 성과물	▪ 비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 ▪ 학술발표 논문 3건		

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	개발 기술의 실무 적용을 위한 설계도구 개발	국내 학술지 특허 학술발표 논문
세부 목표	실무적용을 위한 비정형 초고층 구조설계도구 개발	
A02	비정형 구조요소 성능평가 프로세스 정립 및 설계도구 개발	

절차	내용	이미지	산출물
비정형 구조요소 성능평가 프로세스 정립	▪ 실무에 적용할 수 있는 비정형 구조요소의 성능평가를 위한 구조요소 모델링 프로세스 개발		비정형 접합부 성능평가 모델링 프로세스 (ConnAuto)
실무적용을 위한 비정형 구조요소 설계도구 개발	▪ 개발된 비정형 접합부 성능평가 모델링 프로세스를 이용하여 유한요소 해석을 활용한 비정형 구조요소의 성능평가를 엔지니어들이 쉽게 실무에 적용할 수 있도록 사용자 매뉴얼 개발	 	비정형 접합부 성능평가 모델링 자동화 프로세스 사용자 매뉴얼

관련 목표 성과물	▪ 비정형 접합부 성능평가 모델링 자동화 프로세스 사용자 매뉴얼 ▪ 국내 학술지 1건 ▪ 학술발표대회 논문 5건 ▪ 특허 등록 1건

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	개발 기술 실무 적용 및 문제점 개선	현장적용 국내 학술지 학술발표 논문
세부 목표	통합설계 전산플랫폼 실무적용 및 문제점 개선	
A03	실무적용을 통한 전산플랫폼 요소기술의 문제점 개선	

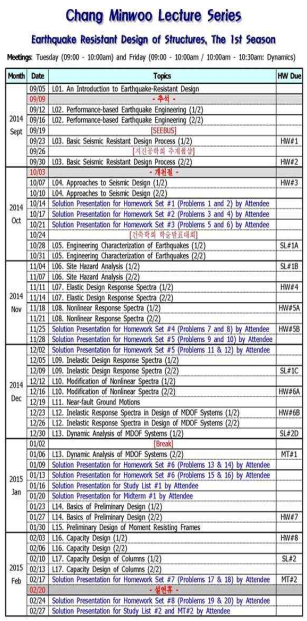
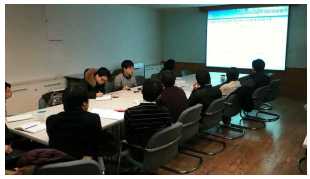
절차	내용	이미지	산출물
전산플랫폼 요소기술의 실무 적용을 통한 검증	▪ 전산플랫폼 요소기술 중 비정형 초고층 내진성능평가 모델링 자동화 프로세스를 실제 공동주택 건물에 적용 ▪ 내진성능평가의 수행시간에 대해 기존방식과 비교한 결과 많은 시간을 단축할 수 있었으며 이에 기술적 효용성을 검증		현장적용에 의한 기술검증
전산플랫폼 요소기술의 문제점 도출 및 개선안 제시	▪ 선행 연구를 통해 전산플랫폼 요소기술 중 비정형 초고층 내진성능평가 모델링 자동화 프로세스의 효용성을 검증 ▪ 해당 기술의 효율성을 더 향상시키기 위해 모델 변환 과정에서 연동이 안 되는 요소들을 도출 및 개선안 제시		전산플랫폼 요소기술 개선안

관련 목표 성과물	▪ 전산플랫폼 요소기술 실무적용에 의한 검증 및 개선안 ▪ 현장적용 1건 ▪ 국내 학술지 1건 ▪ 학술발표대회 논문 1건

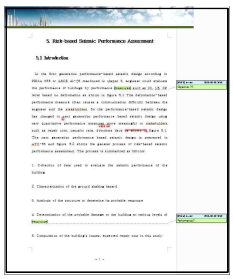
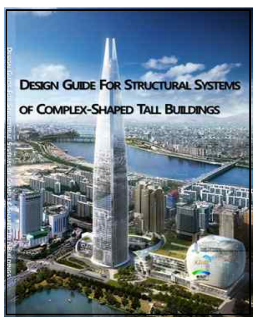
(5) 6차년도

6차년도 세부목표	**비정형 초고층 구조설계기술의 대중화**	
	A01	실무엔지니어를 위한 교육프로그램 개발 및 보급
	세계일류 브랜드 창출 및 사업화	
	A02	비정형 초고층 설계기술정보 영문화

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종목표	세계일류 브랜드 창출 및 사업화	
세부목표	실무엔지니어를 위한 교육프로그램 개발	
A01	비정형 초고층 내진성능평가 교육프로그램 개발 및 보급	

절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 내진성능평가 교육프로그램 개발	▪ [교육 개발] 실무엔지니어들이 개발된 비정형 초고층 내진성능평가를 배우기 위한 교육과정 개발	 Chang Minwoo Lecture Series Earthquake Resistant Design of Structures, The 1st Season Meetings: Tuesday (09:00 - 10:00am) and Friday (09:00 - 10:00am / 10:00am - 10:30am: Dynamics) Month | Date | Topics | HW Due 2014 Sept: 09/05 L01. An Introduction to Earthquake-Resistant Design; 09/09 - 추석 -; 09/12 L02. Performance-based Earthquake Engineering (1/2); 09/16 L02. Performance-based Earthquake Engineering (2/2); 09/19 [SEISAUS]; 09/23 L03. Basic Seismic Resistant Design Process (1/2) HW#1; 09/26 [지진공학회 추계학술대회]; 09/30 L03. Basic Seismic Resistant Design Process (2/2) HW#2 2014 Oct: 10/03 - 개천절 -; 10/07 L04. Approaches to Seismic Design (1/2) HW#3; 10/10 L04. Approaches to Seismic Design (2/2); 10/14 Solution Presentation for Homework Set #1 (Problems 1 and 2) by Attendee; 10/17 Solution Presentation for Homework Set #2 (Problems 3 and 4) by Attendee; 10/21 Solution Presentation for Homework Set #3 (Problems 5 and 6) by Attendee; 10/24 [건축학회 학술대표대회]; 10/28 L05. Engineering Characterization of Earthquakes (1/2) SL#1A; 10/31 L05. Engineering Characterization of Earthquakes (2/2) 2014 Nov: 11/04 L06. Site Hazard Analysis (1/2) SL#1B; 11/07 L06. Site Hazard Analysis (2/2); 11/11 L07. Elastic Design Response Spectra (1/2) HW#4; 11/14 L07. Elastic Design Response Spectra (2/2); 11/18 L08. Nonlinear Response Spectra (1/2) HW#5A; 11/21 L08. Nonlinear Response Spectra (2/2); 11/25 Solution Presentation for Homework Set #4 (Problems 7 and 8) by Attendee HW#5B; 11/28 Solution Presentation for Homework Set #5 (Problems 9 and 10) by Attendee 2014 Dec: 12/02 Solution Presentation for Homework Set #5 (Problems 11 & 12) by Attendee; 12/05 L09. Inelastic Design Response Spectra (1/2); 12/09 L09. Inelastic Design Response Spectra (2/2) SL#1C; 12/12 L10. Modification of Nonlinear Spectra (1/2); 12/16 L10. Modification of Nonlinear Spectra (2/2) HW#6A; 12/19 L11. Near-fault Ground Motions; 12/23 L12. Inelastic Response Spectra in Design of MDOF Systems (1/2) HW#6B; 12/26 L12. Inelastic Response Spectra in Design of MDOF Systems (2/2); 12/30 L13. Dynamic Analysis of MDOF Systems (1/2) SL#2D 2015 Jan: 01/02 [Break]; 01/06 L13. Dynamic Analysis of MDOF Systems (2/2) MT#1; 01/09 Solution Presentation for Homework Set #6 (Problems 13 & 14) by Attendee; 01/13 Solution Presentation for Homework Set #6 (Problems 15 & 16) by Attendee; 01/16 Solution Presentation for Study List #1 by Attendee; 01/20 Solution Presentation for Midterm #1 by Attendee; 01/23 L14. Basics of Preliminary Design (1/2); 01/27 L14. Basics of Preliminary Design (2/2) HW#7; 01/30 L15. Preliminary Design of Moment Resisting Frames 2015 Feb: 02/03 L16. Capacity Design (1/2) HW#8; 02/06 L16. Capacity Design (2/2); 02/10 L17. Capacity Design of Columns (1/2) SL#2; 02/13 L17. Capacity Design of Columns (2/2); 02/17 Solution Presentation for Homework Set #7 (Problems 17 & 18) by Attendee MT#2; 02/20 - 설연휴 -; 02/24 Solution Presentation for Homework Set #8 (Problems 19 & 20) by Attendee; 02/27 Solution Presentation for Study List #2 and MT#2 by Attendee **<교육 계획>**	비정형 초고층 내진성능평가 교육프로그램
개발된 교육프로그램 보급	▪ [교육 실시] 개발된 비정형 초고층 내진성능평가 교육 프로그램을 현재 실무자들에게 교육 실시	  **<교육 실시>**	
관련 목표 성과물	▪ 초고층 내진성능평가 교육프로그램		

1-1-1	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종목표	세계일류 브랜드 창출 및 사업화	
세부목표	비정형 초고층 설계기술 정보 영문화	
A02	비정형 초고층 요소기술 영문 매뉴얼 개발	

절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 영문화 작업	▪ [초안] 초고층 설계기술 연구단 1-1세세부에서 개발한 요소기술의 활용에 대한 예제집의 영문화 작업 실시	 **〈예제집 원본〉**	비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 영문판 초본
자문을 통한 영문판 예제집 개선	▪ [개선] 해외 초고층 설계 전문가 자문을 통해 영문화된 예제집 보완 및 수정	 **〈자문 내용〉**	
영문 비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 완성	▪ [완성] 비정형초고층 설계기술 활용정보를 해외에서 공유할 수 있도록 영문으로 작성된 비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집	 **〈완성된 영문 예제집〉**	비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 영문판:"Design Guide for Structural Systems of complex-shaped Tall Buildings"
관련 목표 성과물	▪ 영문판 비정형 접합부 성능평가 모델링 자동화 프로세스 사용자 매뉴얼		

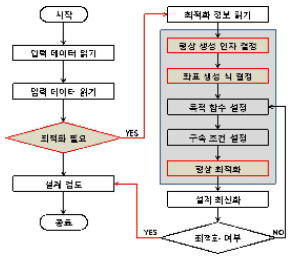
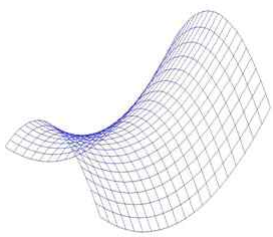
나. 비정형 구조시스템 최적설계 기술개발(인하대)

세세부 과제명	**비정형 구조시스템 최적설계 기술개발**		
최종목표	비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발 비정형 초고층 최적화 실용화 기술		
세부목표	**1~2 차년도**	**비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발**	
		A01	비정형 구조물의 형상생성 및 형상최적설계
		A02	비정형 다이아그리드 구조 시스템의 최적 설계 및 최적 시스템 개발
		A03	강성 최적 설계 기법의 개발
	3차년도	**비정형 초고층 최적화 실용화 기술**	
		A01	비정형 초고층 최적화 실용화 기술
		A02	비정형 초고층 CFD해석기법 적용
	4차년도	**비정형 초고층 최적화 실용화 기술**	
		A01	비정형 초고층 풍하중 저감 형상 최적화 실용화 기술
		A02	비정형 초고층 동적응답특성에 관한 해석적 기술
		A03	비정형 초고층 FSI해석기법 적용

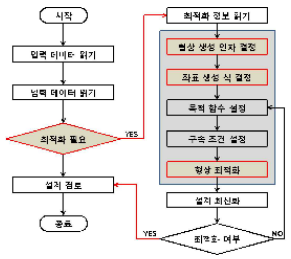
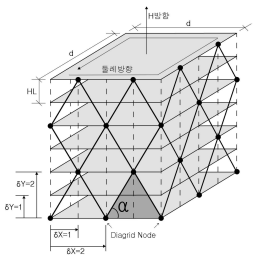
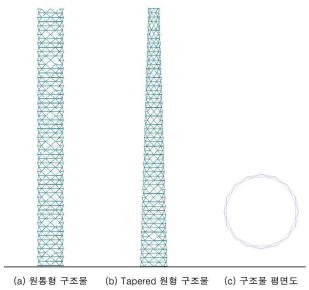
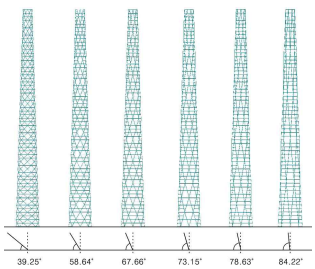
(1) 1단계 (1,2차년도)

1,2차년도 (1단계) 세부목표	**비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발**	
	A01	비정형 구조물의 형상생성 및 형상최적설계
	A02	비정형 다이아그리드 구조 시스템의 최적 설계 및 최적 시스템 개발
	A03	강성 최적 설계 기법의 개발

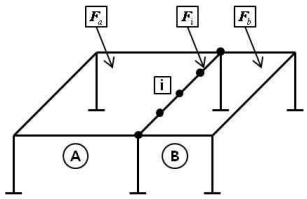
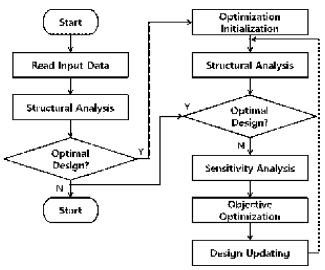
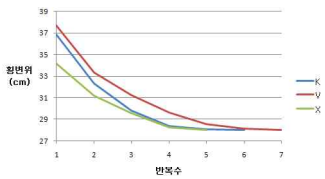
1-1-2	비정형 초고층 구조설계 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 구조물에 대한 형상 최적화	국내 학술지 게재 논문 건수
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발	
A01	비정형 구조물의 형상생성 및 형상최적설계(인하대)	

절차	내용	이미지	산출물
형상생성기법 연구	▪ 비정형 형태의 수식화를 통해서 민감도 해석을 이용한 유한요소해석 ▪ 설계변수, 구속조건, 목적함수의 설정 ▪ 최적설계 알고리즘 결정		-
최적설계 정식화	▪ 설계자의 의도 반영 가능한 형상생성이 가능한 최적설계 정식화 ▪ 형상변수의 조건에 따라 Compiance가 최소가 되는 최적형상 구현	-	-
형상 설계 변수를 이용한 형상생성기법 연구	▪ 최적의 형상을 가지는 형상설계변수의 계산 ▪ 형상설계변수가 하나인 경우와 두 개인 경우 제시	-	-
적용 예제 해석	▪ Visual Basic을 통한 초기 형상 생성 ▪ 정해진 형상설계변수를 토대로 안장형돔 트러스 구조물의 적용 예제에 대한최적설계 해석 수행		-
관련 목표 성과물	▪ 학술발표대회 논문 제출		

1-1-2	비정형 초고층 구조설계 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 구조물에 대한 형상 최적화	국내 학술지 게재 논문 건수
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발	
A02	비정형 다이아그리드 구조 시스템의 최적 설계 및 최적 시스템 개발(인하대)	

절차	내용	이미지	산출물
형상생성기법 연구	▪ 비정형 형태의 수식화를 통해서 민감도 해석을 이용한 유한요소해석 ▪ 설계변수, 구속조건, 목적함수의 설정 ▪ 최적설계 알고리즘 결정		-
다이아그리드 각도를 통한 형상생성 정식화	▪ 원형단면을 가진 초고층 구조물의 좌표와 절점 생성 정식화 ▪ 형상변수에 따라 다이아그리드 각도가 변경 되도록 정식화		-
형상 설계 변수를 이용한 다이아그리드 각도의 최적설계	▪ 최적의 형상을 가지는 형상설계변수의 계산 ▪ 같은 원형단면을 가졌지만 원통형인 경우와 고층으로 갈수록 평면이 감소하는 Tapered 형태에 대한 경우 제시		-
적용 예제 해석	▪ MIDAS를 통한 초기 형상 생성 ▪ 형상설계변수인 다이아그리드 각도에 따르는 풍하중에 대한 다이아그리드 각도 최적설계해석 수행		-
관련 목표 성과물	▪ 강구조학회 논문 제출		

1-1-2	비정형 초고층 구조설계 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 구조물에 대한 형상 최적화	국내 학술지 게재 논문 건수
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 계획 기술개발	
A03	강성 최적 설계 기법의 개발 (인하대)	

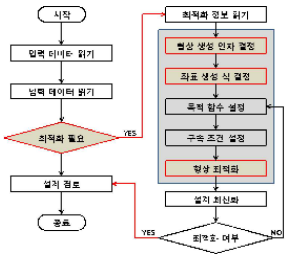
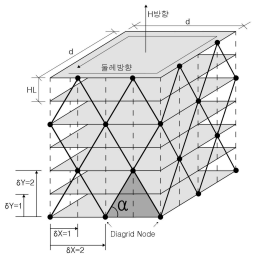
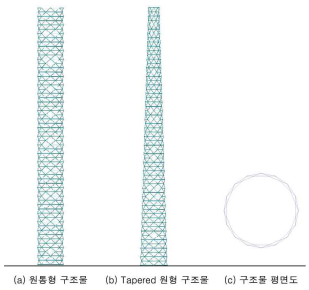
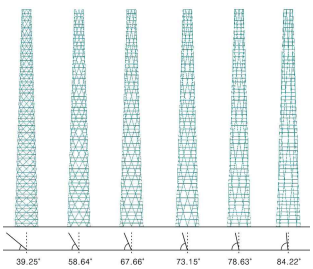
절차	내용	이미지	산출물
활용 기법 탐색 및 정리	▪ 부구조물 기법 ▪ 구속조건 및 구조해석 기법 ▪ 민감도 해석기법 ▪ 부재 단면 재산정 기법		-
최적설계 정식화	▪ 최적설계 정식화	-	-
최적설계 알고리즘 개발	▪ 설계변수, 구속 조건 및 해석기법 적용 ▪ 최적설계 알고리즘 및 프로그램 개발		-
최적설계 예제 적용 및 해석	▪ 적용 예제로 30층 철골 가새 건물 선정, 프로그램의 적용 및 해석 수행 ▪ 가새 종류별 물량 효율성 비교		-

관련 목표 성과물	▪ 대한건축학회 학술발표대회 논문 제출

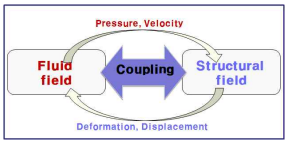
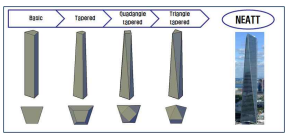
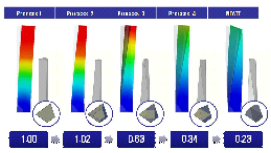
(2) 3차년도

3차년도 세부목표	비정형 초고층 최적화 실용화 기술	
	A01	비정형 초고층 최적화 실용화 기술
	A02	비정형 초고층 CFD해석기법 적용

1-1-2	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A01	비정형 초고층 최적화 실용화 기술	

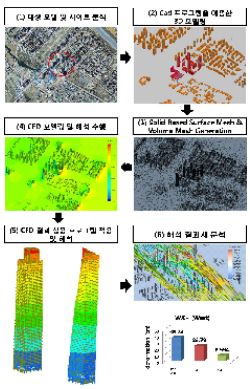
절차	내용	이미지	산출물
형상생성기법 연구	▪ 비정형 형태의 수식화를 통해서 민감도 해석을 이용한 유한요소해석 ▪ 설계변수, 구속조건, 목적함수의 설정 ▪ 최적설계 알고리즘 결정		-
다이아그리드 각도를 통한 형상생성 정식화	▪ 원형단면을 가진 초고층 구조물의 좌표와 절점 생성 정식화 ▪ 형상변수에 따라 다이아그리드 각도가 변경 되도록 정식화		-
형상 설계 변수를 이용한 다이아그리드 각도의 최적설계	▪ 최적의 형상을 가지는 형상설계변수의 계산 같은 원형단면을 가졌지만 원통형인 경우와 고층으로 갈수록 평면이 감소하는 Tapered 형태에 대한 경우 제시		-
적용 예제 해석	▪ MIDAS를 통한 초기 형상 생성 ▪ 형상설계변수인 다이아그리드 각도에 따르는 풍하중에 대한 다이아그리드 각도 최적설계 해석 수행		-
관련 목표 성과물	▪ 강구조학회 논문 제출		

1-1-2	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A01	비정형 초고층 최적화 실용화 기술	

절차	내용	이미지	산출물
수치해석기법을 이용한 초고층 건축물의풍하중 저감형 형상 최적화	▪ 건물이 초고층화 될수록 수평하중인 풍하중에 크게 영향을 받고, 바람은 건물의 형상에 따라 그 속도와 압력이 큰 차이를 보이므로 건물의 형상은 풍하중을 결정짓는 매우 중요한 설계 요소라 할 수 있음 ▪ 최근 초고층 건축물의 비정형성이 높아지면서, 설계기준에 의한 풍하중 산정만으로는 풍하중 측정이 어려워졌음 ▪ 전산유체역학(CFD: Computation Fluid dynamics)과 유체-구조체 상호작용(FSI: Fluid-Structure Interaction) 두 가지 전산 수치시뮬레이션을 이용하여 비정형 초고층 빌딩의 풍하중에 의한 구조적 특성을 알아봄 ▪ 실제 건축물의 형상이 풍하중 저감에 효과적인지 형상 최적화과정을 통하여 만들어진 형상과 비교한다.	  	학술대회 논문 1건

관련 목표 성과물	▪ 논문 게재 ▪ 최적화 과정 매뉴얼

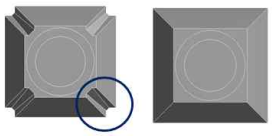
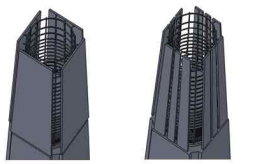
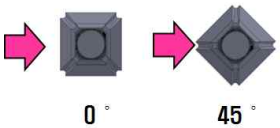
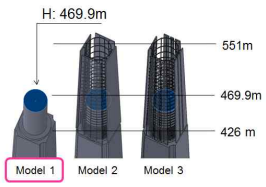
1-1-2	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	비정형 초고층 최적화 실용화 기술	
A02	비정형 초고층 CFD해석기법 적용	

절차	내용	이미지	산출물
난류강도의 영향을 고려한 초고층빌딩의 풍압특성에 관한 수치해석	▪ 제시된 프로토타입 모델의 풍동실험 결과와 CFD해석을 통한 해석 결과의 비교를 통해 CFD해석의 신뢰도를 입증, 난류강도가 신뢰도에 미치는 영향에 대해 제시 ▪ 풍동실험을 통해 풍환경 특성에 대한 해석결과가 있는 실제 프로젝트 두 가지에 대해 CFD해석을 통해 얻은 C_p값과 풍동실험을 통해 얻은 C_p값의 비교·분석과 더불어 풍압분포형태의 비교·분석을 통해 이 해석법의 실제 구조물 풍거동 특성 해석의 적용성을 판단		학술대회 논문 1건 학술지 논문 1건
CFD를 이용한 비정형 초고층 빌딩의 풍하중 해석	▪ 전산유체역학의 풍동실험 대체에 대한 신뢰성을 바탕으로 수치 모델의 해석에 따른 풍압을 상용 프로그램을 이용해 구조물의 외피에 직접 적용시킴으로써 바람이 구조물에 미치는 영향을 더 정확히 파악해 실제 구조 설계에 있어 전산유체역학의 실용성을 검증 ▪ 대상 모델로서 비정형 초고층 건축물들을 선정하여 CAD 프로그램들을 이용한 모델링 작업 후 CFD 해석을 수행하고, 그 결과에 따른 풍압 분포를 상용 프로그램에 적용한 결과와 KBC 2009 규준에 따른 기존의 해석법에 의한 결과를 비교, 해석하여 검증		
관련 목표 성과물	▪ 학술대회 논문 4건		

(3) 4차년도

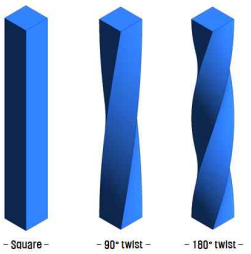
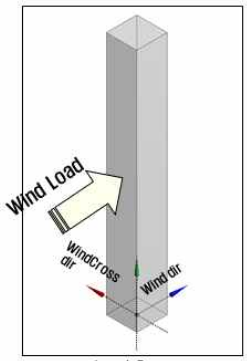
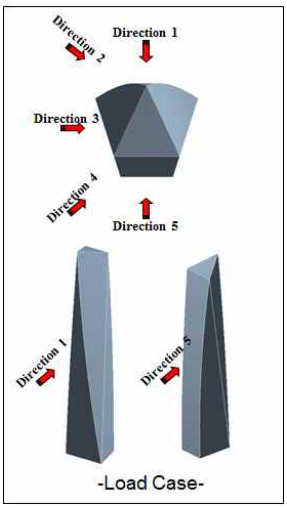
4차년도 세부목표	**비정형 초고층 최적화 실용화 기술**	
	A01	비정형 초고층 풍하중 저감 형상 최적화 실용화 기술
	A02	비정형 초고층 동적응답특성에 관한 해석적 기술
	A03	비정형 초고층 FSI해석기법 적용

1-1-2	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	풍하중 저감 최적화 알고리즘 개발	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	비정형 초고층 최적화 실용화 기술	
A01	비정형 초고층 풍하중 저감 형상 최적화 실용화 기술	

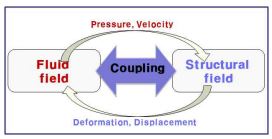
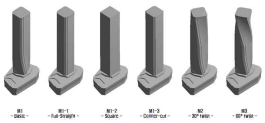
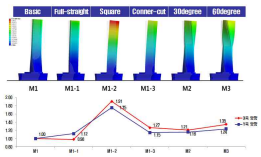
절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 건축물의 풍하중 저감을 위한 형상 최적화	▪ 높이 변화에 따른 상부 면적을 감소시킨 Tapered기법과 다양한 모서리 형상의 변화 프로토 타입 제시 ▪ 제시된 프로토타입 모델의 FSI해석 결과로 풍하중 감소를 판단	 -Doha Tower- -Non-Corner-Modified Model	학술대회 논문 2건
실제 건물과 변형 모델을 수치해석 결과로 비교	▪ 도하타워의 Corner modified가 효과적인지 Non-Corner modified 형태를 모델링 하여 비교 검증 ▪ 도하타워의 상부구조물의 벽 요소를 변형하여 한 면당 3개로 나누어 면사이의 중공부를 증가시킨 모델과 비교 검증	 -Doha Tower- -Alternative-Model  0 ° 45 °  H: 469.9m 551m 469.9m 426 m Model 1 Model 2 Model 3	

관련 목표 성과물	▪ 학술 논문 1건

1-1-2	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	풍하중 저감 최적화 알고리즘 개발	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	비정형 초고층 최적화 실용화 기술	
A02	비정형 초고층 동적응답특성에 관한 해석적 기술	

절차	내용	이미지	산출물
FSI를 이용한 비정형 초고층 빌딩의 풍압 및 동적 해석	▪ 제시된 프로토타입 모델의 FSI해석 결과를 통해 풍압 분포를 비교하여 시간 이력에 따른 부압 제시 ▪ 기본 모델의 FSI-1way해석을 통하여 풍방향보다 풍 직각 방향으로 진동이 큼을 제시 ▪ Sqare 모델의 측면에서 발생하는 부압의 변동성이 Twist 모델에 비하여 현저히 크므로, Sqare 모델의 풍 직각 방향으로의 진동이 크게 발생함을 판단	  - Load Case -	학술대회 논문2건
실제 비정형 초고층 빌딩의 FSI해석 결과를 비교 검증	▪ 비정형 초고층의 대표적인 동북아무역센터(NEATT)에 FSI해석법을 통하여 적용 ▪ 5경우의 풍향에 대하여 해석한 후 풍동실험 결과의 가속도와 비교 검증		
관련 목표 성과물	▪ 학술 논문 1건		

1-1-2	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비정형 구조요소 평가 및 설계기술 개발	
세부 목표	비정형 초고층 최적화 실용화 기술	
A03	비정형 초고층 FSI해석기법 적용	

절차	내용	이미지	산출물
FSI을 이용한 비정형 초고층 빌딩의 동적 응답 분석	▪ 건물이 초고층화 될수록 수평하중인 풍하중에 크게 영향을 받고, 바람은 건물의 형상에 따라 그 속도와 압력이 큰 차이를 보이므로 건물의 형상은 풍하중을 결정짓는 매우 중요한 설계 요소라 할 수 있다. ▪ Fluid-Structure Interaction(이하 FSI) 수치해석 시뮬레이션을 이용하여 비정형 초고층 빌딩의 풍하중에 의한 구조적 특성을 알아본다. ▪ 비정형 초고층 빌딩의 형상이 풍하중 저감과 풍력 거동 특성 예측에 효과적인지 실제 사례에 적용 및 평가한다.	  	현장 적용 1건

관련 목표 성과물	▪ 현장 적용 1건

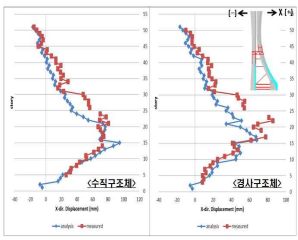
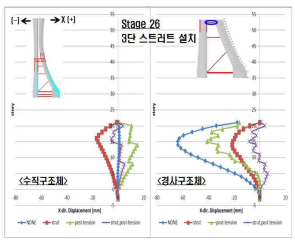
다. 시공단계를 고려한 구조시스템 설계기술 개발 (쌍용건설)

세세부 과제명	**시공단계를 고려한 구조시스템 설계기술 개발**		
최종목표	비정형 초고층 구조시스템 설계 기술개발 시공단계해석기법 개발 및 시간의존적 거동 특성 규명		
세부목표	**1~2 차년도**	**비정형 초고층 구조시스템 설계 기술개발**	
		A01	비정형 초고층 시공단계 해석 적용 및 분석
		A02	시공단계해석 기법 개발 및 구조성능 평가
	3차년도	**시공단계해석기법 개발 및 시간의존적 거동 특성 규명**	
		A01	비정형 프로토타입 모델에 대한 시공단계해석의 적용 및 시공 중 구조성능 평가
		A02	비정형 초고층 간략 시공단계해석 기법 개발
		A03	시간의존적 거동을 고려한 RC부재 구조성능 평가
	4차년도	**시공단계해석기법 개발 및 시간의존적 거동 특성 규명**	
		A01	시공단계해석의 적용 및 시공 중 구조성능 평가 방안 개발
		A02	시간의존적 거동을 고려한 RC부재 설계법 개발
		A03	시공단계해석기법의 전산도구화

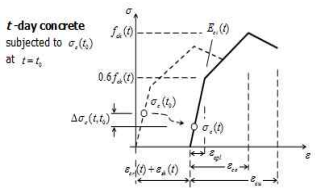
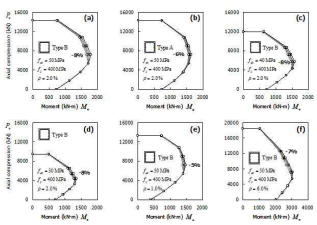
(1) 1단계 (1,2차년도)

1,2차년도 (1단계) 세부목표	비정형 초고층 구조시스템 설계 기술개발	
	A01	비정형 초고층 시공단계 해석 적용 및 분석
	A02	시공단계해석 기법 개발 및 구조성능 평가

1-1-3	비정형 초고층 구조설계 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	시공단계 해석기법 개발	수치해석 건수 DB구축 건수
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 설계 기술개발	
A01	비정형 초고층 시공단계 해석 적용 및 분석	

절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 시공 중 안정성 영향요소 분석	▪ 초고층 시공 중 안정성 영향요소 분석 ▪ 시공단계해석 및 평가항목 분석		
비정형 초고층 시공단계해석 적용	▪ 범용구조해석프로그램을 이용한 비정형 초고층 시공단계해석의 적용 ▪ 대상 건물 : Marina Bay Sands Hotel ▪ 적용 S/W : MIDAS-GEN ▪ 실제 시공 스케쥴을 70개의 단계로 단순화하여 시공단계해석 수행		수치해석 보고서
시공단계해석결과-계측결과 비교/분석	▪ 모니터링 시스템에 의한 횡변위 계측결과와 시공단계해석에 의한 해석 결과의 비교/분석 ▪ 시공 과정에서의 pre-camber 값 적용을 통한 해석 결과 보정 ▪ 계측-해석 결과 비교를 통한 범용구조해석프로그램의 비정형 초고층 시공단계해석 적용성 검토		
비정형 초고층 시공 중 거동에 대한 가설구조의 영향 분석	▪ 가설구조별 시공단계해석 적용 ▪ 가설구조 적용에 따른 시공 중 골조 횡거동 분석 ▪ 가설구조의 효과 분석		구조성능DB
관련 목표 성과물	▪ 시공단계해석 수행 보고서 및 구조성능 DB		

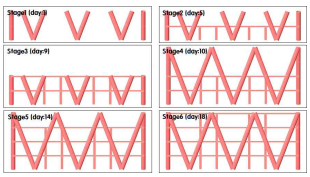
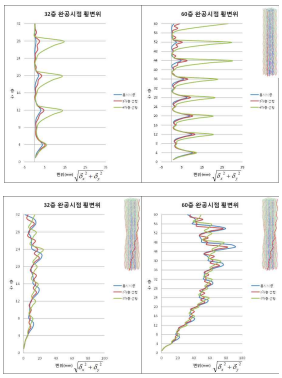
1-1-3	비정형 통합설계 시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	시공단계 해석기법 개발	학술발표논문 건수
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 설계 기술개발	
A02	시공단계해석 기법 개발 및 구조성능 평가	

절차	내용	이미지	산출물
콘크리트 재료모델 조사/분석	▪ 콘크리트 장기거동 모델 조사/분석 ▪ PCA 모델 ▪ ACI 모델 ▪ CEB-FIP 모델 ▪ KCI 모델		
철근콘크리트 시공단계 및 장기거동해석기법 조서/분석	▪ 철근콘크리트 장기거동 해석 기법 분석 ▪ 장기거동 모델 및 해석 방법론 분석 ▪ 부재단계의 장기거동 연구 분석 ▪ 시스템단계의 장기거동연구 분석		
철근콘크리트 부재 장기거동해석 프로그램 개발	▪ 철근콘크리트 단면의 간략 장기해석 프로그램 개발 ▪ 하중의 단계별 작용 효과 및 콘크리트의 시간의존적 재료성질을 포함한 단면해석 알고리즘 및 프로그램 개발		
철근콘크리트 부재 시간의존적 거동 특성 분석	▪ 철근콘크리트 부재의 시간의존적 거동 특성을 분석하기 위한 변수연구 수행 ▪ 장기 모멘트-곡률 관계 분석 ▪ 시간의존적 거동에 의한 단면의 휨-압축 강도 성능 분석		학술발표논문
관련 목표 성과물	▪ 시간의존적 구조성능 분석 결과에 대한 학술발표논문		

(2) 3차년도

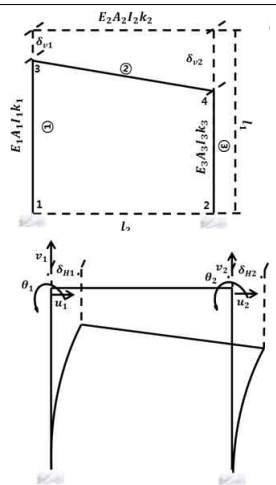
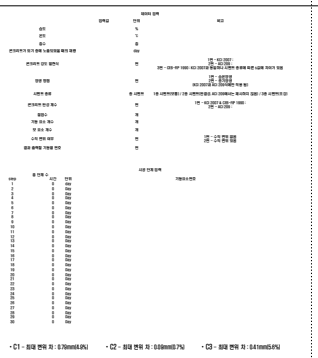
3차년도 세부목표	**시공단계해석기법 개발 및 시간의존적 거동 특성 규명**	
	A01	비정형 프로토타입 모델에 대한 시공단계해석의 적용 및 시공 중 구조성능 평가
	A02	비정형 초고층 간략 시공단계해석 기법 개발
	A03	시간의존적 거동을 고려한 RC부재 구조성능 평가

1-1-3	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	수치해석 구조성능DB
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A01	비정형 프로토타입 모델에 대한 시공단계해석의 적용 및 시공 중 구조성능 평가 (쌍용건설)	

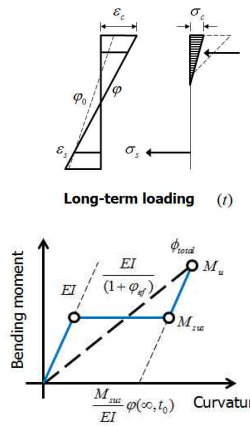
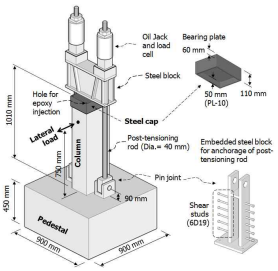
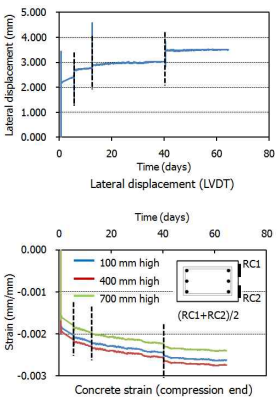
절차	내용	이미지	산출물
비정형 다이아그리드 프로토타입에 대한 시공계획 수립 및 분석	▪ 비정형 Twisted 프로토타입 모델에 대하여 비틀림 각도 및 시공 순서에 따른 시공 중 거동 분석 ▪ 다이아그리드의 비틀림 각도를 0°, 1°, 2°로 변화하여 적용 ▪ 다이아그리드-골조 동시 시공, 다이아그리드 2개 층 선행, 다이아그리드 4개 층 선행의 3가지 시공계획 조건 적용		-
설계 및 시공조건에 대한 시공단계해석 수행	▪ 총 9 모델에 대한 시공단계해석 수행 ▪ 각 해석모델별로 60단계 이상의 상세 시공단계해석 적용 ▪ 시공 중 골조 거동 분석을 위해 골조 횡변위를 주요 변수로 하여 해석결과를 정리		수치해석 1건
시공단계해석 결과 및 시공 중 구조성능 분석	▪ 골조의 비틀림 각도 및 시공 계획에 따른 시공 중 구조성능 분석 ▪ 비정형성에 따른 거동 분석 ▪ 횡력저항시스템의 단위 모듈 완료 시점에 따른 횡변위 제어 효과 분석 ▪ 전체 공기 및 단위 양중량, 구조 성능의 종합 분석		구조성능DB 1건

관련 목표 성과물	▪ 비정형 다이아그리드 초고층 프로토타입에 대한 시공단계 수치해석 1건 ▪ 비정형 다이아그리드 초고층 프로토타입의 변수에 따른 시공 중 구조성능 DB 1건

1-1-3	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	수치해석 구조성능DB 지침
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A02	비정형 초고층 간략 시공단계해석 기법 개발 (쌍용건설)	

절차	내용	이미지	산출물
영향요소 분석 및 기본개념 수립	▪ 시공단계해석의 주요 영향 요소 선정 ▪ 간략 시공단계해석기법의 주요 개념 선정 ▪ 간략 시공단계해석기법 알고리즘 개발		-
간략 시공단계해석 기법 개발	▪ 간략 시공단계해석 기법 개발 ▪ 시간의존적 성질을 반영하여 시공단계별 수직변위 변화량 산정 ▪ 부등축소를 반영한 등가하중에 의한 횡변위 변화량 산정 ▪ 부등축소 등가하중, 경사부재 수평분력, 보의 건조수축, 부재축소 수평성분에 의한 횡변위들을 합산하여 시송단계별 횡변위 변화량 산정 ▪ 시공단계별 변위 변화량을 누적하여 전체 변위 산정		-
간략 시공단계해석 예제 적용 및 검증	▪ 입출력 요소 정의 ▪ 비대칭 하중에 의한 편심 작용 예제 모델 적용 및 검증 ▪ 구획 시공에 의한 편심 작용 예제 모델 적용 및 검증 ▪ 비정형 형상 골조 예제 모델 적용 및 검증		수치해석 1건 구조성능DB 1건 지침 1건
관련 목표 성과물	▪ 비정형 예제 모델에 대한 간략시공단계해석 적용 수치해석 1건 ▪ 비정형 예제 모델에 대한 간략시공단계해석 적용 시공 중 구조성능 DB 1건 ▪ 간략시공단계해석 프로그램을 이용한 시공 중 골조 거동 예측 가이드라인 (2012년 3월 예정)		

1-1-3	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	학술논문 학술논문발표
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A03	시간의존적 거동을 고려한 RC부재 구조성능 평가 (쌍용건설)	

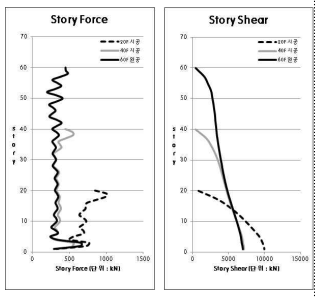
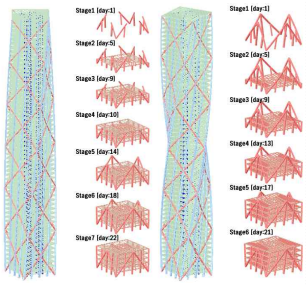
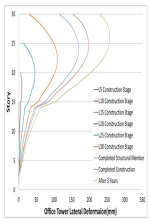
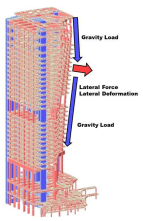
절차	내용	이미지	산출물
비정형 초고층 압축부재의 장기 단면성능 예측법 개발	▪ 장기하중을 받는 휨재의 처짐 평가 -재료 시간의존적 거동, 철근비, 배근 위치 등을 고려한 근사 처짐 평가식 제안 ▪ 휨과 압축을 동시에 받는 부재의 장기거동 평가방법 개발 -기존 EC2의 방법의 적용성 검증 -장기 축소량 및 횡변형 평가법 개발		학술논문 1건 학술발표 1건
중심축 및 편심 지속하중 압축재 실험	▪ 중심축(순수 압축재하), 편심(휨-압축을 동시 재하) 지속하중을 받는 기둥의 장기재하 실험 및 장기변형 계측 ▪ 장기변형을 존치시킨 상태에서 중심축 및 편심 기둥에 대한 횡력 반복재하 실험 수행하여, 장기거동에 따른 내진특성의 변화를 실험적으로 평가		특허 출원 1건
실험 결과 분석 및 설계식 제안	▪ 장기거동에 따른 중심축 및 편심재하 기둥의 수직 축소변형을 비교하여, 재하조건에 따른 장기거동 특성 및 간략평가방법 검증 ▪ 장기거동에 따른 편심재하 기둥의 횡방향 장기변형에 대하여, 실험결과와 기존 EC2 예측 결과를 비교하고, 필요할 경우 개선식 제안		-

관련 목표 성과물	▪ RC부재의 시간의존변형 평가방법 학술논문 1건 ▪ RC부재의 시간의존변형 평가방법 학술발표논문 1건 ▪ RC기둥 시간의존적 특성을 고려한 구조성능 평가 실험 특허 출원 1건

(3) 4차년도

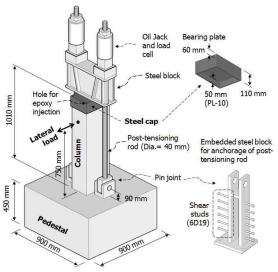
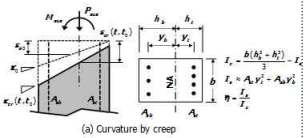
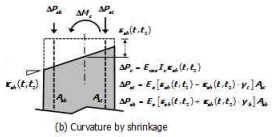
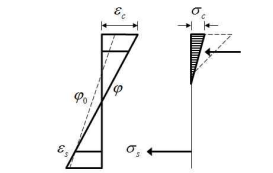
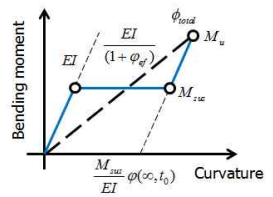
4차년도 세부목표	시공단계해석기법 개발 및 시간의존적 거동 특성 규명	
	A01	시공단계해석의 적용 및 시공 중 구조성능 평가 방안 개발
	A02	시간의존적 거동을 고려한 RC부재 설계법 개발
	A03	시공단계해석기법의 전산도구화

1-1-3	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	현장적용 학술논문
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A01	시공단계해석의 적용 및 시공 중 구조성능 평가 방안 개발	

절차	내용	이미지	산출물
프로토타입 모델에 대한 시공 중 구조성능평가	▪ 시공 중 구조성능 평가를 위한 설계 하중 제시 ▪ 비틀림 비정형 프로토타입 모델에 대한 시공 중 구조성능 평가 수행 ▪ 시공 중 횡하중 및 횡력저항성능 분석 시공 중 부재 단면성능 분석		-
프로토타입 모델에 대한 시공단계해석	▪ 비틀림 비정형 프로토타입 모델에 대한 시공단계해석 수행 ▪ 18개 해석모델별로 60단계 이상의 상세 시공단계해석 적용 ▪ 시공 중 골조 거동 분석을 위해 골조 횡변위를 주요 변수로 하여 해석결과를 정리		학술논문 1건 (예정)
실제 프로젝트에 대한 시공단계해석 적용	▪ 시공 중인 프로젝트의 시공 중 구조성능을 검토하여 적절한 시공계획 및 보정계획수립 ▪ 입찰 단계의 프로젝트에 대하여 시공단계 해석을 적용하여 구조성능을 예측함으로써 적절한 대안설계 제시 및 시공계획안 수립을 위한 가이드라인 제시	 	현장적용 4건

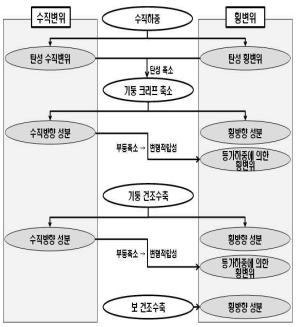
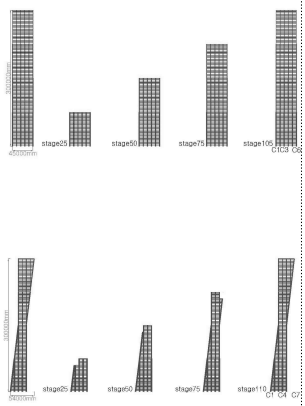
관련 목표 성과물	▪ 시공 중 또는 입찰 진행 중인 프로젝트에 대한 시공단계해석 적용 및 구조성능 분석 4건 ▪ 비정형 프로토타입 시공단계해석 학술논문 1건 (2013년 2월 게재 예정)

1-1-3	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	학술논문
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A02	시간의존적 거동을 고려한 RC부재 설계법 개발	

절차	내용	이미지	산출물
경사압축부재의 시간의존적 변형 평가를 위한 구조실험	▪ 편심(휨-압축을 동시 재하) 지속하중을 받는 RC 및 SRC기둥의 장기재하 실험 및 변형 계측 ▪ 시공중 변형에 영향을 미칠 수 있는 초기재령 재하, 철근비, 편심크기, 매입강재 등의 영향을 고려한 시간의존적 변형 평가		-
경사압축부재의 시공중변형 간략평가법 개발	▪ 편심압축재의 축방향 축소변형 평가 -재령보정유효계수법에 기반하여 콘크리트 크리프, 수축, 철근비, 지속압축력, 지속편심모멘트 등의 영향을 고려할 수 있는 시간의존적 축소변형 평가방법 제안 ▪ 편심압축재의 횡변형(휨곡률) 평가 -재령보정유효계수법 기반 -장기 편심모멘트에 의하여 증가하는 휨곡률을 콘크리트 크리프 및 수축, 배근 상세, 하중지속기간 등의 영향을 고려하여 평가	 	학술논문 1건
시공단계변형을 고려한 부재설계법 개발	▪ 시공중 및 시공이후 지속하중을 받는 휨재의 처짐평가: -재료 시간의존적 거동, 철근비, 배근위치 등을 고려한 처짐 평가 ▪ 시공중변형을 고려한 편심재하 압축재의 장기변형 평가 -시간의존적 축소변형 및 휨변형 평가 ▪ 시공중변형을 고려한 편심압축재 단면구조성능 평가 -편심지속하중에 의한 장기응력재분배를 고려한 단면해석	 	-

관련 목표 성과물	▪ 경사압축부재의 시간의존변형 간략평가방법 학술논문 1건

1-1-3	비정형 구조시스템 최적화 설계기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	단위요소기술 융복합 및 현장적용에 의한 기술 검증	S/W 등록 논문
세부 목표	비정형 초고층 구조설계 요소기술 개발	
A03	시공단계해석기법의 전산도구화	

절차	내용	이미지	산출물
간략 시공단계해석 기법 개발	▪ 간략 시공단계해석 기법 개발 ▪ 시간의존적 성질을 반영하여 시공단계별 수직변위 변화량 산정 ▪ 부등축소를 반영한 등가하중에 의한 횡변위 변화량 산정 ▪ 시공단계별 변위 변화량을 누적하여 전체 변위 산정		논문 1건
간략 시공단계해석 기법 검증	▪ 간략 시공단계해석 기법의 예제 적용을 통한 검증 ▪ 대칭하중을 받는 정형 초고층 골조 예제 ▪ 비대칭하중을 받는 정형 초고층 골조 예제 ▪ 비대칭하중을 받는 비정형 초고층 골조 예제		-
간략시공단계해석 기법 전산도구화	▪ 엑셀을 이용한 입출력 형식 정의 ▪ 사용자 매뉴얼 작성 ▪ 소프트웨어 등록		S/W 등록 1건

관련 목표 성과물	▪ 간략시공단계해석 프로그램 소프트웨어 등록 1건 ▪ 간략시공단계해석 학술논문 1건

[1-2 세세부 : 비정형 초고층 구조시스템 전산설계 기술 개발]

가. 비정형 통합설계 전산플랫폼 개발

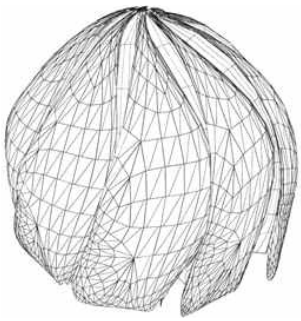
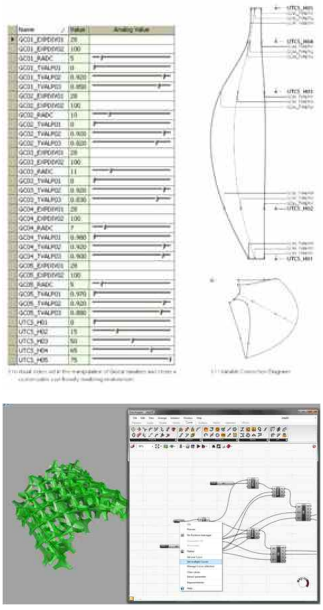
세세부 과제명	**비정형 통합설계 전산플랫폼 개발**		
최종목표	통합설계 전산플랫폼 개발 및 기능 개선 파일럿 프로젝트 수행 및 전산플랫폼 기능 검증 사업화/국제화		
세부목표	**1~2 차년도**	**전산플랫폼 개발 요구조건 분석**	
		A01	비정형 설계를 위한 Parametric Design 기법 연구
		A02	비정형통합플랫폼 To-Be 모델 구축
		A03	비정형 구조시스템 대안생성 기법 연구
		비정형 초고층 구조시스템 전산설계 알고리즘 개발	
		A04	파라메트릭 모델링 기술 개발
		A05	구조시스템 대안생성 기법 개발
		비정형 골조설계를 위한 요소모듈 개발	
		A06	핵심 인터페이스 모듈 개발
		A07	통합플랫폼 원형 구축
		비정형 구조시스템 성능평가 알고리즘 개발	
		A08	구조시스템 대안 평가기법 개발
		A09	대안 성능평가 모듈 원형 개발
	3차년도	**통합설계 전산플랫폼 개발 및 기능 개선**	
		A01	통합설계 전산플랫폼 개발
		A02	골조정보모델(SIM) 구축 및 전산플랫폼 탑재
		A03	5D 골조정보모델 구축 및 구현
		파일럿 프로젝트 수행 및 전산플랫폼 기능 검증	
		A04	전산플랫폼 현업 적용 및 기능 검증
		사업화/국제화	
		A05	사업화/국제화

세부목표	**4차년도**	**통합설계 전산플랫폼 개발 및 기능 개선**	
		A01	효율 향상을 위한 분산 멀티 솔버 환경 구축
		A02	요소기술 개선 보완
		기술융복합	
		A03	실무 엔지니어링 중심의 통합설계 플랫폼 업데이트
		현업적용	
		A04	파일럿 프로젝트 추진
	5차년도	**통합설계 전산플랫폼 기능 개선**	
		A01	실무 엔지니어링 중심의 통합설계 플랫폼 업데이트
		전산플랫폼 요소모듈 상품화	
		A02	골조 특화 3D 도구 상품화
		현업적용	
		A03	파일럿 프로젝트 추진
	6차년도	**전산플랫폼 기능 향상**	
		A01	배근설계 자동화 알고리즘 개선
		전산플랫폼 상품화	
		A02	골조 특화 3D 도구 상품화
		글로벌 프로젝트 수주역량 강화	
		A03	글로벌 엔지니어링팀 해외 시장 협업

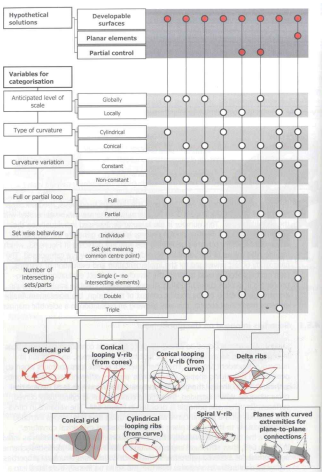
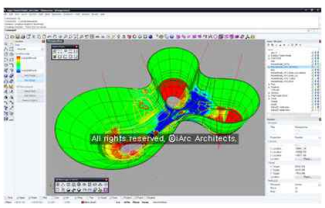
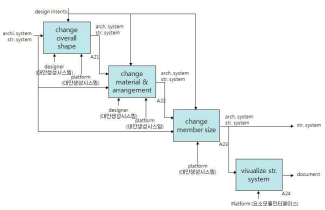
(1) 1단계 (1,2차년도)

1,2차년도 (1단계) 세부목표	**전산플랫폼 개발 요구조건 분석**	
	A01	비정형 설계를 위한 Parametric Design 기법 연구
	A02	비정형통합플랫폼 To-Be 모델 구축
	A03	비정형 구조시스템 대안생성 기법 연구
	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 알고리즘 개발	
	A04	파라메트릭 모델링 기술 개발
	A05	구조시스템 대안생성 기법 개발
	비정형 골조설계를 위한 요소모듈 개발	
	A06	핵심 인터페이스 모듈 개발
	A07	통합플랫폼 원형 구축
	비정형 구조시스템 성능평가 알고리즘 개발	
	A08	구조시스템 대안 평가기법 개발
	A09	대안 성능평가 모듈 원형 개발

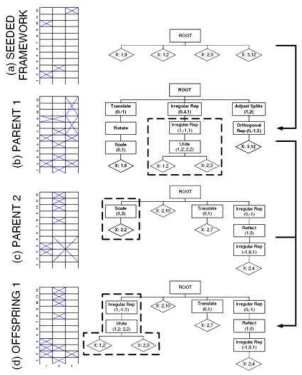
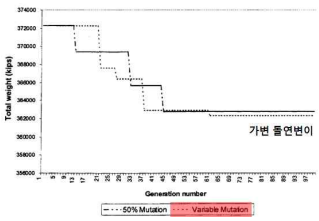
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 기술개발 환경 구축	학술지 논문
세부 목표	전산플랫폼 개발 요구조건 분석	
A01	비정형 설계를 위한 Parametric Design 기법 연구	

절차	내용	이미지	산출물
Parametric Design 관련 논문 검토	▪ Baha'i Temple 모델 구현을 통한 파라메트릭 디자인 도구의 특성 비교 -Application : Baha'i Temple 케이스 스터디 -Exposition : Generative Components -Framework : 실무자 및 개발자 설문조사		-
Parametric Design 툴 비교 검토	▪ Generative Components -논리적이고 개념적인 모델링 방법 -유연한 형태의 도구상자를 통해 개념적인 설계가 가능 -객체 생성을 통해 직접 디자인을 할 수도 있고 객체의 생장을 유추하는 방법으로 형태를 생성할 수도 있음 ▪ Grasshopper -Rhino의 Plug-in으로 기존의 Rhino model을 이용한 디자인 가능 -변수에 따른 결과물이 Rhino로 실시간 반영되어 시각적으로 유리 -Component 간의 관계를 직관적으로 파악하는데 용이 -Script를 이용하여 창의적인 로직 첨부 가능		-
관련 목표 성과물	▪ 비정형 설계에서 Parametric Design 적용 방법 결정		

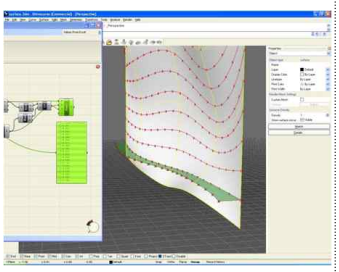
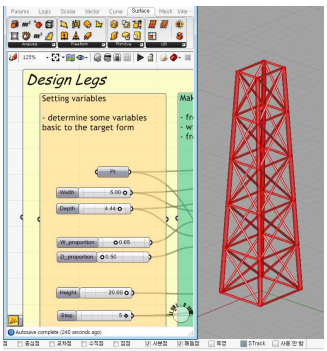
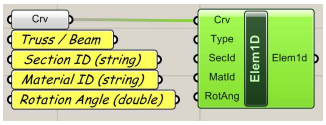
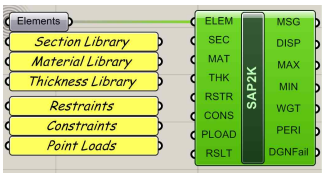
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 기술개발 환경 구축	학술지 논문
세부 목표	전산플랫폼 개발 요구조건 분석	
A02	비정형통합플랫폼 To-Be 모델 구축	

절차	내용	이미지	산출물
파라메트릭 디자인 관련 기존 연구 분석	▪ Free form Structural Design : Schemes, Systems & Prototypes of Structures for Irregular Shaped Buildings ▪ Delta Rib 구조시스템의 원형을 제시하고 아래의 관점에서 평가 -건설 가능성 -조립 타당성 -판 두께의 무시 -치수적 정확성		-
비정형 건축 전산설계 프로세스 사례 조사	▪ 인천 세계도시 축전 기념관 사례 분석 -CATIA를 이용하여 3차원 모델링을 수행함 -외부 스킨 디자인에는 Rhino를 이용함 -Rhino는 데이터의 일관성과 체계성이 부족하여 최종적으로는 CATIA로 다시 모델링 함 -CATIA 모델이 외장 패널 제작을 위한 CNC로 넘어감		-
비정형 구조설계 프로세스의 최종 구성도 작성	▪ 대안생성시스템 ▪ 구조시스템 평가모듈 ▪ 요소모듈 인터페이스 ▪ 고속설계모듈		-
관련 목표 성과물	▪ 비정형 구조설계 프로세스 최종 구성도		

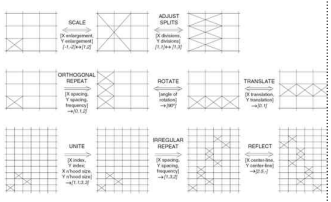
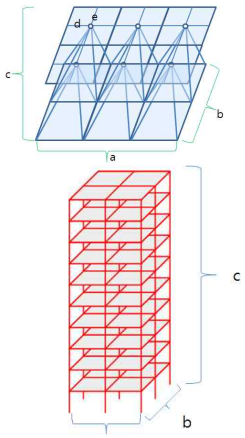
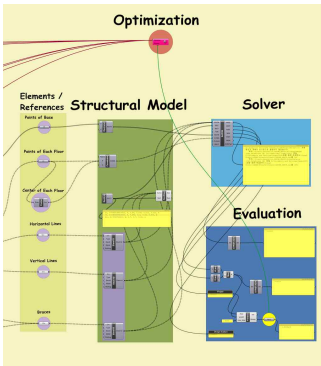
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 기술개발 환경 구축	학술지 논문
세부 목표	전산플랫폼 개발 요구조건 분석	
A03	비정형 구조시스템 대안생성 기법 연구	

절차	내용	이미지	산출물
기존의 AI (Artificial Intelligence)에 기반한 최적화 알고리즘 조사	▪ Genetic Programming을 이용한 brace의 최적배치 ▪ Genetic Cross Over Operation 기존 최적화 알고리즘의 비정형 초고층건물에의 적용성 검토		-
Soft computing 기법을 이용한 비정형 구조시스템 대안생성 기법 연구	▪ 유전자 알고리즘 (Genetic Algorithm) ▪ 유전자 프로그래밍 (Genetic Programming) ▪ 개미집단 최적화 (Ant Colony Optimization) ▪ 비정형 초고층 구조물의 유전적 표현 기법 연구		학술발표: 고층건물 구조시스템의 대안평가 방안 연구
관련 목표 성과물	▪ 통합설계 전산플랫폼 파일럿 구현		

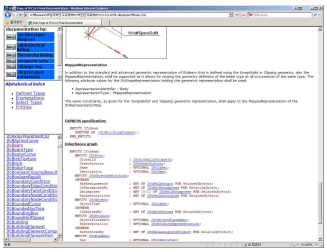
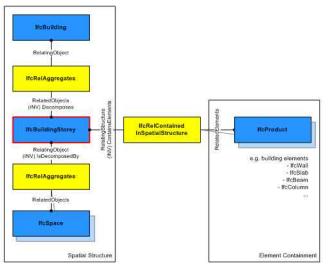
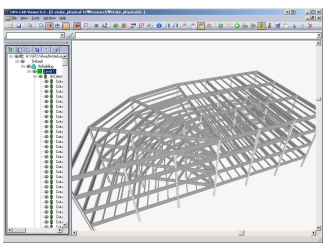
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 기술개발 환경 구축	학술지 논문 S/W
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 알고리즘 개발	
A04	파라메트릭 모델링 기술 개발 (선문대)	

절차	내용	이미지	산출물
파라메트릭 디자인 기법 연구	▪ 비정형 설계를 위한 파라메트릭 디자인 기법 연구		학술발표: 구조해석모델 생성을 위한 파라메트릭 모델러의 적용성 연구
파라메트릭 구조해석 모델 연구	▪ 파라메트릭 구조해석 모델 연구 ▪ 구조해석 정보 설정 방법 연구 ▪ 파라메트릭 구조해석 모델 방향 설정		국제학술발표: PARAMETRIC STRUCTURAL ANALYSIS AND OPTIMIZATION
구조해석 파라메트릭 도구 개발	▪ 파라메트릭 구조해석 모델을 위한 구조 요소, 해석, 최적화 관련 전산설계 기술 -구조요소 컴포넌트 개발 -구조해석 정보 컴포넌트 개발 -구조해석 패키지 연동 컴포넌트 개발 -최적화 컴포넌트 개발	 	S/W: 초고층 구조시스템 파라메트릭 모델러 Strauto (2011. 1. 등록 예정)
관련 목표 성과물	▪ 파라메트릭 골조 모델러, 파라메트릭 구조해석 관련 컴포넌트		

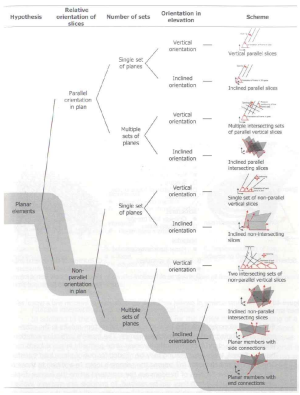
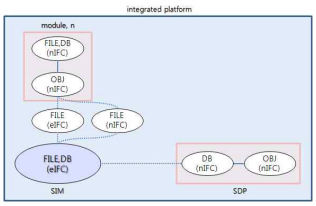
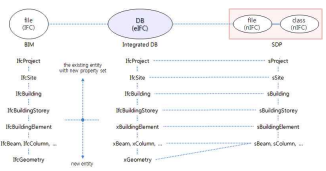
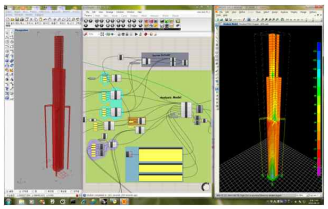
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 기술개발 환경 구축	학술지 논문 및 소프트웨어 등록
세부 목표	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 알고리즘 개발	
A05	구조시스템 대안생성 기법 개발 (선문대)	

절차	내용	이미지	산출물
대안생성 기법 분석	▪ 비정형 구조시스템 대안생성을 위한 소프트 컴퓨팅 기법 분석 -Evolution Strategies(ES) -Evolutionary Programming(EP) -Genetic Algorithms(GAs) -Genetic Programming(GP)		-
구조시스템 파라미터 및 요구기능 분석	▪ 비정형 구조시스템을 위한 기본 구조시스템 파라미터 및 요구기능 분석 -비정형 건축물의 유형분류 및 기본 구조시스템 파라미터 도출 -비정형 건축물의 외형과 구조시스템의 상관관계 분석을 통한 구조시스템 대안생성 파라미터 도출 -튜브, 다이아그리드, 아웃리거/코어, 스페이스 프레임, 메가 스트럭처에 대한 상세 요구기능 분석		학술발표: “건물 형상의 비정형성과 구조시스템의 상관관계 분석”
구조해석 모델 최적화 적용 검토	▪ 파라메트릭 구조해석 모델에 대한 시험해석을 통해 최적화 적용가능성 검토 -파라메트릭 구조해석 모델 생성 -최적화를 위한 파라메터 설정 -구조해석 패키지를 통한 해석 -구조해석 결과 평가 -새로운 모델 생성, 전달, 재해석 -반복 수행을 통한 모델 최적화		학술발표: 비정형 디자인의 파라메트릭 구조해석 및 최적화 현업적용 : 롯데타워 구조모델 검토
관련 목표 성과물	▪ 구조시스템 대안생성 모듈, 구조해석 모델 최적화 모듈		

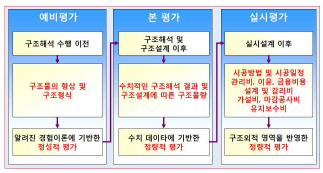
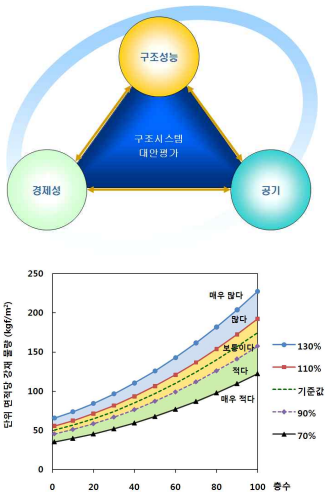
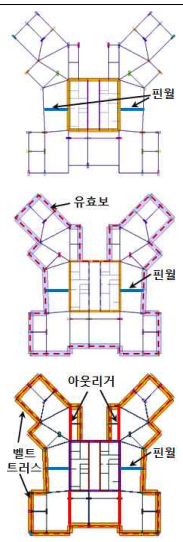
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 기술개발 환경 구축	학술지 논문 및 소프트웨어 등록
세부 목표	비정형 골조설계를 위한 요소모듈 개발	
A06	핵심 인터페이스 모듈 개발 (선문대)	

절차	내용	이미지	산출물
IFC 및 개발도구 현황 분석	▪ IFC 개발현황 분석 ▪ IFC 개발도구 분석		-
IFC 자료모델 분석	▪ IFC 전체적인 구조 분석 ▪ IFC 기하모델 분석		국제학술지(SCI) : "Adaptive Newton-Raphson Method for Analysis of Structures with Material Nonlilearity Using Stiffness-Equivalent Load",
IFC Translator 설계 및 원형구현	▪ Schema parser 개발 ▪ Instance reader 개발 ▪ Instance writer 개발		IFC Translator 원형
관련 목표 성과물	▪ IFC Translator 원형		

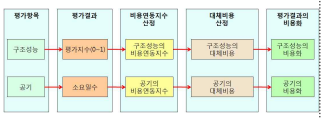
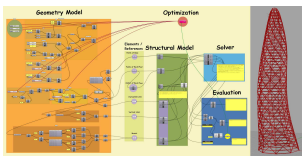
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 기술개발 환경 구축	학술지 논문 및 소프트웨어 등록
세부 목표	비정형 골조설계를 위한 요소모듈 개발	
A07	통합플랫폼 원형 구축 (선문대)	

절차	내용	이미지	산출물
비정형 구조설계 프로세스 모델 구축	▪ 비정형 초고층 구조설계 엔지니어링 프로세스의 To-Be 모델 구축		-
자료교환 모델 설정	▪ IFC 확장방법 분석 ▪ 자료교환 모델 평가		-
통합 DB 초안 개발	▪ 단위모듈 연동을 위한 연계자료 도출 ▪ 통합 DB 개발 범위 및 대응규칙 (mapping rule) 설정 ▪ 통합 DB 초안 개발		S/W : 철근콘크리트건축물 골조물량산출 프로그램 STS
통합 플랫폼 원형 개발	▪ 통합 플랫폼 구조 ▪ 통합 DB를 이용한 단위모듈 통합 ▪ 풍진동 제어모듈 통합		학술발표: 비정형 초고층 구조시스템 통합설계 플랫폼과 표준자료모델
관련 목표 성과물	▪ 통합 DB 초안, 통합 플랫폼 원형		

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 구조시스템 평가 기법 개발	학술지 논문
세부 목표	비정형 구조시스템 성능평가 알고리즘 개발	
A08	구조시스템 대안 평가기법 개발 (아이스트)	

절차	내용	이미지	산출물
구조시스템 대안 평가의 분류	▪ 업무진행 단계에 따른 평가의 분류 ▪ 업무진행 단계별 평가의 특성파악 및 평가방법 정립		-
성능평가 항목도출 및 평가기준 정립	▪ 성능 평가범주 도출 ▪ 평가범주별 평가항목 도출 ▪ 평가항목 별 평가기준 정립		학술발표: 초고층 건물 구조시스템의 대안평가기법
평가결과의 종합화 방안 도출 및 평가 시뮬레이션	▪ 평가항목별 평가결과의 종합화 방안 도출 ▪ 종합화 방안에 따른 평가 시뮬레이션		학술논문 : 고층건물 구조시스템의 대안평가 방안 연구
관련 목표 성과물	▪ 초고층 구조시스템 대안 평가기법		

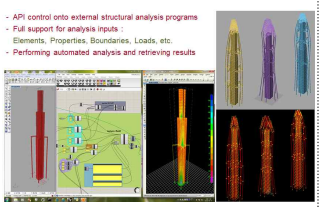
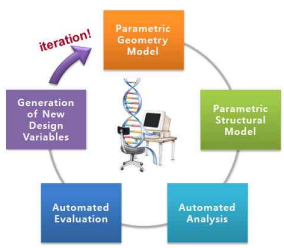
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정형 구조시스템 평가 기법 개발	학술지 논문
세부 목표	비정형 구조시스템 성능평가 알고리즘 개발	
A09	대안 성능평가 모듈 원형 개발 (아이스트)	

절차	내용	이미지	산출물
대안 성능평가 모듈 원형 설계	▪ 대안평가기법을 바탕으로 대안 성능평가 모듈을 개발하기 위한 원형을 설계한다.		-
대안 성능평가 모듈 원형 구현	▪ 대안평가기법을 비정형 통합설계 전산플랫폼의 모듈로 구현한다.	 StrAuto 파라메트릭 구조 모델	학술발표 : 초고층건물 모델러 및 대안평가 모듈 개발
관련 목표 성과물	▪ 대안 성능평가 모듈 원형		

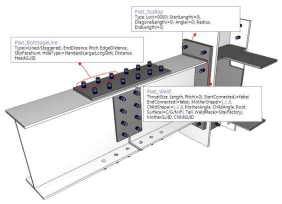
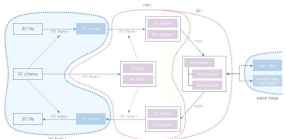
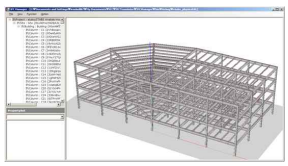
(2) 3차년도

3차년도 세부목표	**통합설계 전산플랫폼 개발 및 기능 개선**	
	A01	통합설계 전산플랫폼 개발
	A02	골조정보모델(SIM) 구축 및 전산플랫폼 탑재
	A03	5D 골조정보모델 구축 및 구현
	파일럿 프로젝트 수행 및 전산플랫폼 기능 검증	
	A04	전산플랫폼 현업 적용 및 기능 검증
	사업화/국제화	
	A05	사업화/국제화

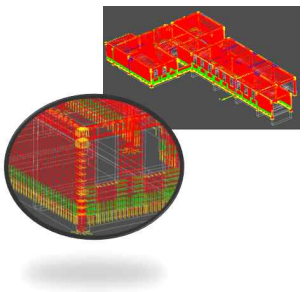
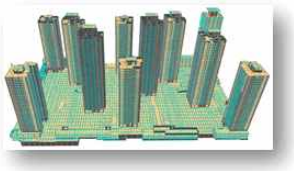
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문
세부목표	통합설계 전산플랫폼 개발 및 기능 개선	
A01	통합설계 전산플랫폼 개발	

절차	내용	이미지	산출물
파라메트릭 구조 모델링	▪ 구조모델링을 위한 다양한 컴포넌트를 지원하여, Parametric Design, Algorithmic Design 및 Generative Design 개념을 지원함		특허 2건
구조해석 프로그램과의 연동	▪ 외부의 구조해석 패키지와 연동하여 자동화된 구조해석을 수행하고 그 결과를 추출하여 구조 성능 확인		학술대회 논문 1건
자동화 설계 및 최적화	▪ 다양한 설계변수의 변형을 통하여 스스로 수많은 대안을 창출하고 비교 수행. 최적 성능의 대안 선택/제시		학술지 논문 1건
관련 목표 성과물	▪ StrAuto : 파라메트릭 구조 모델링 및 최적화 프로그램		

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문
세부목표	통합설계 전산플랫폼 개발 및 기능 개선	
A02	골조정보모델(SIM) 구축 및 전산플랫폼 탑재	

절차	내용	이미지	산출물
골조정보모델(SIM) 개발	▪ 구조물의 골조에 대한 정보모델(SIM)에 대한 요구조건 분석 ▪ 골조정보모델(SIM)의 클래스 및 관계 정의		특허 1건
골조정보모델을 위한 IFC 구축	▪ SIM의 정보를 표현할 수 있는 IFC 엔터티 및 활용방법 도출 ▪ IFC 엔터티 및 활용방법에 따른 정보의 변환 구현		-
전산플랫폼 인터페이스 모듈 개발	▪ 전산플랫폼의 인터페이스모듈 설계 ▪ 인터페이스 모듈 구현	 	학술발표 1건
관련 목표 성과물	▪ 골조정보모델 관련 특허 1건 출원 ▪ 통합설계 전산플랫폼 인터페이스 모듈 관련 학술발표 1건		

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문
세부목표	통합설계 전산플랫폼 개발 및 기능 개선	
A03	5D 골조정보모델 구축 및 구현	

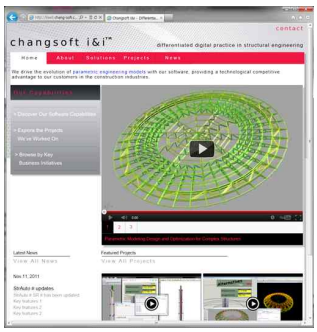
절차	내용	이미지	산출물
3차원 철근배근 및 물량산출 모듈 개발	▪ 3차원 골조설계정보에 기반한 3차원 철근배근 알고리즘 작성 ▪ 철근의 이음, 정착, 원철 길이 반영 ▪ 현장 적용을 위한 2차원배근시공도 작성 ▪ 철근의 이음 정착을 고려한 정밀한 골조물량 산출		S/W 1건 학술논문 1건
5D Rebar Hub 개발	▪ 3차원 골조정보, 배근정보, 정밀물량정보, 공정정보를 통합한 5D 골조통합정보 관리 ▪ 공사 과정에서 공정별, 부위별 등 다양한 관점으로 물량을 집계하고, 계획과 실행 물량 사이 관리를 할 수 있는 기능 제공		S/W 1건

관련 목표 성과물	▪ AutoRebar3D, Rebar Hub S/W 2건 ▪ 통합설계 전산플랫폼 인터페이스 모듈 관련 학술발표 1건

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문
세부목표	파일럿 프로젝트 수행 및 전산플랫폼 기능 검증	
A04	전산플랫폼 현업 적용 및 기능 검증	

절차	내용	이미지	산출물
Doha Convention Center Tower 파일럿 프로젝트	▪ 3차원 골조설계정보에 기반한 3차원 철근배근 알고리즘 작성 ▪ 철근의 이음, 정착, 원철 길이 반영 ▪ 현장 적용을 위한 2차원배근시공도 작성 ▪ 철근의 이음 정착을 고려한 정밀한 골조물량 산출		현업적용 1건
송도 M1 블록 대안설계 프로젝트	▪ 3차원 골조정보, 배근정보, 정밀물량정보, 공정정보를 통합한 5D 골조통합정보 관리 ▪ 공사 과정에서 공정별, 부위별 등 다양한 관점으로 물량을 집계하고, 계획과 실행 물량 사이 관리를 할 수 있는 기능 제공		현업적용 1건
중국 선양 00월드 아트리움 설계	▪ 3차원 골조설계정보에 기반한 3차원철근배근 알고리즘 작성 ▪ 철근의 이음, 정착, 원철 길이 반영 ▪ 현장 적용을 위한 2차원배근시공도 작성 ▪ 철근의 이음 정착을 고려한 정밀한 골조물량 산출		현업적용 1건
Qatar National Museum(QNM) 입찰을 위한 파라메트릭 모델링 및 물량산출	▪ 3차원 골조정보, 배근정보, 정밀물량정보, 공정정보를 통합한 5D 골조통합정보 관리 ▪ 공사 과정에서 공정별, 부위별 등 다양한 관점으로 물량을 집계하고, 계획과 실행 물량 사이 관리를 할 수 있는 기능 제공		현업적용 1건
관련 목표 성과물	▪ 현업 적용 4건		

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문
세부목표	사업화 및 국제화	
A05	사업화/국제화	

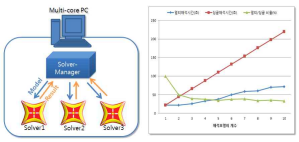
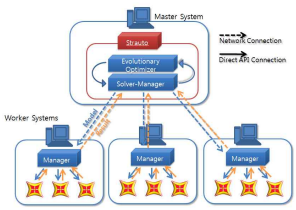
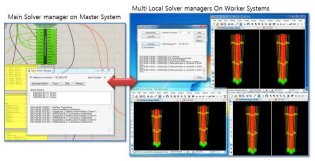
절차	내용	이미지	산출물
사업화	▪ 본 과제 참여 연구진을 중심으로 한 “창소프트 아이앤아이” 운영		사업화 1건
국제화	▪ 세계 선도 설계/엔지니어링사 방문 세미나 개최 ▪ 미국 뉴욕 기술발표회 ▪ 영문 홈페이지 운영 ▪ 영문 홍보물 제작		국제 세미나 및 기술발표회 개최 5회

관련 목표 성과물	▪ 본 과제 참여 연구진으로 구성된 “창소프트 아이앤아이“ 운영 ▪ 세계시장 진출을 위한 세계 선도 설계/엔지니어링사 방문 세미나 개최 ▪ 세계시장의 중심 뉴욕에서 기술발표회

(3) 4차년도

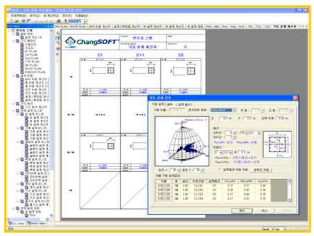
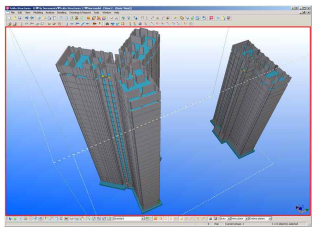
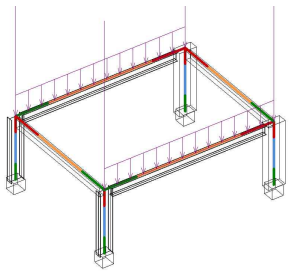
4차년도 세부목표	**통합설계 전산플랫폼 개발 및 기능 개선**	
	A01	효율 향상을 위한 분산 멀티 솔버 환경 구축
	A02	요소기술 개선 보완
	기술융복합	
	A03	실무 엔지니어링 중심의 통합설계 플랫폼 업데이트
	현업적용	
	A04	파일럿 프로젝트 추진

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문
세부목표	전산플랫폼 기능 개선	
A01	효율 향상을 위한 분산 멀티 솔버 환경 구축	

절차	내용	이미지	산출물
로컬 PC 멀티 솔버 프로세싱 시스템 개발	▪ 로컬 PC상에서 멀티 프로세서를 이용한 멀티 솔버 구동 시스템을 구축함	멀티코어 시스템에서의 병렬 해석 시스템 	StrAuto Multi Solver Component Local Multi-Solver Manager
분산 멀티 PC 멀티 솔버 시스템 개발	▪ 네트워크상에 분산된 PC들을 묶어서 보다 진보된 멀티 솔버 환경을 구축함	네트워크에 분산된 병렬 해석 시스템  분산 병렬 구조해석 시스템의 구현 	Auto Distributed Multi-Solver Component Distributed Local-Solver Manager
Pilot 적용 - 대안생성 및 최적화 효율 수십배 향상	▪ 1대의 마스터 시스템 + 다수의 작업자 시스템으로 구성된 분산 멀티솔버 시스템은 기존 싱글 솔버 시스템 대비 수 배~수십 배까지 성능향상이 가능함	분산병렬 구조해석 시스템 VS 단일 직결 시스템 	실무 프로젝트에 시범적용

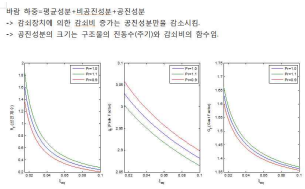
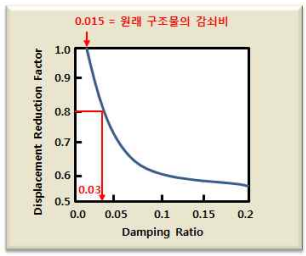
관련 목표 성과물	▪ 분산 멀티 솔버 구동 시스템 매니저 컴포넌트 + 로컬 매니저 컴포넌트

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문
세부목표	전산플랫폼 기능 개선	
A02	요소기술 개선 보완	

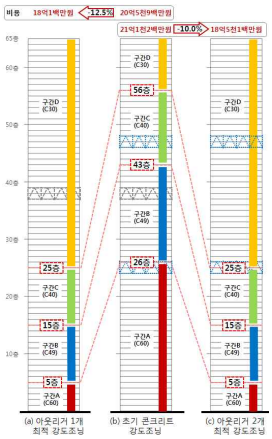
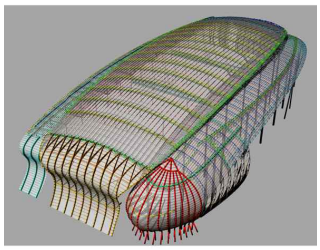
절차	내용	이미지	산출물
국가별 설계기준에 의한 설계모듈	▪ 건축구조기준(KBC2009)에 따른 철근콘크리트 주요 구조부재 설계모듈 개발 및 탑재		콘크리트부재 설계모듈 국제학술대회 논문 1건
SIM 통합 및 상용도구 연동 확대	▪ SIM과 IFC 연계 ▪ IFC와 Tekla 모델의 연계		학술대회 논문 1건
개방형 해석엔진 활용을 위한 IFC 구조정보모델 구축	▪ 개방형 해석엔진을 이용한 구조해석 활용성 분석 ▪ 개방형 해석엔진을 위한 IFC 정보 모델		개방형 해석엔진용 IFC 정보모델

관련 목표 성과물	▪ 콘크리트부재 설계모듈 ▪ 전산플랫폼의 설계 및 외부모듈 연계기능 ▪ 개방형 해석엔진용 IFC 정보모델

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문
세부목표	기술융복합	
A03	실무 엔지니어링 중심의 통합설계 플랫폼 업데이트	

절차	내용	이미지	산출물
설계규준에 의한 풍응답 평가모듈	▪ 동적해석 없이 규준 및 관련연구에서 제시하고 있는 수식을 활용한 풍방향 및 풍 직각방향 풍응답 평가모듈 개발		풍응답 평가모듈
신개념의 감쇠기설계 알고리즘 개발	▪ 기존의 감쇠기 설계과정의 효율성을 대폭 향상시키고 반복해석 없이 목표 풍응답을 만족시킬 수 있는 신개념의 감쇠기 설계 알고리즘 개발 및 실제 초고층 구조물을 활용한 검증		감쇠기설계 알고리즘
목표 내풍성능을 만족하는 감쇠기 최적설계	▪ 목표로 하는 내풍 성능(풍가속도 또는 풍변위)을 만족시킬 수 있는 최적의 설계대안을 찾을 수 있는 알고리즘을 개발하고 이를 바탕으로 프로그램을 개발하여 전산플랫폼과 융복합 시스템 개발		감쇠기 최적설계 프로그램
관련 목표 성과물	▪ 풍응답 평가 및 풍진동 제어 프로그램		

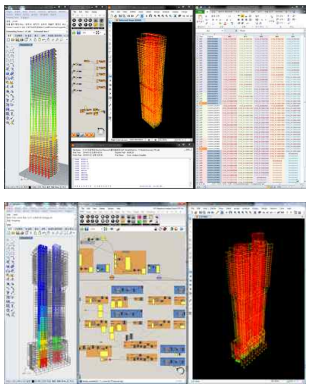
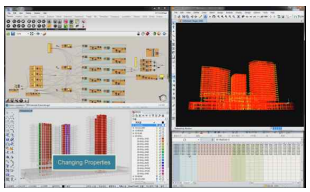
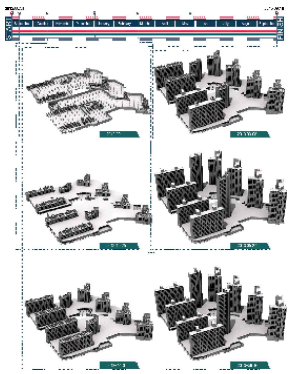
1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	학술논문 현장적용 언론보도
세부목표	현업적용	
A04	파일럿 프로젝트 추진	

절차	내용	이미지	산출물
YIBD DD 단계 최적화 및 송도 M1블록 V/E	▪ 송도 M1 블록 초고층 건물 현업 적용 ▪ V/E 을 통한 최적구조시스템 선정		국내학술지 논문 1건
건설사 해외입찰 Pre-Engineering 참여	▪ Matrade Exhibition Center 해외 입찰 모델링 및 VE 제안		MEC 3D 모델 물량 산출 자료 VE 제안서
해외기술세미나 개최 및 global Project 참여	▪ 혁신과 한류 - 중동지역 설계/엔지니어링사 기술 발표회		해외 홍보 자료 홍보 결과 보고서 언론보도 7건
관련 목표 성과물	▪ StrAuto의 현업 적용 사례		

(4) 5차년도

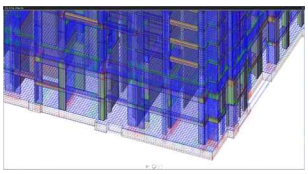
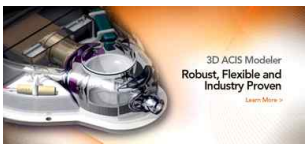
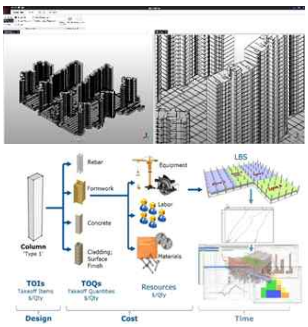
5차년도 세부목표	**통합설계 전산플랫폼 기능 개선**	
	A01	실무 엔지니어링 중심의 통합설계 플랫폼 업데이트
	전산플랫폼 요소모듈 상품화	
	A02	골조 특화 3D 도구 상품화
	현업적용	
	A03	파일럿 프로젝트 추진

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문 현장적용
세부목표	통합설계 전산플랫폼 기능 개선	
A01	실무 엔지니어링 중심의 통합설계 플랫폼 업데이트	

절차	내용	이미지	산출물
최적화 알고리즘 개선	▪ 초고층 건물의 철근콘크리트 기둥 단면 전산최적설계 컴포넌트 개발 및 이를 적용한 최적설계 프로세스 제시 ▪ 실무 프로젝트(Moscow City Gardens, Singapore UIC Redevelopment)에의 적용을 통한 컴포넌트 성능 및 최적설계 결과 검증		StrAuto 기둥단면 최적설계 컴포넌트 파일럿 프로젝트에 시범 적용 학술논문 1건
BS 기준에 의한 부재고속설계 기능	▪ 자동배근 옵션 설정 디테일 템플릿 기능 추가 ▪ BS 코드에 따른 자동배근 알고리즘 추가 ▪ 비정형 부재(곡선 및 경사 부재 등)에 대한 자동배근 알고리즘 추가		자동배근 옵션 설정 디테일 템플릿 파일럿 프로젝트에 시범 적용
Rebar Hub 물량산출 및 공정연계 기능 확대	▪ 시공단계 현업 적용을 통한 Rebar Hub 골조물량 산출기능 및 5D 건물정보 data기반 골조공사 관리시스템 성능 검증 ▪ 거푸집 산출 방식 개선(거푸집 타입 추가 및 시공구역 고려 등) ▪ 시공구역별 관리기능 개선(시공구역별 모델 분할 및 관리기능 추가)		물량산출 모듈 공정관리 모듈 파일럿 프로젝트에 시범 적용

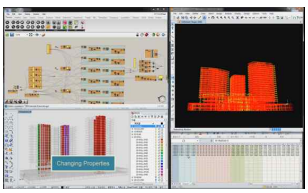
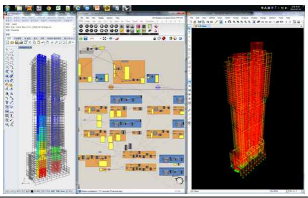
관련 목표 성과물	▪ StrAuto 기둥단면 최적설계 컴포넌트 ▪ Rebar Hub 자동배근 옵션 설정 디테일 템플릿 + 물량산출 모듈 + 공정관리 모듈 ▪ 파일럿 프로젝트 시범 적용

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문 현장적용
세부목표	전산플랫폼 요소모듈 상품화	
A02	골조 특화 3D 도구 상품화	

절차	내용	이미지	산출물
개발기술이 통합된 골조 BIM 도구 개발 (100% 해외의존 기술 국내 최초로 국산화)	▪ 세계 최초 철근콘크리트 골조 특화 BIM 도구 및 철근배근상세 자동화 모듈 개발 ▪ 범용 BIM도구 대비 골조 상세형상/상세설계정보 모델링 효율 300% 이상 향상 ▪ 철근배근상세 자동화 모듈 개발(건설신기술 제704호 지정)로 철근상세 모델링 및 철근배근상세도 생성 실용화 및 현업 적용		Rebar Hub 플랫폼 현장적용 7건
최신 UI/UX 적용	▪ 현업 수요처 요구기능 중심의 확장형 플랫폼 구축 ▪ WPF 기반 User Interface 프레임워크 개발 ▪ Spatial사의 ACIS와 HOOPS 기반 3차원 렌더링 플랫폼 개발 ▪ 프로젝트 네비게이터, 객체 속성창, 출력창, 에러 로그 등 구축	 	Rebar Hub UI Framework
통신기술 융합 기술 개발	▪ 국내 최초로 개방형 BIM 기반 공통 포맷 IFC를 이용하여 골조설계정보 통합 BIM 도구 유통 기술 자체 개발 ▪ 협업사가 사용하는 BIM 도구 종류(ArchiCAD, Revit, Bentley)와 무관하게 골조설계 정보 공유		개방형 IFC 정보모델

관련 목표 성과물	▪ Rebar Hub 플랫폼 ▪ Rebar Hub UI Framework ▪ 개방형 IFC 정보모델

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	SW 등록건수 학술논문 현업적용 언론보도
세부목표	현업적용	
A03	파일럿 프로젝트 추진	

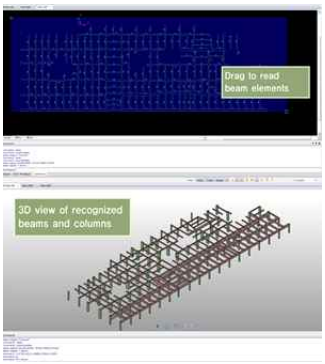
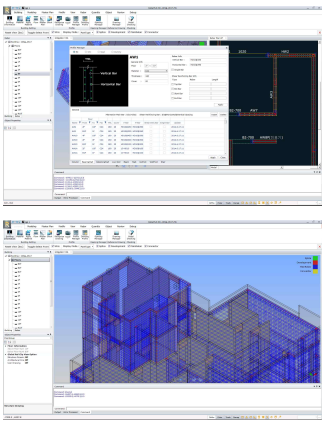
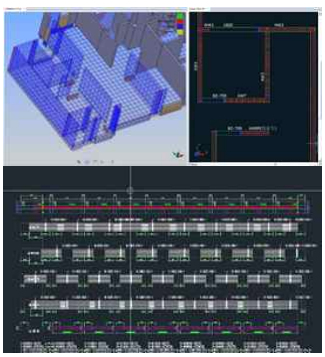
절차	내용	이미지	산출물
UAE United Square 설계 및 V/E (파일럿 프로젝트)	▪ 철근 상세설계, 설계하중, 콘크리트 강도, 철근 강도 등의 아이템을 대상으로 최적설계 수행 ▪ 각 아이템 적용 시 절감 가능한 물량을 산출하고 적용 우선순위 제안	 	파일럿 프로젝트 수행 (UAE United Square)
해외 입찰 프로젝트 Pre-Engineering 참여	▪ 53층 규모 철근콘크리트 건물 코어 벽체의 콘크리트 강도와 두께 최적화 ▪ 이상적 조건 하에 약 31.3% 수준까지 물량 감소, 현실적 제약조건들 반영하여 2차 최적설계 수행함으로써 최종안 도출 ▪ 최적설계 결과 약 18% 수준의 물량 감소가 가능한 최적안 도출	 	해외 입찰 프로젝트 수행(UIC Redevelopment)
기술 사업화 정착 및 세계적 회사 브랜드 창출	▪ 연간 5조원 매출 규모의 UAE 최대 발주사인 ICT(International Capital Trading), 러시아 대형 건설사 Renaissance Construction과 직접 계약 및 VE설계 용역 프로젝트 수주 ▪ UAE 해외지사 설립 추진 단계	 	해외 대형건설사 UAE ICT(International Capital Trading), 러시아 Renaissance Construction과 직접 계약 및 VE설계용역 프로젝트 수주 언론보도 5건

관련 목표 성과물	▪ 파일럿 프로젝트 수행(UAE United Square) ▪ 해외 입찰 프로젝트 수행(UIC Redevelopment) ▪ UAE ICT, 러시아 Renaissance Construction과 직접 계약 및 VE설계용역 프로젝트 수주

(5) 6차년도

6차년도 세부목표	**전산플랫폼 기능 향상**	
	A01	배근설계 자동화 알고리즘 개선
	전산플랫폼 상품화	
	A02	골조 특화 3D 도구 상품화
	글로벌 프로젝트 수주역량 강화	
	A03	글로벌 엔지니어링팀 해외 시장 협업

1-2	비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	비정형 통합설계 전산플랫폼 구축 및 현업적용	현장적용
세부 목표	전산플랫폼 기능 향상	
A01	배근설계 자동화 알고리즘 개선	

절차	내용	이미지	산출물
도면 인식률 향상	▪ 인식 성공 객체수 / 전체 객체수 90% 이상 성공률 달성 ▪ 파일럿 프로젝트 진행시 수요기업 및 자체 평가 ▪ 유사 프로젝트 (유사 규모, 유사 난이도) 수행 시간 직접 비교 ▪ 평가지표 : (각 평면도별 인식 부재) / (각 평면도 전체 부재)		도면인식모듈 현장적용 3건
배근설계 자동화 알고리즘 개선	▪ 부재 일람표 및 구조 해석모델을 인식하여 3차원 BIM 골조 모델과 결합 ▪ 각 부재의 상세 형상(편심, 단차, 개구부등)과 국내외 구조 설계기준을 반영한 상세설계 자동화 모듈 ▪ 비정형 부재에 대한 파라메트릭 3차원 배근 수동 모델링 기능 지원 ▪ 2D 기반 철근 배근시공도 자동 산출을 통한 작업 효율성 확대 및 오류 방지		배근설계 자동화 모듈 현장적용 3건
철근배근시공도 자동 산출	▪ 자동화 3D 모델 골조 설계정보 토대로 설계기준과 시공성을 반영한 3D 철근 배근 상세 작성 ▪ Bar Set (동일 형상의 다수 철근을 하나로 관리) 개념 도입 ▪ 효율적 데이터 관리로 대규모 건물 설계 시 성능 저하 방지 ▪ 기존 수작업 대비 철근물량 5~10% 절감 및 사용자 오류 최소화		철근배근시공도 자동산출 모듈 현장적용 3건
관련 목표 성과물	▪ 도면인식 모듈, 배근설계 자동화 모듈, 철근배근시공도 자동산출 모듈		

[1-3세세부 : 초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발]

가. 초고층 BIM 데이터 품질관리시스템 및 설계 모듈 개발 (경희대)

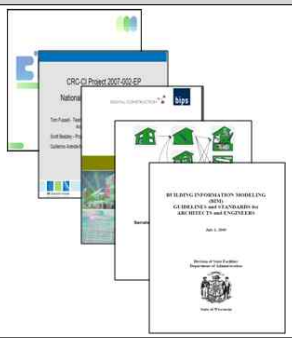
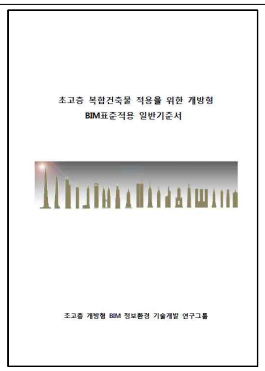
세세부 과제명		**초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계 모듈 개발**	
최종목표		초고층 복합건축물의 개방형 BIM 표준적용, 운영 및 품질관리 기준 개발 초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발 초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발 초고층 개방형 BIM모델 기반의 통합 평가 활용체계 보급	
세부목표	**1~2 차년도**	**초고층 복합건축물의 개방형 BIM 표준적용, 운영 및 품질관리 기준 개발**	
		A01	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 일반기준서
		A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 세부분야 기준서
		A03	초고층 복합건축물용 개방형 BIM데이터 품질 관리 절차 및 기준
	3차년도	**초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발**	
		A01	초고층 BIM 표준적용을 위한 IDM, MVD 개발
		A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서 개발
		A03	초고층 복합건축물 BIM 시공성 검토
		초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	
		A04	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 개발
		A05	초고층 BIM 피난 방재 시뮬레이션 모듈 개발 및 검증
		A06	초고층 BIM설계 QTO 산출 모듈개발 및 검증

세부목표	**4차년도**	**비정형 초고층 구조설계 통합기술 개발**	
		A01	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서 개발
		A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 운영관리 기준서 개발
		A03	초고층 복합건축물 BIM 시공성 검토
		초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	
		A04	초고층 BIM 피난 시뮬레이션 모듈 개발 및 검증
		A05	초고층 BIM설계 QTO 산출 모듈개발 및 검증
		A06	초고층 BIM에너지 분석을 통한 형상 최적화 설계 시스템 모듈 개발 및 검증
	5차년도	**초고층 개방형 BIM모델 기반의 통합 평가 활용체계 보급**	
		A01	초고층 개방형 BIM모델 기반의 피난법규 및 QTO 통합 평가 시스템화
		A02	초고층 개방형BIM모델 기반의 피난법규 및 QTO 통합 평가 소프트웨어 보급

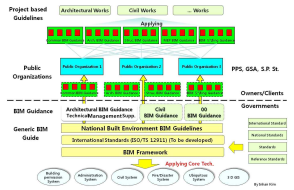
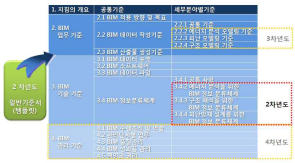
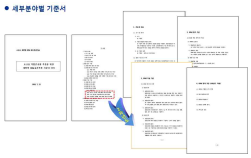
(1) 1단계 (1,2차년도)

1,2차년도 (1단계) 세부목표	초고층 복합건축물의 개방형 BIM 표준적용, 운영 및 품질관리 기준 개발	
	A01	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 일반기준서
	A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 세부분야 기준서
	A03	초고층 복합건축물용 개방형 BIM데이터 품질 관리 절차 및 기준

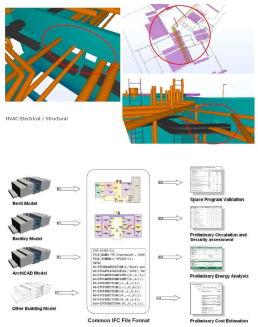
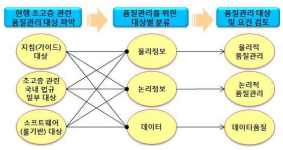
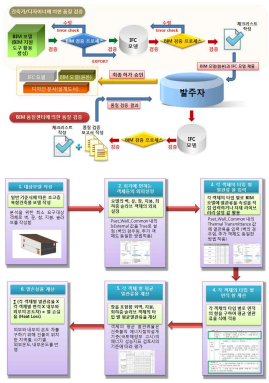
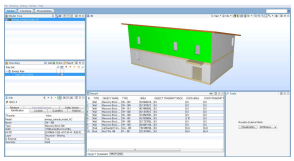
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준 적용기준 및 운영관리기준 개발	
세부 목표	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준 적용기준 및 운영관리기준 개발	
A01	초고층복합건축물 개방형 BIM 표준적용 일반기준서 (무영아멕스)	

절차	내용	이미지	산출물
국내외 기준서 분석	▪ 개방형 BIM표준 적용기준 국내외 현황 조사분석 -국제 실무표준 현황 조사 -국내 실무표준 현황 조사 -시사점 도출		국내외 BIM 실무표준 현황조사서
기준서 개발방향 도출	▪ 초고층 복합건축물 개방형 BIM적용 기준 요구분석 -초고층 복합건축물 개방형 BIM 적용대상 업무 검토 -개방형 BIM 실무적용의 업무, 기술 및 관리 요구 정의 -개방형 BIM 실무적용 기준개발 방향도출		
기준서 개발	▪ 초고층 복합건축물 개방형 BIM적용 일반기준서 개발 -개방형 BIM적용을 위한 공통적 요건 도출 -개방형 BIM 적용 일반기준 개발		초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준 기준서
기준서 검증	▪ 학술대회 논문 발표를 통한 검증		2010 대한건축학회 학술대회 논문 제출(초고층 건축 개방형 BIM 기준 연구)
관련 목표 성과물	▪ 지침/매뉴얼 개발 1건, 학술대회 논문게재 1건		

1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준 적용기준 및 운영관리기준 개발	지침/매뉴얼개발
세부 목표	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준 적용기준 및 운영관리기준 개발	
A02	초고층복합건축물 개방형 BIM 표준적용 세부분야 기준서(빌딩스마트협회)	

절차	내용	이미지	산출물
세분기준서 방향설정 (세부분야 대상 검토)	▪ 국내외 현황 검토 ▪ 분석 결과 및 시사점 도출		
세부기준서 구성 (세부분야 개방형BIM활용범위검토)	▪ 공통 분야의 정의 및 범위 ▪ 세분 분야의 정의 및 범위		
세부기준서 목차 정의(세부분야 기준서 구성 정의)	▪ 세부분야(기술기준) 지침 목차 설정 ▪ 세부분야(기술기준) 지침 목차 정의		
관련 목표 성과물	▪ 지침/매뉴얼개발 (초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 BIM기술 기준서)		

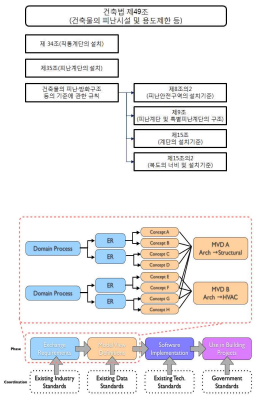
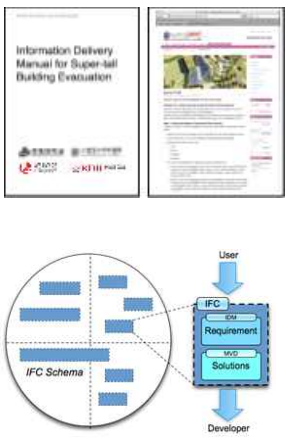
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 데이터 품질관리 기준 개발	국내논문게재 1건 학술대회논문게재 1건
세부 목표	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 데이터 품질관리 기준 개발	
A03	초고층 복합건축물용 개방형 BIM데이터 품질 관리 절차 및 기준(경희대학교)	

절차	내용	이미지	산출물
개방형 BIM데이터 품질 관리 기술 선진사례 조사·분석	▪ 개방형 BIM데이터 품질관리 소프트웨어 현황 조사 ▪ 개방형 BIM데이터 품질관리 기준 현황 및 적용 사례 조사 ▪ 분석 및 시사점 도출		
초고층 복합건축물 BIM 품질관리 대상, 범위 및 요건 검토	▪ 품질관리 업무목표 정의 ▪ 물리적/논리적 품질관리 대상 범위 및 요건 검토		
초고층 복합건축물용 개방형BIM데이터 품질관리 절차정의	▪ BIM 업무 절차 및 역할 검토 ▪ BIM 업무절차별 품질관리 요인 검토 ▪ BIM 품질관리 업무 절차 정의		
초고층 복합건축물용 개방형BIM데이터 품질관리기준개발	▪ 품질관리 업무별 적용기준 개발 ▪ 품질관리 체크리스트 개발 ▪ 품질관리 기준 보급방안 제시		초고층 복합건축물용 개방형 BIM 데이터 품질관리 적용 가이드
관련 목표 성과물	▪ 국내논문 게재 1건, 학술발표논문 게재 3건, 지침/매뉴얼 개발 1건		

(2) 3차년도

3차년도 세부목표	**초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발**	
	A01	초고층 BIM 표준적용을 위한 IDM, MVD 개발
	A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서 개발
	A03	초고층 복합건축물 BIM 시공성 검토
	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	
	A04	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 개발
	A05	초고층 BIM 피난 방재 시뮬레이션 모듈 개발 및 검증
	A06	초고층 BIM설계 QTO 산출 모듈개발 및 검증

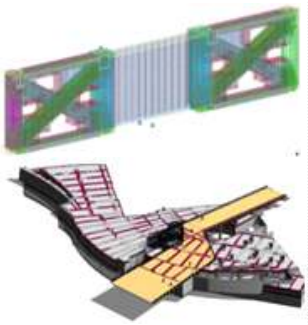
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	학술회의 발표 논문 1건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	
A01	초고층 BIM 표준적용을 위한 IDM, MVD 개발 (1,2,3차년도)	

절차	내용	이미지	산출물
피난 IDM/MVD 개발	▪ 초고층 BIM 표준적용 기술 중 피난 정보의 자동화 검증을 위한 건설산업 각 주체별 정보 요구사항 정의 ▪ ISO의 국제공인 IFC 개발 방법론인 IDM(Information Delivery Manual) / MVD(Model View Definition) 개발		학술회의 발표 논문 1건
피난 IDM의 국제공인 등록	▪ 초고층 BIM 표준적용 기술 중 피난 IDM을 buildingSMART International 등록 ▪ 피난 IDM buildingSMART International 등록 절차는 총 6단계		피난 IDM의 국제공인 등록
관련 목표 성과물	▪ 초고층 BIM 표준적용 기술 중 피난 IDM/MVD ▪ 피난 IDM의 국제공인 등록		

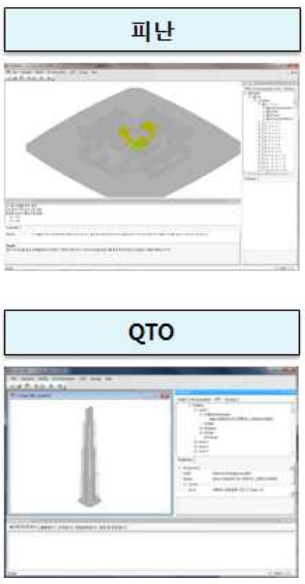
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	지침/매뉴얼 개발 1건 학술회의 발표 논문 1건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	
A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서 개발(3,4차년도)	

절차	내용	이미지	산출물
세부분야 업무대상 검토	▪ 세부분야 목표정의서 구성 ▪ Level1-3 단계별 시나리오 구성		지침/매뉴얼 개발 1건 학술회의 발표 논문 1건
세부분야 공통 기준 단위 모듈 제작	▪ 모듈제작 작성기준 ▪ BIM 표준규격 ▪ BIM 표준규격의 분류		
세부분야별 BIM 업무기준서	▪ 초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서 ▪ 용어정리 ▪ 모델링 기준 ▪ 개요 및 대상		
관련 목표 성과물	▪ BIM 표준적용 세부분야 기준서		

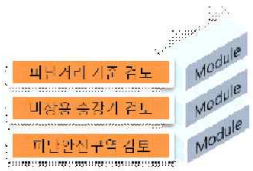
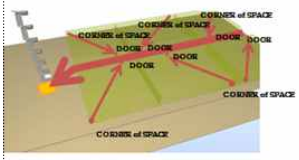
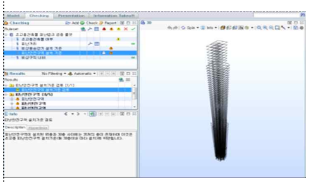
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	학술회의 발표 논문 2건 지침/매뉴얼 개발 1건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	
A03	초고층 복합건축물 BIM 시공성 검토(3,4,5차년도)	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 BIM 시공성 검토 주요 요소 조사	▪ 시공성 검토에을 위한 BIM S/W의 기본적인 성능 및 기능 분석 ▪ BIM S/W간 BIM DATA 호환성 검증 ▪ BIM 기반의 시공성 검토를 통한 요소 기술 도출		학술회의 발표 논문 2건
초고층 복합건축물의 BIM 시공성 검토 지침 작성	▪ BIM기반의 초고층 시공성검토를 위한 개방형 BIM 적용 프로세스의 제시 ▪ 초고층 개방형 BIM 시공성 검토(건축, 골조 중심)를 위한 지침 도출		지침/매뉴얼 개발 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층 복합 건축물의 BIM 시공성 검토 지침서		

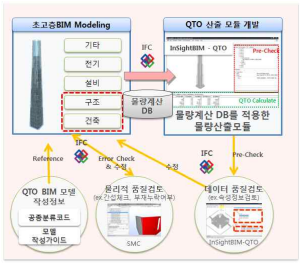
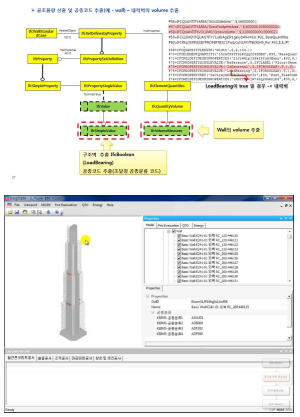
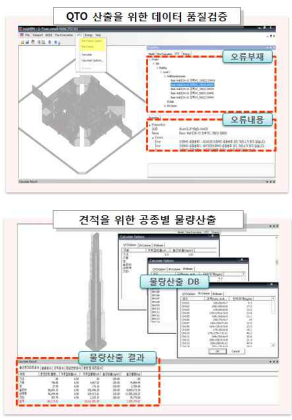
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	학술지 게재 논문 1건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	
A04	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 개발(3차년도)	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 기본 기능 구현	▪ BIM 모델 가시화 기능 구현 ▪ BIM 모델 기본 속성 검토 기능 구현 ▪ 기본 인터페이스 구현		학술지 게재 논문 1건
초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 적용 기능별 인터페이스 설계	▪ 피난 분야 적용 기능 정의 및 인터페이스 구성 ▪ QTO 분야 적용 기능 정의 및 인터페이스 구성		
관련 목표 성과물	▪ 초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템		

1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	학술회의 발표 논문 1건 학술지 게재 논문 2건 소프트웨어(S/W) 등록 1건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	
A05	초고층 BIM 피난 방재 시뮬레이션 모듈 개발 및 검증 (3,4차년도)	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 BIM 피난 시뮬레이션 분석 모듈 적용 범위 정의	▪ 피난 분석 모듈 적용 범위 정의 ▪ 피난 분석 모듈 적용 법규 분석		학술회의 발표 논문 1건 학술지 게재 논문 2건 소프트웨어(S/W) 등록 1건
초고층 BIM 피난 시뮬레이션 분석 모듈 개발	▪ 피난 시뮬레이션 분석 모듈 기능 정의 ▪ 피난 시뮬레이션 분석 모듈 적용 법규 구조화 ▪ 피난 시뮬레이션 분석 모듈 API 개발		
초고층 BIM 피난 시뮬레이션 분석 모듈 적용	▪ 모델작성 기준에 따른 피난 시뮬레이션 분석 모듈 적용 모델 작성 ▪ 피난 시뮬레이션 분석 모듈 적용 및 결과 검증		
관련 목표 성과물	▪ 초고층 BIM 피난 시뮬레이션 분석 모듈		

1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	학술회의 논문 발표 2건 학술지 게재 논문 1건 소프트웨어(S/W) 등록 2건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	
A06	초고층 BIM설계 QTO 산출 모듈개발 및 검증(3,4차년도)	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 BIM QTO 산출 모듈 기능 설계	▪ BIM QTO 산출 모듈 적용 범위 정의 ▪ BIM QTO 산출 모듈개발 시나리오 및 기능정의 ▪ BIM QTO 산출 모듈 적용을 위한 가이드 개발		학술회의 논문 발표 1건 학술지 게재 논문 1 건
초고층 BIM QTO 산출 모듈 개발	▪ BIM QTO 산출을 위한 DB 구축 ▪ BIM QTO 산출 모듈 알고리즘 개발 ▪ BIM QTO 산출 모듈 적용 시스템 개발		학술회의 논문 발표 1건
초고층 BIM QTO 산출 모듈 검증	▪ BIM QTO 적용 데이터 모델 작성 ▪ BIM QTO 산출 Pre-Check 모듈 활용 검증 ▪ BIM QTO 산출 모듈 적용 및 검증		소프트웨어(S/W) 등록 2건
관련 목표 성과물	▪ 초고층 BIM 설계 QTO 산출 모듈		

(3) 4차년도

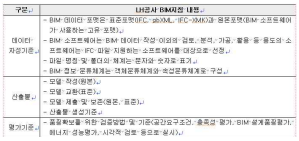
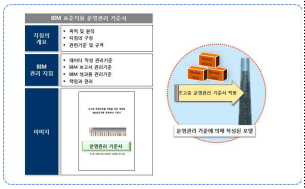
4차년도 세부목표	**비정형 초고층 구조설계 통합기술 개발**	
	A01	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서 개발
	A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 운영관리 기준서 개발
	A03	초고층 복합건축물 BIM 시공성 검토
	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	
	A04	초고층 BIM 피난 시뮬레이션 모듈 개발 및 검증
	A05	초고층 BIM설계 QTO 산출 모듈개발 및 검증
	A06	초고층 BIM에너지 분석을 통한 형상 최적화 설계 시스템 모듈 개발 및 검증

1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서 개발	지침서 추가 1건 지침서 보완 2건 국내논문 1건
세부 목표	초고층 세부분야 지침서 보완 및 추가	
A01	초고층 세부분야 지침서 보완 및 추가	

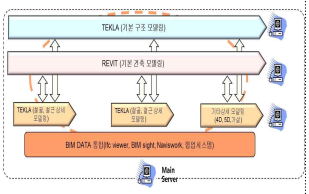
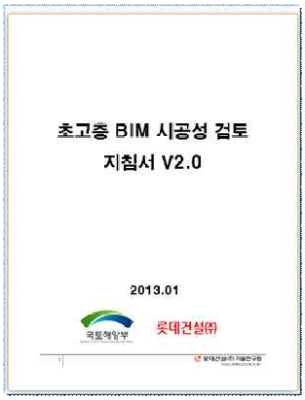
절차	내용	이미지	산출물
세부분야 BIM지침 매뉴얼 세부사항 검토	▪ 초고층 건축 개방형 BIM 기준서 개요 및 BIM 지침서 적용 사례 ▪ 고층 세부분야 개방형 BIM 지침서 구성		
세부분야 BIM 에너지 부분 업무기준서	▪ 초고층 세부분야 BIM 에너지 부분 목차 구성 ▪ 고층 세부분야 BIM 에너지 부분 지침서	초고층 복합건축물 BIM 피난/QTO/에너지 기준서 도출	에너지 세부분야 지침서 1건
세부분야 BIM 업무 지침서 보완	▪ 세부분야 BIM QTO 목차 구성 ▪ 세부분야 BIM QTO 지침서 ▪ 세부분야 BIM 피난방재 목차 구성 ▪ 세부분야 BIM 피난방재 지침서	▪초안작성 ▪초안작성 ▪점검 및 보완 ▪점검 및 보완	피난/QTO 세부분야 지침서 보완 2건 국내논문 1건

관련 목표 성과물	▪ 세부분야 BIM기준서(QTO, 피난방재, 에너지) 1건 ▪ 국내논문 게재 1건

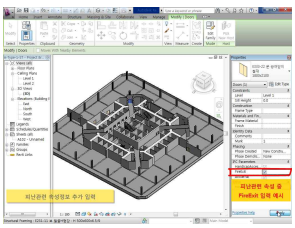
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 운영관리 기준서 개발	기준서 1건
세부 목표	초고층 운영관리 기준서 작성	
A02	초고층 운영관리 기준서 작성	

절차	내용	이미지	산출물
BIM 표준적용 운영관리 기준서 정의	▪ 건축물 운영관리 기준서 정의 ▪ 국외 BIM기반 유지관리 가이드라인 ▪ 국내 BIM 기준서 분석		
BIM 표준적용 운영관리 기준 대상 목록 검토	▪ 초고층 건축 개방형 BIM 기준서 ▪ BIM관리 지침		운영관리기준서 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층 운영관리 기준서 1건		

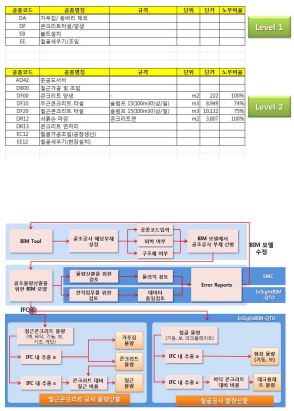
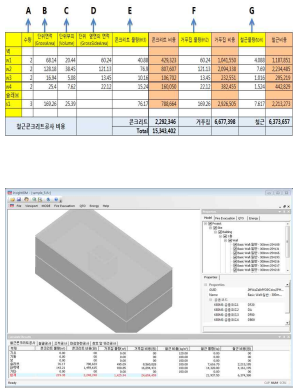
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	학술회의 논문 발표 1건 지침/메뉴얼 1건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발	
A03	초고층 복합건축물 BIM 시공성 검토	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 BIM 시공성 검토 지침 적용 및 개정	▪ 건축(REVIT) 및 골조(TEKLA)간의 시공성 검토를 위한 프로젝트 BIM 적용 프로세스의 설계 ▪ 초고층 건축물의 주요 요소별 건축/골조간의 시공성검토를 위한 최적화 프로세스 도출 ▪ 초고층 현장 BIM시공성검토 지침서 실적용 ▪ 초고층 BIM 시공성검토 지침개정 (2.0)	 	학술회의 논문 발표 1건 지침/메뉴얼 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층 BIM 시공성 검토 지침서		

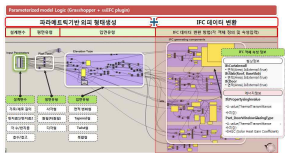
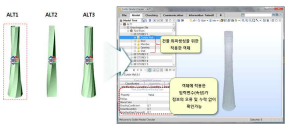
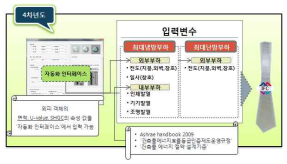
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	학술지 논문 1건 학술대회논문 5건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	
A04	초고층 BIM 피난 시뮬레이션 모듈 개발 및 검증	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 BIM 피난법규 분석 및 적용 모듈 적용범위 정의	▪ 초고층 BIM 피난 방재 시뮬레이션 모듈 적용 법규 분석		학술지 논문 1건 학술대회논문 5건
초고층 BIM 피난 시뮬레이션 분석 모듈 개발 및 적용	▪ 품질검토 적용 프로세스 제시 ▪ 법규 구조화 및 속성정의 ▪ 피난법규 검토 적용 시나리오 및 품질 검토 프로세스 제시 ▪ 초고층 BIM 피난법규 자동화 검토시스템 적용 및 검증 ▪ 피난법규 속성정보 반영 ▪ 피난법규검토 자동화 시스템을 통한 법규검토 적용 결과 ▪ 피난 시뮬레이션 분석 모듈 적용결과 리포트 분석		
관련 목표 성과물	▪ 학술지 논문 1건 ▪ 학술대회논문 5건		

1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	학술회의 논문 발표 2건 소프트웨어 등록 2건 특허출원 2건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	
A05	초고층 BIM설계 QTO 산출 모듈개발 및 검증(3,4차년도)	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 BIM 중간견적산출을 위한 시나리오 및 알고리즘 개발	▪ BIM기반 중간견적 산출 시나리오 정의 ▪ BIM기반 중간견적 산출을 위한 Data Base 구축 ▪ BIM기반 중간견적 산출 모듈 알고리즘 개발		학술회의 논문 발표 2건
초고층 BIM 중간견적산출 모듈 개발 및 적용	▪ BIM기반 중간견적 모듈 개발을 위한 기능설계 ▪ BIM기반 중간견적 산출 모듈 개발 및 적용		소프트웨어등록 2건 특허출원 2건
관련 목표 성과물	▪ 초고층 BIM기반 중간견적 산출 모듈		

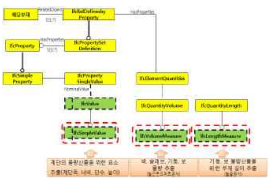
1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	국내 학술지 게재 1건 국내 학술회의 발표 1건 소프트웨어(S/W) 등록 1건
세부 목표	초고층 BIM 데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발	
A06	초고층 BIM 에너지 분석을 통한 형상 최적화 설계 시스템 모듈 개발 및 검증	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 BIM 외피 파라메트릭 형태생성방법 및 IFC 데이터 변환	▪ 건물외피 형태생성 시스템 개발을 위한 시나리오 정의 ▪ BIMI기반 건물외피 형태생성을 위한 기준 및 범위 정의 ▪ BIMI기반 건물외피 형태생성을 위한 설계요소 도출 ▪ 건물외피 파라메트릭 외피 형태생성 로직 정의 및 IFC 데이터 속성 정의 및 변환 방법 제시	 	국내 학술지 게재 1건 (대한건축학회) 국내 학술회의 발표 1건 (한국CAD/CAM학회)
초고층 BIM 외피 자동화 인터페이스 개발	▪ 건물외피 객체 속성정보 적용 가능 자동화 인터페이스 개발 ▪ 자동화 인터페이스 개발을 통한 다양한 건물 외피 데이터 (BIM Model) 생성 ▪ BIM 건물에너지 객체속성 적용 데이터 확인 및 시각화	 	소프트웨어(S/W) 등록 1건 AutoFormGen (자동화 외피 형태 생성기)
건물에너지 성능 분석의 기준 및 요소 정의	▪ 건물 에너지 분석을 위한 기준으로 '최대냉방/난방부하(Peak Cooling / Heating load)'로 범위 정의 ▪ 에너지 분석을 위한 입력변수 정의	 	
관련 목표 성과물	▪ 초고층 건물 BIM 자동화 외피 형태생성 시스템 개발		

(4) 5차년도

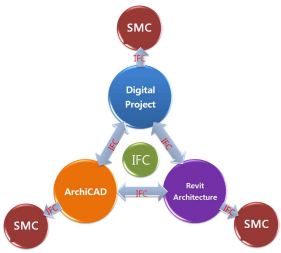
5차년도 세부목표	초고층 개방형 BIM모델 기반의 통합 평가 활용체계 보급	
	A01	초고층 개방형 BIM모델 기반의 피난법규 및 QTO 통합 평가 시스템화
	A02	초고층 개방형BIM모델 기반의 피난법규 및 QTO 통합 평가 소프트웨어 보급

1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층 개방형BIM모델 기반의 통합평가 활용체계 보급	국내논문 2건 학술발표 2건 특허출원 1건 S/W 등록 1건
세부 목표	초고층 개방형BIM모델 기반의 통합평가 활용체계 보급	
A01	초고층 개방형BIM모델 기반의 피난법규 및 QTO 통합평가 시스템화	

절차	내용	이미지	산출물
피난법규 검토에 대한 자동화 모듈 개발	▪ 피난법규 검토 분석 모듈 기능 정의 ▪ 피난법규 적용을 위한 속성정의 ▪ 피난법규 분석 모듈 API 개발 ▪ 품질검토 적용 프로세스 제시		국내 논문 1건 학술발표 1건 특허 등록 1건
골조공사의 물량산출 및 견적 시스템 개발	▪ 골조공사에 물량정보를 추출 및 관련 IFC 속성 정의 ▪ 공종분류 코드와 물품분류 코드를 활용하여 DB구축 ▪ 물량산출 및 견적 시스템 개발		국내 논문 1건 특허 등록 2건
피난법규 및 QTO 통합평가 활용체계 구축	▪ 피난관련 법규 범위 정의 ▪ 피난관련 속성 정의 ▪ 골조공사 해당 QTO를 위한 속성 정의 ▪ 통합평가 활용체계 시스템 개발		학술발표 1건 S/W 등록 1건

관련 목표 성과물	
	▪ 국내논문 게재 2건 (초고층 건축물의 개방형 BIM기반 골조공사의 개산견적을 위한 물량산출 방안 연구, BIM기반 건축설계 품질검토를 위한 체크리스트 개발 연구) ▪ 학술발표대회 2건 (개방형 BIM기반의 건물 피난법규 및 QTO 통합평가 활용체계 구축 방안, 초고층 건축물의 개방형 BIM기반 골조공사 개산견적 산출 모듈 개발) ▪ 국내 특허등록 3건 (BIM을 이용한 개산견적을 위한 물량산출 연산 방법, BIM을 이용한 초고층 건축물의 피난법규 자동화 검토 방법, BIM을 이용한 골조 공사의 개산견적 연산방법) ▪ S/W 등록 1건 (InSightBIM-Manager(인사이트빔-매니저))

1-3-1	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층 개방형BIM모델 기반의 통합평가 활용체계 보급	S/W 등록 1건
세부 목표	초고층 개방형BIM모델 기반의 통합평가 활용체계 보급	
A02	초고층 개방형BIM모델 기반의 피난법규 및 QTO 통합평가 소프트웨어 보급	

절차	내용	이미지	산출물
통합평가 소프트웨어 보급을 위한 기반 연구	▪ 품질관리 지침 및 가이드 현황 조사 및 분석 ▪ 품질관리 적용 사례 현황 조사 및 분석		
통합평가 소프트웨어 보급을 위한 매뉴얼 제작	▪ 기 개발된 피난법규검토 및 QTO 산출모듈 매뉴얼 수정 및 재작성 ▪ 통합평가 소프트웨어 패키징화		국내 논문 1건 S/W 등록 1건

관련 목표 성과물	▪ 국내논문 게재 1건 (에너지 성능분석을 통한 개방형BIM 기반 초고층 건물 외피 디자인 방안 제시 및 적용) ▪ S/W 등록 1건 (Building Evelope Alternative Program (건물외피 대안평가 프로그램)

나. 초고층 BIM데이터 품질관리 체계 개발 / 초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발 / 초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리시스템 개발 (빌딩스마트협회)

세세부 과제명	**초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발** **초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발** **초고층 공동활용을 위한 BIM라이브러리 구축 및 관리시스템 개발**
최종목표	초고층 복합건축물의 개방형 BIM환경구축 기반기술 개발 초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 유통체계 구축 초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발 초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발 초고층 통합모델 기반의 BIM 표준규격 및 기준 보급 초고층 BIM 라이브러리 보급체계 구축

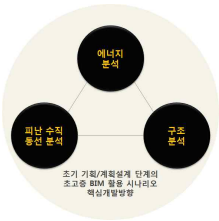
세부목표	**1~2 차년도**	**초고층 복합건축물의 개방형 BIM환경구축 기반기술 개발**	
		A01	초고층 복합건축물 개방형 BIM 활용시나리오 개발
		A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 객체분류 매핑체계 및 기반환경 구축
		A03	초고층 복합건축물용 정보요구 정의서
		A04	초고층 복합건축물용 MVD 기술 정의서
		A05	초고층 복합건축물용 IFD 기술 정의서
		A06	소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 호환성 검증 및 개별 활용 가이드 개발
		A07	소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 인터페이스 기술 기준 및 가이드개발
		초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 유통체계 구축	
		A08	IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 표준기술규격 및 제작기준
		A09	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 DB구축
	3차년도	**초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발**	
		A01	초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발
		A02	BIM 표준 라이브러리 제작 기술개발
		초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발	
		A03	초고층 BIM 라이브러리 구축 및 활용

세부목표	**4차년도**	**초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발**	
		A01	초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발
		A02	BIM 표준 라이브러리 제작 기술개발
		초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발	
		A03	초고층 연구단용 BIM 라이브러리 구축 및 활용
		A04	초고층 연구단용 BIM 라이브러리 컨텐츠 보급관리 시스템 개발
	5차년도	**초고층 통합모델 기반의 BIM 표준규격 및 기준 보급**	
		A01	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 분야 및 운영 통합 기준서
		초고층 BIM 라이브러리 보급체계 구축	
		A02	초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발
		A03	초고층 공동 BIM 라이브러리 보급 시스템 개발

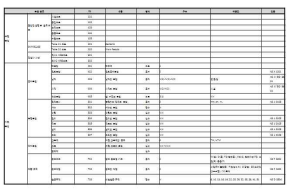
(1) 1단계 (1,2차년도)

1,2차년도 (1단계) 세부목표	**초고층 복합건축물의 개방형 BIM환경구축 기반기술 개발**	
	A01	초고층 복합건축물 개방형 BIM 활용시나리오 개발
	A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 객체분류 매핑체계 및 기반환경 구축
	A03	초고층 복합건축물용 정보요구 정의서
	A04	초고층 복합건축물용 MVD 기술 정의서
	A05	초고층 복합건축물용 IFD 기술 정의서
	A06	소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 호환성 검증 및 개별 활용 가이드 개발
	A07	소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 인터페이스 기술 기준 및 가이드개발
	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 유통체계 구축	
	A08	IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 표준기술규격 및 제작기준
	A09	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 DB구축

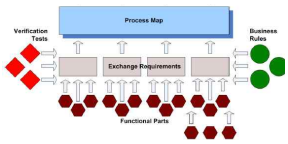
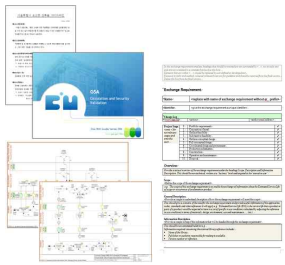
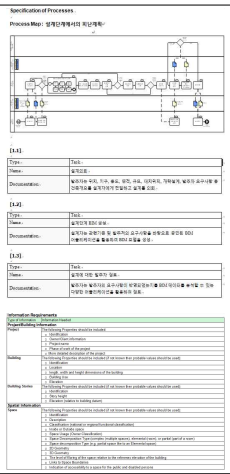
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 활용을 위한 개방형 BIM 적용시나리오 및 구성체계 개발	학술대회 논문게재 1건 (1차년도) 학술대회 논문게재 1건 (2차년도)
세부 목표	초고층 활용을 위한 개방형 BIM 적용시나리오 및 구성체계 개발	
A01	초고층 복합건축물 개방형 BIM 활용시나리오 개발 (공간건축)	

절차	내용	이미지	산출물
활용 시나리오 개발방향 설정	▪ 전년도 연구결과를 중심으로 초고층 복합 건축물의 에너지 분석 분야, 피난 수직동선 분석 분야, 구조분석 분야로 개발방향을 설정 ▪ 초고층 복합 건축물 프로젝트의 초기 기획/계획 설계 단계에 우선 적용할 수 있는 활용 시나리오 개발로 방향 설정		
활용 시나리오 개발범위 설정을 위한 주요사례 비교 분석	▪ 덴마크 Architectural design using 3D Working Method 2006 ▪ 핀란드 BIM Requirements for Architectural Design ▪ 미국 BIM Guide Series V0.60 ▪ 미국 CIC BIM Project Execution Planning Guide V1.0 ▪ BIM을 활용하기 위한 구체적인 수행내용(적용단계, 활용 목표, 주체, Design Process, 입력대상 등)을 포함한 시나리오 테이블 ▪ BIM 정보의 상호 유연한 연계를 위한 BIM Data 속성체계		
활용 시나리오 개발	▪ 초고층 복합건축물 건설단계별·주체별 시나리오 도출 ▪ 초고층 복합건축물 건설공종별 시나리오 도출 ▪ BIM활용 시나리오 형식의 정의 ▪ 건축물의 주요 구성요소를 중심으로 BIM 속성체계를 분석 ▪ 시나리오 활용 테이블에서 설정한 입력대상에 따라 각 개발 분야별 BIM Data 속성체계를 정리		BIM 데이터 속성체계 테이블
초고층 개방형 BIM 활용 시나리오 제시	▪ 에너지 분석 분야, 피난 수직동선 분석분야, 구조분석 분야의 초고층 개방형 BIM 활용 시나리오 테이블 도출 ▪ 각 분야별 BIM 데이터의 상호 유연한 연계 및 이활용을 위한 BIM 데이터 속성체계 테이블 도출		초고층 BIM 활용 시나리오
관련 목표 성과물	▪ 학술대회 논문게재 1건 (1차년도) ▪ 학술대회 논문게재 1건 (2차년도)		

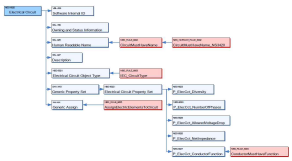
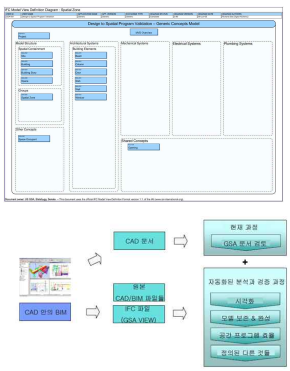
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 활용을 위한 개방형 BIM 적용시나리오 및 구성체계 개발	설문조사 1건 (1차년도) 국내논문게재 1건, 설문조사 1건 (2차년도)
세부 목표	초고층 활용을 위한 개방형 BIM 적용시나리오 및 구성체계 개발	
A02	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 객체분류 매핑체계 및 기반환경 구축(빌딩스마트협회)	

절차	내용	이미지	산출물
객체분류 현황 검토	▪ 국내외 분류체계검토 ▪ 국제 표준 검토 ▪ 국내 분류체계 적용 방향 검토		
개방형BIM 객체분류 방향정의	▪ 시나리오 지원을 위한 객체분류 방향검토 ▪ 객체속성표현을 위한 사전(Dictionary) 정의 (일부 예시) ▪ 시나리오구축에 대한 타당성 검토 ▪ 시나리오 지원을 위한 객체 속성분류 방향 검토		설문조사 (국내 BIM적용 현황 파악을 위한 설계사, 엔지니어링사, 건설사 설문 조사)
매핑체계 구현을 위한 프레임웍 설정 (실무적용을 위한 BIM객체 요소 정의, 실무적용을 위한 BIM객체 속성요소 정의)	▪ 매핑체계 구현을 위한 객체분류 프레임웍 설정 ▪ 매핑체계 구현을 위한 속성분류 프레임웍 설정		
매핑 프레임웍 적용성 검토 (실무 적용을 위한 객체 및 속성 요소의 공유 및 호환 방안 도출)	▪ 건축분야 시나리오 지원을 위한 객체 속성 매핑형식 검토 ▪ 건축분야 시나리오 지원을 위한 객체 속성분류 방향 검토		국내논문게재 (국제 IFD 표준 도입방향 연구)
관련 목표 성과물	▪ 설문조사 1건 (1차년도) ▪ 국내논문게재 1건 (2차년도) ▪ 설문조사 1건 (2차년도)		

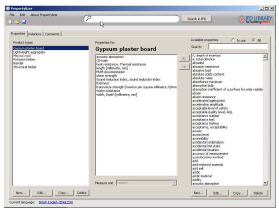
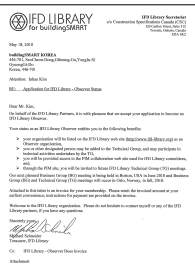
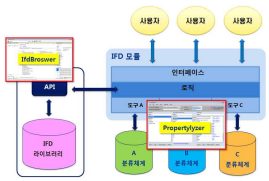
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 복합건축물용 정보요구 정의 및 MVD 기술 개발	학술대회 논문게재 1건 (1차년도) 학술대회 논문게재 1건 (2차년도)
세부 목표	초고층 복합건축물용 정보요구 정의 및 MVD 기술	
A03	초고층 복합건축물용 정보요구 정의서 (한국건설기술연구원)	

절차	내용	이미지	산출물
국제 정보요구 정의 현황 조사분석	▪ 국제 정보요구 정의 개발현황 조사, 분석 ▪ 국제 정보요구 정의 적용현황 조사, 분석 ▪ 국내 정보요구 정의 방안 도출		
초고층 복합건축물의 정보요구 정의를 위한 범위 및 수준 도출	▪ 정보요구 정의를 위한 실무적용 대상 도출 ▪ 정보요구 정의 수준 도출 ▪ 정보요구 정의를 위한 실무사례 기초자료 조사 정리		
개방형 BIM을 위한 초고층 복합건축물용 정보요구 정의서 개발	▪ 정보요구 표준 템플릿 정의 ▪ 건설단계 및 분야별 정보요구 정의서 개발 ▪ 정보요구 정의서 활용방안 도출		정보요구 정의서
관련 목표 성과물	▪ 학술대회 논문게재 1건 (1차년도) ▪ 학술대회 논문게재 1건 (2차년도)		

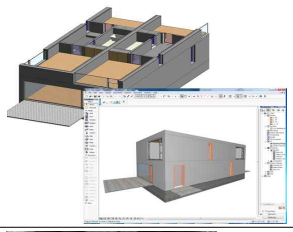
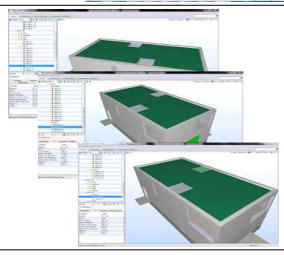
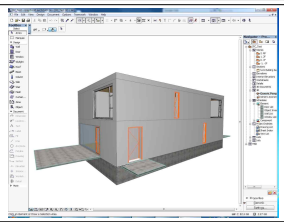
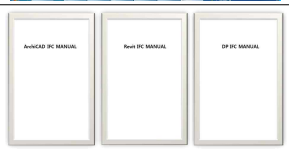
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 복합건축물용 정보요구 정의 및 MVD 기술 개발	학술대회 논문 게재 1건 (2차년도)
세부 목표	초고층 복합건축물용 정보요구 정의 및 MVD 기술	
A04	초고층 복합건축물용 MVD 기술 정의서(경북대학교)	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 복합건축물용 정보요구 정의 현황 조사 분석	▪ 국제 정보요구 정의 개발현황 조사, 분석 ▪ 국제 정보요구 정의 적용현황 조사, 분석 ▪ 국내 정보요구 정의 방안 도출		
국제 MVD 표준 및 적용 현황 조사분석	▪ 국제 MVD 표준 개발현황 조사분석 ▪ 국제 MVD 표준 적용현황 조사분석 ▪ 국내 MVD 활용 방안 도출		
초고층 복합건축물의 MVD정의를 위한 범위 및 수준 도출	▪ MVD 정의를 위한 실무적용 세부 대상 검토 ▪ MVD 정의 수준 도출 ▪ MVD 정의를 위한 실무사례 기초자료 조사 정리		
관련 목표 성과물	▪ 학술대회 논문게재 1건 (2차년도) ▪ 국내논문게재 1건 (2차년도)		

1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 복합건축물 적용 IFD기반 객체 데이터 딕셔너리 표준기술 개발	지침/매뉴얼개발 1건 (2차년도) 교육프로그램개발 1건 (2차년도)
세부 목표	초고층 복합건축물 적용 IFD기반 객체 데이터 딕셔너리 표준기술	
A05	초고층 복합건축물용 IFD 기술 정의서(빌딩스마트협회)	

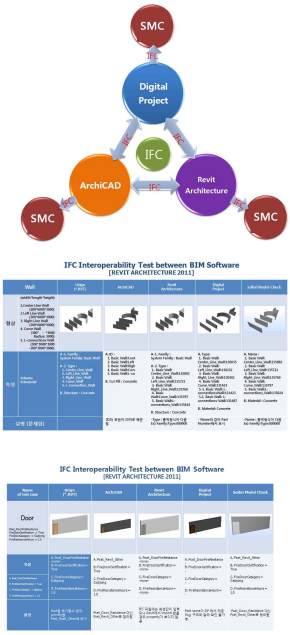
절차	내용	이미지	산출물
IFD 기술 조사 (국제 IFD 표준 규격 조사, 국제 IFD 표준 규격 분석, 국제 IFD 객체 딕셔너리 운영 현황 조사, 국제 IFD 객체 딕셔너리 운영 현황 분석, 시사점도출)	▪ 국제표준 기술현황(IFC/ IFD) - IFC 개발 현황 - IFD개발 현황 ▪ IFD 관련 기술 검토 - 소프트웨어 검토 - 구현을 위한 API 검토 ▪ 시사점		
IFD 개발 참여 방안 검토	▪ IFD 참여방안 검토 - IFD Observer 가입		
IFD 활용 방향 조사 (국제 IFD 표준규격의 실무 도입 활용 방향 검토, 실무적용을 위한 IFD 표준규격 발전 방향 검토)	▪ IFC에서의 IFD 연동방법 파악 ▪ IFD를 통한 개방형 BIM 모델 정보 교환 시나리오 구축 ▪ FD 도입을 위한 필요 표준요소 파악 ▪ FD 활용 방향 검토		교육프로그램 (개방형 BIM 표준 활용 교육 프로그램)
IFD 기술정의서 규정(실무적용을 위한 IFD 표준규격 적용 범위 및 수준 정의)	▪ FD 기술정의서 개념 및 구성 정의 ▪ FD 기술정의서 템플릿 제시		지침/매뉴얼개발 (IFD 기술정의서)
관련 목표 성과물	▪ 지침/매뉴얼개발 1건 (2차년도) ▪ 교육프로그램 1건 (2차년도)		

1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	IFC 적용을 위한 소프트웨어 표준체계 기술 개발	설문조사/전문가 평가 2건 (1, 2차년도) 지침/매뉴얼 개발 1건 (2차년도)
세부 목표	IFC 적용을 위한 소프트웨어 표준체계 기술 개발	
A06	소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 호환성 검증 및 개별 활용 가이드 개발(썬앤라이트)	

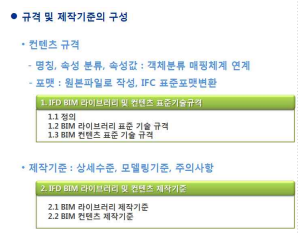
절차	내용	이미지	산출물
소프트웨어별 (ArchiCAD, Revit, Digital Project) 모델링	▪ 호환성 검증을 위한 BIM 테스트 모델 확보 ▪ 소프트웨어 별 IFC 테스트용 모델링 - ArchiCAD - Revit - Digital Project		
소프트웨어별 호환성 테스트	▪ 각 소프트웨어별 IFC 파일 변환 ▪ 변환된 파일 Solibri model viewer 에서 확인 및 문제점 도출		
소프트웨어별 호환성 분석	▪ IFC 호환성 검증 -주어진 조건에 따라 모델링 실시 확인 -IFC Export 확인 -IFC viewer를 통한 형상정보 및 속성값(벽체, 창문, 슬라브, 문 등) 확인		
자료수집 및 정리	▪ BuildingSmart협회 IFC 매뉴얼 확인 ▪ 전력거래소 BIM 모델링 가이드 확인		
IFC 호환성 테스트	▪ 각 소프트웨어별 IFC 모델링 테스트 - ArchiCAD - Digital Project - Revit		
IFC BIM 지원 활용 가이드 개발	▪ IFC BIM 지원 활용 가이드 개발 - ArchiCAD - Digital Project - Revit		

관련 목표 성과물	▪ 설문조사/전문가 평가 2건 (1, 2차년도) ▪ 지침/매뉴얼 개발 1건 (2차년도)

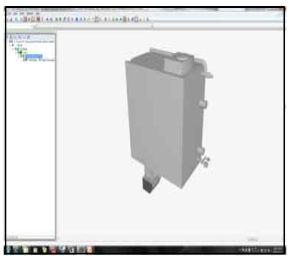
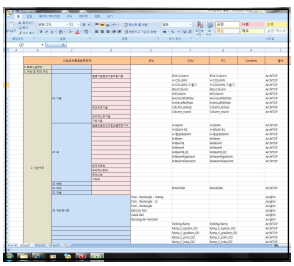
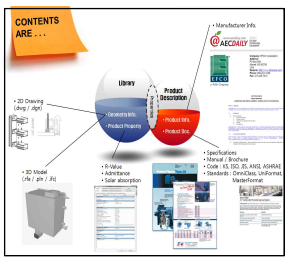
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	IFC 적용을 위한 소프트웨어 표준체계 기술 개발	학술대회논문 게재 1건 (2차년도) 지침/매뉴얼 개발 1건 (2차년도)
세부 목표	IFC 적용을 위한 소프트웨어 표준체계 기술 개발	
A07	소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 인터페이스 기술 기준 및 가이드 개발(경희대학교)	

절차	내용	이미지	산출물
소프트웨어의 IFC BIM 지원 목표정의	▪ 실무활용을 위한 IFC 지원 인터페이스 목표 검토 ▪ 실무활용을 위한 IFC 지원 소프트웨어 기술요건 검토 ▪ 실무활용을 위한 IFC 지원 인터페이스 방향 도출		소프트웨어의 IFC BIM 지원을 위한 인터페이스 기술 가이드
관련 목표 성과물	▪ 학술대회논문 게재 3건 (2차년도) ▪ 지침/매뉴얼 개발 1건 (2차년도)		

1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 제작기술 개발	
세부 목표	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 제작기술	
A08	IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 표준기술규격 및 제작기준(빌딩스마트협회)	

절차	내용	이미지	산출물
라이브러리 컨텐츠 방향검토 (실무활용 라이브러리 및 컨텐츠 요구 분석)	▪ 라이브러리 컨텐츠 방향검토 - 국내외 현황검토 - 시사점 ▪ 라이브러리 컨텐츠 요구분석		
기술규격 및 제작기준 범위검토 (실무활용 라이브러리 및 컨텐츠 분류체계 도출)	▪ 대상의 정의 ▪ 기준의 범위 검토 ▪ 라이브러리 및 컨텐츠 분류체계 도출		
기술규격 및 제작기준 목차검토 (실무활용 라이브러리 및 컨텐츠 제작 대상 및 분량 정의)	▪ 기술규격 및 제작기준 범위별 필요 요소 도출 ▪ 기술규격 및 제작기준 목차검토		
기술규격 및 제작기준 개발목표 정의 (실무활용 라이브러리 및 컨텐츠 제작 대상 및 분량 정의)	▪ 기술규격 및 제작기준 목차정의		
관련 목표 성과물			

1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 제작기술 개발	DB구축 및 활용 1건
세부 목표	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 제작기술	
A09	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 DB구축(무영아멕스)	

절차	내용	이미지	산출물
자료수집 및 가공	▪ 분류체계에 의한 대상자료 조사 ▪ 초고층 복합빌딩 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 기초자료 수집 ▪ 라이브러리 가공 및 표준화		BIM 라이브러리 및 컨텐츠(250개)
목록작성	▪ 분류체계에 의한 라이브러리 목록 작성		라이브러리 목록
라이브러리 실용화 검증	▪ 학술대회 논문 발표를 통한 검증 ▪ 실무활용 라이브러리 및 컨텐츠 제작을 위한 자료 검토 및 보완		2010 대한건축학회 학술대회 논문 제출(BIM 라이브러리 및 컨텐츠 교환 체계 연구)
관련 목표 성과물	▪ DB구축 및 활용 1건, 학술대회 논문 게재 1건		

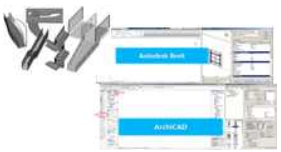
(2) 3차년도

3차년도 세부목표	**초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발**	
	A01	초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발
	A02	BIM 표준 라이브러리 제작 기술개발
	초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발	
	A03	초고층 BIM 라이브러리 구축 및 활용

1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발	지침/매뉴얼 개발 1건
세부 목표	초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발	
A01	초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발(3,4,5차년도)	

절차	내용	이미지	산출물
BIM 표준분류체계 템플릿 정의	▪ 시나리오에 의한 필요 객체 검토 ▪ 초고층 사업 공동 BIM 객체 목록 정의		지침/매뉴얼 개발 1건
객체 및 속성목록 분류체계	▪ 시나리오에 의한 BIM 객체의 필요 속성도출 ▪ 초고층 사업 공동 BIM 객체 속성 정의		
분야별 객체 및 속성 목록	▪ BIM 객체 데이터 품질 검토 대상 파악 ▪ 초고층 사업 공동 BIM 객체 데이터 품질개발		
관련 목표 성과물	▪ 초고층 BIM 라이브러리 표준규격		

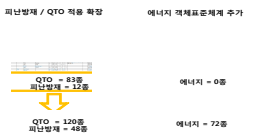
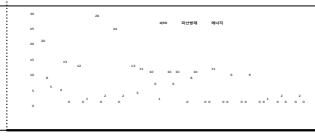
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발	DB 구축 및 활용건수 1건
세부 목표	초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발	
A03	초고층 BIM 라이브러리 구축 및 활용(3,4,5차년도)	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 복합빌딩 공동 BIM 라이브러리 대상 목록 검토	▪ 초고층 BIM 라이브러리 구축 대상 목록 검토		DB 구축 및 활용건수 1건
초고층 복합빌딩 공동 BIM 라이브러리 구축	▪ 초고층 복합빌딩 공동 BIM 라이브러리 구축 범위 ▪ 초고층 복합빌딩 공동 BIM 라이브러리 구축 개발환경 ▪ 분류체계 목록 샘플의 스프레드시트 형식 정리 ▪ 스프레드시트 파일의 계층구조에 따른 Revit 라이브러리 제작 ▪ KBIMS-0.9 Template 및 Favorites 사용		
초고층 복합빌딩 공동 BIM 시범라이브러리 결과 활용	▪ 빌딩스마트협회 홈페이지에 BIM 시범 라이브러리 제공 ▪ BIM 프레임 웍을 활용한 사례		
관련 목표 성과물	▪ 공동 BIM 라이브러리 구축 및 시범라이브러리 구축		

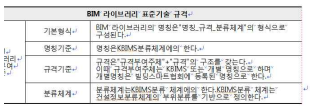
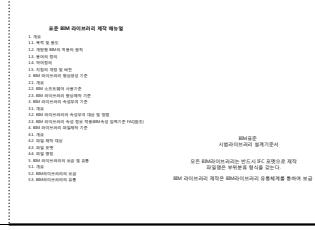
(3) 4차년도

4차년도 세부목표	**초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발**	
	A01	초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발
	A02	BIM 표준 라이브러리 제작 기술개발
	초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발	
	A03	초고층 연구단용 BIM 라이브러리 구축 및 활용
	A04	초고층 연구단용 BIM 라이브러리 컨텐츠 보급관리 시스템 개발

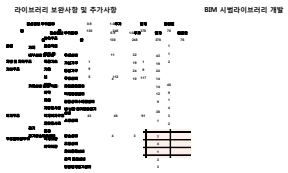
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 연구단용 BIM 객체 표준체계 개발	국내논문 1건 학술발표대회 논문 1건
세부 목표	초고층 연구단용 BIM 객체 표준	
A01	초고층 연구단용 BIM 객체 표준	

절차	내용	이미지	산출물
QTO/ 피난방재 적용 및 확장	▪ 초고층 공동 BIM객체 표준체계 추가 QTO 적용 및 확장 ▪ 피난방재 적용 및 확장		BIM 객체 목록 확장(MEP) 학술발표대회 논문 1건
에너지 객체 표준체계 추가	▪ 초고층 건축 에너지 객체 표준체계		국내논문 개제 1건
관련 목표 성과물	▪ 국내논문 개제 1건 ▪ 학술발표대회 논문 1건		

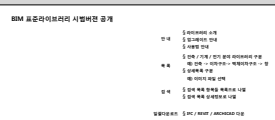
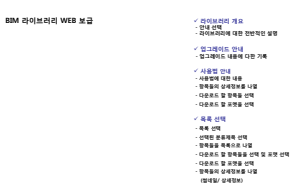
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 표준 라이브러리 제작 기술개발	설계기준 1건
세부 목표	초고층 표준 라이브러리 제작 기술개발	
A02	초고층 표준 라이브러리 제작 기술개발	

절차	내용	이미지	산출물
표준 라이브러리 구축 보완사항 검토	▪ 초고층 라이브러리 표준 규격 명칭 ▪ 초고층 라이브러리 제작기준		학술발표대회 논문 1건
표준 라이브러리 보완사항 추가 작업	▪ 표준 라이브러리 개요 ▪ BIM 라이브러리 형상생성 기준 ▪ BIM 라이브러리 속성부여 ▪ BIM 라이브러리 파일제작 기준 ▪ BIM 라이브러리 보급 및 유통		표준 BIM 라이브러리 제작 매뉴얼 1건
관련 목표 성과물	▪ 학술발표대회 논문 게재 1건 ▪ 표준 BIM라이브러리 제작 매뉴얼 1건		

1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 라이브러리 구축 및 활용	제품화 1건
세부 목표	초고층 BIM 라이브러리 구축 및 활용	
A03	초고층 BIM 라이브러리 구축 및 활용	

절차	내용	이미지	산출물
BIM 시범라이브러리 보완 및 추가사항 검토	▪ 초고층 라이브러리 v0.9 분석		
BIM 시범라이브러리 개발	▪ 초고층 표준 라이브러리 보완 사항 및 추가사항 ▪ 초고층 표준 라이브러리 구축 호환		제품화
관련 목표 성과물	▪ 제품화 1건		

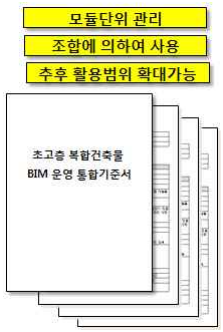
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 BIM 라이브러리 콘텐츠 보급관리 시스템 개발	S/W등록 2건
세부 목표	초고층 BIM 라이브러리 WEB구축 및 DB보급	
A04	초고층 BIM 라이브러리 WEB구축 및 DB보급	

절차	내용	이미지	산출물
BIM 라이브러리 DB 구축	▪ BIM 라이브러리 DB 구축 ▪ DB 프로그램 특징		라이브러리 WEB DB 구축 2건
BIM 라이브러리 WEB 보급	▪ BIM 라이브러리 WEB 보급-안내 ▪ BIM 라이브러리 WEB 보급-목록 ▪ BIM 라이브러리 WEB 보급-검색 ▪ BIM 라이브러리 WEB 보급-다운		학술발표대회 논문 1건
관련 목표 성과물	▪ S/W 등록 2건 ▪ 학술발표대회 논문 1건		

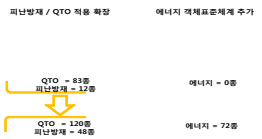
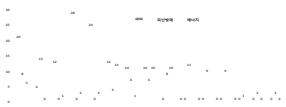
(4) 5차년도

5차년도 세부목표	**초고층 통합모델 기반의 BIM 표준규격 및 기준 보급**	
	A01	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 분야 및 운영 통합 기준서
	초고층 BIM 라이브러리 보급체계 구축	
	A02	초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발
	A03	초고층 공동 BIM 라이브러리 보급 시스템 개발

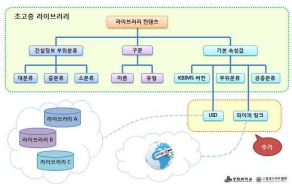
1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층 통합모델 기반의 BIM 표준규격 및 기준 보급	지침서 1건
세부 목표	초고층 통합모델 기반의 BIM 표준규격 및 기준 보급	
A01	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 분야 및 운영 통합 기준서	

절차	내용	이미지	산출물
BIM 기준서 통합방안	▪ 초고층 건축 개방형 BIM 통합 기준서 구성 ▪ BIM 지침서 적용사례 ▪ 초고층 세부분야 개방형 BIM 통합 지침 항목 구성		BIM 운영통합 기준서 (피난/QTO/ 에너지) 1건
BIM 운영 통합 기준서	▪ 초고층 세부분야별 BIM 통합 기준서 목차 구성 ▪ 초고층 세부분야 BIM 통합 기준서	초고층 복합건축물 BIM 피난/QTO/에너지 기준서 도출	
BIM 운영통합 기준서 활용방안	▪ 세부분야 BIM 통합 지침서 공통요인 도출 ▪ BIM 지침 내용 목록 추가 및 수정 종합결과		
관련 목표 성과물	▪ 지침서 1건 (초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 운영통합 기준서)		

1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
단계 최종 목표	초고층 BIM 라이브러리 보급체계 구축	지침서 1건
세부 목표	초고층 BIM 라이브러리 보급체계 구축	
A02	초고층 공동 BIM 객체 표준체계 개발	

절차	내용	이미지	산출물
BIM 객체 표준체계 목록서 작성	▪ QTO/피난/에너지 중심으로 초고층 공동 BIM 객체 표준체계 목록서 작성		BIM 객체분류 속성 목록서 1건
BIM 객체 표준체계 목록서 활용 및 보급방안	▪ 초고층 공동 BIM 객체 표준체계를 민간표준으로 활용유도 ▪ BIM 도입시 초고층 공동 BIM 표준체계를 활용하도록 유도 ▪ 초고층 공동 BIM 라이브러리 보급 시스템에 반영		
관련 목표 성과물	▪ 지침서 1건 (초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM객체 속성분류 표준체계 목록서)		

1-3-2	초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
단계 최종 목표	초고층 BIM 라이브러리 보급체계 구축	학술발표대회 논문 1건
세부 목표	초고층 BIM 라이브러리 보급체계 구축	
A03	초고층 공동 BIM 라이브러리 보급 시스템 개발	

절차	내용	이미지	산출물
BIM라이브러리 컨텐츠 스키마 개선	▪ 외부 라이브러리 컨텐츠와의 연동을 위한 스키마 확장 ▪ 외부 웹문서와의 연동을 위한 스키마 확장		BIM라이브러리 컨텐츠 스키마
BIM 라이브러리 컨텐츠 스키마 개선	▪ DB 정보입력 기능 개선 ▪ 스키마 개선사항 반영 ▪ 자료 목차기능 개선 ▪ 뷰어기능 (목록/상세) 개선 ▪ 다운로드 기능 개선		웹기반 자료입력 프로그램 웹기반 사용자 인터페이스
WEB 브라우저 기반 시스템 개선	▪ HTML5 표준화 준수 ▪ 웹브라우저 호환성 구현 ▪ 모바일 환경과의 호환성 구현 ▪ DB 서버환경 개선		
관련 목표 성과물	▪ 소프트웨어 등록 1건(초고층 라이브러리 웹네비게이터) ▪ 학술발표대회 논문 1건 (초고층 BIM라이브러리 컨텐츠 시스템 개발)		

2. 제3세부 : 구조성능개선 기술 개발

[3-1 세세부 : 풍진동제어 기술개발]

가. 하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술

세세부 과제명	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술

최종목표
풍진동제어-전산플랫폼 융복합을 위한 통합해석기술 개발 하이브리드 제진장치 1차 시제품 제작 및 성능실험 자연풍 실측 시스템 빌트업 및 우리나라 자연풍 예비 실측 및 기초 DB 구축 풍하중 예측기술 개발 하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용

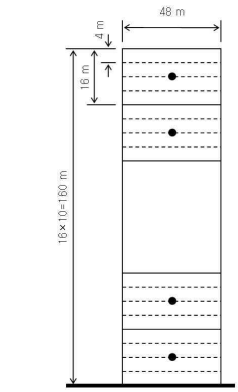
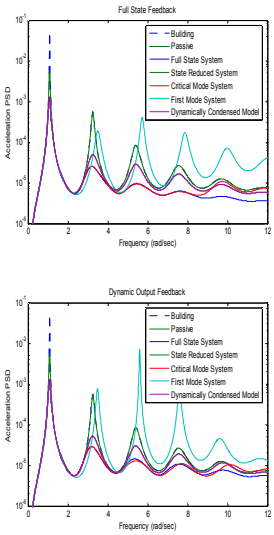
세부목표			
	1, 2 차년도 (1단계)	**제진장치-구조물 통합해석기술 개발**	
		A01	제진장치-구조물 통합해석기술 SW 개발
		A02	제어알고리즘 개발 및 콘트롤러 내장화
		A03	풍진동제어와 전산플랫폼 융복합을 위한 단위연계 모듈 개발
		자연풍 실측 시스템 빌트업 및 우리나라 자연풍 예비 실측 및 기초 DB 구축	
		A04	도플러 소다(Doppler SODAR)를 사용한 자유대기영역 기류 실측시스템 구축 및 예비실측
		A05	1kM 이내 대기경계층 및 자유대기영역 실측 DB구축 (도심지)
		초고층부 풍하중 예측기술 개발	
		A06	풍압적분법을 통한 초고층부 풍하중 평가이론 확립
	3차년도	**하이브리드 제진장치 TB적용**	
		A01	제진장치 적용 TB구조물 진동특성 평가
		A02	TB구조물 하이브리드 제진장치 설계
		아웃리거/에너지자가생사형 등 다양한 형태의 제진장치 설계 및 평가기술 개발	
		A03	초고층건축물 풍진동 제어를 위한 아웃리거 댐퍼 최적설계
		A04	에너지 자가 생산형 댐퍼 개념도출
		풍진동제어 전산플랫폼 융복합	
		A05	제진장치 구조물 통합설계 모듈
		A06	풍하중 입력모듈 개발

세부목표	4차년도	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용**	
		A01	하이브리드 제진장치 설계
		A02	하이브리드 제진장치 제작
		A03	제진장치실 설계 및 시공(계획)
		풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
		A04	하중산정 및 입력모듈
		A05	감쇠장치 설계모듈
	5차년도	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용**	
		A01	수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치(테크노마트21 강변점)
		풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
		A02	전산플랫폼 기반 층간설치형 및 능동질량형 제진장치 설계모듈
		A03	풍동실험 기반 제진장치 설계모듈
		A04	초고층부 풍하중 예측 및 우리나라 기본풍속map 작성
	6차년도	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용 (인천공항 3단계 제 2계류장 관제탑)**	
		A01	알고리즘 개발
		A02	실시간 모니터링 기술(HMI)
		A03	5층 테스트타워 성능 검증
		A04	공장성능시험

(1) 1단계 (1,2차년도)

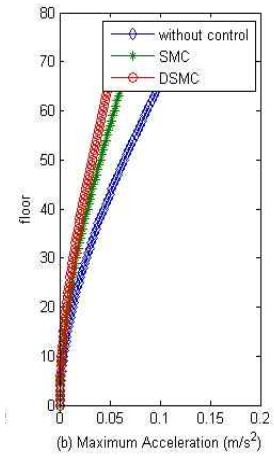
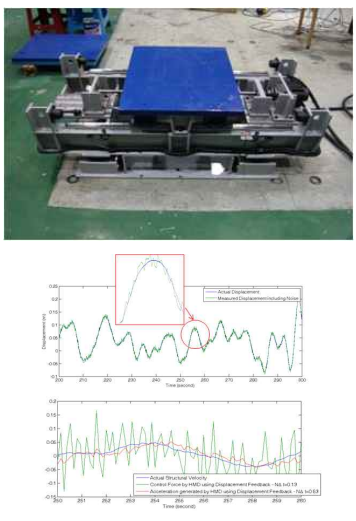
1,2차년도 (1단계) 세부목표	**제진장치-구조물 통합해석기술 개발**	
	A01	제진장치-구조물 통합해석기술 SW 개발
	A02	제어알고리즘 개발 및 콘트롤러 내장화
	A03	풍진동제어와 전산플랫폼 융복합을 위한 단위연계 모듈 개발
	자연풍 실측 시스템 빌트업 및 우리나라 자연풍 예비 실측 및 기초 DB 구축	
	A04	도플러 소다(Doppler SODAR)를 사용한 자유대기영역 기류 실측시스템 구축 및 예비실측
	A05	1kM 이내 대기경계층 및 자유대기영역 실측 DB구축 (도심지)
	초고층부 풍하중 예측기술 개발	
	A06	풍압적분법을 통한 초고층부 풍하중 평가이론 확립

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	제진장치-구조물 통합해석기술 개발	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	제진장치설계를 위한 풍하중 생성 및 모델축소기술 개발	
A01	제진장치-구조물 통합해석기술 SW 개발 (단국대)	

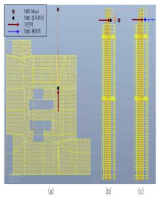
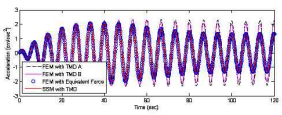
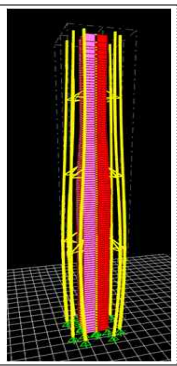
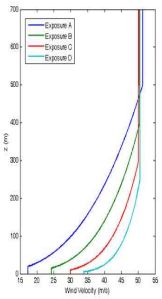
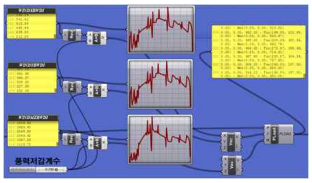
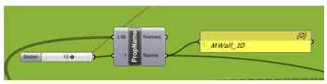
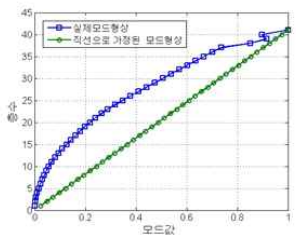
절차	내용	이미지	산출물
제진장치 설계를 위한 초기단계 개략 풍하중 산정기술	▪ Shinozuka의 추계적과정(stochastic process) 구현방법을 적용하여 교차스펙트럼밀도에 기초한 풍하중 시간이력 생성방법이 개발되어 있으나, 일반 구조기술자가 사용할 수 있도록 체계적으로 프로그램화 되어있지 않음. ▪ 건축구조물의 풍진동 성능평가를 위한 풍하중 시간이력 산정 프로그램으로 풍하중 및 대상구조물의 정보를 입력하면 복수의 작용점에서의 풍하중 시간이력을 출력함. 본 프로그램에서 생성되는 풍하중을 이용하여 제진장치가 설치된 초고층 구조물의 초기설계에 활용할 수 있음. ▪ MATLAB을 시간이력 생성과정에서 삼각행렬형태의 행렬분해를 위해 Cholesky 분해법을 적용하고 불필요한 복소연산과정을 제거하여 알고리즘을 효율화함.		SW 1건
모델축소기술개발	▪ State Reduced-order System, Critical Mode System, First-mode System에 Dynamically Condensed System을 추가한 네 가지 축소모델을 생성하고 풍진동 제어기를 설계하여 종합적으로 비교평가하는 소프트웨어를 개발함. ▪ 변위 및 속도 이외에 실제로 측정이 용이한 가속도응답을 계측하는 풍진동 제어기를 설계할 수 있게 함. ▪ Dynamically Condensed System의 생성 시 반복계산이 불필요한 효과적 알고리즘을 적용함.		SW 1건 학술지 논문 1건 학술대회 논문 1건

관련 목표 성과물	▪ 구조물-제진장치 초기설계를 위한 교차스펙트럼밀도에 기초한 풍하중 시간이력 생성 SW 프로그램 1건 등록 ▪ 복합형 제진장치가 설치된 건물의 축소모델 생성 및 제어기 설계 SW 프로그램 1건 등록

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	제진장치-구조물 통합해석기술 개발	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	제어알고리즘 및 콘트롤러 개발	
A02	제어알고리즘 개발 및 콘트롤러 내장화 (단국대)	

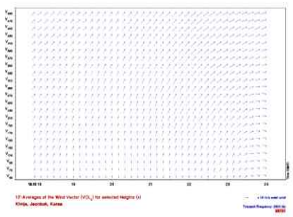
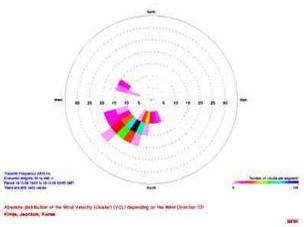
절차	내용	이미지	산출물
분산제어알고리즘 개발	▪ 분산제어알고리즘 개발: 설치된 76층의 계측정보만을 활용하여 제어력을 산정하는 분산제어 알고리즘 제안 ▪ Yang 등 (1998) 이 제안한 풍하중을 받는 고층건물의 진동제어에 관한 벤치마크 문제에 제안 알고리즘 적용. 구조물의 총 질량은 153,000ton, 부피는 510,000m3 이며, 구조물은 높이대 폭이 306.1 대 42로 7.3의 비를 가지고 있는 바람에 민감함을 가지는 세장한 건물임. ▪ 성능평가결과: 제안한 분산제어알고리즘을 사용하여 , 제어기가 설치된 76층의 정보만을 활용하여 유사한 크기의 제어력을 사용하고도 동등한 제어효과를 확인함.		SW 1건 학술발표논문 2건 학술지 논문 2건
알고리즘 내장화	▪ 제진장치 시제품 제작 및 동력기 전달함수 확인 ▪ 일반제어 Logic: 일반적으로 가속도 계측 자료를 활용하여 관측기 설치후 시스템 상태변수인 변위, 속도를 추정하는 과정 요구 -> 시스템 차수 증가 및 적분과정에서 필터의 필요 ▪ GPS를 이용한 실시한 변위 측정자료를 사용하는 제어알고리즘 개발		시제품 (A05-시제품제작의 산출물과 동일) 제진장치 콘트롤러 관련 기술보고서 1건
관련 목표 성과물	▪ 제어알고리즘 관련 SW등록 ▪ 하이브리드 제진장치 시제품 제작 및 성능 Test		

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	제진장치-구조물 통합해석기술 개발	SW 등록건수
세부 목표	풍진동제어와 전산플랫폼 융합기술 개발	
A03	풍진동제어와 전산플랫폼 융복합을 위한 단위연계 모듈 개발(단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
제진장치 등가 제어력 산정 입출력 모듈 개발	▪ 전산플랫폼에서 제공하는 구조해석 모듈을 이용하여, 외부모듈에서 상태방정식, 축소모델 등을 구성하여 제진장치의 효과를 평가 ▪ 제진장치의 효과를 등가의 제어력으로 치환하여 전산플랫폼에 다시 입력하여 해석을 수행함으로써 제진장치가 설치된 구조물의 상세부재해석 설계 수행	 	기술보고서 1건
풍속고도분포지수 및 층별풍력계수에 따른 응답특성 평가 모듈 개발	▪ 풍하중 실측 DB를 이용하여 산정된 풍속고도분포지수를 전산플랫폼에 입력자료로 제공하고, 이에 따른 대안별 최적설계 수행 후 물량 저감효과 비교 ▪ 비정형구조물의 풍하중 산정을 위한 층별풍력계수 입력모듈 개발	 	평가모듈 개발 1건 (1-1세부 전산플랫폼 공통)
제진장치 설치에 따른 응답평가 및 대안별 CO2 저감량 평가 모듈 개발	▪ 제진장치의 효과를 하중감소효과로 치환하여 전산플랫폼에 풍력저감계수로 제공 ▪ 전산플랫폼에서는 풍력저감계수에 따른 최적 대안선정 수행 및 대안별 비용, CO2 등의 저감효과 평가	 	SW등록 4건
구조해석 모델 및 풍하중 업데이트 모듈 개발	▪ 실측된 풍진동 건전도 모니터링 자료를 활용하여 전산플랫폼에 제공함으로써 구조해석모델 업데이트 모듈 개발 ▪ 실측된 모드정보를 활용한 풍하중 업데이트 모듈 개발		

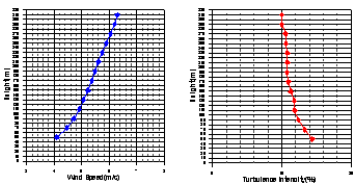
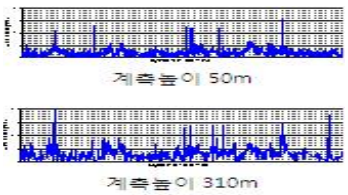
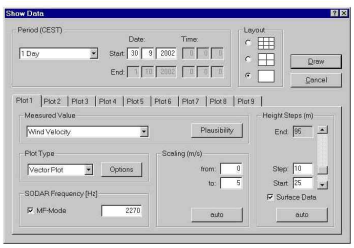
관련 목표 성과물	▪ 전산플랫폼 융복합 관련 수치해석 ▪ 평가모듈 개발 1건, SW등록 4건

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	자연풍 실측 시스템 빌트업 및 우리나라 자연풍 예비 실측 및 기초 DB 구축	자연풍 실측시스템 구축 및 풍하중 DB
세부 목표	자연풍 실측시스템 구축	
A04	도플러 소다(Doppler SODAR)를 사용한 자유대기영역 기류 실측시스템 구축 및 예비실측 (단국대)	

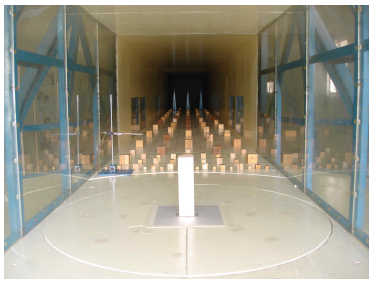
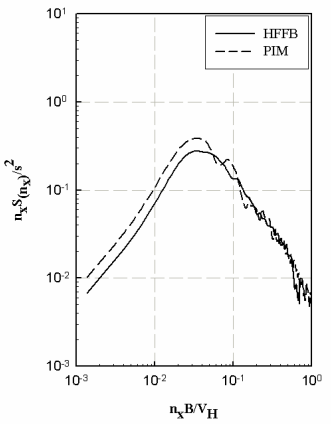
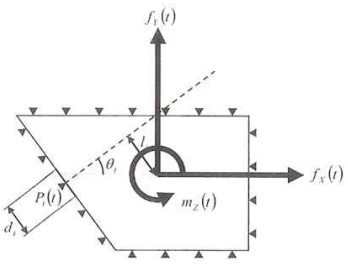
절차	내용	이미지	산출물
도플러 소다를 이용한 자연풍 실측시스템 구축	▪ 자연풍 계측시스템 빌트업		실측시스템 1건
김제평야지역 예비실측	▪ 구축기간 : 2009. 10. 19 ~ 2010. 1. 14) ▪ 자연풍 실측시스템을 이용하여 취득한 자연풍 실측 데이터를 자연풍 분석 -시스템을 활용하여 분석한 데이터를 가지고 자연풍 기초 DB를 구축	 	김제평야 예비실측 DB1건

관련 목표 성과물	▪ 실측시스템 구축 1건 ▪ 평야지역 예비실측 분석 보고서 1건

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	자연풍 실측 시스템 빌트업 및 우리나라 자연풍 예비 실측 및 기초 DB 구축	지표면조도구분 D지역 및 A지역 DB구축
세부 목표	자연풍 실측시스템 구축	
A05	1kM 이내 대기경계층 및 자유대기영역 실측 DB구축 (지표면조도 A지역 및 D지역) (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
(지표면조도구분 D지역 및 A지역) 자연풍 실측	▪ 자연풍 실측(지표면조도 D지역) ▪ 실측장소: 김제 새만금 일대 ▪ 자연풍 실측(지표면조도 A지역) ▪ 실측장소: 서울 잠실 롯데월드		실측시스템 현장적용 2건
(지표면조도구분 D지역 및 A지역) 자연풍 특성분석	▪ 고도별 평균풍속 ▪ 고도별 시계열 평균풍속 ▪ 풍향별 풍속 발생빈도 ▪ 평균풍속 연직분포 ▪ 난류강도 연직분포	 **평균풍속과 난류강도 연직분포**  **고도별 시계열 평균풍속**	분석보고서
(지표면조도구분 D지역 및 A지역) 자연풍 실측 DB구축	▪ 자연풍 특성 분석 데이터 베이스화 ▪ 자연풍 실측 DB 구축(1일간, 1주일간, 1개월간, 실측기간)		(지표면조도구분 D지역 및 A지역) 자연풍 DB 각 1건
관련 목표 성과물	▪ 자연풍 실측시스템 현장적용 ▪ 자연풍 특성 보고서		

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층부 풍하중 예측기술 개발	학술지 논문
세부 목표	풍압적분법을 활용한 초고층부 풍하중 예측기술 개발	
A06	풍압적분법을 통한 초고층부 풍하중 평가이론 확립 (단국대)	

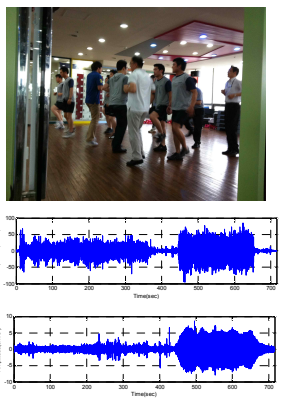
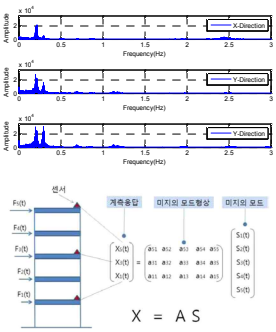
절차	내용	이미지	산출물
실험계획수립	▪ 실험방법 설정 - 풍압실험 - 풍력실험 ▪ 모형제작 - 풍압실험모형(3ea) : 아크릴 - 풍력실험모형(3ea) : 발사		
실험 및 데이터해석	▪ 데이터해석방법 - 풍압실험 : 풍압적분법을 이용한 풍력산정 - 풍력실험 : HFFB를 이용한 풍력산정 ☞ 두 실험간의 풍력을 주파수영역에서 스펙트럼해석		
논문투고를 통한 검증	▪ 결과분석 - 실험에 의한 결과를 분석 ▪ 논문작성 - 분석된 내용을 정리		국내학술지 논문

관련 목표 성과물	▪ 국내 학술지 논문게재 1건

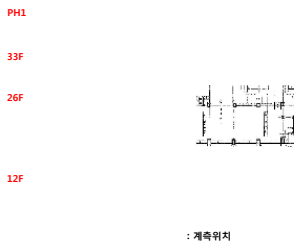
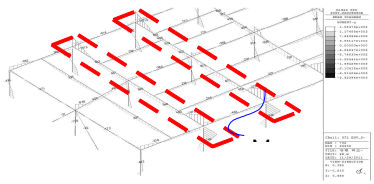
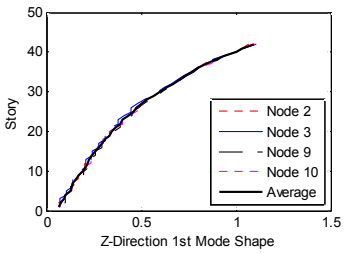
(2) 3차년도

3차년도 세부목표	**하이브리드 제진장치 TB적용**	
	A01	제진장치 적용 TB구조물 진동특성 평가
	A02	TB구조물 하이브리드 제진장치 설계
	아웃리거/에너지자가생사형 등 다양한 형태의 제진장치 설계 및 평가기술 개발	
	A03	초고층건축물 풍진동 제어를 위한 아웃리거 댐퍼 최적설계
	A04	에너지 자가 생산형 댐퍼 개념도출
	풍진동제어 전산플랫폼 융복합	
	A05	제진장치 구조물 통합설계 모듈
	A06	풍하중 입력모듈 개발

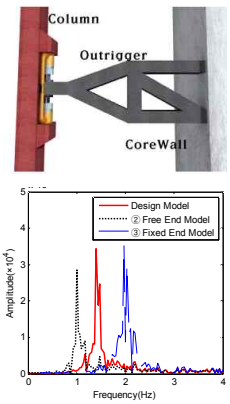
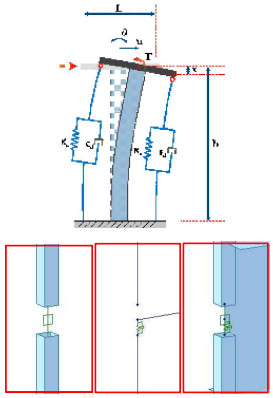
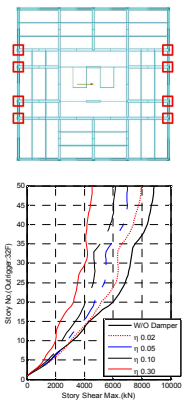
3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 TB적용	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	하이브리드 제진장치 TB적용	
A01	제진장치 적용 TB 구조물 진동특성 평가 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
진동사고 현황조사	▪ TB 대상 구조물에 대한 진동사고 현황조사를 통해 추정 진동원을 파악함. ▪ TB 대상 구조물에 대한 구조설계도 및 구조계산서 검토를 통해 안정성 평가		
피트니스센터 수직진동 계측실험	▪ 피트니스센터에 대한 시연을 통해 수직진동 주파수인 2.7Hz를 확인하고, 그에 따른 공진현상을 확인.		학술대회 논문 1건
태풍시 수평진동 계측 실험	▪ 태풍 곤파스에 대한 풍진동 계측을 통해 수평방향 진동수를 파악 ▪ TB 대상 구조물에 대한 풍직각방향 가속도 산정 및 평가 ▪ 수평방향의 축방향별 혼재된 진동수를 독립성분분석법(ICA Method)를 사용하여 모드분리 및 시스템식별 수행		SW 2건
관련 목표 성과물			

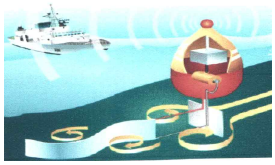
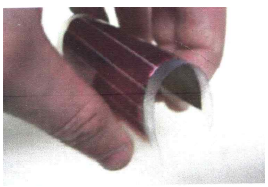
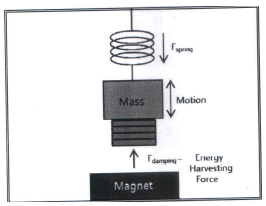
3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 TB적용	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	하이브리드 제진장치 TB적용	
A02	TB구조물 하이브리드 제진장치 설계 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
제진장치 설치위치 선정	▪ 구조도면 및 현장 검토를 통한 제진장치 설치층을 40층으로 선정 ▪ 인력가진실험을 통한 설치위치 선정		
제진장치 설치위치의 하부 층 보강여부 검토	▪ 제진장치-구조물 해석모델 구축 ▪ 상용구조해석 소프트웨어를 이용한 구조해석 ▪ 옥탑1층 4B~5C열/D~E열에 제진장치(TMD)가 설치된 구조물의 수치해석 수행 ▪ 구조물의 수치해석 결과 검토		
수직방향 TMD설계	▪ 수직방향 참여질량 산정 - 단위하중 해석을 통한 모드벡터 추출 ▪ 수직방향 TMD 설계 - 시간 이력 해석을 통한 TMD 설계변수 도출 및 설계		
수평방향 AMD설계	▪ 풍하중 시뮬레이션 ▪ AMD 설계		
관련 목표 성과물			

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	아웃리거/에너지자가생산형 등 다양한 형태의 제진장치 설계 및 평가기술 개발	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	아웃리거형 제진장치 설계 및 평가기술 개발	
A03	초고층 건축물 풍진동 제어를 위한 아웃리거 댐퍼 최적설계(단국대)	

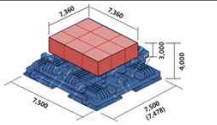
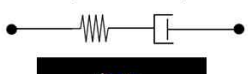
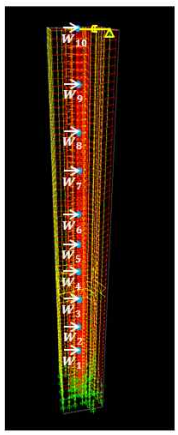
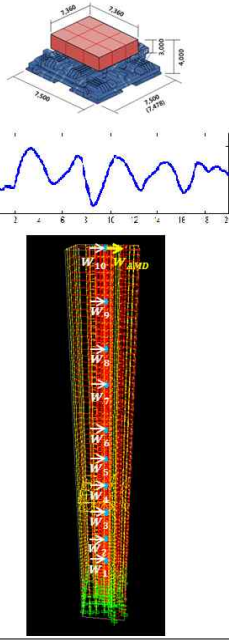
절차	내용	이미지	산출물
아웃리거 댐퍼시스템 축소모델	▪ 상용 S/W를 사용하여 동일한 해석 결과를 도출할 수 있는 S/W 해석모델을 설계하였다. 상태방정식을 사용한 수치모델에서는 관성모멘트를 고려한 모델도 설계하였다. 관성모멘트를 고려할 경우 질량이나 부재 길이에 따라 응답이 감소하기도 하고 증가하기도 하기 때문에 응답의 차이는 비교적 작으나 보다 정확한 설계를 위해서는 관성모멘트를 고려한 설계가 필요하다.		
아웃리거 댐퍼시스템 최적설계	▪ 모멘트 비율에 따라 댐퍼의 용량을 설정하여 수치모델과 상용 S/W 모델의 해석을 수행한 결과 기존 댐퍼가 없는 일반 아웃리거 시스템과 비교할 때 이와 비슷하거나 보다 우수한 제어 성능을 갖도록 댐퍼 용량을 결정할 수 있었으며, 가속도 응답의 경우 아웃리거 댐퍼 시스템이 기존 아웃리거 시스템보다 매우 효과적인 것을 확인할 수 있었다.		
실물크기 모델 적용	▪ 합리적인 하중 입력을 위해 기존 연구의 교차파워스펙트럼밀도를 활용한 풍하중 시간이력 산정 방법을 사용하여 바람의 특성이 반영된 풍하중 시간이력을 생성하여 예제 모델에 적용		
관련 목표 성과물			

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	아웃리거/에너지자가생산형 등 다양한 형태의 제진장치 설계 및 평가기술 개발	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	에너지자가생산형 제진장치 설계 및 평가기술 개발	
A04	에너지 자가 생산형 댐퍼개념 도출 (단국대)	

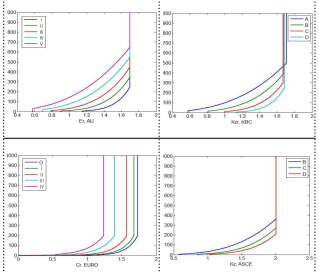
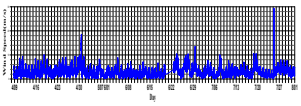
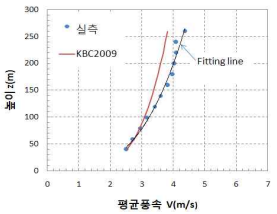
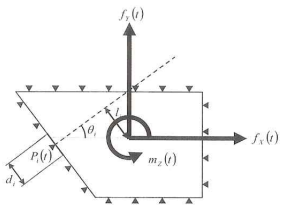
절차	내용	이미지	산출물
에너지 자가 생산 시스템 조사	▪ 에너지 수확에 사용되는 다양한 에너지원에 대한 조사를 수행하여 각 에너지원에 의해서 수확할 수 있는 에너지 밀도를 비교하여 효율성을 평가하였음. ▪ 에너지 원중에서 진동을 이용하여 에너지 수확을 하는 기구 및 메커니즘과 에너지를 전환하는 에너지 수확시스템에 대한 조사분석을 수행하였음. ▪ 진동기반 에너지 수확기법의 종류와 기본원리를 조사하고 이를 수학적으로 모델링하는 기법을 조사하였음.	 Energy harvesting eel  Flexible solar cell  전자기식 에너지 수확	에너지 자가 생산 시스템 종합분석
댐퍼적용 개념 도출	▪ 풍력 터빈을 이용한 에너지 수확시스템을 이용하여 제진장치를 구동하는 댐퍼시스템 개념을 도출함. 또한 풍속을 제어알고리듬의 입력으로 사용하여 보다 안정적이고 효율적인 제어시스템을 구축함. ▪ 댐퍼의 미소진동을 에너지 수확시스템으로 사용하여 진동계측 시스템의 전원으로 이용한 개념을 도출함.	 풍력을 이용한 제진장치 제어력 구동시스템	댐퍼적용 개념도

관련 목표 성과물	▪ 에너지 자가 생산 시스템 분석 ▪ 댐퍼적용 아이디어 도출 및 적용 가능성 평가

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	풍진동제어 전산플랫폼 융복합	SW 등록건수
세부 목표	제진장치를 포함한 전산플랫폼 적용 구조해석 기술 개발	
A05	제진장치 구조물 통합설계 모듈 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
제진장치 설계 및 근사적 링크 모델 속성 산정 기술	▪ AMD 설치위치에 이를 대체하는 가상의 Dashpot을 연결하여 구조해석을 수행하기 위해 제진장치를 설계한 뒤 등가의 점성감쇠계수를 산정하는 SW를 개발함. Dashpot이 구조물과 연결되는 반대편 절점에 지지점을 설치하여 연결함. ▪ 속도와 변위의 되먹임(feedback)을 사용하는 능동형제진장치(AMD)의 제어력에서 속도되먹임 부분이 차지하는 비중이 큼을 이용함. ▪ 전산플랫폼에서 이용하는 상용구조해석 프로그램인 SAP2000에서 채택하고 있는 Maxwell 모델 형식의 Nonlinear Link 및 비선형시간이력해석 기능 적용	 SAP2000 Nonlinear Link for Viscous Damper (Maxwell's Model)  	SW 0.5건
제진장치 설계 및 등가하중 산정 기술	▪ AMD 설치위치에 별도의 축소모델 해석결과를 토대로 산정된 제어력을 하중으로 적용하여 시간이력해석을 수행하여 제진효과를 상용구조해석 프로그램에서 구현하는 기술을 개발함. ▪ 모드에 기반한 축소모델을 구축하고 이를 이용하여 제어기 설계 및 해석을 통해 제어력 산정용 SW를 개발함. ▪ 임의의 제진장치 및 비선형 제어알고리즘에 대해서도 적용가능함. ▪ 시간이력해석 시 비고전적감쇠 또는 비선형 링크를 필요로하지 않으므로 선형해석 알고리즘을 적용할 수 있어서 수렴성 문제가 발생하지 않는 장점이 있음		SW 0.5건
관련 목표 성과물	▪ 축소모델 구성, 제진장치 설계, 근사적 링크모델 속성 및 등가하중 산정을 통합적으로 수행하는 SW 1건 등록		

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	풍진동제어 전산플랫폼 융복합	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	전산플랫폼 적용 해석기술을 위한 풍하중 입력 모듈 개발	
A06	풍하중 입력모듈 개발 (단국대)	

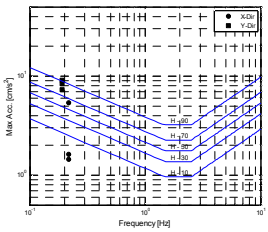
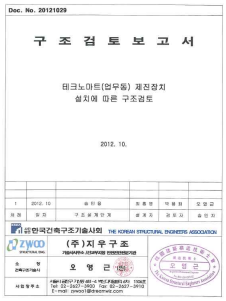
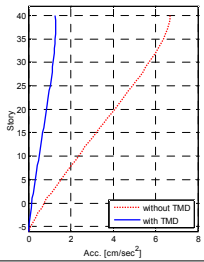
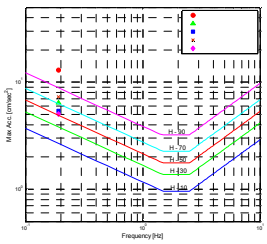
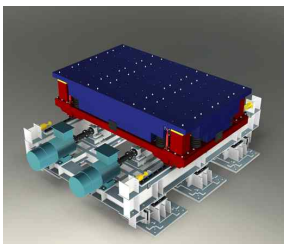
절차	내용	이미지	산출물
노풍도에 따른 각국 풍하중 산정기준 비교	▪ 풍속고도분포지수 관련 국내외 기준을 검토하고 전산플랫폼에 입력자료로 제공 ▪ 풍속고도분포지수에 따른 초고층건물 전산플랫폼 해석 수행		-
자연풍 실측 및 DB 구축 및 자연풍 특성분석	▪ 도플러소다를 사용하여 자연풍 실측 ▪ 실측된 데이터에 의해 DB 구축 ▪ 실측된 데이터의 고도별 평균풍속, 풍향별 풍속발생빈도, 평균풍속, 난류강도 등의 특성분석	 	자연풍 DB 1건 학술지 논문 1건 학술대회 논문 1건
PIM실험과 공력진동 실험을 통한 PIM 유효성 입증	▪ 초고층 및 비정형 건축물은 바람에 의해 다차모드로 거동하지만 현재의 풍하중 예측기술은 1차모드를 전제로 행해짐. ▪ 기존의 풍동실험방법은 다차모드의 영향을 고려할 수 없으므로 PIM(Pressure Integral Method)을 활용하여 층별풍력을 산출하면 다질점 해석이 가능해짐. ▪ PIM을 활용하여 다질점해석을 수행할 경우 그 유효성을 검증할 방법이 없으므로, 1차모드 해석을 통해 기존 풍동실험방법의 결과와 비교하여 그 유효성을 입증함.		학술논문 1건

관련 목표 성과물	▪ PIM의 유효성 검증에 관한 학술지 논문 1건 ▪ 지표면으로부터 1km 이내의 대기경계층 및 자유대기영역에 부는 자연풍 DB 1건 ▪ 도플러소다를 이용한 자연풍의 실측 및 분석에 관한 논문 1건

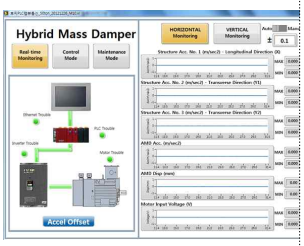
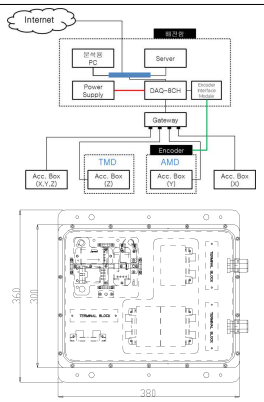
(3) 4차년도

4차년도 세부목표	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용**	
	A01	하이브리드 제진장치 설계
	A02	하이브리드 제진장치 제작
	A03	제진장치실 설계 및 시공(계획)
	풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
	A05	하중산정 및 입력모듈
	A06	감쇠장치 설계모듈

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
세부 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
A01	하이브리드 제진장치 설계 (단국대)	

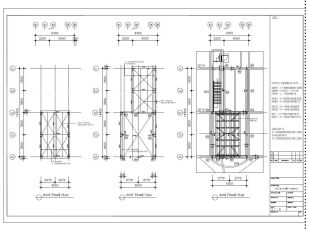
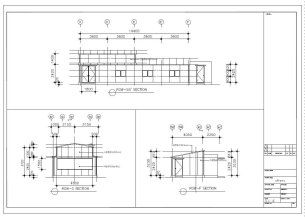
절차	내용	이미지	산출물
Pilot 대상 구조물 풍진동 계측	▪ 2011년 9호 태풍 무이파 계측 ▪ 2012년 15호 태풍 볼라벤 계측 ▪ 풍진동에 다른 제진장치 설치대상 구조물 동특성 및 사용성 평가		풍진동 계측 DB 국내전문학술지 게재 1건
제진장치 설계에 따른 Pilot 대상 구조물 안전성 검토	▪ 제진장치 설치전 대상 구조물 구조안전성 검토 ▪ 보강설계 계획안 도출 및 건축/구조 도면 제작		구조검토 보고서 제진장치실 건축/구조 설계도 시공상세도 철거도면
수직방향 TMD 설계 및 해석	▪ 동조질량감쇠기 설계절차 ▪ 연직방향 진동모드 평가 및 참여질량 추출 ▪ 동조질량감쇠기 최적설계 ▪ 동조질량감쇠기 설치에 따른 연직진동 저감 효과		국내전문학술지 게재 1건 국내학술발표대회 1건 TMD 설계안
수평방향 TMD 설계 및 해석	▪ 진동제어 프로세스 구축 ▪ 능동제어시스템의 구성 ▪ 알고리즘 적용에 따른 제어성능 검토 ▪ 제어 구동시 원점 보정 방안 제시 및 적용		국내전문학술지 게재 1건 최적알고리즘 도출
수직 및 수평 동시제어 제진장치 설계	▪ 설계제한조건 및 해결방안 ▪ 제진장치 본체설계 ▪ 제진장치 컨트롤러 설계		복합형 제진장치 설계도서 제진장치 컨트롤러 설계도서
관련 목표 성과물	▪ 국내전문학술지 게재 3건 ▪ 복합형 제진장치 설계도서		

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
세부 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
A02	하이브리드 제진장치 제작 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
하이브리드 제진장치 본체 제작	▪ 제진장치 본체 제작 ▪ 제진장치 부품사양 검토		제진장치 본체 시제품 제작
하이브리드 제진장치 컨트롤러 제작	▪ AMD 제어 및 모터 구동 전력 공급용 Main Panel 제작		제진장치 컨트롤러 시제품 제작
하이브리드 제진장치 제어시스템 구축	▪ AMD 구동을 위한 구동 시스템 별 입력창(디지털) 구축 ▪ AMD 구동을 위한 아날로그 구동 시스템 구축		제진장치 컨트롤러 시제품 제작
계측시스템 구축	▪ 구조물 시스템 모니터링 용 가속도 함체 설계 및 제작 ▪ 원격 모니터링 시스템 UI 구성축		계측시스템 설계도서 계측시스템 시제품 제작 원격모니터링 시스템 구축

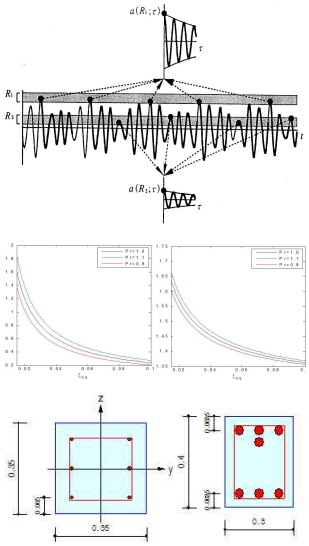
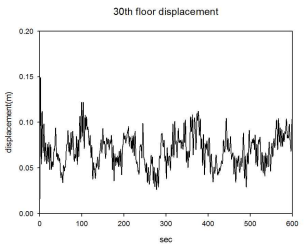
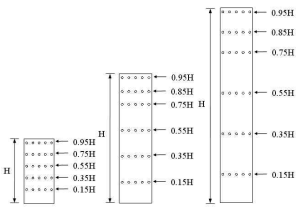
관련 목표 성과물	▪ 제진장치 컨트롤러 시제품 제작 ▪ 제진장치 본체 시제품 제작

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
세부 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
A03	제진장치실 설계 및 시공(계획) (단국대)	

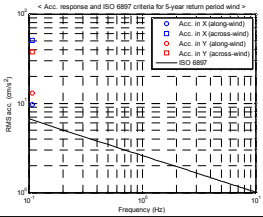
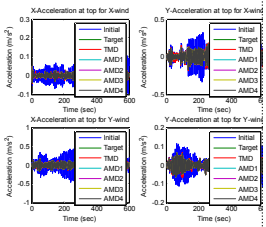
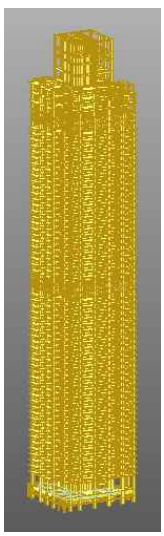
절차	내용	이미지	산출물
제진장치실 구조계획	▪ 전문 구조설계사무소 검토를 통한 구조계획 수립 ▪ 제진장치실 구조도면 작성		제진장치실 구조계획 설계도서
제진장치실 건축계획	▪ 제진장치실 건축도면 작성		제진장치실 건축계획 설계도서
제진장치실 시공 계획	▪ 시공계획 수립 및 공정표 작성		상세 시공계획 및 공정표
제진장치 시공 계획	▪ 제진장치 시공계획 수립		상세 시공계획 및 일별공정계획표 수립

관련 목표 성과물	▪ 제진장치실 구조계획 설계도서 ▪ 상세 시공계획 및 일별공정계획표 수립

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
세부 목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
A04	하중 산정 및 입력모듈 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
등가감쇠비에 의한 하중감소 모듈	▪ 풍응답 계측결과에 기반한 초고층 구조물의 초기 감쇠비 산정 ▪ RD법, FDD법,Tamura 연구 등를 기반으로 함예제 구조물 1층에 감쇠장치를 설치하여 정적해석 수행 ▪ FEMA 356에서 제안한 감쇠비 산정식을 이용하여 구조물의 최대 변형에너지와 감쇠장치에 의한 한 싸이클 동안 한일을 구하여 감쇠비 산정 ▪ 감쇠비의 증가에 따른 공진계수(Rf), 피크팩터(gf), 돌풍계수(Gf)의 변화 ▪ 감쇠장치에 의한 추가되는 감쇠비에 따른 풍하중 저감계수 산정 ▪ 풍하중 저감계수 적용 전·후 모델링 구조해석을 수행 ▪ 기둥, 보의 최대 응력이 발생하는 부재의 물량을 비교		등가감쇠비에 따른 풍하중 저감계수 모듈
동적축양법을 적용한 건축물의 다절점해석	▪ 풍향에 따른 다절점 해석을 위해 동적축약법을 적용		다절점 변위시계열 데이터(국내학술지논문게재 1건)
건축물의 형상에 따른 다절점 변위응답 특성연구	▪ 앞서 연구된 다절점해석을 다른 형상비에 적용함으로써 최종 제안할 초고층 건축물 풍하중 모듈의 적용성을 넓힘		건축물의 풍하중 입력모듈(국내학술지 논문게재 1건)
관련 목표 성과물			

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합을 위한 통합해석기술 개발	SW 등록건수
세부 목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
A05	감쇠장치 설계모듈 (단국대)	

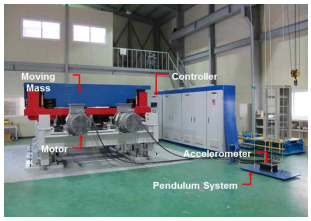
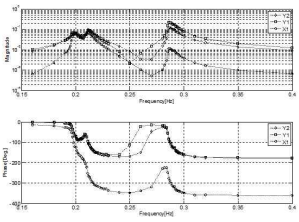
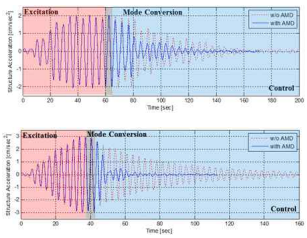
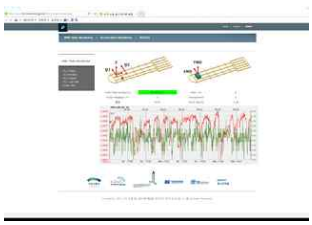
절차	내용	이미지	산출물
진폭의존형 감쇠비 및 풍응답 산정 모듈 개발	▪ 풍응답 평가에 있어서 상호간에 복잡한 영향을 주고받는 구조물의 감쇠비와 변위진폭을 알고리즘에 의해 자동적으로 결정함. ▪ 초고층 건축물의 풍진동 사용성 평가를 통해 요구되는 목표 부가감쇠비를 산정 ▪ 응답의 저감에 따른 감쇠비 변화를 반영		SW 1건
구조설계기준 기반 질량형 감쇠장치 설계 모듈 개발	▪ 목표 부가감쇠비에 상응하는 TMD 및 AMD를 직교하는 두 방향에 대하여 설계함. ▪ 주구조물 속성, 풍하중 속성 및 감쇠장치 설계변수를 입력 ▪ AMD의 경우에는 TMD 질량의 100%, 75%, 50%, 25%에 해당되는 질량으로 설계하여 수동형과 능동형 감쇠장치의 비교가 가능함. ▪ AMD의 설계에 있어서 특정 목표 감쇠비를 획득하기 위한 LQR 제어기 가중치를 결정 ▪ 설계된 감쇠장치 설치 시 국내 및 일본 구조설계기준에서 제시한 풍하중에 대한 응답을 추계학적 해석법과 시간이력 해석법을 통하여 산출		SW 1건
감쇠장치 설계 및 해석 예제를 통한 프로그램 검증	▪ 구조 재료, 건물 높이 및 진폭에 의해 영향을 받는 초고층 건물의 진동주기를 자동 산정 ▪ 구조설계 기준에 기초한 초고층 건물의 풍진동 사용성 평가 ▪ 초고층 건물의 풍진동 사용성 개선을 위한 목표감쇠비 산정 ▪ 구조설계 기준에 기초한 풍하중 생성 및 시간이력해석을 통한 감쇠장치 설계 결과의 확인 ▪ 초고층 건물의 목표 유효감쇠비 획득을 위한 감쇠장치 예비설계 자동화 ▪ 수동형과 능동형 감쇠장치의 설계 및 비교를 통해 감쇠장치 선정 기초자료 제공 ▪ 성과물로 개발된 진폭의존형 감쇠비 및 풍응답 산정 프로그램과 구조설계기준 기반 질량형 감쇠장치 설계프로그램을 실제 초고층 건물에 적용하여 검증함.		설계예제 1건

관련 목표 성과물	▪ 초고층 건축물의 진폭의존형 감쇠비 및 풍응답산정 SW 1건 ▪ 초고층 건축물의 구조설계기준 기반 질량형 감쇠장치 설계 및 해석 SW 1건

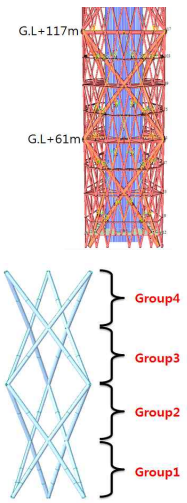
(4) 5차년도

5차년도 세부목표	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용**	
	A01	수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치(테크노마트21 강변점)
	풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
	A02	전산플랫폼 기반 층간설치형 및 능동질량형 제진장치 설계모듈
	A03	풍동실험 기반 제진장치 설계모듈
	A04	초고층부 풍하중 예측 및 우리나라 기본풍속map 작성

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	첨단 풍진동 제어기 현장적용	
세부 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
A01	수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치 (테크노마트21 강변점) (단국대)	

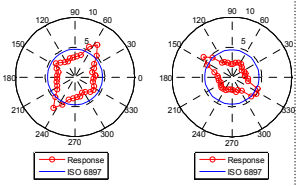
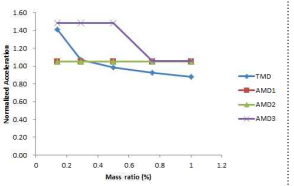
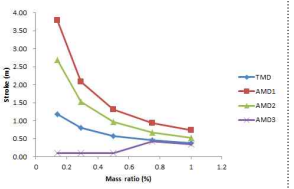
절차	내용	이미지	산출물
제진장치 공장 성능시험	▪ 최적제어력 및 이송거리 최소화를 위한 게인스케줄링 가중함수 및 원점복귀 속도신호 생성 알고리즘		이송거리 최소화 알고리즘
구조물 시스템 식별(SI)	▪ 제진장치의 가진 모드를 이용한 정현파 가진 실험 ▪ 설치대상 구조물의 주요 제어모드 식별 ▪ 각 모드별 참여질량 및 감쇠비 추출 ▪ 제진장치 제어기 입력용 모드벡터 추출		구조물 시스템 식별 보고서
수평방향 AMD 현장 성능시험	▪ 구조물 가진 후, 제진장치를 사용한 제어성능 검토 ▪ 구조물입력(가속도)에 대한 입력필터 설계		수평방향 현장실험 보고서
제진장치 운용 및 원격모니터링 시스템	▪ 제진장치 설치대상 구조물에 대한 실시간 모니터링을 위한 시스템 구축 ▪ 구조물(장변, 단변, 수직) 가속도 응답 및 제진장치 응답 실시간 계측 ▪ 제진장치 구동에 따른 모터 입력/출력 정보 실시간 저장 ▪ 대상 구조물의 풍향/풍속 데이터 저장		원격 모니터링용 웹페이지
관련 목표 성과물	▪ 현장적용 완료 ▪ 국외전문학술지 1편,		

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합을 위한 통합해석기술 개발	
세부 목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
A02	전산플랫폼 기반 층간설치형 및 능동질량형 제진장치 설계모듈 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
감쇠장치 설치에 따른 감쇠비 증가효과 평가	▪ 능동형 감쇠장치 등가해석용 해석모델 구축		
청라시티 적용을 통한 상세해석	▪ 간 변위형 수동 감쇠장치와 최상층에 질량형 능동 감쇠장치를 설치하고, FEMA 356 제안식에 의해 등가감쇠비 도출 후 풍하중 저감계수를 산정 ▪ 비선형 시간이력 해석을 통해 첫번째 모델링과 비교하여 변위, 전단력, 부재력 검토		

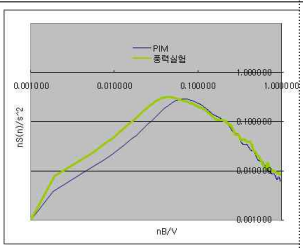
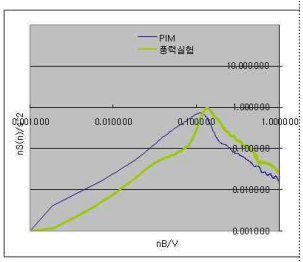
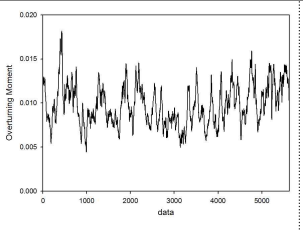
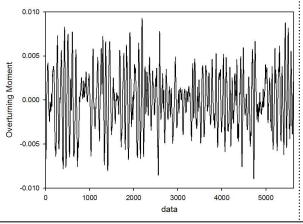
관련 목표 성과물	

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합을 위한 통합해석기술 개발	SW 등록건수
세부 목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
A03	풍동실험 기반 제진장치 설계모듈 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
풍동실험 기반 감쇠비 및 풍응답 산정 모듈 개발	▪ 풍동실험에 의한 풍하중 스펙트럼을 토대로 풍향각별 풍응답을 산정. ▪ 구조물의 감쇠비를 풍동실험 풍하중 스펙트럼에 대한 변위진폭의 영향을 반영하여 자동적으로 결정함. ▪ 초고층 건축물의 풍진동 사용성 평가를 통해 요구되는 풍향각별 목표 부가감쇠비를 산정하고 위험 풍향각을 선정.	 풍동실험에 기초한 풍향별 RMS 가속도 응답	SW 1건
풍동실험 기반 질량형 감쇠장치 설계 모듈 개발	▪ 풍동실험 기반 감쇠비 및 풍응답 산정 모듈에서 결정된 위험 풍향각을 대상으로 목표 부가감쇠비에 상응하는 TMD 및 AMD를 직교하는 두 방향에 대하여 설계함. ▪ 주구조물 속성, 풍하중 속성 및 감쇠장치 설계변수를 입력. ▪ AMD의 설계에 있어서 LQR 알고리즘을 적용하며, 특정 목표 감쇠비를 획득하기 위한 LQR 제어기 가중치를 결정. ▪ 질량체의 이송거리를 저감하기 위하여 제어력에 고주파통과필터를 적용하여 이송거리 평가 가능. ▪ 설계된 감쇠장치 적용 시 풍응답을 스펙트럼법 및 시간이력을 통하여 산출하고 사용성을 검토함.	 목표 감쇠비를 갖는 구조물의 응답으로 정규화된 RMS 가속도 응답의 질량비에 따른 변화.  질량비 변화에 따른 질량체 최대 이송거리의 변화	SW 1건
감쇠장치 설계 및 해석 예제를 통한 프로그램 검증	▪ 개발된 프로그램을 실제 초고층 건물의 풍동실험 결과에 적용하여 검증함.	 해석 예제 건물의 풍력실험 모형	국내논문 1건

관련 목표 성과물	▪ 풍동실험에 기초한 초고층 건축물의 풍진동 및 적정 부가감쇠비 산정 프로그램 SW 1건 ▪ 초고층 건축물의 풍동실험 기반 질량형 제진장치 설계 및 해석 프로그램 SW 1건 ▪ 초고층 건축물의 풍동실험 기반 제진장치 설계 및 해석 국내논문 1건

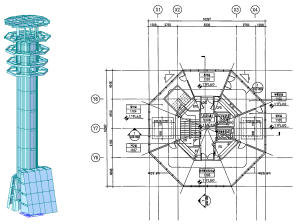
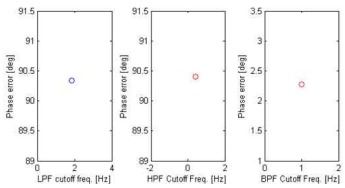
3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	국내학술지 게재 논문건수 2건 국내외 학술발표대회 1건
세부 목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
A04	초고층부 풍하중 예측 및 우리나라 기본풍속map 작성 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
기본풍속map의 작성	▪ 최근 40년간의 전국 기상자료를 이용한 100년재현기대 풍속 추정 ▪ 지표면의 조도변화, 기상대 주변 유효높이 보정 ▪ 기존 건축구조기준의 기본풍속에 대한 과소 및 과대 평가된 지역의 기본풍속 개선		우리나라 전국 기본풍속 map
비정형구조물에 대한 풍압적분법의 적용	▪ 비정형구조물에 대한 풍압적분법의 유효성 검증. ▪ 비정형구조물에 대해서도 풍압적분법의 적용 가능.	 	비정형구조물에 대한 풍압적분법의 유효성 검증
층별전도모멘트의 산출방법 정립 및 다절점해석	▪ 풍압적분법을 응용한 층별 전도모멘트 산출 ▪ 모드해석법을 이용하여 다절점으로 작용하는 바람에 대한 풍하중 평가	 	층별 시간이력 전도모멘트 Data 확보 다절점해석방법 정립
관련 목표 성과물	▪ 국내외 학술발표대회 1건, 국내학술지 논문게재 2건		

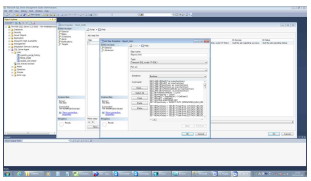
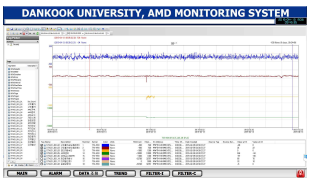
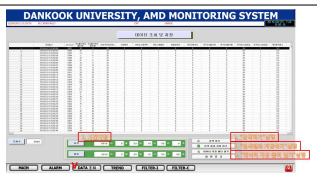
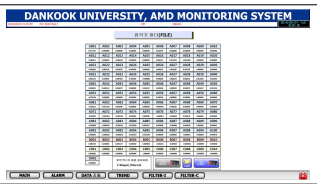
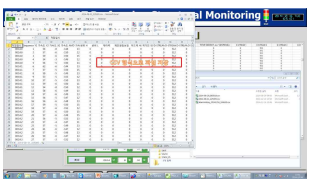
(5) 6차년도

6차년도 세부목표	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용**	
	A01	알고리즘 개발
	A02	실시간 모니터링 기술(HMI)
	A03	5층 테스트타워 성능 검증
	A04	공장성능시험

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	첨단 풍진동 제어기 현장적용	
세부 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
A01	알고리즘 개발 (단국대)	

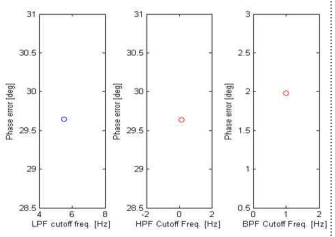
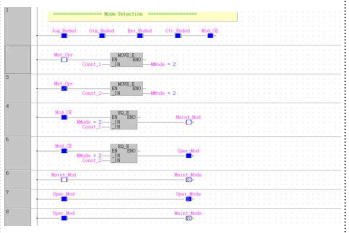
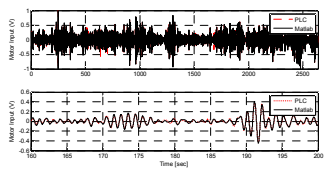
절차	내용	이미지	산출물
구조해석 모델 구축	▪ 해석모델 구축 ▪ 모드해석 ▪ 각 축방향 모드 진동수 및 질량참여율 확인		해석모델 및 모드정보
최소이송거리 알고리즘 및 입력필터	▪ 이송거리 최소화를 위한 게인 스케줄링 ▪ 원점보정 입력신호 ▪ 입력신호 노이즈 제거를 위한 입력필터		각각의 알고리즘 PLC 탑재
능동제어 알고리즘	▪ 최적제어력 산정을 위한 알고리즘	-	PLC 구축 및 최적 알고리즘 상수 입력
관련 목표 성과물	▪ 알고리즘 구축 ▪ PLC 프로그램 구축을 위한 정보 제공		

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	테스트 타워 제어기 현장적용	
세부 목표	AMD 제진장치 Pilot Test 적용	
A02	실시간 모니터링 기술(HMI) (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
실시간 데이터 통신 한계치 파악	▪ 1,700여개의 실시간 데이터 최대 수집 간격 파악을 위한 시스템 테스트 ▪ 다양한 데이터 형식으로 시뮬레이션하여 최적 방식 도출		10ms 간격의 실시간 데이터 수신
대용량 데이터 실시간 저장	▪ 실시간 데이터베이스(InSQL) 도입 ▪ 데이터 저장/조회를 위한 테이블생성 ▪ 데이터 압축 및 보고서 실시간 조회를 위한 스케줄러 프로그래밍		운전이력 데이터 집합
제진상태 감시를 위한 실시간 트랜드	▪ 제어시스템의 동작상태를 시각적으로 파악 용이 ▪ 실시간 상태/구간정지/구간데이터 추출 가능		트랜드 화면
데이터 검증을 위한 리포트 생성	▪ 조회구간지정 이력 데이터 조회 ▪ 조회구간 텍스트(csv) 파일로 저장		운전이력 데이터
제어 필터값 일괄 입력	▪ 파일로부터 파라미터 일괄 입력 기능		현장적용
제어프로세스 연동 데이터 자동생성	▪ 제어 상태에 따른 시작-종료 구간에 맞춰 데이터 자동추출 및 파일 저장 ▪ 제어코드와 해당 제어 동작 시간으로 파일명 부여 ▪ csv(텍스트)파일로 저장		제어코드에 따른 운전이력 데이터

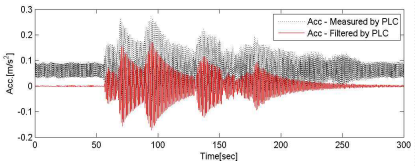
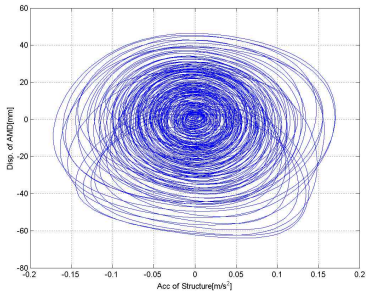
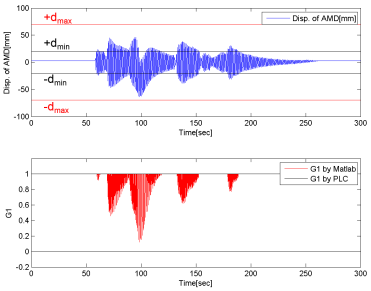
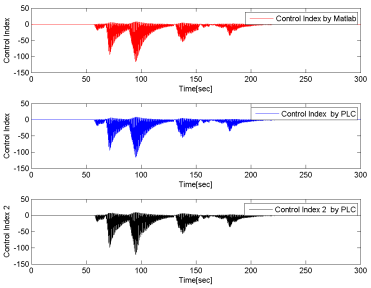
관련 목표 성과물	▪ 현장적용 완료

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	첨단 풍진동 제어기 현장적용	
세부 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
A03	5층 테스트타워 성능 검증 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
5층 테스트 타워용 알고리즘 생성	▪ 구동부/제어부 성능확인 및 알고리즘 생성 ▪ 테스트타워 1차 모드에 따른 입력필터 구축 ▪ 게인스케줄링 및 원점보정 신호 변수 결정		알고리즘 및 필터입력 정보
PLC 프로그램 구축	▪ 이송거리 최소화를 위한 게인 스케줄링 ▪ 원점보정 입력신호 ▪ 입력신호 노이즈 제거를 위한 입력필터 ▪ 각 구동모드별 제어 시퀀스 구성 및 적용 ▪ 안정성 확보 및 오작동 방지를 위한 제어 시퀀스 입력		PLC 프로그램
실시간 모니터링을 위한 PLC 구축 및 상세	▪ HMI 시스템과 통신을 위한 시퀀스 개발 및 적용 ▪ 출력신호의 정보확인. ▪ 이벤트 및 에러 신호 전달 시퀀스 개발		HMI 정보 및 통신용 PLC 프로그램
실시간 제어 및 모니터링	▪ 평상제어 상태에서의 제어성능 검토 ▪ 평상 제어 상태에서의 제어 이력 및		제어결과 보고서

관련 목표 성과물	▪ 알고리즘 구축 ▪ PLC 프로그램 구축을 위한 정보 제공

3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	첨단 풍진동 제어기 현장적용	현장적용
세부 목표	제진장치 Pilot Test 적용	
A04	공장성능시험 (단국대)	

절차	내용	이미지	산출물
입력신호필터 검토	▪ Bandpass Filter 사용 ▪ 입력신호에 따른 출력 결과 확인		파일럿 테스트 보고서
입력신호와 제어신호의 위상차 검토	▪ 구조물 가속도와 AMD 변위 사이의 위상차 확인 (90.8°)		파일럿 테스트 보고서
AMD 변위에 따른 G_1, 원점보정신호 검토	▪ 변위 구간 별 제어력 제어상수 확인 ▪ 변위 구간 별 원점보정신호 확인		파일럿 테스트 보고서
AMD 제어효율 검토	▪ Control Index 확인		파일럿 테스트 보고서

관련 목표 성과물	▪ 파일럿 테스트 보고서

나. 최소질량형 제진장치 설계/제작 기술 (티이솔루션)

세세부 과제명	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술

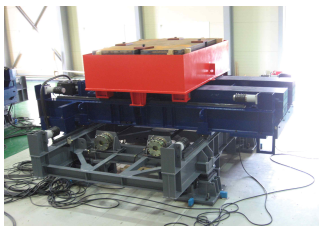
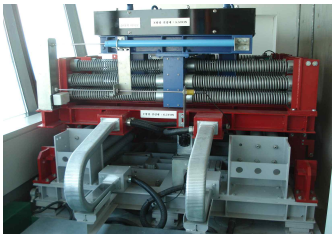
최종목표	하이브리드 제진장치 1차 시제품 제작 및 성능실험 하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용

세부목표			
	1, 2 차년도 (1단계)	**하이브리드 제진장치 1차 시제품 제작 및 성능실험**	
		B01	제진장치 시제품 도면 제작
		B02	제진장치 제작 및 성능 실험
	3차년도	**하이브리드 제진장치 TB적용**	
		B03	제진장치 적용 TB 구조물 풍동실험 및 5층 철탑구조물 제작
	4차년도	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용**	
		B04	하이브리드 제진장치 테스트
	5차년도	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용**	
		B05	수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치(테크노마트21 강변점)
		B06	인천공항 3단계 제2계류장 관제탑 제진장치 설계
	6차년도	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용 (인천공항 3단계 제 2계류장 관제탑)**	
		B07	제진장치 본체 실시설계 및 제작 (티이 솔루션)
		B08	제어부, 구동부, 전력부 설계 및 제작 (티이 솔루션)

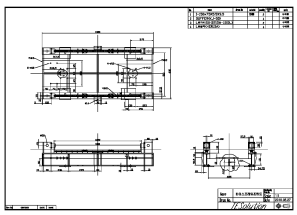
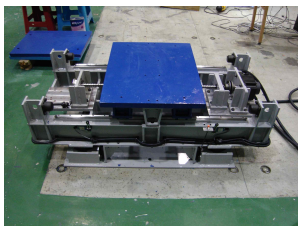
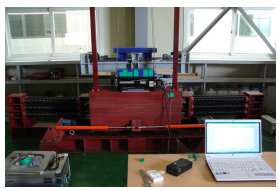
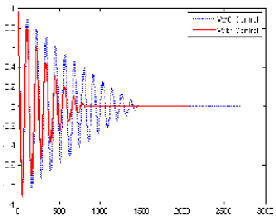
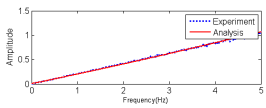
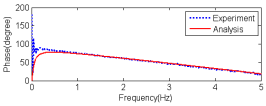
(1) 1단계 (1,2차년도)

1,2차년도 (1단계) 세부목표	하이브리드 제진장치 1차 시제품 제작 및 성능실험
B01	제진장치 시제품 도면 제작
B02	제진장치 제작 및 성능 실험

3-1-2	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 1차 시제품 제작 및 성능실험	시제품 도면
세부 목표	하이브리드 제진장치 기존 사례연구 및 기술조사	
B01	제진장치 시제품 기본도면 제작 (티이솔루션)	

절차	내용	이미지	산출물
하이브리드 제진장치 기존 사례연구	▪ 인천공항 관제탑 HMD 및 울산 L 빌딩 AMD - 풍동실험에 의한 사용성평가 - 제진장치 설계 - 제진장치의 구성 - 제진성능 실험		학술게재논문 1건
하이브리드 제진장치 기술조사	▪ 하이브리드 제진장치 요소기술 - 건물 가속도 센서 - 이동질량체의 변위 측정센서 - 신호분리기 - PLC - 서보드라이브 설계 - 제진장치 본체 설계	 〈AMD〉  〈HMD〉	제진장치 기본 설계도면
관련 목표 성과물	▪ 국내 학술논문 ▪ 제진장치 기본 설계도면		

3-1-2	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 1차 시제품 제작 및 성능실험	시제품 본체
세부 목표	제진장치 1차 시제품의 성능검증	
B02	제진장치 제작 및 성능 실험 (티이솔루션)	

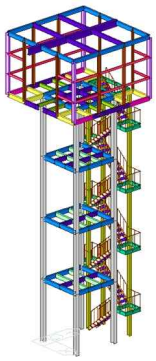
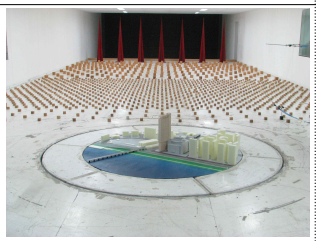
절차	내용	이미지	산출물
제진장치 설계 및 제작	▪ 하이브리드 제진장치 설계도면 작성 - 하이브리드 제진장치 Controller 설계 - 하이브리드 제진장치 본체 설계 ▪ Active Control System 시제품 제작 ▪ 하이브리드 제진장치 본체 시제품 제작	 	실시도면 2건 시제품 1건
제진장치 성능검증	▪ 제진장치 시제품의 성능을 검증할 수 있는 시스템 구축 --> 단자유도 구조물 모델, 가진기, 제진장치 본체 ▪ 제진장치 및 단자유도 구조물 모델의 동적특성을 실험적으로 파악. ▪ 제진장치의 동적특성을 반영한 제어알고리듬을 콘트롤러에 내장하여 성능실험을 수행.	   	국내학술 1건

관련 목표 성과물	▪ 제진장치 본체 실시도면 ▪ 국내학술발표 논문

(2) 3차년도

3차년도 세부목표	하이브리드 제진장치 TB적용	
	B03	제진장치 적용 TB 구조물 풍동실험 및 5층 철탑구조물 제작

3-1-2	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	제진장치 T/B 적용	SW 등록건수 학술논문
세부 목표	제진장치 실험용 테스트타워 건설 및 T/B 건축물 풍동실험	
B03	제진장치 적용 T/B 건축물 풍동실험 및 5층 철탑구조물 제작 (티이솔루션)	

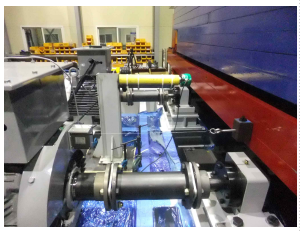
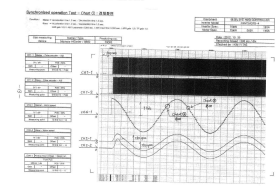
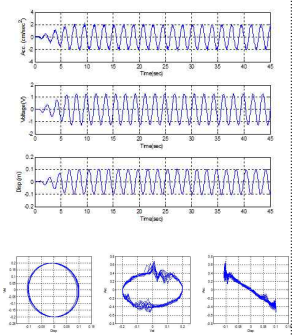
절차	내용	이미지	산출물
테스트타워 구조설계 및 시공	▪ 적설하중 및 풍하중을 고려하여 높이 20m 5층 규모의 철골조 건물을 설계함. ▪ 건물의 한쪽 측면에만 설치되는 계단실을 건물프레임과 완전히 분리하여 비틀림발생을 최소화 함. ▪ 1~4층은 3m×3m 그리고, 제진장치가 설치되는 5층은 5m×5m로 계획함. ▪ 4층은 건물에 인위적인 외력을 가하는 엑츄에이터가 설치되고, 5층은 제진장치가 설치되는 것으로 계획함. ▪ 구조해석 결과 건물의 1차 고유진동수는 0.68Hz, 제진장치가 설치되는 층으로 정규화된 모드질량은 34톤으로 계산됨. ▪ 총 45톤에 이르는 건물의 자중을 지탱하고 건물의 안정성을 확보하기 위해서 깊이 0.6m의 매트기초로 시공함.	 	구조계산서 1건 시험설비 제작 1건
T/B 적용 건축물 풍동모형 제작 **T/B 적용 건축물 풍동실험**	▪ T/B 적용 건축물 풍동실험을 통한 가속도 응답 평가 ▪ 1/400 스케일의 대상건축물의 모형 제작 ▪ 풍동실험을 위한 장비 캘리브레이션 및 모형 설치 ▪ 5분력계를 이용한 풍동실험 수행 ▪ 구조 설계를 통해 얻어진 대상 건축물의 동적특성을 반영한 가속도 응답 평가	 	풍동실험 보고서 1건

관련 목표 성과물	▪ 테스트타워 구조계산서 ▪ 제진장치 성능시험을 위한 시험설비(테스트타워) 제작 ▪ 풍동실험 보고서

(3) 4차년도

4차년도 세부목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용
B04	하이브리드 제진장치 테스트

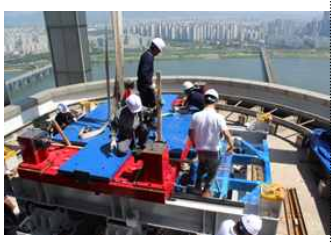
3-1-2	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
세부 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
B04	하이브리드 제진장치 테스트 (티이솔루션)	

절차	내용	이미지	산출물
수직방향 TMD 성능실험	▪ 제진장치의 마찰력 계측 ▪ 자유진동시험에 의한 TMD 감쇠비 및 고유진동수 계측 ▪ LM가이드의 수직레벨 및 평행도 계측 ▪ 볼나사의 수평도 및 직진도 계측	 	TMD 성능실험 보고서
수평방향 모터 동기화	▪ 모터자체의 동기화 확인 (인버터 기능코드 확인) ▪ 50ton 부하장착 후 정현파 가진 (0.2Hz, 200mm)을 통한 모터 입력 신호 및 출력 동기화 확인	 	동기화 성능검토 확인서
수평방향 AMD 성능 테스트	▪ 조화하중 가진 테스트 ▪ 능동제어 테스트		성능검토 보고서
관련 목표 성과물	▪ TMD 성능실험 보고서 ▪ 동기화 성능검토 확인서		

(4) 5차년도

5차년도 세부목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
	B05	수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치(테크노마트21 강변점)
	B06	인천공항 3단계 제2계류장 관제탑

3-1-2	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	첨단 풍진동 제어기 현장적용	
세부 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
B05	수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치(테크노마트21 강변점) (티이솔루션)	

절차	내용	이미지	산출물
제진장치 현장 설치	▪ 기초보(Bedbeam) 기초 철골프레임 설치 ▪ 제진장치 양중 및 조립 ▪ 컨트롤러 및 모니터링 센서 설치 ▪ 제진장치 실		현장적용
수직방향 TMD 현장 성능시험	▪ Ph1(40)층 인력가진을 통한 TMD 제어성능 실험 ▪ TMD 구동 유·무에 따른 가속도 응답 비교 ▪ 거주성능평가 지침에 따른 사용성 평가		수직방향 현장실험 보고서
관련 목표 성과물	▪ 현장적용 완료 ▪ 국외전문학술지 1편,		

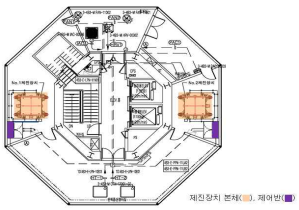
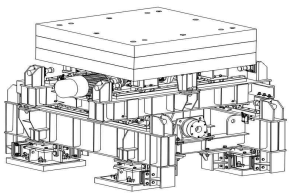
3-1-2	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
세부 목표	하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용	
B06	인천공항3단계 제2계류장관제소 수평2방향 제진장치 설계 (티이솔루션)	

절차	내용	이미지	산출물
제2계류장관제소 풍동실험	▪ 풍동실험 ▪ 사용성평가		풍동실험 보고서
수평2방향 제진장치 기본설계	▪ 제진목표 설정 ▪ 제진장치 사양 결정 ▪ 제진장치 배치계획		
관련 목표 성과물			

(5) 6차년도

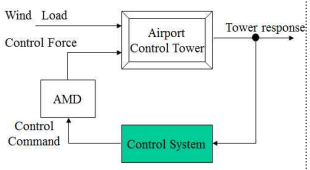
6차년도 세부목표	**하이브리드 제진장치 Pilot Test 적용**	
	B07	제진장치 본체 실시설계 및 제작
	B08	제어부, 구동부, 전력부 설계 및 제작

3-1-2	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	첨단 풍진동 제어기 현장적용	설계보고서
세부 목표	제진장치 Pilot Test 적용	
B07	제진장치 본체 실시설계 및 제작 (인천공항 3단계 제2계류장 관제탑) (티이솔루션)	

절차	내용	이미지	산출물
풍동실험	▪ 사용성평가 기준설정 ▪ 재현주기별 진동가속도 산정 ▪ 제진장치 요구성능 설정 ▪ 제진장치 종류에 따른 효율성 검토		관제실에서의 RMS 가속도
기본설계	▪ 수치해석 ▪ 제진장치 설계변수 설정 ▪ 기본설계 도면제작		관제소의 동특성 TMD최적변수/사양 AMD 기본사양 제진장치설치위치
상세설계	▪ 실시설계 도면제작 및 승인 ▪ 제진장치 설계보고서 작성		설계 보고서
제작	▪ 제관, 용접, 소둔, 가공, 도장 ▪ 치수, 외관, 용저부, 도막 검사		부품사양서

관련 목표 성과물	▪ 설계 및 제작기술 ▪ 시험 및 운용기술

3-1-2	최소질량형 제진장치 설계/제작 기술	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	첨단 풍진동 제어기 현장적용	설계보고서
세부 목표	제진장치 Pilot Test 적용	
B08	제어부, 구동부, 전력부 설계 및 제작 (인천공항 3단계 제2계류장 관제탑) (티이솔루션)	

절차	내용	이미지	산출물
제어부	▪ 시스템의 구성 ▪ 시스템의 기능		
구동부	▪ 주요부품 사양		사양서
전력부	▪ 전원부 구성		
관련 목표 성과물	▪ 설계 및 제작기술		

다. 풍진동 계측 및 건전도 평가기술 (포스코건설)

세세부 과제명	풍진동 계측 및 건전도 평가기술

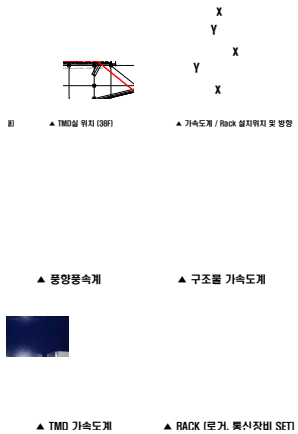
최종목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합을 위한 통합해석기술 개발 초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 및 DB 구축

세부목표			
	1, 2 차년도 (1단계)	**풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발**	
		C01	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 구축
		C02	강풍시 구조물 모니터링 및 제진장치 거동특성 분석
		C03	기 완공된 초고층 건물 동특성 계측 및 DB 구축
	3차년도	**풍진동제어 전산플랫폼 융복합**	
		C04	풍진동계측자료를 활용한 구조해석 모델 업데이트 모듈
	4차년도	**풍진동제어-전산플랫폼 융복합**	
		C05	초고층건물 모니터링에 기초한 구조모델 업데이트 모듈
	5차년도	**풍진동 계측 및 건전도 평가**	
		C06	풍진동 모니터링 시스템 현장 적용을 통한 초고층 건물 거동 분석
		C07	건전도 평가 알고리즘 개발 및 현장 적용
	6차년도	**풍진동 계측 및 건전도 평가**	
		C08	풍진동 계측 및 건전도 평가 보고서 (포스코)
		C09	풍진동 모니터링 매뉴얼 작성 (포스코)

(1) 1단계 (1,2차년도)

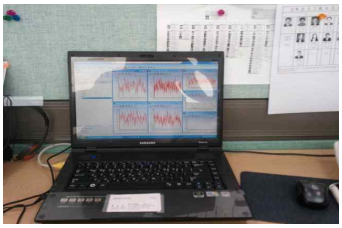
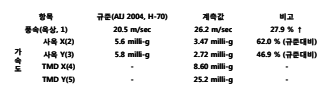
1,2차년도 (1단계) 세부목표	**풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발**	
	C01	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 구축
	C02	강풍시 구조물 모니터링 및 제진장치 거동특성 분석
	C03	기 완공된 초고층 건물 동특성 계측 및 DB 구축

3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 및 DB구축	시스템 구축 건수 (현장적용)
세부 목표	포스코건설 송도사옥 계측데이터 장비 구축/모니터링	
C01	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 구축 (포스코건설)	

절차	내용	이미지	산출물
송도사옥 풍진동 모니터링 시스템 장비 구축 및 점검	▪ 모니터링 시스템 장비 최종 위치 결정 및 설치 -건물용 가속도계 3개(x,y) -풍진동 제어기 가속도계 2개 (x,y) -풍향풍속계 (옥상층) ▪ 데이터로거를 통한 입력 데이터 확인		계측시스템 구축
송도사옥 풍진동 모니터링 시스템 구축 완료	▪ 송도사옥 모니터링 시스템 구축 완료 -건물의 가속도 리얼타임 모니터링 -풍진동 제어기 가속도 리얼타임 모니터링 - 풍향/풍속 리어타임 모니터링 ▪ 원격 모니터링 테스트 -PC 원격 접속을 통한 시스템 점검		계측시스템 구축

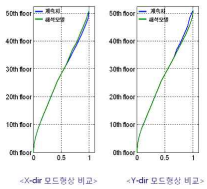
관련 목표 성과물	▪ 송도사옥 풍진동 모니터링 시스템 구축 (현장적용)

3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 및 DB구축	DB 구축 보고서
세부 목표	포스코건설 송도사옥 계측데이터 장비 구축/모니터링	
C02	강풍시 구조물 모니터링 및 제진장치 거동특성 분석 (포스코건설)	

절차	내용	이미지	산출물
기술연구소 PC를 통한 원격 데이터 모니터링 점검	▪ 원격 접속을 통한 데이터 점검 -실시간 데이터 모니터링 -가속도, 풍향/풍속 값 확인 -모니터링 프로그램 test		계측시스템 구축
강풍시 데이터 분석/DB 구축	▪ 데이터 저장을 통한 DB 구축 -트리거 기능을 이용한 풍속 15m/s 이상 시 데이터 자동 저장 -9월 태풍시 데이터 확보 ▪ 태풍 곤파스 시 데이터 분석	 	강풍시 모니터링 DB구축 보고서

관련 목표 성과물	▪ 포스코건설 송도사옥 풍진동 DB 구축 보고서

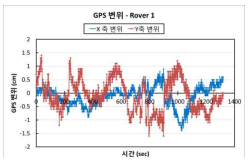
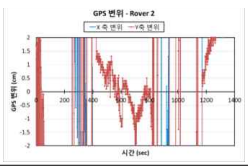
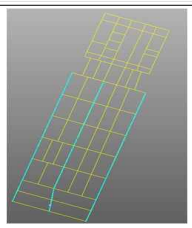
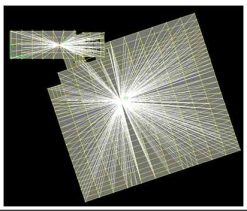
3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 및 DB구축	DB 구축 보고서
세부 목표	고층 건물 풍진동 계측을 통한 동특성 DB 구축	
C03	기 완공된 초고층 건물 동특성 계측 (포스코건설)	

절차	내용	이미지	산출물
계측 대상 선정 및 계측	▪ 풍진동 계측 대상 선정 -부산 해운대지역 고층건물 3곳 (아델리스, 센텀스타, 센텀파크) ▪ 풍진동 계측 -8월 9일 ~ 8월 11일 계측 -옥상층을 기준으로 3층 단위씩 10개층 대상 건물의 가속도 측정	 	
계측 결과 분석	▪ 계측 결과 분석 -MIDAS를 이용한 모득 특성 분석 -계측 데이터와 해석 데이터와의 비교 및 오차율 산정	y x 1st Mode 2nd Mode 	DB 구축 보고서
관련 목표 성과물	▪ 고층건물 동특성 구축 DB구축 보고서		

(2) 3차년도

3차년도 세부목표	풍진동제어 전산플랫폼 융복합	
	C04	풍진동계측자료를 활용한 구조해석 모델 업데이트 모듈

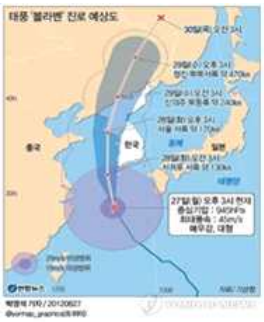
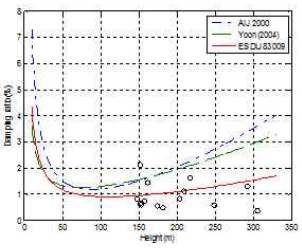
3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 및 DB 구축	시제품 학술논문 학술발표논문
세부 목표	풍진동제어 전산플랫폼 융복합	
C04	풍진동계측자료를 활용한 구조해석 모델 업데이트 모듈 (포스코건설)	

절차	내용	이미지	산출물
국내 초고층 빌딩 진동 계측 자료 및 해석 모델 비교	▪ 국내 고층 건물 총 5곳의 가속도계를 이용하여 바람에 의한 상시진동 계측 ▪ 상시진동 계측 데이터로부터 SSI기법을 이용한 시스템식별을 통한 동특성 분석 ▪ 구조해석모델의 고유진동수 및 감쇠비 비교	 1차모드 2차모드 3차모드 모드형상 고유진동수 해석 0.118Hz 0.161Hz 0.265Hz 고유진동수 계측 0.180Hz 0.220Hz 0.408Hz 감쇠비 해석 0.5 ~ 1% 감쇠비 계측 0.57% 0.81% 0.58%	동특성 구축 보고서 학술논문
GPS를 이용한 변위 계측 시스템 개발	▪ 가속도계를 이용한 풍진동 변위 계측 데이터 분석의 한계로 변위 계측 시스템 필요성 대두 ▪ GPS를 이용한 풍진동 변위 계측 시스템 개발을 위한 장비 선정 및 시스템 구축 ▪ 개발된 GPS를 이용한 변위 계측 시스템 송도사옥 시범 적용	   	시제품 제작
테크노마트 TB구조물 진동계측자료를 활용한 구조해석 모델 업데이트	▪ 구조해석 모델을 계측값과 비교, 분석 (ETABS 구조해석 프로그램 활용) ▪ 구조해석모델이 실제 계측값과 다른 요소들을 확인, 분석하고 이를 수정하여 계측값과 비교(모델 업데이트)	 	
관련 목표 성과물	▪ 국내 초고층 건물 상시진동 계측 및 분석을 통한 동특성 분석 DB 구축 ▪ GPS를 이용한 초고층 변위 계측 시스템 시제품 1건		

(3) 4차년도

4차년도 세부목표	풍진동제어-전산플랫폼 융복합	
	C05	초고층건물 모니터링에 기초한 구조모델 업데이트 모듈

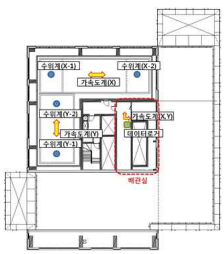
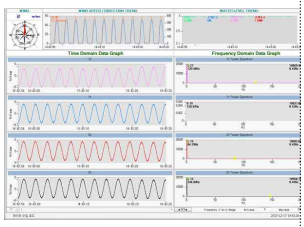
3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 건물 풍진동 모니터링 시스템 및 DB 구축	현장적용 학술논문/학술발표 언론홍보
세부 목표	풍진동 제어 - 전산플랫폼 융복합	
C05	초고층건물 모니터링에 기초한 구조모델 업데이트 모듈 (포스코건설)	

절차	내용	이미지	산출물
원격 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용	▪ 부산 해운대구 우동 the# 아델리스 원격 풍진동 모니터링 시스템 설치 ▪ 건물의 상시 모니터링 데이터 저장 ▪ 원격 접속을 통한 실시간 모니터링 및 주기적 데이터 분석 ▪ 풍향/풍속에 따른 건물의 동특성 분석		현장적용 언론홍보
모니터링 시스템을 활용한 태풍 시 고층 건물 거동 분석	▪ 포스코건설 송도사옥 원격 풍진동 모니터링 시스템을 활용한 태풍(볼라벤) 당시 데이터 확보 ▪ 건물의 거동 분석 ▪ 제진장치 거동 분석		풍진동모니터링 보고서
국내 초고층 건물 실계측	▪ 부산시 진구 부전동 위치 약 50층 규모 고층 주거 건물 풍진동 계측 ▪ 높이가 다른 3개동 계측 ▪ 고유진동수, 감쇠비, 모드형상 분석		상시진동계측 보고서
풍진동 계측 DB를 통한 국외 감쇠비 제안식 비교	▪ 실계측하여 축적된 국내 풍진동 계측 DB 감쇠비 계측값과 국내외 감쇠비 제안식 비교		학술논문
관련 목표 성과물	▪ 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용 2건, 언론홍보 1건 ▪ 학술논문 및 학술발표		

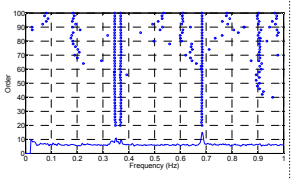
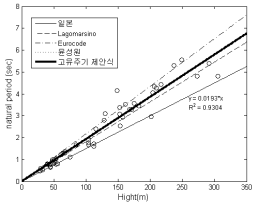
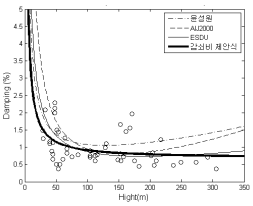
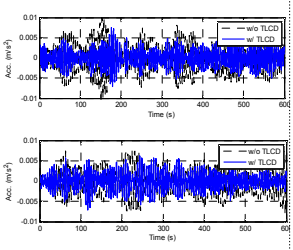
(4) 5차년도

5차년도 세부목표	**풍진동 계측 및 건전도 평가**	
	C06	풍진동 모니터링 시스템 현장 적용을 통한 초고층 건물 거동 분석
	C07	건전도 평가 알고리즘 개발 및 현장 적용

3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	풍진동 계측 및 건전도 평가	시제품제작 학술논문/학술발표 언론홍보
세부 목표	풍진동 모니터링 시스템 적용 및 건전성 평가	
C06	풍진동 모니터링 시스템 현장적용을 통한 초고층 건물 거동 분석 (포스코건설)	

절차	내용	이미지	산출물
대상 현장 선정	▪ 인천 송도 the# 1st world 선정 ▪ 부산 해운대 the# 센텀 파크 선정	 	시제품 제작
모니터링 시스템 구성	▪ 외력계측 : 풍향풍속계 ▪ 건물 거동 계측 : 가속도계 ▪ 풍진동제어기 거동 계측 : TLCD (수위계), TMD (가속도계) ▪ 데이터 수집 : 데이터 로거, 컴퓨터, UPS 등		
모니터링 시스템 설치	▪ 계측기 설치 위치 선정		학술발표
원격 모니터링	▪ 원격 접속을 통한 상시 모니터링		학술발표 언론 홍보
관련 목표 성과물	▪ 풍진동 모니터링 시스템 시제품 2건, 언론홍보 1건 ▪ 학술 발표 2건		

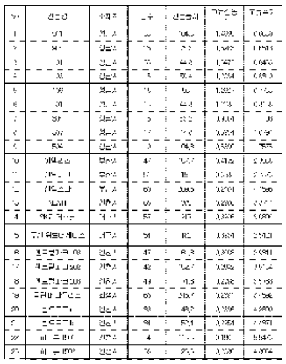
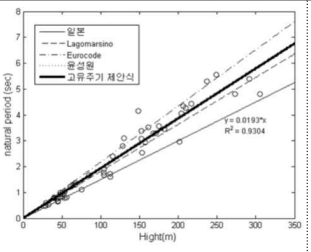
3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	풍진동 계측 및 건전도 평가	학술논문/학술발표
세부 목표	풍진동 모니터링 시스템 적용 및 건전성 평가	
C07	건전도 평가 알고리즘 개발 및 현장 적용 (포스코건설)	

절차	내용	이미지	산출물
고층건물 상시 진동 장기 계측을 통한 동특성 분석	▪ 부산 해운대구 우동 the# 아델리스 계측 DB 구축 ▪ SSI 기법을 활용한 동특성 분석 ▪ FDD 기법을 활용한 동특성 분석		학술발표
국내 고유주기 설계식 제안	▪ 국내 RC 건축물 동특성 DB 확보 ▪ 고유주기 설계식 제안		
국내 감쇠비 설계식 제안	▪ 국내 RC 건축물 동특성 DB 확보 ▪ 감쇠비 설계식 제안		학술발표
풍진동 제어기 제어 성능 검증	▪ 풍진동 제어기 성능 검증 알고리즘 개발 ▪ 풍진동 제어기가 적용된 건물의 동특성 계측 ▪ 풍진동 제어기 성능 검증		학술논문
관련 목표 성과물	▪ 학술논문 1건 및 학술발표 2건		

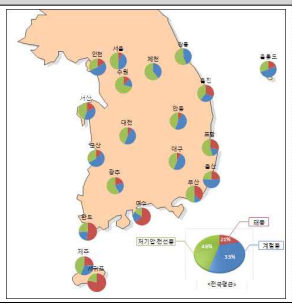
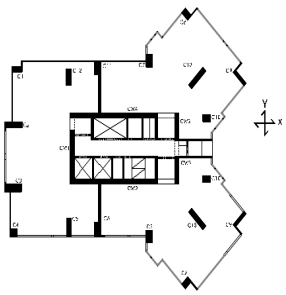
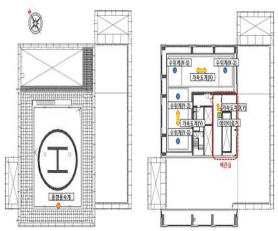
(5) 6차년도

6차년도 세부목표	풍진동 계측 및 건전도 평가	
	C08	풍진동 계측 및 건전도 평가 보고서
	C09	풍진동 모니터링 매뉴얼 작성

3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층 건물 풍진도 계측 및 건전도 평가	논문 1건
세부 목표	풍진동 계측 및 건전도 평가	
C08	풍진동 계측 및 건전도 평가 보고서 영문화 (포스코건설)	

절차	내용	이미지	산출물
고층건물 상시진동계측 DB 영문화	▪ 대상 건물 선정 ▪ 상시 풍진동 계측 ▪ 동특성 분석 ▪ 영문화		
고층건물 상시 장기진동계측 DB 영문화	▪ 대상 건물 선정 ▪ 상시 진동 계측 ▪ 태풍 거동 분석 ▪ 동특성의 응답의존성 분석 ▪ 영문화		
고유주기 및 감쇠비 설계식 제안 영문화	▪ 기존 고유주기 실험식 검토 ▪ 기존 감쇠비 실험식 검토 ▪ 고유주기 및 감쇠비 설계식 제안 ▪ 영문화		
구조해석모델 업데이트 영문화	▪ 횡강성 영향 요인 ▪ 대상건물 구조 해석 ▪ 대상건물 풍진동 계측 ▪ 구조해석 모델과 실측 건물 비교 ▪ 영문화		
관련 목표 성과물	▪ 논문 1건, 영문화 보고서 1건		

3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층 건물 풍진도 계측 및 건전도 평가	
세부 목표	풍진동 계측 및 건전도 평가	
C09	풍진동 모니터링 매뉴얼 작성 (포스코건설)	

절차	내용	이미지	산출물
풍환경 조사 및 풍진동 기준 제안	▪ 국내 풍환경 조사 ▪ 인천 지역 풍환경 조사 사례 ▪ 사용성 평가 적용기준 선정 및 검토		
풍진동 모니터링 시스템 제안	▪ 풍진동 모니터링 시스템 구축 절차 ▪ 계측 센서 및 데이터 수집 장비 정립 ▪ 모니터링 시스템 기능 구성 ▪ 데이터 분석기법 ▪ 유지 관리 계획		
시공단계 풍진동 모니터링 제안	▪ 시공단계 데이터 수집 방법 ▪ 시공단계 모니터링 장비 설치 ▪ 시공단계 모니터링 시점 선정 ▪ 시공단계 모니터링 사례 조사		
모니터링 시스템 적용 사례	▪ 포스코건설 송도사옥 ▪ NEAT Tower ▪ 송도 the# 1st world ▪ 부산 the# Centum park		
관련 목표 성과물	▪ 풍진동 모니터링 매뉴얼 1건		

[3-2 세세부 : 연쇄붕괴 방지기술 개발]

가. 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

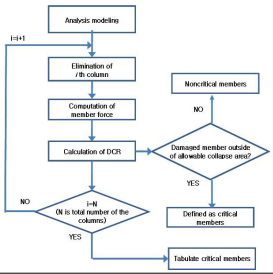
세세부 과제명	**연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발**
최종목표	폭발 및 충돌에 의해 발생하는 비정상하중을 정의하여 구조부재에 미치는 영향을 분석 초고층 건물의 설계 과정에서 사용할 수 있는 등가정적하중을 개발 초고층 건물의 연쇄붕괴 성능평가 및 특성을 파악하여 붕괴가 일어날 수 있는 위험부재 자동화 선정기법 개발 연쇄붕괴 해석 및 설계를 가능하게 하는 S/W를 개발함으로서 연쇄붕괴 방지기술을 확보

세부목표	**1, 2 차년도 (1단계)**		**연쇄붕괴 위험부재 선정기법 개발**
		A01	연쇄붕괴 위험도 평가를 위한 자동화 프로그램 개발(성균관대)
			초고층 접합부 데이터베이스 구축
		A02	접합부 사례조사를 통한 특성 파악(성균관대)
			초고층건물 연쇄붕괴 성능평가
		A03	메가프레임 구조물의 성능평가 및 연쇄붕괴 보강설계
	3차년도		**연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발**
		A04	경사진 건물의 연쇄붕괴 저항성능
		A05	연쇄붕괴방지 최적설계기법
		A06	비선형해석 절차를 이용한 선형정적 연쇄붕괴 대체경로 해석방법 개발 및 검증
		A07	실제건물의 연쇄붕괴 해석
	4차년도		**상부구조의 낙하하중을 고려한 연쇄붕괴 해석방법**
		A08	상부구조의 낙하에 의한 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 해석방법 개발
			비틀린 초고층건물의 연쇄붕괴 거동평가
		A09	비틀림 각도에 따른 초고층건물의 연쇄붕괴 성능평가
			강판을 이용한 모멘트골조의 보강기술
		A10	강판을 이용한 모멘트골조의 보강기술
	5차년도		**충격 하중에 의한 구조물의 연쇄붕괴 거동 평가**
		A11	차량 충격에 의한 연쇄붕괴 현상 분석
		A12	충격하중에 의한 연쇄붕괴 방지 보강방법

(1) 1단계 (1,2차년도)

1, 2 차년도 (1단계)	**연쇄붕괴 위험부재 선정기법 개발**	
	A01	연쇄붕괴 위험도 평가를 위한 자동화 프로그램 개발(성균관대)
	초고층 접합부 데이터베이스 구축	
	A02	접합부 사례조사를 통한 특성 파악(성균관대)
	초고층건물 연쇄붕괴 성능평가	
	A03	메가프레임 구조물의 성능평가 및 연쇄붕괴 보강설계

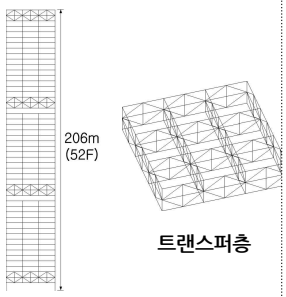
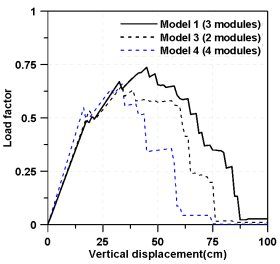
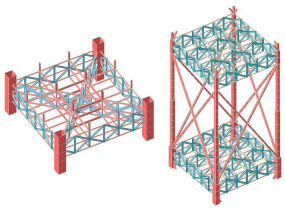
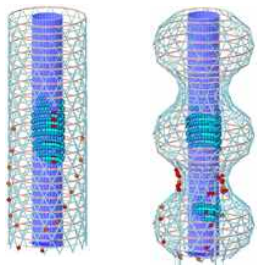
3-2-1	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템	보고서 SW 등록건수
세부 목표	연쇄붕괴 위험부재 선정기법 개발	
A01	연쇄붕괴 위험도 평가를 위한 자동화 프로그램 개발(성균관대)	

절차	내용	이미지	산출물
위험부재 선정 프로그램	▪ 선형정적해석법을 이용한 프로그램 개발 ▪ GSA 및 DOD를 근거한 위험부재 기준 설정 ▪ SAP2000과 MATLAB을 연동시킴으로써 프로그램 구성		보고서 학술대회 발표논문
예제구조물의 해석을 통한 프로그램의 정확성	▪ 예제구조물의 설계 ▪ 개발된 프로그램을 사용한 해석 ▪ 비선형 정적해석과 동적해석 결과와 비교 및 분석		보고서 소프트웨어 등록
관련 목표 성과물	▪ 연쇄붕괴 위험도 평가를 위한 자동화 프로그램 개발 및 프로그램 등록		

3-2-1	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템	보고서 특허출원
세부 목표	초고층 접합부 데이터베이스 구축	
A02	접합부 사례조사를 통한 특성 파악(성균관대)	

절차	내용	이미지	산출물
접합부 사례조사	▪ 국내외 비정형 초고층 구조물의 사례조사를 통한 특성 파악		보고서 특허출원
관련 목표 성과물	▪ 접합부 사례조사 및 특허출원		

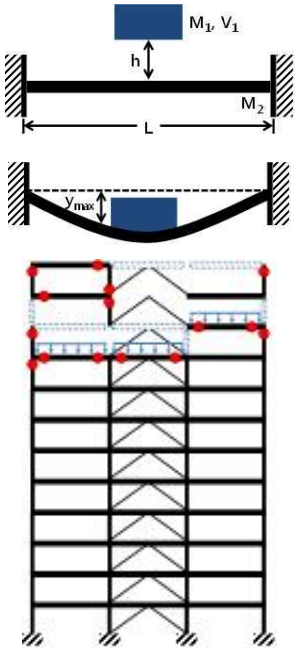
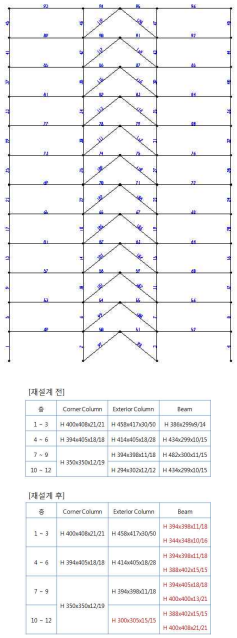
3-2-1	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템	SCI급 학술지 게재 논문
세부 목표	초고층건물 연쇄붕괴 성능평가	
A03	메가프레임 구조물의 안전성 평가 및 연쇄붕괴 보강설계 ROTOR형 비정형 구조물의 연쇄붕괴 성능평가(성균관대)	

절차	내용	이미지	산출물
메가프레임 구조물의 예제모델 설계	▪ 초고층건물의 구조시스템으로 적용되는 메가프레임 구조물을 대형 기둥 개수, 구조물의 높이별로 설계		
메가프레임 구조물의 안전성 평가	▪ 비탄성 정적해석(Pushdown analysis)를 통한 연쇄붕괴 저항성능 평가 ▪ 메가프레임 구조물의 연쇄붕괴 거동 평가		학술대회 발표논문
메가프레임 구조물의 연쇄붕괴 보강설계	▪ 메가프레임 구조물의 연쇄붕괴 보강 방안 제시		학술지 게재 논문
비정형 구조물의 예제모델 설계 및 연쇄붕괴 저항성능 평가	▪ Rotor형 비정형 예제 구조물 설계 및 비선형 정적해석 수행		학술대회 발표논문
관련 목표 성과물	▪ 위험도 평가 가이드라인 개발 ▪ 비용효율적 적용방안 개발		

(3) 4차년도

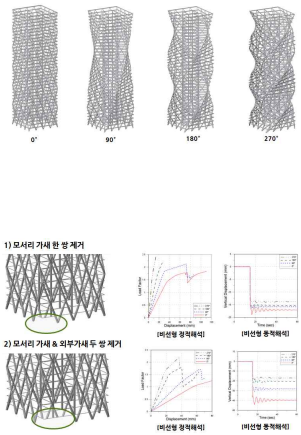
4차년도 세부목표		
	상부구조의 낙하하중을 고려한 연쇄붕괴 해석방법	
	A08	상부구조의 낙하에 의한 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 해석방법 개발
	비틀린 초고층건물의 연쇄붕괴 거동평가	
	A09	비틀림 각도에 따른 초고층건물의 연쇄붕괴 성능평가
	강판을 이용한 모멘트골조의 보강기술	
	A10	강판을 이용한 모멘트골조의 보강기술

3-2-1	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	상부구조의 낙하에 의한 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 해석방법	
세부 목표	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	
A08	상부구조의 낙하에 의한 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 해석방법 개발	

절차	내용	이미지	산출물
상부구조 낙하를 고려한 모멘트골조 탄성 해석/설계방법 개발	▪ 기존의 연쇄붕괴 해석에서 적용되는 '대체하중경로법'은 상부 부재의 추락으로 인한 충격하중을 고려하지 못하므로, 이른바 'pancake type' 연쇄붕괴 현상을 고려하지 못함 ▪ 상부 바닥판 낙하에 의한 충격하중을 유한요소 정밀해석으로 산정하고, 이를 바탕으로 단순화모델 개발 ▪ 다양한 예제 구조물 해석결과 상부구조에 의한 충격하중이 고려될 경우, 일반적인 연쇄붕괴 해석결과 보다 심각한 붕괴가 발생함 ▪ 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 해석기법 및 이를 방지하기 위한 최적설계 알고리즘개발		학술발표대회 1건
충격을 고려한 연쇄붕괴 해석 및 설계 알고리즘 개발	▪ SAP2000과 MATLAB프로그램을 연동하여 낙하부재의 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 위험부재 재설계 프로그램 개발 ▪ 해석절차가 비교적 간단하고 소요시간이 짧은 선형정적해석법을 반복 적용하여 설계 최적화 수행 ▪ 모든 기둥을 자동적으로 제거해가며 부재들의 DCR이 한계값을 초과하지 않도록 부재의 단면을 자동 재설계 ▪ 모멘트골조 및 가새골조 해석모델에 적용한 결과 개발된 방법을 이용하여 재설계 후 모든 부재가 한계값을 만족하는 것으로 나타남		충격을 고려한 연쇄붕괴 탄성해석 SW 1건 등록

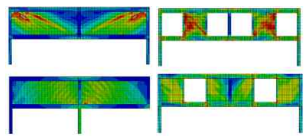
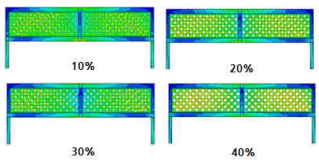
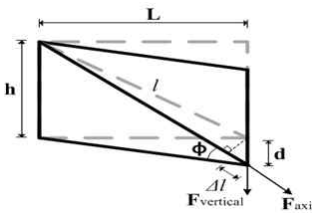
관련 목표 성과물	▪ 학술발표대회 1건, 충격을 고려한 연쇄붕괴 탄성해석 SW 1건 등록

3-2-1	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비틀린 초고층건물의 연쇄붕괴 거동평가	
세부 목표	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	
A09	비틀림 각도에 따른 초고층건물의 연쇄붕괴 성능평가	

절차	내용	이미지	산출물
비틀림 각도에 따른 연쇄붕괴 거동평가	▪ 0°, 90°, 180°, 270°비틀린 초고층건물의 설계 ▪ 비틀린 초고층건물의 전단지연현상 분석 ▪ 모서리가새 및 외부가새 한쌍을 제거한 연쇄붕괴 성능평가 ▪ 현행 기준을 적용하여 설계된 비틀린 건물의 경우 1층 부재가 제거될 경우 연쇄붕괴에 대한 안전성이 확보된 것으로 평가됨 ▪ 비틀림각이 증가할수록 최대 강도는 증가하나 연성도는 감소하는 것으로 나타남		학술발표대회 1건

관련 목표 성과물	▪ 학술발표대회 1건

3-2-1	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	강판을 이용한 모멘트골조의 보강기술	
세부 목표	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	
A10	강판을 이용한 모멘트골조의 보강기술	

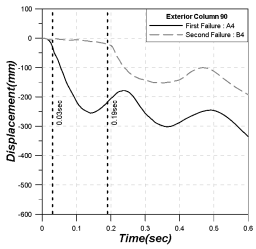
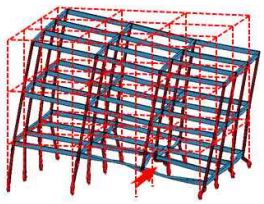
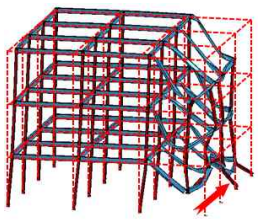
절차	내용	이미지	산출물
강판벽이 설치된 건물의 연쇄붕괴 저항성능 평가	▪ 강판을 이용한 기존 건물의 연쇄붕괴 저항성능 향상기법 개발 ▪ ABAQUS solid and shell element를 이용한 강판으로 보강된 모멘트골조의 비선형 정적 및 동적 유한요소 해석 수행 ▪ 구조물의 경간 길이 및 설치된 강판의 두께 변화에 따른 연쇄붕괴 거동 평가 ▪ 제거된 기둥 위치에 따른 연쇄붕괴 해석 ▪ 샛기둥이 설치된 강판벽의 연쇄붕괴 해석 ▪ 구멍난 강판이 설치된 구조물의 연쇄붕괴 성능 평가 ▪ 연쇄붕괴 방지를 위한 보강용 강판 설계절차 개발	  	

관련 목표 성과물	

(4) 5차년도

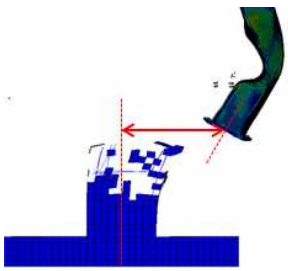
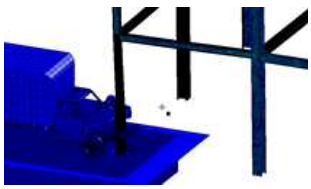
5차년도	**충격 하중에 의한 구조물의 연쇄붕괴 거동 평가**	
	A11	차량 충격에 의한 연쇄붕괴 현상 분석
	A12	충격하중에 의한 연쇄붕괴 방지 보강방법

3-2-1	연쇄붕괴 방지기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	충격하중을 고려한 동적 해석에서의 구조물의 연쇄붕괴 거동 평가	
세부 목표	충격하중에 의한 연쇄붕괴 방지	
A11	차량 충격에 의한 연쇄붕괴 현상 분석	

절차	내용	이미지	산출물
차량 충격하중에 의한 철골 구조물의 연쇄붕괴 거동 분석	▪ 충격하중은 아주 짧은 시간에 구조물에 극심한 손상을 유발시킴으로 인하여 심각한 손상을 초래함 ▪ FEM 정밀해석을 통하여 충격 하중에 의하여 유발되는 고변형률을 고려, 철골 구조물의 연쇄붕괴 거동 현상을 분석 ▪ 차량 충돌 위치를 고려하기 위하여 1층 외부 기둥과 모서리 기둥에 충격을 가력, 충돌 위치에 따른 구조물의 거동 양상을 분석 ▪ ASCE에서 제시하는 구조물의 손상지표를 이용하여 차량 충격에 의한 철골 구조물의 수직 변위에 기반한 구조물의 연쇄붕괴 현상을 규명	  	국제학술발표대회 1건

관련 목표 성과물	▪ 국제 학술발표대회 1건

3-2	연쇄붕괴 방지기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	연쇄붕괴 방지를 위한 구조물의 보강방법	
세부 목표	충격하중에 의한 연쇄붕괴 방지	
A12	충격하중에 의한 연쇄붕괴 방지 보강방법	

절차	내용	이미지	산출물
차량 충격하중에 의하여 유발되는 구조물의 손상 방지를 위한 보강방법 적용 및 평가	▪ 구조물의 안전을 위협하는 비정상 극한 하중은 주요 구조부재의 손상을 유발하며 이는 구조물 전체의 심각한 손상을 야기함 ▪ 비정상 극한하중을 방지하기 위한 방법 중, 직접적인 주요 구조부재의 보강방법을 활용하여 충격하중에 의한 손상을 최소화 ▪ 일반적으로 충격하중이 발생할 경우, 가장 취약한 기둥과 하부 기초의 접합부의 파손을 방지하기 위하여 다양한 변수를 이용한 보강방안 적용 및 거동 분석 수행 ▪ 기둥-기초 접합부의 파단 및 기둥의 좌굴방지를 위한 보강법을 적용하여 손상을 최소화 하고, 보강된 구조부재를 반영한 전체 구조물의 해석을 통하여 연쇄붕괴 방지 및 거동 분석	  	국제학술발표대회 1건

관련 목표 성과물	▪ 국제 학술발표대회 1건

나. 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

세세부 과제명	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

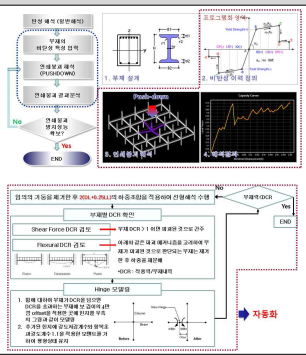
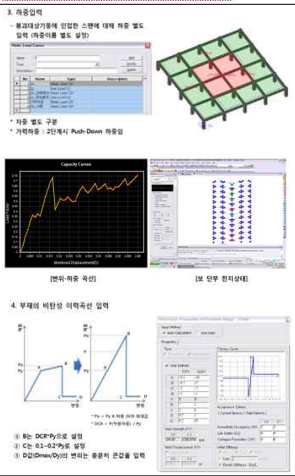
최종목표
녹색 성장과 자원의 합리적 활용을 위한 구조시스템 최적화 설계 기술 개발 테스트 베드 적용을 바탕으로 신뢰성과 현장적용성이 검증된 실용화 기술 개발 요소기술 자립화 및 융복합기술의 글로벌 브랜드화를 통한 해외진출 전략 기술 개발

세부목표			
	1, 2 차년도 (1단계)	**연쇄붕괴 선형 해석 프로그램 개발**	
		B01	연쇄붕괴 선형 해석 프로그램
	3차년도	**연쇄붕괴 설계용 비선형 해석 프로그램 개발**	
		B02	마이다스 탑재를 위한 비선형 해석 프로그램 개발
	4차년도	**연쇄붕괴 성능평가기술의 개발기술 TB 적용**	
		B03	선형, 비선형해석을 통한 실제 건축물 시뮬레이션 실시
	5차년도	**연쇄붕괴 시뮬레이션 기법 및 설계용 GUI 개발**	
		B04	최신 기준 (2009UFC)를 적용한 가이드라인 개편
		연쇄붕괴 설계용 비선형 해석 프로그램 개발	
		B05	비선형 동적 해석 프로그램 등록 및 검증
		연쇄붕괴 성능평가기술의 개발기술 TB 적용	
		B06	연쇄붕괴 방지를 위한 기술 Gen 프로그램에 탑재

(1) 1단계 (1,2차년도)

1, 2 차년도 (1단계)	연쇄붕괴 선형 해석 프로그램 개발	
	B01	연쇄붕괴 선형 해석 프로그램

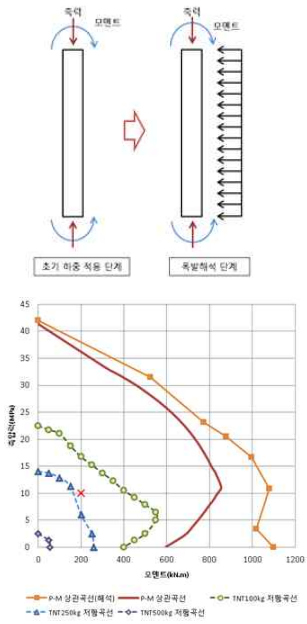
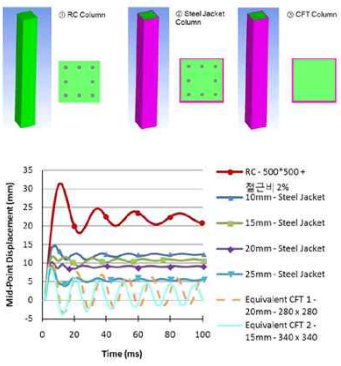
3-2-2	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	SW 등록건수
세부 목표	연쇄붕괴 선형 해석 프로그램 개발	
B01	연쇄붕괴 선형 해석 프로그램(MIDAS IT)	

절차	내용	이미지	산출물
연쇄붕괴 해석 Procedure 개발	▪ GSA 선형정적해석 절차 분석 ▪ 성능평가 자동화를 위한 Procedure 개발 ▪ Procedure 검증		보고서
연쇄붕괴 성능평가 프로그램 개발	▪ 전처리 프로그램(Input, Analysis) ▪ 후처리 프로그램(Output, Visual)		보고서
관련 목표 성과물	▪ 연쇄붕괴 선형 해석 프로그램		

(2) 3차년도

3차년도 세부목표	연쇄붕괴 설계용 비선형 해석 프로그램 개발
B02	마이다스 탑재를 위한 비선형 해석 프로그램 개발

3-2-2	연쇄붕괴 방지기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	학술발표 및 논문집 게재
세부 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	
B02	폭발 하중에 대한 수직 부재의 평가 방법 및 성능 향상 방안	

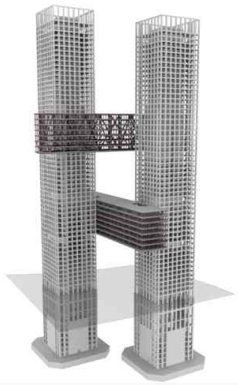
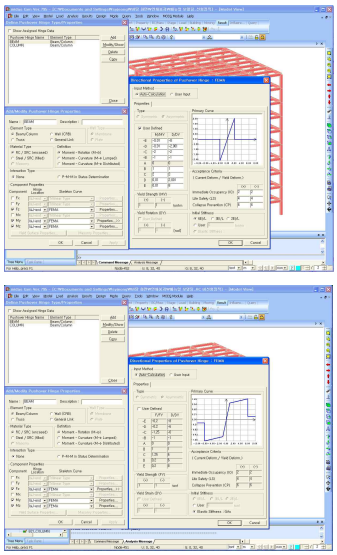
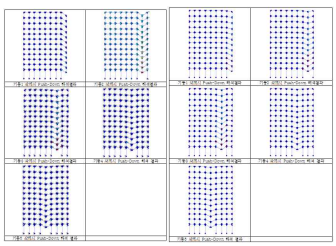
절차	내용	이미지	산출물
P-M 상관도를 이용한 철근 콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가	▪ 건물에 작용하는 수직하중의 분포와 풍하중 등을 고려해야 하기 때문에 축하중 뿐만 아니라 휨모멘트를 고려한 폭발저항 성능 평가 방법 요구 ▪ P-I 곡선을 이용한 기존의 철근콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가 방법에서 P-M상관곡선을 이용하여 다양한 초기 응력상태를 갖는 기둥에 폭발저항성능을 평가하는 방법을 제시함. ▪ 축하중과 휨모멘트에 따른 초기 응력상태와 폭발뭉의 양에 따른 폭발저항곡선이 일정한 관계를 확인하고 저항성능 감소율을 구함.		학술발표 및 논문집 게재 2건
철근을 보강한 CFT 기둥의 폭발 저항성능평가	▪ 선행 연구에서 폭발저항성능의 우수성이 입증된 CFT기둥의 성능향상을 위한 방법으로 수평철근을 보강한 CFT기둥에 대하여 수치해석을 수행하였음. ▪ 강관의 두께, 보강철근의 단면크기, 보강철근의 배치를 변수로 하여 각가의 폭발저항성능을 평가 ▪ 변수에 따른 폭발저항성능과의 관계와 성능향상을 위한 효율적인 방안 제시		학술발표 및 논문집 게재 1건

관련 목표 성과물	▪ P-M 상관도를 이용한 철근 콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가 (학술발표 및 논문집 게재 2건) ▪ 철근을 보강한 CFT 기둥의 폭발 저항성능평가 (학술발표 및 논문집 게재 1건)

(3) 4차년도

4차년도 세부목표	연쇄붕괴 성능평가기술의 개발기술 TB 적용	
	B03	선형, 비선형해석을 통한 실제 건축물 시뮬레이션 실시

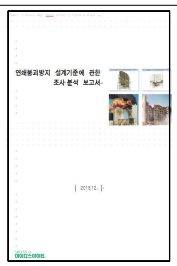
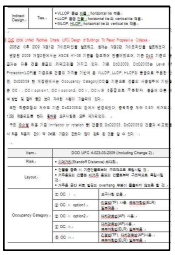
3-2-2	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	연쇄붕괴 성능평가 기술의 개발기술 TB 적용	
세부 목표	연쇄붕괴 성능평가 기술의 개발기술 TB 적용	
B03	선형, 비선형해석을 통한 실제건축물 시뮬레이션 실시	

절차	내용	이미지	산출물
연쇄붕괴 성능평가로 선형해석 시뮬레이션 가능한 대상 건물 선택	▪ 50층 이상의 고층 건물로, 연쇄붕괴에 관한 검토가 필요할 것으로 판단되는 건축 구조물 선정.		연쇄붕괴 성능평가 TB 적용 1건
선형, 비선형해석 시뮬레이션 실시	▪ 선형해석 절차를 따라 해당 건축물에 선형정적 해석 실시. ▪ 부재의 설계 정보 입력 ▪ 각종 변수 설정 ▪ 비선형 해석에 대해서도 선형해석과 같은 방법으로 해석 실시.		
해석 결과 분석	▪ 중력하중에 대해 고려한 선형, 비선형정적해석 실시 ▪ 횡력하중에 대해 고려한 선형, 비선형정적해석 실시 ▪ 각 케이스 별로 축력, 전단력, 모멘트 분석		
관련 목표 성과물	▪ 연쇄붕괴 성능평가 TB 적용 건수 1건		

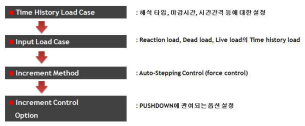
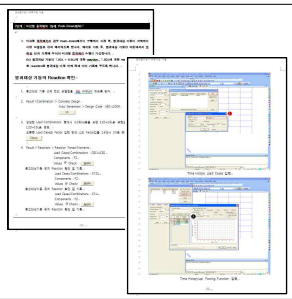
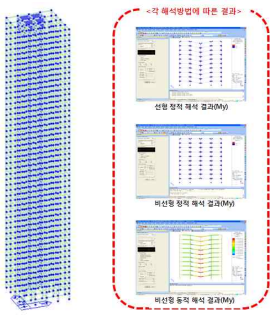
(4) 5차년도

5차년도 세부목표	**연쇄붕괴 시뮬레이션 기법 및 설계용 GUI 개발**	
	B04	최신 기준 (2009UFC)를 적용한 가이드라인 개편
	연쇄붕괴 설계용 비선형 해석 프로그램 개발	
	B05	비선형 동적 해석 프로그램 등록 및 검증
	연쇄붕괴 성능평가기술의 개발기술 TB 적용	
	B06	연쇄붕괴 방지를 위한 기술 Gen 프로그램에 탑재

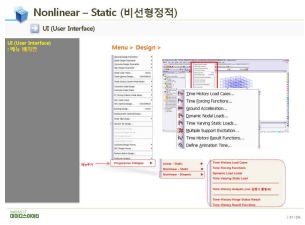
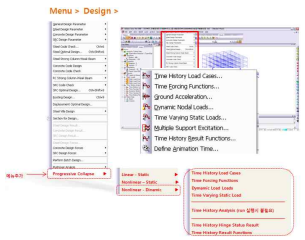
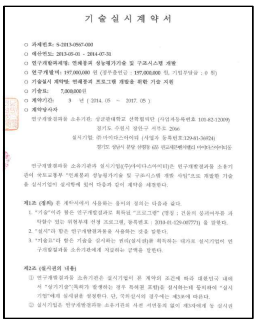
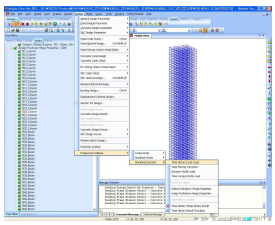
3-2-2	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	연쇄붕괴 시뮬레이션 기법 및 설계용 GUI 개발	
세부 목표	연쇄붕괴 시뮬레이션 기법 및 설계용 GUI 개발	
B04	최신 기준을 적용한 가이드라인 개편	

절차	내용	이미지	산출물
2009 UFC 최신기준 변경사항 Check	▪ 최신 2009 UFC 기준에 대한 내용 파악 ▪ 범주에 대한 개념 재정립 ▪ 연쇄붕괴 접근 방법에 대한 재정립		설계기준 시방서 1건
2005 UFC 기준과 2009 UFC 기준 비교·분석	▪ 기존 2005 UFC 기준과 최신 기준 2009 UFC 기준에 대한 비교 분석 실시 ▪ 각 부재에 대한 DCR값 등의 허용기준치에 대한 변경사항 확인 ▪ 하중조합 및 참고 기준에 대한 변경사항 확인		
2009 UFC 최신기준이 반영된 가이드라인 개편	▪ 2005 UFC에 비해 변경된 하중조합 및 검토 사항(기준 허용치)에 대한 내용 탑재 ▪ 2005 UFC와 2009 UFC의 해석 방법 및 검토 Factor들에 대한 비교·분석 내용 추가	 	
관련 목표 성과물	▪ 설계기준 시방서 1건		

3-2-2	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비선형 동적해석 프로그램 개발	
세부 목표	비선형 동적해석 프로그램 개발	
B05	비선형 동적 해석 프로그램 등록 및 검증	

절차	내용	이미지	산출물
비선형 동적해석 프로그램에 대한 알고리즘 작성 및 프로그램 개발	▪ Nonlinear-Dynamic(비선형 동적)절차 작성 ▪ Preprocess : Pushdown 하중 입력 절차 작성 ▪ 비선형 동적 해석 프로그램 내에 전처리 기능 탑재 ▪ 최신 기준 2009 UFC 탑재		소프트웨어 등록 1건
연쇄붕괴 방지를 위한 비선형 동적 프로그램 소프트웨어 등록	▪ Nonlinear-Dynamic 알고리즘 공유 및 프로그램 소스 공유 ▪ 프로그램 실행 여부 확인 ▪ 한국 저작권위원회에 연쇄붕괴 비선형 동적해석 프로그램 등록		
2009 UFC 최신기준이 반영된 비선형 동적 해석 프로그램 매뉴얼 작성	▪ 2005 UFC에 비해 변경된 하중조합 및 검토 사항(기준 허용치)에 대한 내용 탑재 ▪ 2005 UFC와 2009 UFC의 해석 방법 및 검토 Factor들에 대한 비교·분석 내용 추가		
비선형 동적 해석 프로그램 검증	▪ 50층 철근 콘크리트 구조물, 철골 구조물에 관하여 선형정적, 비선형 정적, 비선형 동적 3가지 해석 방법에 따라 해석수행 후 프로그램 검증 ▪ 같은 구조물의 형태로 타사 제품과의 선형 정적, 비선형 정적, 비선형 동적 해석방법에 대한 결과 비교 분석		
관련 목표 성과물	▪ 소프트웨어 등록 1건		

3-2-2	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	연쇄붕괴 방지를 위한 통합설계 시스템 구축	
세부 목표	연쇄붕괴 방지를 위한 통합설계 시스템 구축	
B06	연쇄붕괴 방지를 위한 기술 Gen 프로그램에 탑재	

절차	내용	이미지	산출물
프로그램 개발 기획안 작성	▪ 선형 정적, 비선형 정적, 비선형 동적 해석에 대해 각각의 프로그램 기본 기획안 작성 ▪ 프로그램 각 Menu별 상세 계획안 작성		기술실시계약 1건 사업화/제품화 1건
New Gen프로그램에 Pushdown 기술 탑재	▪ 현 Gen 프로그램에 Pushover 기능이 아닌 Pushdown 기능을 추가하여 Gen 프로그램에 탑재하여 사업화		
기술실시 협약 계약 및 기술 사업화/제품화	▪ 연쇄붕괴 프로그램 개발을 위한 기술지원의 일환으로 성균관대와 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조 시스템 개발 기술을 기술실시 협약 체결 ▪ 체결된 기술과 연쇄붕괴 방지 기술(선형 정적, 비선형 정적, 비선형 동적)을 Gen 프로그램에 탑재하여 사업화/제품화	 	
관련 목표 성과물	▪ 기술실시계약 1건, 사업화/제품화 1건		

다. 비정상하중 해석/설계 기술

세세부 과제명	비정상하중 해석/설계 기술

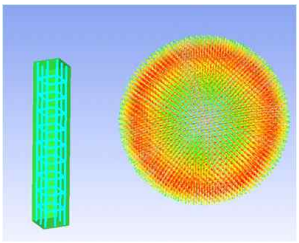
최종목표
초고층 구조물의 연쇄붕괴 해석기법 및 거동평가 구조설계 과정에서 비정상하중 고려를 위한 약산 해석 기술 개발 비정상하중에 대한 정밀 해석 기술 개발 비정상하중의 약산 해석 기술 개발

세부목표			
	1, 2 차년도 (1단계)	**철근콘크리트 기둥의 폭발해석**	
		C01	단면에 따른 철근콘크리트 기둥의 폭발저항성능을 평가
		CFT 기둥의 폭발해석	
		C02	CFT 기둥의 폭발해석
	3차년도	**비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션**	
		C03	폭발 하중에 대한 수직 부재의 평가 방법 및 성능 향상 방안
		C04	전산유체해석을 통한 실제 구조물 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가
	4차년도	**전산유체해석을 통한 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가**	
		C05	철근콘크리트 건물의 폭파해석을 위한 간략 모델링 방법
		C06	전산해석을 이용한 폭발하중에 따른 철근콘크리트 골조의 연쇄붕괴 해석 기법
	5차년도	**전산유체해석을 통한 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가**	
		C07	전산유체해석을 이용한 초고층 건물의 축소 모델링 연쇄붕괴 해석
		C08	약산 해석을 이용한 RC 기둥의 손상 평가 프로그램 개발

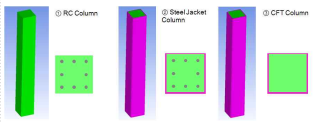
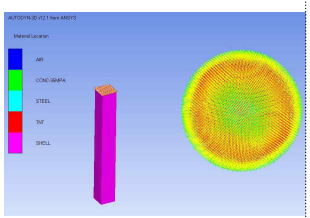
(1) 1단계 (1,2차년도)

1, 2 차년도 (1단계)	**철근콘크리트 기둥의 폭발해석**	
	C01	단면에 따른 철근콘크리트 기둥의 폭발저항성능을 평가
	CFT 기둥의 폭발해석	
	C02	CFT 기둥의 폭발해석

3-2-3	비정상하중 해석/설계 기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정상하중 해석/설계 기술	학술지 논문게재
세부 목표	철근콘크리트 기둥의 폭발해석	
C01	단면에 따른 철근콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가(건국대)	

절차	내용	이미지	산출물
폭발실험과 AUTODYN의 결과 비교	▪ 철근콘크리트 보의 폭발실험 데이터를 이용 ▪ AUTODYN을 이용해 같은 조건(재료 물성 및 형상)을 모델링한 후 결과를 비교함.		
철근콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가 기준	▪ 잔류 변형(Residual displacement)을 이용해 기둥의 폭발 저항 성능을 평가		
기둥의 단면 형상에 따른 폭발해석	▪ 같은 단면적과 높이를 가진 사각형과 원형 기둥의 폭발 저항성능의 비교 ▪ 35MPa 콘크리트와 2% 철근 그리고 스터럽을 배근 ▪ 철근의 유무와 기둥 상부에 작용하는 압축력에 따른 결과 비교		보고서
관련 목표 성과물	▪ 철근콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가		

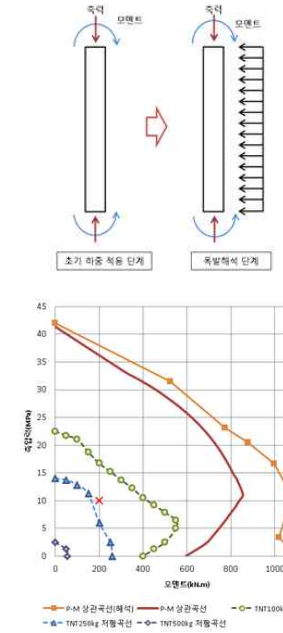
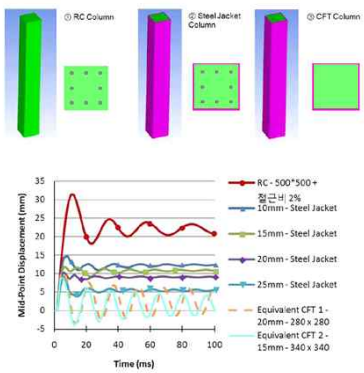
3-2-3	비정상하중 해석/설계 기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정상하중 해석/설계 기술	학술지 논문게재
세부 목표	CFT 기둥의 폭발해석	
C02	CFT 기둥의 폭발저항성능 평가(건국대)	

절차	내용	이미지	산출물
해석모델 및 해석방법의 결정	▪ CFT 기둥과 상대적으로 폭발저항성능을 비교하기 위해 일반적인 철근콘크리트 기둥과 Steel Jacket 기둥을 비교함. ▪ 해석의 효율성 및 정확성을 기하기 위해 Friction 옵션과 Join 옵션을 비교함.		학술대회 발표논문
강관과 콘크리트 계면의 마찰력 정의	▪ Friction 옵션을 이용한 해석을 하기 위해서는 콘크리트 계면의 마찰계수를 정의해야함. ▪ 마찰계수는 마찰실험을 통해 얻은 결과를 적용함.		학술대회 발표논문
CFT 기둥의 폭발해석	▪ CFT 기둥의 강관 두께에 따른 해석결과를 비교함. ▪ 철근콘크리트 기둥과 유사한 P-M 상관도를 가진 CFT 기둥과 결과를 비교함.		보고서 학술지 논문게재
관련 목표 성과물	▪ CFT 기둥의 폭발저항성능 평가		

(2) 3차년도

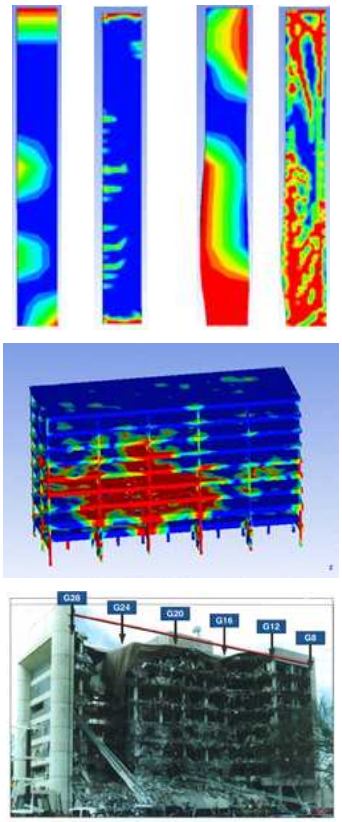
3차년도	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	
	C03	폭발 하중에 대한 수직 부재의 평가 방법 및 성능 향상 방안
	C04	전산유체해석을 통한 실제 구조물 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가

3-2-3	연쇄붕괴 방지기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	학술발표 및 논문집 게재
세부 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	
C03	폭발 하중에 대한 수직 부재의 평가 방법 및 성능 향상 방안	

절차	내용	이미지	산출물
P-M 상관도를 이용한 철근 콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가	▪ 건물에 작용하는 수직하중의 분포와 풍하중 등을 고려해야 하기 때문에 축하중 뿐만 아니라 휨모멘트를 고려한 폭발저항 성능 평가 방법 요구 ▪ P-I 곡선을 이용한 기존의 철근 콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가 방법에서 P-M상관곡선을 이용하여 다양한 초기 응력상태를 갖는 기둥에 폭발저항성능을 평가하는 방법을 제시함. ▪ 축하중과 휨모멘트에 따른 초기 응력상태와 폭발뭉의 양에 따른 폭발저항곡선이 일정한 관계를 확인하고 저항성능 감소율을 구함.		학술발표 및 논문집 게재 2건
철근을 보강한 CFT 기둥의 폭발 저항성능평가	▪ 선행 연구에서 폭발저항성능의 우수성이 입증된 CFT기둥의 성능향상을 위한 방법으로 수평철근을 보강한 CFT기둥에 대하여 수치해석을 수행하였음. ▪ 강관의 두께, 보강철근의 단면크기, 보강철근의 배치를 변수로 하여 각가의 폭발저항성능을 평가 ▪ 변수에 따른 폭발저항성능과의 관계와 성능향상을 위한 효율적인 방안 제시		학술발표 및 논문집 게재 1건

관련 목표 성과물	▪ P-M 상관도를 이용한 철근 콘크리트 기둥의 폭발저항성능 평가 (학술발표 및 논문집 게재 2건) ▪ 철근을 보강한 CFT 기둥의 폭발 저항성능평가 (학술발표 및 논문집 게재 1건)

3-2-3	연쇄붕괴 방지기술	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	학술발표 및 논문집 게재
세부 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	
C04	전산유체해석을 통한 실제 구조물 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가	

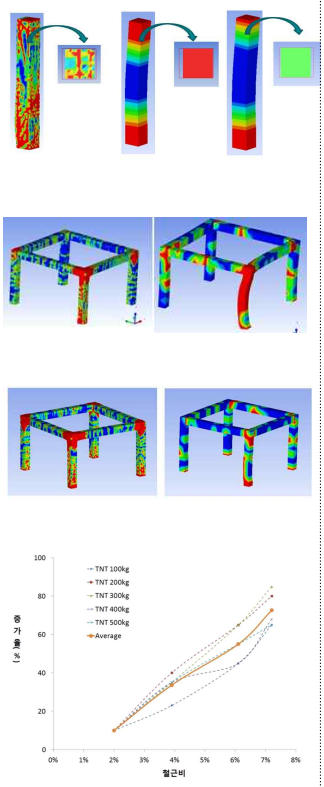
절차	내용	이미지	산출물
철근콘크리트 폭발해석을 위한 재료모델링	▪ 정밀한 폭발해석의 경우 다소의 요소로 인한 Time-step 감소로 인하여 해석시간이 증가하고 철근과 콘크리트의 Geometry를 이용한 개별 모델링으로 인한 해석모델제작에 상당한 시간이 소요됨 ▪ B.M Luccioni가 제안한 Analysis of building collapse under blast loads의 재료 물성치를 기준으로 간략화된 콘크리트 모델링 방법 ▪ Von mises 모델을 이용하여 콘크리트와 유사한 파괴거동을 보이는 물성치 설정		학술발표 및 논문집 게재예정 1건

관련 목표 성과물	▪ 철근콘크리트 폭발해석을 위한 재료모델링 학술발표 및 논문집 게재 예정 1건

(3) 4차년도

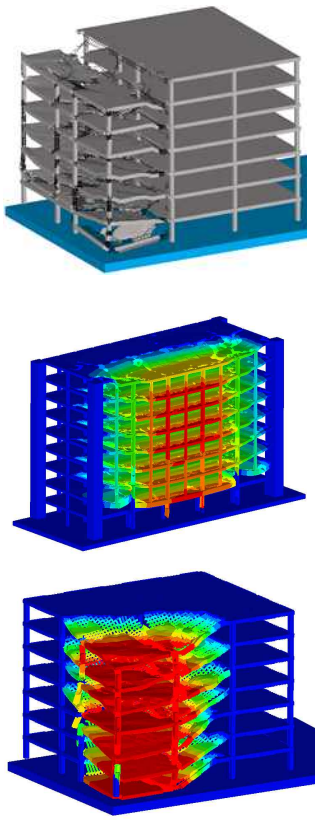
4차년도	**전산유체해석을 통한 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가**	
	C05	철근콘크리트 건물의 폭파해석을 위한 간략 모델링 방법
	C06	전산해석을 이용한 폭발하중에 따른 철근콘크리트 골조의 연쇄붕괴 해석 기법

3-2-3	비정상하중 해석/설계 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	
세부 목표	전산유체해석을 통한 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가	
C05	철근콘크리트 건물의 폭파해석을 위한 간략 모델링 방법	

절차	내용	이미지	산출물
철근콘크리트 건물의 폭파해석을 위한 간략 모델링 방법	▪ 대형 구조물의 경우 요소 수의 증가, 철근과 콘크리트 그리고 공기의 Interaction의 고려로 인한 Time-step의 감소 및 해석을 위한 고사양의 컴퓨터 요구 ▪ 철근과 콘크리트가 합성된 물성치를 제시하여 모델링 시간 절약 및 해석 시간 단축 ▪ 정밀모델과의 비교를 통한 통합 물성치의 평가 절차 ▪ 정밀모델의 변형감소율과 간략모델의 변형감소율을 비교 평가		학술발표 및 논문집 게재 1건

관련 목표 성과물	▪ 철근콘크리트 건물의 폭파해석을 위한 간략 모델링 방법 학술발표 및 논문집 게재 1건

3-2-3	연쇄붕괴 방지기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	
세부 목표	전산유체해석을 통한 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가	
C06	전산해석을 이용한 폭발하중에 따른 철근콘크리트 골조의 연쇄붕괴 해석 기법	

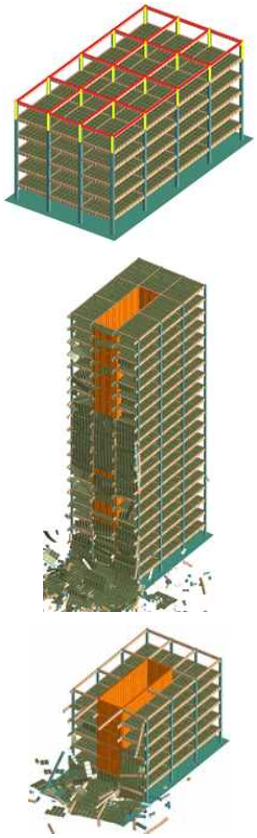
절차	내용	이미지	산출물
전산해석을 이용한 폭발하중에 따른 철근콘크리트 골조의 연쇄붕괴 해석 기법	▪ Reinforce contact를 이용하여 Explicit dynamic에서 철근과 콘크리트의 모델링 제약을 자유롭게 함. ▪ 정밀해석모델과 Reinforce contact 모델의 비교 및 유효성 검증 ▪ Explicit dynamic 해석시 중력가속도에 의한 붕괴시뮬레이션을 위환 환경 적용 ▪ UFC 예제모델을 통한 철근콘크리트 골조의 폭팔에 따른 연쇄붕괴 해석		학술발표 및 논문집 게재 예정 1건

관련 목표 성과물	▪ 전산해석을 이용한 폭발하중에 따른 철근콘크리트 골조의 연쇄붕괴 해석 기법 (학술발표 및 논문집 게재 예정 1건)

(4) 5차년도

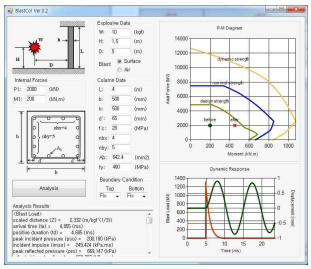
5차년도	**전산유체해석을 통한 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 평가**	
	C07	전산유체해석을 이용한 초고층 건물의 축소 모델링 연쇄붕괴 해석
	C08	약산 해석을 이용한 RC 기둥의 손상 평가 프로그램 개발

3-2-3	연쇄붕괴 방지기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	
세부 목표	폭발, 충돌 등의 비정상하중을 저감 시키는 구조설계 방안 개발	
C07	전산유체해석을 이용한 초고층 건물의 축소 모델링 연쇄붕괴 해석	

절차	내용	이미지	산출물
전산유체해석을 이용한 초고층 건물의 축소 모델링 연쇄붕괴 해석	▪ 초고층 건축물의 경우 요소의 수가 너무 많아 모델링 및 해석이 어려움 ▪ 연쇄붕괴 발생 여부 판단을 위한 건물의 일부만 모델링에 포함하여 해석 ▪ 상부층 질량은 최상층 기둥에 작용하는 집중 질량으로 치환 ▪ 연쇄붕괴 저항 능력은 최상층 보의 탄성계수를 증가시켜 표현 ▪ ELS프로그램을 통한 축소 모델링 방안의 타당성 평가		학술발표

관련 목표 성과물	▪ 응용 요소법을 이용한 초고층 건물의 축소 모델링 연쇄붕괴 해석 (학술발표 1건)

3-2-3	연쇄붕괴 방지기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	비정상하중에 의한 연쇄붕괴 시뮬레이션	
세부 목표	폭발, 충돌 등의 비정상하중을 저감 시키는 구조설계 방안 개발	
C08	약산 해석을 이용한 RC 기둥의 손상 평가 프로그램 개발	

절차	내용	이미지	산출물
약산 해석을 이용한 RC 기둥의 손상 평가 프로그램 개발	▪ 폭발 하중을 받는 구조물의 해석의 경우 동적 해석 과정에 의해 설계 과정이 복잡함 ▪ 폭발 상황 하에서의 구조물, 특히 연쇄붕괴의 원인이 되는 기둥의 손상정도와 생존 능력을 간단히 파악하기 위한 약산 해석 프로그램의 개발 ▪ 약산해석 프로그램을 개발하고 전산 유체해석을 통한 폭발 상황 하에서 기둥의 정밀 해석을 진행, 그 타당성을 입증		약산해석 프로그램

관련 목표 성과물	▪ 약산해석 프로그램

[3-3 세세부 : 초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발]

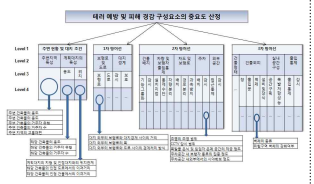
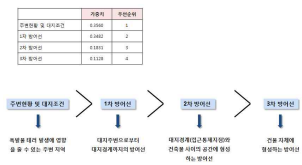
세세부 과제명	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발

최종목표
테러위험도 평가 모델 개발 테러 예방 및 피해경감을 위한 계획설계지침 개발 테러 예방 및 피해경감을 위한 구조설계지침 개발

세부목표		
	테러위험도 평가모델 개발	
	A01	테러 위험도 영향요인의 가중치 형성방안 모색
	A02	수리적 방법론에 기반 한 정량적 가중치 설정 방안 개발
	A03	평가항목 간 상호보완효과를 고려한 함수식 설정을 통한 평가모델 개발
	테러 예방 및 피해경감을 위한 계획설계지침 개발	
	A04	해외 가이드라인 사례 조사 및 DB 구축
	A05	폭발물테러 영향요인 유형화 및 계획설계요소 체계화
	A06	계획설계 가이드라인 개발
	A07	고위험 건축물의 보안시스템 운영방안 제시
	테러 예방 및 피해경감을 위한 구조설계지침 개발	
	A08	구조부재별 파괴모드 분석
	A09	손상도에 따른 방호기반 구조부재 성능평가
	A10	해외 구조설계 가이드라인 사례조사 및 분석
	A11	폭발하중의 응답경감을 위한 구조부재 연성확보 방안 제시
	A12	폭발 저항 구조부재 해석/설계 기술 개발
	A13	구조설계 가이드라인 개발

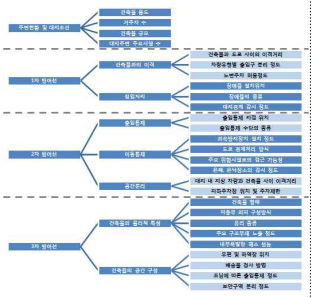
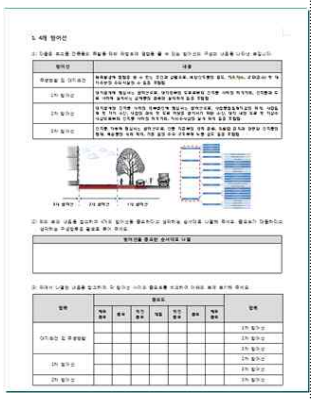
3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러위험도 평가 모델 개발	
A01	테러 위험도 영향요인의 가중치 형성방안 모색	

`

절차	내용	이미지	산출물
평가모델 반영요인 수립 및 계층화	▪ 주변현황 및 대지조건과 3중 방어선으로 구성되는 평가모델 반영요인을 수립함. ▪ 각 반영요인을 계층화함.		-
전문가 설문	▪ 쌍대비교행렬 형성을 위한 전문가 설문지를 구성함. ▪ 전문가를 선정하고 설문조사를 실시함.		연구홍보 (전문가 워크샵)
요인 별 가중치 산출 및 결과 분석	▪ AHP를 적용, 요인 별 가중치를 산출함. ▪ 전문가 설문에 대한 타당성을 검증함. ▪ 가중치를 분석함.		학술대회 발표논문
관련 목표 성과물	-		

3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러위험도 평가 모델 개발	
A02	수리적 방법론에 기반 한 정량적 가중치 설정 방안 개발	

`

절차	내용	이미지	산출물
평가항목 계층화	▪ 3단계 계층구조 형성 ▪ 상위단계: 주변현황 및 대지조건,1차 방어선, 2차 방어선, 3차 방어선으로 분류 ▪ 중간단계: 상호보완효과가 나타나는 평가항목의 그룹으로 분류 ▪ 하위단계: 도출된 27개의 평가항목		
전문가 설문지 디자인	▪ 계층화 된 평가항목에 대한 쌍대비교 (pairwise comparison)를 위한 전문가 설문지 디자인		
계층화 된 평가항목 가중치 산출 및 전문가 설문결과 타당성 검증	▪ AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 활용한 각 평가항목의 가중치 산출 ▪ 전문가 의견 통합: AIJ(Aggregation of Individual Judgments) 방법론 ▪ 가중치 산출: EVM(Eigen Vector Method) ▪ 일관성 검증: CR(Consistency Ratio)	$Aw = \lambda_{\max} w$ A : 쌍대비교행렬 w: 가중치 $\lambda_{\max}$: 쌍대비교행렬의 최대 고유값	
관련 목표 성과물			

3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러위험도 평가 모델 개발	학술지 논문 게재, 지침 및 매뉴얼
A03	평가항목 간 상호보완효과를 고려한 함수식 설정을 통한 평가모델 개발	

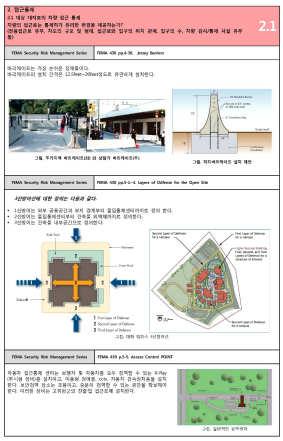
`

절차	내용	이미지	산출물
▪ 평가항목 간 상호보완효과를 반영한 함수식 설정	▪ 평가항목 간의 상호보완효과를 반영하기위한 함수식 설정 ▪ 일반적으로 활용되는 가중산술평균을 확장한 가중기하평균 활용	$\bar{x} = \frac{w_1x_1 + w_2x_2 + \ldots + w_nx_n}{w_1 + w_2 + \ldots + w_n}$ 가중산술평균 ⇩ $\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i}\right)^{1/\sum_{i=1}^{n} w_i}$ 가중기하평균	
▪ 통합 위험도 등급 ▪ 산출 함수식 개발	▪ 통합 위험도 등급 산출을 위한 함수식 개발 ▪ 상호보완효과가 나타나는 요소와 상호보완효과가 나타나지 않는 요소를 구분하여 함수식 개발		초고층 건축물의 테러위험도 평가모델 논문
▪ 테러위험도 평가 ▪ 가이드라인 형성	▪ 테러 위험도 평가 가이드라인 형성 ▪ 전문가 선정 및 설문조사를 통한 사례연구결과 제시		초고층 건축물의 테러위험도 평가를 위한 가이드라인

관련 목표 성과물	▪ 초고층 건축물의 테러위험도 평가모델 논문 ▪ 초고층 건축물의 테러위험도 평가를 위한 가이드라인

3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 계획설계지침 개발	DB 구축건수
A04	해외 가이드라인 사례 조사 및 DB 구축	

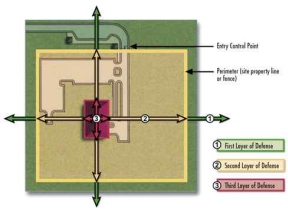
`

절차	내용	이미지	산출물
해외 가이드라인의 체계화	▪ 미국 FEMA에서 발간한 9개의 Risk Management Series의 내용을 분석함. ▪ 테러예방을 위한 고려사항 및 가이드라인을 환경조건, 접근통제, 외부공간, 대상시설로 구분하여 체계화함.	FEMA	
해외 가이드라인의 DB 구축	▪ 분류체계에 따라 초고층 건축물의 테러예방과 관련이 있는 가이드라인을 DB화함.		해외 가이드라인 사례집

관련 목표 성과물	▪ 해외 가이드라인 사례집

3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 계획설계지침 개발	지침/매뉴얼 개발건수
A05	폭발물테러 영향요인 유형화 및 계획설계요소 체계화	

`

절차	내용	이미지	산출물
3중 방어선	▪ 3중 방어선 개념을 도입함 ▪ 초고층 건축물의 폭발물 예방과 관련된 방어선의 개념을 설정함		
방어선별 영향요인 체계화	▪ 각 방어선별 위험도 평가 및 계획설계를 위해 고려해야 할 요인을 체계화함	방어선 / 고려사항 주변현황 및 대지조건: • 주변지역의 특성 • 계획대지의 특성: 용도, 위치 1차 방어선: • 보행로 및 도로: 보행로, 도로 • 대지경계: 감시, 보호 2차 방어선: • 건물배치: 기능의 그룹화, 감시 • 차량 및 보행자 출입통제: 설치지점, 통제수단, 차량분리 • 차도 및 보행로: 배치, 경로분리, 과속방지 • 주차: 배치, 감시 • 외부공간: 접근통제, 감시 3차 방어선: • 건물형태 • 건물외피: 창, 출입문, 벽체, 설비 및 장식 • 실내공간 구성: 공간구획, 폭발저항성능 • 출입통제 및 감시: 출입통제, 감시	학술대회 발표논문 학술지 게재논문 연구홍보 (세미나)
관련 목표 성과물	▪ 위험도 평가 가이드라인 ▪ 계획설계 가이드라인		

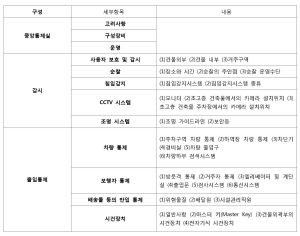
3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 계획설계지침 개발	DB 구축, 학술지 논문 게재, 지침 및 매뉴얼
A06	계획설계 가이드라인 개발	

`

절차	내용	이미지	산출물
계획설계요소 체계화	▪ 테러예방 계획설계요소 도출 ▪ 상호보완효과를 고려한 설계요소 체계화		위험도 평가 및 계획설계 가이드라인 구성항목
계획설계 가이드라인 개발	▪ 적용가능한 가이드라인의 DB 구축 ▪ 설계요소별, 위험수준별 가이드라인 작성		테러예방 계획설계 가이드라인
관련 목표 성과물	▪ 위험도 평가 가이드라인 ▪ 계획설계 가이드라인		

3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 계획설계지침 개발	지침 및 매뉴얼
A07	고위험 건축물의 보안시스템 운영방안 제시	

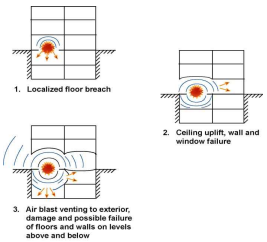
`

절차	내용	이미지	산출물
보안시스템 구성요소 체계화	▪ 국외 가이드라인 검토 ▪ 보안시스템 구성요소 체계화		보안시스템 구성항목체계
보안시스템 운영방안 제시	▪ 보안시스템 운영방안 구성원칙 ▪ 보안시스템 운영방안 제시		보안시스템 운영방안

관련 목표 성과물	▪ 테러예방 계획설계 가이드라인

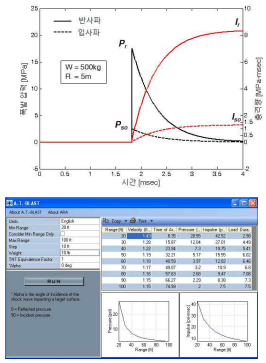
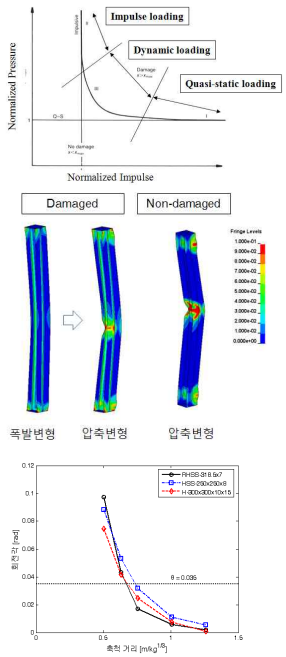
3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 구조설계지침 개발	보고서 작성
A08	구조부재별 파괴모드 분석	

`

<table>
<tr><th>절차</th><th>내용</th><th>이미지</th><th>산출물</th></tr>
<tr><td>파괴모드 분석</td><td>▪ 피해사례와 해외자료를 통해 파괴모드를 분석함</td><td>FEMA
GSA U.S. General Services Administration
 
</td><td></td></tr>
<tr><td>고려사항 도출</td><td>▪ 폭발물 테러에 의한 구조부재별 피해양상과 파괴모드를 위한 고려사항을 체계화함</td><td>
<table>
<tr><th>피해 수준</th><th>구조 부재</th><th>파괴 모드</th></tr>
<tr><td rowspan="3">직접적 피해</td><td>기둥, 벽체</td><td>전단</td></tr>
<tr><td>슬래브</td><td>전단, 휨, 인장</td></tr>
<tr><td>보</td><td>전단, 휨</td></tr>
<tr><td rowspan="3">간접적 피해</td><td>기둥, 벽체</td><td>좌굴</td></tr>
<tr><td>슬래브</td><td>접합부</td></tr>
<tr><td>보</td><td>인장, 접합부</td></tr>
</table>
</td><td>파괴모드 분석 보고서</td></tr>
<tr><td>관련 목표 성과물</td><td colspan="3">▪ 구조설계 가이드라인</td></tr>
</table>

3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 구조설계지침 개발	수치해석 학술대회발표 논문
A09	손상도에 따른 방호기반 구조부재 성능평가	

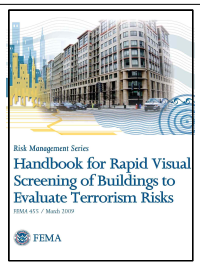
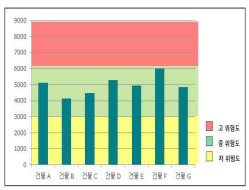
`

절차	내용	이미지	산출물
폭발설계하중정의	▪ 충격파 형태의 폭발하중특성을 분석하여 충격량과 최대압력과의 관계 도출 ▪ 폭발설계하중을 정의하는 방법과 프로그램 확보		
구조부재 성능평가	▪ 폭발하중 크기와 유형에 따른 방폭 해석방법 구분 ▪ 손상도에 따른 방호수준을 정의하고 구조부재의 성능을 평가함.		수치해석 학술대회 발표논문

관련 목표 성과물	▪ 구조설계 가이드라인

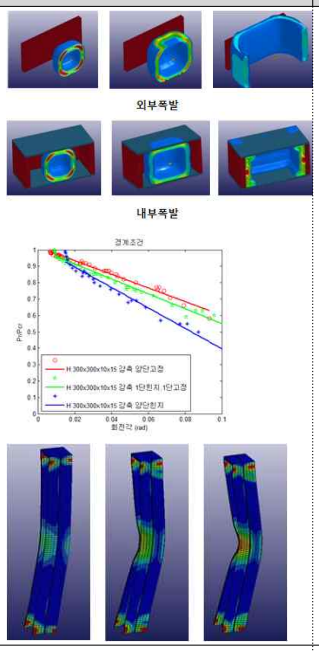
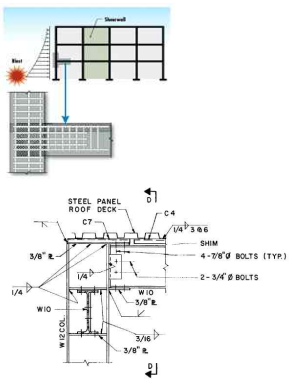
3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 구조설계지침 개발	학술대회 발표논문
A10	해외 구조설계가이드라인 사례조사 및 분석	

`

절차	내용	이미지	산출물
해외 가이드라인 사례분석 및 체계화	▪ FEMA에서 발간한 Risk Management Series 중 4개를 선정하여(426, 427, 452, 455) 내용을 분석 ▪ 테러예방을 위한 가이드라인을 구조계획, 구조시스템, 부재설계로 체계화 및 고려사항 분석		
국내건축물 위험도평가	▪ 평가대상 건축물 7동 선정 ▪ FEMA 455를 토대로 RVS 평가 ▪ 평가결과를 평가요소별 위험도 영향요인분석	 	학술대회 발표논문
관련 목표 성과물	▪ 구조설계 가이드라인		

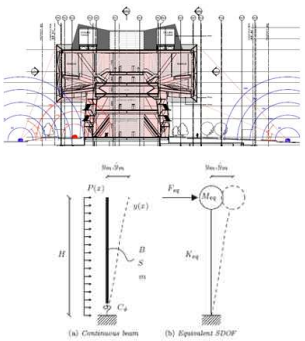
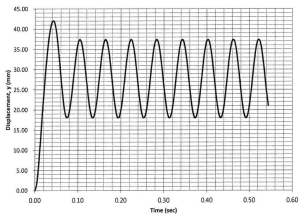
3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 구조설계지침 개발	학술대회 발표논문
A11	폭발하중의 응답경감을 위한 구조부재 연성확보 방안	

`

절차	내용	이미지	산출물
폭발 저항성능 및 연성 평가	▪ 초기중력하중을 고려한 기둥의 폭발손상도 및 폭발저항성능 평가 ▪ 경계조건 및 단면의 변수해석 ▪ 폭발물 무게 및 이격거리에 따른 회전각과 잔여압축력 관계 도출 => 실무 적용안 ▪ 내부폭발파와 구조물의 상호작용을 반영한 구조물의 응답 해석 ▪ 외부폭발과 내부폭발 하중 비교 분석 ▪ 벽체, 슬래브 부재 응답 분석 및 연성능력 평가		학술대회발표 논문 3건
구조부재 연성확보 설계방안 제시	▪ RC 및 강구조물 방폭설계방법 분석 ▪ 주요 부재 (슬래브, 기둥, 보, 벽체) 및 접합부의 저항성능 향상을 위한 연성확보 설계기술 연구 ▪ 사고후 처리계획		구조설계 가이드라인 내용
관련 목표 성과물	▪ 테러예방 구조설계 가이드라인		

3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 구조설계지침 개발	프로그램 등록 / 수치해석
A12	폭발 저항 구조부재 해석/설계 기술 개발	

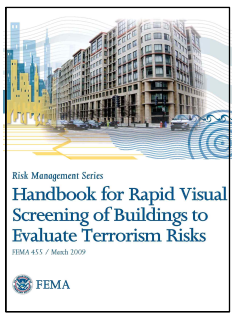
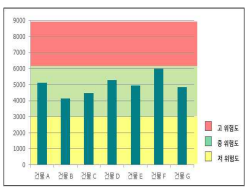
`

절차	내용	이미지	산출물
방폭해석방법 도출	▪ 거리와 높이에 따른 폭발하중크기 결정 ▪ 단자유도 해석절차 개발		수치해석 2건
해석프로그램 개발	▪ 해석프로그램 개발 ▪ 사례 검증		프로그램등록 1건

관련 목표 성과물	▪ 테러예방 구조설계 가이드라인

3-3-1	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	테러 예방 및 피해경감을 위한 구조설계지침 개발	학술발표 및 학술지, 지침 및 매뉴얼 개발
A13	구조설계 가이드라인 개발	

`

절차	내용	이미지	산출물
해외 가이드라인 사례분석 및 체계화	▪ FEMA에서 발간한 Risk Management Series 중 4개를 선정하여(426, 427, 452, 455) 내용을 분석 ▪ 테러예방을 위한 가이드라인을 구조계획, 구조시스템, 부재설계로 체계화 및 고려사항 분석		
국내건축물 위험도평가 및 테러예방 구조설계 가이드라인 제시	▪ **평**가대상 건축물 7동 선정 ▪ FEMA 455를 토대로 RVS 평가 ▪ 테러예방 구조설계 **가이드라인 제시**	 	학술대회발표 논문 1건 학술지 논문 2건 구조설계 가이드라인 1건
관련 목표 성과물	▪ 테러예방 구조설계 가이드라인		

[3-4 세세부 : 초고층건축 법/제도 및 지원정책]

세세부 과제명	초고층건축 법/제도 및 지원정책

최종목표
초고층건축물에 관한 특별법(안) 제안 초고층건축물에 관한 정책(안) 제안 초고층건축 설계 및 기술의 성능평가방안 제안 초고층건축 녹색성능 평가 Framework 제시 초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 제시

세부목표			
	3차년도	**초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련**	
		A01	초고층건축물에 관한 특별법(안) 초안 제시
		A02	초고층건축물에 관한 정책(안) 제시
		초고층건축 성능평가 기반 마련	
		A03	초고층건축 설계 및 기술의 성능평가를 위한 기본 방안 및 전략적 가이드라인 제시
		A04	초고층건축 녹색성능 평가 기반 구축
		초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선 기반 마련	
		A05	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축을 위한 기본 방안 및 전략적 가이드라인 제시
		A06	사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심 개발 기술 적용 가이드북 기반 구축
	4차년도	**초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련**	
		A07	초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법 및 시행령(안) 제시
		A08	초고층건축물에 관한 정책(안) 및 관련 법령 개정(안) 제시
		초고층건축 성능평가 기반 마련	
		A09	초고층건축 설계 및 기술 성능평가방안 제시
		초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선 기반 마련	
		A10	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축
		A11	사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심개발기술 활용 가이드북 Framework 제시

세부목표	**5차년도**	**초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련**	
		A12	초고층건축 절차 및 기준법(안), 시행령(안), 시행규칙(안)
		A13	초고층건축의 공공성 및 안전성 확보를 위한 제도 개선 방안
		초고층건축 인허가 절차 및 성능평가 가이드라인	
		A14	초고층건축 인허가 절차 가이드라인
		A15	초고층건축 기술 및 안전 성능 평가 가이드라인
		초고층건축 가이드 웹	
		A16	초고층건축 가이드 웹 구축

(1) 3차년도

3차년도	**초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련**	
	A01	초고층건축물에 관한 특별법(안) 초안 제시
	A02	초고층건축물에 관한 정책(안) 제시
	초고층건축 성능평가 기반 마련	
	A03	초고층건축 설계 및 기술의 성능평가를 위한 기본 방안 및 전략적 가이드라인 제시
	A04	초고층건축 녹색성능 평가 기반 구축
	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선 기반 마련	
	A05	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축을 위한 기본 방안 및 전략적 가이드라인 제시
	A06	사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심 개발 기술 적용 가이드북 기반 구축

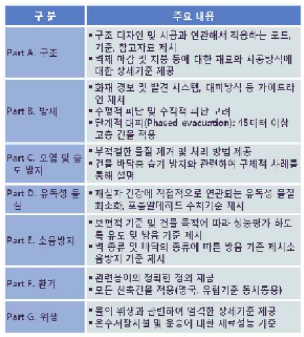
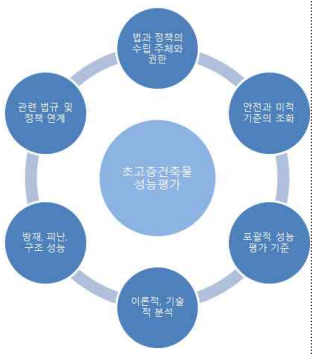
3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련	보고서
세부 목표	초고층건축물에 관한 특별법(안) 제안	
A01	초고층건축물에 관한 특별법(안) 초안 제시(건정연)	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축물에 관한 특별법 추진 방향 제시	▪ 2차년도 연구에서 수행한 초고층건축물에 관한 특별법(안) 체계를 토대로 초고층건축물에 관한 특별법(안) 초안의 작성이 기본이 되는 추진 방향을 제시함 ▪ 초고층건축물에 관한 특별법 추진 방향은 ①도시 수직화 개념의 초고층건축물 계획, ②공간활용 기준의 탄력적 적용, ③안전성 확보 및 합리적인 설계를 위한 성능기반설계 적용, ④건축인허가 및 사용승인의 차별화, ⑤통합설계 및 통합감리를 통한 다양한 전문가의 사업 전단계 참여, ⑥초고층관련 법령 분법화를 통한 제도운용의 효율성 및 전문성 향상과 같이 6가지 추진방향을 제시함	-	-
초고층건축물에 관한 특별법(안) 초안 제시	▪ 특별법 추진 방향을 토대로 초고층건축물에 관한 특별법(안) 초안을 제시함 ▪ 특별법(안) 초안은 ①총칙, ②초고층건축구역 지정 및 건축인허가, ③초고층건축물의 설계 및 공간활용, ④초고층건축물의 부분착공, 부분사용승인, 사용승인, ⑤초고층건축물의 구조, 재료 및 설비기준, ⑥초고층건축물의 방재 및 유지관리, ⑦초고층건축물의 탄소배출 및 에너지 저감과 같이 7장으로 구성되며, 총 37개 조문임		보고서 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층건축물에 관한 특별법(안) 초안 제시		

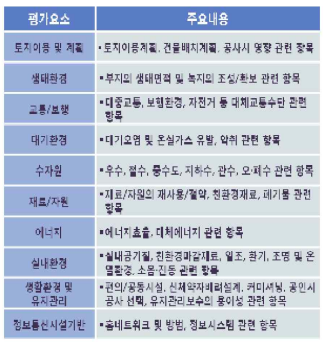
3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련	정책제안
세부 목표	초고층건축물에 관한 정책(안) 제시	
A02	초고층건축물에 관한 정책(안) 제시(건정연)	

절차	내용	이미지	산출물
도시수직화 개념의 초고층건축물 계획에 관한 정책(안) 제시	▪ 도시수직화 개념의 초고층건축물 계획에서는 ①초고층건축물 대상 지역에 대한 특별건축구역 지정, ②초고층건축물의 통합 심의, ③초고층건축물의 옥상광장 설치 규정 합리화, ④초고층건축물의 공개공지에 대한 공공성 확보, ⑤초고층건축물의 저층부 오픈스페이스 확보와 같이 5가지 정책(안)을 제안함		정책제안 5건
초고층건축물의 설계 및 감리에 관한 정책(안) 제시	▪ 초고층건축물의 설계 및 감리에서는 ①초고층건축물의 통합설계, ②초고층건축물의 통합감리와 같이 2가지 정책(안)을 제안함		정책제안 2건
초고층건축물의 합리적인 설계를 위한 성능기반 설계에 관한 정책(안) 제시	▪ 초고층건축물의 합리적 설계를 위한 성능기반 설계에서는 ①성능기반의 승강기 대수 산정, ②초고층건축물의 연돌효과 방지설계, ③초고층건축물의 급·배수 설비 기준의 강화와 같이 3가지 정책(안)을 제안함		정책제안 3건
관련 목표 성과물	▪ 초고층건축물에 관한 정책(안) 10건 제안		

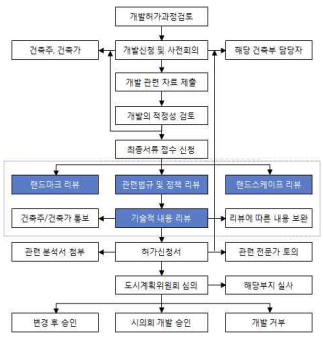
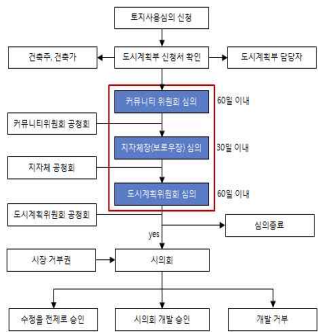
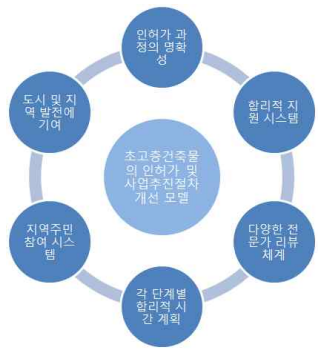
3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층건축 성능평가 기반 마련	보고서
세부 목표	초고층건축 설계 및 기술의 성능평가방안 제안	
A03	초고층건축 설계 및 기술의 성능평가를 위한 기본 방안 및 전략적 가이드라인 제시(건정연)	

절차	내용	이미지	산출물
영국 건축법의 성능평가 승인문서 분석	▪ 영국 건축법 체계는 1984년에 제정된 '건축법(Building Act)'을 기초로 '건축령(Building Regulation)' 및 '승인문서(Approved Document)'로 세분화됨. ▪ 지난 2차년도 연구에서는 방재(Part B) 관련 인증 항목에 대한 분석을 우선 진행하였으며, 따라서 본 연구의 3차년도 연구에서는 방재 부분을 제외한 나머지 13개 승인문서의 핵심 내용에 대한 분석을 진행함		보고서 1건
시카고의 핵심 빌딩코드 분석	▪ 미국의 통합 빌딩 코드(International Building Code, IBC)는 전체 35개 세부 분야로 구성되며, IBC 코드의 특징은 건물과 연관된 건축적, 공간적 측면과 기술적 부분과 연관된 대부분의 디테일을 포함한다는 점에 있음 ▪ 본 연구에서는 빌딩 코드를 폭넓게 파악하는 전문가와의 수차례 인터뷰를 통한 종합적 이해를 토대로 시카고 빌딩 코드를 이해하는 핵심이라 판단되는 15개 분야를 선별하여 핵심 사항을 설명함		보고서 1건
초고층건축물의 성능평가 기본 방안 및 전략적 가이드라인 제시	▪ 본 연구에서는 영국 승인문서 분석 내용과 미국 시카고의 핵심 빌딩코드 분석 내용을 토대로 초고층건축물의 성능평가 기본방안을 제시하였으며, 이는 ①법과 정책의 수립 주체와 권한, ②안전과 미적 기준의 조화, ③포괄적 성능평가 기준, ④이론적, 기술적 분석, ⑤방재, 피난, 구조 성능, ⑥관련 법규 및 정책 연계와 같이 6가지와 같음 ▪ 또한 본 연구에서는 초고층건축의 성능평가 방안을 수립하기 위한 전략적 가이드라인을 제시하였으며, 이는 세 개의 선행 연구를 통해 도출한 결과를 국내에 적합한 방식으로 적용하기 위한 방향을 제시하는 데 그 목적이 있음		보고서 1건
관련 목표 성과물	▪ 영국 건축법의 성능평가 승인문서 분석 보고서 1부 ▪ 시카고의 핵심 빌딩코드 분석 보고서 1부 ▪ 초고층건축물의 성능평가 기본 방안 및 전략적 가이드라인 보고서 1부		

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층건축 성능평가 기반 마련	보고서
세부 목표	초고층건축 녹색성능 평가 Framework 구축	
A04	초고층건축 녹색성능 평가 기반 구축(건정연)	

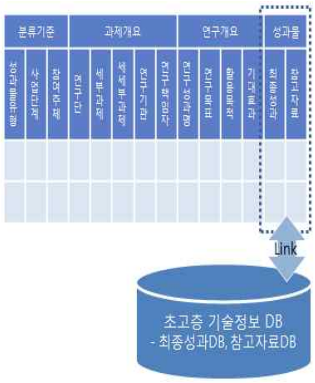
절차	내용	이미지	산출물
국내외 제도별 녹색성능 평가요소 비교·분석	▪ 본 연구에서는 초고층건축물에 적용 가능한 녹색성능 평가요소를 도출하기 위한 기초 연구로 ①토지이용 및 계획, ②생태환경, ③교통/보행환경, ④대기환경, ⑤수자원, ⑥재료 및 자원, ⑦에너지, ⑧실내환경, ⑨생활환경 및 유지관리 9가지 평가항목에 대한 세부 평가요소들에 대하여 '건축법'에 따른 친환경건축물 인증제도의 평가항목에 주안점을 두어 국내·외 제도와 비교·분석하였음		-
녹색성능 평가요소별 초고층건축물 적용 가능성 검토	▪ 본 연구에서는 초고층건축 녹색성능 평가 Framework 구축을 위한 기초 연구로 ①토지이용 및 계획, ②생태환경, ③교통/보행환경, ④대기환경, ⑤수자원, ⑥재료 및 자원, ⑦에너지, ⑧실내환경, ⑨생활환경 및 유지관리, ⑩정보통신시설 기반과 같이 10가지 평가항목을 대상으로 녹색성능 평가요소별 초고층건축물 적용 가능성 검토 연구를 수행함		보고서 1건
관련 목표 성과물	▪ 녹색성능 평가요소별 초고층건축물 적용 가능성 검토 보고서 1부		

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 개발	보고서
세부 목표	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선 기반 마련	
A05	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축을 위한 기본 방안 및 전략적 가이드라인 제시(건정연)	

절차	내용	이미지	산출물
시카고의 고층건축 관련 법/제도 및 인허가 과정 분석	▪ 본 연구에서는 시카고의 고층건축 관련 법규 및 정책을 고찰하였으며, 특히, 시카고의 ①높이 제한에 대한 규정 및 변화, ②지역 용적률 제도, ③조닝플랜, ④인센티브 조닝에 대하여 분석함 ▪ 또한 시카고의 인허가 과정을 분석하였으며, 특히, ①랜드마크 리뷰, ②관련 법규 및 정책 리뷰, ③랜드스케이프 리뷰, ④기술적 리뷰와 같은 4단계 리뷰에 대해서 고찰함은 물론 시카고의 고층건물 핵심 평가요소를 분석함		보고서 1건
뉴욕의 고층건축 관련 법/제도 및 인허가 과정 분석	▪ 본 연구에서는 뉴욕의 고층건축 관련 법규 및 정책을 고찰하였으며, 특히, 뉴욕의 ① 높이 제한에 대한 규정 및 변화, ②공중권, 인센티브 조닝, 맥락 조닝, 특별구역에 대하여 분석함 ▪ 또한 뉴욕의 인허가 과정을 분석하였으며, ①커뮤니티 위원회 평가, ②지자체장 평가, ③도시계획 위원회 평가와 같이 3단계로 구성된 표준토지이용심의제도에 대하여 고찰함은 물론 뉴욕의 고층건물 핵심 평가요소를 분석함		보고서 1건
초고층건축 인허가 및 사업추진절차 기본방안 및 전략적 가이드라인 제시	▪ 본 연구에서는 초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 개발을 위한 기본 연구로 영국과 미국의 법/제도 및 인허가 과정에 대한 비교 분석을 통해 초고층건축물의 인허가를 위한 기본 방안 6가지를 제시하였으며, 이는 ①인허가 과정의 명확성, ②합리적 지원 시스템, ③다양한 전문가 리뷰 체계, ④각 단계별 합리적 시간 계획, ⑤지역주민 참여 시스템, ⑥도시 및 지역 발전에 기여와 같음 ▪ 이와 더불어 본 연구에서는 선행 연구 결과를 토대로 초고층건축의 인허가 및 사업추진절차 모델 개발을 위한 전략적 가이드라인을 3단계로 구분하여 제시함		보고서 1건

관련 목표 성과물	▪ 시카고의 고층건축 관련 법/제도 및 인허가 과정 분석 보고서 1부 ▪ 뉴욕의 고층건축 관련 법/제도 및 인허가 과정 분석 보고서 1부 ▪ 초고층건축 인허가 및 사업추진절차 기본 방안 및 전략적 가이드라인 보고서 1부

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 개발	보고서
세부 목표	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선 기반 마련	
A06	사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심 개발 기술 적용 가이드북 기반 구축(건정연)	

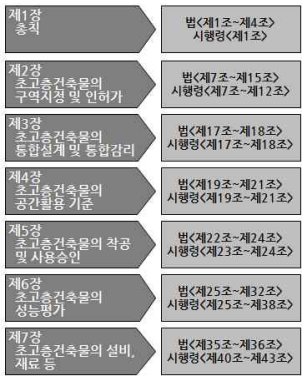
절차	내용	이미지	산출물
사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심기술 적용 가이드북 Framework 제시	▪ 본 연구에서는 초고층 사업단/연구단의 연구성과 및 핵심 개발 기술에 대한 체계적인 관리 및 다양한 초고층사업 참여 주체의 유기적인 정보 공유 및 기술 연계를 목적으로 사업단계별, 참여주체별 연구성과 및 핵심 개발 기술 적용을 위한 가이드북을 제시하고자 함 ▪ 해당 차년도 연구에서는 사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심기술 적용 가이드북 제시를 위한 기초단계로 가이드북 구축을 위한 분류기준 및 Framework을 제시함 ▪ 이와 더불어 가이드북 Framework 검증 및 보완을 위하여 일부 과제에 대하여 가이드북 구성 작업을 실시하였음		보고서

관련 목표 성과물	▪ 사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심 개발 기술 적용 가이드북 Framework

(2) 4차년도

4차년도	**초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련**	
	A07	초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법 및 시행령(안) 제시
	A08	초고층건축물에 관한 정책(안) 및 관련 법령 개정(안) 제시
	초고층건축 성능평가 기반 마련	
	A09	초고층건축 설계 및 기술 성능평가방안 제시
	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선 기반 마련	
	A10	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축
	A11	사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심개발기술 활용 가이드북 Framework 제시

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련	
세부 목표	초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법(안) 제안	
A07	초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법 및 시행령(안) 제시	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법 및 시행령(안) 제시	▪ 3차년도 연구에서 제시한 특별법 초안을 토대로 국내외 사례조사 및 전문가 자문을 수행하였으며, 이를 바탕으로 특별법 내용 및 구성체계를 보완하여 초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법 및 시행령(안)을 제시함 ▪ 초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법 및 시행령(안)은 ①총칙, ②초고층건축물의 구역지정 및 인허가, ③초고층건축물의 통합설계 및 통합감리, ④초고층건축물의 공간활용 기준, ⑤초고층건축물의 착공 및 사용승인, ⑥초고층건축물의 성능평가, ⑦초고층건축물의 설비, 재료 등과 같이 총 7장으로 특별법(안)은 30개 조문, 시행령(안)은 27개 조문으로 구성됨		보고서 1건

관련 목표 성과물	▪ 초고층건축 절차 및 기준 등에 관한 특별법 및 시행령(안) 제시

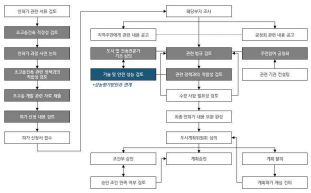
3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련	
세부 목표	초고층건축물에 관한 정책(안) 제시	
A08	초고층건축물에 관한 정책(안) 및 관련 법령 개정(안) 제시	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축물의 피난·방재 관련 규정의 합리화	▪ 초고층건축물의 피난·방재 관련 규정의 합리화에서는 ①초고층건축물의 피난안전구역 설치 관련 규정 개선, ②초고층건축물의 각층별 대피공간의 설치, ③초고층건축물의 피난용승강기 설치 규정 개선, ④초고층건축물의 제·배연설비 설치 규정 개선, ⑤초고층건축물의 수직 및 수평방화구획 설정, ⑥용도변경에 따른 피난안전시설의 유지관리와 같이 6가지 정책(안)을 제안함	-	정책(안) 제안 6건
초고층건축물의 테러 및 반사회적 범죄 예방 계획	▪ 초고층건축물은 테러 및 반사회적 범죄 행위의 대상이 되기 쉽다는 점에서 초고층건축물의 테러 및 반사회적 범죄 예방을 위한 계획 수행을 의무화하는 정책(안)을 제안함	-	정책(안) 제안 1건
초고층건축물의 구조안전성 확보	▪ 초고층건축물의 높이와 규모적인 특성을 고려하였을 때 구조안전측면, 특히 내풍구조, 내진구조, 기초 및 지하구조 설계, 비정상하중에 의한 연쇄붕괴방지 설계 등에 대하여 일반건축물과 차별화하기 위하여 관련 실험결과 및 설계반영 증빙자료 제출을 의무화하는 정책(안)을 제안함	-	정책(안) 제안 1건
초고층건축물의 친환경 성능 확보	▪ 초고층건축물의 친환경 성능 확보에서는 ①초고층건축물의 에너지 절약 설계, ②초고층건축물의 높이별 외피차등설계, ③초고층건축물의 연돌효과방지설계, ④초고층건축물의 반송동력 절감계획과 같이 4가지 정책(안)을 제안함	-	정책(안) 제안 4건
초고층건축물의 사용승인기준의 강화	▪ 초고층건축물의 경우 일반건축물과 비교하여 구조안전, 재난방지 등과 관련된 사항을 보다 엄격하게 적용되어져야 한다는 점에서 사용승인 역시 일반 건축물에 비해 보다 강화된 기준을 적용하는 정책(안)을 제안함	-	정책(안) 제안 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층건축물에 관한 정책(안) 13건 제안		

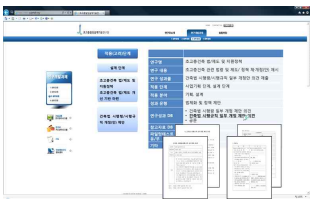
3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층건축 성능평가 기반 마련	
세부 목표	초고층건축 설계 및 기술의 성능평가방안 제안	
A09	초고층건축 설계 및 기술의 성능평가방안 제시	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축물의 친환경 성능 검토	▪ 초고층건축물의 특화된 친환경 성능 검토를 위하여 ①에너지 소비량, ②친환경 재료 사용, ③구조방식, ④실내환경, ⑤ 폐기물 발생과 같은 5가지 핵심 검토 항목 제시	-	제안 1건
초고층건축물의 피난 및 방재 성능 검토	▪ 초고층건축물의 특화된 피난 및 방재 성능 검토를 위하여 ①화재 확산 방지, ②화재 경보 시스템, ③구조시스템, ④ 방재시스템, ⑤대피 원칙 및 방식과 같은 5가지 핵심 검토 항목 제시	-	제안 1건
초고층건축물의 시공 및 재료 성능 검토	▪ 초고층건축물의 특화된 시공 및 재료 성능 검토를 위하여 ①시공방식, ②재료와 같은 2가지 핵심 검토 항목 제시	-	제안 1건
초고층건축물의 구조 성능 검토	▪ 초고층건축물의 특화된 구조 성능 검토를 위하여 ①구조형식, ②안전성능, ③ 경제성과 같은 3가지 핵심 검토 항목 제시	-	제안 1건
초고층건축물의 유지관리 성능 검토	▪ 초고층건축물의 특화된 유지관리 성능 검토를 위하여 ①환기, ②재료, ③점검 및 수리, ④외벽 관리와 같은 4가지 핵심 검토 항목 제시	-	제안 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층건축 설계 및 기술의 성능 검토에 관한 제안 5건		

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선 기반 마련	
세부 목표	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 개발	
A10	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축 인허가 모델 대안 제시	▪ 선진국의 고층건축 인허가 과정 벤치마킹을 통하여 초고층건축 인허가 모델 대안을 제시하였으며, 모델은 총 3단계로 구성되며, 12가지 검토 및 평가단계를 거침		보고서
초고층건축 인허가 단계별 검토항목 및 검토방식 제시	▪ 초고층건축 적정성 검토, 인허가 과정 사전 논의, 초고층건축 관련 정책 검토, 초고층 개발 관련 자료 제출, 허가 신청 내용 검토, 관련 법규 검토, 관련 정책 검토, 주민 참여 공청회, 도시 및 건축 전문가 기초 심의, 기술 및 안전 성능 검토, 수정 사항 필요성 검토, 도시계획위원회 심의단계별 각각의 핵심검토항목 및 검토방식 제시	-	보고서
관련 목표 성과물	▪ 초고층건축 인허가 모델 보고서		

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선 기반 마련	
세부 목표	사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심개발기술 활용 가이드북 제시	
A11	사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심개발기술 활용 가이드북 Framework 제시	

절차	내용	이미지	산출물
가이드북 Framework 제시	▪ 본 연구의 기존 가이드북 분류체계와 설계기술연구단의 개발기술수준 조사 분류체계를 고려하여 보완된 가이드북 Framework을 제시하였으며, 연구정보, 적용단계, 적용분야, 성과유형, 초고층 기술정보 DB, 기타정보(사업화/제품화, 기술실시계약, 시제품/특허 등 여부)와 같이 6가지 항목으로 구성됨		보고서
가이드북 화면(안) 제시	▪ 초고층건축 연구성과 및 핵심개발기술의 체계적 정보 관리 및 초고층건축 관련 참여자들의 관련 정보 공유 및 검색 기능 등을 제공하기 위하여 웹기반의 가이드북을 구축하고자 하며, 이를 위하여 가이드북 화면(안) 제시		보고서
관련 목표 성과물	▪ 사업단계별 초고층건축 연구성과 및 핵심개발기술 활용 가이드북 Framework 보고서		

(3) 5차년도

5차년도	**초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련**	
	A12	초고층건축 절차 및 기준법(안), 시행령(안), 시행규칙(안)
	A13	초고층건축의 공공성 및 안전성 확보를 위한 제도 개선 방안
	초고층건축 인허가 절차 및 성능평가 가이드라인	
	A14	초고층건축 인허가 절차 가이드라인
	A15	초고층건축 기술 및 안전 성능 평가 가이드라인
	초고층건축 가이드 웹	
	A16	초고층건축 가이드 웹 구축

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련	
세부 목표	초고층건축 절차 및 기준법 제정(안)	
A12	초고층건축 절차 및 기준법(안), 시행령(안), 시행규칙(안)	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축 절차 및 기준법(안), 시행령(안), 시행규칙(안) 제시	▪ 본 연구에서는 초고층건축물이 가지는 특수한 상황에 대한 적절한 규준들을 규정하고, 이를 효율적으로 뒷받침할 수 있는 운용절차의 마련 등을 목적으로 초고층건축 절차 및 기준법 제정(안)을 제시함 ▪ 초고층건축 절차 및 기준법은 ①총칙, ②초고층건축물의 구역지정 및 인허가, ③초고층건축물의 통합설계 및 통합감리, ④초고층건축물의 공간활용 기준, ⑤초고층건축물의 착공 및 사용승인, ⑥초고층건축물의 성능평가, ⑦초고층건축물의 설비, 재료 등과 같이 총 7장으로 법(안) 총 29개 조문, 시행령(안) 33개 조문, 시행규칙(안) 20개 조문으로 구성됨		보고서 1건 (제안 3건) - 법(안) - 시행령(안) - 시행규칙(안)

관련 목표 성과물	▪ 초고층건축 절차 및 기준법(가칭) 제정(안)

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층건축 관련 법/제도 개선 기반 마련	
세부 목표	초고층건축의 제도 개선 방안	
A13	초고층건축의 공공성 및 안전성 확보를 위한 제도 개선 방안	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축 법령 개정 우선사항 도출	▪ 본 연구에서는 3차년도 및 4차년도에서 제안한 22가지 초고층건축물의 제도개선 방안에 대하여 현재까지 진행된 다수의 전문가 의견을 종합하여 중요성(공공성, 안전성, 합리성) 및 개선 필요성을 기준으로 관련 법령 개정 우선사항을 선정함 ▪ 선정된 초고층건축 법령 개정 우선사항은 ①초고층건축물의 공개공지 공공성 및 쾌적성 확보, ②초고층건축물의 피난대책 관련 규정 개선, ③초고층건축물의 승강기설치 관련 규정 개선과 같음	-	-
공개공지 공공성 및 쾌적성 확보	▪ 초고층건축물의 공개공지 공공성 및 쾌적성 확보에서는 공개공지 설치시 법적 설치규모에 의한 면적의 확보뿐 아니라 공공성 및 쾌적성 등 공개공지의 질적 가치를 동시에 평가하는 방안 및 관련 법령 개정 의견들을 제시함	-	제안 1건
피난대책 관련 규정 개선	▪ 초고층건축물의 피난대책 관련 규정 개선에서는 피난안전구역의 설치 관련 규정 개선 및 거동이 불편한 노약자와 신체장애자 등의 재해약자를 위한 각 층별 대피공간 설치에 대한 방안과 관련된 법령 개정 의견들을 제시함	-	제안 1건
승강기설치 관련 규정 개선	▪ 초고층건축물의 승강기설치 관련 규정 개선에서는 수송 능력에 따른 성능기반의 승강기 대수산정과 최근 신설된 피난용승강기 관련 불합리한 규정 개선에 대한 추가 개선방안 및 관련된 법령 개정 의견들을 제시함	-	제안 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층건축의 공공성 및 안전성 확보를 위한 제도 개선(안) 3건 제안		

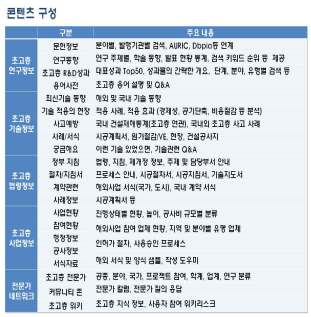
3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층건축 인허가 및 성능평가 기반 마련	
세부 목표	초고층건축 인허가 절차 및 성능평가 가이드라인	
A14	초고층건축 인허가 절차 가이드라인	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축 인허가 절차 및 단계별 주요내용	▪ 4차년도 연구에서 제시된 초고층건축 인허가 모델에 대한 전문가 자문회의 수행을 통해 초고층건축 인허가 절차를 수정/보완하고, 이와 더불어 단계별 주요내용을 정리함	-	-
초고층건축 인허가 절차 가이드라인	▪ 초고층건축물에 대한 안전하고 합리적인 건설을 제고시키기 위하여 명확한 인허가 절차 및 각 단계별 검토 항목, 진행방식 등에 관한 필요한 사항을 정하는 것을 목적으로 초고층건축 인허가 절차 가이드라인을 제안함 ▪ 초고층건축 인허가 절차 가이드라인은 ①총칙, ②초고층건축의 사전논의 및 검토, ③초고층건축의 상세검토 및 평가, ④최종 인허가 심의와 같이 총 4장으로 구성됨	-	제안 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층건축 인허가 절차 가이드라인 제안 1건		

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층건축 인허가 및 성능평가 기반 마련	
세부 목표	초고층건축 인허가 절차 및 성능평가 가이드라인	
A15	초고층건축 기술 및 안전성능평가 가이드라인	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축 기술 및 안전성능평가 가이드라인	▪ 4차년도 연구에서 제시된 초고층건축 기술 및 안전성능평가 방안에 대한 전문가 자문회의 수행을 통해 친환경, 피난 및 방재, 시공 및 재료, 구조, 유지관리 분야에 대한 평가항목, 평가요소, 주요 평가 내용 등에 관한 사항을 정하는 것을 목적으로 가이드라인을 제안함	-	제안 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층건축 기술 및 안전성능평가 가이드라인 제안 1건		

3-4	초고층건축 법/제도 및 지원정책	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층건축 인허가 및 사업추진절차 개선	
세부 목표	초고층건축 가이드 웹 구축	
A16	초고층건축 가이드 웹 구축	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축 가이드 웹 구축을 위한 콘텐츠 도출	▪ 초고층 정보를 관리하고 활용할 수 있는 관리 시스템 필요성에 따라 건축계의견 조사 및 현황분석을 실시하였으며, 이를 바탕으로 초고층건축 가이드 웹 서비스의 콘텐츠를 도출 함 ▪ 사용자 의견 조사 결과 웹 서비스에 대한 요구가 매우 크고 활용도가 높을 것으로 예상되며, 따라서 가이드 웹을 중심으로 구축 함		-
초고층 가이드 웹 구축	▪ 초고층 가이드 웹 페이지를 구축 함		보고서, 초고층 가이드 웹 (홍보용 웹)

관련 목표 성과물	▪ 보고서, 초고층 가이드 웹 페이지

[3-5 세세부 : 초고층 수직도시공간 계획기술 개발]

세세부 과제명	초고층 수직도시공간 계획기술 개발

최종목표
초고층 수직도시 입지적정성 평가 기술 개발 초고층 건축물 주차정보제공 알고리즘 개발 초고층 건축물 수직동선 계획수립 소프트웨어 개발 (1차 : 초고층 업무시설) 초고층 매스에 따른 공간 및 표면적 효용성에 관한 평가 기술 개발

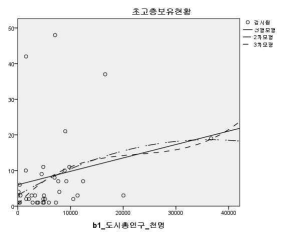
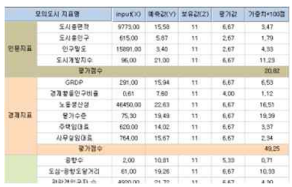
세부목표			
	3차년도	**도시계획기술**	
		A01	초고층 도시규모 입지 적정성 평가 S/W 개발
		A02	초고층 지구규모 입지결정 영향요인 도출 (공간구조/도시계획시설/교통기반시설)
		A03	초고층 건축물 주차정보제공을 위한 시스템 영향요인 도출
		건축설계기술	
		A04	초고층 건축물 효율적 수직이동동선 계획 평가 S/W 개발
		A05	초고층 건축물 2차원 공간 및 3차원 표면적에 의한 효용성 평가 S/W 개발
		A06	파사드 디자인별 구성요소 평가 방법 및 지표 개발
		A07	LQI(Living Quality Indicators)를 활용한 평가 S/W 개발
	4차년도	**도시계획기술**	
		A08	초고층 건축물 입지 적정성 평가 S/W 개발
		A09	초고층 주차정보제공시스템 알고리즘 개발
		건축설계기술	
		A10	초고층 건축물 효율적 수직이동동선 계획 평가 S/W 개발
		A11	초고층 건축물 2차원 공간 및 3차원 표면적에 의한 효용성 평가 S/W 개발
		A12	파사드 디자인별 구성요소 평가 방법 및 지표 개발
		A13	LQI(Living Quality Indicators)를 활용한 평가 S/W 개발

세부목표	5차년도	도시계획기술	
		A14	초고층 입지적정성 평가기술
		A15	주차정보제공시스템 알고리즘 (개별주차정보제공 알고리즘의 평가 및 현장 적용)
		건축설계기술	
		A16	수직동선 계획 및 평가기술
		A17	MASS 디자인 효용성 평가기술
		A18	주거공간 쾌적성 평가기술

(1) 3차년도

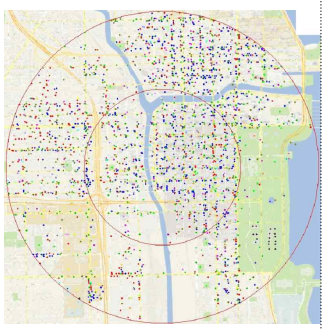
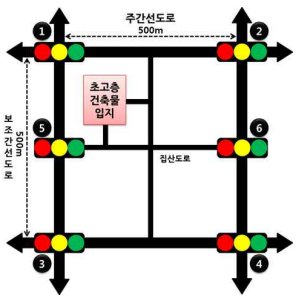
3차년도	**도시계획기술**	
	A01	초고층 도시규모 입지 적정성 평가 S/W 개발
	A02	초고층 지구규모 입지결정 영향요인 도출 (공간구조/도시계획시설/교통기반시설)
	A03	초고층 건축물 주차정보제공을 위한 시스템 영향요인 도출
	건축설계기술	
	A04	초고층 건축물 효율적 수직이동동선 계획 평가 S/W 개발
	A05	초고층 건축물 2차원 공간 및 3차원 표면적에 의한 효용성 평가 S/W 개발
	A06	파사드 디자인별 구성요소 평가 방법 및 지표 개발
	A07	LQI(Living Quality Indicators)를 활용한 평가 S/W 개발

3-6	녹색수직도시 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3차년도 최종 목표	초고층 수직도시 입지적정성 평가 기술 개발	SW 등록건수 학술대회논문
세부 목표	도시계획기술	
A01	초고층 도시규모 입지 적정성 평가 S/W 개발	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 입지적정성 평가지표 개발	▪ 세계도시, 도시경쟁력, 용도별 입지결정요인 등 선행연구 분석 ▪ 14개 초고층 입지지표 도출 ▪ 87개 초고층 보유도시에 대한 지표 data 수집		SCI(E) 논문개제 1건 학술발표 2건
입지지표별 초고층 보유역량 예측	▪ 초고층 보유역량 예측 (대륙별) ▪ 초고층 입지 평가 모형 개발		해당사항 없음
입지평가 소프트웨어 개발	▪ 초고층 입지 평가 알고리즘 개발 ▪ 초고층 보유역량 및 보유현황 평가 ▪ 평가 가중치 설정		소프트웨어 개발 1건 (시작품)
초고층 보유도시에 대한 입지평가 시뮬레이션 검토	▪ 대륙별 평가 시뮬레이션		해당사항 없음

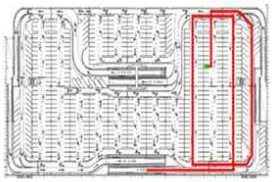
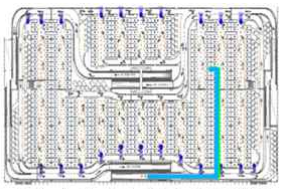
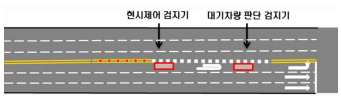
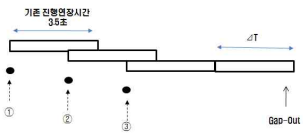
관련 목표 성과물	▪ 초고층 수직도시 도시규모 입지평가 SW 프로그램 개발 1건 (시작품 제작) ▪ 도시규모 입지적정성 평가지표 도출 관련 SCI(E) 논문개제 1건 및 학술발표 2건

3-6	녹색수직도시 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3차년도 최종 목표	초고층 수직도시 입지적정성 평가기술 개발	학술대회논문 보고서
세부 목표	도시계획기술	
A02	지구규모 입지적정성 평가 영향요인 도출 및 기초분석	

절차	내용	이미지	산출물
도시공간구조 계획요소 기초분석	▪ 공간구조 분석 기준 마련 -공간적 범위(USA, SOUTH KOREA) -총 34개의 사례 조사 ▪ 토지이용계획/수직용도 자료 수집 및 분석 (CAD_면적측정 수행)		학술발표대회 1건 연구보고서 1건
도시계획시설 계획요소 기초분석	▪ 도시계획시설 분석 기준 마련 ▪ 문헌조사를 통해 문화시설, 상업시설, 교육시설 등 계획요소 검토 및 기초분석 ▪ 구글맵을 이용하여 반경 2km 이내 도시계획시설 및 도시 지원시설에 대한 현황조사 실시 ▪ 초고층 수직용도와의 상관관계 기초분석		해당사항 없음
교통기반시설 계획요소 기초분석	▪ 초고층건축물 부지 외부 교통기반시설을 도로부문, 철도부문으로 구분하여 각각의 평가방법론 수립 ▪ 가상 네트워크를 구축하여 시뮬레이션을 통해 초고층건축물 주변 도로에 대한 차량 지체 및 서비스수준산정 ▪ 대중교통(버스, 지하철)에 대한 유발수요 고려를 통해 차량 1대당 점유면적을 통한 서비스 수준 및 적정 필요 노선수 산정	 <네트워크>	학술대회논문 1건 보고서 1건

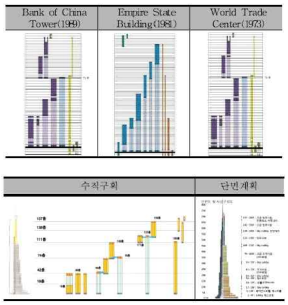
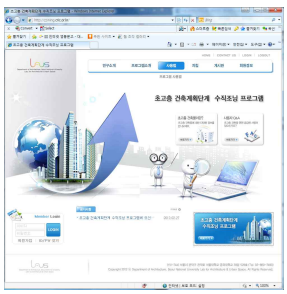
관련 목표 성과물	▪ 초고층 수직도시 지구규모 입지평가 지표 도출 및 기초 분석 보고서 1건 ▪ 지구규모 입지적정성 평가지표 도출 관련 학술발표 4건

3-6	초고층 도시계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 건축물 주차정보제공 알고리즘 개발	특허등록 학술논문 학술발표
세부 목표	부지대응기술	
A03	초고층 건축물 주차정보제공을 위한 시스템 영향요인 도출	

<table>
<tr><th>절차</th><th>내용</th><th>이미지</th><th>산출물</th></tr>
<tr><td>주차정보제공을 위한 기초시스템 영향요인 도출</td><td>▪ 초고층건축물 내 주차장이 갖는 특징 및 문제점 도출
▪ 주차정보제공시스템에 필수적인 기술에 대해 사례조사 및 문헌검토 실시
▪ 초고층건축물 내 주차정보제공시스템의 기초시스템 영향요인 도출</td><td> 
<주차정보시스템이 없는 주차장의 차량 진행경로>
 
<주차정보시스템이 있는 주차장의 차량 진행경로></td><td>학술대회논문 1건</td></tr>
<tr><td>무선루프검지기의 효과비교</td><td>▪ 다양한 종류의 검지기에 대하여 전력소비량 조사
▪ 기존 사용중인 검지기와 무선루프검지기 간의 전력소비량 효과 비교</td><td><table><tr><th>검지기</th><th>소비전력(B)</th><th>효과</th></tr><tr><td>루프</td><td>0.5(Watt)</td><td>0.066%</td></tr><tr><td>영상</td><td>44(Watt)</td><td>0.00075%</td></tr><tr><td>지자기</td><td>10(Watt)</td><td>0.0033%</td></tr><tr><td>초음파</td><td>1.2(Watt)</td><td>0.0275%</td></tr><tr><td>초단파</td><td>0.15(Watt)</td><td>0.22%</td></tr><tr><td>적외선</td><td>0.024(Watt)</td><td>1.375%</td></tr><tr><td>무선 루프</td><td>0.00033(Watt) →(A)</td><td>-</td></tr></table></td><td>해당사항 없음</td></tr>
<tr><td>좌회전 감응신호제어방법 개발</td><td>▪ 일반적인 좌회전 감응신호제어 방법에 대한 현황파악 및 문제점 제시
▪ 좌회전 감응 신호제어방법 개발</td><td> 
<대기차량 판단 검지기 설치 위치>
 
<△T의 개념></td><td>학술논문 1건
특허등록 1건</td></tr>
</table>

관련 목표 성과물	▪ 주차정보제공을 위한 기초시스템 설치환경 관련 학술대회논문 1건 ▪ 좌회전감응신호제어방법 개발 관련 학술논문 1건, 특허등록 1건

3-6	녹색수직도시 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3차년도 최종 목표	초고층 건축물 수직동선 계획수립 소프트웨어 개발 (1차 : 초고층 업무시설)	SW 등록건수 학술대회논문
세부 목표	건축설계기술	
A04	초고층 건축물 효율적 수직이동동선 계획 평가 S/W 개발	

절차	내용	이미지	산출물
관련 자료 및 사례 연구	▪ 엘리베이터 계획의 기본원칙(일반사항) 정리 ▪ 초고층 건축물 관련 수직동선 계획 관련 수식의 정리 및 적용 가능성 검토 ▪ 국내외 초고층 건축물의 사례조사 및 분석 ▪ 기존 초고층 건축물 수직동선 계획의 검토 및 분석		학술발표대회 1건
소프트웨어 알고리즘 개발	▪ 초고층 건축물의 층수에 따른 최적 수직조닝방식의 도출 ▪ 엘리베이터 대당 서비스연면적 산출 ▪ 소프트웨어 알고리즘 (실행 프로세스)의 개발 ▪ 소프트웨어 알고리즘 (실행 프로세스)의 적용 가능성 검토		학술발표대회 1건 학회논문개제 1건
초고층 건축물 수직동선 계획 소프트웨어 개발 (1차 : 업무시설)	▪ 홈페이지 제작 (웹기반 소프트웨어) ▪ 초고층 건축물 수직동선 계획 수립 소프트웨어의 개발 (1차: 업무시설) 및 검증		프로그램 개발 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층 건축물 수직동선 계획 소프트웨어 개발 (1차: 업무시설) 1건 (시작품 제작) ▪ 초고층 건축물 수직조닝 도출 관련 대한건축학회 논문개제 1건 및 학술발표 2건		

3-6	녹색수직도시 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3차년도 최종 목표	초고층 수직도시 입지적정성 평가 기술 개발	SW 등록건수 학술대회논문
세부 목표	건축계획기술	
A05	초고층 건축물 2차원 공간 및 3차원 표면적에 의한 효용성 평가 S/W 개발	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 건물 효용성 평가를 위한 개념 정립	▪ 초고층 외적 형상 분류 기준 도출 ▪ 초고층 건물의 형태적 분류		해당사항 없음
초고층 건물 효용성 평가를 위한 연구 수행	▪ 3차원 표면적 효용성 분석 및 산출		논문발표 1건
2차원 공간 효용성 소프트웨어 개발	▪ 2차원 공간 효율성 평가 알고리즘 개발 ▪ 1단계 공간 효용성 분석 소프트웨어 개발		소프트웨어 개발 1건 (시작품)
초고층 업무시설에 대한 효용성 평가의 시험 적용	▪ 초고층 업무시설에 평가 시험 적용 ▪ 완공 예정인 초고층 건물에 시험 적용 ▪ 차년도 연구 개발의 가능성 검토		해당사항 없음

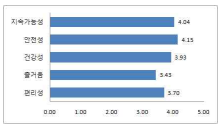
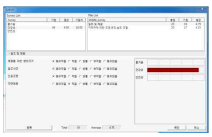
관련 목표 성과물	▪ 초고층 공간 효율성 평가 SW 프로그램 개발 1건(시작품 제작) ▪ 표면적에 의한 초고층 건축물 매스 효용성에 관한 논문개제 1건

3-6	녹색수직도시 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3차년도 최종 목표	MASS/FACADE 초기 설계 대안 평가기술	학술대회논문
세부 목표	건축설계기술	
A06	파사드 디자인별 구성요소 평가 방법 및 지표 개발	

절차	내용	이미지	산출물
파사드 구성요소 조사 및 예측	▪ 파사드 타입 분류를 위한 선행연구 분석 ▪ 파사드 타입에 따른 구성요소 정의		학술발표 1건
파사드 구성요소 Type 별 평가 방법 연구	▪ 초고층 파사드 Type 중 보편적인 유형 설정 ▪ 초고층 파사드 구성요소 중 가장 큰 영향인자인 유리 선정 및 실험		해당사항 없음
파사드 구성요소 평가지표 개발	▪ 초고층 파사드 구성요소 -유리에 기술적 분석 및 수치적 Data구축		초고층 파사드 유리부분 DATA 1건

관련 목표 성과물	▪ 초고층 MASS/FACADE 초기 설계 평가 S/W 개발에 필요한 수치 DATA 1건 ▪ 초고층 FACADE 구성요소 평가지표 관련 학술발표 1건

3-6	녹색수직도시 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
3차년도 최종 목표	초고층 주거공간 쾌적성 확보를 위한 평가도구 개발	SW 등록건수 학술대회논문
세부 목표	건축설계기술	
A07	초고층 주거공간 쾌적성 평가 S/W 개발	

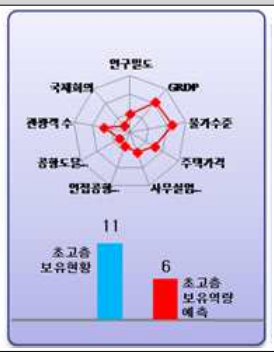
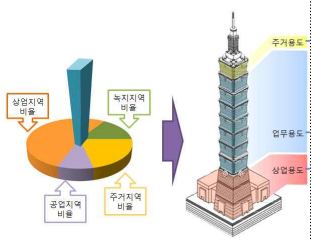
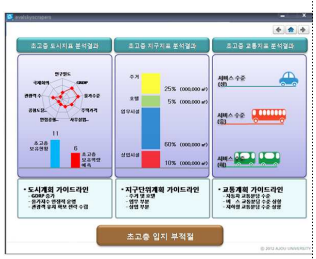
절차	내용	이미지	산출물
초고층 주거공간 평가 알고리즘 개발	▪ 선진국의 Design 평가 프로그램 분석 및 선행연구 분석 ▪ 국내 Design향상을 위한 디자인 품질지표 ▪ 초고층 주거의 특성및 선행 연구 분석을 통한 LQI(Living Quality Indicator) 프로그램 알고리즘 개발		학술발표 1건
초고층 주거공간 쾌적성 지표 검증	▪ 초고층 주거 공간 쾌적성 지표 선정 ▪ 초고층 주거공간 쾌적성 지표 전문자 델파이 설문을 통한 지표 검증		논문개제 1건
LQI(Living Quality indicator) 소프트웨어 개발	▪ LQI(Living Quality indicator) 소프트웨어 개발을 위한 기본 인터 페이스 연구 ▪ LQI(Living Quality indicator) 소프트웨어 Ver1.0 개발		소프트웨어 개발 1건 (시작품)

관련 목표 성과물	▪ 초고층 주거공간 쾌적성 평가 SW 프로그램 개발 1건 (시작품 제작) ▪ 초고층 주거공간 평가 알고리즘 개발 및 지표 검증 논문개제 1건 및 학술발표 1건

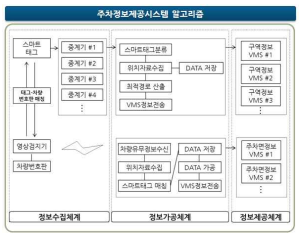
(2) 4차년도

4차년도	**도시계획기술**	
	A08	초고층 건축물 입지 적정성 평가 S/W 개발
	A09	초고층 주차정보제공시스템 알고리즘 개발
	건축설계기술	
	A10	초고층 건축물 효율적 수직이동동선 계획 평가 S/W 개발
	A11	초고층 건축물 2차원 공간 및 3차원 표면적에 의한 효용성 평가 S/W 개발
	A12	파사드 디자인별 구성요소 평가 방법 및 지표 개발
	A13	LQI(Living Quality Indicators)를 활용한 평가 S/W 개발

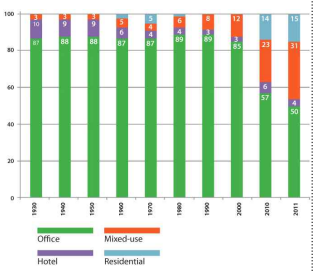
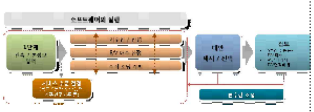
3-6	초고층 수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 건축물 입지적정성 평가 기술 개발	논문게재 특허출원 프로그램등록
세부 목표	도시계획기술	
A08	초고층 건축물 입지 적정성 평가 S/W 개발	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 도시지표 및 평가 SW 수정보완	▪ 초고층 입지지표 분석방법 수정 ▪ 초고층 도시지표 14개 -> 9개 수정 ▪ 초고층 보유역량 예측방법 수정		특허출원 1건 논문게재 1건
초고층 지구지표 분석 및 평가 알고리즘 개발	▪ 초고층 건축물 주변 토지이용 현황 분석 ▪ 초고층 건축물 주변 도시기반시설 현황 분석 ▪ 초고층 수직용도별 적정 규모 예측		
초고층 교통지표 분석 및 평가 알고리즘 개발	▪ 초고층건축물의 입지 시 발생하는 수단별 유발교통량 산정 ▪ 가로망, 버스, 지하철을 대상으로 입지적정성 평가알고리즘 개발 및 소프트웨어화 작업		
초고층 건축물 입지적정성 통합평가 SW 개발	▪ 초고층 도시지표, 지구지표 및 교통지표 통합 평가 알고리즘 개발 ▪ 입지적정성 통합 평가 프로그램 개발		소프트웨어 개발 1건 소프트웨어 등록 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층 건축물 입지적정성 평가 프로그램 개발 1건 ▪ 논문게재 3건 ▪ 특허출원 1건 ▪ 소프트웨어 개발 및 등록 1건		

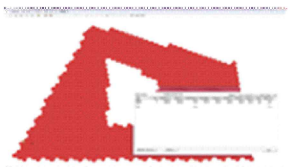
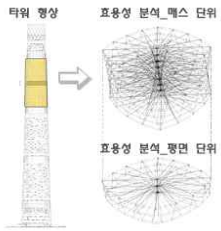
3-6	초고층 수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 건축물 주차정보제공시스템 알고리즘 개발	학술논문 학술발표 특허출원
세부 목표	도시계획기술	
A09	초고층 건축물 주차정보제공시스템 알고리즘 개발	

절차	내용	이미지	산출물
초고층건축물 주차시설 특징 및 문제점 도출	▪ 복합용도 건축물의 주차시설 사례 조사분석(코엑스몰, 영등포 타임스퀘어, 잠실 롯데월드) ▪ 초고층건축물 주차시설 특징 및 문제점 도출 ▪ 초고층건축물 주차정보제공시스템의 개발방향 설정		학술발표대회 1건
초고층건축물 주차정보제공시스템 알고리즘 개발	▪ 정보수집체계, 정보가공체계, 정보 제공체계 구분을 통한 운영체계 구성 ▪ 개별차량의 방문목적에 따른 주차 정보제공이 가능한 알고리즘 체계 구성: 입차~주차까지 정보제공과정, 주차완료 및 자차위치확인 시 통신 방법 등		특허출원 1건 연구보고서 1건
차량의 CO2 배출량 감소효과 분석	▪ 초고층건축물 주차시설에 대한 시뮬레이션 환경 조성 ▪ 일반주차정보제공방법과 동선 비교를 통해 차량의 CO2 배출량 감소효과 분석		주차정보제공시스템을 통한 환경개선효과 31%
관련 목표 성과물	▪ 초고층건축물 주차정보제공시스템 알고리즘 관련 학술발표대회1건 및 연구보고서 1건 ▪ 특허출원 1건 : 차량의 방문 정보를 이용한 주차정보제공장치 및 그 제공 방법 (10-2012-0152346) ▪ 주차정보제공시스템을 통한 환경개선효과(CO2 배출량 감소효과) 31% 개선		

3-6	초고층 수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 수직도시 입지적정성 평가 기술 개발	학술논문 학회논문개제 시작품 제작건수
세부 목표	건축설계기술	
A10	초고층 건축물 효율적 수직이동동선 계획 평가 S/W 개발	

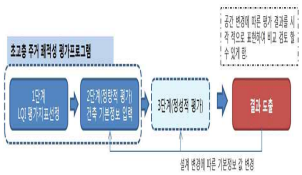
절차	내용	이미지	산출물
관련 자료 및 사례 연구	▪ 엘리베이터 계획의 기본원칙 (일반사항) 정리 ▪ 초고층 건축물 수직동선 계획 관련 수식의 정리 및 적용 가능성 검토 ▪ 국내외 초고층 건축물의 사례조사 및 분석 ▪ 기존 초고층 건축물 수직동선 계획의 검토 및 분석		학술발표 1건
초고층 건축물 수직동선 계획 소프트웨어 수정 및 보완 (1차 : 업무시설)	▪ 전문가 검증 및 사례 적용을 통해 3차년도 개발 프로그램 (초고층 건축물 수직동선 계획 소프트웨어 1차 : 업무시설)의 수정 및 보완 실시 ▪ 개발 프로그램의 성능 및 사용 편의성 개선		
소프트웨어 알고리즘 개발 (2차: 복합용도시설)	▪ 초고층 건축물의 층수에 따른 최적수직조닝방식의 도출 ▪ 엘리베이터 대당 서비스연면적 산출 ▪ 소프트웨어 알고리즘(실행 프로세스)의 개발 ▪ 소프트웨어 알고리즘(실행 프로세스)의 적용 가능성 검토		학회논문개제 1건
초고층 건축물 수직동선 계획 소프트웨어 개발 (2차 : 복합용도시설	▪ 홈페이지 제작 (웹기반 소프트웨어) ▪ 초고층 건축물 수직동선 계획 수립 소프트웨어의 개발 (2차: 복합용도시설) 및 검증		소프트웨어 개발 1건
관련 목표 성과물	▪ 초고층 건축물 수직동선 계획 소프트웨어 개발 (2차: 복합용도시설) 1건 (시작품 제작) ▪ 초고층 건축물 수직조닝 도출 관련 대한건축학회 논문개제 1건 및 학술발표 1건		

3-6	녹색수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 MASS/FACADE 디자인 평가기술 개발	학술논문 시작품 제작건수
세부 목표	건축계획기술	
A11	설계 초기 단계에서 건축물의 효용성을 입체적 차원에서 평가 가능한 s/w 개발 및 검증	

절차	내용	이미지	산출물
기존 효용성 평가 S/W 검증 및 적용	▪ 업무시설의 효용성 증진을 위한 정량적 분석 방법을 제안 ▪ 업무시설의 실제 공간 사용과 S/W를 이용한 효용성의 수치를 비교 ▪ 프로그램의 적정 값 도출을 위한 방법론 및 효율적 공간 활용의 방법 제시		논문 개제 1건
기존 효용성 평가 S/W 개선	▪ 각각의 개별 평면을 삽입하여 각각의 효용성 분석을 하는 방식과 달리 대안에 해당하는 모든 평면을 삽입하고 입체적 차원에서 평면을 평가하는 방식으로 개선 ▪ 수동적 상대평가 방법을 개선하여 상대평가 과정 및 결론을 자동으로 도출 가능	 그림 1. 공간효용성 프로그램의 분석 장면	소프트웨어 개발 1건 (개선 완료)
입체적 차원의 효용성 평가를 위한 연구 수행	▪ 대상 선정 : 잠실 L타워 ▪ 연구 방법 : 잠실 L타워의 초기 타워 디자인 안을 대상으로 평면 효용성 평가 실시 ▪ 입체적 차원에서의 효용성 평가 결과 도출 및 상대적 효용성 비교 수치 산출		
SW의 검증 및 설계 초기단계의 대안 평가 기술의 제안	▪ 입체적 차원의 평면 효용성 결과 수치를 경제적 가치로 분석 ▪ 공사비 ▪ 임대비 ▪ 일반인들의 관점에서 효용성이라는 성질을 경제적 가치로 환산함으로써 쉽게 인지할 수 있는 대안 평가 방법론 ▪ 전문가적 관점에서 설계초기단계에서 객관적 수치를 이용한 대안 선정 방법론		해당사항 없음

관련 목표 성과물	▪ 공간 효용성 평가 SW 프로그램 개선 1건 (개선 완료품) ▪ 공간 효용성 평가 및 SW 개발에 관한 논문개제 1건

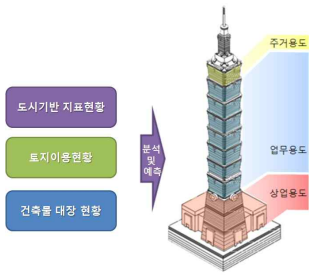
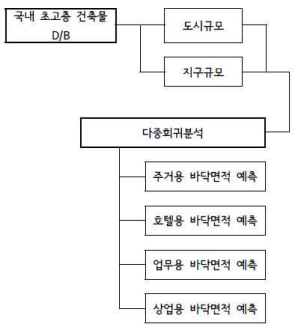
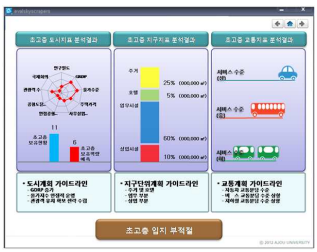
3-6	초고층 수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 주거공간 쾌적성 평가 기술 개발	학술논문 특허출원 프로그램등록
세부 목표	건축설계기술	
A13	LQI(Living Quality Indicators)를 활용한 평가 S/W 개발	

절차	내용	이미지	산출물
LQI 평가 지표 별 가중치 개발	▪ LQI의 세부지표별 평가방법을 국내외 건축물 성능평가 제도를 바탕으로 선정 ▪ 전문가 델파이 설문조사를 통한 LQI 지표 별 중요도 검증 ▪ AHP를 통한 가중치 도출	[redacted]	학술지 논문게재
LQI 정성적 평가 프로그램 개발	▪ LQI 지표 중 정성적 평가 프로그램 개발		특허출원 프로그램 개발 및 등록
LQI 정량적 평가 프로그램 개발	▪ LQI 지표 중 정량적 평가를 위한 평가 기준 및 점수 도출 ▪ LQI 지표 중 편리성의 평가 기준 및 점수		
관련 목표 성과물	▪ 초고층 주거공간 평가 프로그램 개발 1건 ▪ 논문게재 1건 ▪ 특허출원 1건 ▪ 소프트웨어 개발 및 등록 1건		

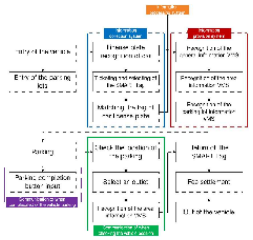
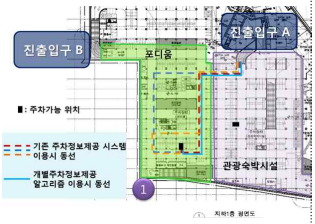
(3) 5차년도

5차년도	**도시계획기술**	
	A14	초고층 입지적정성 평가기술
	A15	주차정보제공시스템 알고리즘 (개별주차정보제공 알고리즘의 평가 및 현장 적용)
	건축설계기술	
	A16	수직동선 계획 및 평가기술
	A17	MASS 디자인 효용성 평가기술
	A18	주거공간 쾌적성 평가기술

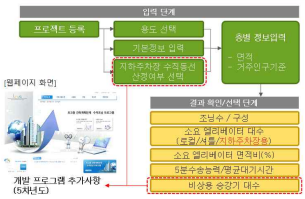
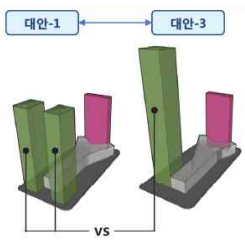
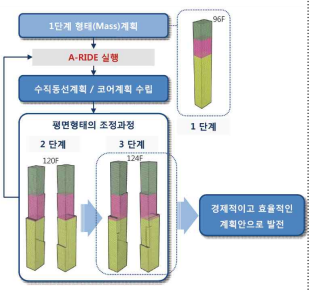
3-6	녹색수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
5차년도 최종 목표	초고층 입지적정성 평가 방법 보완 및 현장적용	학술발표 및 현장적용
세부 목표	도시계획기술	
A14	초고층 입지적정성 평가기술	

절차	내용	이미지	산출물
지구규모 입지지표 수정 및 보완	▪ 지구규모 입지지표 DB 구축 한계 도출 ▪ 초고층 주변 토지이용현황 DB 구축 ▪ 초고층 주변 건물의 용도별 바닥면적 현황 DB 구축 ▪ 국내 19개 초고층 건축물 주변지역에 대한 현황 정보 DB 구축		학술발표 2건 홍보 1건 초고층 DB 수정 및 보완
초고층 건물의 용도별 바닥면적 예측 정확도 향상	▪ 초고층 주변지역 DB 수정에 따른 용도별 바닥면적 예측 방법 수정 ▪ 초고층 입지지표 30개에 대한 다중회귀분석을 통한 예측 정확도 향상		
초고층 입지적정성 평가기술 현장적용	▪ 용도별 바닥면적 예측 ▪ 초고층 높이 및 층수 규모 예측 ▪ 상관분석 및 다중회귀분석		현장적용 보고서 1건
관련 목표 성과물	▪ 학술발표 2건 ▪ 현장적용 보고서 1건 ▪ 홍보 1건		

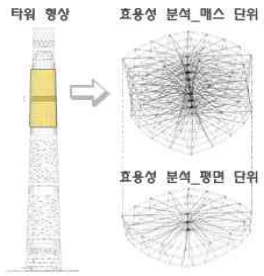
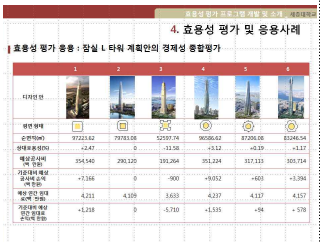
3-6	녹색수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 입지적정성 평가 방법 보완 및 현장적용	
세부 목표	도시계획기술	
A15	주차정보제공시스템 알고리즘	

절차	내용	이미지	산출물
개별주차정보제공 알고리즘의 평가	▪ 대상지 선정 후 시뮬레이션 적용을 이용한 알고리즘의 평가 ▪ 학회지 논문 게재를 통해 알고리즘 검증	 〈개별주차정보제공 알고리즘〉	학술대회 논문 발표 학회지 논문 게재
개별주차정보제공 알고리즘의 현장적용	▪ 현장적용 대상지에 개별주차정보제공 알고리즘 적용 ▪ 기존 주차정보제공시스템과의 동선 비교를 통한 CO2 배출량의 감소효과분석	 〈개별주차정보제공시스템 알고리즘의 현장적용 시나리오 예〉	현장적용 보고서
관련 목표 성과물	▪ 개별주차정보제공시스템 알고리즘의 평가 및 현장적용		

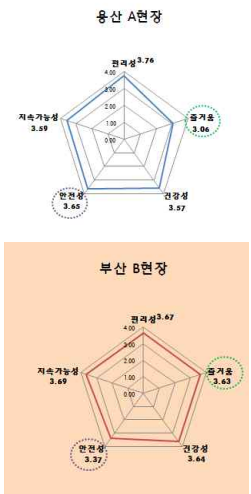
3-6	녹색수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 수직동선계획 프로그램의 현장적용 / 활용방안 연구	
세부 목표	개발 프로그램의 검증 및 개선 초고층 수직동선 계획 관련 활용지침 연구	
A16	수직동선 계획 및 평가기술	

절차	내용	이미지	산출물
개발 프로그램의 현장 적용	▪ 현장적용 대상의 수직동선계획안 제시 ▪ 기존의 수직동선계획 및 제시 계획안의 경제성 비교평가 ▪ 개발 프로그램의 검증 및 개선사항 검토		현장적용 보고서 개발 프로그램의 검증
개발 프로그램의 수정 및 업그레이드	▪ 사용편의성 및 정확성을 고려한 개선사항 도출 ▪ 지하주차장 수직동선계획 및 비상승강기 대수 산정과 관련된 기능 추가 ▪ 프로그램 개발 완료		개발 프로그램의 개선
대안평가 도구로서의 개발 프로그램 활용방안 검토	▪ 배치대안으로서 제시된 초고층 건축물들에 대한 수직동선계획의 수립 및 비교•평가 ▪ 모의실험을 통한 대안평가 도구로서의 활용방안 검토		대안평가 도구로서의 활용방안
설계지원 도구로서의 개발 프로그램 활용방안 검토	▪ 초고층 건축물의 규모 및 용도구성을 가정하고 형태디자인의 진행과정을 제시 ▪ 모의실험을 통한 설계지원 도구로서의 개발 프로그램 활용방안 검토		설계지원 도구로서의 활용방안
관련 목표 성과물	▪ 개발 프로그램의 검증 및 개선 / 초고층 수직동선 계획 관련 활용지침		

3-6	녹색수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 MASS/FACADE 디자인 가이드라인	학술발표
세부 목표	건축계획기술	
A17	MASS 디자인 효용성 평가기술	

절차	내용	이미지	산출물
입체적 차원의 효용성 평가를 위한 연구 수행	▪ 대상 선정 : 잠실 L타워 ▪ 연구 방법 : 잠실 L타워의 초기 타워 디자인 안을 대상으로 평면 효용성 평가 실시 ▪ 입체적 차원에서의 효용성 평가 결과 도출 및 상대적 효용성 비교 수치 산출		논문게재 1건
SW의 검증 및 설계 초기단계의 대안 평가 기술의 제안	▪ 입체적 차원의 평면 효용성 결과 수치를 경제적 가치로 분석 -공사비, 임대비 ▪ 일반인들의 관점에서 효용성이라는 성질을 경제적 가치로 환산함으로써 쉽게 인지할 수 있는 대안 평가 방법론 ▪ 전문가적 관점에서 설계초기단계에서 객관적 수치를 이용한 대안 선정 방법론		학술발표 1건
현장적용을 통한 효용성 평가	▪ 대상 선정 : 용산 4구역 A동 업무시설 ▪ 초고층 공간 효용성 평가 프로그램을 이용하여 고층 업무 시설에 시험 적용 ▪ 기존안과 대안의 평면 효용성 비교분석		
관련 목표 성과물	▪ 논문게재 1건 ▪ 학술발표 1건		

3-6	녹색수직도시공간 계획기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	sw 현장적용	
세부 목표	평가방법 수정 및 평가, 시뮬레이션	
A18	주거공간 쾌적성 평가기술	

절차	내용	이미지	산출물
주거관련 평가방법 검토	▪ LQI 알고리즘에 의한 원활한 평가를 위한 국내 주거환경 관련 평가시스템 검토		58개의 세부지표 중 정량화 가능 여부 판단
LQI 평가기준 도출	▪ 국내 주거환경관련 인증제도에서 LQI 세부지표별 정량적 평가방법과 정성적 평가에 대한 기준 도출		정량적 평가방법 및 배점 체계 확립
시뮬레이션 실시	▪ 초고층 주거복합 건축물에 평가방법 및 가중치를 적용한 SW로 시뮬레이션 실시		설계수준 및 주거환경의 질적 수준을 객관적으로 비교·분석
관련 목표 성과물	▪ 논문게재 1건 ▪ 학술발표 1건		

3. 제4세부 : 초고층 지능형 유지관리 기술 개발

[4-1 세세부 : 전력망 연동형 초고층빌딩 에너지관리 플랫폼 및 LED 개발]

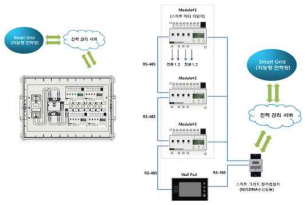
가. 초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발

세세부 과제명		초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발
최종목표		국내외 문헌조사를 통한 연구동향 파악 및 특허조사를 통한 국내외 기술요소분석 초고층빌딩 전력자원 통합분석 관리시스템 개발 전력망연동 B2G 플랫폼 개발 e-APP Portal 개발
세부목표	2 차년도 (1단계)	**문헌조사 및 기술요소분석**
		A01 초고층빌딩용 전력계통 연동설계 및 기술개발 문헌조사
	3차년도	**전력자원모델링**
		A01 전력자원모델 oBIX 변환
		전력자원정보취득모듈
		A02 전력자원취득모델 구현
		전력망 연동 B2G 플랫폼 아키텍처
		A03 전력망연동 B2G 플랫폼 아키텍처
		상위시스템 연동모듈 개발
		A04 상위시스템 연동모듈
		e-App Portal 기능요구사항 도출
		A05 e-App Portal 기능요구사항
	4차년도	**상위 시스템 연동 모듈**
		A01 서버 연동모듈 제작
		하위 시스템 연동 모듈
		A02 전력데이터취득시스템과의 연동모듈제작
		수요자원 관리 모듈
		A03 수요자원관리모듈구현
		최적운영 계획 모듈
		A04 사용자 인터페이스 최적운영모듈 구현

(1) 1단계 (2차년도)

2차년도 (1단계) 세부목표	문헌조사 및 기술요소분석
A01	초고층빌딩용 전력계통 연동설계 및 기술개발 문헌조사

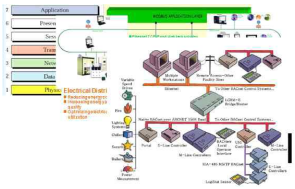
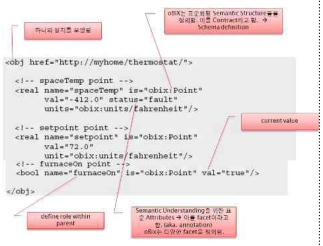
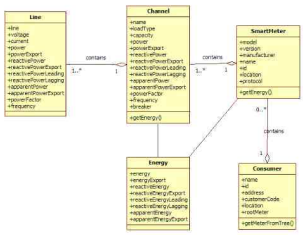
4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	국내외 문헌조사를 통한 연구동향 파악 및 특허조사를 통한 국내외 기술요소분석	기술조사
세부 목표	초고층빌딩용 전력계통 연동설계 및 기술개발 문헌조사	
A01	초고층빌딩용 전력계통 연동설계 및 기술개발 문헌조사	

절차	내용	이미지	산출물
연구목표정의	▪ 초고층빌딩용 전력설비 및 시스템 통합 기술개발 ▪ 초고층빌딩의 전력계통연동 설계 및 기술 개발 ▪ 초고층빌딩용 전력소비 통합관리 및 제어시스템 기술 개발		
기술조사 및 문헌조사	▪ Grid Meme을 이용한 초고층 빌딩 부하모형 시뮬레이션 소프트웨어 ▪ 초고층빌딩용 유연구내배전 시스템 ▪ 전기자동차 충전시스템 개발 ▪ 초고층빌딩구내 대용량 개방형통신(XML)표준 설계지침 ▪ 초고층빌딩용 정치형 전력저장장치 개발 ▪ 초고층 파워그리드용 전력자원 통합 분석 및 관리시스템 개발 ▪ 전력망연동형 빌딩에너지 포탈시스템 개발		
기술문서 작성	▪ 스마트분전반 및 전력변환장치 해당사항 분류 ▪ 완속용 충전시스템 개념도 설계 ▪ 개방형표준 XML 표준 정의 및 기술동향 ▪ 빌딩내부 전력사용량 패턴 Data 분석 ▪ 전력수요 · 자원 · 정보 실시간 분석 및 예측 · 관리 모듈 요구사항 분석 및 정의 ▪ 에너지 포탈 시스템 기능요구사항 도출		기술조사보고서
관련 목표 성과물	▪ 기술조사보고서		

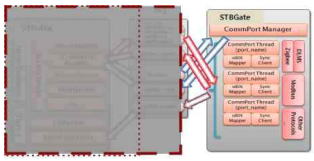
(3) 3차년도

3차년도 세부목표	**전력자원모델링**	
	A01	전력자원모델 oBIX 변환
	전력자원정보취득모듈	
	A02	전력자원취득모델 구현
	전력망 연동 B2G 플랫폼 아키텍처	
	A03	전력망연동 B2G 플랫폼 아키텍처
	상위시스템 연동모듈 개발	
	A04	상위시스템 연동모듈
	e-App Portal 기능요구사항 도출	
	A05	e-App Portal 기능요구사항

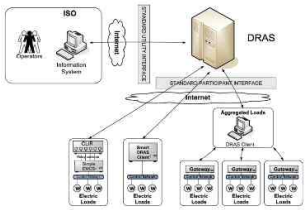
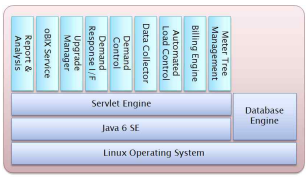
4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층빌딩 전력자원 통합분석 관리시스템 개발	사양서/기능명세서
세부 목표	전력자원모델링	
A01	전력자원모델 oBIX 변환	

절차	내용	이미지	산출물
전력데이터 취득기술조사	▪ Modbus 기술조사 ▪ BACnet 기술조사 ▪ COSEM/DLMS 기술조사		기술조사문서
oBIX 기술조사	▪ oBIX(Open Building InformationeXchange) 개요 조사 ▪ oBIX(Open Building InformationeXchange) 아키텍처 핵심구성요소 ▪ oBIX(Open Building InformationeXchange) object 모델		oBIX 기술문서
oBIX 변환	▪ 전력자원모델정의 ▪ Line 모델의 oBIX 스키마 ▪ Channel 모델의 oBIX 스키마 ▪ Energy 모델의 oBIX 스키마 ▪ SmartMeter 모델의 oBIX 스키마 ▪ Consumer 모델의 oBIX 스키마		전력자원모델 스키마 문서
관련 목표 성과물	▪ 전력자원모델 oBIX 변환		

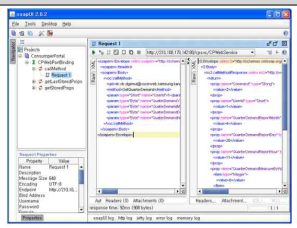
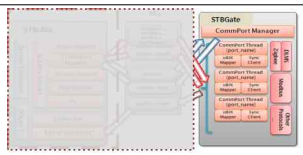
4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층빌딩 전력자원 통합분석 관리시스템 개발	사양서/기능명세서
세부 목표	전력자원정보 취득모듈	
A02	전력자원정보 취득모듈 구현	

절차	내용	이미지	산출물
적용기준 작성	▪ 전력자원정보취득모듈 적용기준분석 ▪ 모듈별 상세구현내역 분석		Gateway 모듈분석
설계 및 모듈구현	▪ STB(SuperTallBuilding)GATE 구현		아키텍처 및 시제품
관련 목표 성과물	▪ 전력자원정보 취득모듈		

4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	전력망연동 B2G 플랫폼 개발	사양서/기능명세서
세부 목표	전력망연동 B2G 플랫폼 아키텍처 설계	
A03	전력망연동 B2G 플랫폼 아키텍처	

절차	내용	이미지	산출물
B2G 기술분석	▪ Open ADR 분석		기술문서
아키텍처 설계	▪ 플랫폼 아키텍처 설계		플랫폼 아키텍처
관련 목표 성과물	▪ 전력망연동 B2G 플랫폼 아키텍처 구현		

4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	전력망연동 B2G 플랫폼 개발	사양서/기능명세서
세부 목표	상위시스템 연동모듈 개발	
A04	상위시스템 연동모듈	

절차	내용	이미지	산출물
시스템 연동기술	▪ 웹서비스 기술 적용 ▪ 웹서비스 분석 및 설계 ▪ SOAP 프로토콜 분석 ▪ SOAP 프로토콜 적용		보고서
상세설계	▪ STBOBIX 구현 ▪ STBoBIX 요건분석(Requirements) 내용 정리 ▪ STBoBIX 장치 모델링		아키텍처 구현 S/W
관련 목표 성과물	▪ 상위시스템 연동모듈 STBoBIX 구현		

4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	e-App Portal 개발	사양서/기능명세서
세부 목표	e-App Portal 기능요구사항 도출	
A05	e-App portal 기능요구사항	

절차	내용	이미지	산출물
기능 요구사항 도출 및 범위 아키텍처 설계	▪ 초고층빌딩의 전력사용현황을 모니터링 하고 분석하기 위한 사용자화면을 설계 ▪ 초고층빌딩의 전력사용현황을 모니터링 하고 분석하기 위한 사용자화면 구현		사용자 인터페이스
관련 목표 성과물	▪ e-App Portal 기능요구사항 및 구현		

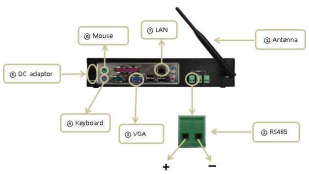
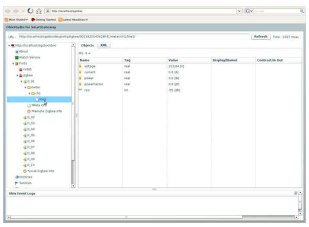
(3) 4차년도

4차년도 세부목표	**상위 시스템 연동 모듈**	
	A01	서버 연동모듈 제작
	하위 시스템 연동 모듈	
	A02	전력데이터취득시스템과의 연동모듈제작
	수요자원 관리 모듈	
	A03	수요자원관리모듈구현
	최적운영 계획 모듈	
	A04	사용자 인터페이스 최적운영모듈 구현

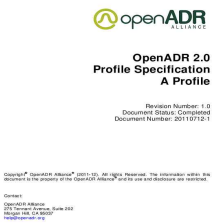
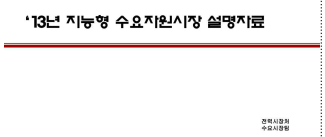
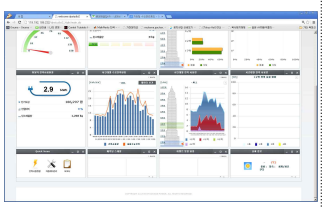
4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	전력망연동 B2G 플랫폼 개발	
세부 목표	상위시스템 연동모듈	
A01	서버 연동모듈 제작	

절차	내용	이미지	산출물
요구사항 작성	▪ 시방서 작성	-에너지관리플랫폼(middleware)- 시 방 서 2012. 02.	시방서
시스템 연동	▪ 서버모듈 구현		서버연동모듈
관련 목표 성과물	▪ 서버 연동모듈		

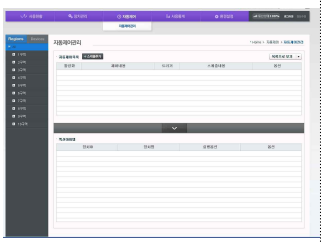
4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	전력망연동 B2G 플랫폼 개발	
세부 목표	하위시스템 연동모듈	
A02	전력데이터 취득시스템과의 연동모듈제작	

절차	내용	이미지	산출물
시스템간 통신구현	▪ 시스템 통신		통신구현
시스템 연동	▪ 서버모듈 구현		통신확인
관련 목표 성과물	▪ 하위시스템 연동모듈		

4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층빌딩 전력자원 통합분석 관리시스템 개발	
세부 목표	수요자원관리모듈	
A03	수요자원관리모듈구현	

절차	내용	이미지	산출물
OpenADR 2.0 검토	▪ OpenADR 2.0 관련 내용정리		문서
지능형수요 자원시장조사	▪ 국내 지능형 수요자원시장 조사		
수요자원관리 기능구현	▪ 사용자인터페이스 연동		수요자원관리모듈
관련 목표 성과물	▪ 수요자원 관리모듈		

4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층빌딩 전력자원 통합분석 관리시스템 개발	
세부 목표	최적운영 계획모듈	
A04	사용자 인터페이스 최적운영모듈 구현	

절차	내용	이미지	산출물
최적운영계획 모듈구현	▪ 최적운영계획모듈구현		최적운영모듈

관련 목표 성과물	▪ 최적운영모듈

나. 초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어 시스템 개발

세세부 과제명	**초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어 시스템 개발**
최종목표	국내외 문헌조사를 통한 연구동향 파악 및 특허조사를 통한 국내외 기술요소분석 적용 기술 요소 및 안전설계 Spec 심화 분석 설계 Guide 반영 관련 표준 및 제어 Interface 분석 및 정의 LED 조명 구동 Topology 분석 고효율 면광원 조명 Prototype 제작 및 평가

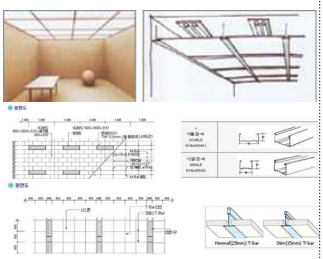
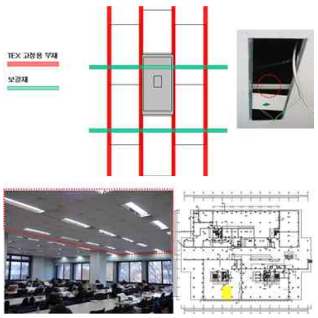
세부목표	**2 차년도 (1단계)**	**문헌조사 및 기술요소분석**	
		A01	초고층빌딩용 전력망 연계 조명시스템 기술조사
	3차년도	**적용 기술 요소 및 안전 설계 Spec 심화 분석**	
		A01	특허출원 (3건)
		설계 Guide 반영	
		A02	설계 지침서/기준서 제작
		관련 표준 및 제어 Interface 분석 및 정의	
		A03	Zigbee 무선 Network 제어 분석
		LED 조명 구동 Topology 분석	
		A04	LED 구동 Topology 분석 : AC/DC, DC/DC, PoE
		고효율 면광원 조명 Prototype 제작 및 평가	
		A05	Converter 제작 및 Debugging
		초고층조명시스템·전력망 모니터링용 BIM 객체분류 표준개발	
		A06	초고층 조명시스템·전력계통 설비 구성요소 분석 BIM 모델링을 위한 표준 객체 목록 정의 BIM 모델링을 위한 표준 객체 속성 정의
		초고층 전력망 모니터링용 개방형 BIM 인터페이스 기술개발	
		A07	시범 BIM 라이브러리 제작기준 정의 조명시스템·전력망의 모델링 기준개발

세부목표	**4차년도**	**고효율 면광원 조명 설계 요소 기술 개발**	
		A01	고효율 광학 및 방열 설계
		A02	제품 설계 기준서 제작
		A03	조명 구동회로 및 LED Array 설계
		A04	기존조명 vs LED 면조명의 조명 설계 분석
		전력망 연계 고효율 면광원 시작품 개발	
		A05	Mock-Up 제품 제작 및 평가
		초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 파일럿 테스트	
		A06	파일럿 테스트
		초고층 빌딩용 LED 면광원 요구조건 도출을 위한 문헌 연구	
		A07	초고층 빌딩에 적합한 조명 시스템의 요구조건을 도출하기 위한 문헌 연구
	5차년도	**타일식 초박형 스마트 LED 면등 구현**	
		A01	두께 5mm 이하 초박형/초경량 면조명
		LED 면등을 위한 헤더/광체부분 개발	
		A02	COB 타입 광원 자체개발
		LED 면등 시스템 연계	
		A03	조명관리시스템 연동
	6차년도	**COB 효율 개선 및 면광원 패턴 최적화**	
		A01	COB 효율 개선 및 면광원 플레이트 패턴 최적화
		Mobile 제어 시스템 설계 및 구현	
		A02	Mobile 제어 시스템 서버 및 클라이언트 측 구현
		[국제협력] LED 면광원 현지 요구사항 반영 제품 개발	
		A03	Bezel-less type 초박형 LED 면광원개발
		[국제협력] LED 면광원 시스템 통합	
		A04	Bezel-less type 초박형 LED 면광원 제어 시스템 제작

(1) 1단계 (2차년도)

2차년도 (1단계) 세부목표	문헌조사 및 기술요소분석	
	A01	초고층빌딩용 전력망 연계 조명시스템 기술조사

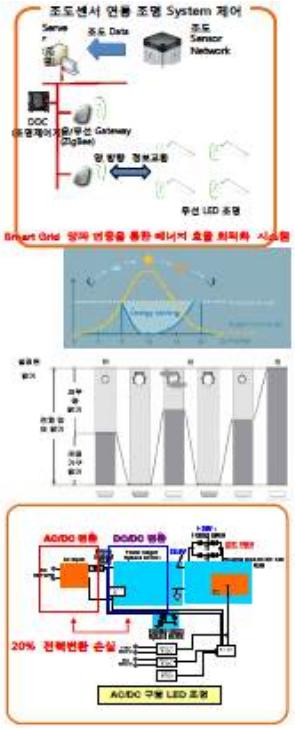
4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어 시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	국내외 문헌조사를 통한 연구동향 파악 및 특허조사를 통한 국내외 기술요소분석	기술조사
세부 목표	초고층빌딩용 전력망 연계 조명시스템 기술조사	
A01	초고층빌딩용 전력망 연계 조명시스템 기술조사	

절차	내용	이미지	산출물
연구목표정의	▪ 초고층빌딩 전력망 시스템 연동 조명 기술 적용 방향도출		
기술조사 및 문헌조사	▪ 초고층빌딩 전력망 시스템 연동 조명 기술 적용 요소 분석		
기술문서 작성	▪ 초고층빌딩 전력망 시스템 연동 조명 기능 정의		기술조사보고서
관련 목표 성과물	▪ 기술조사보고서		

(2) 3차년도

3차년도 세부목표	**적용 기술 요소 및 안전 설계 Spec 심화 분석**	
	A01	특허출원 (3건)
	설계 Guide 반영	
	A02	설계 지침서/기준서 제작
	관련 표준 및 제어 Interface 분석 및 정의	
	A03	Zigbee 무선 Network 제어 분석
	LED 조명 구동 Topology 분석	
	A04	LED 구동 Topology 분석 : AC/DC, DC/DC, PoE
	고효율 면광원 조명 Prototype 제작 및 평가	
	A05	Converter 제작 및 Debugging
	초고층조명시스템·전력망 모니터링용 BIM 객체분류 표준개발	
	A06	초고층 조명시스템·전력계통 설비 구성요소 분석 BIM 모델링을 위한 표준 객체 목록 정의 BIM 모델링을 위한 표준 객체 속성 정의
	초고층 전력망 모니터링용 개방형 BIM 인터페이스 기술개발	
	A07	시범 BIM 라이브러리 제작기준 정의 조명시스템·전력망의 모델링 기준개발

4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	적용 기술 요소 및 안전 설계 Spec 심화 분석	특허 분석 보고서
세부 목표	기술 분석 및 안전 설계 Spec 분석	
A01	특허 출원	

절차	내용	이미지	산출물
적용 기술 요소 분석	▪ LED 면광원 구동 기술 분석 ▪ LED 면광원 구조 구성 분석 ▪ LED 면광원 제어 기술 분석		기술 분석 보고서
심화 분석 및 특허 출원	▪ 특허 명세서 작성 및 특허 출원		특허 출원 통지서 3건
관련 목표 성과물	▪ 특허 출원 3건		

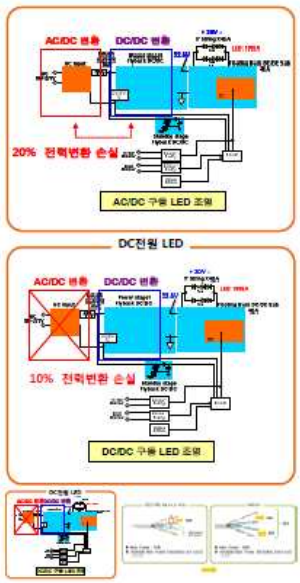
4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	설계 Guide 반영	설계 지침서 설계 기준서
세부 목표	설계 Guide 작성	
A02	설계 지침서/기준서 제작	

절차	내용	이미지	산출물
설계 지침서 작성	▪ 입력 전압 선정 ▪ LED Array 고려한 LED 전압 Spec 확정 ▪ LED Array 고려한 LED 전류 Spec 확정 ▪ 제어 방식 Spec 확정		지침서 1건
설계 기준서 작성	▪ LED 면광원 성능 정의 ▪ LED 면광원 구조 설계 및 정의 ▪ 안전 설계 안 정의 ▪ 환경 분석 정의 ▪ 설치성 확인 및 정의		기준서 1건
관련 목표 성과물			

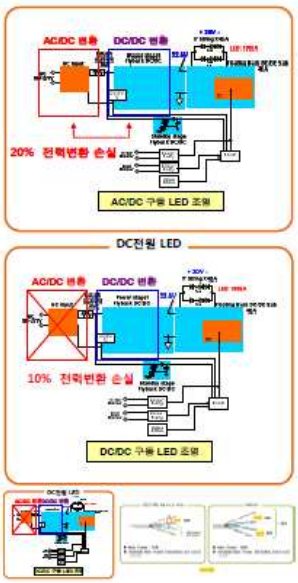
4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	관련 표준 및 제어 Interface 분석 및 정의	분석 보고서
세부 목표	Interface 분석	
A03	Zigbee 무선 Network 제어 분석	

절차	내용	이미지	산출물
제어 Interface 분석	▪ 조명 제어 Interface 분석		
Zigbee 기술 검토	▪ Zigbee 기술 분석 ▪ Zigbee 제어 기술 적용 검토		
관련 목표 성과물	▪ 제어 기술 분석 보고서		

4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	LED 조명 구동 Topology 분석	분석 보고서
세부 목표	구동 Topology 분석	
A04	LED 구동 Topology 분석 : AC/DC, DC/DC, PoE	

절차	내용	이미지	산출물
구동 Topology 분석	▪ AC/DC 구동 ▪ DC/DC 구동 ▪ PoE 구동		검토 보고서 1건
구동 회로 설계	▪ AC/DC Converter 설계 ▪ DC/DC Converter 설계 ▪ DC/DC Converter + PoE Interface 회로 설계		시제품 1건
관련 목표 성과물	▪ 구동 Topology 분석 보고서		

4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	고효율 면광원 조명 Prototype 제작 및 평가	시제품
세부 목표	Converter 설계	
A05	Converter 제작 및 Debugging	

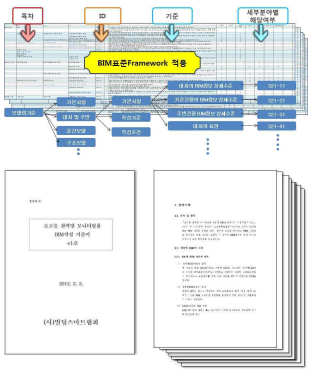
절차	내용	이미지	산출물
구동 Topology 분석	▪ AC/DC 구동 ▪ DC/DC 구동 ▪ PoE 구동		검토 보고서 1건
구동 회로 설계	▪ AC/DC Converter 설계 ▪ DC/DC Converter 설계 ▪ DC/DC Converter + PoE Interface 회로 설계		시제품 1건
관련 목표 성과물	▪ 시제품 1건		

4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 전력망 모니터링용 개방형 BIM 인터페이스 기술개발	국내 논문게재 1건
세부 목표	초고층조명시스템·전력망 모니터링용 BIM 객체분류 표준개발	
A06	초고층 조명시스템·전력계통 설비 구성요소 분석 BIM 모델링을 위한 표준 객체 목록 정의 BIM 모델링을 위한 표준 객체 속성 정의	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 조명시스템·전력계통 설비 구성요소 분석	▪ 초고층 조명시스템·전력계통 설비구성요소 -초고층 조명시스템·전력계통 설비구성요소 -전력설비 BIM 객체 분류 ▪ 초고층 조명시스템 전력망 모니터링용 목표정의서 Framework -목표정의서의 필요성 -목표정의서 구성요소		게재논문 1건
BIM 모델링을 위한 표준 객체 목록 정의	▪ 초고층 조명시스템·전력망 BIM 목록 범위 설정 -조명시스템·전력망 BIM 목록 범위 설정 분석 -전력설비 BIM 객체 분류 -BIM 모델링을 위한 표준 객체 목록		
BIM 모델링을 위한 표준 객체 속성 정의	▪ 초고층 조명시스템·전력망 BIM표준 프레임웍 -BIM 객체 분류 표준개발 ▪ Framework 적용 -표준객체 속성정의		

관련 목표 성과물	▪ 초고층 조명시스템· 전력계통 BIM모델링 목록정의

4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층 전력망 모니터링용 개방형 BIM 인터페이스 기술개발	지침/매뉴얼 개발 및 보급 1건
세부 목표	초고층 조명시스템·전력망 모니터링용 시범 규격 개발	
A07	시범 BIM 라이브러리 제작기준 정의 조명시스템·전력망의 모델링 기준개발	

절차	내용	이미지	산출물
시범 BIM 라이브러리 제작기준 정의	▪ BIM라이브러리 특징 및 현황 -건축 설계도구의 분석 -BIL(BIM Information Level)의 ▪ 필요 -라이브러리 명칭부여 -라이브러리 제작기준 정의		지침/매뉴얼 개발 및 보급 1건
조명시스템·전력망의 모델링 기준개발	▪ 초고층 조명시스템·전력망 BIM 모델 작성 기준 분류 -BIM 업무기준 -BIM 기술기준 -BIM 관리기준 -BIM작성 기준서		
관련 목표 성과물	▪ 지침/매뉴얼 개발 및 보급 1건		

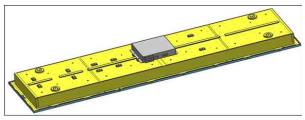
(3) 4차년도

4차년도 세부목표	**고효율 면광원 조명 설계 요소 기술 개발**	
	A01	고효율 광학 및 방열 설계
	A02	제품 설계 기준서 제작
	A03	조명 구동회로 및 LED Array 설계
	A04	기존조명 vs LED 면조명의 조명 설계 분석
	전력망 연계 고효율 면광원 시작품 개발	
	A05	Mock-Up 제품 제작 및 평가
	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 파일럿 테스트	
	A06	파일럿 테스트
	초고층 빌딩용 LED 면광원 요구조건 도출을 위한 문헌 연구	
	A07	초고층 빌딩에 적합한 조명 시스템의 요구조건을 도출하기 위한 문헌 연구

4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어 시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	고효율 면광원 조명 설계 요소 기술 개발	기술 보고서
세부 목표	고효율 면광원 조명 설계 요소 기술 개발	
A01 - A04	고효율 광학 및 방열 설계	

절차	내용	이미지	산출물
고효율 광학 및 방열 설계	▪ LED PKG, Diffuser, Reflector Sheet 특성을 반영한 광학 Simulation :최적의 LED PKG No. & Array 산출 ▪ 균일한 배광 구현을 위한 LED PKG 배치 Simulation ▪ LEd PKG 수명의 주요인자인 방열 특성 최적화를 위한 방열 해석 ▪ 면조명 Heatsink [Back Cover]의 방열 특성 Simulation을 통한 LED PCB 설계		기술 보고서
설계 기준서 제작	▪ 설계 기준 정립		
조명 구동회로 및 LED Array 설계	▪ 무선 네트워 연동 조명 구동 회로 설계 ▪ LED Array 설계		
기존조명 vs LED 면조명의 조명 설계 분석	▪ 기존 조명을 이용한 조명 설계 ▪ LED 면조명을 이용한 조명 설계 ▪ 두 설계 방안에 대한 소비 전력 비교		
관련 목표 성과물			

4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어 시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	고효율 면광원 조명 설계 요소 기술 개발	시작품
세부 목표	전력망연계 고효율 면광원 시작품 개발	
A05	Mock-Up 제품 제작 및 평가	

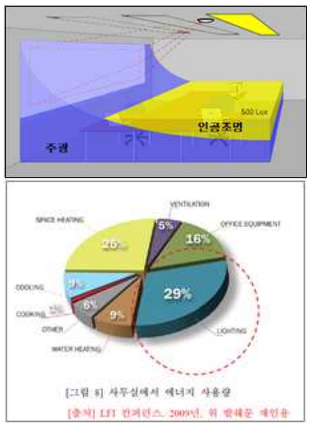
절차	내용	이미지	산출물
Mock-up 제품 제작 및 평가	▪ 광학 특성 평가, Dimming 동작 특성 평가 및 통신 Interface 평가를 통해 제품 성능 확인		시작품
관련 목표 성과물	▪ 시작품		

4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어 시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	고효율 면광원 조명 설계 요소 기술 개발	파일럿 테스트
세부 목표	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 파일럿 테스트	
A06	파일럿 테스트	

절차	내용	이미지	산출물
파일럿 테스트를 위해 LED 고효율 면광원을 3개 장소에 설치	▪ 파일럿 테스트 : ▪ 맥스포 (53W M Bar 300 x 1200 LED 면광원 46대) ▪ 솔리데오 (53W T Bar 600 x 600 LED 면광원 15대, 60W T Bar 600 x 600 10대) ▪ 가천대학교 (53W M Bar 300 1200 LED 면광원 58대 외 기타)		시작품 설치

관련 목표 성과물	▪ 파일럿 테스트

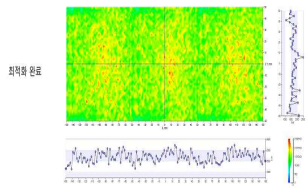
4-1	초고층 빌딩용 전력망 연계 면광원 기기 및 스마트 제어 시스템 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	고효율 면광원 조명 설계 요소 기술 개발	기술보고서
세부 목표	초고층 빌딩용 LED 면광원 요구조건 도출을 위한 문헌 연구	
A07	초고층 빌딩에 적합한 조명 시스템의 요구조건을 도출하기 위한 문헌 연구	

절차	내용	이미지	산출물
외부 용역을 수행하여 용역 보고서 작성	▪ 사무실 에너지 사용량 : 조명 29% [LFI Conference] ▪ 외부 조도 환경을 이용한 조명 제어 시스템 구축 - LED 면조명의 개별 제어를 통한 에너지 추가 절감 - 외부조도환경 + 인공조명으로 최적의 조명 환경 구축 ▪ 초고층 빌딩의 빛 공해 - LED 면광원은 타 조명 기기에 비해 광속 밀도가 낮음 - 발광면 전체의 균일한 휘도는 불쾌감을 감소시킴 - 빛공해를 줄이기 위해 외벽 근처 LED 면광원을 개별제어하여 수준을 완화함	 [그림 8] 사무실에서 에너지 사용량 [출처] LFI 컨퍼런스, 2009년, 위 항해문 재인용	보고서
관련 목표 성과물	▪ 보고서		

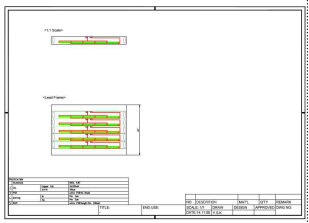
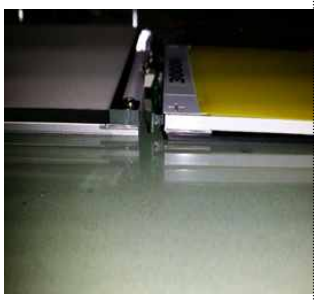
(4) 5차년도

5차년도 세부목표	**타일식 초박형 스마트 LED 면등 구현**	
	A01	두께 5mm 이하 초박형/초경량 면조명
	LED 면등을 위한 헤더/광체부분 개발	
	A02	COB 타입 광원 자체개발
	LED 면등 시스템 연계	
	A03	조명관리시스템 연동

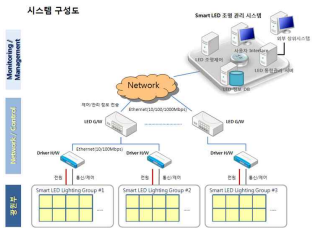
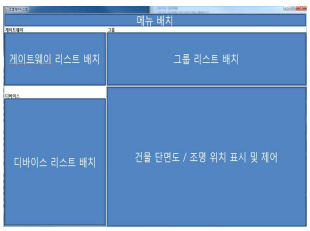
4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	타일식 초박형 스마트 LED 면등 시스템 개발	시제품 제작
세부 목표	타일식 초박형 스마트 LED 면등 구현	
A01	두께 5mm 이하 초박형/초경량 면조명	

절차	내용	이미지	산출물
요구사항 작성	▪ 제품 디자인 및 설계		설계 및 시뮬레이션
시제품 제작	▪ 제품 제작		시제품
관련 목표 성과물	▪ 두께 5mm 이하 초박형/초경량 면조명		

4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	타일식 초박형 스마트 LED 면등 시스템 개발	시제품 제작
세부 목표	LED 면등을 위한 헤더/광체부분 개발	
A02	COB 타입 광원 자체개발	

절차	내용	이미지	산출물
요구사항 작성	▪ 제품 디자인 및 설계		설계도면
시제품 제작	▪ 제품 제작		시제품
관련 목표 성과물	▪ COB 타입 광원		

4-1	초고층빌딩 전력계통 연동설계 및 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층빌딩 전력자원 통합분석 관리시스템 개발	시제품 제작
세부 목표	LED 면등 시스템 연계	
A03	조명관리시스템 연동	

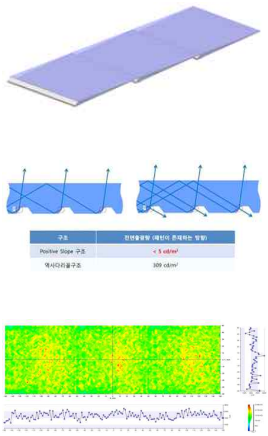
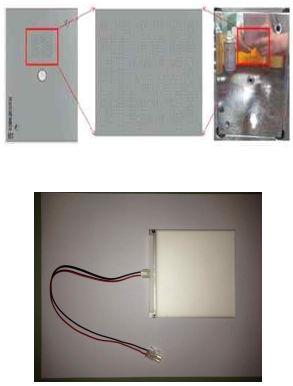
절차	내용	이미지	산출물
조명제어시스템 설계	▪ 조명제어시스템 설계		개념도
상세설계	▪ UI 및 메뉴 상세설계서		문서

관련 목표 성과물	▪ 조명관리시스템 설계사양서

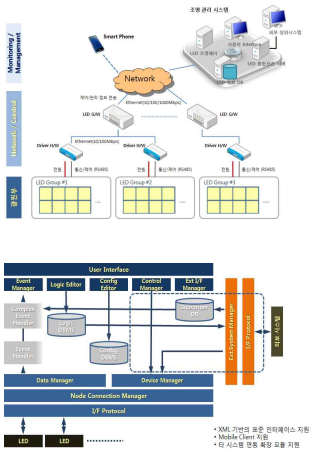
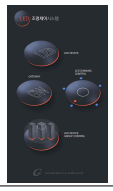
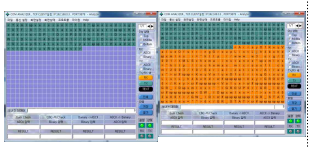
(5) 6차년도

6차년도 세부목표	**COB 효율 개선 및 면광원 패턴 최적화**	
	A01	COB 효율 개선 및 면광원 플레이트 패턴 최적화
	Mobile 제어 시스템 설계 및 구현	
	A02	Mobile 제어 시스템 서버 및 클라이언트 측 구현
	[국제협력] LED 면광원 현지 요구사항 반영 제품 개발	
	A03	Bezel-less type 초박형 LED 면광원개발
	[국제협력] LED 면광원 시스템 통합	
	A04	Bezel-less type 초박형 LED 면광원 제어 시스템 제작

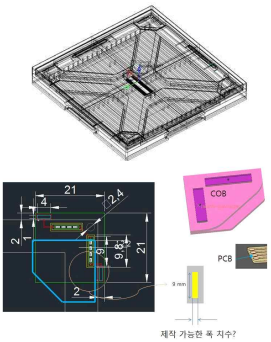
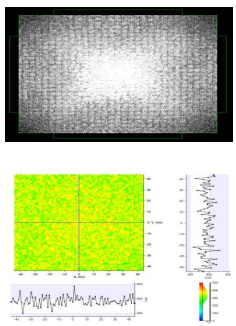
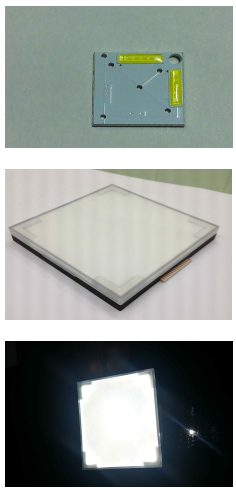
4-1	전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리플랫폼 및 LED 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	초고층빌딩을 위한 초박형 스마트 LED 면등 개발 및 스마트 LED 면등 조명제어 시스템 개발	시제품 제작
세부목표	COB 효율 개선 및 면광원 패턴 최적화	
A01	COB 효율 개선 및 면광원 플레이트 패턴 최적화	

절차	내용	이미지	산출물
면광원 플레이트 패턴 설계 및 최적화	▪ 면광원 플레이트 패턴 설계 및 최적화		설계 및 시뮬레이션
COB 제작 및 면광원 플레이트 제작	▪ COB 제작 ▪ 초박형 면광원 플레이트 제작		시제품
관련 목표 성과물	▪ 두께 5mm 이하 초박형/초경량 면조명		

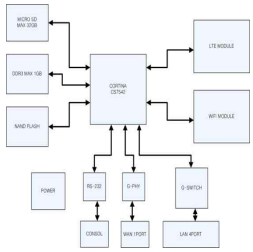
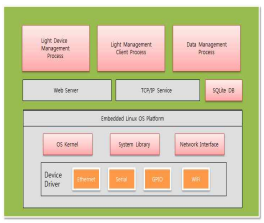
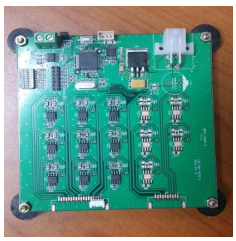
4-1	전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리플랫폼 및 LED 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	초고층빌딩을 위한 초박형 스마트 LED 면등 개발 및 스마트 LED 면등 조명제어 시스템 개발	시제품 제작
세부목표	Mobile 제어 시스템 설계 및 구현	
A02	Mobile 제어 시스템 서버 및 클라이언트 측 구현	

절차	내용	이미지	산출물
조명제어 시스템 확장 설계	▪ Mobile 제어가 포함된 조명관리 시스템 확장 설계 ▪ 조명제어시스템 서버 S/W 설계 ▪ iOS향 Client S/W 설계	 	시스템 구조도
조명제어 시스템 확장 구현	▪ 조명제어시스템 서버 S/W 구현 ▪ iOS 향 조명관리 Client S/W 구현	 	시제품
관련 목표 성과물	▪ 조명관리시스템, iOS향 조명관리 Client S/W		

4-1	전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리플랫폼 및 LED 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	LED 면광원 사우디 현지화 국제협력	시제품 제작
세부목표	LED 면광원 현지 요구사항 반영 제품 개발	
A03	Bezel-less type 초박형 LED 면광원 개발	

절차	내용	이미지	산출물
Module 디자인 및 설계	▪ Bezel less type Module design - 단일 Module 디자인&설계 - 타일식 어레이 모듈 디자인&설계 - 전용 COB개발 및 성능 구현을 위한 광원 배치		모델링 & 시뮬레이션
패턴 광가이드 설계 및 제작	▪ 구조 제안 및 설계 ▪ 플레이트 설계 및 제작		시뮬레이션 비교 DATA
시제품 제작	▪ Bezel less type LED 면광원 시제품 제작		시제품
관련 목표 성과물	▪ 초박형 Bezel less type LED 면광원		

4-1	전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리플랫폼 및 LED 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	LED 면광원 사우디 현지화 국제협력	시제품 제작
세부목표	LED 면광원 시스템 통합	
A04	Bezel-less type 초박형 LED 면광원 제어 시스템 제작	

절차	내용	이미지	산출물
제어시스템 설계	▪ LED Driver H/W 설계 ▪ 제어 G/W 설계	 	설계도
제어시스템 개발	▪ LED Driver H/W 제작 ▪ 제어 G/W 제작	 	시작품

관련 목표 성과물	▪ LED Driver, LED 면광원 Control Node, 조명제어 Gateway

다. 초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 개발

세세부 과제명	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 개발

최종목표
초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발 u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 개발 u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 개발 초고층 건물 적용 ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 모듈 개발 u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 산업용 패키징 기술 개발 및 실용화 시범지구 적용 및 Testbed 시험 실용화 통합 게이트웨이 검증 및 복합 센서 실용화

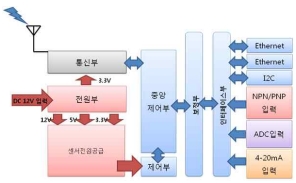
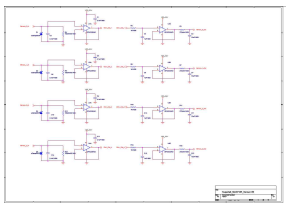
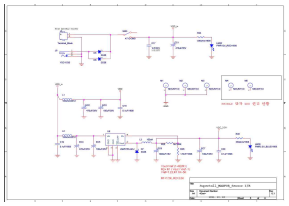
세부목표			
	3차년도	**초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발**	
		A01	초고층 복합 건물 정보 수집 센서 요구 사항 분석 및 회로 설계
		A02	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 시제품 제작
		u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 개발	
		A03	게이트웨이 회로 설계 및 시제품 제작
		A04	게이트웨이 Embedded 프로그램 포팅
		A05	게이트웨이 Application 개발
	4차년도	**u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 개발**	
		A01	u-SISN(SupertallInfo Sensor Network) 미들웨어 개발
		초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 및 게이트웨이 고도화	
		A02	멀티 센서 인터페이스 모듈 및 게이트웨이 제작
		시범지구 적용 및 Testbed 시험	
		A03	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 게이트웨이 신뢰성 시험
		A04	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 신뢰성 시험
		A05	통신 신뢰성 시험 평가

세부목표	**5차년도**	**초고층 건물 적용 ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 모듈 개발**	
		A01	초고층 건물 적용 ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 모듈 개발
		u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 산업용 패키징 기술 개발 및 실용화	
		A02	초고층 건물적용 ModBus 연동 다양한 인터페이스를 지원하는 근거리 무선 센서 및 제어 모듈 개발
		시범지구 적용 및 Testbed 시험	
		A03	신뢰성 시험 및 인증
	6차년도	**실용화 통합 게이트웨이 검증 및 복합 센서 실용화**	
		A01	센서 노드 패키징
		A02	초고층 게이트웨이 패키징 기술
		A03	초고층 복합건물 Test Model 사이트 구축

(1) 3차년도

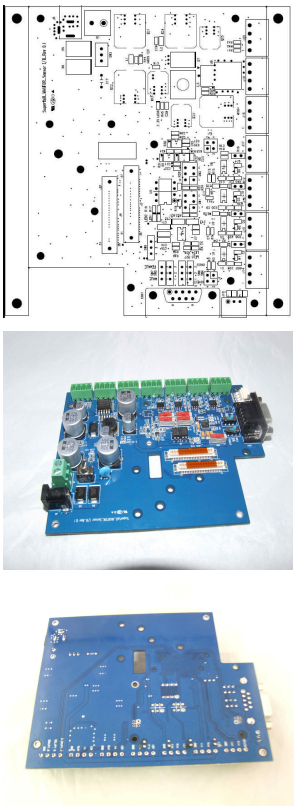
3차년도 세부목표	**초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발**	
	A01	초고층 복합 건물 정보 수집 센서 요구 사항 분석 및 회로 설계
	A02	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 시제품 제작
	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 개발	
	A03	게이트웨이 회로 설계 및 시제품 제작
	A04	게이트웨이 Embedded 프로그램 포팅
	A05	게이트웨이 Application 개발

4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발 및 고도화	보고서 특허
세부 목표	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발	
A01	초고층 복합 건물 정보 수집 센서 요구 사항 분석 및 회로 설계	

절차	내용	이미지	산출물
요구사항 및 기능분석	▪ Sensor Interface 조사 ▪ Sensor Output 사양 정리 ▪ 초고층 복합 건물 정보 수집센서 멀티모듈 HW 사양 및 Block diagram 연구 ▪ 초고층 복합 건물 정보 수집센서 멀티 모듈 기본 기능 연구 ▪ USN 기반의 초고층 복합 건물 유지관리 시스템 구축 응용 요구사항 프로파일 보고서		보고서 1건
회로 설계	▪ Current Input 회로 설계 ▪ Voltage Input 회로 설계 ▪ PNP/NPN Input 회로 설계 ▪ Serial Input 회로 설계 ▪ Current Input 회로 설계 ▪ Terminal Block 회로 설계 ▪ Connector 회로 설계 ▪ Power 회로 설계	 	회로도 1건 특허 1건

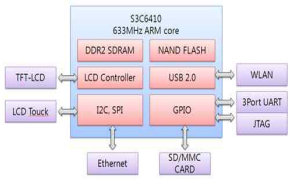
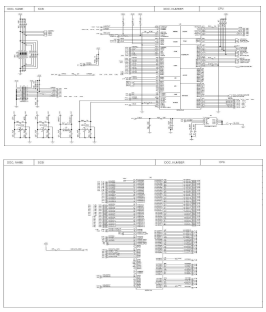
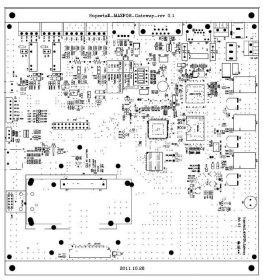
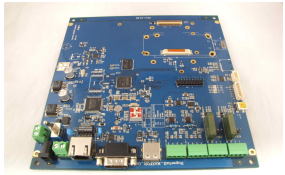
관련 목표 성과물	▪ USN 기반의 초고층 복합 건물 유지관리 시스템 구축 응용 요구사항 프로파일 보고서 1건 ▪ 초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 회로도 ▪ 통신 장치 케이스를 이용한 안테나 특허 1건 출원

4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발 및 고도화	시제품
세부 목표	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 개발	
A02	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 시제품 제작	

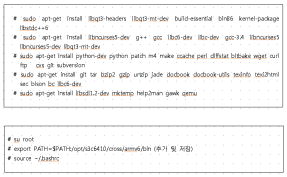
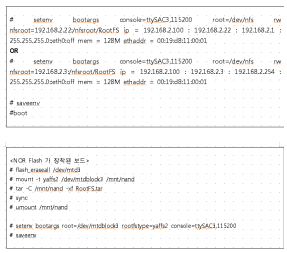
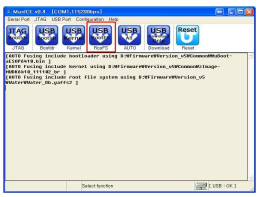
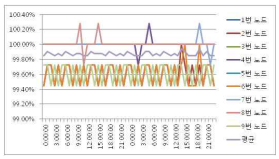
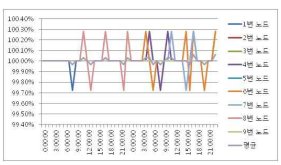
절차	내용	이미지	산출물
정보 수집 복합 센서 모듈 시제품 제작	▪ 정보 수집 복합 센서 PCB Artwork 설계 ▪ 정보 수집 복합 센서 모듈 시제품 제작		거버 파일 1건 시제품 1건

관련 목표 성과물	▪ 초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 거버 파일 ▪ 초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 시제품

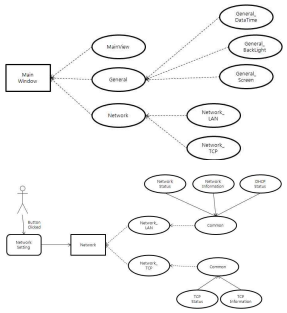
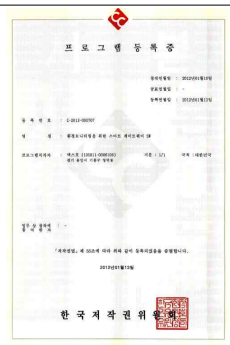
4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 개발 및 고도화	시제품
세부 목표	u-SISN 융합 통합 게이트웨이 기술 개발	
A03	게이트웨이 회로 설계 및 시제품 제작	

절차	내용	이미지	산출물
게이트웨이 HW 설계 연구	▪ 제품 Spec 연구 ▪ 기능 및 특징 ▪ Block Diagram		
세부 회로 설계	▪ Main 보드 회로 설계 ▪ 통신 노드 인터페이스 회로 설계 ▪ LCD part 회로 설계		회로도
PCB Artwork 및 시제품 제작	▪ COMP_ASSEMBLY LAYER 설계 ▪ SOLD_ASSEMBLY LAYER 설계 ▪ COMP LAYER 설계 ▪ INT 1~ INT 6 LAYER 설계 ▪ MASK LAYER 설계 ▪ Silk 및 Sold LAYER 설계	 	Gerber file 시제품
관련 목표 성과물	▪ 게이트웨이 시제품 1건		

4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 개발 및 고도화	
세부 목표	u-SISN 융합 통합 게이트웨이 기술 개발	
A04	게이트웨이 Embedded 프로그램 포팅	

절차	내용	이미지	산출물
개발 환경 설정	▪ Embedded 프로그램 개발을 위한 개발 환경 구축 ▪ Linux 설치 ▪ 추가 개발 패키지 설치 ▪ Cross Compiler 설치 ▪ 각종 환경 변수 설정		
타겟 보드 개발 환경 설정	▪ Embedded 타겟 보드의 개발 환경 구축 ▪ 각종 환경 변수 설정uBoot 설치 ▪ Network 설정 ▪ uBoot 다운로드 ▪ Kernal Image 다운로드 ▪ File System 다운로드		
이미지 포팅	▪ Embedded 타겟 보드의 이미지 포팅 ▪ Maxice 프로그램 개요 ▪ Maxice Option 설정 ▪ MaxICE를 사용하여 부트로더 다운로드 ▪ MaxICE를 사용하여 커널 다운로드 ▪ MaxICE를 사용하여 파일 시스템 다운로드		프로그램 1건
테스트	▪ 게이트웨이의 수신율 확인 및 재전송 여부 확인 ▪ 수신율 테스트 ▪ 재전송 테스트	 	
관련 목표 성과물	▪ 게이트웨이 임베디드 프로그램 1건		

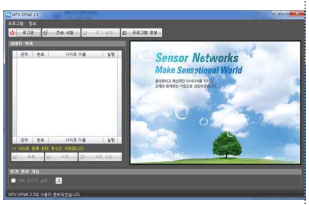
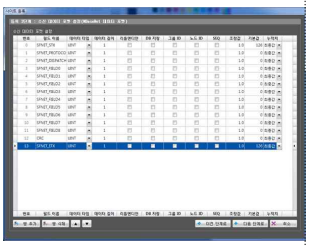
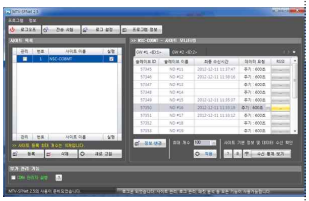
4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술 개발 및 고도화	프로그램 등록
세부 목표	u-SISN 융합 통합 게이트웨이 기술 개발	
A05	게이트웨이 Application 개발	

절차	내용	이미지	산출물
프로그램 개요 및 설계	▪ 게이트웨이 어플리케이션을 개발하기 위한 기능 및 구조를 설계 ▪ 기본 UI 설계 ▪ 전체 프로그램 구조 설계 ▪ 각 기능별 구조 설계		
프로그램 개발	▪ 게이트웨이 어플리케이션을 구성하는 클래스를 정의 ▪ 각 클래스와 함수를 개발 구현.		SW 1건 프로그램 등록 1건
기본 동작 테스트 및 사용자 매뉴얼 작성	▪ 게이트웨이 어플리케이션을 구동하는 방법을 매뉴얼 작성 ▪ 게이트웨이 어플리케이션을 구동하며 기본 단위 동작 테스트		매뉴얼 1건
관련 목표 성과물	▪ 환경 모니터링을 위한 스마트 게이트웨이 SW 등록 1건		

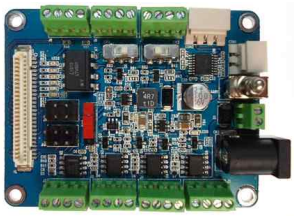
(2) 4차년도

4차년도 세부목표	**u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 개발**	
	A01	u-SISN(SupertallInfo Sensor Network) 미들웨어 개발
	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 및 게이트웨이 고도화	
	A02	멀티 센서 인터페이스 모듈 및 게이트웨이 제작
	시범지구 적용 및 Testbed 시험	
	A03	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 게이트웨이 신뢰성 시험
	A04	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 신뢰성 시험
	A05	통신 신뢰성 시험 평가

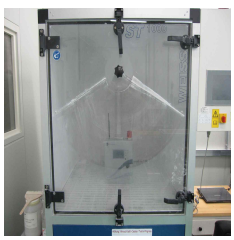
4-1-2	u-SISN(SupertallInfo Sensor Network) 미들웨어 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 개발	시제품, SW 등록
세부 목표	미들웨어 개발	
A01	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 개발	

절차	내용	이미지	산출물
u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 사양 및 데이터 연동기술 개발	▪ u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 필요성 및 구성 및 특징 ▪ 데이터 포맷 연구		시제품 1건, SW 등록 1건
u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 주요 기능 설계 및 개발	▪ u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 주요 기능 개발		
u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 외부 인터페이스 연동 기술 개발	▪ u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 시리얼 인터페이스 개발 ▪ u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 TCP 인터페이스 개발 ▪ u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 UDP 인터페이스 개발		
관련 목표 성과물			

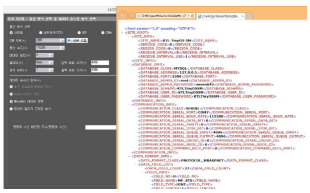
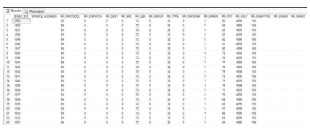
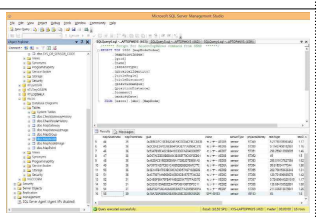
4-1-2	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 및 게이트웨이 고도화	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈 및 게이트웨이 고도화	시제품, 특허, SW 등록
세부 목표	멀티 센서 인터페이스 모듈 및 게이트웨이 고도화	
A02	멀티 센서 인터페이스 모듈 및 게이트웨이 제작	

절차	내용	이미지	산출물
멀티센서 인터페이스 모듈 고도화	▪ 각 인터페이스 회로 설계 및 소형화		시제품 1건 특허 2건
u-SISN 게이트웨이 고도화	▪ 사이즈 축소, 단가 절감, 전류 소모가 감소된 개선된 게이트웨이 설계 ▪ 다중 전원 회로 제작 및 테스트		시제품 1건 SW 등록 1건
관련 목표 성과물			

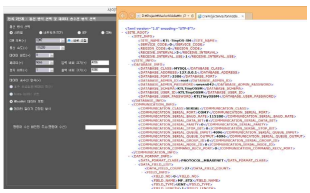
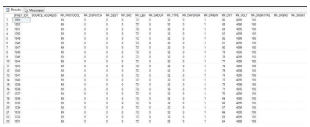
4-1-2	시범 지구 선정 및 Testbed 시험	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	시범 지구 선정 및 Testbed 시험	시험성적서
세부 목표	시제품 신뢰성 시험 및 검증	
A03	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 게이트웨이 신뢰성 시험	

절차	내용	이미지	산출물
기구 제작 및 설계	▪ 분진 방수 기능을 위한 케이스 설계 및 제작		기구물 1건
방송 통신 기자재 및 전자파 적합 시험	▪ 방송 통신 기자재 시험 및 인증 추진 ▪ 전자파적합 시험 및 인증 추진		시험 인증서 2건
강우 및 분진 시험	▪ 강우 및 분진 시험의 목적 및 관련 규격 확인 ▪ 강우 및 분진 시험방법 설정 및 시험 진행 ▪ 강우 및 분진 시험의 결과 및 인증서		시험 인증서 2건
관련 목표 성과물			

4-1-2	시범 지구 선정 및 Testbed 시험	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	시범 지구 선정 및 Testbed 시험	시험성적서
세부 목표	시제품 신뢰성 시험 및 검증	
A04	u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 신뢰성 시험	

절차	내용	이미지	산출물
데이터 연동 업무로직 처리 기술 시험	▪ 장치 또는 애플리케이션에서 수신된 데이터의 해석 및 처리를 위해 워크플로우 설정방식 또는 프로그램 방식에 의한 사용자 정의 로직 처리 기능을 제공하는지 확인	 	시험 인증서 1건
이기종 AIDC 연동기술 시험	▪ 각 장치별 연결 가능한 컴포넌트 방식의 장치 어댑터 구조 지원 시험 ▪ 각종 바코드, 센서, 컨트롤러 등 신규장비 어댑터 개발 방안 제공 시험 ▪ Synchronous 및 Asynchronous 방식 통신 지원 시험 ▪ 각 연결 장치별 데이터 발생 Source 구분 관리 기능 제공 시험 ▪ 외부 설정 방식에 의한 각 장치별 파리미터 변경 및 저장 기능 제공 시험		
외부 애플리케이션 연동기술 시험	▪ 각 애플리케이션 별 연결 가능한 컴포넌트 방식의 어댑터 구조 지원 시험		
관련 목표 성과물			

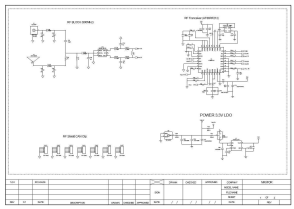
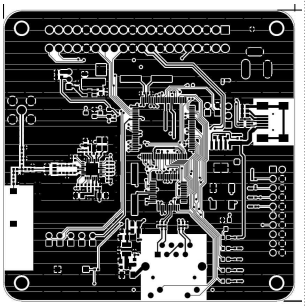
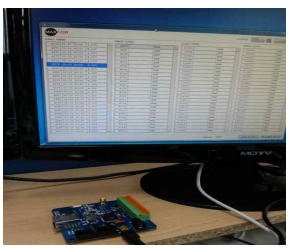
4-1-2	시범 지구 선정 및 Testbed 시험	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	시범 지구 선정 및 Testbed 시험	
세부 목표	시제품 신뢰성 시험 및 검증	
A05	통신 신뢰성 시험 평가	

절차	내용	이미지	산출물
Packet Error Rate 측정	▪ 통신율 측정 및 무결성 검증을 위한 PER 측정 테스트 수행	 	
데이터 무결성 검증 알고리즘 개발	▪ 데이터 무결성 검증에 대한 정의 및 확보를 위한 방법 연구 ▪ 통신의 무결성을 보장하기 위한 게이트 알고리즘 개발 ▪ 데이터 무결성 검증		
관련 목표 성과물			

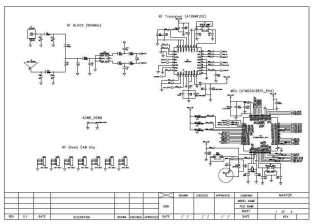
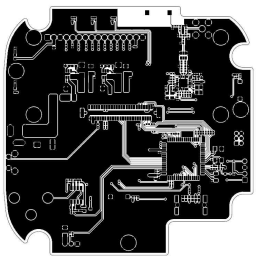
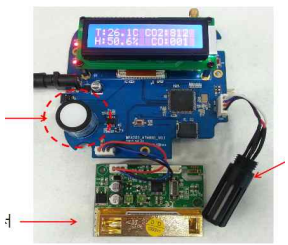
(3) 5차년도

5차년도 세부목표		
	초고층 건물 적용 ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 모듈 개발	
	A01	초고층 건물 적용 ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 모듈 개발
	u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 산업용 패키징 기술 개발 및 실용화	
	A02	초고층 건물적용 ModBus 연동 다양한 인터페이스를 지원하는 근거리 무선 센서 및 제어 모듈 개발
	시범지구 적용 및 Testbed 시험	
	A03	신뢰성 시험 및 인증

4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 신뢰성 기술 개발	시제품, SW 등록, 특허 출원, 특허 등록
세부 목표	무선 코디네이터 모듈 개발	
A01	초고층 건물 적용 ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 모듈 개발	

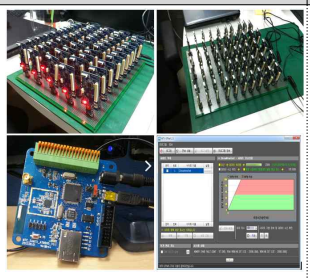
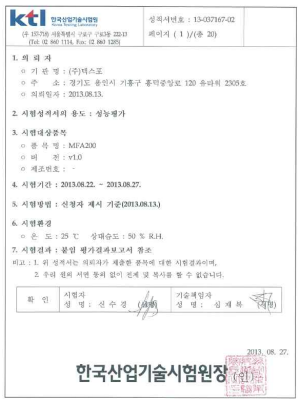
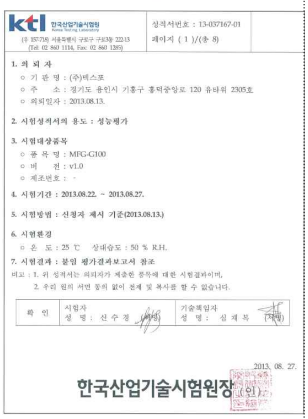
절차	내용	이미지	산출물
초고층 건물 적용 ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 모듈 개발	▪ HW 설계 ▪ PCD 설계 ▪ 시제품 제작		시제품 1건, SW 등록 1건, 특허 출원 1건 특허 등록 1건
MoBus 프로토콜 구현	▪ Modbus 요구 사항 분석 ▪ ModBus 프로토콜 설계 ▪ 초고층 표준 프로토콜 Addressing Model		
MoBus Interface 성능 테스트	▪ u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 시리얼 인터페이스 개발 ▪ u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 TCP 인터페이스 개발 ▪ u-SISN(Supertall Info Sensor Network) 미들웨어 UDP 인터페이스 개발	 	
관련 목표 성과물	▪ 특허 출원 1건 ▪ SW 등록 1건		

4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 산업용 패키징 기술 개발 및 실용화	시제품, SW 등록, 특허 출원, 특허 등록
세부 목표	무선 센서 개발	
A02	초고층 건물적용 ModBus 연동 다양한 인터페이스를 지원하는 근거리 무선 센서 및 제어 모듈 개발	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 건물적용 ModBus 연동 다양한 인터페이스를 지원하는 근거리 무선 센서 및 제어 모듈 개발	▪ HW 설계 ▪ PCD 설계 ▪ 시제품 제작		시제품 1건, SW 등록 1건, 특허 출원 1건
무선 통신 모듈 데이터 신뢰성을 위한 APP Layer 프로토콜 설계	▪ APP 계층 요구 사항 분석 ▪ Application Task 설계 ▪ Mesh network 관리 프로토콜 설계		
센서 데이터 신뢰성 구현제품 신뢰성 테스트	▪ 온/습도 센서 데이터 추출 방법 연구 개발 ▪ CO/CO2 센서 데이터 신뢰성 기술 개발 ▪ 멀티 센서 인터페이스 제품 테스트	 	

관련 목표 성과물	▪ 특허 출원 1건 ▪ SW 등록 1건

4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술개발	관련 성과지표 (KPI)
최종 목표	u-SISN (Supertall Info Sensor Network) 신뢰성 기술 개발	국내 학술지, 현장적용
세부 목표	시범지구 적용 및 Testbed 시험	
A03	신뢰성 시험 및 인증	

절차	내용	이미지	산출물
ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 신뢰성 시험	▪ MODBUS 모뎀 통신 신뢰도 시험 (KTL 인증 평가) ▪ RF 통신 챔버 시험 ▪ 산업표준 MoBus Interface 성능 테스트 ▪ 정전기 테스트 ▪ 온/습도 시험	 시 험 성 적 서 	국내 학술지 1, 현장적용 2, 신기술 신청
초고층 건물적용 ModBus 연동 다양한 인터페이스를 지원하는 근거리 무선 센서 및 제어 모듈 신뢰성 시험	▪ 센서 데이터 정확성 신뢰성 시험 (KTL 인증 평가) ▪ 센싱데이타 정확도 시험 ▪ RF 통신 챔버 시험 ▪ 정전기 테스트 ▪ 온/습도 시험	시 험 성 적 서 	
통신 신뢰성 시험 평가	▪ 통신 수신율 시험 ▪ 통신 거리 시험 ▪ 무선 MODBUS 모뎀 송/수신 Range ▪ 유선 MODBUS 와 무선 MODBUS 장비 확장성 비교		
관련 목표 성과물	▪ 현장적용, 신기술신청		

(4) 6차년도

6차년도 세부목표	실용화 통합 게이트웨이 검증 및 복합 센서 실용화
A01	센서 노드 패키징
A02	초고층 게이트웨이 패키징 기술
A03	초고층 복합건물 Test Model 사이트 구축

4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	실용화 통합 게이트웨이 검증 및 복합 센서 실용화	시제품 제작
세부목표	복합 센서 실용화	
A01	센서 노드 패키징	

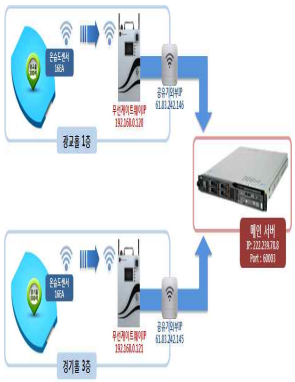
절차	내용	이미지	산출물
센서 노드 개발	▪ 회로 설계 및 시제품 제작		시제품
센서 노드 패키징	▪ 복합센서 기구 디자인 및 설계		
관련 목표 성과물	▪ 초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈		

4-1-2	전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리플랫폼 및 LED 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	실용화 통합 게이트웨이 검증 및 복합 센서 실용화	시제품 1건 인증서 2건
세부목표	실용화 통합 게이트웨이 검증	
A02	통합게이트웨이 방폭 기구 설계 및 검증	

절차	내용	이미지	산출물
신뢰성 확보 방안 연구	▪ 다중 전원 공급 기술 ▪ 저전력 회로 설계테스트 ▪ 에폭시 처리 기술 ▪ 정전기 및 낙뢰 보호 회로 설계		시제품 1건 인증서 2건
초고층 게이트웨이 패키징 기술	▪ 게이트웨이 방폭 케이스 개발 ▪ 게이트웨이 신뢰성 테스트	 제14-0446호 안 전 인 증 서 (주)텍스포 경기도 용인시 처인구 양지면 반정로 48 위 사업장에서 제조하는 아래의 품목이 「산업안전보건법」 제34조 및 같은 법 시행규칙 제58조의4제4항에 따른 안전인증 심사 결과 안전·보건기준에 적합하므로 안전인증표시의 사용을 인증합니다. 품 목 내압게이트웨이텍스 형식 · 모델 / 용량 · 등급 / 인증번호 형식·모델 / 용량 · 등급 / 인증번호 MFG-G400 / DC 12V, 3.5A / 14-GA2BC-0446 Ex d IIC T5 인 증 기 준 방호장치 의무안전인증 고시(고용노동부고시 제2013-54호) 인 증 조 건 -20 ℃≤Tamb≤ +40 ℃, 및안 사용조건 참조 2014 년 11 월 03 일 한국가스안전공사 사장 HCT 74, Seoicheon-ro 57Bbeon-gil, Majang-myeon, Icheon-si, Gyeonggi-do, Korea TEL: +82-31-645-6300 FAX: +82-31-645-6401 EMI VERIFICATION REPORT Applicant: MAXFOR Technology Inc. 48, Banjoong-ro, Yangji-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea Date of Receipt: June 23, 2014 Date of Issue: July 21, 2014 Test Report No. HCT-E-1407-F020 HCT FRN: 0005866421 MODEL: MFG-G400 Rule Part(s) / Standard(s): FCC CFR 47 PART 15 Subpart B Class A Equipment Type: Smart Gateway Port : RJ45 / RS232 Port Date of Test: July 04, 2014 – July 17, 2014 The device bearing the trade name and model specified above, has been shown to comply with the applicable technical standards as indicated in the measurement report and was tested in accordance with the measurement procedures specified in ANSI C63.4-2003. (See Test Report if any modifications were made for compliance) I attest to the accuracy of data. All measurements reported herein were performed by me or were made under my supervision and are correct to the best of my knowledge and belief. I assume full responsibility for the completeness of these measurements and vouch for the qualifications of all persons taking them. HCT certifies that no party to application has been denial the FCC benefits pursuant to Section 5301 of the Anti-Drug Abuse Act of 1988, 21 U.S.C 862. Tested By Gyoung-Seon Kim Test Engineer EMC Team Certification Division Reviewed By Sang-Jun Lee Technical Manager EMC Team Certification Division This report only responds to the tested sample and may not be reproduced, except in full, without written approval of the HCT Co., Ltd.	
초고층 게이트웨이 인증 시험	▪ 방폭 시험 안전 인증 ▪ 정전기 성능 인증		

관련 목표 성과물	▪ 방폭형 스마트게이트웨이

4-1-2	초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	실용화 통합 게이트웨이 검증 및 복합 센서 실용화	테스트베드
세부목표	테스트베드 구축 및 운용	
A03	초고층 복합건물 Test Model 사이트 구축	

절차	내용	이미지	산출물
국내 테스트베드 구축	▪ GSBC 광교홀 / 경기홀 테스트베드 설치		테스트베드
관련 목표 성과물	▪ 테스트베드 설치		

[4-2 세세부 : 지능형 유지관리기술 개발]

가. 초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발

세세부 과제명	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발

최종목표
LCC기반 초고층 시설물 통합 관리 솔루션 아키텍쳐 설계 초고층 FMS 표준 기능 선정 및 업무 프로세스 정의 초고층 통합 FMS 표준 기능 개발 초고층 통합 FMS 운영 시나리오 구축 초고층 통합 FMS 시스템 구현 초고층 통합 FMS 테스트 베드 적용

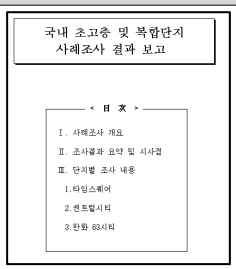
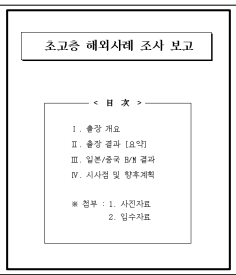
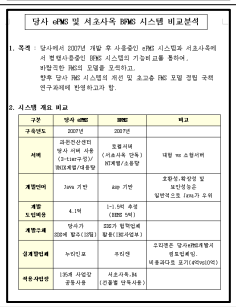
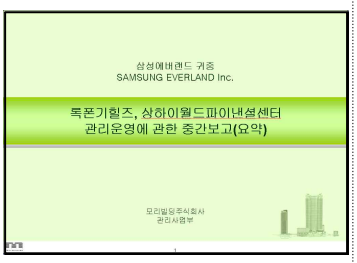
세부목표			
	2차년도 (1단계)	**초고층 FMS 표준 기능 선정 및 업무 프로세스 정의**	
		A01	초고층 시설물 유지관리 현황 및 선진 사례 조사 분석
		A02	LCC기반 초고층 시설 통합관리 Solution
	3차년도	**초고층 FMS 표준 기능 선정 및 업무 프로세스 정의**	
		A01	초고층 FMS 표준 기능 선정 및 모델 개발
		A02	초고층 FMS 표준 업무 프로세스 정의
		초고층 통합 FMS 표준 기능 개발	
		A03	FMS 표준기능 모델 검토 및 파일럿 기능 선별
		A04	초고층 통합 FMS 기본기능 구현
		A05	연계기술 분석 및 연계 방안 연구
		A06	파일럿 테스트 적용 파일럿 시스템 개발
	4차년도	**초고층 통합 FMS 표준 기능 개발**	
		A01	초고층 FMS 에너지절감 운영 프로세스 분석(BEMS운영기법) 및 정립
		A02	사례 조사 분석을 위한 기술DB 구축
		A03	통합 FMS 운영 시나리오
		초고층 통합 FMS 시스템 구현	
		A04	초고층 통합 FMS 시스템 연동 개발
		A05	BEMS 기능 개발
		A06	타 시스템 연동 라이브러리 설계
		A07	초고층 통합 FMS 파일럿 시스템 구현

세부목표	**5차년도**	**초고층 통합 FMS 시스템 구현**	
		A01	초고층 FMS 서비스 모델 적용 및 보완
		A02	초고층 복합빌딩 BEMS 적용 및 보완
		A03	타 시스템 연동 라이브러리 구현
		A04	초고층 통합FMS 파일럿시스템 적용
	6차년도	**초고층 통합 FMS 테스트베드 적용**	
		A01	초고층 통합 FMS 운영 적용
		A02	초고층 FMS 솔루션 개선사항 분석 및 반영
		A03	초고층 통합 FMS 테스트베드 적용

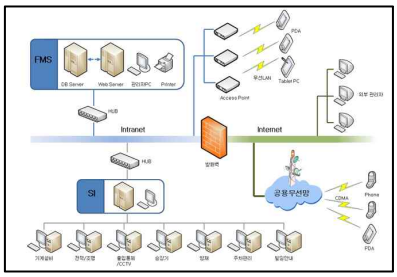
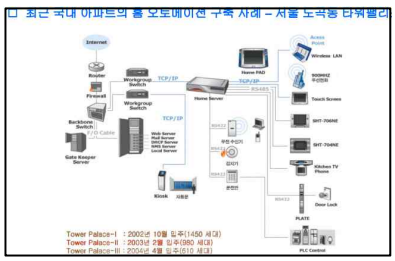
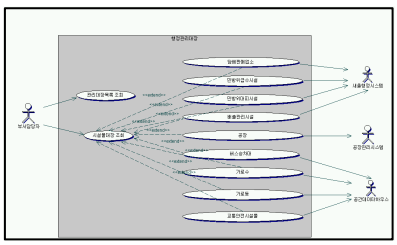
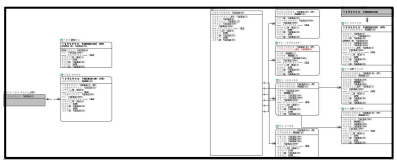
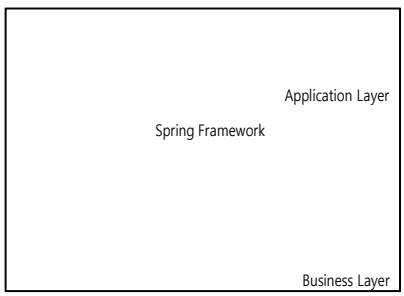
(1) 1단계 (2차년도)

2차년도 (1단계) 세부목표	초고층 FMS 표준 기능 선정 및 업무 프로세스 정의	
	A01	초고층 시설물 유지관리 현황 및 선진 사례 조사 분석
	A02	LCC기반 초고층 시설 통합관리 Solution

4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 시설물 유지관리 현황 및 선진사례 조사분석	유지관리 시나리오
세부 목표	초고층 FMS 모델 구축	
A01	초고층 시설물 유지관리 현황 및 선진사례 조사분석	

절차	내용	이미지	산출물
국내 일반 건물 시설물 유지관리 현황 조사	▪ 국내 일반 건물 유지관리 현황 조사 대상 검토 ▪ 기본자료 입수 및 분석 ▪ 현장답사 B/M 방문 ▪ 사례조사 보고서 작성		국내 복합단지 사례조사 결과보고서
해외 초고층 시설물 현황 조사	▪ 해외초고층 건물 유지관리 현황 조사 대상 검토 ▪ 기본자료 입수 및 분석 ▪ 현장답사 B/M 방문 ▪ 사례조사 보고서 작성		초고층 해외사례조사 보고서
FMS 기능사례 조사 및 초고층 FMS 표준기능 선정	▪ FMS 조사대상 검토 ▪ 조사대상 FMS 기능조사 분석 ▪ 주요기능별 분석비교 ▪ 분석비교자료 작성		FMS 기능 비교분석 보고서
해외 관리운영사례조사 컨설팅	▪ 초고층 운영역량을 확보하기 위한 방안 검토 ▪ 해외기업의 초고층 운영검험 컨설팅 결정 ▪ 컨설팅 대상기업 검토 및 선정 ▪ 해외컨설팅		초고층 빌딩 관리운영 컨설팅 보고서
관련 목표 성과물	▪ 초고층 시설물 유지관리 현황 및 선진사례 조사분석서		

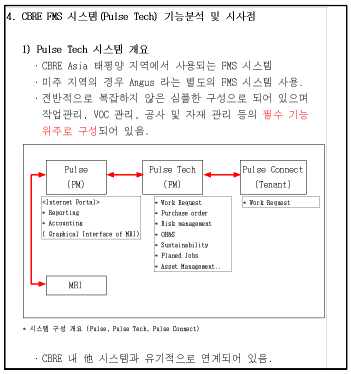
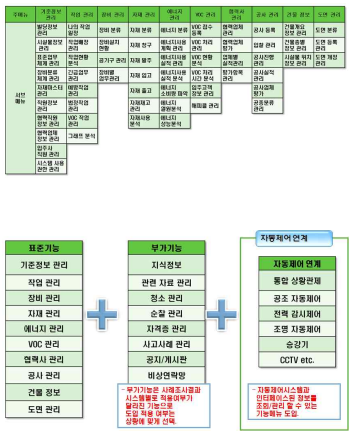
4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층 FMS 솔루션 아키텍처 설계 및 미원빌딩 FMS 모델구축	미원빌딩 FMS 모델 구축
세부 목표	LCC기반 초고층 시설물 통합관리 Solution 개발	
A02	초고층 FMS 솔루션 아키텍처 설계	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 FMS 솔루션 선진 기술 분석 차별화 방안 검토	▪ 논문 및 자료일반 빌딩에 대한 빌딩 시설물 관리 기술의 주요 사상 및 기능 검토 ▪ 국내 고층 및 초고층 시설물 관리 시스템 현황 분석 ▪ 일반적인 빌딩 관리 기술을 초고층 복합 빌딩에 적용시 문제점 및 차별화 방안 도출	 	초고층 FMS 솔루션 기술분석서
초고층 FMS 솔루션 기능 도출 및 설계	▪ 초고층 FMS 유즈케이스 도출 ▪ 초고층 통합 FMS 시스템 도메인 설정 ▪ 초고층 통합 FMS 메타 DB 설계	 	초고층 FMS 기능 명세서
초고층 FMS 솔루션 아키텍처 설계	▪ 시설물 관련 시스템(IBS, BEMS 등)과 통합연계 설계 ▪ 이식성 및 호환성을 고려한 Adaptable 인터페이스 설계 ▪ 개발환경 설정 및 구현		초고층 FMS 솔루션 아키텍처
관련 목표 성과물	▪ 초고층 FMS 솔루션 아키텍처 설계 및 미원빌딩 FMS 모델		

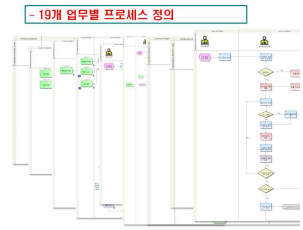
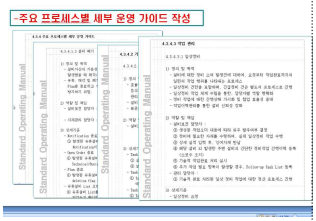
(2) 3차년도

3차년도 세부목표	**초고층 FMS 표준 기능 선정 및 업무 프로세스 정의**	
	A01	초고층 FMS 표준 기능 선정 및 모델 개발
	A02	초고층 FMS 표준 업무 프로세스 정의
	초고층 통합 FMS 표준 기능 개발	
	A03	FMS 표준기능 모델 검토 및 파일럿 기능 선별
	A04	초고층 통합 FMS 기본기능 구현
	A05	연계기술 분석 및 연계 방안 연구
	A06	파일럿 테스트 적용 파일럿 시스템 개발

4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 FMS 모델	표준 FMS 기능체계도
세부 목표	초고층 FMS 표준 기능 선정 및 모델 개발	
A01	초고층 FMS 표준 기능 선정 및 모델 개발	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 FMS 해외컨설팅 진행	▪ Global 자산관리 전문회사인 CBRE 와 초고층 FMS 컨설팅 진행 ▪ CBRE 보유 솔루션인 Pulse Tech 및 Angus 시스템 기능 검토 ▪ 초고층 FMS 구축시 반영사항 사례 검토		기능분석보고서 1건
초고층 FMS 표준기능 도출	▪ 국내 주요사 FMS 시스템 ▪ 사례조사 (4개, 활용도 및 특성, 장단점 조사) ▪ 국내 주요사 FMS 기능체계 조사/분석 ▪ 표준기능 선정 및 기능체계도 정립 (10개 메뉴, 58개 Sub 메뉴) ->프로세스 반영/설계 진행에 따라 부분 변동 가능성 ▪ 표준기능 화면 설계 진행(~2012.4) ▪ 초고층 요소 반영 기능 사례조사 검토		표준FMS 기능체계도 1건
관련 목표 성과물	▪ 표준 FMS 기능체계도		

4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 FMS 모델	표준 FMS 기능체계도
세부 목표	초고층복합빌딩 FMS 모델	
A02	초고층 FMS 표준업무프로세스 정의	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 FMS 표준 업무 프로세스 정의	▪ 표준 기능별 업무 프로세스 정의 (19개 업무분야 정립) ▪ 주요 프로세스별 세부 운영가이드 작성 ▪ 초고층 요소 반영 프로세스 검토 예정	 	업무프로세스 정의서 1건

관련 목표 성과물	▪ 초고층복합빌딩 파일럿 기능 항목

4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	개발제품 이용기술 개발 건수
세부 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 기술	
A03	FMS 표준기능 모델 검토 및 파일럿 기능 선별	

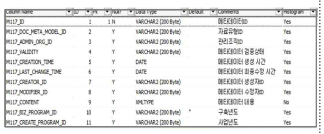
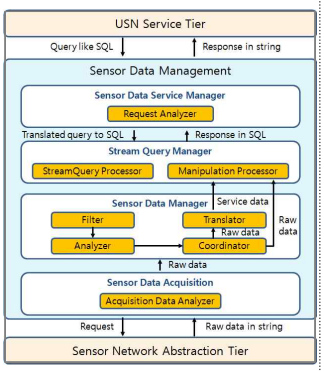
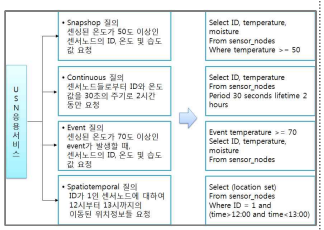
절차	내용	이미지	산출물
FMS표준기능 모델 검토 및 파일럿 기능 선별	▪ 초고층 복합빌딩의 특성인 개별용도별 단위 FMS와 이를 상위레벨에서 통합 관리 할 수 있는 포털형 FMS가 동시에 필요한 형태인 “분산 통합형 FMS 시스템” 적용 여부 분석 ▪ 저탄소 녹색성장 등 근래 이슈가 되고 있는 “건물에너지관리(BEMS) 중심의 FMS 시스템” 적용 여부 분석 ▪ 출입, 주차 등의 FMS 운영모델의 제어 포인트를 에너지관리 FMS 기능과 연계하여 최적화 에너지관리가 가능한 FMS시스템 구현 및 용도별, 시간대별 에너지 소비량을 전체 에너지소비 총량과 함께 에너지 관리의 최적화 구현 방안 등 “운영모델과 연계된 FMS 시스템 구축” 적용 여부 분석 ▪ 초고층 FMS 10개 표준기능 하위의 58개의 서브메뉴 기능 중 20개의 기능을 파일럿 기능으로 선별함 ▪ 전체 표준 기능 중 주요 업무별 프로세스를 적용할 수 있는 기능과 초고층 복합빌딩에 특화된 기능을 테스트할 수 있는 기능을 우선적으로 선별함		시스템 활용 기술 적용 보고서

관련 목표 성과물	▪ 초고층복합빌딩 파일럿 기능 항목

1-4-3	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	개발제품 이용기술 개발 건수, SW 등록건수
세부 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 기술	
A04	초고층 통합 FMS 기본 기능 구현	

절차	내용	이미지	산출물
기존 FMS 기능을 초고층 기능으로 고도화 및 구현	▪ 솔리데오시스템즈 FMS 솔루션의 기능 표준화 작업을 진행 ▪ 초고층복합빌딩 FMS의 특화 기능 적용방안 도출 ▪ 초고층복합빌딩 FMS의 특화 기능 적용방안 설계		
초고층 특화기능 구현	▪ 개별용도별 단위 FMS 기능 구현 ▪ 단위FMS의 기능을 통합관리할 수 있는 포털형 FMS 형태인 “분산통합형 FMS 시스템” 구현 ▪ 초고층복합빌딩 특화 유지관리시설인 건물일체형 태양광 발전의 에너지 관리현황 구현		SW α 버전
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 분산 및 통합관리솔루션 α 버전		

1-4-3	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	국내외 특허/출원 등록 건수
세부 목표	USN 미들웨어 기반 데이터연동 API 라이브러리 분석 및 표준인터페이스 설계 및 API 표준화	
A05	연계기술 분석 및 연계방안 연구	

절차	내용	이미지	산출물
USN미들웨어 기반 데이터연동 API 라이브러리 분석	▪ USN 미들웨어 플랫폼 참조 모델 문헌 (TTAS.KO-66.0170) 분석, USN 메타데이터 문헌 (TTAS.KO-06.0168) 분석, 센서 네트워크 공통 인터페이스 문헌 (TTAK.KO-06.0169/R1) 분석 ▪ USN 자원에 대한 메타데이터를 분류하고 데이터 모델을 정의함 ▪ USN 응용서비스 모델을 기반으로 미들웨어 플랫폼에 대한 요구사항 및 아키텍처를 정의	 	
표준인터페이스 설계 및 API 표준화	▪ USN 미들웨어 인터페이스 기술의 국내외 현황을 조사하고 인터페이스 표준화 현황을 조사함 ▪ 공통 인터페이스를 위한 USN 구성을 위해 TCP 인터페이스 표준 구성안, 센서네트워크 미들웨어 공통 인터페이스 기능, 센서네트워크 공통인터페이스 제공 메시지 분석을 통해 응용 프로그램과의 인터페이스 방안을 구성함	 	특허출원 1건
관련 목표 성과물	▪ 타 시스템 연동 라이브러리 표준 명세서		

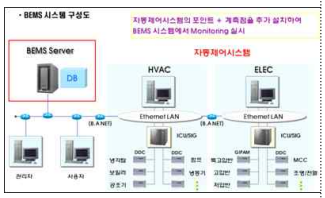
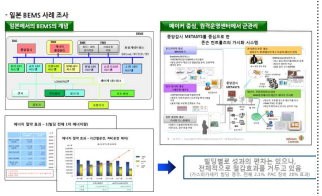
1-4-3	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	현장적용 보고서
세부 목표	통합FMS 파일럿시스템 구축 및 BIM기반 3차원 시설관리 적용	
A06	파일럿 테스트 적용 파일럿 시스템 개발	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 열원형 센서노드를 연계활용한 통합FMS 파일럿 시스템 구축	▪ 전기, 조명, 화재 등의 시설물과 부착된 센서노드의 데이터의 실시간 처리와 센서 데이터 처리 미들웨어를 통해 실시간 저장된 DB를 통한 연동 ▪ 초고층 열원형 센서노드의 연계 및 초고층복합빌딩 FMS 모델 기반의 파일럿 시스템을 구축함으로서 초고층 시설물의 성능지표에 대한 테스트 및 검증 수행 ▪ 초고층복합빌딩의 표준 FMS 기능, 센서노드를 연계한 지능형 유지관리 기술, BIM 데이터 기반의 시설관리 기능의 테스트 및 검증 수행	 	
테스트베드 BIM 데이터를 활용한 3차원 시설관리 적용	▪ BIM 데이터를 활용한 BIM 뷰어 적용 ▪ FMS의 주요 기능을 BIM 기반의 3차원 UI와 연동을 통해 시각적 시설관리 기능 구현 ▪ 센서노드를 연계한 BIM 기반의 시설물 현황 관제 시스템 기능 구현	 	
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 분산 및 통합관리 솔루션 파일럿 시스템		

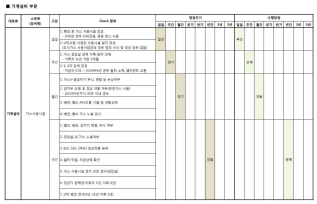
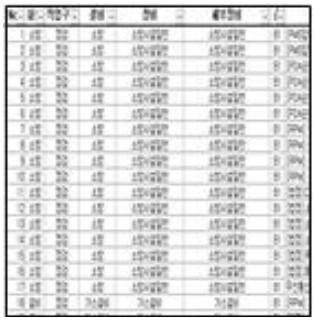
(3) 4차년도

4차년도 세부목표		
	초고층 통합 FMS 표준 기능 개발	
	A01	초고층 FMS 에너지절감 운영 프로세스 분석(BEMS운영기법) 및 정립
	A02	사례 조사 분석을 위한 기술DB 구축
	A03	통합 FMS 운영 시나리오
	초고층 통합 FMS 시스템 구현	
	A04	초고층 통합 FMS 시스템 연동 개발
	A05	BEMS 기능 개발
	A06	타 시스템 연동 라이브러리 설계
	A07	초고층 통합 FMS 파일럿 시스템 구현

4-3	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 FMS 모델	
세부 목표	초고층 FMS 에너지절감 운영 프로세스 분석 (BEMS운영기법) 정립	
A01	초고층 FMS 에너지절감 운영 프로세스 분석 (BEMS운영기법) 정립	

절차	내용	이미지	산출물
국내 BEMS시스템 사례조사	▪ 국내 BEMS 시스템의 설치 운영사례 조사 ▪ 주요 기능 및 운영현황 조사 ▪ BEMS 운영 개선사례조사 (기기별,분야별)		
해외 BEMS 시스템 사례조사	▪ BEMS 운영사례 조사를 위한 해외컨설팅 수행 (일본 뉴콤재팬) ▪ 일본 내 주요 대형빌딩의 BEMS 시스템 운영현황 조사 ▪ 주요 사례 및 시사점 조사		
관련 목표 성과물			

4-3	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 FMS 모델	
세부 목표	사례 조사 분석을 위한 기술DB 구축	
A02	사례 조사 분석을 위한 기술DB 구축	

절차	내용	이미지	산출물
표준 업무체계 자료 구축	▪ 각 설비분야별 표준 업무체계 조사 ▪ 표준 업무체계 자료 DB 구축		
시설물 분류체계 자료 구축	▪ 시설물 분류체계 자료 조사 ▪ 시설물 분류체계 자료 DB 구축		
관련 목표 성과물			

4-3	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 FMS 모델	
세부 목표	통합 FMS 운영 시나리오	
A03	통합 FMS 운영 시나리오	

절차	내용	이미지	산출물
IBS, FMS 연계방안 수립	▪ 시스템 연계의 개념 정립 ▪ 연계범위 및 고려사항 검토 ▪ 연계방향 정립		
모바일 FMS 개발방안 정립	▪ 모바일 FMS 구성 시사점 검토 ▪ 모바일 FMS 시스템 개발방향 정립 ▪ Tag 방식의 검토		
관련 목표 성과물			

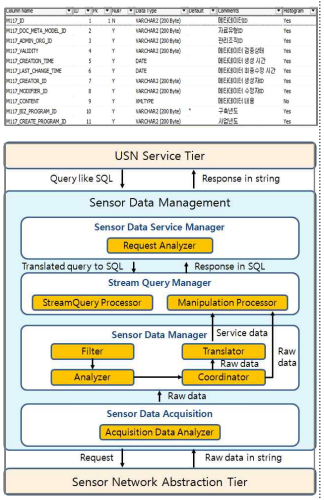
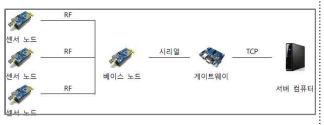
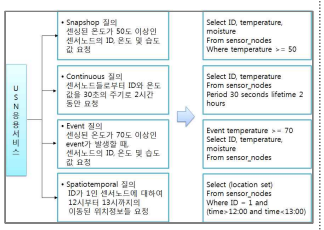
4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	
세부 목표	FMS 표준 기능 구현 및 시스템 통합	
A04	초고층 통합 FMS 시스템 연동 개발	

절차	내용	이미지	산출물
표준기능 FMS 전체 구현	▪ 삼성에버랜드의 초고층 복합빌딩 FMS 표준기능 모델을 기반으로 표준 기능 전체 구현 ▪ 전체 58개 기능 중 20개 파일럿 기능 보완 및 38개 기능 추가 구현 ▪ 기준정보관리, 작업관리, 장비관리, 자재관리, 에너지관리, VOC관리, 협력사 관리, 공사관리, 건물정보, 도면관리 메뉴별 기능 구현		
시스템 연동 및 통합	▪ 전기, 조명, 화재 등의 시설물과 부착된 센서노드의 데이터의 실시간 처리와 센서 데이터 처리 미들웨어를 통해 실시간 저장된 DB를 통한 연동 ▪ 센서노드의 연계 및 LED 조명 연계 ▪ 초고층복합빌딩의 표준 FMS 기능, 센서노드를 연계한 지능형 유지관리 기술, BIM 데이터 기반의 시설관리 기능의 테스트 및 검증 수행		
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 분산 및 통합관리 솔루션 파일럿 시스템		

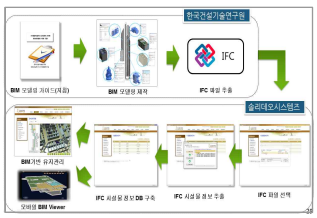
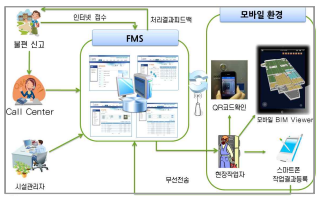
4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	개발제품 이용기술 개발 건수, SW 등록건수
세부 목표	초고층복합빌딩 에너지 관리 기능 연동	
A05	BEMS 기능 개발	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 복합건물 에너지 관리 기능 분석	▪ BEMS 시스템의 국내외 사례 분석 및 화면 구성 분석 ▪ BEMS 시스템을 통한 운영 개선 사례 분석 ▪ BEMS 시스템의 주요 기능 및 운영 프로세스 분석	 	
초고층 복합건물 에너지 관리 기능 개발	▪ 에너지 관리 계획 수립 기능 개발 ▪ 에너지 사용 실적 조회 기능 개발	 	BEMS α 버전
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 BEMS 기능 α 버전		

4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	국내외 특허/출원 등록 건수
세부 목표	USN 미들웨어 기반 데이터연동 API 라이브러리 분석 및 표준인터페이스 설계 및 API 표준화	
A06	타 시스템 연동 라이브러리 설계	

절차	내용	이미지	산출물
USN미들웨어 기반 데이터연동 API 라이브러리 분석	▪ USN 미들웨어 플랫폼 참조 모델 문헌 (TTAS.KO-66.0170) 분석, USN 메타데이터 문헌 (TTAS.KO-06.0168) 분석, 센서 네트워크 공통 인터페이스 문헌 (TTAK.KO-06.0169/R1) 분석 ▪ USN 자원에 대한 메타데이터를 분류하고 데이터 모델을 정의함 ▪ USN 응용서비스 모델을 기반으로 미들웨어 플랫폼에 대한 요구사항 및 아키텍처를 정의		
표준인터페이스 설계 및 API 표준화	▪ USN 미들웨어 인터페이스 기술의 국내외 현황을 조사하고 인터페이스 표준화 현황을 조사함 ▪ 공통 인터페이스를 위한 USN 구성을 위해 TCP 인터페이스 표준 구성안, 센서네트워크 미들웨어 공통 인터페이스 기능, 센서네트워크 공통인터페이스 제공 메시지 분석을 통해 응용 프로그램과의 인터페이스 방안을 구성함	 	
관련 목표 성과물	▪ 타 시스템 연동 라이브러리 표준 명세서		

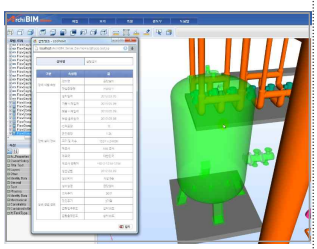
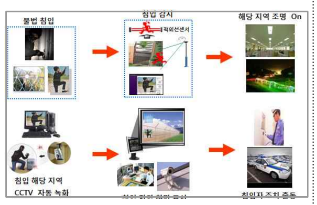
4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	현장적용 보고서
세부 목표	통합FMS 파일럿시스템 구축 및 BIM기반 3차원 시설관리 적용	
A07	초고층 통합 FMS 파일럿 시스템 구현	

절차	내용	이미지	산출물
통합FMS, IBS, BIM 및 센서네트워크 연동 적용	▪ 전기, 조명, 화재 등의 시설물과 부착된 센서노드의 데이터의 실시간 처리와 센서 데이터 처리 미들웨어를 통해 실시간 저장된 DB를 통한 연동 ▪ 초고층 열원형 센서노드의 연계 및 초고층복합빌딩 FMS 모델 기반의 파일럿 시스템을 구축함으로서 초고층 시설물의 성능지표에 대한 테스트 및 검증 수행 ▪ 초고층복합빌딩의 표준 FMS 기능, 센서노드를 연계한 지능형 유지관리 기술, BIM 데이터 기반의 시설관리 기능의 테스트 및 검증 수행	 	
BIM 데이터를 활용한 3차원 시설관리 적용	▪ FMS의 주요 기능을 BIM 기반의 3차원 UI와 연동을 통해 시각적 시설관리 기능 구현 ▪ 모바일 환경의 통합 FMS 구축	 	
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 분산 및 통합관리 솔루션 파일럿 시스템		

(4) 5차년도

5차년도 세부목표	초고층 통합 FMS 시스템 구현	
	A01	초고층 FMS 서비스 모델 적용 및 보완
	A02	초고층 복합빌딩 BEMS 적용 및 보완
	A03	타 시스템 연동 라이브러리 구현
	A04	초고층 통합FMS 파일럿시스템 적용

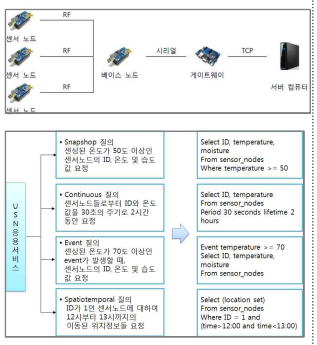
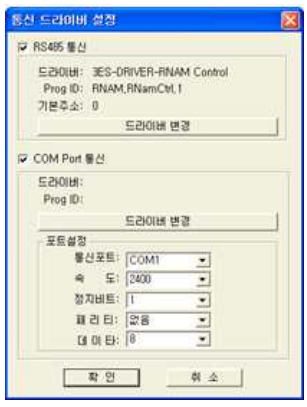
4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	
세부 목표	초고층 FMS 서비스 모델 적용 및 보완	
A01	초고층 FMS 서비스 모델 적용 및 보완	

절차	내용	이미지	산출물
FMS 서비스 모델 적용	▪ FMS 표준 서비스 모델 기반 메뉴별 기능 구현 ▪ 업무 프로세스 기반의 기능 보완 ▪ 작업관리, 순찰관리, 점검관리 등 스마트폰 등의 모발일 업무환경 제공 기능 개발	 	
연동 시나리오 구현	▪ 작업관리, 자재관리 등 주요 기능의 작업프로세스에 따른 연동 기능 개발 ▪ 상황발생시 시스템과 시스템간의 유기적인 연동을 위한 연동 시나리오 구현 ▪ 통합빌딩제어시스템의 실시간 DB 연동을 통한 관제점별 실시간 데이터 조회 기능 구현 ▪ 초고층복합빌딩의 표준 FMS 기능, 센서노드를 연계한 지능형 유지관리 기술, 건물정보데이터 데이터 기반의 시설관리 기능의 테스트 및 검증 수행	 	
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 분산 및 통합관리 솔루션 파일럿 시스템		

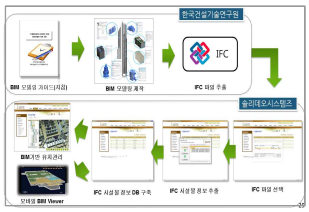
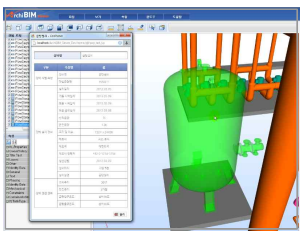
4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	개발제품 이용기술 개발 건수, SW 등록건수
세부 목표	초고층복합빌딩 에너지 관리 기능 연동	
A02	초고층 복합빌딩 BEMS 적용 및 보완	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 복합건물 에너지 관리 기능 분석	▪ 장비의 운전관리를 위한 데이터 연동 기능 분석 ▪ BEMS 시스템을 통한 운영 개선 사례 분석 ▪ BEMS 시스템의 주요 기능 및 운영 프로세스 분석	 	
초고층 복합건물 에너지 관리 기능 개발	▪ 에너지 관리 계획 수립 기능 개발 ▪ 에너지 사용량 계량/계측 기능 개발 ▪ 에너지 사용량 추이분석 기능 개발 ▪ 기기, 시스템의 효율 분석 기능 개발	 	BEMS β 버전
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 BEMS 기능 β버전		

4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	국내외 특허/출원 등록 건수
세부 목표	타 시스템 연동 라이브러리 구현	
A03	타 시스템 연동 라이브러리 구현	

절차	내용	이미지	산출물
표준인터페이스 설계 및 API 표준화	▪ USN 미들웨어 인터페이스 기술의 국내외 현황을 조사하고 인터페이스 표준화 현황을 조사함 ▪ 공통 인터페이스를 위한 USN 구성을 위해 TCP 인터페이스 표준 구성안, 센서네트워크 미들웨어 공통 인터페이스 기능, 센서네트워크 공통인터페이스 제공 메시지 분석을 통해 응용 프로그램과의 인터페이스 방안을 구성함		
시스템 연동 라이브러리 구현	▪ 통합대상시스템에서 공유된 관제점(포인트리스트) 데이터베이스를 실시간 연동하여 처리하는 방식 구현 ▪ 실시간 관제점 데이터베이스 및 시스템 통합용 데이터베이스를 통한 표준 라이브러리 함수 적용	 	
관련 목표 성과물	▪ 타 시스템 연동 라이브러리		

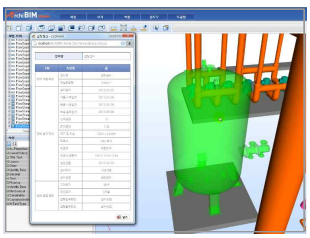
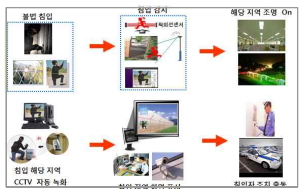
4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	현장적용 보고서
세부 목표	초고층 통합 FMS 파일럿 시스템 구현	
A04	초고층 통합 FMS 파일럿 시스템 구현	

절차	내용	이미지	산출물
통합FMS, IBS, 건물정보데이터 및 센서네트워크 연동 적용	▪ 전기, 조명, 화재 등의 시설물과 부착된 센서노드의 데이터의 실시간 처리와 센서 데이터 처리 미들웨어를 통해 실시간 저장된 DB를 통한 연동 ▪ 초고층 열원형 센서노드의 연계 및 초고층복합빌딩 FMS 모델 기반의 파일럿 시스템을 구축함으로서 초고층 시설물의 성능지표에 대한 테스트 및 검증 수행 ▪ 초고층복합빌딩의 표준 FMS 기능, 센서노드를 연계한 지능형 유지관리 기술, 건물정보데이터 데이터 기반의 시설관리 기능의 테스트 및 검증 수행	 	
건물정보데이터 데이터를 활용한 3차원 시설관리 적용	▪ 3D 건물정보데이터 데이터를 연동하여 공간관리 구축 및 시각적 사용자 환경 제공 기능 개발 ▪ FMS의 주요 기능을 건물정보데이터 기반의 3차원 UI와 연동을 통해 시각적 시설관리 기능 구현	 	
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 분산 및 통합관리 솔루션 파일럿 시스템		

(5) 6차년도

6차년도 세부목표	초고층 통합 FMS 테스트베드 적용	
	A01	초고층 통합 FMS 운영 적용
	A02	초고층 FMS 솔루션 개선사항 분석 및 반영
	A03	초고층 통합 FMS 테스트베드 적용

4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	시스템
세부목표	초고층 통합 FMS 운영 적용	
A01	초고층 FMS 운영 적용	

절차	내용	이미지	산출물
FMS 서비스 모델 적용	▪ FMS 표준 서비스 모델 기반 메뉴별 기능 구현 ▪ 업무 프로세스 기반의 기능 보완 ▪ 에너지 관리 기능 보완 및 관련 시스템 연동	 	시스템
연동 시나리오 구현	▪ 상황발생시 시스템과 시스템간의 유기적인 연동을 위한 연동 시나리오 구현 ▪ 통합빌딩제어시스템의 실시간 DB 연동을 통한 관제점별 실시간 데이터 조회 기능 구현 ▪ 초고층복합빌딩의 표준 FMS 기능, 센서노드를 연계한 지능형 유지관리 기술, 건물정보데이터 데이터 기반의 시설관리 기능의 테스트 및 검증 수행	 	
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 분산 및 통합관리 솔루션 파일럿 시스템		

4-2	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리솔루션 개발	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	초고층복합빌딩 분산 및 통합관리 Solution 개발	통합관리 솔루션
세부목표	초고층 통합 FMS 운영 적용	
A02	초고층 FMS 솔루션 개선사항 분석 및 반영	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 FMS 솔루션 개선사항 분석	▪ 통합 FMS 개선 사항 분석 ▪ 개선 사항 적용을 위한 설계		초고층 통합 FMS 솔루션 설계서
초고층 FMS 솔루션 개선사항 반영	▪ 시설 및 에너지 관리 정보의 BIM 연동 기능 보완 ▪ 공간관리 정보의 BIM 연동		초고층 통합 FMS 솔루션
관련 목표 성과물	▪ 초고층복합건물 분산 및 통합관리 솔루션		

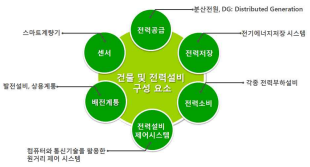
나. 전력망 모니터링 BIM 인터페이스 개발

세세부 과제명	**전력망 모니터링 BIM 인터페이스 개발**		
최종목표	초고층빌딩 전령망시스템 지원을 위한 BIM 연동기술 개발 전력망모니터링 개방형 BIM 인터페이스 개발		
세부목표	**2차년도**	**초고층빌딩 전령망시스템 지원을 위한 BIM 연동기술 개발**	
		A01	초고층빌딩 전력망 시스템지원을 위한 BIM 연동기술 개발
		A02	전력망연동형 빌딩지원으로 위한 BIM 연동기술 개발
	3차년도	**전력망모니터링 개방형 BIM 인터페이스 개발**	
		A01	초고층 조명시스템·전력망 모니터링 BIM 객체분류 표준개발
		A02	초고층 조명시스템·전력망 모니터링 시범 규격개발

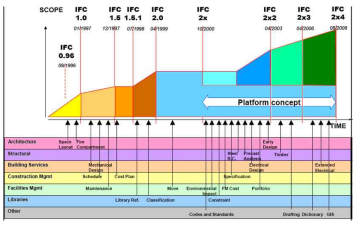
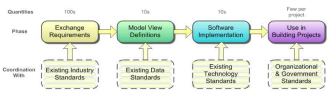
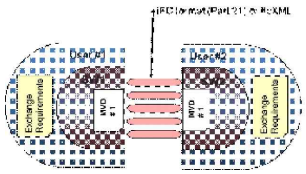
(1) 1단계 (2차년도)

2차년도 (1단계) 세부목표	초고층빌딩 전력망시스템 지원을 위한 BIM 연동기술 개발
A01	초고층빌딩 전력망 시스템지원을 위한 BIM 연동기술 개발
A02	전력망연동형 빌딩지원으로 위한 BIM 연동기술 개발

4-2-4	전력망 모니터링 BIM 인터페이스 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층빌딩 전령망시스템 지원을 위한 BIM 연동기술 개발	
세부 목표	전력자원 통합관리 BIM 기술방향 도출	
A01	초고층빌딩 전력망 시스템지원을 위한 BIM 연동기술 개발	

절차	내용	이미지	산출물
사례분석을 통한 건물 및 전력설비 구성요소 도출	▪ 사례분석을 통한 건물 및 전력설비 구성 요소 검토 ▪ 건물 및 전력설비 구성 요소 조사		
초고층빌딩 전력망 BIM 시스템 BIM 기능의 분류 및 범위 정의	▪ 초고층빌딩 전력망 시스템 BIM 기능의 분류 조사 ▪ 초고층빌딩 전력망 시스템 BIM 기능의 범위 정의		
관련 목표 성과물			

4-2-4	전력망 모니터링 BIM 인터페이스 개발	관련 성과지표 (KPI)
1단계 최종 목표	초고층빌딩 전력망시스템 지원을 위한 BIM 연동기술 개발	
세부 목표	전력자원 통합관리 BIM 기술방향 도출	
A02	전력망연동형 빌딩지원으로 위한 BIM 연동기술 개발	

절차	내용	이미지	산출물
개방형 국제표준 규격 대상검토	▪ 개방형 국제 표준규격 검토 ▪ 개방형 표준규격 대상검토		
개방형 BIM 연동요소 정의 및 IFC 인터페이스 개발	▪ 통합분석 개방형 BIM 연동 요소기능 정의 ▪ IFC 기반 소프트웨어 인터페이스 개발	 	
관련 목표 성과물			

(2) 3차년도

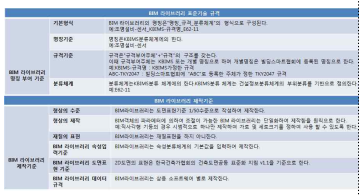
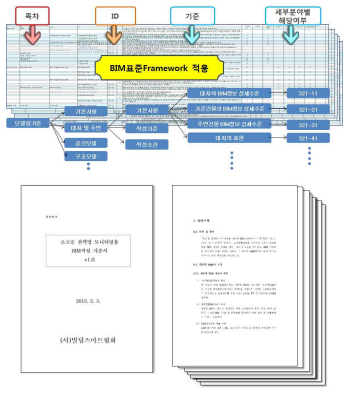
3차년도 세부목표	전력망모니터링 개방형 BIM 인터페이스 개발	
	A01	초고층 조명시스템·전력망 모니터링 BIM 객체분류 표준개발
	A02	초고층 조명시스템·전력망 모니터링 시범 규격개발

4-2-4	전력망 모니터링 BIM 인터페이스 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	전력망모니터링 개방형 BIM 인터페이스 개발	국내 논문게재 1건
세부 목표	초고층 전력망 모니터링용 BIM 객체분류 표준 및 시범 규격 개발	
A01	초고층 조명시스템·전력망 모니터링 BIM 객체분류 표준개발	

절차	내용	이미지	산출물
초고층 조명시스템·전력계통 설비 구성요소 분석	▪ 초고층 조명시스템·전력계통 설비구성요소 - 초고층 조명시스템·전력계통 설비 구성요소 - 전력설비 BIM 객체 분류 ▪ 초고층 조명시스템 전력망 모니터링용 목표정의서 Framework - 목표정의서의 필요성 - 목표정의서 구성요소		게재논문 1건
BIM 모델링을 위한 표준 객체 목록 정의	▪ 초고층 조명시스템·전력망 BIM 목록 범위 설정 - 조명시스템·전력망 BIM 목록 범위 설정 분석 - 전력설비 BIM 객체 분류 - BIM 모델링을 위한 표준 객체 목록		
BIM 모델링을 위한 표준 객체 속성 정의	▪ 초고층 조명시스템·전력망 BIM표준 프레임웍 - BIM 객체 분류 표준개발 Framework 적용 - 표준객체 속성정의		

관련 목표 성과물	▪ 초고층 조명시스템· 전력계통 BIM모델링 목록정의

4-2-4	전력망 모니터링 BIM 인터페이스 개발	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	전력망모니터링 개방형 BIM 인터페이스 개발	지침/매뉴얼 개발 및 보급 1건
세부 목표	초고층 전력망 모니터링용 BIM 객체분류 표준 및 시범 규격 개발	
A02	초고층 조명시스템·전력망 모니터링 시범 규격개발	

절차	내용	이미지	산출물
시범 BIM 라이브러리 제작기준 정의	▪ BIM라이브러리 특징 및 현황 - 건축 설계도구의 분석 - BIL(BIM Information Level)의 필요 - 라이브러리 명칭부여 - 라이브러리 제작기준 정의		지침/매뉴얼 개발 및 보급 1건
조명시스템·전력망의 모델링 기준개발	▪ 초고층 조명시스템·전력망 BIM 모델 작성 기준 분류 - BIM 업무기준 - BIM 기술기준 - BIM 관리기준 - BIM작성 기준서		
관련 목표 성과물	▪ 지침/매뉴얼 개발 및 보급 1건		

다. BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발

세세부 과제명	BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발

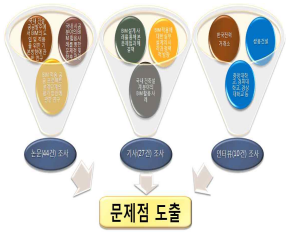
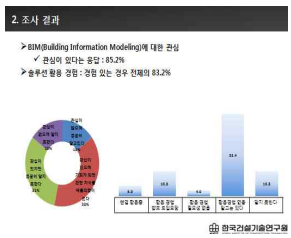
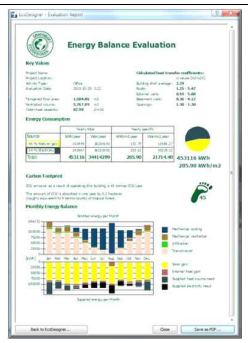
최종목표
유지관리 BIM 활용을 위한 기술수준 조사 및 분석 (2차년도) BIM 기반 유지관리 지침 기반기술 개발 (3차년도) 기계설비분야 BIM기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발 (4차년도) 정보통신설비분야 BIM기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발 (5차년도) 공간관리 분야 BIM기반 유지관리 정보 모델링 지침 개발 (6차년도)

세부목표			
	2차년도	**BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발을 위한 방안 연구**	
		A01	BIM 기술수준 조사 및 유지관리 BIM 활용 시나리오 제시
	3차년도	**BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발을 위한 기반기술 개발**	
		A01	방범/방재분야 BIM 정보속성 도출을 위한 유지관리프로세스 정의 및 속성 도출
		A02	초고층빌딩 BIM기반 유지관리시스템의 방재분야 운영 및 유지관리체계 연구
	4차년도	**기계설비분야 BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발**	
		A01	기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 개발방안 연구
		A02	기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 작성
		A03	유지관리를 위한 BIM 모델 시작품 제작
	5차년도	**전기, 정보통신분야 BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발**	
		A01	전기설비 및 정보통신 분야 유지관리 BIM 정보모델링 지침 개발방안 연구
		A02	전기설비 및 정보통신 분야 유지관리 BIM 정보모델링 지침 작성
		A03	유지관리를 위한 전기·정보통신 BIM 모델 시작품 제작
	6차년도	**공간관리 분야 BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발**	
		A01	건축공간 분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 개발방안 연구
		A02	건축공간 분야 유지관리 BIM 모델 제작

(1) 2차년도

2차년도 세부목표	BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발을 위한 방안 연구
A01	BIM 기술수준 조사 및 유지관리 BIM 활용 시나리오 제시

4-2	지능형 유지관리 기술	관련 성과지표 (KPI)
당해연도 최종목표	BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발을 위한 방안 연구	기술수준 보고서 및 학술발표 건수
세부목표	유지관리 BIM 현황 조사 및 활용방안 도출	
A01	BIM 기술수준 조사 및 유지관리 BIM 활용 시나리오 제시	

절차	내용	이미지	산출물
기초문헌조사 및 선진사례 조사	▪ 논문 44건, 기사 27건, 인터뷰 10건을 분석하여 문제점을 도출 ▪ 사례조사		학술발표논문
국내업체의 BIM 기술수준 조사 분석	▪ 국내 실정에 적합한 BIM 활용 기술개발 및 대응방안 제시를 목적으로 이에 대한 현장에서의 기술 수준 조사를 시행		기술수준보고서
BIM 데이터 시험제작 및 기존 기술의 시험 적용	▪ BIM 시작품 제작 ▪ BIM 시뮬레이션 프로그램을 활용한 에너지, 일조량 분석		보고서
유지관리 BIM 활용 항목 도출	▪ 초고층 빌딩의 유지관리 단계에서 BIM을 통해 통합관리 솔루션 및 센서네트워크와 연계하기 활용 항목을 도출		보고서
관련 목표 성과물	▪ BIM 국내 기술수준 측정 보고서 및 학술발표 논문		

(2) 3차년도

3차년도 세부목표	BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발을 위한 기반기술 개발
A01	방범/방재분야 BIM 정보속성 도출을 위한 유지관리프로세스 정의 및 속성 도출
A02	초고층빌딩 BIM기반 유지관리시스템의 방재분야 운영 및 유지관리체계 연구

1-3-1	지능형 유지관리 기술 개발	관련 성과지표 (KPI)
당해연도 최종 목표	BIM기반 유지관리 운영기술	학술대회 논문발표 건수
세부 목표	BIM기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	
A08	방범/방재분야 BIM 정보속성 도출을 위한 유지관리프로세스 정의 및 속성 도출	

절차	내용	이미지	산출물
초고층빌딩 BIM기반 유지관리시스템의 방재분야 운영 및 유지관리체계 연구	▪ 초고층 유지관리시스템 기능 고찰 ▪ BIM기반 유지관리시스템의 운영 체계 도출		
방범/방재분야 BIM속성도출을 위한 유지관리 프로세스 정의 및 속성도출	▪ 유지관리(방범/방재) 항목 대상 선정 ▪ 방범/방재 항목의 BIM 정보속성도출을 위한 개발 방법 고찰 ▪ 유지관리 정보교환 프로세스 정립 ▪ 방범/방재분야 BIM속성도출 ▪ BIM활용을 위한 BIM모델 개발		정보요구정의서

관련 목표 성과물	▪ 유지관리 BIM속성 개발 (정보요구정의서) 및 관련 내용 논문집 게재 (논문명 : 초고층빌딩 BIM기반 유지관리시스템의 방재분야 정보요구정의서에 관한 연구, 2011.12, 인포디자인학회) ▪ 학술대회 논문2건 1) 초고층빌딩 유지관리시스템을 위한 BIM모델 개발 방안에 관한 연구 2) BIM기반 유지관리시스템의 모바일 활용을 위한 클라우드 컴퓨팅기술 활용 방안

(3) 4차년도

4차년도 세부목표	**기계설비분야 BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발**	
	A01	기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 개발방안 연구
	A02	기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 작성
	A03	유지관리를 위한 BIM 모델 시작품 제작

4-3	지능형 유지관리 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	BIM 기반 유지관리 운영기술	국내학술지 게재건수 특허출원 건수
세부 목표	BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	
A08	기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 개발방안 연구	

절차	내용	이미지	산출물
기계설비요소 대상 선정	▪ 초고층 건축물 기계설비요소 분석을 통한 초고층 특화요소 수용방안 선정 ▪ 현행 기계설비요소 분류기준 및 설계 환경 분석을 통한 기계설비요소 분류 기준 및 대상 선정		기계설비요소 분류기준
기계설비 유지관리 요구정보 도출	▪ FMS 데이터베이스 분석 ▪ 유지관리를 고려한 BIM 정보 모델링 지침 국외사례 분석 ▪ 국내 실정에 적합한 기계설비 유지관리 요구정보 도출		기계설비 유지관리 요구정보 목록
설계 및 준공 BIM 데이터 FMS 연계방안	▪ BIM MEP 라이브러리 및 일람표 분석을 통한 실무 BIM 데이터 입력항목 파악 ▪ 상용 BIM 소프트웨어 입력빈도 설문조사를 통한 BIM 데이터 속성의 중요도 및 우선순위 도출 ▪ 유지관리 요구정보 BIM 데이터 입력 주체 선정		BIM 데이터 입력기준

관련 목표 성과물	▪ 기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침

4-3	지능형 유지관리 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	BIM 기반 유지관리 운영기술	국내학술지 게재건수
세부 목표	BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	
A09	기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 작성	

절차	내용	이미지	산출물
기계설비분야 BIM 적용기준 작성	▪ BIM 정보구축 주체별 역할 정의 ▪ 건축물 생애주기의 BIM 교환정보 정의		기계설비분야 BIM 적용기준
기계설비분야 BIM 입력기준 작성	▪ 유지관리를 위한 BIM 데이터 공통정보 정의 ▪ 유지관리를 위한 BIM 데이터 입력 대상 및 범위 정의		기계설비분야 BIM 입력기준
기계설비분야 BIM 변환기준 작성	▪ 유지관리를 위한 BIM 데이터 IFC 변환 및 속성입력 정의 ▪ BIM 데이터 IFC 속성입력 기준 정의		기계설비분야 BIM 변환기준

관련 목표 성과물	▪ 기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침

4-3	지능형 유지관리 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	BIM 기반 유지관리 운영기술	소프트웨어 등록
세부 목표	BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	
A10	유지관리를 위한 BIM 모델 시작품 제작	

절차	내용	이미지	산출물
기계설비분야 BIM 라이브러리 제작	▪ BIM MEP 라이브러리 분석 ▪ 기계설비 라이브러리 속성 도출 및 반영		기계설비분야 BIM 라이브러리
초고층 BIM 모델 시작품 제작	▪ 시작품 제작 대상 건축물 선정 ▪ 준공도서 분석 및 제작계획 수립		초고층 BIM 모델 시작품
관련 목표 성과물	▪ 기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침에 따라 작성된 BIM 라이브러리 및 모델		

(4) 5차년도

5차년도 세부목표	**전기, 정보통신분야 BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발**	
	A01	전기설비 및 정보통신 분야 유지관리 BIM 정보모델링 지침 개발방안 연구
	A02	전기설비 및 정보통신 분야 유지관리 BIM 정보모델링 지침 작성
	A03	유지관리를 위한 전기·정보통신 BIM 모델 시작품 제작

4-2	건물정보데이터 기반 유지관리 정보 모델링 지침개발	관련 성과지표 (KPI)
3단계 최종 목표	건물정보데이터 기반 유지관리 운영기술	국내학술지 게재건수
세부 목표	건물정보데이터 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	
A01	기계설비분야 유지관리 건물정보데이터 정보 모델링 지침 개발방안 연구	

절차	내용	이미지	산출물
전기/정보통신 요소 대상 선정 및 객체분류목록 개발	▪ 전기/정보통신분야 건물정보데이터 기반 유지관리 환경 분석 - 건물정보데이터 기반의 유지관리 시스템 (FMS) 현황 - 전기/정보통신분야 건물정보데이터 도입 현황 분석 - 건물정보데이터 데이터 교환을 위한 정보분류 체계 현황 분석 ▪ 전기/정보통신분야 대상객체 정의를 위한 기준분석 - 전기/정보통신 분야 요소검토를 위한 기준 분석 - 전기/정보통신 분야 대상객체 분류목록 및 분류코드 개발		전기/정보통신 분야 대상선정 및 분류기준
전기/정보통신 분야 유지관리 요구정보 도출	▪ FMS 데이터베이스 분석 ▪ 유지관리를 고려한 건물정보데이터 정보 모델링 지침 국외사례 분석 ▪ 국내 전기/정보통신 유지관리 요구정보 분석 ▪ 국내 실정에 적합한 전기/정보통신 유지관리 요구정보 도출 ▪ 전기/정보통신 분야 설계/준공 및 유지관리 데이터 연계방안		전기/정보통신 분야 유지관리 요구정보 목록
관련 목표 성과물	▪ 전기/정보통신 분야 유지관리 건물정보데이터 정보 모델링 지침		

4-3	지능형 유지관리 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	건물정보데이터 기반 유지관리 운영기술	국내학술지 게재건수
세부 목표	건물정보데이터 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	
A02	전기설비 및 정보통신 분야 유지관리 건물정보데이터 정보 모델링 지침 작성	

절차	내용	이미지	산출물
전기설비 및 정보통신 분야 건물정보데이터 적용기준 작성	▪ 건물정보데이터 정보구축 주체별 역할 정의 ▪ 건축물 생애주기의 건물정보데이터 교환정보 정의		전기설비 및 정보통신 분야 건물정보데이터 적용기준
전기설비 및 정보통신 분야 건물정보데이터 입력기준 작성	▪ 유지관리를 위한 건물정보데이터 데이터 공통정보 정의 ▪ 유지관리를 위한 건물정보데이터 데이터 입력 대상 및 범위 정의		전기설비 및 정보통신 분야 건물정보데이터 입력기준
전기설비 및 정보통신 분야 건물정보데이터 변환기준 작성	▪ 유지관리를 위한 건물정보데이터 데이터 IFC 변환 및 속성입력 정의 ▪ 건물정보데이터 데이터 IFC 속성입력 기준 정의		전기설비 및 정보통신 분야 건물정보데이터 변환기준
관련 목표 성과물	▪ 전기설비 및 정보통신 분야 유지관리 건물정보데이터 정보 모델링 지침		

4-3	지능형 유지관리 기술	관련 성과지표 (KPI)
2단계 최종 목표	건물정보데이터 기반 유지관리 운영기술	데이터베이스 저작권 등록
세부 목표	건물정보데이터 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	
A03	유지관리를 위한 전기·정보통신 건물정보데이터 모델 시작품 제작	

절차	내용	이미지	산출물
전기설비 및 정보통신 분야 건물정보데이터 라이브러리 제작	▪ 건물정보데이터 MEP 라이브러리 분석 ▪ 전기·정보통신 라이브러리 속성 도출 및 반영		전기·정보통신 건물정보데이터 라이브러리
초고층 전기·정보통신 건물정보데이터 모델 시작품 제작	▪ 시작품 제작 대상 건축물 선정 ▪ 준공도서 분석 및 제작계획 수립 ▪ 초고층 전기·정보통신 건물정보데이터 모델링 및 속성입력		초고층 전기·정보통신 건물정보데이터 모델 시작품
관련 목표 성과물	▪ 전기·정보통신 분야 유지관리 건물정보데이터 정보 모델링 지침에 따라 작성된 건물정보데이터 라이브러리 및 모델		

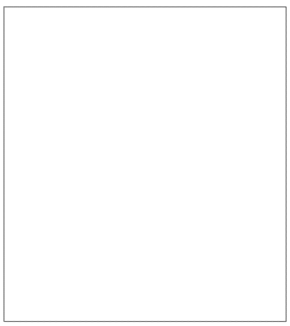
(5) 6차년도

6차년도 세부목표	공간관리 분야 BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발
A01	건축공간 분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 개발
A02	건축공간 분야 유지관리 BIM 모델 제작

4-2	지능형 유지관리 기술	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	BIM 기반 유지관리 운영기술	국내학술발표
세부목표	BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	
A01	건축공간 분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 개발	

절차	내용	이미지	산출물
유지관리를 위한 건축공간 특화요소 파악	▪ 건축공간 유지관리 BIM 국내외 적용 사례 조사 ▪ BIM 표준기반 공간관리 정보 분석 ▪ BIM 기반 FMS S/W 공간관리 기능 및 관리 속성 분석		국내학술발표 논문 게재
유지관리를 위한 건축공간 관리대상 분석	▪ 건축 공간 유지관리 속성 도출 ▪ 공간관리를 위한 공간 분류체계 및 공간 코드 정의		
관련 목표 성과물	▪ 유지관리 건물정보데이터 정보 모델링 지침 통합본		

4-1	지능형 유지관리 기술	관련 성과지표 (KPI)
최종목표	BIM 기반 유지관리 운영기술	BIM 시작품 모델
세부목표	BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	
A02	건축공간 분야 유지관리 BIM 모델 제작	

절차	내용	이미지	산출물
대상 도면 분석 및 BIM 모델링 요구사항 분석	▪ Intiland Tower 2D 도면 분석 ▪ Intiland 임대현황 조사 분석 ▪ BIM 모델 구축방안 도출		BIM 시작품 모델
파일럿 테스트 BIM 모델링	▪ 건축 및 구조 BIM 모델링 ▪ 공간 BIM 모델링 ▪ 기계설비 BIM 모델링		
관련 목표 성과물	▪ 유지관리 건물정보데이터 정보 모델링 지침 통합본		

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

제1절 개별 연구성과명

1. 개별 연구성과 설명

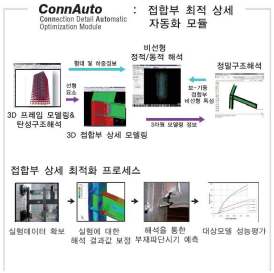
가. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발

○ 비정형 초고층 구조요소 설계최적화 프로세스 (1-1세세부)

▪ 비정형 초고층 구조요소의 성능평가 및 최적 상세 자동화 프로세스

- 접합부 성능평가 모델링 자동화 프로세스(ConnAuto) :
  기존 접합부 프로세스 소요시간을 약 70%로 단축
- 몽골 초고층 MAK 타워에 국산 내진용 강재를 적용한 최적 접합 상세 제시

- 홍보 및 수상실적 :
  SBS 생활경제 "몽골의 K-Build 열풍" 제목으로 관련 기술 소개 (SBS, '14.03)
  그린경제 "초고층빌딩 설계 '글로벌 기업' 우뚝" 제목으로 관련기술 소개 (그린경제,'14.02)
  초고층 설계기술 연구단 건축의 날 정부포상 장관상 수여 (국토해양부, '11,10)

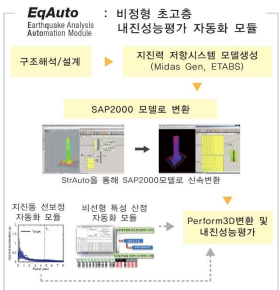


○ 비정형 초고층 성능기반 내진설계 프로세스 (1-1세세부)

▪ IT 기반의 비정형 초고층 내진성능평가 프로세스 개발

- 초고층 내진성능평가 모델링 자동화 프로세스(EqAuto) :
  기존 방식에 비해 수행시간을 약 50%로 단축
- 국내외 대표 초고층 빌딩에 대해 내진성능평가 수행
  (롯데월드타워, MAK 타워)

- 홍보 및 대외수상실적 :
  비정형 통합설계 시스템 개발관련 "국내 초고층 엔지니어링 기술 세계화" 제목으로 기술소개(국토일보,'13.03)
  한국건축구조기술사회 기술상 수상 (한국건축구조기술사회, '13.01)

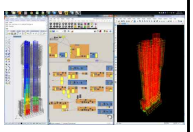


○ 세계 선도수준 파라메트릭 골조모델러 및 최적설계시스템 StrAuto (1-2세세부)

▪ **초고층 건축물 파라메트릭 모델링을 통한 최적설계 도구**

- 제한된 시간 안에 수천 개의 설계 대안을 창출
- 국내외 글로벌 프로젝트 11개 적용하여 기술 신뢰도 검증 및 브랜드 창출

- **대외수상실적**
  2012 정부연구개발 우수성과(국가과학기술위원회, '12.12)
  건설교통R&D 우수성과 20선 선정 (국토부, '12.12)
  국토해양기술대상(국토해양부 장관 표창)
  창소프트아이앤아이 기술실시계약('12.12)
  2013년 기술료(23,600,000원) 납부('13.12)

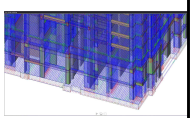


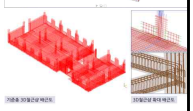
○ 세계 최초 3차원 배근상세설계 및 정밀물량산출시스템 Rebar Hub (1-2세세부)

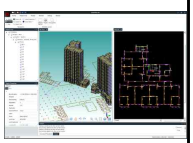
▪ **세계 최초로 3D 환경에서 철근콘크리트골조 상세설계 및 정밀물량 산출 기능 실용화**

- 골조상세형상 및 설계정보 모델링
- 배근상세설계 자동화 및 상세설계를 반영한 정밀물량산출
- 국내외 10여개 실 프로젝트에 적용하여 기능 검증

- **대외수상실적:**
  건설교통R&D 우수성과 14선 선정 (국토부, '11.12)
  기술표준원장장, 콘크리트 신기술 경연대회 (KCI, '11.06)
  국토교통부 건설교통신기술(NET) 지정 (제704호) (국토교통부, '13.06)



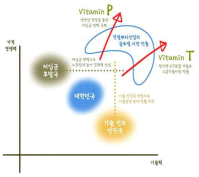


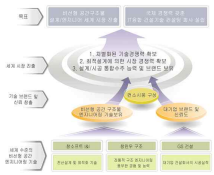


○ 연구원을 중심으로 한 벤처기업 창업 (1-2세세부)

▪ (주)창소프트아이앤아이 창업

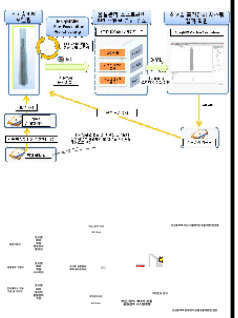
- 2013년 1월 벤처기업 지정
- UAE 최대 부동산개발사인 ICT사 협력업체 등록
- 세계적 초기 시장인 ICT 융합 건설기술 분야에서 차별화된 기술 개발
- 글로벌 강소기업으로서 기술집약적 고부가가치 세계시장 선점
- 2013년 기술료 23,600,000원 납부 ('14. 02)
- 2015년 3월 현재 15명 고용 창출





번호	성명	학교	전공	학위
1	김치경	서울대학교	건축구조	박사
2	최현철	서울대학교	건축계획	박사
3	김신웅	선문대학교	수학	학사
4	이상수	서울대학교	건축구조	석사
5	유승호	서울대학교	건축구조	석사
6	김하나	이화여자대학교	건축계획	석사
7	이성우	선문대학교	수학	학사
8	이민영	서울대학교	지구환경시스템공학	학사
9	김은석	성균관대학교	건축구조	석사
10	이윤재	서울대학교	건축계획	박사수료
11	김규완	아주대학교	지식정보보안	석사
12	박찬호	선문대학교	건축구조	석사
13	이준석	선문대학교	건축구조	석사
14	정보라	단국대학교	건축구조	석사
15	한재윤	선문대학교	컴퓨터정보	학사
16	최선웅	단국대학교	건축공학	학사

○ 초고층 개방형 BIM 표준라이브러리 보급 및 초고층 개방형 BIM모델 기반의 통합평가 활용체계 보급 (1-3세세부)

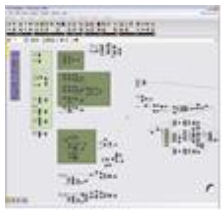
▪ 초고층건축물의 개방형 BIM 환경구축을 위한 국제표준 기반의 요소기술을 통하여 실무적으로 적용할 수 있는 BIM 표준치침 제공 - 초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 표준적용운영통합 기준서 - 초고층 복합건축물의 BIM 시공성 검토 지침 등 다수의 관련 시방서 및 지침 마련 - 정보통합 운영을 통한 비용절감 및 건설단계, 공종별 3차원 모델 업무의 표준화 및 효율화, 표준기술보급으로 타기종 시스템 간 중복개발비 절감 - **해외우수논문:** ICCEPM International Conference Best Paper Award, International Council for Research and Innovation In Building and Construction Best Paper	

나. 제3세부 : 구조시스템 성능개선 기술 개발

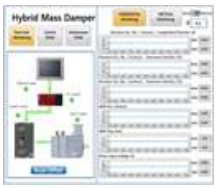
○ 풍진동 제진장치 설계/제작 기술 (단국대학교 정 란)

▪ **초고층구조물의 풍진동 제어를 위한 수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치 설계/제작 기술 국산화**

- 실시간 제어 알고리즘의 국산화
- 구조물-제진장치 설계모듈 StrAuto 탑재
- 국내 독자기술을 사용한 제진장치 현장 적용(테크노마트):
  (연구개발 결과 적용에 따른 20억 절감효과)
- 수평-2축 제진장치 설계 및 제작
  (인천공항 3단계 제2계류장 관제소)



- **특허등록 :**
  복합형 진동제어장치 (특허 제 10-1390502호,'14.04)



- **건설신기술 인증 :**
  구조물의 풍하중에 의한 수평진동 제어를 위하여 이동 변위를 감소시킬 수 있는 능동질량감쇠기 기술 (제753호,'14.12)

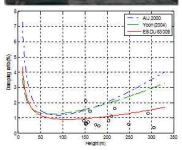
- **대외수상실적**
  2011년도 과학기술 및 산업성과 (공학한림원, '12.06)
  2020년 대한민국 산업을 이끌 미래 100대 기술과 주역 (공학한림원, '13.12)
  2013년 국토교통부 장관표창 (국토교통부, '13.12)
  2014년도 국가연구개발 우수성과 (미래창조과학부, '14.7)

○ 풍진동 계측 및 건전도 평가 기술 (포스코건설 김용민)

▪ **풍진동 계측 및 모니터링 시스템 적용을 통한 건물 건전도 평가 기술 개발**

- 풍진동 모니터링 시스템 매뉴얼 작성
- 풍진동 모니터링 시스템 현장 적용
  (the# 1st world, the# 센텀파크, 테크노마트)
- NEATT 등 국내 고층 건물 풍진동 계측 DB 구축 20 여건

- **대외수상실적:**
  2013년 대통령표창 (안전행정부, '13.06)
  산업통상자원부 장관표창 (산업통상자원부, '13.11)

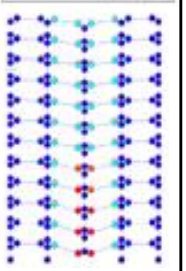


○ 연쇄붕괴 비선형 동적 프로그램 개발 (성균관대, MidasIT 김진구)

▪ **최초 최신 설계법 적용하여 비선형 프로그램 개발**

- 최신 설계법(UFC 2009) 적용
- 선형 정적, 비선형 정적 프로그램 개발에 이은, 최초 비선형 동적 프로그램 개발
- 최초 해석 전과정 자동화 실행

- **최신 Gen 프로그램에 연쇄붕괴 해석 기능 탑재:**
  세계적으로 널리 사용되고 있는 최신 Gen 프로그램에 연쇄붕괴 선형정적, 비선형 정적, 비선형 동적 프로그램을 탑재하여 User들의 개념 인식과 사용 도모 예정.



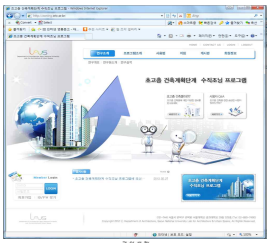
○ 초고층 녹색수직도시공간 계획기술 (아주대학교 오영태)

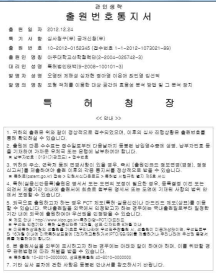
▪ 초고층 건축물 설계기술 프로그램 제작

- 초고층 입지적정성 평가 프로그램
- 초고층 주차정보제공시스템 알고리즘
- 초고층 초기단계 수직동선 계획 및 평가 프로그램
- 초고층 (업무시설) 평면 효용성 평가 프로그램

- 특허출원 5건, 소프트웨어 등록 3건

- **대외수상실적 :**
  제7회 건축의 날 대통령상 수상 (행정안전부, '11.10)





다. 제4세부 : 초고층빌딩 유지관리 기술 개발

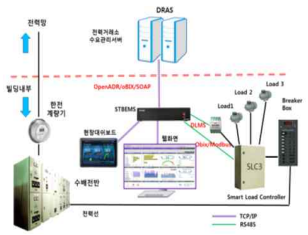
○ 전력망 연동형 초고층 빌딩 에너지관리 플랫폼 개발 (가천대 배시화)

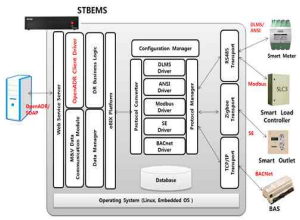
▪ **초고층빌딩 에너지관리 플랫폼**

- 구역별, 시간대별 에너지사용량을 초고층빌딩에 특화된 사용자 인터페이스를 통해 구현
- 지능형수요관리모듈을 탑재하여 지능형수요관리사업에 참여

- **현장시험** :
  가천대학교 비전타워 (‘12. 10.)

- **홍보실적** :
  배시화 가천대 교수, 에너지절감 통합솔루션 개발 (이투데이, ‘13.3) 외 5건
  인도네시아에 초고층빌딩 유지관리기술진출 (아시아경제, ‘13.9)

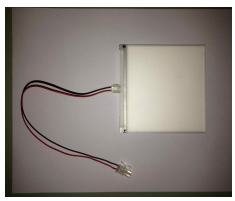


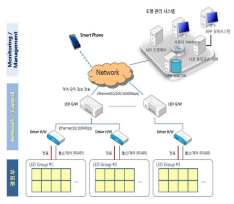


○ 스마트 LED 면등을 위한 스마트 조명제어 시스템 개발 (가천대 배시화)

▪ **초박형 LED 면등 및 조명제어시스템 개발**

- 두께 5 mm 이하 초박형/초경량 면조명 개발
- 마이크로 광학기술을 이용한 도광판 개발
- 면조명에 사용되는 면광원 자체개발 및 모듈제작
- 특허등록 (등록번호: 10-1480254)

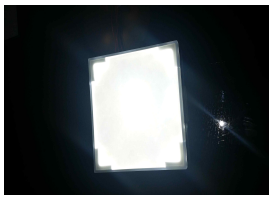


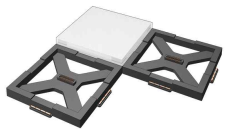


○ Bezel-less Type 초박형 LED 면광원 및 조명제어시스템 개발 (가천대 배시화/애니캐스팅 김병욱)

▪ Bezel-less type 초박형 LED 면등 및 조명제어시스템 개발

- Bezel이 없는 초박형/초경량 면조명 개발
- 마이크로 광학기술을 이용한 도광판 개발
- 타일식 어레이 구조
- 제어 G/W 및 조명제어 S/W 개발
- 특허출원 (출원번호 : 10-2015-0009563)





○ 초고층복합빌딩 유무선 통합형 센서네트워크 기술 (맥스포 이동기)

▪ U-SISN(Supertall Info Sensor Networks) 게이트웨이 및 미들웨어

- 초고층 복합 건물의 Smart 유지 관리를 위한 통합 관리 솔루션 연계 시설물 센서네트워크 기술개발
- 소형화, 저가형, 다중전원 등 초고층 건물에 적합한 게이트웨이 시제품 개발
- 모든 노드와 게이트웨이로부터 WSN, CDMA, 인터넷 등을 통해 센서 데이터를 수집
- 수집된 데이터를 분석하여 데이터베이스에 저장하는 역할 수행 및 데이터 패킷의 무결성 및 수신율을 측정하는 패킷 분석 기능을 제공

- 녹색기술 인증 1건
- 국내 특허 등록 2건, 출원 5건, SW 등록 5건

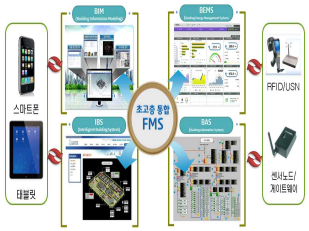
○ 초고층 복합건물 지능형 유지관리 기술 (솔리데오시스템즈 강주석)

▪ 초고층 복합건물 지능형 유지관리 기술 개발

- 초고층 복합건물의 다양한 용도를 통합 관리할 수 있는 분산 및 통합 관리 솔루션 기술 개발
- 초고층 건물의 냉난방, 조명, 전기, 보안, 정보 통신망 등의 자동화 설비 및 이를 연동하여 운영하는 IBS, BEMS, FMS를 연동한 통합 유지관리 기술 개발
- 건물정보데이터 기반 통합 유지관리기술로 설계, 시공, 유지관리 각 단계별 정보시스템을 개별로 구축하여 각 단계별 정보를 상호 활용하고, TEXT 기반의 설비관리를 개선하여 입체적 관리가 가능한 기술 개발

- **홍보실적 :**
  인도네시아에 스마트빌딩솔루션 구축 (국토경제, '14.3) 외 2건

- 특허 등록 4건, 특허 출원 10건, 소프트웨어 등록 2건

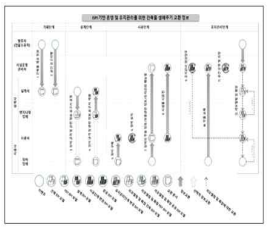


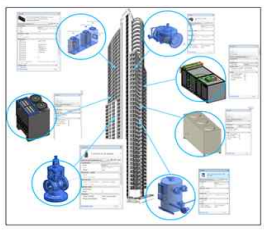
○ BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발 (한국건설기술연구원 주기범)

▪ BIM 기반 유지관리 정보모델링 지침 개발

- 기계설비 분야, 전기 및 정보통신분야, 공간관리 분야 BIM 기반 유지관리정보모델링 지침 개발
- 설계, 시공 단계에서 생성된 BIM 정보의 효율적 활용을 위해 유지관리 단계에서 요구되는 정보항목에 대한 정의와 이에 대한 작성기준 제시
- BIM 기반 초고층 유지관리시스템(FMS) 환경에서 운용 가능한 BIM 정보모델링 지침 및 라이브러리 개발
- BIM 기반 초고층 유지관리시스템(FMS) 환경에서 운용 가능한 다차원 형태의 지능형 유지관리 요소기술 개발

- **홍보실적 :**
  건설연, 전기 정보통신분야 BIM 지침개발 (건설경제, '14.12) 외 14건





2. 주요 연구성과(학술적 성과 및 기술적 성과)

가. 논문게재 성과

[1세부]

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
1세부	2009	국내 건설산업의 개방형 BIM적용 현황 및 발전방향	최중식			한국 CADCAM학회		국내	
	2010	고층건물 구조시스템의 대안평가 방안 연구	김영민	김치경		한국전산구조 공학회	23(4)	국내	
	2010	A Study on Open BIM based Building Energy Evaluation based on Quantitative Factors	김인한			CADCAM학회		국내	
	2011	A simple explicit arc-length method using the dynamic relaxation method	이경수			Computers & Structures	89	국외	SCE(E)
	2011	개방형 BIM 구현을 위한 국제 IFD 표준 도입방향 연구	노태임			한국 CADCAM학회		국내	
	2011	초고층 철골 대각가새골조의 내진성능평가	김선웅	김종호		한국전산구조 공학회논문집	24(3)	국내	
	2011	동적이완법과 탄소성 보-기둥요소를 이용한 스트라치 시스템의 긴장설치과정 해석	이경수	한상을		대한건축학회 논문집	27(4)	국내	
	2011	테이퍼드 다이아그리드 초고층 구조물의 형상 최적설계기법 개발	한상을		유종혜 정소영 이한주	한국강구조학 회 논문집	23	국내	
	2011	Geodesic shape finding of membrane structure with geodesic string by the dynamic	이경수	한상을		Structural engineering and mechanic	39(1)	국외	SCI(E)
	2011	기하학적 재료적 비선형 특성을 고려한 스트라치 단위부재의 명시적 긴장설치 및 극한하중	이경수	한상을		한국강구조학 회 논문집	23(4)	국내	
	2011	SEMI-RIGID ELASTO-PLASTIC POST BUCKLING ANALYSIS OF A SPACE FRAME WITH FINITE ROTATION	이경수	한상을		Advanced steel construction	7(3)	국외	SCI(E)

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
1세부	2011	명시적 호장법을 이용한 공간프레임의 반강접 탄소성 후좌굴 해석	이경수	한상을		한국강구조학회 논문집	23(5)	국내	
	2011	스트라치 시스템의 긴장응력해석을 위한 명시적 해석법의 개발	이경수	한상을		한국전산구조공학회 논문집	24(5)	국내	
	2011	ADVANCED SHAPE FINDING ALGORITHM OF FORCE DENSITY METHOD BASED ON FEM	이경수	한상을		Advanced steel construction	7(4)	국외	SCI(E)
	2011	난류강도의 영향을 고려한 초고층 프로토타입 모델의 풍압특성에 관한 수치 해석적 연구	정소영	한상을	이경수	한국강구조학회 논문집	23	국내	
	2011	사용하중 중 균열이 발생된 철근콘크리트 휨재의 장기처짐 예측	엄태성	김재요	장동운 최승민	대한건축학회 논문집	27(12)	국내	
	2011	계획설계 단계에서의 개방형 BIM기반 초고층건축물 수직동선 계획 및 검증 모듈 개발	김인한			CADCAM학회		국내	
	2011	개방형 BIM기반 품질검토를 위한 IFC속성 정보호환성 테스트	최중식			CADCAM학회		국내	
	2011	개방형 BIM기반 라이브러리의 IFD활용을 위한 기초연구	조동완			CADCAM학회		국내	
	2011	초고층건축물의 개방형 BIM적용 기준개발을 위한 기반기술 연구	김인한			한국건설IT융합학회		국내	
	2012	초고층 건축물의 개방형 BIM 적용을 위한 정보환경 구축 기초연구	김인한			대한건축학회		국내	
	2012	초고층건축 기술인력의 효율적인 육성 방안에 관한 연구	조창희	조창희	강대언 김종호 이화룡	대한건축학회 논문집 (구조계)	28(2)	국내	

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
1세부	2012	철근콘크리트 경사기둥-보 접합부의 거동	권구정	이정윤	박종욱 윤석광 김태진 이정윤	한국콘크리트 학회 논문집	24	국내	
	2011	Adaptive Newton-Raphson Method for Analysis of Structures with Material Nonlinearity Using Stiffness-Equivalent Load	김치경; 김영민; 김진구			Advances in Structural Engineering	14(5)	국외	SCI
	2012	파라메트릭 기법을 이용한 비정형 초고층 건물의 최적 구조시스템 선정	김영민		김치경; 최현철	대한건축학회	28(1)	국내	
	2012	Foundation Modeling Considering the Soil-Structure Interaction	이용제	이용제	김태진 마리아 펭	한국지진공학 회논문집	16(3)	국내	
	2012	비정형 초고층 건축물 구조시스템 최적화 프로세스의 효율적인 개발을 위한 기초조사연구	조창희		이용제 강대언 김태진 김종호 이화룡	대한건축학회 논문집	28(10)	국내	
	2012	State of Practice of Performance-Based Seismic Design in Korea	이동훈	김태진	김종호 강대언	International journal of high-rise buildings	1(3)	국외	
	2012	횡력저항시스템에 따른 비정형 초고층건물 내진성능평가	윤우석	김종호	이동훈 조창희 김은성 이동철	한국전산구조 공학회논문집	25(6)	국내	
	2012	Studies on various structural system design options for twisted tall buildings and their performances	Kyoung Sun Moon	Kyoung Sun Moon		THE STRUCTURAL DESIGN OF TALL AND SPECIAL BUILDINGS	Published online	국외	SCI(E)
	2012	CFD 해석에 의한 도시의 풍환경 영향평가 및 해석 방법에 관한 연구	조정훈	한상을	임사랑 이경수	대한건축학회 논문집	28(7)	국내	
	2012	비정형 초고층 건축물의 풍하중 형상 최적화에 관한 수치해석적 연구	임사랑	한상을	조정훈 이경수	대한 건축학회 논문집	28(11)	국내	

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
1세부	2012	A Bifercation Analysis of Space Structures by Using 3D Beam-Column Element Considering Finite Deformations and Bowing Effect	이경수	한상을		ADVANCED STEEL CONSTRUCTION	8(3)	국외	SCI(E
	2012	편심지속하중을 받는 철근콘크리트 기둥의 시간의존적 변형	엄태성	김재요	장동운	대한건축 학회논문집 (구조계)	28(10)	국내	
	2012	초고층 건물의 초기 설계단계 적용을 위한 간략시공단계 해석기법	양홍민	김재요	엄태성 장동운	대한건축 학회논문집 (구조계)	28(11)	국내	
	2012	건축설계 단계에서 설계품질 향상을 위한 개방형 BIM기반 품질관리 방안	서종철			한국건설관리 학회		국내	
	2012	국내 BIM설계 대가기준 개선방향에 관한 연구 - 해외사례분석 및 설문조사를 중심으로	김인한			대한건축학회		국내	
	2012	BIM기반 초고층건축물의 설계품질관리 방안 연구	김인한			대한건축학회		국내	
	2012	초고층건축물 계획설계 단계에서 외피 형태의 BIM기반 자동화 생성에 관한 연구	김인한			대한건축학회		국내	
	2013	개방형 BIM기반 개산견적을 위한 데이터 모델 구축 방안	김인한			대한건축학회		국내	
	2013	개방형BIM환경에서의 룰기반 초고층 건축물 피난법규 검토모듈 개발	김인한			한국 CADCAM학회		국내	
	2013	BIM 표준프레임워크 기반의 건축표준상세도면 구축방안	권순호			CADCAM학회		국내	
	2013	전산플랫폼을 이용한 비정형 초고층 건축물 성능기반 내진설계기술의 실무적용	이동훈	김종호	조창희 윤우석 강대언 김태진	한국전산구조 공학회논문집	26(1)	국내	

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
1세부	2012	아웃리거시스템 초고층건물의 최적안 도출을 위한 파라메트릭 설계기법의 현업적용 사례 연구	김영민		이슬기; 최현철; 김치경	대한건축학회	28(12)	국내	
	2013	경사기둥을 포함한 철골모멘트 골조 및 접합부의 성능평가	김용완	김태진	김종호	한국전산구조공학회	26(3)	국내	
	2013	초고층건축물의 개방형 BIM기반 골조공사의 개산견적을 위한 물량 산출 방안 연구	김한샘			대한건축학회		국내	
	2013	BIM기반 건축설계 품질검토를 위한 체크리스트 개발 연구	양정임			대한건축학회		국내	
	2013	에너지 성능분석을 통한 개방형 BIM기반 초고층 건물 외피 디자인 방안제시 및 적용	최중식			한국 CADCAM학회		국내	
	2014	등가프레임모델을 이용한 공동주택의 감쇠시스템 설계	김종호	김종호	천영수	콘크리트학회 논문집	특별논문집	국내	
	2014	초고층 철근콘크리트 기둥의 전산최적설계 프로세스	이윤재	최현철	김치경	한국콘크리트학회	특별논문집	국내	
	2014	3차원 배근설계 및 배근시공도 작성 자동화 시스템 개발	최현철	김치경	이윤재 이시은	한국전산구조공학회	27(4)	국내	

[3세부]

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
3세부	2009	철근콘크리트 보-기둥요소의 연쇄붕괴 성능평가	최현훈	김진구	박경훈 전용	대한건축학회 논문집(구조계)	제25권 12호	국내	
	2010	노풍도에 따라 내풍 설계된 초고층 철골조 대각가새 골조의 내진성능평가	김선웅	이경구		대한건축학회 논문집 구조계	제26권 11호	국내	
	2010	시스템 식별에 기초한 고층건물의 모델축소 및 능동형 풍진동제어	박지훈	박지훈	정란	한국풍공학회 논문집	제14권3호	국내	
	2010	제어력 포화를 고려한 병진-비틀림모드 연계 고층구조물의 진동제어	황재승	박지훈	정란	한국풍공학회 논문집	제14권3호	국내	
	2010	고층구조물의 풍진동제어를 위한 점탄성감쇠기 정밀해석	황재승	황재승	이상현	한국풍공학회 논문집	제14권3호	국내	
	2010	풍압 적분법의 유효성 검증에 관한 연구	김병조	김병조	하영철	한국풍공학회 논문집	제16권4호	국내	
	2010	단면의 형상에 따른 철근콘크리트 기둥의 폭발 저항성능 평가	김한수	김한수	박재표	한국전산구조공학회	제23권4호	국내	
	2010	메가프레임 건물의 연쇄붕괴 성능평가	김진구	김진구	정민강	대한건축학회 논문집(구조계)	제26권10호	국내	
	2011	P-M 상관곡선을 이용한 철근콘크리트 기둥의 폭발저항 성능평가	김한수	김한수	이재용	대한건축학회 논문집(구조계)	제27권10호	국내	
	2011	MR 감쇠기가 설치된 모멘트골조의 연쇄붕괴 저항성능	이승준	김진구	민경원	대한건축학회 논문집	제27권2호	국내	
	2011	건물의 연쇄붕괴 위험부재 선정	김진구	김진구	박종열 한샘	대한건축학회 논문집	제27권2호	국내	
	2010	초고층 건축물의 유형화와 부지내 배치계획 요소계획 현황에 관한 연구	양기인	제해성	빙기진	한국생태환경건축학회	제10권5호	국내	
	2010	초고층 건축물 외부공간의 토지피복 상태와 온도와의 관계연구	한봉호	홍석환	김홍순 정태준	한국환경생태건축학회	제24권6호	국내	

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
3세부	2011	초기건조수축값을 이용한 장기재령에서의 건조수축의 예측	서태석	서태석	정란	대한건축학회 논문집(구조계)	제27권11호	국내	
	2011	건축물풍진동제어를 위한 아웃리거 댐퍼시스템 설계	김병전	이상현	정란	한국풍공학회 논문집	15권4호	국내	
	2011	풍압적분법의 유효성검증에 관한 연구Ⅱ-공력진동실험결과와의비교-	김병조	김병조	하영철	한국풍공학회 논문집	15권4호	국내	
	2011	TMD가 설치된 구조물의 태풍거동분석	김홍진	김홍진	황재승	대한건축학회 논문집	28권12호	국내	
	2012	도플러소다 실측을 통한 익산지역의 풍속연직분포에 관한 연구	조강표	조강표	정승환	대한건축학회논문집(구조계)	28권1호	국내	
	2011	전산해석을 이용한 CFT 기둥의 폭발저항성능 평가	김한수	김한수	박재표	대한건축학회 논문집(구조계)	제27권3호	국내	
	2011	축대칭형 다이어그리드 건물의 연쇄붕괴 거동	공지은	김진구		대한건축학회 논문집(구조계)	제27권6호	국내	
	2011	경사진 건물의 연쇄붕괴 저항성능	정민강	김진구	박종열	대한건축학회 논문집(구조계)	제27권7호	국내	
	2011	특수 트러스모멘트골조의 연쇄붕괴 저항성능	박종열	김진구	권광호	대한건축학회 논문집(구조계)	제27권8호	국내	
	2011	비선형정적해석절차를 이용한 선형정적 연쇄붕괴 대체경로 해석방법개발	김진구	김진구	박새로미 서영일	한국전산구조공학회논문집	제24권 제5호	국내	
	2011	좌회전 감응 신호제어방법 개발에 관한 연구	김수희	오영태	이철기 이한필 최진호	한국ITS학회 논문집	제10권3호	국내	
	2011	초고층 건축물 수직용도구성 특성에 관한 연구	김민경		이정수	대한건축학회 논문집	제27권7호	국내	
	2011	초고층 복합용도 건축물 입면디자인 특성비교분석	조종수		전종찬	대한건축학회 논문집	제27권7호	국내	

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
3세부	2011	초고층 건축물 매스형태에 따른 효용성에 관한연구	김선덕	심재현	김한수 김동현	대한건축학회 논문집	제27권11호	국내	
	2011	초고층 업무시설의 엘리베이터 최적 수직조닝방식 도출에 관한 연구	최재필		이정원 김준경 김도영 정은석	대한건축학회 논문집	제27권12호	국내	
	2012	초고층 주거복합빌딩의 LQI(LivingQualityIndicator)시스템 개발연구	김진욱	김진욱	유용흠	한국방재학회 논문집	제12권1호	국내	
	2012	노후공동주택리모델링의 사업성 확보를 위한 수직증축 제안	한주연	한주연	신주연	한국건설관리학회논문집	13권3호	국내	
	2012	능동형 제진장치의 등가모델을 이용한 구조해석	박지훈	박지훈		한국전산구조공학회	25호4호	국내	
	2012	풍진동계측을 통한 테크노마트 동적특성 식별	우성식	우성식	이상현	한국풍공학회 논문집	15권4호	국내	
	2012	풍향에 따른 풍압적분법의 유효성 검증에 관한 연구	김병조	김병조	하영철	한국풍공학회 논문집	16권4호	국내	
	2012	진동대를 이용한 구조물의 응답가속도 크기에 따른 동특성변화 연구	황성기	황성기	김홍진	한국풍공학회 논문집	16권4호	국내	
	2012	동조질량감쇠기를 사용한 39층 철골조 구조물의 연직방향 진동제어	우성식	우성식	정란	대한건축학회 논문집(구조계)	29권1호	국내	
	2013	39층 철골건물의 진동사고 원인규명을 위한 현장계측	이상현	이상현	정란	대한건축학회 논문집(구조계)	29권3호	국내	
	2013	AMD를 이용한 건물의 풍직각방향응답제어-테크노마트 건축물 적용을 중심으로	홍은애	이상현	정란	한국풍공학회 논문집	17권1호	국내	
	2013	건축물의 풍하중 산정을 위한 코히어런스와 디케이 팩터에 관한 기초적 연구	조우리	조우리	하영철	한국풍공학회 논문집	17권1호	국내	
	2013	ICA기법을 이용한 실구조물의 모드특성추정에 관한 연구	황재승	황재승	이상현	대한건축학회 연합논문집	15권2호	국내	
	2013	적분필터를 이용한 능동형 제진장치(AMD)이송거리 안정화 알고리듬에 관한 연구	황재승	황재승	이상현	대한건축학회 연합논문집	15권2호	국내	

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
3세부	2013	풍하중을 받는 초고층 건물의 상시진동계측을 통한 감쇠비 계측값과 국내외 감쇠비 제안식 비교	정진희	김홍진	김홍진	대한건축학회 논문집구조계	29권4호	국내	
	2012	철근콘크리트 건물의 폭파해석을 위한 간략모델링 방법	김한수	김한수	안재균 안효승	대한건축학회 논문집구조계	28권7호	국내	
	2012	초고층건물의 업무 공간 효용성에 관한 연구	최민영	심재현		대한건축학회 논문집구조계	28권7호	국내	
	2012	A study on the publicity for pedestrian road sin mixed-use housing	Jaehong Im	Soomin Park	Donghoon Chung Haeseong Je	International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development	3권3호	국내	
	2012	신도시 아파트 주동 출입부 계획요소 변화와 주민선호에 관한 연구	양기인	제해성	이재혁	대한건축학회 논문집(계획계)	28권9호	국내	
	2012	초고층 업무시설의 엘리베이터 대당서비스면적 산출에 관한 연구	최재필	이정원	강준경 김도영 정은석	대한건축학회 논문집(계획계)	28권10호	국내	
	2012	초고층 건축물 입면디자인을 위한 유리재료의 물리적 특성비교 분석	조종수		조헌	대한건축학회 논문집(계획계)	28권10호	국내	
	2012	초고층 주거복합빌딩의 LQI(Living Quality Indicator)지표별 가중치 개발연구	유용흠	김진욱	정승우	Journal of KOSHAM	12권6호	국내	
	2013	초고층 건축물 입지적정성 평가를 위한 교통기반시설의 규모산정 방법에 관한 연구	김현주	오영태	남백	대한교통학회지	31권1호	국내	
	2013	업무시설의 공간활용도 분석프로그램 개발에 관한 연구 -CASE STUDY를 통한 분석 및 비교평가-	심재현	심재현	정아영	대한건축학회논문집(계획계)	29권2호	국내	
	2013	국내 초고층 주거건축물 엘리베이터 계획 특성에 관한 연구	양승희	이정수	이정원	대한건축학회 논문집(계획계)	29권9호	국내	

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
3세부	2013	복합용도 초고층빌딩에 대한 개별주차 정보제공 알고리즘 개발	김영선	오영태	남백 이철기	한국ITS학회 논문집	12권5호	국내	
	2013	초고층 주거 디자인을 위한 쾌적성 평가 프로그램 개발에 관한 연구	유용흠	김진욱		한국과학예술 포럼	15권	국내	
	2014	철근콘크리트 부재의 폭발해석을 위한 침식기준	김한수	김한수	안효승 안재균	대한건축학회 논문집구조계	30권3호	국내	
	2014	초고층 업무시설의 수직동선계획 전문가시스템 개발에 관한 연구	최재필	이정원		대한건축학회 논문집(계획계)	30권5호	국내	
	2014	건축구조기준(KBC-2009)기본풍속도의 개선	정선하	정선하	하영철	한국풍공학회 논문집	30권5호	국내	
	2014	시스템 식별을 통한 TLCD 풍진동 제어성능 검증	김홍진	김홍진	최선영	한국풍공학회 논문집	18권2호	국내	
	2014	능동질량감쇠기를 이용한 39층 구조물의 시스템 식별	우성식	이상현	정란	한국풍공학회 논문집	18권2호	국내	
	2014	게인 스케줄링과 입력필터를 사용한 능동질량감쇠기의 최적제어력 산정 및 이송거리 최소화 기법	우성식	이상현	정란	한국풍공학회 논문집	18권2호	국내	
	2014	초고층 건축물의 풍동실험 기반 제진장치 설계 및 해석	박지훈	박지훈		한국풍공학회 논문집	18권2호	국내	
	2014	풍압적분법에 의한 풍응답변위의 평가	김병조	김병조	하영철	한국풍공학회 논문집	18권 2호	국내	
	2014	집단리듬운동에 의한 건물 연직진동의 저감을 위한 동조질량감쇠기(TMD)의 적용	주석준	주석준	이성경	한국풍공학회 논문집	18권2호	국내	
	2014	초고층 주거 및 숙박시설의 수직동선계획 전문가시스템을 위한 알고리즘 개발	최재필		이정원	대한건축학회 논문집	30권7호	국내	
	2015	장기계측에 기반한 초고층 RC건축물 감쇠비와 고유진동수의 응답의존성 분석	정희경	김홍진	최선영	대한건축학회 논문집	31권1호	국내	
	2015	전산플랫폼을 이용한 초고층 구조물의 감쇠장치 최적화 계	정보라	정보라	이상현	한국전산구조 공학회	28권 1호	국내	
	2015	가속도응답을 이용한 상태공간에서의 모드분리	황재승	황재승		한국풍공학회 논문집	19권 2호	국내	

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
3세부	2015	설계 풍하중 스펙트럼 재생에 의한 시간이력해석 및 검증	황재승	황재승		한국풍공학회 논문집	19권 2호	국내	
	2015	가상 질량 동조기에 의한 구조물의 고유감쇠비 추정	황재승	황재승		대한건축학회 논문집 구조계	31권 6호	국내	
	2010	Fragility analysis of steel moment frames with various seismic connections subjected to sudden loss of a column	박준희	김진구		Engineering Structures	32권	국외	SCI
	2011	Progressive collapse performance of irregular buildings	김진구	김진구	홍수민	The Structural Design of Tall and Special Buildings	20	국외	SCI
	2011	Sensitivity analysis of steel buildings subjected to column loss	김진구	김진구	박준희 이태형	Engineering Structures	33	국외	SCI
	2011	Seismic response control of elastic and inelastic structures by using passive and semi-active tuned mass dampers	우성식	이상현	정란	Smart structures and systems	Vol. 8 (No.3)	국외	SCI
	2011	Adaptive Newton-Raphson Method for Analysis of Structures with Material Nonlinearity Using Stiffness-Equivalent Load	김치경	김진구	김영민	Advances in Structural Engineering	vol.14 (No.5)	국외	SCI
	2011	Use of rotational friction dampers to enhance seismic and progressive collapse resisting capacity of structures	김진구	민경원	최현훈	Struct. Design Tall Spec. Build.	vol.20 (No.4)	국외	SCI
	2011	Progressive collapse-resisting capacity RC beam-column sub-assemblage	김진구	김진구	최현훈	Magazine of Concrete Research	vol.63 (No.4)	국외	SCI
	2011	Progressive collapse resisting capacity of braced frames	김진구	김진구	이영호, 최현훈	Struct. Design Tall Spec. Build.	vol.20 (No.2)	국외	SCI
	2011	Seismic performance evaluation of partially staggered-wall apartment buildings	김진구	김진구	전용	Magazine of Concrete Research	vol.63 (No.12)	국외	SCI

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
3세부	2012	Analysis of reinforced concrete frames subjected to column loss	김진구	김진구	유지성	Magazine of Concrete Research	vol.64 (No.1)	국외	SCI
	2012	Seismic performance evaluation of diagrid system buildings	김진구	김진구	이영호	The Structural Design of Tall and Special Buildings	Vol.21 (No.10)	국외	SCI
	2012	Collapse resistance of unreinforced steel moment connections	김태진	김진구	김운석	The Structural Design of Tall and Special Buildings	Vol.21 (No.10)	국외	SCI
	2011	Well-being index of supertall residential buildings in Korea	이재혁	이재혁	제해성 변정수	Building and Environment	Vol.46	국외	SCI
	2012	Optimal shape of LCVA for vibration control of structures subjected to along wind excitation	박지훈	박지훈		Smart structures and systems	Vol .10 (No.6)	국외	SCI
	2012	Cyclic test of buckling restrained braces composed of square steel rods and steel tube	박지훈	박지훈	김진구	Steel and Composite Structures	Vol .21	국외	SCI
	2012	Progressive collapse resisting capacity of building structures with outrigger trusses	김진구	김진구	박준희	The Structural Design of Tall and Special Buildings	Vol .21	국외	SCI
	2013	Retrofit of RC frames against progressive collapse using prestressing tendons	김진구	김진구	신우승	The Structural Design of Tall and Special Buildings	Vol .22	국외	SCI
	2013	Progressive collapse resisting capacity of moment frames with viscous dampers	김진구	김진구	신우승 최현훈	The Structural Design of Tall and Special Buildings	Vol .22	국외	SCI

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
3세부	2013	Progressive collapse-resisting capacity of modular mega-frame buildings	김진구	김진구	정민강	The Structural Design of Tall and Special Buildings	Vol .22	국외	SCI
	2013	Evaluation of Progressive Collapse Resisting Capacity of tall buildings	권강호	김진구	박세로미	International Journal of High-Rise Buildings	Vol .1	국외	SCI
	2013	Global vertical mode vibrations due to human group rhythmic movement in a 39 story building structure	이상현	이상현	우성식	The engineering Structures	Vol .57	국외	SCI
	2013	Progressive collapse-resisting capacity of framed structures with infill steel panels	김진구	김진구	이하나	Journal of Constructional Steel Research	Vol .89	국외	SCI
	2013	Progressive collapse behavior of rotor-type diagrid buildings	공지은	김진구	-	Tall and Special Buildings	Vol .22	국외	SCI
	2014	Seismic Performance Evaluation of Apartment Buildings with Central core	이준호	김진구	한승호	International Journal of High-Rise Buildings	Vol .3	국외	SCI

[4세부]

구분	게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
			주저자	교신	공동				
4세부	2011	빌딩 및 일반 대수용가용 통합관리 시스템에 대한 적용사례 소개 및 전력사용 데이터 활용 연구	최중인	-	-	조명,전기설비 학회논문지	25(12)	국내	
	2011	K-Grid통합노드데이터모델링및정보교환프로토콜설계와시험	최중인	-	-	조명,전기설비 학회논문지	25(12)	국내	
	2011	초고층빌딩 BIM기반 유지관리시스템의 방재분야 정보요구정의서에 관한 연구	송종관	주기범	-	디자인융복합 연구논문집	10(6)	국내	
	2013	개방형 BIM기반 유지관리 정보교환체계 구축에 관한 연구	조근하	주기범	원지선	(사)디자인융복합학회논문집	12(1)	국내	
	2013	시설물 유지관리를위한 BIM데이터 입력기준개발방안:건축기계설비를 중심으로	조근하	주기범	원지선	대한설비공학회 논문집	25(4)	국내	
	2014	업무용 빌딩에서의 전력수요자원의 확용	홍준희	고원석	배시화	한국건축친환경설비학회 논문집	8(2)	국내	
	2014	초고층복합빌딩 유지관리기술 표준기능 도출 및 사용자화면 구현	강주석	고원석	배시화 홍준희	한국건축친환경설비학회 논문집	8(3)	국내	
	2014	BIM 기반 유지관리정보모델링을 위한 객체분류목록 개발 -건축전기/정보통신 분야를 중심으로-	송종관	주기범	원지선 조근하 배시화	한국산학기술학회논문지	15(5)	국내	
	2013	AnalysisofConsumerPreferences forElectricVehicles	Ko,W.S	Han.T.K		IEEE Trans. Smart Grid	4(1)	국외	SCI

나. 학술대회 발표 성과

[1세부]

구분	발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
1세부	2011.01	Scaling Ground Motions for Seismic Performance Assessment of High-Rise Buildings	Yin-Nan Huang	3rd asia conference on earthquake engineering	국외
	2011.01	Pametric Structural Analysis and Optimization for Free-form and Parametric Designs	김치경 외 2명	EASEC-12	국외
	2011.04	비정형 대공간 구조물의 구조해석을 위한 파라메트릭 모델링	김치경 외 3명	한국전산구조공학회 정기학술대회	국내
	2011.04	BIM 기반 골조 물량산출 및 도면생성 모듈의 설계와 구현	이병권 외 1명	한국전산구조공학회 정기학술대회	국내
	2011.04	2차원 도면 인식을 통한 3D골조모델 생성	김치경 외 2명	한국전산구조공학회 정기학술대회	국내
	2011.04	통합플랫폼 연계모듈에 관한 연구	정종현 외 1명	한국전산구조공학회 정기학술대회	국내
	2011.04	초고층건물 구조시스템의 경제성 기반 대안 평가	김영민 외 2명	한국전산구조공학회 정기학술대회	국내
	2011.10	파라메트릭 기법을 이용한 다이아그리드 시스템의 프로토타입 생성	김영민, 이슬기. 최현철, 김태진	2011 대한건축학회 추계학술발표대회	국내
	2011.03	학교건축물의 내진성능평가	김용완 외 3명	2011 지진공학회	국내
	2011.04	Structural design of the stadium in Korea-Yongin Citizen Sports Park	김종호 외 4명	2011 Structural Engineers World Congress	국외
	2011.04	내풍설계된 초고층 철골대각가새골조의 내진성능평가	김선웅 외 3명	2011년 전산구조공학회 학술발표대회	국내
	2011.04	인장구조물의 개선된 설계기법	이경수, 한상을	2011 대한건축학회 춘계학술발표대회	국내
	2011.04	수치시뮬레이션을 통한 풍하중 평가기법에 관한 연구	이경수, 정소영, 임사랑, 조정훈, 강대언, 한상을	한국전산구조공학회 2011 정기학술발표대회	국내
	2011.04	철근콘크리트 휨재의 장기처짐 예측을 위한 간략 평가	장동운,강지훈, 채승윤,김재요, 엄태성	한국전산구조공학회 봄 학술대회	국내
	2011.05	철근콘크리트 휨재의 장기처짐 에 대한 간략 평가방법	엄태성,최승민, 장동운,김재요	한국콘크리트학회 2011년 봄 학술대회	국내

구분	발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
1세부	2011.05	RC 모멘트 골조의 시공중 횡변위 예측을 위한 간략시공단계해석 기법	양홍민, 엄태성,장동운, 김재요	한국콘크리트학회 2011년 봄 학술대회	국내
	2011.06	제진장치 설치에 따른 구조설계 절차 및 성능평가	이동훈 외 3명	2011 강구조학회	국내
	2011.06	경사기둥을갖는보-기둥접합부의 구조적 거동에 대한 해석적 연구	김용완 외 2명	2011 강구조학회	국내
	2011.06	CFD해석을 통한 초고층 건축물의 풍환경 변화분석 및 풍동실험과의 비교	조정훈, 임사랑, 정소영, 이경수, 한상을	한국강구조학회 2011년도 학술발표대회	국내
	2011.06	스트라치 시스템의 긴장응력 해석법의 개발	이경수, 김종익, 유민규, 한상을	한국강구조학회 2011년도 학술발표대회	국내
	2011.06	비틀어진 사각형 초고층 철골 구조물의 다이아그리드 형상 최적설계에 관한 기초연구	정소영, 유종혜, 이한주, 한상을	한국강구조학회 2011년도 학술발표대회	국내
	2011.07	Scaling Earthquake Records for Seismic Performance Assessment of Buildings	Yin-Nan Huang	The 5th Cross-strait Conference on Structural and Geotechnical Engineering	국외
	2011.10	BIM 기반 품질 검증의 설계 단계 적용을 위한 기초 연구-물리적 품질을 중심으로-	조진성, 추승연	대한건축학회 2011 추계학술발표대회	국내
	2011.10	파라메트릭 기법을 이용한 다이아그리드 시스템의 프로토타입 생성	김영민, 이슬기 최현철, 김태진	2011 대한건축학회 추계학술발표대회	국내
	2011.10	Seismic Behavior of Twisted Diagrid Prototype Model	김태진 외 3명	2011 CTBUH	국외
	2011.10	비행기충돌에 의한 원자력 시설의 거동 및 안전성 평가	이경수, 강대언, 김세일, 한상을	대한건축학회 2011년도 추계학술발표대회	국내
	2011.10	수치해석시뮬레이션을 이용한 문학경기장 지붕구조물의 풍하중 영향 평가	조정훈, 임사랑, 이경수, 한상을	대한건축학회 2011년도 추계학술발표대회	국내
	2011.11	Seismic Behavior of Complex-shaped Tall Buildings	이동훈 외 3명	SEEBUS 2011	국외
	2011.11	Scaling Ground Motions for Seismic Performance Assessment of Tall Buildings	Yin-Nan Huang, Avik Samanta	The Twenty-Fourth KKCNN Symposium on Civil Engineering	국외

구분	발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
	2012.03	납고무제진장치를 이용한 건물레벨에서의 제진효과 검증	이동훈 외 3명	지진공학회 정기학술발표대회	국내
	2012.03	장기간의 건전도 평가에 의한 구조물의 모드주파수 변화추이	이용제 외 3명	지진공학회 정기학술발표대회	국내
	2012.04	파라메트릭기법의 초고층구조시스템 현업적용	김영민, 이슬기. 김장희, 나현종. 김치경	한국전산구조공학회 2012 정기학술발표대회	국내
	2012.04	파라메트릭 구조해석모델을 이용한 아웃리거 위치 최적화	최현철, 이윤재	한국전산구조공학회 2012 정기학술발표대회	국내
	2012.04	철근공사 관리시스템 Rebar Hub의 설계와 구현	김은석, 신주영	한국전산구조공학회 2012 정기학술발표대회	국내
	2012.04	비정형 초고층 프로토타입 모델 내진성능평가	윤우석 외 3명	한국전산구조공학회 2012년도 정기학술대회	국내
	2012.04	현수작용 효과를 고려한 경사기둥-보 접합부의 성능평가	김용완 외 3명	한국전산구조공학회 2012년도 정기학술대회	국내
	2012.04	비정형 초고층 구조시스템 최적화 프로세스	조창희 외 3명	한국전산구조공학회 2012년도 정기학술대회	국내
1세부	2012.04	FSI 해석에 의한 풍하중을 받는 초고층빌딩의 동적응답 특성에 대한 연구	조정훈, 임사랑,이경수, 한상을	2012 전산구조공학회 학술발표대회	국내
	2012.05	비정형 RC 모멘트 골조의 시공 중 횡변위 예측을 위한 간략시공단계해석 기법	양홍민, 최승민 최미미, 김재요 엄태성, 장동운	한국콘크리트학회 2012년 봄 학술대회	국내
	2012.05	편심지속하중을 받는 철근콘크리트 기둥의 시간의존적 변형	엄태성, 김재요 최승민, 장동운	한국콘크리트학회 2012년 봄 학술대회	국내
	2012.06	경사기둥-보 접합부 성능평가를 위한 해석적 연구	박진선 외 4명	강구조학회 학술발표대회	국내
	2012.06	FSI해석기법을 이용한 비정형 초고층 건축물의 풍하중 저감형 형상 최적화	임사랑, 조정훈, 이경수, 한상을	2012 한국강구조학회 학술발표대회	국내
	2012.09	Seismic Performance Evaluation of Twisted Outrigger System	Yin-Nan Huang 외 1명	2012 WCEE	국외
	2012.09	State of Practice of Performance-Based Seismic Design in Korea	이동훈 외 4명	CTBUH 2012	국외
	2012.09	Performance Evaluation of FR welded inclined column connection	김용완 외 3명	2012 WCEE	국외

구분	발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
1세부	2012.09	Structural Design of Lotte Jamsil Super Tall Building	김종호 외 5명	18TH CONGRESS OF IABSE	국외
	2012.09	Seismic Performance Evaluation of Twisted Braced Tube Systems	윤우석 외 5명	18TH CONGRESS OF IABSE	국외
	2012.09	Time-Dependent Behaviors of RC Columns Subjected to Sustained Eccentric Loading	엄태성, 김재요 장동운	18th IABSE Congress	국외
	2012.10	Analytical Investigation of Seismic Performance of WUF-W Connections to Inclined Columns	김용완 외 3명	SEEBUS 2012	국외
	2012.10	비틀림 초고층 프로토타입 모델에 대한 시공단계해석 적용	최미미, 김재요 장동운, 엄태성	대한건축학회 2012 추계 학술발표대회	국내
	2012.11	Performance Evaluation of Steel Welded Connections having Inclined Column	김용완 외 3명	CODE 2012	국외
	2012.11	Analytical Study on Ductility Capacity of Diagrid Subassemblage	박진선 외 3명	CODE 2012	국외
	2012.11	Risk-based Seismic Performance Evaluation of Steel Moments Frames	이동철 외 3명	CODE 2012	국외
	2012.11	A EVALUATION OF RESISTANCE CAPACITY FOR THE COLUMN MEMBER ON BLAST LOAD	김종익, 조정훈, 임사랑, 이경수, 한상을	Computational Design in Engineering 2012	국외
	2012.11	A Study on the Numerical Analysis for Wind Induced Vibration of Tall Building	조정훈, 김종익, 임사랑, 이경수, 한상을	Computational Design in Engineering 2012	국외
	2012.11	The Shape Optimization for the Reduction of Wind Load on High-Rise Building using 1-Way FSI Analysis	임사랑, 조정훈, 김종익, 이경수, 한상을	Computational Design in Engineering 2012	국외
	2013.03	철근콘크리트 부재의 손상량 평가 모델에 관한 연구	조병민 외 3명	한국지진공학회 춘계학술대회	국내
	2013.03	예상보수비용을 고려한 초고층 건물의 내진성능평가	이동철 외 3명	한국지진공학회 춘계학술대회	국내
	2013.04	점성 제진창치가 적용된 내력벽식 아파트의 응답저감효과 검증	강대언 외 3명	한국구조물진단유지관리공학회 춘계학술대회	국내

구분	발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
1세부	2013.04	비정형 RC 모멘트 골조의 시공 중 횡변위 예측을 위한 간략시공단계해석기법	양홍민 외 2명	한국전산구조공학회 춘계학술대회	국내
	2012.11	Parametric Structural Design and Optimization for Irregular-Shaped Buildings	C.K.Kim	2nd International Conference on Computational Design in Engineering	국외
	2012.11	Design and Implementation of a 3D Rebar Auto-Placing System	E.S.Kim, S.W.Kim, H.N.Kim, J.H.Kim	2nd International Conference on Computational Design in Engineering	국외
	2012.11	interoperability Review in BIM Applications Using IFC	J.C.Lee, C.K.Kim, J.H.Jung	2nd International Conference on Computational Design in Engineering	국외
	2012.11	Parametric Optimization of Concrete Strength Zoning in High-Rise Building	S.G.Lee, Y.M.Kim, H.C.Choi, C.K.Kim	2nd International Conference on Computational Design in Engineering	국외
	2012.11	Representation of Rebars Using IFC	J.H.Jung, J.C.Lee, C.K.Kim	2nd International Conference on Computational Design in Engineering	국외
	2013.06	경사기둥을 포함한 철골 보-기둥 접합부의 내진성능평가	김용완 외 3명	2013 한국강구조학회 춘계학술대회	국내
	2013.06	중력하중을 고려한 다이아그리드 부구조체의 내진성능평가	박진선 외 4명	2013 한국강구조학회 춘계학술대회	국내
	2013.06	비정형 강구조 초고층 건물의 내진성능평가	이동철 외 3명	2013 한국강구조학회 춘계학술대회	국내
	2013.06	철골 특수모멘트골조 대형 보-기둥 접합부 성능평가 및 상세 최적화	김용완 외 4명	2013 한국강구조학회 춘계학술대회	국내
	2013.10	Effect of Gravity Load on Ductile Behavior of Diagrid System	김은성 외 3명	PSSC 2013	국외
	2013.10	Seismic Performance Assessment of Tall Building	이동철 외 3명	PSSC 2013	국외
	2013.10	Performance Evaluation of Irregularly Shaped Steel Components	김용완 외 3명	PSSC 2013	국외

구분	발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
1세부	2013.10	Structural Design of Steel High-Rise Buildings in Korea	김종호	PSSC 2013	국외
	2014.05	철근콘크리트 공동주택 건축물의 효율적인 내진성능평가	이동철 외 4명	2014 한국콘크리트학회 학술발표대회	국내
	2014.06	전산플랫폼을 이용한 초고층 다이아그리드 구조시스템의 내진성능평가	이동철 외 3명	2014 한국강구조학회 학술발표대회	국내
	2014.04	StrAuto를 이용한 대공간 건축물 최적설계 사례	최현철 외 2명	2014 전산구조공학회 학술발표대회	국내
	2014.04	StrAuto를 이용한 초고층 건축물 최적설계 사례	박찬호 외 1명	2014 전산구조공학회 학술발표대회	국내
	2014.04	3차원 배근설계 및 배근시공도 작성 자동화	김은석 외 2명	2014 전산구조공학회 학술발표대회	국내
	2014.10	목조 구조물의 2면 전단 반강접 접합부에 대한 근사 해석모델	김태진 외 1명	대한건축학회	국내
	2014.10	축력비 변화에 따른 다이아그리드 부구조체의 연성능력 평가	김태진 외 1명	대한건축학회	국내

[3세부]

구분	발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
3세부	2011.05	능동형 제진장치의 성능실험	황재승	2011 한국풍공학회 학술대회	국내
	2012.04	5층 철탑구조물을 이용한 제진장치 성능검증	주석준 외 2명	한국전산구조공학회 2012년도 정기학술대회	국내
	2012.04	하이브리드형 제진장치 설계	이상현 외 4명	한국전산구조공학회 2012년도 정기학술대회	국내
	2012.04	아웃리거 점성/마찰 댐퍼 시스템 설계	이상현 외 3명	한국전산구조공학회 2012년도 정기학술대회	국내
	2012.04	39층 건물의 비정상적 연직진동에 관한 해석적 연구	이경구 외 4명	한국전산구조공학회 2012년도 정기학술대회	국내
	2013.07	Control of Human-induced Global Vertical Modal Vibration of a 39 Story-Building Structure	이상현 외 3명	ANCRiSST2013	국외
	2013.07	Design of Hybrid Mass Damper for Horizontal and Vertical Vibration Control of Existing Building	주석준	9th International Workshop on Advanced Smart Materials and Smart Structures Technology	국외
	2013.10	상시진동계측을 통한 고층 건물의 동특성 분석	최선영, 정희경	한국구조물진단유지관리 공학회 2013년 가을 학술발표회	국내
	2013.10	FDD 기법을 이용한 고층 건물의 동특성 분석	최선영	대한건축학회 추계학술발표대회	국내
	2014.04	TLCD가 설치된 고층 건물의 거동 모니터링 시스템	최선영 외 2명	한국구조물진단유지관리 공학회 2014년 봄 학술발표회	국내
	2014.04	TLCD가 설치된 건물의 동적 거동 분석	최선영 외 1명	대한건축학회 춘계학술발표대회	국내
	2014.04	국내 RC 건축물의 감쇠비 및 고유주기 계측 결과	구혜진 외 2명	한국전산구조공학회 2014년도 정기학술대회	국내
	2013.10	강제진동실험에 기초한 구조변수 추정법	김준희	2013 한국콘크리트학회 추계학술발표대회	국내
	2013.10	지진하중 산정을 위한 타워형 공동주택의 고유주기 실측에 관한 연구	주창길	2013 한국콘크리트학회 추계학술발표대회	국내
	2013.5	테크노마트 HMD의 연직 진동제어 특성	권준엽	2013 한국풍공학회 학술대회	국내
	2014.4.3	39층 철골조 구조물의 시스템식별	이상현	2014년 한국전산구조공학회 정기학술대회	국내
	2014.4.3	비정형 구조물에 대한 풍압적분법의 적용	김병조	2014년 한국전산구조공학회 정기학술대회	국내

구분	발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
3세부	20140.4	ICA 기법을 이용한 고층구조물의 모드특성 및 하중 추정	황재승	2014년 한국전산구조공학회 정기학술대회	국내
	2014.04	능동질량감쇠기의 최적제어력 및 이송거리 최소화를 위한 게인 스케줄링	우성식	2014년 한국전산구조공학회 정기학술대회	국내
	2014.04	초고층 건축물의 풍동실험 기반 질량형 제진장치 설계 및 해석 프로그램	박지훈	2014년 한국전산구조공학회 정기학술대회	국내
	2014.05	능동질량감쇠기가 설치된 39층 구조물에 대한 시스템 식별	우성식	2014 한국콘크리트학회 춘계학술발표대회	국내
	2014.05	능동질량감쇠기 최적제어력 산정을 위한 게인스케줄링 및 원점보정 등속도 신호	이상현	2014 한국콘크리트학회 춘계학술발표대회	국내
	2014.05	39층 철골구조물에 설치된 능동질량감쇠기의 현장성능실험	우성식	2014 한국풍공학회 학술대회	국내
	2014.05	범용구조해석 프로그램을 이용한 TMD의 동적해석	우성식	2014 한국풍공학회 학술대회	국내
	2014.05	주변건축물 높이에 따른 인가밀집지역의 풍속저감현상 검토	김병조	2014 한국풍공학회 학술대회	국내
	2014.05	토글형 마찰형 감쇠기를 이용한 송전철탑의 풍응답 제어	노지은	2014 한국풍공학회 학술대회	국내
	2015.04	고층건물의 구조 건전도 모니터링 시스템 적용	최선영	2015 대한건축학회 춘계학술발표대회	국내
	2015.04	등가감쇠비를 사용한 스프링요소가 포함된 마찰감쇠장치의 내풍설계절차	우성식	2015 대한풍공학회 학술발표회	국내

[4세부]

구분	발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
4세부	2011.11	초고층빌딩의 유지관리 시스템을 위한 BIM모델 개발 방안에 관한 연구	조근하 주기범 송종관	한국건설관리학회 정기학술발표대회	국외
	2011.11	BIM 기반 유지관리를 위한 기계설비분야 정보모델링 지침 개발	조근하 주기범 송종관	한국건설관리학회 정기학술발표대회	국내
	2012.04	CNFET을 이용한 저전력 FPGA 설계	한광수 황성일 정기석	2012 SoC Conference	국내
	2013.11	초고층빌딩 에너지관리시스템 사용자 인터페이스 설계	고원석	2013 한국조명전기설비학회 추계학술발표대회	국내
	2014.05	시설물 유지관리를 위한 BIM 정보모델링 지침 개발 -기계설비를 중심으로-	조근하 주기범 송종관	2014년 한국산학기술학회 춘계학술발표대회	국내
	2014.05	스마트 조명관리시스템 개발	배시화 홍준희 고원석	2014 한국콘크리트학회 춘계학술대회 특별세션	국내

다. 특허 성과

[1세부]

구분	특허출원				
	출원 연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
1세부	2010	다이아그리드 주강 접합부 구조 및 이의 시공방법	(주)창민우구조컨설탄트	대한민국	10-2010-0130790
	2011	박스형 단면을 갖는 철골 부재와 R C 벽체의 접합 구조	(주)창민우구조컨설탄트	대한민국	10-2011-0147265
	2011	전단판과 철근 커플러를 이용한 전단매입강판과 R C 부재의 접합구조	(주)창민우구조컨설탄트	대한민국	10-2011-0147330
	2011	장기변형을 고려한 기둥부재 내진성능 평가를 위한 재하 실험장치	쌍용건설(주)	대한민국	10-2011-0140573
	2012	다이아그리드 면내 층간변위를 이용한 점탄성 에너지 소산 장치	(주)창민우구조컨설탄트	대한민국	10-2012-0156212
	2012	횡지지 댐퍼구조물을 이용한 다이아그리드 구조의 에너지 소산장치	(주)창민우구조컨설탄트	대한민국	10-2012-0156214
	2013	중력지지형 감쇠장치를 이용한 다이아그리드 제진시스템	(주)창민우구조컨설탄트	대한민국	10-2013-0161991
	2014	원통형 구조물의 측압 시험 장치	(주)창민우구조컨설탄트	대한민국	10-2014-0023963
	2011	제작도면 작성을 위한 철근콘크리트 구조물의 철근 상세 자료구조를 갖는 빌딩 인포메이션 모델링 방법	선문대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0142713
	2012	BIM을 이용한 개산견적을 위한 물량산출 연산방법	경희대학교 산업협력단	대한민국	10-2012-0119281
	2013	BIM을 이용한 골조 공사의 개산견적 연산 방법	경희대학교 산업협력단	대한민국	10-2013-0019028
	2013	BIM을 이용한 초고층 건축물의 피난법규 자동화 검토	경희대학교 산업협력단	대한민국	10-2013-0033824
	특허등록				
	등록 연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
	2013	다이아그리드 주강 접합부 구조 및 이의 시공방법	㈜창민우구조컨설탄트	대한민국	10-1247396-0000
	2013	박스형 단면을 갖는 철골 부재와 RC 벽체의 접합 구조	㈜창민우구조컨설탄트	대한민국	10-1367424-0000
	2013	BIM을 이용한 개산견적을 위한 물량산출 연산방법	경희대학교 산업협력단	대한민국	10-1135109
	2013	BIM을 이용한 초고층 건축물의 피난법규 자동화 검토 방법	경희대학교 산업협력단	대한민국	10-1308789
	2013	BIM을 이용한 골조 공사의 개산견적 연산방법	경희대학교 산업협력단	대한민국	10-1264055
	2014	중력지지형 감쇠장치를 이용한 다이아그리드 제진시스템	㈜창민우구조컨설탄트	대한민국	10-1478660-0000
	2014	횡지지 댐퍼구조물을 이용한 다이아그리드 구조의 에너지 소산장치	㈜창민우구조컨설탄트	대한민국	10-1431495-0000
	2015	다이아그리드 면내 층간변위를 이용한 점탄성 에너지 소산장치	㈜창민우구조컨설탄트	대한민국	10-1501053-0000

[3세부]

구분	특허출원				
	출원 연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
3세부	2012	복합형 진동 제어장치	단국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0011124
	2012	도형 객체를 이용한 대상 공간의 효용성 분석 방법 및 그 분석 장치	아주대학교산학협력단	대한민국	10-2012-0152345
	2012	차량의 방문 정보를 이용한 주차 정보 제공 장치 및 그 제공 방법	아주대학교산학협력단	대한민국	10-2012-0152346
	2012	초고층 건물 건축계획단계 수직조닝 방법 및 그 장치	아주대학교산학협력단	대한민국	10-2012-0153805
	2012	초고층 건축물의 입지적정성 평가방법 및 그 장치	아주대학교산학협력단	대한민국	10-2012-0152453
	2012	초고층 복합건물 주거공간 쾌적성 평가 장치 및 그 방법	아주대학교산학협력단	대한민국	10-2013-0038750
	2014	능동질량감쇠장치의 최적제어력 산정 및 제어방법	단국대학교 산학협력단	대한민국	10-2014-0096795
	특허등록				
	등록 연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
	2014	복합형 진동 제어장치	단국대학교 산학협력단	대한민국	10-1390502
	2015	능동질량감쇠장치의 최적제어력 산정 및 제어방법	단국대학교 산학협력단	대한민국	10-1525741

[4세부]

구분	특허출원				
	출원 연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
3세부	2011	Methods and System for Facilities Management	(주)솔리데오 시스템즈	일본	2011-535491
	2011	Methods and System for Facilities Management	(주)솔리데오 시스템즈	미국	13/127923
	2011	Methods and System for Facilities Management	(주)솔리데오 시스템즈	중국	200880131.3
	2012	Method of Providing Data Include In Building Information Modeling Data File, Computer Readablr Mediun Therefore, System Using The Method, And Method Of Providing Data Using Building Information Modeling Server	(주)솔리데오 시스템즈	일본	2012-239129
	2013	METHOD OF PROVIDING DATA INCLUDED IN BUILDING INFORMATION MODELING DATA FILE, COMPUTER READABLE MEDIUM THEREFOR, SYSTEM USING THE METHOD, AND METHOD OF PROVIDING DATA USING BUILDING INFORMATION MODELING SERVER	(주)솔리데오 시스템즈	유럽연합	12194933.3
	2012	Method of Providing Data Include In Building Information Modeling Data File, Computer Readablr Mediun Therefore, System Using The Method, And Method Of Providing Data Using Building Information Modeling Server	㈜솔리데오 시스템즈	미국	13/664,534
	2012	Method of Providing Data Include In Building Information Modeling Data File, Computer Readablr Mediun Therefore, System Using The Method, And Method Of Providing Data Using Building Information Modeling Server	㈜솔리데오 시스템즈	중국	20120506598.2
	2012	Method of Providing Data Include In Building Information Modeling Data File, Computer Readablr Mediun Therefore, System Using The Method, And Method Of Providing Data Using Building Information Modeling Server	㈜솔리데오 시스템즈	싱가포르	20128678-1
	2012	Method of Providing Data Include In Building Information Modeling Data File, Computer Readablr Mediun Therefore, System Using The Method, And Method Of Providing Data Using Building Information Modeling Server	㈜솔리데오 시스템즈	필리핀	1-2012-000365

구분	특허출원				
	출원 연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
4세부	2012	Method of Providing Data Include In Building Information Modeling Data File, Computer Readablr Mediun Therefore, System Using The Method, And Method Of Providing Data Using Building Information Modeling Server	㈜솔리데오 시스템즈	베트남	1-2012-03723
	2013	발광 다이오드 조명 장치	LGE	대한민국	10-2013-0000167
	2012	조명장치	LGE	대한민국	10-2012-0127254
	2012	통신모듈 및 이를 포함하는 조명장치	LGE	대한민국	10-2012-0127255
	2012	실시간 자동검토가 가능한 BIM툴의 속성 입력모듈 및 속성값 입력방법	한국건설기술 연구원	대한민국	10-2013-034474
	2013	전력 사용량 표시모듈	(주)맥스포	대한민국	10-2013-012198
	2013	엘이디 평판조명모듈	㈜애니캐스팅	대한민국	10-2013-0082033
	2013	엘이디 평판조명장치	㈜애니캐스팅	대한민국	10-2013-0082031
	2013	사용자 환경에 따른 피드백 냉방 시스템 및 방법	(주)맥스포	대한민국	10-2013-0096398
	2013	태양전지셀이 설치된 창호	(주)맥스포	대한민국	10-2013-0093371
	2013	유비쿼터스 센서 네트워크 시스템	(주)맥스포	대한민국	10-2013-0078990
	2015	블록타입 면광원 제어장치	가천대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-0009563
	특허등록				
	등록 연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
	2013	통신장치 케이스를 이용한 안테나	(주)맥스포	대한민국	10-1263369
	2014	스마트솔라셀	(주)맥스포	대한민국	10-1443045
	2015	초박형 타일식 LED 면등 제어시스템 및 그 제어방법	가천대학교 산학협력단	대한민국	10-1480254
	2013	Methods and System for Facilities Management	㈜솔리데오 시스템즈	미국	8,396,887 B2
	2013	Methods and System for Facilities Management	㈜솔리데오 시스템즈	일본	5399503
	2014	Methods and System for Facilities Management	㈜솔리데오 시스템즈	중국	1535378
	2014	Method of Providing Data Include In Building Information Modeling Data File, Computer Readablr Mediun Therefore, System Using The Method, And Method Of Providing Data Using Building Information Modeling Server	㈜솔리데오 시스템즈	일본	5576455

3. 기술 실시 및 적용사례

가. 파일럿 테스트 적용

[1세부]

적용기술	적용시점	적용위치	
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 - 아웃리거 접합부 성능검증 국산 내진용 강재이용 접합상세 제시	‘11.09 ‘12.02	Korea	롯데월드타워
	‘13.02	Mongolia	MAK Tower
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발 StrAuto 적용	‘11.05	Saudi Arabia	King Abdullah Sports City
	‘11.07	Qatar	Doha Convention Center Tower
	‘11.11	China	Lotte World Shenyang
	‘13.02	Malaysia	Matrade Center
	‘13.02	Korea	인천 청라지구 시티타워
	‘13.05	Russia	Moscow City Gardens
	‘13.12	Singapore	UIC Redevelopment
	‘13.12	UAE	United Square

[3세부]

적용기술	적용시점	적용위치	
구조성능 개선 기술 개발 수직수평형 제진장치기술 개발	‘12.09	Korea	5층 테스트타워 설계 및 시공
	‘13.04	Korea	테크노마트 21 강변점
	‘14.02	Korea	3단계 인천공항 제2계류장 관제소

[4세부]

적용기술	적용시점	적용위치	
지능형 유지관리 기술 개발 스마트빌딩 솔루션	‘13.12	Indonesia	Intiland Tower

나. 기술실시계약

[1세부]

구분	기술 실시명	소유기관	실시기업	체결일	기술료
1세부	전산플랫폼 StrAuto를 이용한 전산설계기술 실시	선문대학교 산학협력단	㈜창소프트아이앤아이	2012.10	매출액의 5%

[3세부]

구분	기술 실시명	소유기관	실시기업	체결일	기술료
3세부	능동질량형감쇠장치 및 수직-수평동시제어용 복합형 제진장치	단국대학교	㈜티이솔루션	2013.09	30,000,000 외 매출액의 3%
	속도제어형 능동질량감쇠기의 제어알고리즘 산정 프로그램	단국대학교	㈜창소프트아이앤아이	2014.04.23	10,000,000
	연쇄붕괴 프로그램 개발을 위한 기술 지원	성균관대학교	㈜마이다스아이티	2014.05.02	7,000,000
	구조물의 풍하중에 의한 수평진동 제어를 위하여 이동 변위를 감소시킬 수 있는 능동질량감쇠기 기술	단국대학교	예은E&C	2015.4.16	40,000,000 외 매출액의 3%

[4세부]

구분	기술 실시명	소유기관	실시기업	체결일	기술료
4세부	스마트 LED 면등을 위한 스마트 조명제어 시스템 개발	가천대학교	애니캐스팅	2013.12	5백만원 (1백만원)

다. 신기술 지정

구분	신기술명	기대효과	지정일
1세부	BIM기반 배근시공도 자동화 및 철근공사 관리시스템	철근공사관리 등 배근설계 및 시공 프로세스를 통합 지원하여 골조 품질 및 경제성과 업무 생산성 향상	2013.7.2
3세부	구조물의 풍하중에 의한 수평진동 제어를 위하여 이동 변위를 감소시킬 수 있는 능동질량감쇠기 기술	기술료해외지출방지 골조물량20%절감 질량형감쇠장치설계기술국산화	2014.12.29
4세부	녹색기술인증	데이터 처리 절차를 사용자가 정의하는 핵심 기술 제공	2013.06

라. 지침/매뉴얼의 개발 및 보급 실적

구분	성과목표	명칭	연도
1세부	지침	소프트웨어의 IFC BIM지원을 위한 인터페이스 기술 가이드	2011
	지침	초고층 복합건축물용 개방형 BIM 데이터 품질관리 적용 가이드	2011
	설계기준	개방형 BIM 표준 활용 교육 프로그램	2011
	설계기준	초고층 복합건축물용 IFD 기술 정의서	2011
	설계기준	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 세부분야별 기준서	2011
	지침	표준라이브러리 제작 매뉴얼 v1.0	2011
	지침	초고층 복합건축물의 BIM 시공성 검토 지침	2011
	지침	철근공사 생산성 향상 관리방안	2012
	설계기준	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서(QTO)	2012
	설계기준	초고층 복합건축물 적용을 위한 BIM 표준적용 세부분야 기준서(피난)	2012
	지침	표준라이브러리 제작 매뉴얼 v1.1	2012
	지침	초고층 복합건축물의 BIM 시공성 검토 지침	2013
	지침	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 세부분야 기준서-QTO/피난/에너지-	2013
	지침	초고층 복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM표준적용 세부분야 기준서-운영관리-	2013
	지침	초고층복합건축물 적용을 위한 개방형 BIM 표준적용 운영통합기준서	2013
	지침	BIM 객체 속성분류 표준체계 목록서	2013
3세부	지침	특별 건축구역제도 운영지침(안);초고층건축부문	2011
		초고층 건축친환경 성능검토	2013
		초고층건축 피난 및 방재 성능검토	2013
		초고층건축 시공 및 재료성능 검토	2013
		초고층 건축구조 성능검토	2013
		초고층건축 유지관리 성능검토	2013
		초고층건축 인허가절차 개선모델	2013
		초고층 건축인허가 절차 및 성능평가 가이드라인	2013
4세부	지침개발	BIM 기반 유지관리 정보 모델링 지침 -기계설비 분야-	2013
		BIM 기반 유지관리 정보 모델링 지침 -전기 및 정보통신 분야-	2014

마. 설계도면 및 사양서 개발 실적

구분	성과목표	명칭	연도
3세부	사양서	수직/수평 동시제어용 제진장치 본체	2013
	사양서	수직/수평 동시제어용 제진장치 컨트롤러	2013
	설계도면	인천공항 관제소 이방향 능동형 제진장치 본체	2015
	설계도면	인천공항 관제소 이방향 능동형 제진장치 컨트롤러	2015
4세부	설계기준	초고층 복합 건물 유지관리를 위한 센서네트워크 시스템 구축 응용 요구사항 프로파일	2012

바. 시작품 제작/출시 실적

구분	성과목표	명칭	연도
1세부	시제품출시	Rebar Hub	2012
	제품화	InSightBIM-QTQ	2013
	제품화	KBIMS 라이브러리 DB	2013
3세부	풍진동모니터링	초고층건물 풍진동 모니터링 시스템구축	2010
	변위계측	GPS를 이용한 고층건물 변위계측 시스템구축	2011
	풍진동제어	수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치 콘트롤러	2012
	풍진동제어	수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치 본체	2012
	풍진동모니터링	풍진동 모니터링 시스템(부산 the# 아델리스)	2012
	풍진동모니터링	풍진동 모니터링 시스템(강변 테크노마트21)	2012
	풍진동모니터링	풍진동 모니터링 시스템(송도the1st world)	2014
	풍진동모니터링	풍진동 모니터링 시스템(부the#센텀파크)	2014
4세부	시제품출시	BEMS 플랫폼엔진 및 DB모듈프로토타입	2012
		초고층e-APP(EMSUI)	2012
		초고층에너지관리시스템	2012
		초고층 유지관리 통합관제 상황판	2012
		초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈	2012
		u-SISN 융합통합게이트웨이	2012
		수요자원관리모듈 에너지관리 플랫폼	2013

구분	성과목표	명칭	연도
4세부	시제품출시	DC 배전대응LED면광원	2013
		초고층 유지관리 통합관제 상황판 고도화	2013
		Gateway MFG-G100	2013
		시설물유지관리센서네트워크미들웨어MTVSFNET2_5	2013
		초고층복합건물정보수집센서멀티모듈MTISI1000	2013
		초박형 LED 면등(쐐기형)	2014
		초박형 LED 면등(사각형)	2014
		초박형 LED 면광원	2014
		Smart LED 조명제어시스템	2014
		4port용 스마트 LED Driver	2014
		Smart LED 조명관리시스템	2014
		조명제어프로토콜	2014
		Indoor Air Quality Monitor(MFA-200)	2014
		초고층 유지관리 통합시스템 Integration	2014
		방폭형 스마트 게이트웨이 MFG-400	2015
		경량화 게이트웨이 MFG-G343	2015
		초박형 LED 면광원 제어 프로토콜 확장	2015
		초박형 LED 확장 제어 플랫폼	2015
		Bezel-less Type 초박형 LED 면광원	2015
		타일식 초박형 LED 면광원 개발	2015
		9 Port용 LED 드라이버	2015
		조명 제어 게이트웨이	2015
		iOS 향 조명 제어 Client S/W	2015
		조명관리시스템	2015
		RS485-Ethernet 컨버터	2015
	현장시험	수요자원관리모듈	2013
		AC/DC ZigBee 면광원	2013
		AC/DC ZigBee 면광원	2013
		DC/DC ZigBee 면광원	2013
		FMS, IBS 시스템 연계 가이드라인	2013
		스마트폰을 활용한 모바일 FMS 개발 가이드라인	2013

구분	성과목표	명칭	연도
4세부	현장시험	유지관리시스템	2013
		게이트웨이 신뢰성	2013
		인티랜드타워 냉동기 분석	2014
		인티랜드타워 공조기 분석	2014
		인티랜드타워 배전시스템 분석	2014
		인티랜드타워 ICT 설비 분석	2014
		무선설비의 적합성평가 처리	2014
		전자파적합 시험	2014
		게이트웨이 전자파적합 시험	2015
		시즌시티공조기 분석	2015
		시즌시티배전시스템 분석	2015
		인티랜드 타워 통합 유지관리솔루션 구축	2015

사. 소프트웨어 등록 실적

[1세부]

구분	등록된 소프트웨어의 경우				
	등록연도	소프트웨어명	저작자명	저작권자명	등록번호
1세부	2011	지진동 스케일링 자동화 모듈	(주)창민우구조컨설탄트, 김종호, 김태진, 강대언	(주)창민우구조컨설탄트, 김종호, 김태진, 강대언	2011-01-123-012240
	2011	dyna25_win_v1.0	한상을	한상을	2011-01-121-011747
	2011	mcfgeoshp_v1.0	한상을	한상을	2011-01-121-011745
	2011	force3	한상을	한상을	2011-01-121-011759
	2011	dome2	한상을	한상을	2011-01-121-011757
	2011	mcfdrmarc3	한상을	한상을	2011-01-121-011723
	2012	지진동 층간변위에 따른 예상손실 포함 성능평가 알고리즘	이동철, 창민우구조컨설탄트, 김종호	이동철, 창민우구조컨설탄트, 김종호	C-2012-006136
	2012	균열량 계산 모델	조병민, 김종호, 김태진, 강대언	조병민, 김종호, 김태진, 강대언	C-2012-025809
	2012	특정강도의 지진에 대한 철골구조물의 예상 보수비용 산정	이동철, 김종호, 김태진, 강대언	이동철, 김종호, 김태진, 강대언	C-2012-025630
	2011	STRAUTO 1.0	김치경	김치경	2011-01-199-000397
	2011	개방형 BIM기반 구조정보 작성기 1.0	김치경	김치경	2011-01-199-000398
	2011	건축구조물 골조물량 산출 프로그램	김치경	김치경	2011-01-199-000400
	2011	StrCon	김치경, 최현철	김치경, 최현철	2011-01-189-012275
	2011	Struss	김치경, 최현철	김치경, 최현철	2011-01-189-012277
	2011	StrElem	김치경, 최현철	김치경, 최현철	2011-01-189-012276
	2011	InSightBIM-EscapeProp	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	2011-01-189-011947
	2012	InSightBIM-QTO Pre-check	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2012-001899

구분	등록된 소프트웨어의 경우				
	등록연도	소프트웨어명	저작자명	저작권자명	등록번호
1세부	2012	InSightBIM-QTO Calculate	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2012-001957
	2013	AutoFormGen(자동화 외피형태 생성기)	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2013-001568
	2013	InSightBIM-QTO Estimate (인사이트빔-견적 시스템)	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2013-003066
	2013	InSightBIM-Evacuation Code-checking (인사이트빔-피난법규 검토시스템)	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2013-004619
	2013	케이비아이엠(KBIM)라이브러리 데이터 관리자	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2012-001568
	2012	InSightBIM-QTO Code Generator (인사이트빔-물량산출 코드 생성기)	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2012-019367
	2013	케이비아이엠(KBIM)라이브러리 네비게이터	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2013-001569
	2013	Building Envelope Alternative Evaluation Program(건물외피 대안평가 프로그램)	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2013-014591
	2013	InSightBIM-Manager(인사이트빔-매니저)	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2013-024564
	2013	초고층 라이브러리 웹네비게이터	조찬원, 김인한	조찬원, 김인한	C-2013-024137

[3세부]

구분	등록된 소프트웨어의 경우				
	등록연도	소프트웨어명	저작자명	저작권자명	등록번호
3세부	2010	능동질량감쇠장치(Active Mass Damper, AMD) 최적 설계프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	2010-01-123-000669
	2010	동조질량감쇠기(Tuned Mass Damper, TMD) 최적설계프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	2010-01-123-000670
	2010	동조액체감쇠기(Tuned Liquid Damper, TLD) 최적설계프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	2010-01-123-000671
	2010	동조액체기둥감쇠기(Tuned Liquid Column Damper, TLCD) 최적프로그램설계	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	2010-01-123-000672
	2010	구조물 에너지기반 제어력포화 능동제어 알고리즘 설계 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	S-2010-008458
	2010	구조물-제진장치 초기설계를 위한 교차스펙트럼밀도에 기초한 풍하중 시간이력 생성 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	S-2010-008456
	2010	복합형 제진장치가 설치된 건물의 축소모델 생성 및 제어기 설계 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	S-2010-008457
	2010	건물의 붕괴여부를 파악할 수 있는 위험부재 선정 프로그램	성균관대학교 산학협력단	성균관대학교 산학협력단	2010-01-129-007771
	2011	건축구조물 연쇄붕괴해석 전용 프로그램	마이다스IT	마이다스IT	2011-01-129-000447
	2012	풍직각방향 가속도 산정 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2012-005103
	2012	독립성분 분석법을 사용한 시스템식별 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2012-005104
	2012	구조물-제진장치 통합설계용 등가 모델 및 하중 생성 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2012-005105
	2011	건물붕괴를 일으키는 위험부재의 순차적 재설계 프로그램	성균관대학교 산학협력단	성균관대학교 산학협력단	2011-01-129-008470
	2011	건물붕괴를 일으키는 위험부재의 최적설계기법에 의한 재설계 프로그램	성균관대학교 산학협력단	성균관대학교 산학협력단	2011-01-129-009010
	2011	건축구조물 연쇄붕괴 비선형 정적해석 프로그램	마이다스IT	마이다스IT	2011-01-179-012171
	2012	구조부재 폭발응답해석	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2012-005826
	2013	초고층 건축물의 진폭의존형 감쇠비 및 풍응답산정 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2013-004846

구분	등록된 소프트웨어의 경우				
	등록연도	소프트웨어명	저작자명	저작권자명	등록번호
3세부	2013	초고층건축물의 구조설계기준 기반 질량형 제진장치 설계 및 해석프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2013-004847
	2013	Embedded PC-PLC Control Program (임베디드 컴퓨터-피엘씨 컨트롤 프로그램)	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2013-006257
	2012	낙하부재의 충격하중을 고려한 연쇄붕괴 위험부재 재설계 프로그램	성균관대학교 산학협력단	성균관대학교 산학협력단	C-2012-022315
	2013	도형객체를 이용한 대상 공간의 효율성 분석 프로그램	아주대학교 산학협력단	아주대학교 산학협력단	C-2013-002508
	2013	초고층 건축물의 입지적정성 평가 프로그램	아주대학교 산학협력단	아주대학교 산학협력단	C-2013-002509
	2013	초고층 복합건물 주거공간 쾌적성 평가 프로그램	아주대학교 산학협력단	아주대학교 산학협력단	C-2013-007081
	2013	고층 건용 SHM(에스에이치앵)용 고해상도 4채널 데이터수집 프로그램2013-02-20	포스코건설	포스코건설	C-2013-016600
	2014	풍동실험에 기초한 초고층 건축물의 풍진동 및 적정 부가감쇠비 산정 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2014-006732
	2014	초고층 건축물의 풍동실험 기반 질량형 제진장치 설계 및 해석 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2014-006733
	2014	프로그래머블 로직 컨트롤러(PLC)를 이용한 능동형 제진장치의 제어프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2014-006989
	2014	속도제어형 능동질량감쇠기의 제어알고리즘 산정 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2014-009335
	2014	건축구조물 연쇄붕괴 비선형 동적 해석 프로그램	마이다스IT	마이다스IT	C-2014-007163
	2015	풍하중에 따른 점성 및 마찰형 감쇠기구의 요구 감쇠비 산정 프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2015-012944
	2015	마커를 이용한 동시2방향 비접촉식변위 측정프로그램	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2015-012942
	2015	능동질량감쇠기 실시간 모니터링 시스템 (AMD Monitoring System)	단국대학교 산학협력단	단국대학교 산학협력단	C-2015-012943

[4세부]

구분	등록된 소프트웨어의 경우				
	등록연도	소프트웨어명	저작자명	저작권자명	등록번호
4세부	2012	환경모니터링을 위한 스마트게이트웨이 Software	맥스포		C-2012-000707
	2013	유지관리 속성이 반영된 초고층 건축 BIM 데이터베이스	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	D-2013-000006
	2013	유지관리 속성이 반영된 초고층 기계설비 BIM 데이터베이스	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	D-2013-000007
	2012	ArchiIFMS (통합건물유지관리시스템) V1.0	솔리데오		C-2012-020934
	2013	ArchiBFMS (빌딩시설물관리시스템) V1.0	솔리데오		C-2013-003056
	2012	u-SISN(Super Info Sensor Network) 융합 통합 게이트웨이 기술	맥스포		C-2012-025055
	2012	시설물유지관리 센서네트워크 미들웨어MTV-SF NET 2_5	맥스포		C-2012-025449
	2014	실내공기질 모터리 MFA-200	맥스포	최중덕 이동기	C-2014-014379
	2014	실내환경 모니터 스마트게이트웨이 MFG-100	맥스포	최중덕 이동기	C-2014-014380
	2014	유지관리 속성이 반영된 초고층 전기BIM(건축정보모델링) 데이터베이스	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	D-2014-000034
	2014	유지관리 속성이 반영된 초고층 정보통신 BIM(건축정보모델링) 데이터베이스	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	D-2014-000035
	2014	전기 및 정보통신 분야 유지관리 BIM(건축정보모델링) 속성 데이터베이스	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	D-2014-000036

4. 기술개발 성과의 국내외 시장 전망

[1세부]

기술	구분	현재시장규모	예상 시장규모
비정형 구조시스템 최적화 설계 기술 개발	세계 시장규모	7.5조 달러 : 건설시장 560조원: 초고층 시장	12.7조 달러 : 건설 시장
	국내 시장규모	100조원 : 건설시장	200조원 : 건설 시장
	근거	▪ 비정형 초고층 엔지니어링 자립 통한 국내외 비정형 초고층 시장 진출 -국내 시장 : 총공사비2조원내외/건(100층 이상) X 설계대가(3-5%) X 설계요율(5%) = 0.1조/건 ▪ 비정형 초고층 건물의 최적화 설계기술을 통해 신속하고 체계적으로 적절한 수준의 구조성능과 사용성능을 확보하여 물량 최소화하고 경제성 확보 ▪ 비정형 초고층 건축물의 합리적인 설계로 건축재료 절감이 가능하며 이로 인한 CO2저감 효과	
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	세계 시장규모	18억 달러	65억 달러
	국내 시장규모	237억원	3,000억원
	근거	▪ 현재 100% 외국산 기술 및 프로그램이 장악한 비정형 엔지니어링 시장에서 특화된 선진기술로 점유율 확대 ▪ 국내 설계용역시장 자립(해외기술 수입 대체) : 5억원/건 X 20건 = 100억원 ▪ 해외 설계용역시장 신규 창출 : 10억원/건 X 20건 = 200억원	
초고층 개방형 BIM 표준라이브러리 보급 및 초고층 개방형BIM 모델 기반의 통합평가 활용 체계 보급	세계 시장규모		
	국내 시장규모		
	근거	▪ 국내에서는 2012년부터 조달청이 일괄 대행하는 총공사비 500억원 이상 건축공사에 BIM 설계를 의무화하고 있으며, 국토해양부는 2010년부터 전체 건축분야 인허가에 대한 단계별 BIM적용 로드맵 수립하여 적용하고 있음 ▪ 주요 해외 사례를 살펴보면 미국은 2008년부터 공공발주의 모든 사업에 BIM 적용을 의무화 하고 있으며, 노르웨이, 영국, 싱가포르, 핀란드, 덴마크 등 에서도 신규사업 및 공공 발주 사업에 BIM 기술을 적용 및 의무화 하고 있음	

[3세부]

기술	구분	현재시장규모	예상 시장규모
구조시스템 성능개선 기술 개발	세계 시장규모		
	국내 시장규모	98,550,000	162,000,000
	근거	▪ 수입 대체효과로서 풍진동 제진장치 설계비 10억/건 절감(제작비 별도) - 전산플랫폼과 융합하여 제진장치가 설치된 초고층복합빌딩의 최적대안을 통합 설계할 경우 구조물량을 최소화하여 기존 제진장치 대비 40%이상 CO2 감소효과. ▪ 주차정보제공시스템 알고리즘에 대하여 가상의 시뮬레이션 환경을 구성하여 분석한 결과 일반 주차정보제공에 비하여 30.89%의 CO2 배출량 감소효과를 나타냄 ▪ 초고층 설계 엔지니어링 기술의 자립화를 통한 설계비 절감 및 해외 초고층건물 시공 프로젝트 수주실적 향상 ▪ 전체 사업기간의 절차 개선(단축)으로 간접비 절감효과 기대 가능 ▪ 인허가절차 개선 등으로 사업추진의 행정적 낭비비용(Dissipative Cost) 절감	

[4세부]

기술	구분	현재시장규모	예상 시장규모
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	세계 시장규모	'15년 세계 LED 조명 시장 규모는 '14년 대비 24.8% 성장한 $30B(약 33조원)로 추산됨. 이는 전체 조명 제품 시장의 27.2%에 해당'16년에는 전 세계 LED조명 시장은 $43B(46조원) 규모가 될 것.	세계 조명시장은 '20년 $119B 규모, 이중 60%가 LED조명 시장으로 예상하며 $70B(75조원)이 될 것임(McKinsey 2012)
	국내 시장규모	'12년 국내 LED 조명 시장은 약 4.3조원(연간 19.3% 성장), 2013-2014 에너지시장전망	'20년 국내 LED조명 시장규모는 약 15조원으로 추정
	근거	▪ 빌딩에서 소비하는 전체 에너지의 80%이상을 전기로 소비하고 있음. 특히 초고층 빌딩은 엄청난 에너지 소비 주체이므로, 전력망연동 및 수요관리, LED 조명의 사용으로 운영비용을 절감 ▪ 초고층 건물의 층고 저감 가능 (조명설치 공간의 최소화) ▪ 일반조명을 LED 조명으로 교체할 경우 환경 보호 효과와 에너지 절감 효과를 동시에 얻을 수 있으며, 국내 경우에는 연간 2조원의 전기료 감소/ 800만톤의 CO2 감소 효과가 있음 ▪ '12년 국내 LED조명시장의성장률이 높은 이유는 학교, 병원, 가로등, 신호등과 같은 공공부문에 LED 조명의 보급이 활성화된 때문 ▪ 단기적으로 공공부문을 중심으로 LED 조명시장 활성화가 기대되며 2016년 이후 연평균 성장률 20% 이상으로 본격적 확대가 예상됨	
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션	세계 시장규모	지능형 유지관리 분야 276억 달러	지능형 유지관리 분야 320억 달러
	국내 시장규모	98,550,000	162,000,000
	근거	▪ 분산통합 및 시설물관리시스템(FMS, Facility Management System) 등과의 연계를 통하여 기술적 검증 및 습득이 가능하며 향후 초고층복합빌딩의 상품화의 부가가치를 높일 수 있음. ▪ 표준 유지관리 업무 매뉴얼에 의한 업무 수행으로 관리 운영 효율의 향상을 통한 초고층복합빌딩의 관리운영비용 절감 기대 ▪ 외국사 국내 수주 대체 비용 1,200억원/년(2015년 기준)	

기술	구분	현재시장규모	예상 시장규모
센서 및 센서노드관리 시스템	세계 시장규모	2,000억 달러	1.2조 달러
	국내 시장규모	2.3조원	17.1조원
	근거	▪ 센서노드는 사물인터넷이라는 이름으로 모든 것이 인터넷에 연결되는 초연결 혁명 확산으로 산업 전반에서 다양한 혁신과 사업 기회가 창출될 것으로 전망 ▪ (세계) '13년 2천억불 → '20년 1조불*, 연평균 26.21% 성장 전망 ▪ 2020년(1조불) : 디바이스·부품(38%), SI/플랫폼(30%), 서비스(29%), 네트워크(3%) ▪ (국내) '13년에 2.3조원 → '20년 17.1조원, 연평균 32.8% 성장 전망 ▪ '13년 국내 IoT시장(2.3조원)는 세계 IoT시장(2천억불) 대비 약 1% 수준 ▪ 국내 ICT시장(781억불)은 세계 ICT시장(3.77조불) 대비 약 2% (가트너, 2013)	
건물정보 데이터기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	세계 시장규모	4,690억원	6043억원
	국내 시장규모	140억원	181억원
	근거	▪ 지능형 유지관리 국내시장 규모는 국내 건설시장 전체 규모 103 조 (민간 67조, 공공 35조 기타 1조) 중 유지관리가 차지하는 비중은 8.5%에 이르며, 민간 부문의 유지관리는 약 5.4조원 규모에 선진국과 같은 40% 정도로 유지관리 비용이 증대될 경우 27조원 까지 증대할 것으로 예상됨 ▪ 전세계 FMS 시장규모는 4,690억원(2015년) 이며 연간 평균 성장률 5.2%로 2020년에는 6,043억원 규모로 전망 ▪ 국내 FMS 시장규모는 세계시장 대비 3% 정도의 규모로 예측됨	

제4장 연구목표 달성 및 효과

제1절 연구개발 최종목표 달성도

1. 연구개발 목표 달성도

[1세부]

구분		기간 / 개발내용	연구개발기간 1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	달성도 (%)
1-1	비정형 구조시스템 프로토타입 개발	비정형 초고층 프로토타입 개발	------	———					100
		유형별 프로토타입 기본설계		------	———				100
	비정형 초고층 구조설계 기술	비정형 구조시스템 사례조사 및 DB 구축	------	———					100
		내진정보 DB 구축	------	———					100
		비선형 초고층 지진동 선정 및 보정기술		------	———				100
		비선형 해석 모델 개발		------	———				100
		비정형 초고층 지진거동 특성 평가		------	———				100
		경사기둥 접합부의 구조성능평가		------	———				100
		비선형 초고층 구조상세 개발		------	———				100
	비정형 초고층 구조설계요소기술 개발	비정형 초고층 구조시스템 계획기술			------	———			100
		비정형 초고층 성능기반 내진평가 기술			------	———			100

구분		기간 / 개발내용	연구개발기간 1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	달성도 (%)
1-1	비정형 초고층 구조설계요소기술 개발	비정형 성능기반 내진설계 실무적용기술							100
		비정형 구조요소 설계기술개발							100
	실무적용을 위한 비정형 초고층 구조설계도구개발	비정형 초고층 구조설계기술 활용 예제집 개발							100
		비정형 구조요서 성능평가 프로세스 정립 및 매뉴얼 개발							100
	통합설계 전산플랫폼 실무적용 및 문제점 개선	실무적용을 통한 전산플랫폼 요소기술의 문제점 제시							100
	비정형 초고층 구조설계기술의 대중화	실무엔지니어를 위한 교육프로그램 개발							100
		개발된 교육 프로그램 보급							100
	세계일류 브랜드 창출 및 사업화	비정형 초고층 설계기술 정보 영문화							100
		해외 비정형 초고층 설계프로젝트 적용							100
1-2	전산플랫폼 개발	비정형 초고층 구조시스템 전산설계 알고리즘 개발							100
	전산플랫폼 요소모듈 개발	비정형 골조설계를 위한 요소모듈 개발							100
	전산플랫폼 평가모듈 개발	비정형 구조시스템 성능평가 알고리즘 개발							100
	전산플랫폼 기능개선	통합설계 전산플랫폼 개발 및 기능 개선							100
	전산플랫폼 현업적용 및 검증	파일럿 프로젝트 수행 및 현장 적용							100
	전산플랫폼 요소모듈 상품화	전산플랫폼 요소모듈 상품화/사업화/국제화							100

구분		기 간 / 개발내용	연 구 개 발 기 간						달성도 (%)
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
1-3	초고층개방형 BIM환경구축	초고층 복합건축물의 개방형 BIM환경구축 기반기술 개발	------	———					100
	초고층 개방형 BIM 기준개발	초고층 복합건축물의 개방형 BIM표준적용, 운영 및 품질관리 기준 개발	------	———					100
	초고층 BIM 라이브러리 구축	초고층 복합건축물 IFD BIM 라이브러리 및 컨텐츠 유통체계 구축	------	———					100
	초고층 BIM 데이터 품질관리	초고층 BIM 데이터 품질관리 체계 개발		------	———				100
	초고층 BIM 설계모듈 개발	초고층 BIM데이터 품질관리 시스템 및 설계모듈 개발		------	———				100
	초고층 BIM 표준규격	초고층 BIM 라이브러리 표준규격 개발		------	———				
	초고층 BIM 통합관리 시스템	초고층 공동활용을 위한 BIM 라이브러리 구축 및 관리 시스템 개발		------	———				100

------ 계획
——— 실적

[3세부]

구분		기 간 / 개발내용	연 구 개 발 기 간						달성도 (%)
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
3-1-1	하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석 기술	제어알고리즘 개발 및 내장화							100
		초고층부 풍하중 예측기술 개발							
		제진장치 Pilot Test 적용 1 (테크노마트21 강변점)							100
		제진장치 Pilot Test 적용 2 (테크노마트21 강변점)							
		제진장치 설계 전산플랫폼 탑재							100
3-1-2	최소질량형 제진장치 제작/설계기술	하이브리드제진장치 설계 및 제작 (테크노마트21 강변점)							100
		하이브리드제진장치 설치 및 튜닝 (테크노마트21 강변점)							100
		수평2방향 제진장치설계 (인천공항 3단계 관제탑)							100
		수평2방향 제진장치 제작 (인천공항 3단계 관제탑)							100
3-1-3	풍진동 계측 및 건전도 평가 기술	풍진동 모니터링 시스템 개발 및 현장적용							100
		풍진동 계측 DB 구축 및 건전도 평가							100

구분		기 간 / 개발내용	연 구 개 발 기 간						달성도 (%)
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
3-2-1	연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	연쇄붕괴 해석 프로그램 및 설계 가이드라인							100
		연쇄붕괴를 고려한 새로운 구조시스템의 개념도							100
		연쇄붕괴에 대한 성능설계 기준							100
3-2-2	연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술	연쇄붕괴 설계용 선형 해석 프로그램 개발							100
		프로그램 실무적용을 위한 지침서 작성							100
		연쇄붕괴를 위한 통합설계 시스템 구축 및 TB 적용							100
		연쇄붕괴 설계용 비선형 해석 프로그램 개발							100
		연쇄붕괴 시뮬레이션 기법 및 설계용 GUI 개발							100
3-2-3	비정상하중 해석/설계 기술	비정상 하중의 정밀해석기법 및 연쇄붕괴 해석기술 개발							100
		비정상하중의 약산 해석기술 개발							100

구분		개발내용 \ 기간		연구개발기간						달성도 (%)
				1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
3-3	초고층 건물의 폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술 개발	위험도 평가모델 개발	테러 위험도 영향요인의 가중치 형성방안 모색	·····	———					100
			수리적 방법론에 기반 한 정량적 가중치 설정 방안 개발		·····	———				100
			평가항목 간 상호보완효과를 고려한 함수식 설정을 통한 평가모델 개발		·····	———				100
		계획설계지침개발	폭발물테러 영향요인 유형화 및 계획설계요소 체계화	·····	———					100
			계획설계 가이드라인 개발		·····	———				100
			고위험 건축물의 보안시스템 운영방안 제시			····	—			100
		구조설계지침개발	손상도에 따른 방호기반 구조부재 성능평가	·····	———					100
			구조부재 연성확보 방안			·····	———			100
			폭발응답 구조해석기술 개발			····	—			100
			구조설계 가이드라인 개발			·····	———			100

구분		기 간 / 개발내용	연 구 개 발 기 간						달성도 (%)
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
3-4	초고층건축 관련 법/제도 개선	초고층 건축 관련 법/제도 개선 기반 마련							100
		초고층건축 성능평가 기반 마련							100
		초고층건축 인허가 및 사업추진 절차 모델 구축							100
		친환경 건축자재 상세도 및 시방서 개발 기반 마련							100
		초고층건축기술의 표준화 체계 수립							100
3-6	초고층 녹색수직도시공간 계획기술	도시대응기술 : 교통기반시설 주요 영향인자 분석							100
		부지대응기술 : CO2 저감 및 교통혼잡 완화를 위한 녹생교통기술 개발							100
		초고층 건축물 DB 구축							100

계획
실적

[4세부]

구분		기 간 / 개발내용	연 구 개 발 기 간						달성도 (%)
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
4-1	Grid Meme을 이용한 초고층빌딩 부하모형 시뮬레이션 소프트웨어	Grid Meme 기술 개념 정립	···· ——						100
		부하모형 시뮬레이션 소프트웨어 사례 조사 및 구분	···· ——						100
	초고층빌딩용 유연구내 배전시스템	스마트배전반 및 전력변환장치 해당사항 분류	···· ——						100
	전기자동차 충전 시스템 개발	완속용충전 인프라 개발	···· ——						100
	초고층빌딩구내 대용량 개방형 통신(XML) 표준 설계	대용량 개방형통신(XML) 표준분석	···· ——						100
	초고층빌딩구내 전력기기와 연동하는 저전압 DC 구내배전 시스템 설계안	저전압 DC 기술 분석	···· ——						100
	초고층빌딩용 전력망 연계 조명시스템 개발	초고층 건축물 사례 조사	···· ——						100
		조명 사용환경 분석	···· ——						100
	초고층빌딩용 정치형 전력저장장치 개발	전력저장장치 시스템 요구사항 작성	···· ——						100
	초고층빌딩 전력망 시스템지원을 위한 BIM연동 기술개발	초고층빌딩 전력망 시스템 BIM 기술 적용 방향도출	···· ——						100
	초고층 빌딩 전력망 연동 기술 개발	전력망 연동을 위한 초고층빌딩 파워그리드의 개방형 표준 모델 개발	···· ——						100
	초고층 파워그리드용 전력자원 통합 분석 및 관리시스템 개발	전력자원 정보 분석 및 관리 모듈 개발	···· ——						100

구분		기 간 / 개발내용	연 구 개 발 기 간						달성도 (%)
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
4-1	초고층 파워그리드용 전력자원 통합 분석 및 관리시스템 개발	전력자원 정보 분석 및 관리 모듈 개발	···· ——						100
	전력망 연동형 빌딩지원을 위한 BIM연동 기술	초고층 복합빌딩 파워그리드용 전력자원 통합분석관리 BIM 기술 적용 방향도출	···· ——						100
	전력망연동형 빌딩에너지 포탈시스템 개발	전력정보 모니터링 시스템 기능요구사항 도출	···· ——						100
		에너지 포탈 시스템 기능요구사항 도출	···· ——						100
	모니터링 및 검증 시스템 소프트웨어 개발	모니터링 및 검증 시스템 조사	···· ——						100
	초고층빌딩 전력자원 분석 및 관리소프트웨어 개발	최적 운영계획 모듈	····· ——						100
		수요자원 관리 모듈		····· ——					100
	초고층빌딩 B2G 플랫폼 개발	상위 시스템 연동 모듈	····· ——						100
		하위 시스템 연동 모듈		····· ——					100
	초고층빌딩 e-App Portal 개발	e-App Portal 분석/설계	····· ——						100
	Network 제어가능 DC입력 대응 조명 제품 기술 개발	조명 제어 기술 개발	····· ——						100
		요소기술 설계통신 Interface 고효율 광학 및 방열 설계 조명 구동회로 및 LED Array 설계		····· ——					100
	고효율 면광원 조명 설계 요소기술 개발	제품 설계기준서 제작	···· ——						100
		Mock-Up 제품 제작 및 평가		···· ——					100
	초고층 전력망 모니터링용 개방형 BIM 인터페이스 기술개발	초고층 조명시스템·전력망용 BIM데이터 품질검증 체계개발	···· ——						100
		초고층 조명시스템·전력망용 BIM 라이브러리 및 모델제작		···· ——					100

구분		기 간 / 개발내용	연 구 개 발 기 간						달성도 (%)
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
4-1	초고층 복합건물에 적합한 센서 적용기술	초고층 복합 센서 설치 환경 분석	·····						100
		국가 주요시설물 안전관리 적용 센서 활용 연구	·····						100
	u-SISN 융합 통합 게이트웨이 기술 설계	ARM 기반의 통합 게이트웨이 설계	·····						100
		멀티 네트워크 I/F 기술 개발	·····						100
	초고층 복합건물 정보 수집센서 멀티 모듈	900Mhz 통신 모듈 개발	·····						100
		수집센서 멀티 모듈 회로도 개발 및 검증	·····						100
		수집센서 멀티 모듈 시제품 제작	·····						100
		수집센서 멀티 모듈 시제품 성능평가	·····						100
	u-SISN 융합 통합 게이트웨이 고도화	u-SISN 융합 통합 게이트웨이 회로도 개발 및 검증		·····					100
		u-SISN 융합 통합 게이트웨이 시제품 제작		·····					100
		u-SISN 융합 통합 게이트웨이 시제품 성능평가		·····					100
		통합 연동 테스트		·····					100
	u-SISN 미들웨어 개발	프로토콜 통합 처리 모듈 개발		·····					100
		센서 네트워크 관리 모듈 개발		·····					100
		데이터 포워딩 모듈 개발		·····					100
		통합 연동 테스트		·····					100
	시범지구 적용 및 Testbed 시험 I	테스트베드 모니터링 시스템 구축			·····				100
		테스트베드 데이터 수집/ 분석			·····				100

구분		개발내용 \ 기간	연구개발기간 1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	달성도 (%)
4-1	초고층 건물 적용 ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 모듈 개발	초고층 건물 적용 ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 모듈 개발					------		100
		MoBus 프로토콜 구현					------		100
		MoBus Interface 성능 테스트					------		100
	초고층 건물적용 ModBus 연동 다양한 인터페이스를 지원하는 근거리 무선 센서 및 제어 모듈 개발	초고층 건물적용 ModBus 연동 다양한 인터페이스를 지원하는 근거리 무선 센서 및 제어 모듈 개발					------		100
		무선 통신 모듈 데이터 신뢰성을 위한 APP Layer 프로토콜 설계					------		100
		센서 데이터 신뢰성 구현제품 신뢰성 테스트					------		100
	신뢰성 시험 및 인증	ModBus 연동 근거리 무선 코디네이터 신뢰성 시험					------		100
		초고층 건물적용 ModBus 연동 다양한 인터페이스를 지원하는 근거리 무선 센서 및 제어 모듈 신뢰성 시험					------		100
		통신 신뢰성 시험 평가					------		100
	실용화 통합 게이트웨이 검증 및 복합 센서 실용화	센서 노드 패키징						------	100
		초고층 게이트웨이 패키징 기술						------	100
		초고층 복합건물 Test Model 사이트 구축						------	100
	초고층빌딩을 위한 초박형 스마트 LED 면등 개발	타일식 초박형 스마트 LED 면등 구현					------		100
		LED 면등을 위한 헤더/ 광채부분 개발					------		100
	스마트 LED 면등 조명제어시스템 개발	LED 면등 시스템 연계					------		100
	LED 면광원 사우디 현지화 국제협력	Bezel-less type 초박형 LED 면광원 개발						------	100
		Bezel-less type 초박형 LED 면광원 제어 시스템 제작						------	100
	초고층빌딩을 위한 초박형 스마트 LED 면등 개발 및 스마트 LED 면등 조명제어 시스템 개발	COB 효율 개선 및 면광원 패턴 최적화						------	100
		Mobile 제어 시스템 설계 및 구현						------	100

구분		기 간 / 개발내용	연 구 개 발 기 간						달성도 (%)
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	
4-2	LCC 기반 초고층 시설물 통합 관리 솔루션 아키택처 설계	초고층 FMS 표준 기능 선정 및 모델 개발	------						100
		초고층 유지관리 현황 및 선진 사례 조사 분석을 통한 솔루션 기능 도출 및 설계	------						100
	사례조사 분석	선진사례 분석 및 업무프로세스 분석	------						100
	초고층 통합 FMS 구현	FMS 표준 기능 선정		------					100
		초고층 FMS 에너지 절감형 운영모델		------					100
		초고층 통합 FMS 기술 분석 및 구현		------					100
		통합 FMS 모델 연구		------					100
		타 시스템 연동 라이브러리 분석		------					100
	초고층 통합 FMS 연동 시스템 개발	초고층 FMS 에너지 절감형 운영 가이드라인		------					100
		초고층 통합 FMS 연동 개발			------				100
		BEMS 기능 개발			------				100
		타 시스템 연동 라이브러리 설계			------				100
	초고층 통합 FMS 고도화	초고층 통합 FMS 기능 구현				------			100
		연계 기술 분석 및 연계 방안 연구				------			100
		테스트 베드 구축				------			100
	통합 FMS 운영 적용	초고층 통합 FMS 기능 적용						------	100
		초고층 통합 FMS 개선사항 반영						------	100
		파일럿 테스트베드 검증						------	100

구분		개발내용 \ 기간	연구개발기간 1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	달성도 (%)
4-2 (KICT)	유지관리 BIM 활용시나리오 개발	유지관리 건물정보데이터 모델 현황조사 및 방안도출	····· ———						100
		유지관리 BIM 모델 현황조사 및 방안도출							100
	BIM기반 유지관리 정보모델링 기술 개발	초고층빌딩 BIM기반 유지관리시스템의 방재분야운영 및 유지관리체계 연구			····· ———				100
		방범/방재분야 BIM 속성도출을 위한 유지관리 프로세스 정의 및 속성도출			····· ———				100
	기계설비분야 유지관리 BIM 정보모델링 지침 개발	기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 개발방안 연구				····· ———			100
		기계설비분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 작성				····· ———			100
		유지관리를 위한 BIM 모델 시작품 제작				····· ———			100
	전기 및 정보통신 분야 유지관리 BIM 정보모델링 지침 개발	전기설비 및 정보통신 분야 유지관리 건물정보데이터 정보 모델링 지침 개발방안 연구					····· ———		100
		전기설비 및 정보통신 분야 유지관리 건물정보데이터 정보 모델링 지침 작성					····· ———		100
		유지관리를 위한 전기·정보통신 건물정보데이터 모델 시작품 제작					····· ———		100
	건축공간분야 유지관리 BIM 정보모델링 지침 개발	공간관리분야 유지관리 BIM 정보 모델링 지침 개발방안 연구						····· ———	100
		공간관리분야 유지관리 BIM 정보모델링 지침 작성						····· ———	100
	파일럿 프로젝트 추진	FMS 적용을 위한 Intiland Tower BIM 모델 제작						····· ———	100

····· 계획
——— 실적

제2절 연구개발 성과의 기술적 효과

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발

구분	기대효과 및 활용방안
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	▪ 최적의 구조시스템 설계기술을 이용한 비정형 건축형상 구현 ▪ 내진설계 및 성능평가기술로 구조적 안정성 확보 ▪ 비정형 초고층 건물의 구조시스템 설계 및 실시설계까지 포함한 구조분야의 대부분의 업무를 처리할 수 있는 통합 플랫폼 구현을 위한 요소기술 제공
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	▪ 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 ▪ 외피 고급화 추세에 따라 외피설계 및 시공 업역 부가가치 상승에 대응, 3D 기반 외피 설계, 상세설계, 제작, 시공 연계한 기술 자립으로 글로벌 경쟁력 확보 ▪ 비정형 통합 전산플랫폼은 비정형 초고층 기술과 IT를 융합한 대표적인 사례가 될 수 있음. 이는 단지 IT를 적용하여 기존 기술의 생산성을 높이는 것이 아니라 기존에의 현실적으로 불가능했던 엔지니어링 업무를 IT를 이용하여 수행할 수 있게 됨으로써 서로 다른 2개 기술의 완벽한 융합임. ▪ 비정형 통합 전산플랫폼에 구조 통합형 제진해석, 풍하중 실측 및 예측, 풍진동 계측 및 건전도 평가와 연쇄붕괴 해석 및 설계를 자동화 할 수 있는 모듈까지 성공적으로 포함시키면 이러한 융합의 시너지효과를 극대화할 수 있음.
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	▪ 개발된 BIM 세부분야 기준서(피난/QTO/에너지)를 통해 계획 및 설계 단계에서 효과적인 BIM 데이터 산출이 가능하며, 향후 적용된 지침을 확장하여 타 세부분야에서도 활용이 가능 ▪ 초고층 개방형 BIM 시공성 검토 지침 보완 및 개정에 활용 ▪ QTO 산출모듈 개발 시 조달청 분류체계 및 국토부 실적 공사비체계를 활용하여 국내 건설시장의 견적업무의 표준화 기여

2. 제3세부 : 구조성능 개선 기술 개발

구분	기대효과 및 활용방안
하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	▪ 하이브리드 제진장치 능동제어 알고리즘 설계 기술 100% 국내 자립화 ▪ 우리나라의 기후변화에 대응한 초고층부 자연풍 및 풍진동 DB구축 ▪ 제진장치-구조물 통합해석모듈 개발을 통한 최적화된 설계 대안 제시
최소질량형 제진장치 제작/설계기술	▪ 초고층 건축물에 대한 건축구조설계기준의 제정 및 개정시 기술자료로 활용 ▪ 첨단 고급기술 확보를 통한 고수익 엔지니어링 프로젝트 수주를 통하여 국내 내풍설계 기술의 향상과 국제경쟁력을 확보.
풍진동계측 및 건전도 평가기술	▪ 풍진동 모니터링 시스템 개발 및 현장적용을 통한 풍진동 제어기 성능 검증 ▪ 국내 고층건물 상시 및 장기 풍진동 실계측을 바탕으로 한 동특성 평가를 통한 구조물 고유주기, 감쇠비 설계식 제안
연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	▪ 연쇄붕괴 성능평가, 연쇄붕괴 방지용 접합부 및 구조시스템 설계 등으로 구성되는 초고층 건물의 구조성능을 평가하고 개선할 수 있는 기술을 확보하여 초고층 건물을 최적화. ▪ 비정형 통합 전산플랫폼에 연쇄붕괴 해석 및 설계를 자동화 할 수 있는 모듈까지 성공적으로 포함시키면 건설기술과 IT 융합의 시너지효과를 극대화할 수 있음. ▪ 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템의 개발은 중저층건물 혹은 초고층이 아닌 대규모 복합건물에도 적용할 수 있으므로 기술의 확산에 기여할 수 있음.
연쇄붕괴 해석/설계 자동화기술	▪ 건설기술과 IT의 융합(연쇄붕괴해석 알고리즘 구현 해석 프로그램 개발) ▪ 기술의 확산(개발된 해석 S/W를 실무에 적용) ▪ 개발된 핵심기술을 T/B를 통하여 검증하고 실용화하여 세계 일류 브랜드를 창출. ▪ 연쇄붕괴 시뮬레이션 및 설계는 독립적인 기능을 수행하는 모듈이므로 이미 개발되어 있는 기존의 소프트웨어에 추가모듈로 탑재하여 실용화
비정상하중의 해석/설계 기술	▪ 연쇄붕괴 성능평가, 연쇄붕괴 방지용 구조시스템 설계 등으로 구성되는 초고층 건물의 구조성능을 평가하고 개선할 수 있는 기술을 확보하여 초고층 건물을 최적화 할 수 있음. ▪ 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템의 개발은 중저층건물 혹은 초고층이 아닌 대규모 복합건물에도 적용할 수 있으므로 건축 구조시스템 기술의 확산에 기여함. ▪ 폭발하중을 받는 경우 실무에서 구조물의 해석 설계 과정이 복잡하기 때문에, 특히 연쇄붕괴의 원인이 되는 기둥 손상정도와 생존 능력을 파악하기 위한 약산 해석 프로그램을 개발함으로써 건설 구조 기술의 발전에 크게 기여할 수 있음.

3. 제4세부 : 초고층빌딩 유지관리 기술 개발

구분	기대효과 및 활용방안
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	▪ 전력수요관리를 통해 에너지 비용감소와 사회 전체의 에너지 최적화에 기여 ▪ 초박형 타일 구조의 LED조명시스템은 초고층빌딩 공간에의 적합성을 제고하고, 공간 활용도를 크게 향상시킬 것임 ▪ 특히 초박형 타일 구조의 LED조명시스템은 Seamless 확장이 자유롭게 되는 빛의 디지털화 시스템임 ▪ 온실가스 규제와 에너지효율 규제에 따라 빌딩부문의 조명은 전세계적으로 모두 LED조명으로의 교체가 예상됨. 특히 초고층빌딩과 같은 랜드마크 빌딩의 LED조명은 기존 LED조명과는 다른 사용자 가치를 중시하게 될 것인데, 초박형의 Seamless 확장이 가능한 LED조명이 새로운 공간체험을 가능하게 하는 새로운 빛 설계로 향후 빌딩조명 분야의 혁신이 될 것임
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발	▪ 국가 에너지 위기 해소에 일익을 담당 ▪ 국산 지능형 유지관리 프로그램(건물정보데이터 Simulation)의 개발 및 관련 업계 보급 ▪ 국제 개방형 건물정보데이터표준의 특수분야 적용에 의하여 한국의 국제 건물정보데이터표준 참여능력 제고 ▪ 유지관리를 위한 BIM 지침 보급으로, 발주자, 설계자, 유지관리자의 BIM 활용도 및 BIM 운용기술 제고 ▪ BIM기반 초고층 유지관리시스템(FMS)의 요소기술로서 지능형 유지관리 기술 개발에 기여 ▪ 초고층 통합 시설관리를 위한 자동화 및 지능화 기술력 확보 ▪ 국내 초고층 통합 시설물 관리 솔루션 개발의 활성화 및 선진국과 동등한 수준의 기술력 확보 ▪ IBS, BEMS, BIM과 통합된 FMS 구축으로 시스템 통합 운영 환경 구현을 통한 유지관리 효율성 및 수준의 제고
센서 및 센서노드관리 시스템	▪ 본 사업에서 적용되는 U-SISN 및 융합 통합 게이트웨이 기술, 복합 센서 인터페이스 기술들을 융합하여 초고층 복합 건물 정보수집 센서네트워크 운영하는 것은 국제적으로도 연구 개발된 사례가 드문 경우로, 독자적 세부 원천기술로 확보될 경우, 이를 통한 참여기관들의 기술적 우위가 예상됨 ▪ 초고층 복합 건물 정보수집 센서네트워크 운영기술은 국내 건물정보관리시스템에 기반기술로 활용될 것임
건물정보 데이터기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	▪ BIM기반 유지관리 지침 개발로 BIM 유지관리 부문 국내기술력 확보 ▪ BIM기반 초고층 유지관리시스템(FMS)의 요소기술로서 지능형 유지관리 기술 개발에 기여 ▪ 유지관리 관점에서 재활용 가능한 설계BIM, 시공BIM 정보 정의를 통해 상호 피드백 체계가 구축되어 설계, 시공, 유지관리 기술 상승 발전

제3절 연구개발 성과의 경제적 효과분석

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발

구분	기대효과 및 활용방안
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	▪ 비정형 초고층 엔지니어링 자립을 통한 관련 시장 활성화 ▪ 기술 브랜드 창출로 해외 비정형 초고층 시장 ▪ 비정형 초고층건물의 구조시스템 최적화를 위해 필요한 이론, 도구, 장비, 제품 등의 성과품을 통해 세계 수준의 엔지니어링 기술력 확보 ▪ 국내 초고층건물 엔지니어링 기술의 신뢰도, 인식, 독점력 향상을 통한 국내 초고층 건물 엔지니어링 기술의 부가가치 및 국제 브랜드 가치제고
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	▪ 비정형 초고층 엔지니어링 분야의 기술적 자립을 통해 관련 시장 활성화 및 기술 브랜드 역량 강화로 인한 해외 시장 진출 및 점유율 확대를 기대 ▪ 비정형 통합 전산플랫폼과 구조시스템 성능개선이라는 기술집약적 고부가가치 기술 개발을 통해 대형 프로젝트 진행시 로컬업체가 아닌 중심업체로 참여함으로써 국내 건축 관련업체들의 수익구조 개선에 기여할 것으로 기대 ▪ 현재 100% 외국산 기술 및 프로그램이 장악한 비정형 엔지니어링 시장에서 특화된 선진기술로 점유율 확대 ▪ 국내 설계용역시장 자립(해외기술 수입 대체) : 5억원/건x20건=100억원 ▪ 해외 설계용역시장 신규 창출 : 10억원/건x20건=200억원
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	▪ 전 세계적으로 많은 개방형 BIM 성공사례가 나오고 있으며, 국가적 차원에서 개방형 BIM 기반 건설 프로세스 혁신을 통해 개방형 BIM 기술 도입 및 적용, 또는 활용하는 국가가 증가하고 있음. ▪ 국내에서는 2012년부터 조달청이 일괄 대행하는 총공사비 500억원 이상 건축공사에 BIM 설계를 의무화하고 있으며, 국토해양부는 2010년부터 전체 건축분야 인허가에 대한 단계별 BIM적용 로드맵 수립하여 적용하고 있음. ▪ 주요 해외 사례를 살펴보면 미국은 2008년부터 공공발주의 모든 사업에 BIM 적용을 의무화 하고 있으며, 노르웨이, 영국, 싱가포르, 핀란드, 덴마크 등 에서도 신규사업 및 공공 발주 사업에 BIM 기술을 적용 및 의무화 하고 있음

2. 제3세부 : 구조성능 개선 기술 개발

구분	기대효과 및 활용방안
하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	▪ 수입 대체효과로서 풍진동 제진장치 설계비 10억/건 절감(제작비 별도) ▪ 전산플랫폼과 융합하여 제진장치가 설치된 초고층복합빌딩의 최적대안을 통합 설계할 경우 구조물량을 최소화하여 기존 제진장치 대비 40%이상 CO2 감소효과.
최소질량형 제진장치 제작/설계기술	▪ 초고층 설계 엔지니어링 기술의 자립화를 통한 설계비 절감 ▪ 해외 초고층건물 시공 프로젝트 수주실적 향상 ▪ 초고층 설계 엔지니어링의 해외 진출
풍진동계측 및 건전도 평가기술	▪ 풍진동 계측 DB를 바탕으로 한 구조해석 모델 업데이트를 통한 구조설계 수행 시 구조 물량 절감 효과
연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발	▪ 해외에서는 이미 2000년대 초반을 기점으로 이슈화되고 있는 연쇄붕괴방지 해석 기술에 관해 국내 최초로 관련 프로그램을 개발함으로써, 관련 분야와 관련하여 실용화 가능한 기술을 선보일 수 있음. ▪ 비정상하중의 해석/설계 기술은 구조시스템 성능 개선 기술 개발의 구성기술로서, 핵심과제의 기대효과인 국제 브랜드가치 향상, 고부가가치 엔지니어링 기술, 시공프로젝트 수주역량 강화, 국내외 엔지니어링 분야 점유율 확대, 정보환경기술 활성화에 기여할 수 있음.
연쇄붕괴 해석/설계 자동화기술	▪ 본 연구기관이 보유한 세계적인 수준의 구조해석 S/W 개발 기술을 활용하여 연쇄붕괴방지기술의 해석 및 설계 S/W제품을 개발, T/B적용 및 홍보를 통한 브랜드 가치 상승 유도 ▪ 연쇄붕괴방지를 위한 법규개정 또는 적용 필요성에 대한 사회적 공감대가 반영될 경우 해외판매를 통한 구조 SW 매출증대 예상 ▪ 해외 수출되고 있는 마이다스 구조해석용 SW 3종 이상에 탑재 및 판매
비정상하중의 해석/설계 기술	▪ 해외에서는 이미 2000년대 초반을 기점으로 이슈화되고 있는 연쇄붕괴방지 해석 기술에 관해 국내 최초로 관련 프로그램을 개발함으로써, 관련 분야와 관련하여 실용화 가능한 기술을 선보일 수 있음. ▪ 관련분야의 선구적인 역할을 통해 연쇄붕괴방지 기술에 대한 관심을 높이고 장기적인 관점에서의 연쇄붕괴방지 관련 기술력의 토대가 될 수 있음. ▪ 비정상하중의 해석/설계 기술은 구조시스템 성능 개선 기술 개발의 구성기술로서, 핵심과제의 기대효과인 국제 브랜드가치 향상, 고부가가치 엔지니어링 기술, 시공프로젝트 수주역량 강화, 국내외 엔지니어링 분야 점유율 확대, 정보환경기술 활성화에 기여할 수 있음.

구분	기대효과 및 활용방안
폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술	▪ 국내에는 생소한 이동식 볼라드 등 차량제어 및 보행자의 통행 및 접근과 관련된 보안장치 및 폭발물 테러와 관련한 다양한 건축 재료개발을 위한 산업을 촉진시킬 수 있음 ▪ 보안장비 뿐만이 아닌 도심 내 초고층 외부공간의 방어선 계획요소와 관련이 있는 각종 조경, 조명, 스트리트 퍼니쳐 등의 산업의 다양화에 영향을 줄 수 있음
초고층건축 법/제도 및 지원정책	▪ 제도개선에 의한 초고층사업의 효율화를 통하여 사업 부가가치(project value) 극대화 ▪ 전체 사업기간의 절차 개선(단축)으로 간접비 절감효과 기대 가능. 특히, 초기단계의 사업기간 단축으로 토지 보상가 및 분양가 상승 억제 ▪ 친환경 성능평가 기반 마련으로 초고층건축물의 에너지비용 및 유지관리비용 절감 ▪ 복잡한 인허가절차 개선 등으로 사업추진의 행정적 낭비비용(dissipative cost) 제거
초고층 녹색수직도시공간 계획기술	▪ 초고층 건축물의 방문객의 목적에 부합하는 최적의 주차장소에 대한 정보를 제공하므로서, 불필요한 이동거리 및 이동시간을 줄이고, 연료소모 및 CO2 배출량을 감소시켜 사회적 비용을 절감하는데 기여하였음 ▪ 기존의 주차정보제공방법과 차별화되는 알고리즘을 적용한 방법을 개발함으로써 관련 업계 시장에서 비교우위를 선점하는 계기를 마련하였음 ▪ 초고층 수직교통동선계획 소프트웨어를 통해 건축계획적 측면에서의 효율성과 경제성을 확보함과 동시에 시공 및 에너지 절감의 측면에서도 효율적이고 경제적인 사회 경제적 비용의 절감을 기대할 수 있음 ▪ 국내 초고층 기술수준의 향상을 통해 세계 초고층 건축설계 시장에서의 비교우위를 점하는 계기를 마련할 수 있음

3. 제4세부 : 초고층빌딩 유지관리 기술 개발

구분	기대효과 및 활용방안
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	▪ 전력수급의 어려움과 에너지효율 규제에 따라 전세계 빌딩부문은 LED조명으로의 교체가 예상되며 2016년 이후 LED조명은 기존 저가형 방식이 아닌 프리미엄 제품 시장으로 재편될 것임: 전체 시장의 20%인 30조원/년 규모 시장 창출 가능 ▪ 점 조명인 기존의 SMD Type의 LED 광원을 COB 광원으로 대체하였으며 이를 고려한 마이크로 패턴 적용 광가이드를 개발하고 광 효율을 극대화 시킬 수 있는 최적화 설계 기술을 개발함. ▪ 전력수요관리를 통해 에너지 비용감소와 사회 전체의 에너지 최적화에 기여 ▪ 초박형/초경량의 형태와 타일식 구조로 제작된 면광원 조명은 초고층 건축물의 층고 확보에 두움을 주어 기존 초고층 건축물에 비해 공간에의 적합성을 제고하고, 공간 활용도를 크게 향상시킬 것임: 전체 콘크리이트 비용의 2% 절감 가능
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발	▪ 분산전원 및 시설물관리시스템(FMS, Facility Management System) 등과의 연계를 통하여 기술적 검증 및 습득이 가능하며 향후 초고층복합빌딩의 상품화의 부가가치를 높일 수 있음. ▪ 표준 유지관리 업무 매뉴얼에 의한 업무 수행으로 관리 운영 효율의 향상을 통한 초고층복합빌딩의 관리운영비용 절감 기대 ▪ 외국사 국내 수주 대체 비용 1,200억원/년(2015년 기준) ▪ 초고층복합건물의 국내 시장은 2015년 약 112조 규모로 성장할 것으로 예상됨 ▪ 해외 시장의 경우 년 30개 건물에 적용할 경우 건물당 5억 규모로 추정되며, 년 150억 이상의 수출효과가 예상됨
센서 및 센서노드관리 시스템	▪ 전 세계적으로 USN을 활용한 초고층 복합건물 수집센서네트워크 통합운영 사례는 없으며 우리나라에서 기반기술 및 세부요소기술 개발을 통해 표준화함으로써 차세대 융복합 기술을 선도하고 신규시장을 창출 할 수 있음 ▪ 예상되는 신산업은, 1)안전 네트워크 산업, 2)초고층 복합 건물 운영 시스템, 3)초고층 복합건물 관리 SI 기업 등이 예상됨
건물정보 데이터기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	▪ 표준 유지관리 업무 매뉴얼에 의한 업무 수행으로 관리 운영 효율의 향상을 통한초고층복합빌딩의 관리운영비용 절감 기대 ▪ 유지관리체계 도입 및 선진화에 유지관리 FMS 모델을 적용하여 건설의 유지관리 시장확대에 기여 ▪ 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

제4절 연구개발 성과의 정책적 효과분석

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발

구분	기대효과 및 활용방안
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	▪ 대한건축학회를 통해 고층 아파트의 성능기반 내진설계 지침이 승인될 예정이며 이에 따라 성능기반 내진설계 관련 시장이 증가 ▪ 초고층을 대상으로 개발된 최적화 기술은 고층 아파트에도 효율적으로 적용가능
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	▪ LH공사 내부지침에 철근 배근시공도 작성 및 골조정밀물량산출 시 Rebar Hub(ConiForm) 프로그램을 적용할 것을 명시 ▪ 골조 특화 1-stop BIM 협업체계를 구축함으로써 관련 협력업체 표준화 추진
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	▪ 표준적인 라이브러리 제공 및 활용을 통해 국내 초고층 실무에서의 표준적인 BIM 모델의 작성 지원 및 데이터 제공이 가능 ▪ BIM 표준적용 운영관리 기준서 및 세부분야 기준서를 통한 초고층 관련 사업간 BIM 정보 교환 및 공유를 가능하게 지원함으로써 BIM 관련 연구결과의 품질 확보 가능

2. 제3세부 : 구조성능 개선 기술 개발

구분	기대효과 및 활용방안
하이브리드 제진장치 설계 및 구조통합 해석기술	▪ 능동형 제진장치관련 기술에 대한 정책제안 ▪ 초고층부 풍자원 Map을 합리적, 정량적 기초자료로 활용하여 저탄소 녹색성장 정책의 일환으로 신재생 에너지원으로서의 풍력발전소 건설의 유도
최소질량형 제진장치 제작/설계기술	▪ 초고층 설계 엔지니어링 기술의 자립화를 통한 설계비 절감 ▪ 해외 초고층건물 시공 프로젝트 수주실적 향상 ▪ 초고층 설계 엔지니어링의 해외 진출
풍진동계측 및 건전도 평가기술	▪ “초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 의한 특별법” 시행에 따라 풍진동 모니터링 및 건전도 평가기술 기반 기술 활용
폭발물테러 예방 및 피해 경감 설계기술	▪ 최근 정책적, 제도적 차원에서 조례, 혹은 가이드라인을 개발하는 등의 노력이 이루어지고 있음. 국가정보원(NIS)에서는 국가 대테러 활동에 관한 활동 지침을 가지고 테러 예방 및 대안을 구축하고 있으며, 국토해양부에서 마련한 다중이용 건축물 테러예방 설계가이드 라인을 이용하여 구체적인 건축물을 계획하고 있음. ▪ 또한 최근 서울시에서는 50층 이상 200m이상의 초고층건물의 테러예방설계를 의무화하였으며, 국토해양부에서도 초고층건물을 포함하여 테러에 취약한 다중이 이용하는 건축물에 대한 테러예방 활동을 강화하기 위하여 ‘건축물 테러예방 설계가이드라인’을 마련하고 2010년 4월 1일부터 시행 중에 있음. ▪ 이러한 가이드라인을 보다 효과적으로 적용하기 위해서는 위험수준에 따라 비용 효율적으로 차등 적용할 수 있는 방안을 도출하는 본 연구의 결과가 정책수립을 위한 효과적인 자료로서 활용될 것임
초고층건축 법/제도 및 지원정책	▪ 초고층 건축 관련기술 녹색성능인증 시스템 체계화로 글로벌 기술경쟁력 강화 ▪ 초고층건축의 녹색성장 동력화와 기술력 입증을 통한 국가 첨단이미지 제고 ▪ 국제 수준의 법/제도/인허가/추진절차 시행을 통한 건설산업 구조개선, ▪ 행정적 지원 강화로 국내 초고층건축 활성화 인프라 마련 ▪ 글로벌 기준 적용을 통한 국내외 기술교류 활성화 및 국내업체의 해외진출 가속화

3. 제4세부 : 초고층빌딩 유지관리 기술 개발

구분	기대효과 및 활용방안
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	▪ 전력망연동형 초고층빌딩 에너지관리기술은 향후 초고층빌딩이 에너지효율규제 준수를 위해서 반드시 갖춰야 할 시스템이 될 것임. ▪ LED 조명은 경제적으로 에너지 절감 효과가 큰 동시에 환경 친화적인 장점 으로 에너지 효율 개선 정책에 대한 각국 정부의 관심이 높음. ▪ 정부의 적극적인 LED 조명 보급 사업과 일반 시민의 친환경과 에너지 의식이 지속적으로 높아지는 상황이며 공공기관에서 민간 부문까지 적용 범위가 점차 확대되고 있음. ▪ 2016년부터 백열전구의 사용이 금지되며 LED조명 사용를 확대하는 방향으로 정책 지원이 이루어지고 있음, 또한 초고층 빌딩 용도 구성비를 참고하면 업무용 영역이 60% 이상을 차지하고 있으므로, LED 면광원이 조명 기구로 매우 적합함.
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발	▪ 초고층복합건물 분산 및 통합관리 Solution의 보급을 통합 건물 에너지 관리의 효율화와 비용 절감 효과 기대 ▪ 초고층복합빌딩 통합관리솔루션 국내시장 활성화를 통한 외산솔루션 대체 및 선진국 수준의 솔루션 개발 제공을 통한 솔루션 수출 증대 기대
센서 및 센서노드관리 시스템	▪ 전통산업에 사물인터넷을 결합하여 생산성과 효율성을 극대화하고 기존 제품에 새로운 부가가치 창출을 위한 혁신 필요 ▪ 유럽, 미국, 중국 등 해외 주요국에서는 사물인터넷을 국가경쟁력의 핵심기반으로 인식하여 범정부 차원 계획 수립 및 추진 중 ▪ 세계 최고 수준으로 평가받는 IT 인프라와 높은 활용도로 국제평가 및 인지도가 상승 및 산업의 내생적 경쟁력 강화 ▪ 중소기업의 산업 IoT 플랫폼 도입으로 생산성 향상 등 중소기업의 스마트화 촉진 → 새로운 사업기회 확보
건물정보 데이터기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	▪ 개방형 BIM 표준 기반의 유지관리 지침을 공공 BIM 발주 사례로 적용대상 확장하여 국가 차원의 BIM 활용지침 개발 시 참조 가능 ▪ 유지관리 이외의 타 분야 BIM 활용 가이드 개발시 참조사례로 활용 가능

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제1절 연구성과 향후 활용방안

1. 기술실시 계획

[1세부]

구분	기대효과 및 활용방안
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	▪ 접합부 성능평가 모델링 자동화 프로세스 및 비정형 초고층 내진성능평가 모델링 자동화 프로세스에 대해 국내 설계 엔진니어링 회사에 기술이전 실시계획 ▪ 국내 초고층 설계엔지니어링 기술력 향상 및 세계 초고층 설계엔지니어링 분야의 경쟁력 확보 가능
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	▪ 본 연구기관의 독점적 보유기술에 해당하는 구조시스템 최적화설계 기술, 3D 모델/상세설계정보 자동화 기술의 기술이전 ▪ 건설회사 + 엔지니어링사 + IT융합기술컨설팅회사로 컨소시움을 구성하고, 기술차별화와 물량최적화를 통한 경제성 확보를 강점으로 비선형 공간건축물 Design-Build 세계시장 진출, 시공프로젝트 수주역량 강화, 높은 기술력 평가에 따른 수익률 향상 기대 ▪ 수요처 우선 기술이전으로 경쟁력(생산성/기술력)을 향상시켜 다양한 프로젝트 적용 ▪ 수요처와 함께 ICT융합기술 기반의 세계 전문건설 시장 진출
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	▪ 표준적인 라이브러리 제공 및 활용을 통해 국내 초고층 실무에서의 표준적인 BIM 모델의 작성 지원 및 데이터 제공이 가능 ▪ 국내 관련 분야에 산재되어 있는 라이브러리 정보를 취합 보완하여 BIM 라이브러리 표준 규격을 개발하였으며, 이를 반영한 라이브러리를 지속적으로 구축하고 있음. 구축된 라이브러리는 연구단 내 관련 연구 분야에 BIM 정보 교환 및 공유를 위해 지원하고 있어 초고층 분야 BIM 활성화 및 보급화에 일조할 수 있음

[3세부]

<table>
<tr><th>구분</th><th>기대효과 및 활용방안</th></tr>
<tr><td>구조시스템 성능개선 기술 개발</td><td>▪ 현재 개발기술에 대해서 특허 등록이 완료되어 있고, 건설 신기술 인증 또한 완료되어, 이를 바탕으로 실제 사용가능한 기관인 공동 연구기관(산업체)과의 기술실시계약 체결 및 기술이전을 실시할 예정임.
<table>
<tr><th>기술명</th><th>이전기관</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>수직-수평 동시제어용 복합형 제진장치</td><td>단국대-(주)티이솔루션</td><td>▪ 수직/수평 동시제어용 복합형 제진장치 설계 알고리즘 및 운용기술
▪ 최초 프로젝트 수주시 30,000,000원+매출액의 3% (5년)</td></tr>
<tr><td>알고리즘</td><td>단국대-(주)창소프트아이앤아이</td><td>▪ 전산플랫폼 기반 능동질량형 감쇠장치 설계알고리즘 및 기술교육
▪ 10,000,000원 (1년)</td></tr>
<tr><td>신기술</td><td>단국대-예은 E&C</td><td>▪ 부산타워 풍진동 제어를 위한 제진장치 기술
▪ 최초 프로젝트 수주시 30,000,000원+매출액의 3% (5년)</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>연쇄붕괴 방지기술</td><td>▪ 현재 개발된 연쇄붕괴 관련 해석 알고리즘에 대한 소프트웨어를 기준으로 공동연구기관인 마이다스 아이티와 기술실시계약 체결 및 기술이전을 완료 하였음.
<table>
<tr><th>기술명</th><th>이전기관</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>연쇄붕괴 프로그램</td><td>성균관대-마이아스IT</td><td>▪ 연쇄붕괴 프로그램 개발을 위한 기술지원 (7,000,000원)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

[4세부]

구분	기대효과 및 활용방안
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	▪ 초고층빌딩의 지능형수요관리 연동(Auto DR) 기능 적용: 에너지신산업 정책 추진으로 관련 국내시장이 빠르게 성장하고 있음 ▪ 국내 민간시장의 60% 이상을 점유하고 있는 필립스, 오스람, GE 글로벌 기업시장 중 빌딩부문의 시장을 대체할 수 있음 ▪ LED 조명은 경제적으로 에너지 절감 효과가 큰 동시에 환경 친화적인 장점으로 에너지 효율 개선 정책에 대한 각국 정부의 관심이 높기 때문에 시장진출이 가능할 것임 ▪ 기존 LED 조명의 개념을 탈피하여 크기와 디자인을 Flexible하게 구현 할 수 있는 본 개발품은 새로운 소비자 가치를 창출하는 혁신 제품이 될 것이며, 건설분야의 조명설계, 조명 디자인 등의 시장에도 NEEDS가 클 것으로 예상됨
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발	▪ 외산 FMS 의 활용, 외산 IBS 시스템위주의 구도에서 탈피하여 순수 국산 통합 FMS를 구축하는데 기여함 ▪ 수입대체 효과를 기대할 수 있으며, 초고층 통합 FMS 시스템의 실질적인 유지관리 활용 후, 해외 초고층복합빌딩에 대한 유지관리 시장에 도전이 가능함 ▪ 초고층복합빌딩 유지관리 플랫폼 기술의 공급을 통한 관련 시스템의 다양한 연동으로 통합 유지관리 기술의 다양한 적용 및 응용 개발이 가능함.
센서 및 센서노드관리 시스템	▪ 초고층 복합 건물 센서 네트워크 운영기술은 주상복합 빌딩, 사무용 빌딩, 오피스텔 등의 도심기반 시설에 현장 적용을 통하여 그에 적합한 실용화 시스템 대한 개발을 수행 ▪ 초고층 복합 건물 정보 관리에 적합한 u-SISN 기술은 주요관심 사항으로 관련 기술로 도출된 성과들은 국내 및 국제 표준안으로 발전하여 적용될 것 임 ▪ 새로운 유형의 재난·재해, 신종범죄 등의 발생에 따른 불확실성에 대한 실시간 정보수집·분석을 통한 대응 필요 ▪ 사물인터넷을 활용한 환경오염 최소화, 에너지 효율성 증대, 재해·재난예방 등 국가사회 문제 해결을 위한 새로운 서비스 필요

2. 판매계획

[1세부]

구분	기대효과 및 활용방안
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	▪ 개발된 기술들을 실무에서도 적용할 수 있는 방법, 절차, 실무적 도표, 사례, 질의응답 등을 포함하는 설계지침, 시공지침, 사용설명서 등을 작성하고 이를 전자화하여 실무자가 직접 편리하게 사용할 수 있는 소프트웨어 개발 ▪ 비정형 초고층 구조요소 성능DB 및 설계모듈은 비정형 통합설계 전산플랫폼과의 연동뿐만 아니라 독립적인 software나 ASP 방식에 의한 서비스 등을 통하여 개별적 이용이 가능하도록 설계하고, 궁극적으로는 비정형 통합설계 전산플랫폼의 사용을 유도 ▪ 비정형 초고층 구조시스템에 적합하고 실무에서도 편리하게 적용할 수 있는 구조요소 설계지침 개발
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	▪ 3P (Product/Project/Patent) 판매 방식 및 임대방식 판매 병행 ▪ 안정적 수익을 위한 S/W 유지보수 계약 적극 추진 ▪ 세계 최초 전문 프로그램임을 고려하여, 실무 적용 단계 개발 완료 후 대상 경쟁제품이 나오기 전까지 독점적인 기술이전으로 분야별 시장 주도 ▪ 기술이전 기업 프로젝트 적용 후 피드백을 통한 고급 기능 보완 ▪ 소프트웨어 제품 + 프로젝트를 통한 설계용역 + 기술이전으로 판매 다각화 ▪ 특화 전문 BIM 도구 글로벌 판매 ▪ 전용 S/W 기반 해외 설계용역 수주 ▪ 국내시장 기술이전으로 인한 기술료 (매출액의 20~25% 예상)
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	▪ 피난 모듈의 경우 초고층 건축물의 설계단계에서 피난에 대한 법규를 자동화 시스템을 통해 데이터의 크기에 따라 다소 적용 시간이 다르지만, 5분 이내 검토 가능하고, 결과 리포트를 위해 수정 보완을 할 수 있어 최적의 설계안 도출이 가능할 것으로 판단됨 ▪ 초고층 건축물의 개방형 BIM기반의 표준지침을 확보하고 초고층 세부업무별(피난, QTO, 에너지) 지침서를 개발하여 설계단계에서 업무별 검토을 위한 기준을 제시하였고, 초고층에서 시공 시 고려되어야 할 주요 사항들을 시공성 검토 지침서에 담아 시공단계에서의 검토가 가능하도록 개발되었음

[3세부]

구분	기대효과 및 활용방안
풍진동 제어기술	▪ 기존 연구 및 적용실적을 바탕으로 해외입찰 및 프로젝트 수주 ▪ 풍진동 분양 국제 저명 전문가 그룹을 활용한 국제 브랜드화
풍진동계측 및 건전도 평가기술	▪ 풍진동 제어기술에 포함된 기술로 프로젝트 수주 시 부가적인 역할 ▪ 지속적인 연구로 국내 풍진동 데이터 베이스화 및 추후 사업화를 위한 기본자료 제작
연쇄붕괴 방지기술	▪ 연쇄붕괴 방지기술의 공동연구기관인 MIDAS의 해외 수출되고 있는 마이다스 구조해석용 SW 3종 이상에 탑재 및 판매

[4세부]

구분	기대효과 및 활용방안
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	▪ 초고층빌딩을 지능형 수요관리 시장에 연계하여 에너지비용 절감을 할 수 있음. 국내 거의 모든 빌딩이 전력망연동 에너지관리 플랫폼 기능을 장착하게 될 것이므로 이들 시장을 통해 판매 및 적용이 가능함 ▪ 소비자 입장에서 조명이란 디자인 이라고 인식함. 따라서, 기존 조명을 대체하는 LED 가아닌 LED 고유의 특성을 이용한 조명모듈이 필요하며, 이에 LED 고유의 특성과 디자인 가능성을 반영한 초박형 LED 면광원 조명의 매력적인 점을 제안함. ▪ 국제협력사업으로서 해외 수요자 요구를 반영하여 수출가능 상품 개발로 확대 사업 제품의 현지화 진행이 필요함.
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발	▪ 초고층 통합관리 솔루션 기술은 초고층 건물 뿐 아니라 다양한 건물에 적용 가능하므로 국내 건물 유지관리 분야에 판매가 가능함 ▪ 또한 최근 동남아, 중동 등 부동산 시장이 활성화 되고 있는 지역을 기반으로 솔루션 현지화 및 현지 시장 특성을 반영한 추가 개발을 통해 국외 시장에서의 판매 정책을 넓혀 갈 필요가 있음
센서 및 센서노드관리 시스템	▪ 컨소시엄 및 기존 맥스포 고객 대상 본 사업 제품 우선 영업 ▪ 개발과 영업을 동시에 진행하여 개발 요소 기술 제품 영업 및 완료 시점에서 납품이 이루어지도록 기술 및 영업 동시 진행 전략 진행 중 ▪ 컨소시엄의 글로벌 기반을 적극 활용 및 전물 글로벌 조직 및 인재 구축을 통한 외산 제품의 국산화 및 수출 극대화 추진

3. 사업화 추진방안

[1세부]

구분	기대효과 및 활용방안
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	▪ 개발된 핵심기술을 현업적용을 통하여 검증하고 실용화/제품화하여 세계적인 엔지어링사 육성을 지원하고 적용 대상 확대를 위한 원천기술로 활용 ▪ 초고층 주요 접합부 성능평가 및 최적화 설계기술을 현업에 활용하여 고급 엔지니어링 기술의 packge화 및 기술지원을 통한 프로젝트 수주 확대 ▪ 개발도니 핵심기술을 T/B를 통하여 검증하고 실용화하여 세계 일류 브랜드를 창출하고 기술을 사업화
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	▪ 비정형 초고층 건물을 대상으로 개발된 비정형 통합설계 시스템은 정형의 초고층 및 중·저층 건물에도 적용할 수 있음 ▪ 비정형 통합설계 전산플랫폼은 자체로 제품화하며, 그에 포함되는 형태생성, 구조시스템 생성 및 평가, 부재 및 접합부 설계, 시공단계를 고려한 구조시스템 설계 등 일부 독립적인 기능을 수행하는 모듈은 이미 개발되어 있는 기존의 소프트웨어에 통합하여 제품화 ▪ 수요처 우선 기술이전으로 경쟁력을 향상시켜 다양한 프로젝트 적용 및 수요처와 함께 ICT융합기술 기반의 세계 전문건설 시장 진출 ▪ 용역 발주자 및 협력업체들에게 해외 지사를 통한 프로그램 판매 ▪ 대형종합건설사+중소전문건설사의 Pre-Con 협업체계를 통한 해외 동반진출
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	▪ QTO 모듈은 견적모듈을 통해 다양한 설계 대안에 대한 공사비 비교가 가능하며, 초기단계에서 빠른 의사결정 가능함. 또한 S/W는 국제표준기반의 개방형 BIM 포맷인 IFC를 기반으로 개발되어 있으며, 현재 활용되고 있는 자체포맷 기반의 상용 소프트웨어와 달라 사업화 및 시판 시 경쟁력을 가질 수 있음 ▪ 형상 최적화 모듈은 에너지 분석을 통해 초기계획단계부터 초고층 건물의 외피형태 생성 시 합리적이고 정량적인 대안 평가를 가능하게 함. 제시된 설계요소와 그라스호퍼 컴포넌트의 매개변수를 토대로 형태생성을 자동화 할 수 있는 IFC 기반의 인터페이스를 구현함

[3세부]

구분	기대효과 및 활용방안
구조시스템 성능개선 기술 개발	▪ 능동질량감쇠기에 대한 특허 등록 및 신기술 인증 완료와 함께 공동연구기관이 ㈜티이솔루션과의 기술실시계약을 체결. 실제 사업화를 진행하고 있음. ▪ 사업화는 단국대에서 알고리즘 및 제어반 설계를 담당하고, ㈜티이솔루션이 제작, 성능시험, 시공을 담당, 그리고 풍진동계측 시스템은 포스코건설 담당.

[4세부]

구분	기대효과 및 활용방안
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	▪ 초고층빌딩 FMS에 전력망 연동 에너지관리 플랫폼 기능을 병합하여 패키지제품으로 사업화를 추진할 것임 ▪ 사우디아라비아의 현지특성이 반영된 요구사항을 제품에 적용하여 제품의 수출 및 경제적 가치 창출에 기여할 것임 ▪ 중동의 지역적 특성을 이용하여 아프리카 및 유럽진출 교두보 확보 가능 및 상기지역 공략을 위한 공동 마케팅 추진이 가능
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발	▪ 초고층 통합 FMS 기능을 확장하여 스마트빌딩 솔루션과 연동하여 사업화를 추진할 것임 ▪ 스마트 빌딩 솔루션 공급을 통해 해외 유지관리 시장에 도전할 것임 ▪ 에너지 관리, 임대관리, 시설물 관리, BIM 기반 기술 등 다양한 모듈별 연동을 통해 현장 여건에 맞는 특화된 모듈을 제공하는 방식으로 사업화를 진행할 예정임.
센서 및 센서노드관리 시스템	▪ 국내 최초로 USN 모듈 개발 생산을 시작으로 IoT 기반의 센서, 핵심 모듈 및 솔루션 개발을 통하여 초고층 빌딩 유지관리 스마트 서비스로 시장을 선도 ▪ 참여기관의 센서, 중계기 기술 접목 유무선 계측기 국산화율 증대 계획 ▪ 시스템의 센서 및 중계기는 주로 외산제품이 대부분으로 전체 가격에서 매우 큰 비중을 차지 ▪ 산업 안전 시설물 관리 예측 분석 솔루션 통합 패키지 제품 사업화

4. 정책반영 계획

[1세부]

구분	기대효과 및 활용방안
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	▪ 초고층 비정형의 구조적 효율성, 사용성, 경제성 등을 확보하기 위해서 최소한 10개 이상의 대안에 대한 구조성능, 사용성능, 경제성을 검토하고 그 결과를 건축허가 또는 착공시 반드시 제출하도록 건축법 제정 ▪ 주요 비정형 구조요소에 대해 구조실험을 실시하고 구조성능을 평가한 후 이를 바탕으로 구조설계를 수행할 수 있도록 설계기준 제정 ▪ 비정형 건축물의 경제적이고 안전한 시공을 위한 비정형 건축물 전문시방서 제정
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	▪ 수요처 경쟁력 향상을 통한 국내외 시장 점유 및 프로그램 표준화 추진 ▪ 수요처 우선 기술이전으로 경쟁력(생산성/기술력)을 향상시켜 다양한 프로젝트 적용, 수요처와 함께 ICT융합기술 기반의 세계 전문건설 시장 진출 ▪ 종합건설회사(시공사) 5D 협업시스템 우선 구축을 통한 관련 협력업체 표준화 효과 ▪ 철근콘크리트 BIM 분야 자동화 상세 설계가 가능한 세계 최초 솔루션이므로 철근콘크리트 특화 BIM의 사실상 표준 추진 ▪ 표준화 관련 기관을 통해 골조 분야 사실상 표준 인정 추진
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	▪ 표준적인 라이브러리 제공 및 활용을 통해 국내 초고층 실무에서의 표준적인 BIM 모델의 작성 지원 및 데이터 제공이 가능 ▪ 피난 모듈을 통해 피난분야 자동화 검토로 품질 확보, QTO 모듈은 견적모듈은 조달청 분류체계 및 국토부 실적 공사비체계를 활용한 견적모듈 개발로 국내 건설시장의 견적업무의 표준화 기여할 것으로 기대됨

[3세부]

구분	기대효과 및 활용방안
구조시스템 성능개선 기술 개발	▪ 개발한 기술의 활용을 위한 정책제안 ▪ 초고층부 풍속도 Map을 합리적, 정량적 기초자료로 활용하여 저탄소 녹색성장 정책의 일환으로 신재생 에너지원으로서의 풍력발전소 건설의 유도 ▪ 풍진동 계측자료를 활용하여 초고층건물의 국내 사용성 평가기준 제정

[4세부]

구분	기대효과 및 활용방안
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	▪ 국내 및 주요 선진국은 빌딩의 에너지효율을 개선하는 의무화 정책을 추진 중임. 특히 2014년부터 전력망 연동 에너지관리 플랫폼은 국내 에너지신산업정책 추진을 통해 정책적인 인센티브를 받을 수 있게 되었음 ▪ 주요 선진국에서는 이미 정책 변경에 따라 에너지 효율이 광원과 수은을 사용한 광원을 사용금지하고 있거나 금지 예정임. 2020년 이후, 수은을 사용한 조명장치 금지정책이 본격적으로 시행될 것으로 보여 LED를 이용한 조명장치가 궁극적으로 대안 조명장치로 자리 잡을 것임. ▪ LED 조명은 경제적으로 에너지 절감 효과가 큰 동시에 환경 친화적인 장점 또한 지니고 있음. 독일, 일본, 영국 등은 우리나라나 대만보다 전기비가 2~3배 정도 높아 전력효율이 높은 초고층 건물에도 전력 조명 모듈에 대한 수요는 증가할 것으로 예상됨. ▪ 따라서 에너지 효율이 높고 수은을 사용하지 않는 LED 광원 모듈은 조명시장에서 더욱 더 수요가 있을 것으로 예상 됨.
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발	▪ 정부는 재난과 재해에 안전하고, 품질 확보 등을 위해 건물의 유지관리 및 정기점검을 의무화하고 건축물의 에너지 절감, 수명연장 및 안전강화 방안 등을 포함하는 건축법을 개정, 시행하고 있음. ▪ 통합 유지관리 솔루션의 보급으로 시설물 유지관리에 대한 안정성 향상 및 유지관리 비용의 절감과 더불어 시설물의 수명 연장으로 경제성 및 거주성이 증가됨. ▪ 초고층복합빌딩의 통합 유지관리 솔루션의 모델 구축을 통하여 대외 이미지 제고 및 건설분야와 IT 분야의 융복합 기술 및 시장이국제적 위상 제고
센서 및 센서노드관리 시스템	▪ 전통산업에 사물인터넷을 결합하여 생산성과 효율성을 극대화하고 기존 제품에 새로운 부가가치 창출을 위한 혁신 필요 ▪ 유럽, 미국, 중국 등 해외 주요국에서는 사물인터넷을 국가경쟁력의 핵심기반으로 인식하여 범정부 차원 계획 수립 및 추진 중 ▪ 세계 최고 수준으로 평가받는 IT 인프라와 높은 활용도로 국제평가 및 인지도가 상승 및 산업의 내생적 경쟁력 강화 ▪ 중소기업의 산업 IoT 플랫폼 도입으로 생산성 향상 등 중소기업의 스마트화 촉진 → 새로운 사업기회 확보

5. 기존 연구 및 타 연구와의 연계 방안

[1세부]

구분	기대효과 및 활용방안
비정형 구조시스템 최적화 설계기술 개발	▪ 비정형 초고층에 대한 최종 연구 결과물은 정형인 초고층과 중·저층 건물에도 적용 가능하며 특히 초고층 내진성능평가 프로세스는 노후화된 기존 중·저층 건물의 내진성능평가에도 활용될 수 있음 ▪ 실제 초고층 건물의 응답을 효과적으로 계측하고 구조물의 상태를 평가할 수 있는 SHM 시스템과의 연계를 통해 건물의 거동 예측성을 반영한 초고층 최적설계기술에 대한 업데이트에 활용
비정형 통합설계 전산플랫폼 개발	▪ 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 플랫폼으로 확장 개발 ▪ 시공단계에서 종합건설업체와 전문건설업체의 협업 프로세스 구축 및 이를 지원하는 가상시공 플랫폼 구축
초고층 개방형 BIM 정보환경 기술개발	▪ 개발된 BIM 세부분야 기준서(피난/QTO/에너지)를 통해 계획 및 설계 단계에서 효과적인 BIM 데이터 산출이 가능하며, 향후 적용된 지침을 확장하여 타 세부분야에서도 활용이 가능

[3세부]

구분	기대효과 및 활용방안
구조시스템 성능개선 기술 개발	▪ 제진장치 설계기술과 전산플랫폼 기반 설계기술과의 연계를 통해, 제진장치-구조물 통합설계 모듈 개발을 완료하였으며, 이를 통해 최적 대안 도출을 통해 초고층 설계는 물론 제진장치 적용도 함께 고려. ▪ 제진장치 설계기술은 건축/전기·전자/기계 분야의 모든 기술이 융합되는 기술로, 관련핵심분야에 대한 위탁 및 용역발주를 통해 기술개발을 수행하고 있으며, 신기술 개발도 공동으로 수행할 예정임.

[4세부]

구분	기대효과 및 활용방안
전력망연동형 초고층빌딩 에너지 관리플랫폼 및 LED개발	▪ 기존의 빌딩 에너지관리 시스템의 기능을 확장하여 FMS 기능 등과의 패키지화를 통해 사업화 추진과 활용성을 제고할 것임 ▪ 스마트폰, 기타 휴대용 기기 등과 연계하여 초고층 조명설비 유지관리 및 건물 정보데이터를 사용자가 컨트롤 할 수 있는 시스템을 개발함 ▪ 건물의 유지관리시스템(FMS)과 건물정보모델(건물정보데이터) 기반의 유지관리 시스템 초고층건물의 운영비 절감과 건물수명에 기여할 수 있을 것으로 사료됨
초고층 복합빌딩 분산 및 통합관리 솔루션 개발	▪ 초고층 복합건물의 통합 관리 솔루션의 개발 및 활용을 통해 건물 외 도로, 하천 및 소방방재 등 국가 인프라 시설의 유지관리 분야 등 타 산업 분야에 적용을 위한 연구를 추진함 ▪ IBS, BEMS, BIM, FMS 등 건물 유지관리 분야에 활용되는 다양한 기술의 상호 연동을 위한 통합 플랫폼 기반의 연구를 추진함
건물정보 데이터기반 유지관리 정보모델링 지침 개발	▪ 본 연구 결과를 기반으로 유지관리 분야 외에 구조해석, 에너지분석, 물량산출, 환경시뮬레이션 등 BIM 표준 기반의 다양한 통합 활용을 위한 모델 구축 가이드 제시 가능 ▪ 교량, 도로, 터널, 항만 등 토목 분야로 확대하여 BIM 기반의 시설물 유지관리를 위한 모델 구축가이드 제시 가능
센서 및 센서노드관리 시스템	▪ 빌딩 자동화 관리 기술에서 비정상 상태 시 구현되는 시스템에 화재감지 및 화재진압 센서를 접목하여 체계적인 건물관리가 될 수 있도록 기술연계 및 호환성을 확보할 수 있게 연구를 추진함.

제2절 추가연구 필요성

1. 제1세부 : 비정형 통합설계 시스템 개발

가. 연구 필요성

[ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축]

○ 세계적 경쟁의 주체가 국가 단위에서 주요 대도시권 단위로 옮겨감에 따라, 중동과 중 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, 자국 시장에서 축적한 친환경 건축기술, 에너지저감 기술, 방재안전기술 등 핵심 설계·엔지니어링 기술과 자재/장비 기술을 바탕으로 해외시장 선점에 노력

○ 국제적 초고층빌딩 수요증가와 기술경쟁 격화로 초고층복합빌딩에 대한 세계 최고수준의 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)

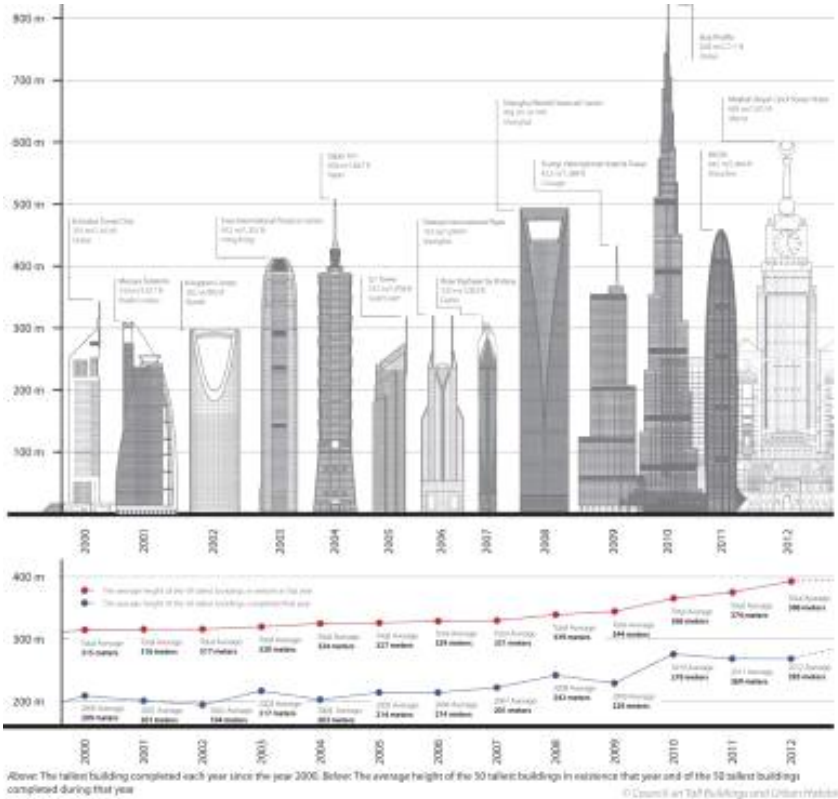
○ 선진국 의존도가 높은 초고층 분야의 고부가가치 기술인 설계·엔지니어링 기술은 기술 자립화가 시급

○ 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)



세계 초고층건축물 건설 및 건물 높이 현황 (CTBUH Journal, 2012)

○ 지구환경부하 저감 및 삶의 질 향상을 도모하는 신개념의 지속가능한 사회·문화·예술적 미래 첨단수직도시의 모델 개발을 통해 고부가치형 도시브랜드 창출 필요

○ 초고층 연구개발을 통하여 약 1,500억원의 생산유발효과와 초고층 건설프로젝트 수행시마다 약 750억 ~ 1,500억원의 공사비 절감 가능

○ 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 세계 선도 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

○ 구조시스템, 외피, MEP 등의 단위업무별로 개발된 요소모듈들을 통합하는 통합설계 플랫폼으로 확장 개발 필요

○ 국토해양부의 자료에 따르면 국내 건설업체의 엔지니어링 분야 세계시장 점유율은 1% 대 내외로 미미한 수준임

○ 비정형 초고층 설계에서 국내 업체는 핵심적인 엔지니어링 능력과 그에 대한 경험과 신뢰도가 부족하여 거의 대부분 해외의 선진 업체에 의존하고 있기 때문에 해외시장은 물론 국내 시장도 거의 점유하지 못하고 있음

○ 3D BIM 도구는 아직 세계적으로 초기 단계 기술로서, 현재 BIM 도구 시장을 선도하고 있는 상용 도구들의 경우 3D 모델링 기술에 집중되어 있으며, 단위 전문업역 별로 현장 업무까지를 지원할 수 있는 특화 기능은 극히 미성숙 단계임

○ 전문업역 별로 특화된 BIM 기술 및 도구 개발과 시장 선점이 향후 BIM 도구 시장과 건설산업 전반의 기술 및 시장 경쟁력을 좌우할 것으로 예상

○ 현 BIM 시장을 선점하고 있는 상용 BIM 툴들은 모든 정보를 다 담으려는 플랫폼 기반기술로서 설계 및 엔지니어링 3D BIM 모델을 후속 전문분야에서 활용하지 못함

○ 실제 각 전문분야별로 필요하지 않은 대부분의 정보 때문에 프로그램이 무겁고 구동이 어려움

○ 실제 설계 및 엔지니어링 과정에 활용하지 않고, 부가 업무/용역으로 상세설계를 수행하는 실정

○ 기술집약적 설계/엔지니어링은 기술선진국에, 노동집약적 상세설계 및 시공 업무는 중국 및 동남아의 낮은 인건비에 밀려 글로벌 경쟁력을 상실함

○ 초고층 실시설계, 시공상세설계, 도면 작성, 물량산출 및 관리, 공사 관리 등 관련 업무를 통합 지원할 수 있는 BIM 도구 또는 ICT융합기술은 전무한 상황으로서 기술 선점을 통하여 기술력 및 생산성의 혁신과 공사비 절감이 기대되는 분야

○ 첨단 ICT를 융합한 초고층 상세설계 및 시공을 지원하는 BIM 도구를 개발할 경우, 공사비 5% 절감 실현과 시공 품질 및 업무 생산성의 혁신적인 향상을 통하여 고부가가치 세계선도기술로서 관련 기술 수입 대체 및 세계 시장 선점이 가능함

○ 세계수준의 전산설계 및 최적화 설계를 중심으로 PreCon 체계를 구축하여 기술들을 네트워크화, package화하여 핵심 엔지니어링 기술을 자립화한다면 건설 엔지니어링분야의 국내 점유율을 획기적으로 높이고 해외 의존도를 낮춰 비용절감 및 수입대체 효과가 있음

[차세대 리스크기반 초고층 통합설계시스템]

○ CTBUH가 2014년에 발간한 “Roadmap on the Future Research Needs of Tall Buildings”에서는 초고층 건물의 안전성 확보를 위해 추가적으로 연구개발이 수행되어야 할 사항으로 내진설계와 구조모니터링을 제시하고 있음

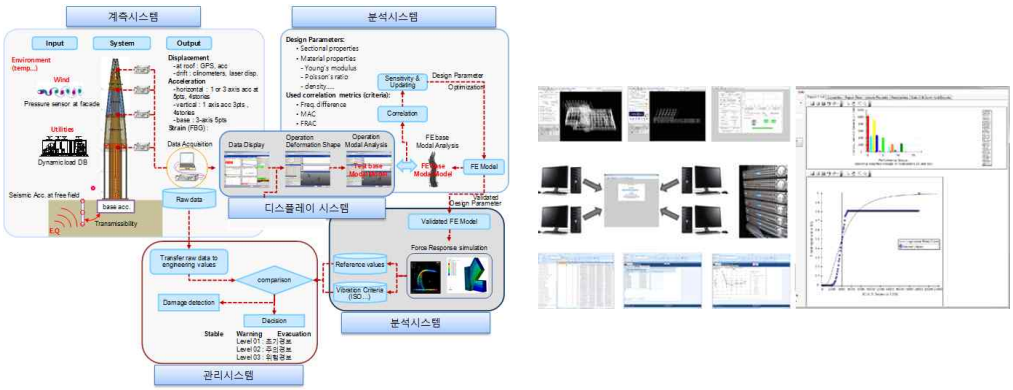
○ 최근 강진지역에 위치한 국가에서도 급격한 도심화에 따라 초고층 건설이 활발해지고 있어 지진에 대해서도 안전한 초고층 건물에 대한 수요가 세계적으로 급증하고 있음

○ 경제적 손실을 고려하여 초고층 건축물의 내진성능을 평가하기 위해서는 구조시스템 뿐만 아니라 외피, MEP, 장비 등 비구조체까지 포함하는 내진평가기술 요구됨

○ 초고층 건설 이후 발생할 수 있는 다양한 이벤트에 대하여 실시간으로 대응할 수 있는 구조물 유지관리시스템이 최근 들어 초고층 건물에 실무적으로 도입되고 있고 있음

○ 1단계 연구를 통해 개발된 비정형 통합설계 플랫폼의 초고층 구조시스템 성능기반 내진설계 프로세스를 비구조체까지 확대하고, 구조물 유지관리 기능까지 추가 탑재하도록 하여 차세대 리스크기반 초고층 통합설계시스템을 조기에 구축할 필요가 있음

○ 선진국의 유수기업과 긴밀한 공조 하에 대상 기술을 개발하여 국내 기업이 개발도상국뿐만 아니라 선진국 엔지니어링 시장에 직접 진입할 수 있는 기반을 구축하고자 함



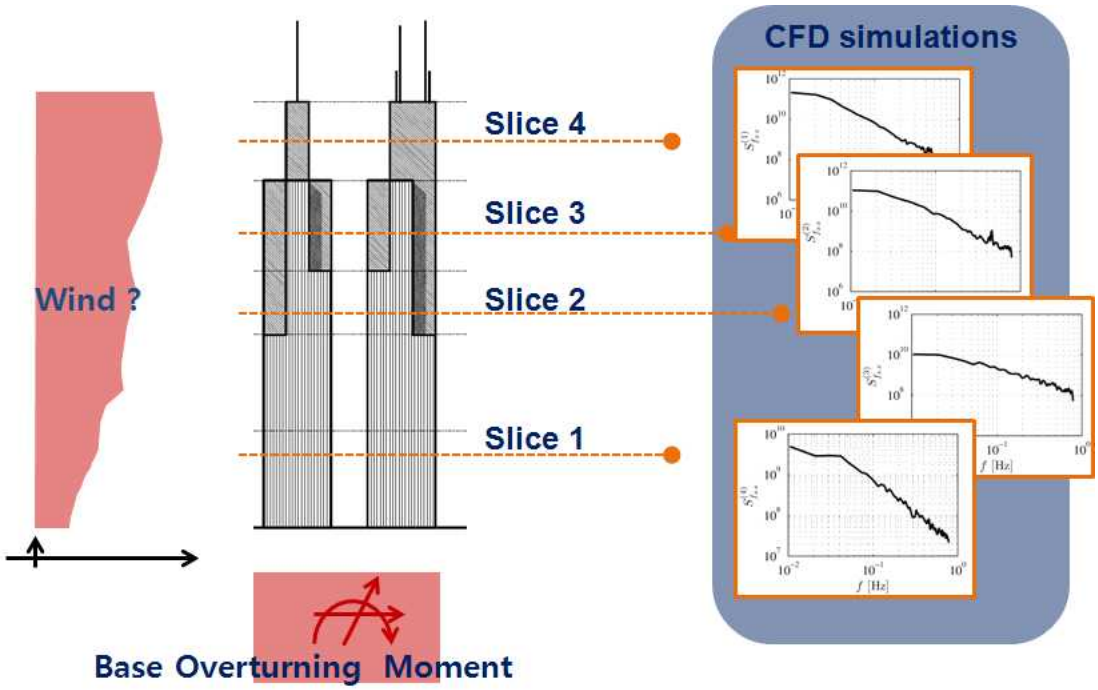
(a) ICT기반 초고층 통합 모니터링 시스템 (c) 리스크기반 초고층 성능평가 차세대 초고층 통합설계시스템

나. 기술 동향

○ 20세기 초고층 건축물은 풍하중의 영향을 최소화할 수 있도록 건물의 형태를 3T(Twisted, Tapered, Tilted, and Freeform)로 만드는 비정형 초고층 건축물에는 기존 초고층 건축물에 적용되던 구조시스템을 새로운 형태에 적합하도록 변형하여 적용하고 있음

○ 초고층 건물 형상에 공기역학적 원리를 도입, 설계 초기 단계부터 횡력에 효율적으로 저항하는 시스템을 체계적으로 적용하기 위해 풍동 실험이 아닌 CFD(computational fluid dynamics) 시뮬레이션을 적용하는 형태 탐색 연구가 최근 주목 받고 있음.

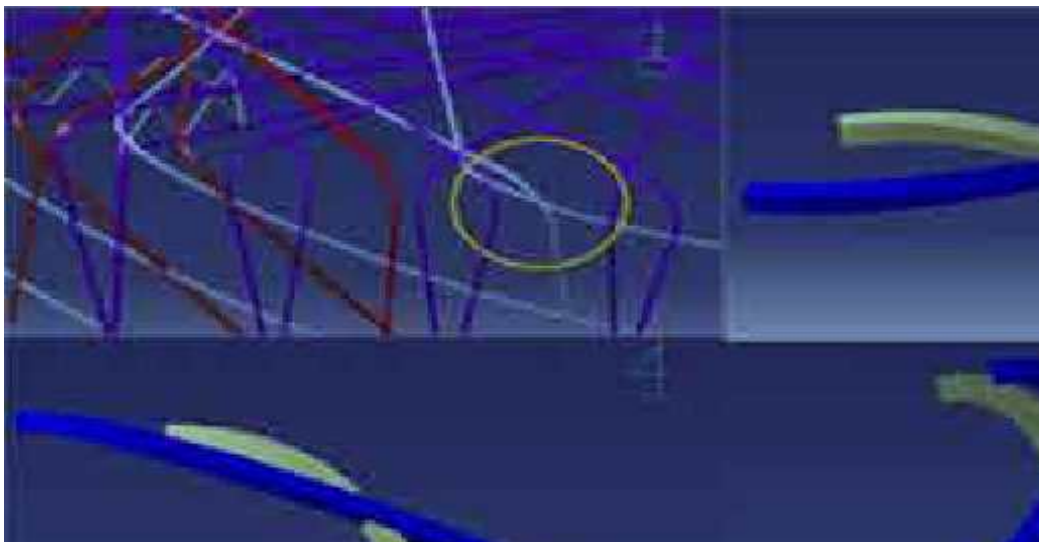
○ 즉 항공우주산업, 기계공학 등의 분야에서 널리 적용되던 PBTO(performance-based topology optimization, 성능 기반 위상 최적설계: 구조부재의 최적 배치를 자동 산출), FAM(fluid-based aerodynamic modification) 기법 등을 구조 시스템 설계에 도입하고자 하는 경향. 이를 위해 다양한 형태 최적화 전략, mesh-morphing 알고리즘, 위상 최적화 함수 등이 제안되고 있음



전산해석기술을 이용한 풍응답 해석
(Kareem, A. et al. (2014) Using Computational Fluid Dynamics To Optimize Tall Building Design, [Online], Avaliable:http://www.ctbuh.org/)

○ 북경올림픽경기장(Water Cube)과 같은 메가 비정형구조물에 대하여는 3D기반 구조해석 모델러의 도입이 필수적으로 요구되고 있음. 다음 그림은 Water Cube의 사진과 박스요소의 비틀림과 휨을 보여주는 CATIA 모델임

북경올림픽경기장 Water Cube



북경올림픽 Water Cube CATIA 모델링
(Goman Ho, Peng Liu, and Michale Liu, International Journal of High-rise Buildings, Parametric Analysis and Design Engine for Tall Building Structures, March 2012, Vol.1, No.1, 53-59)

○ 초고층 외피를 단순한 기후 차단에서 나아가 에너지 절약을 위한 active membrane으로 활용한 사례들이 전 세계적으로 각종 수상 실적과 함께 국제적으로 주목받고 있음.

○ 부식에 저항력이 강한 스테인레스 스틸을 초고층의 이중 외피 파사드로 활용, 단순 이중 외피에서 나아가 컴퓨터로 제어되는 적극적 설비 시스템이 통합된 스킨, 또는 최소한의 설비 시스템을 갖추고 메쉬, 천공 시트 등의 반투과성 막으로 구성하는 등의 기법들이 활용

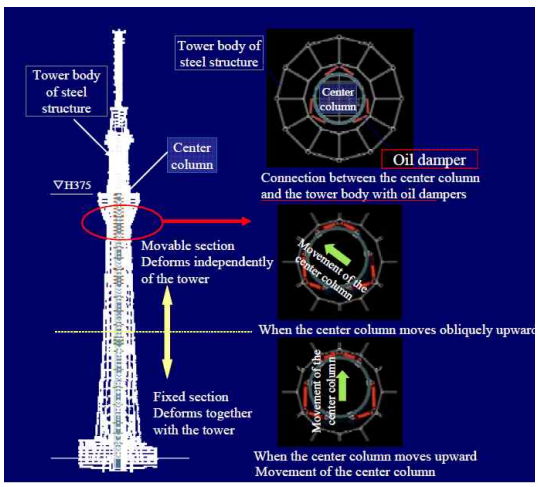
스테인레스 철강을 활용한 에너지 절약형 외피설계
(좌로부터 San Francisco Federal building, 41Cooper Square, Abu Dhabi's Capital Gate Tower, The Use of Stainless Steel in Second-Skin Façades, CTBUH Journal, 2013, Issue3)

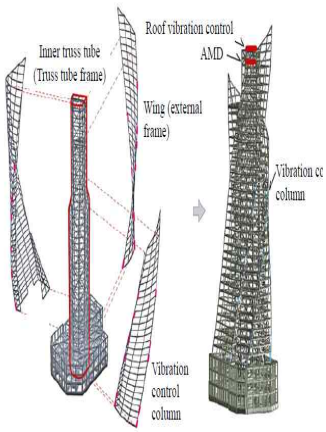
○ 초고층 구조물 건전도 모니터링 분야의 기술은 구조물의 안정적인 유지관리를 위해 필수적으로 요구되는 기술로, 모든 초고층건물의 건축주에 의해 요구되는 기본적인 사항이라 할 수 있음. Burj Kalifa에도 센서를 사용한 구조건전도유지관리기술(Structural Health Monitoring)이 적용되고 있음

Burj Kalifa에 적용된 SHM기술.
(Ahmad Abdelrazaq, International journal of High-rise buildings, March, 2012, Vol.1, No.1, Validating the Structural Behavior and Response of Burj Khalifa: Synopsis of the Full Scale Structural Health Monitoring Programs)

○ 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 제진시스템이가 설치되어있음. 외부 기둥들은 높은 압축·인장강도를 받으므로 변형을 흡수하기 위해 4-7개층 마다 댐퍼를 설치, 건물 전체 총 26개소에 설치하고 건물 최상층에도 댐퍼 설치





일본 Tokyo Sky Tree의 제진장치　　일본 Gakuen Spiral Tower에 적용된 제진시스템

(Kobori, T. (2011) Trends In The Structural Design Of High-Rise Steel Structures in Japan, [Online], Avaliable: http://www.cncscs.org/)

○ 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.

○ 세계선도 융합기술 사례

- (미국 DPR Construction) 건설 현장에서 IT융합 기술을 가장 실질적으로 활용하고 있는 건설회사

- 예산 50억 달러의 애플 본사 신사옥 수주, 포춘지 선정 '100 Best Companies to Work For'에 건설회사로서 유일하게 5년 연속 선정

- (영국 Ove Arup) 30여개국에 지사를 보유한 세계 1위 종합 설계엔지니어링 컨설팅회사
- 시드니 오페라하우스, 중국 베이징올림픽 메인스타디움 및 수영장, 한국 DDP 등 고난도 글로벌 프로젝트 최다 실적
- FII(foresight, Incubation, Innovation) group에 의한 CDO(compu tational design & optimization) Oasys 등 자체 IT융합 기술 보유
- (핀란드 Tekla) 강구조 상세설계가 가능한 골조 전용 3D BIM 도구로서 실질적으로 현업 적용이 가장 활발한 프로그램
- 2011년 Tekla 만으로 세계시장에서 800억원 매출, 2012년 미국 Trimble사에 5,000억원에 M&A
- (3D BIM 도구) 세계적 초기 시장인 3D BIM 시장 선점 경쟁 치열
- 미국 Autodesk Revit : 기존 2D CAD 선두 기업인 Autodesk가 개발한 3D 저작도구로서 현재 세계시장 점유율 1위
- 헝가리 Graphisoft ArchiCAD : 1984년에 세계 최초로 개발된 3D BIM 도구로서 유럽 중심으로 점유율 1위
- 독일 Nemetschek Allplan : 철근 배근 기능은 가장 우수한 것으로 평가받는 BIM 저작도구

○ 주요국 기술동향(미국, 유럽, 중국, 일본, 한국)

[미국]

- WTC 붕괴 이후 이상하중에 대한 구조성능, 화재, 충격하중 및 연속붕괴를 중심으로 연구 진행
- CTBUH(www.ctbuh.org)에서 연속붕괴위원회 발족, 연속붕괴, 내화 및 안전, 내진설계, 지속가능한 설계의 4개 분야 위원회 활동
- CTBUH 컨퍼런스에서 연속붕괴에 대한 기준 및 가이드라인 제안, 부재가 제거되는 상황의 동적해석을 단순화하는 방법과 접합부에서의 연성에 대한 관심

[유럽]

- 유럽에서는 역사적 도시와 초고층 건물을 병치시키기 위한 관점에서 이를 위한 기술적 해결책들을 모색
- 이를 위해 컴퓨터 분석 기술을 적극 활용, 인접한 역사적 건물 및 주변의 기존 시설로부터 기인하는 비대칭적으로 작용하는 하중, 지하 공간 개발로 인한 영향 등을 분석하고 공사현

장 실시간 모니터링

- 특히 World Trade Center 붕괴 이후 초고층 건물의 비비례적(disproportionate) 붕괴 현상에 대해 연구하고 이후 초고층 건물에 보다 강화된 탄성거동 개념 적용
- 또한 공사 현장에서의 마찰을 줄이고 프로젝트 비용 관리에 중요한 역할을 하는 BIM 기술을 공정에 적극 도입, 건물 개구부 및 설비 시스템 배치 등에도 BIM 기술을 적극 활용하여 공정 오류 최소화

[중국]

- 초고층 건물의 높이 증가 추세에 따라 특히 저층부에서 콘크리트 기둥의 크기가 증가하게 되므로 프로젝트 재정에 장애요인으로 작용, 이에 중국에서는 특히 합성 메가기둥(composite mega column)의 차용 증가 추세
- 중국에 지어지는 높이 300m 규모의 실제 건물을 대상으로 고강도 콘크리트와 철골 프로파일을 결합한 대규모 SRC 기둥의 최적 구조시스템 설계 및 전단 연결재에 관한 연구 진행

중국의 합성 메가 기둥
(http://www.ctbuh.org/TallBuildings/ResearchDivision/ArcelorMittalMegacolumns/tabid/6341/language/en-US/Default.aspx)

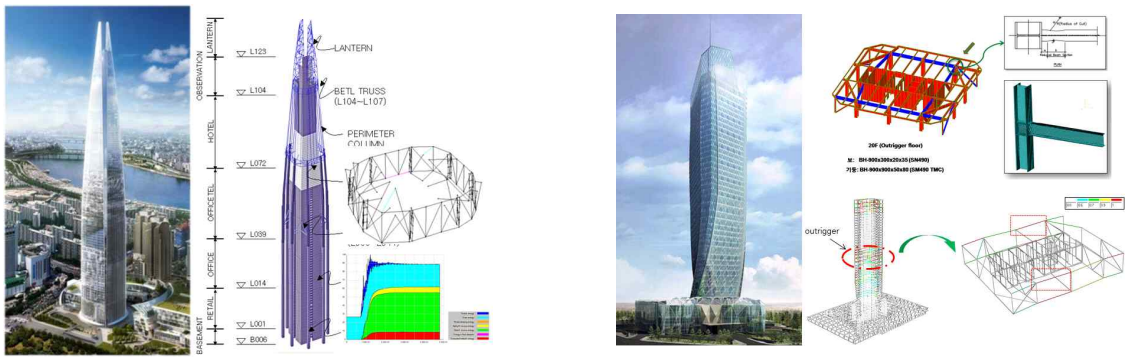
[일본]

- 일본에서는 초고층 내진을 위해 trial-and-error 방식의 컴퓨터 시뮬레이션에의 의존을 최소화하고 건물 형상 전반을 제어하는 구조시스템의 고안·설계에 주력하는 경향
- 일본의 Mode Gakuen Spiral Towers에서는 나선형 트위스트 형상을 구현하기 위해 비틀림 및 지진력에 특히 강하게 저항하는 inner truss tube 구조 차용
- 내부 코어에 직선 기둥들을 설치하고 이를 메쉬 네트워크처럼 연결하는 브레이스들에 연결함으로써 비틀림 및 지진력에 저항, 외부에 설치된 경사기둥들은 나선형 형상으로 인해 지속적으로 횡력을 받으므로 플랫빔을 트러스 패턴으로 배치하여 이에 저항

일본 Mode Gakuen Spiral Tower
((Kobori, T. (2011) Trends In The Structural Design Of High-Rise Steel Structures in Japan, [Online], Avaliable: http://www.cncscs.org/)

[한국]

- 초고층빌딩설계기술연구단에서 비정형 통합설계 시스템, 에너지 저감 환경기술, 연쇄붕괴방지, 풍진동 제어 등의 구조시스템 성능 개선기술, 초고층지능형 유지관리기술을 개발 중에 있음
- 초고층빌딩시공기술연구단에서 고성능 강재 및 콘크리트 소재, 정밀 고속시공 기술, 화재안전 기술을 개발 중에 있음
- 초고층은 대규모 프로젝트인 반면 국내에서는 아직 IPD, Pre-Con 개념 미정착, 다양한 전문가 집단 간 효율적인 의사소통이 가능한 체계 구축에 대한 연구 필요
- 초고층 설계 연구단을 통해 비정형 초고층 설계 기술들은 외국 선진업체에 비견되는 수준으로 성장하였고 국내의 롯데월드타워, 국제금융센터(IFC), 몽골의 MAK Tower 등 다수의 초고층 프로젝트에 적용되며 그 우수성을 인정받고 있음
- 하지만 업계 전반에 해외 업체를 선호하는 인식이 여전하며 브랜드 파워 및 경쟁력이 아직 기존 선진업체에 미치지 못하는 까닭에 국내 입찰에서마저도 배제되어 로컬업체에 머무르는 경우가 빈번함
- 인식 개선에는 더 많은 시간과 정책적 노력 및 R&D 투자가 필요할 것으로 보임



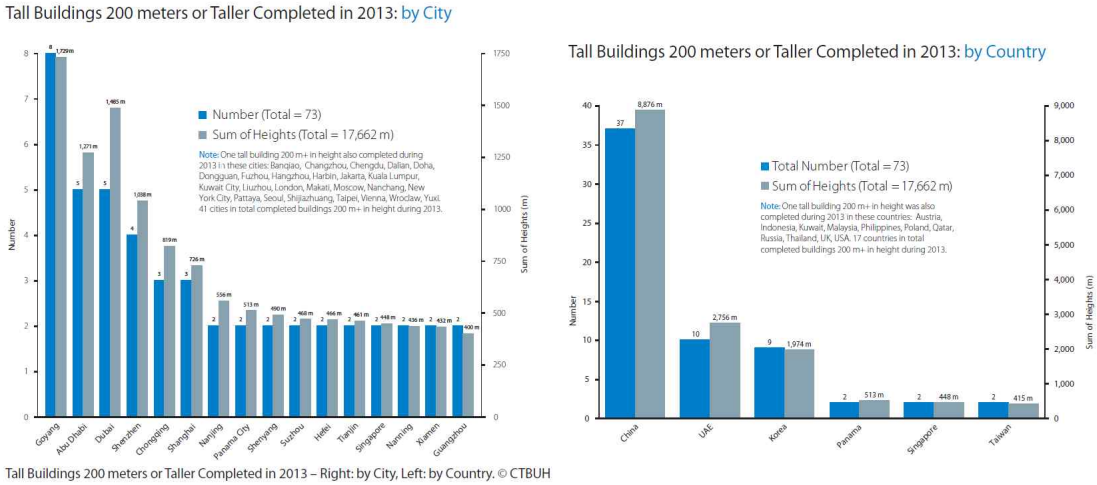
(a) 롯데월드타워(대한민국) (b) MAK Tower (몽골)

국내 기술의 초고층 프로젝트 적용 사례

다. 국내·외 시장규모 및 전망

○ 시장규모(업계 현황 포함)

- 아시아에서 초고층 건물의 완공 건수는 2013년에 53건으로 전 세계 완공 건수의 74%, 2012년에 35건으로 전체의 53%에 달함
- 아시아에 현재 전 세계 상위 초고층 건물 100개 중 45개 건물 위치
- 2013년 초고층 건물이 가장 많이 건설된 국가는 중국으로 2013년 완공된 높이 200m 이상의 초고층 건물 중 50%가 중국에 위치
- 2013년 한국은 아시아에서 중국 다음으로 많은 초고층 건물 건설 기록, 이는 고양시에 건설된 두산 위브더제니스 단지의 8개 초고층 주상복합 건물의 건설에 기인



[도시별-국가별 높이 200미터 이상 초고층 건물 완공 건수(2013년)]
(Safarik, D. et al. (2014) Year in Review: Tall Trends of 2013, [Online], Avaliable: http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/AnnualBuildingReview/Trendsof2013/tabid/6105/language/en-US/Default.aspx)

- 중동에서는 2013년 높이 200m 이상 초고층 건물 12개 건립, 전 세계 완공 건수의 총 16% 차지, 이는 2012년의 16개 건립, 전 세계 완공 건수의 총 24%에서 감소한 수치
- UAE는 중국에 이어 2013년 높이 200m 이상 건물 총 10개 완공, 두 번째로 높은 기록
- UAE는 2008년 이후 초고층 건립 상위 4개 국가, 2010년 이후 상위 3개 국가에 속해왔으며 최근 2년 연속 가장 높은 건물 상위 5개 중 3개가 UAE에 속함
- UAE 도시 중 두바이와 아부다비가 초고층 건설 선두, 2013년 두 도시에서 각각 5개씩 건립
- 두바이는 2008년 이후로 초고층 건립 상위 5개 국가에 꾸준히 들고 있으며 아부다비는 2011년 3위 기록

- 유럽에서는 2013년 높이 200m 이상 초고층 건물 2개 건립, 미국에서는 1개 건립으로 미미한 수준

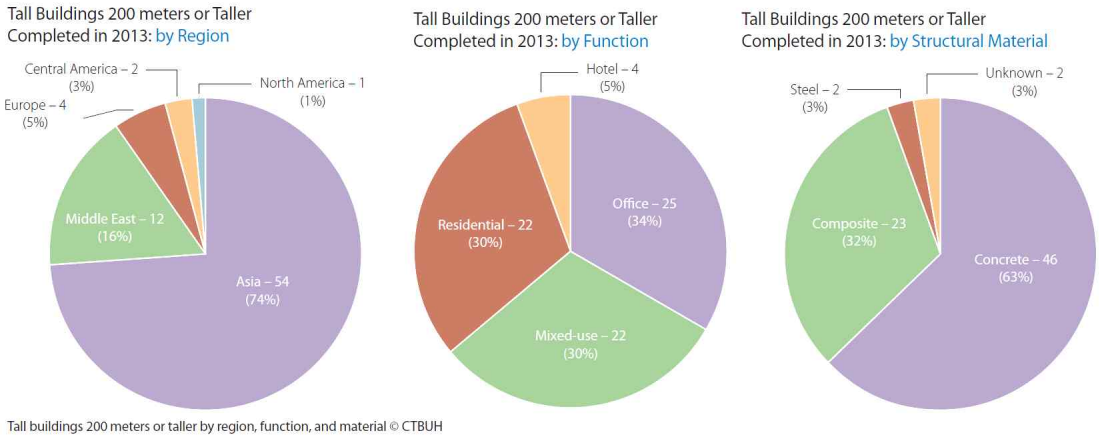
2013 Tallest #7: Cayan Tower, Dubai © SOM / Tim Griffith

2013 Tallest #33: The Gate Shams Abu Dhabi, Residential Towers 1, 2, and 3, connected via sky bridge. © Sorouh

[2013년 완공된 UAE 초고층 건물 사례]
(Safarik, D. et al. (2014) Year in Review: Tall Trends of 2013, [Online], Avaliable: http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/AnnualBuildingReview/Trendsof2013/tabid/6105/language/en-US/Default.aspx)

○ 건설현황(설계, 시공, 제작, 수주현황 등)

- 초고층 건물의 완공은 2008/2009년의 금융 위기 여파 이후 2012년까지 매년 감소 추세에 있다가 2013년부터 증가세 회복
- 특히 높이 200m 이상의 초고층 건물의 완공은 2012년에 두 번째로 가장 높은 기록 달성, 73개 건물 완공(가장 높은 기록은 2011년 81개 건물 완공)
- 거시적 관점에서 2000년 이후 초고층 건물의 완공은 여전히 증가 추세라 할 수 있음
- 2000년부터 2013년 사이 높이 200m 이상 건물의 수는 261개에서 830개로 증가, 318% 증가율
- 2011년 81개 건물 완공에 반해 2012년에는 69개 건물 완공 기록, 약간의 감소를 보였으나 2013년 이후 전반적 증가 추세를 회복 중에 있는 것으로 전망

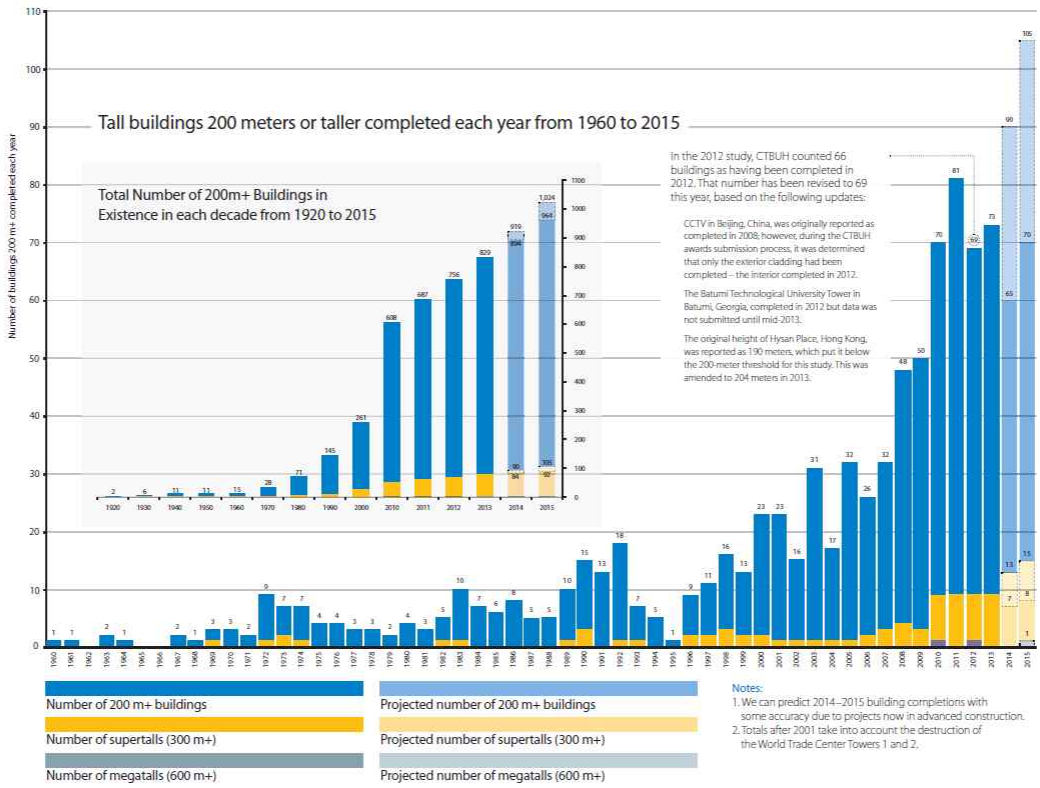


[2013년 완공된 높이 200m 이상 초고층 건물의 지역/용도/구조재별 통계]
(Safarik, D. et al. (2014) Year in Review: Tall Trends of 2013, [Online], Avaliable: http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/AnnualBuildingReview/Trendsof2013/tabid/6105/language/en-US/Default.aspx)

- 한편 2013년 완공된 초고층 건물의 용도는 주거, 업무, 복합용도가 각각 30% 이상 고르게 분포
- 초고층 건물의 구조재는 전 세계적으로 콘크리트가 여전히 강세, 전체의 63% 차지
- 복합구조는 2012년 26%에서 2013년 32%로 증가
- 철골조는 1970년대에는 초고층 건물의 90% 이상을 차지했으나 2013년 현재 3%만을 차지
- 콘크리트조가 큰 비율을 차지하는 데에는 초고층 건립이 가장 많이 이루어지는 중국에서 사용되는 주재료가 콘크리트이며, 두꺼운 코어와 작은 스팬에 의한 구획을 필요로 하는 주거 또는 호텔 용도가 많은 사실로부터 기인
- 차후 복합용도 건물이 증가할수록 단일 건물 내 복합 시스템이 차용될 것으로 판단

○ 향후 시장 전망

- 현재 건설이 진행 중인 프로젝트들에 근거, 2014년에는 총 90개, 2015년에는 총 105개의 초고층 건물이 건설될 것으로 예상(CTBUH)
- 2014년에는 높이 200m 이상 건물이 약 65-90개, 300m 이상 건물(supertall)이 약 7-13개, 600m 이상 건물(megatall)이 0개, 2015년에는 200m 이상 건물이 약 70-105개, 300m 이상 건물이 약 8-15개, 600m 이상 건물이 1개(Shanghai Tower, 632m)일 것으로 예측
- 이를 초고층 건물의 총 누적 집계로 환산할 때 2014년에는 총 919개, 2015년에는 총 1,024개에 달할 것으로 예측

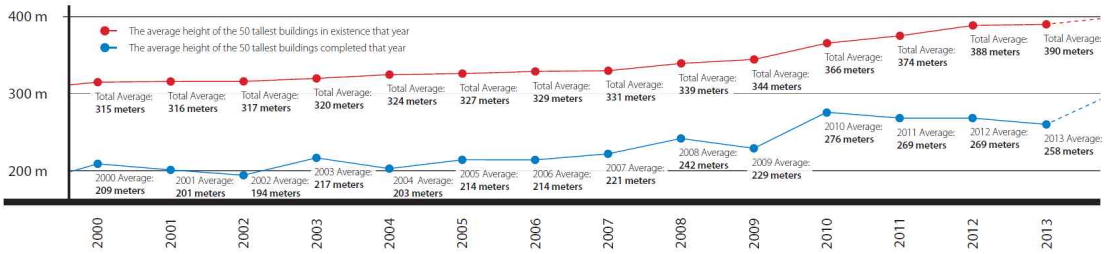


Tall buildings 200 meters or taller completed each year from 1960 to 2014, Inset: Total Number of 200m+ Buildings in Existence © CTBUH

[높이 200m 이상 초고층 건물 수/건립 추세 및 2014-2015년 전망]
(Safarik, D. et al. (2014) Year in Review: Tall Trends of 2013, [Online], Avaliable: http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/AnnualBuildingReview/Trendsof2013/tabid/6105/language/en-US/Default.aspx)

- 2013년은 세계적 경기 침체로 인해 감소 추세에 있던 초고층 건물의 건립이 다시 증가 추세로 돌아서는 회복기가 될 것으로 전망
- 2014년에 13개 supertall(높이 300m 이상) 완공 예정
- 2014년에 남아메리카 최초의 supertall 건물로 기록될 Torre Costanera 완공 예정
- 쿠알라룸푸르의 KKR2 Tower, 이스탄불의 Spine Tower 등 트위스트 형태 초고층 건물의 선도격 건물들 완공 예정, 자하 하디드가 설계한 전형적 비정형 초고층 건물인 Wangjing SOHO T1도 북경에 건립 예정
- 중국에서는 632m 높이의 megatall 건물인 Shanghai Tower 2014-2015년 완공 예정, 660m 높이의 Pian An Finance Center, 636m 높이의 Wuhan Greenland Center, 828m 높이의 Sky City J220(China Broad Group) 등도 계획 중에 있음
- 사우디아라비아 제다에서는 2013년 세계 최고 높이의 초고층의 될 1,000m 이상의 Kingdom Tower 계획 착수, 건설비 12억 달러 예상, 167개 층 규모 예정

- 높이 541m로 미국에서 가장 초고층이 될 뉴욕의 World Trade Center 중 한 개가 2014년 완공 예정이며 206m 높이의 One57도 맨하탄에 완공 예정



Above: The tallest building completed each year since the year 2000. Below: The average height of the 50 tallest buildings in existence that year and of the 50 tallest buildings completed during that year © CTBUH

[현존/해당년도 완공된 높이 상위 50위 건물들의 평균 높이]

(Safarik, D. et al. (2014) Year in Review: Tall Trends of 2013, [Online], Avaliable: http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/AnnualBuildingReview/Trendsof2013/tabid/6105/language/en-US/Default.aspx)

라. 기술 고도화 방법

○ 첨단 ICT를 융합한 대규모건축물 설계, 상세 및 시공을 통합 지원하는 스마트 설계/Eng 기술

○ ICT융합에 의한 초고층 핵심요소 혁신 설계기술, IPD, PreCon의 세 가지 핵심개념을 지원하는 통합 엔지니어링 플랫폼 개발

○ 초고층 핵심요소 혁신 설계기술의 개발은 본 기관이 보유한 최적설계 프로그램 StrAuto와 상세설계 자동화 프로그램 Rebar Hub를 고도화하고 외피, 거푸집, MEP 등의 단위 상세설계 모듈을 추가 개발에 의함

○ 이상의 단위 설계모듈들을 통합하는 Data Flow/Mining 기술로서 IPD 및 PreCon 개념을 지원하는 통합 엔지니어링 플랫폼을 개발함으로써 다음의 목표 달성

○ 건축가에 의한 순수 설계를 실현시켜주는 기술로서 건설 프로젝트 수행의 생산성 및 효율성을 높이고 건설비용을 최적화하는 것을 목표로 함

○ 초고층 핵심요소 혁신 설계기술

- 최적설계기술 - Soft Computing 기술을 활용하여 수천~수만 개의 구조 시스템 대안을 생성하고 분석, 구조성능을 실시간 평가 및 비교분석함으로써 최적 설계안을 도출하는 기술

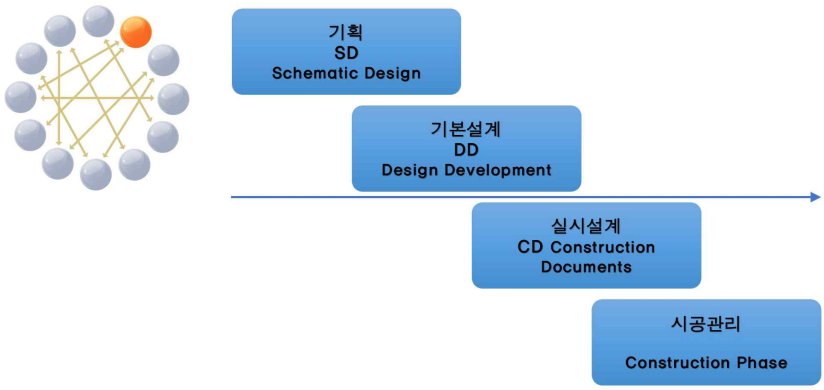
- 상세설계 자동화 기술 - 골조, 외피, MEP 등의 상세설계 모델링, 정밀물량산출, 상세설계도면 작성으로 이어지는 상세설계 및 시공데이터 작성과정을 3D 모델에 기반하여 자동화하는 기술

○ 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

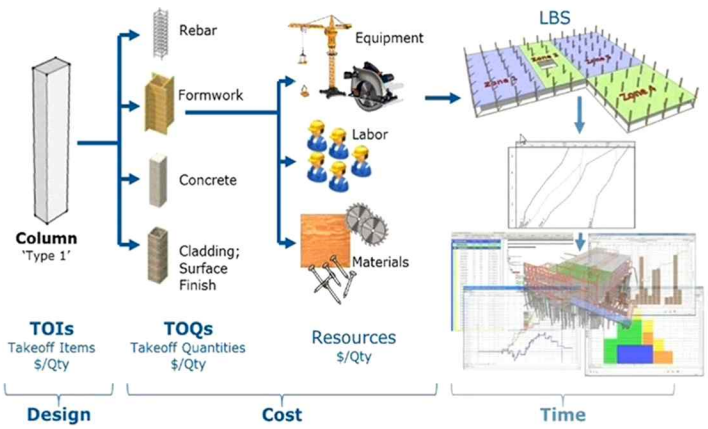
[전통적 Master Modeller의 역할 및 건설 프로젝트 프로세스]



[IPD 개념에 의한 Master Modeller의 역할 및 건설 프로젝트 프로세스]

○ 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



[Virtual Construction 개념도]

마. 성과 활용방안

연구목표	최종성과물	수요처	활용방안
ICT융합 설계기술 및 통합 엔지니어링 플랫폼구축	▪ ICT융합에 의한 초고층 핵심요소 혁신 설계기술 ▪ 초고층 핵심요소 설계 모듈 통합설계 지원 플랫폼 ▪ PreCon 협업 프로세스 지원 플랫폼	▪ 구조설계사 ▪ 철근상세설계사 ▪ 외피전문건설사 ▪ 거푸집전문건설사 ▪ MEP전문건설사 ▪ 종합건설사	▪ 건축물의 성능과 경제성을 결정짓는 고난도 설계/Eng 분야의 독창적 최적전산기술 개발로 기술 신뢰성 및 기술 브랜드 창출 ▪ ICT융합을 통한 혁신적 생산성 향상으로 상세설계 등의 노동집약적 업역에서 저임금 장벽 극복 ▪ 현장지향적 3D 원천기술 확보를 통한 ICT융합 건설기술 선도 ▪ 해외실적/인지도를 바탕으로 기술력/생산성을 강조한 해외 용역 수주 ▪ 개발된 ICT기술 활용 국내 전문건설업체의 해외 동반진출
차세대 리스크기반 초고층 통합설계시스템 개발	▪ 초고층 건물의 설계단계에서 유지관리 기능 및 리스크 평가까지 추가 탑재된 통합설계 시스템 구축	▪ 국내외 대형설계사	▪ 초고층 건물의 전 생애주기를 고려한 최적 설계기술 개발을 통해 국내 초고층 기술의 국제적 브랜드가치 향상, 초고층 시장에 대한 기술경쟁력 확보 및 해외 초고층 프로젝트의 수주역량 강화가 기대됨

2. 제3세부 : 구조성능 개선 기술 개발

가. 연구 필요성

[풍진동 제어 기술]

○ 미국과 일본을 비롯한 기술선진국들은 초고층빌딩을 국가 신성장동력 사업으로 인식하여, 자국 시장에서 축적한 친환경 건축기술, 에너지저감 기술, 방재안전기술 등 핵심 설계·엔지니어링 기술과 자재/장비 기술을 바탕으로 해외시장 선점에 노력

○ 미국, 영국, 일본 등 세계 선진국은 지진, 바람 등의 기후환경변화를 고려하여 극한하중에 대한 대형건물의 에너지/구조성능을 최적화하기 위해, 건물외피 제어를 통한 풍압을 이용한 에너지 생산, 임의의 형상을 가지는 건물의 지진응답과 풍응답을 동시에 제어할 수 있는 다축다중모드 진동제어장치, IT기술을 활용한 외피/구조체 설계기술 등을 개발하고 있음.

○ 20세기 초고층 건축물은 단순화에 따른 정형적인 형태의 구조물이 주를 이루었으나, 현재 추진되고 있는 초고층 건축물은 설계 및 시공기술의 발달을 통한 비정형 형태를 띠고 있음. 이러한 경우 일반적인 1축 방향 제어는 오히려 구조물의 진동을 유발시킬 수 있게 되므로, 설치된 제진장치를 통해 3축 방향에 대한 동시제어가 가능하여야 함.

○ 세계 선진국은 관련 기술들을 활용하여 초고층, 대공간 등 첨단 Landmark 건물의 설계 및 엔지니어링 시장에 주도적으로 참여하고 있음.

○ 대형구조물 외피/구조체 자동제어기술은 IT, 모니터링, 진동제어장치, 외피설계 및 시공, 풍압 등 난류해석기술, 에너지성능평가와 관련하여 산업계의 장치제작기술과 학계의 첨단연구가 결합되어 연구가 수행되어야 하나, 국내 관련 기업의 규모가 매우 영세하여 정부지원을 통한 연구과제 수행이 요구됨.

(a) (b) (c) 다축모드 진동제어장치(IHI)

대형건축물 외피/구조체를 활용한 에너지/구조성능 최적화 동향

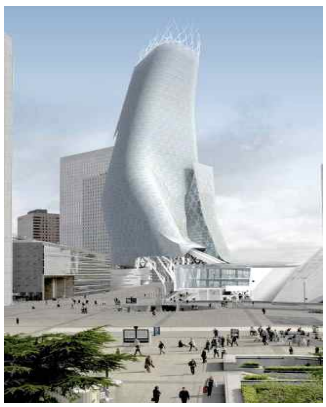
○ 1단계 연구를 통해 개발된 수직/수평 동시제어용 제진장치의 성능 확장

○ 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 추정기술의 성능 검증

○ 상시 미진동/극한진동 등 다축/다중 거동특성의 응답의존성평가기술 개발

○ 해외프로젝트 수주로 세계시장 진출



(a) Phare Tower

(b) Dubai Tower

해외의 비정형 초고층건축물

○ 세계 최고의 초고층 복합빌딩 건설 기술을 보유한 선진 구조 엔지니어링사들은 자사의 기술적 우위를 지속적으로 확보하기 위해 보유기술을 공개하지 않고 실제 프로젝트에 독점적으로 사용하고 있으며 비정형 초고층 건축물에 대한 투자를 확대하고 있음. 국내에서 이미 다수의 초고층 건축물 건설 경험이 축적되어 있음에도 불구하고, 핵심 설계 및 구조 엔지니어링 분야에서는 여전히 해외 기술에 의존하고 있으며, 풍진동 제어기술은 국외 최고기술대비 60% 수준에 머무르고 있음.

○ 진동제어장치 및 풍진동 모니터링 기술은 산업계의 장치제작기술과 학계의 첨단연구가 결합되어 연구가 수행되어야 하나, 국내 관련 기업의 규모가 매우 영세하여 정부지원을 통한 연구과제 수행이 요구됨.

○ 풍진동 실계측 DB를 통한 구조해석모델 개선의 신뢰도 향상을 위해서는 지역 및 높이, 진동의 크기, 풍진동 제어기 적용 여부에 따른 모니터링 DB의 추가 구축을 통해 풍진동 모니터링 데이터의 다양화가 필요함.

○ 세계적으로 초기단계 기술인 초고층빌딩 모니터링 기술을 국내의 발전된 ICT 기술과의 접목을 통하여 세계 경쟁력 확보와 세계 시장 선점이 가능한 분야로 판단됨. 국내에 건설되는 초고층 건물들을 대상으로 기술 축적을 위한 연구 개발이 필요함.

[연쇄붕괴 방지기술]

(1) 연쇄붕괴 성능평가기술 및 구조시스템 개발

○ 연쇄붕괴에 대한 본격적인 연구는 세계무역센터 붕괴 이후 시작되었으며, 부재의 파괴에 의한 전체 건물의 붕괴 메커니즘 및 해석, 설계방법이 아직 충분히 규명되지 못한 상태이다.

○ 미국에서는 세계무역센터 붕괴사고를 겪은 이후 군 관련 시설뿐 아니라 모든 공공건 물의 설계에 연쇄붕괴를 고려하도록 강제하고 있다.

○ 현재 세계 초고층건물 설계 시장을 주도하고 있는 대형 설계회사들은 연쇄붕괴를 방지하기 위한 해석 및 설계 자동화 프로그램을 자체적으로 개발하여 보유하고 있으며, 이러한 고급 기술들은 외부에 공개하지 않고 회사의 경쟁력 제고 차원에서 자체 초고층 프로젝트에만 적용하고 있다.

○ 연쇄붕괴와 관련된 국내 연구는 아직 기본적 이론 연구에 머물고 있으며, 초고층건물 의 구조설계에 적용하기 위해서는 좀 더 조직적이고 결집된 노력이 필요하다.

○ GSA Guideline에서 제시하고 있는 보-기둥 접합부의 연쇄붕괴 한계상태는 과거 내진성능 평가자료를 준용하고 있으므로, 적절한 실험을 통하여 좀 더 정확한 한계상태를 구할 필요가 있다.

○ 최근 초고층건물의 구조형식이 더욱 복잡해지고 비정형성이 심화되고 있다. 이러한 초고층 비정형건물의 연쇄붕괴 저항성능에 대해서는 아직 연구단계에 있으며, 각 설계사의 경험과 독자적 기술에 의존하고 있다.

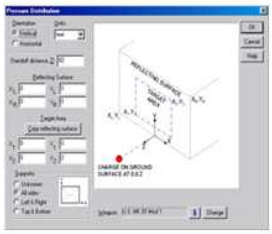
(2) 연쇄붕괴 해석/설계 자동화 기술

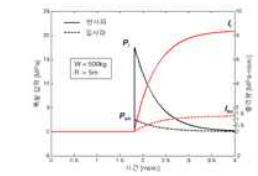
○ 현재 개발된 연쇄붕괴 방지 설계 기술을 통해 해석 결과 소요 시간을 절약하고 초고층, 대공간 부분에 대한 연쇄붕괴 해석이 가능하게끔 성과를 이루었지만 추가 연구의 필요성이 있다고 판단된다. 크게 추가연구에 대한 부분은 두 가지로 생각된다.

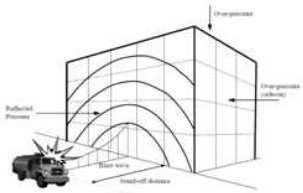
○ 첫 번째는 연쇄붕괴 방지를 위한 자동 부재 설계에 대한 부분이다. 현재 개발된 프로그램의 경우, 많은 자동화 아이템들을 통해 해석 소요 시간도 단축하고 자동화 해석을 구현하였지만, 부재 자동화 설계 부분은 아직 실현하지 못하였다. 따라서 해석을 실시 한 후에 연쇄붕괴를 방지하기 위한 부재의 설계는 사용자가 다시 직접 입력하여 확인하여야 하는 불편함이 남아 있다. 따라서 연쇄붕괴 방지 해석과 더불어 해석 후 연쇄붕괴 방지를 위한 부재의 재설계가 자동화 될 수 있도록 후속 연구가 필요하다고 생각한다. 여기서 부재 설계란 부재 사이즈의 결정, 부재 배근 입력 등을 말할 수 있다. 따라서 해석 자동화와 더불어 부재 설계 · 자동화가 이루어지면 한층 사용자들의 연쇄붕괴 방지 설계 기술에 대한 사용이 유용해질 것이라 판단된다.

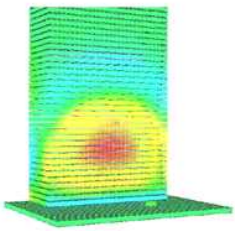
○ 두 번째는 폭파 하중에 대한 추가 연구가 필요하다고 사료되어진다. 폭파 하중은 연쇄붕괴

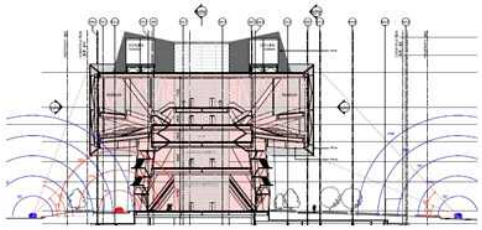
의 이상하중의 하나라고 할 수 있다. 최근 폭파 테러에 대한 위험도도 증가하였고, 또한 건축물을 철거할 때도 폭발을 통하여 철거가 이루어지고 방폭 설계에 대한 관심도 높아진 만큼 연쇄붕괴 연구과제와 연관 지어 폭파 하중에 대한 추가 연구가 이루어 져야 한다. 폭파 하중에 대한 추가 연구를 통해 연쇄붕괴 방지 해석 프로그램에 추가 탑재하여 함께 연동된다면 사용자에 대한 편의성을 가져 올 수 있을 것이다.











Curtain wall Number	Peak Pressure (kPa)	Impulse (kPa-msec)	Duration (msec)
eE1	498.84	1864.62	7.48
eE2	283.44	1397.15	9.86
eE3	191.19	1113.5	11.65
eE4	135.96	912.04	13.41
eE5	102.18	775.94	15.19

[폭파 하중에 대한 해석 방법 도출]

(3) 비정상하중 해석/설계 기술

○ 연쇄붕괴에 대한 본격적인 연구는 세계무역센터 붕괴 이후 시작되었으며, 부재의 파괴에 의한 전체 건물의 붕괴 메커니즘 및 해석, 설계방법이 아직 충분히 규명되지 못한 상태이다.

○ 미국에서는 세계무역센터 붕괴사고를 겪은 이후 군 관련 시설뿐 아니라 모든 공공건 물의 설계에 연쇄붕괴를 고려하도록 강제하고 있음.

○ 현재 세계 초고층건물 설계 시장을 주도하고 있는 대형 설계회사들은 연쇄붕괴를 방지하기 위한 해석 및 설계 자동화 프로그램을 자체적으로 개발하여 보유하고 있으며, 이러한 고급 기술들은 외부에 공개하지 않고 회사의 경쟁력 제고 차원에서 자체 초고층 프로젝트에만 적용하고 있음.

○ 연쇄붕괴와 관련된 국내 연구는 아직 기본적 이론 연구에 머물고 있으며, 초고층건물 의 구조설계에 적용하기 위해서는 좀 더 조직적이고 결집된 노력이 필요하다.

○ GSA Guideline에서 제시하고 있는 보-기둥 접합부의 연쇄붕괴 한계상태는 과거 내진성능 평가자료를 준용하고 있으므로, 적절한 실험을 통하여 좀 더 정확한 한계상태를 구할 필요가 있다.

○ 최근 초고층건물의 구조형식이 더욱 복잡해지고 비정형성이 심화되고 있다. 이러한 초고층 비정형건물의 연쇄붕괴 저항성능에 대해서는 아직 연구단계에 있으며, 각 설계사의 경험과 독자적 기술에 의존하고 있다.

[초고층건축 관련 법/제도 개선]

(1) 후속 연구개발의 전망

○ 초고층건축물의 경우 용적률과 건폐율은 물론 높이제한에서 방재 및 피난 등에 이르기까지 현행 일반 건축물에 적용하는 법 규정과는 다른 방식을 필요로 한다는 점에서 법과 정책의 역할 분담을 통한 검토 방식이 필요하며, 선진국의 경우도 법에 의한 통제는 최소화하고 보다 세부적인 정책 마련에 더욱 심혈을 기울이는 추세임.

○ 특히, 초고층건축물의 핵심 부분인 지속가능성, 구조, 설비, 방재, 도시경관, 스카이라인, 공공성 등의 측면은 법을 통한 최소 규정보다 정책을 통하여 실질적 측면의 질적 향상을 도모하는 것이 보다 바람직하다는 점에서 초고층건축과 관련된 도시・건축・건설측면에서의 핵심 정책 개발이 요구됨.

○ 국토교통부가 추진하고 있는 건축행정전산화를 위한 BIM 라이브러리와 가이드라인(지침), 법규 상호간의 연계성 확보, 인허가 도면의 건축법규 체크 자동화 등이 포함된 초고층건축 인허가 관련 법규/제도 디지털화가 필요하다고 볼 수 있음.

(2) 연구목표별 후속 연구개발 전망

○ 초고층건축 관련 법/제도개선 기반 마련

- 글로벌 수준의 초고층 건축기술 관련 법/제도 개정 및 시행 이후, 국내 전반적인 일반건축 관련 법/제도의 선진화가 필요함.

- 초고층 건축기술에 관한 법령개정(건축, 구조, 설비, 방재, 사업관리, 도시계획 등)을 기반으로 일반 건축분야의 글로벌수준 법령, 제도, 지원정책 개선을 추진하여 국내 건설기술 선진화를 유도하고 해외시장 진출 확대 기반을 마련

○ 초고층건축 성능평가 기반 마련

- 초고층건축기술 성능기반설계(PBD) 및 성능인증을 기반으로 강제규정 중심의 사양설계법이 적용되고 있는 일반건축물 분야에도 방재 등 필요 부문에 성능기반설계 적용할 수 있도록 함.

- 또한, 성능관련 KS규격, 건물에너지 효율등급인증, 친환경건축물인증, 주택성능등급표시, 빌딩정보모델링(BIM) 등 관련 제도 및 시스템과의 연계성 강화를 위해 지속적으로 성능인증 Contents를 보완하여야 함.

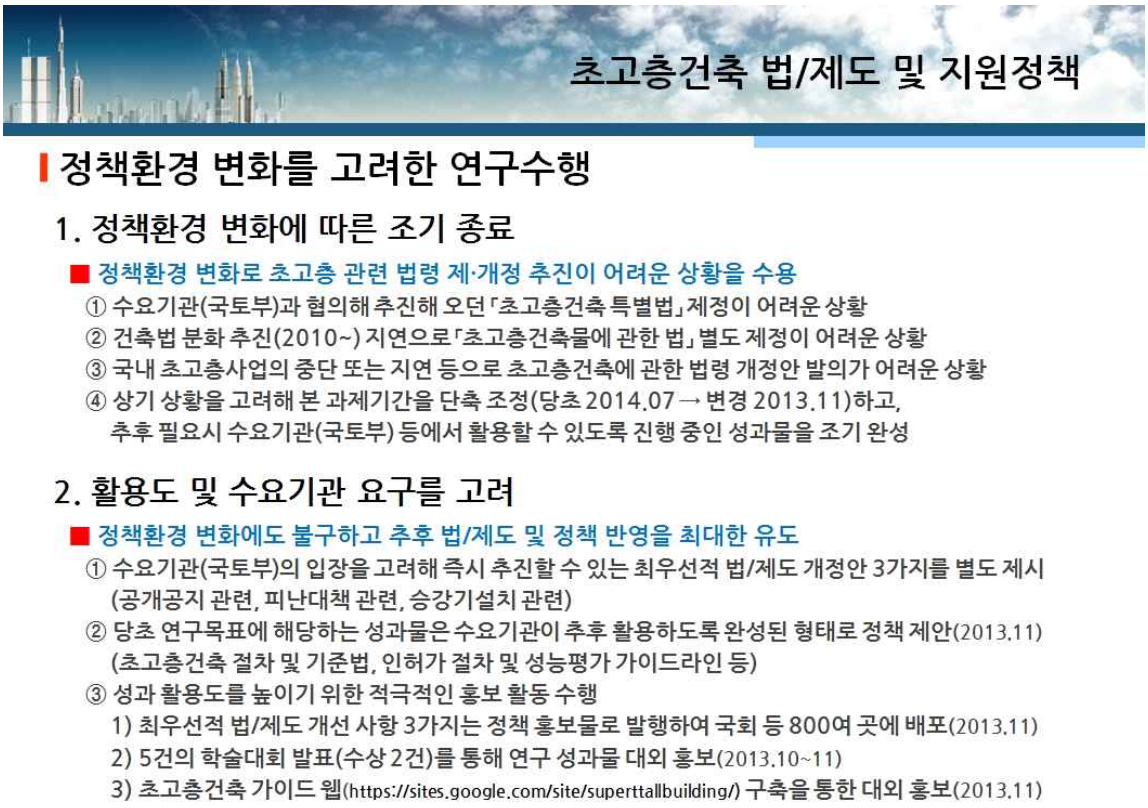
○ 초고층 건축 인허가 및 사업추진절차 모델 구축

- 국토교통부에서 추진중인 건축행정전산화를 위한 BIM 라이브러리와 가이드라인(지침), 법규 상호간의 연계성 확보, 인허가 도면의 건축법규 체크 자동화 등이 포함된 초고층 인허가 관련 법규/제도의 디지털화가 필요함(싱가폴 건설행정시스템인 코어넷(CoreNet) 사례 참고).

- 사업추진절차 모델은 다양한 Test Bed 사업시행에 따라 진화할 수 있도록 지속적으로 모니터링하고 정부의 인허가정책 및 심의/평가 규정에 반영되어야 함.

(3) 향후 전망 및 후속적인 대책

○ 본 연구(초고층건축 법/제도 및 지원정책)는 다음의 그림 과 같은 정책환경 변화에 따라 최종 년도인 5차년도 연구가 조기 종료되는 등 당장의 성과 활용에 어려움이 있으나, 향후 활용도 및 수요기관의 요구를 최대하여 연구를 마무리하였음.



[그림] 정책환경 변화를 고려한 연구수행

○ 따라서 다음의 그림과 같은 향후 전망 및 후속적인 대책을 고려할 수 있음. 우선, 건축법 분화가 다시 본격적으로 추진될 경우 본 연구의 성과물이 채택될 수 있고, 초고층건축 시장

이 다시 활성화되거나 제도개선 요구가 증대될 경우 본 연구의 성과물이 본격적으로 활용될 수 있으므로 지속적인 홍보 및 모니터링의 대책이 필요함.

[그림] 향후 전망 및 후속적인 추가대책

[녹색수직도시공간 계획]

(1) 초고층 건축의 엘리베이터 계획 수립 소프트웨어 프로그램 개발

○ 현재 초고층 건축의 엘리베이터 계획과 관련하여, 수립된 계획을 검증하는 시뮬레이션 프로그램은 존재하나, 계획 자체를 수립해 주는 프로그램은 전 세계적으로 존재하지 않는 상황이었다.

○ 본 연구를 통해 개발한 A-RIDE는 초고층 건축의 엘리베이터 계획을 수립해 주는 최초의 시도이며, 유의미한 결과도출을 검증한 상태이다.

○ 하지만, 초고층 건축설계 과정에서 보다 다양한 활용을 위해서는 현재의 프로그램을 수정/보완할 필요성이 있다

(2) 초고층 건축의 수직동선계획과 연계한 피난계획 설계지침 개발

○ 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 상황이다.

○ 초고층 건축의 피난은 수직동선계획(엘리베이터, 계단 등)과 밀접하게 관련되며, 피난안전구역 및 대피층 계획 역시 수직동선계획의 연장선 상에서 이루어져야 한다.

○ 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 것이다.

(3) 초고층 건축의 피난 시뮬레이션 프로그램 개발

○ 초고층 건축의 수직동선계획 및 피난계획 수립 이후 이에 대한 검증을 위한 시뮬레이션 프로그램의 개발이 필요하다.

○ 현재 국내외 주요 상용화 피난대피 시뮬레이션 프로그램은 초고층 건축의 피난 상황에 최적화되어 있지 않은 상황이다.

○ 새롭게 마련되는 피난계획 수립 지침에 부합하는 시뮬레이션 프로그램의 개발이 필요한 현실이다.

나. 시장동향

(1) 국내 시장동향

○ 국내에서는 90년대 이후 진동제어에 대한 이론적 연구를 시작으로 건축구조물의 내풍성능 및 거주성능을 개선하기 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있음. 여러 가지 제진장치 타입에 대한 제어이론과 수치해석을 통한 성능개선을 평가하고, 축소모형에 대한 실험실 수준의 성능검증연구가 이루어지다가 90년대 말 실제 구조물에 적용하는 단계에 이르렀으며 최근에는 초고층 아파트에 대한 제진장치 적용 타성성 검토가 적극적으로 이루어지고 있으며 그에 따라 적용사례 또한 증가하고 있는 추세임.

○ 국내 적용된 제진장치의 타입으로는 층간 설치하는 가새-댐퍼시스템과 최상층에 설치하는 질량형 타입중에서 질량형 타입의 수동형 제진장치가 주로 사용되고 있으며 준능동, 능동형 제진장치는 연구개발 단계로서, 현재 적용된 사례는 해외의 기술을 도입하여 이루어진 것임. 국내 제진장치 적용은 초기 관급공사 구조물에 주로 적용되다가 민간 주도로 초고층아파트, 주상복합건물로 확대되고 있는 과정에 있음.

○ 제진기술 시장에 전문으로 활동하는 업체는 매우 극소수이며 대부분 전문건설업체나 엔지니어링 업체가 제진기술을 일부 확보하고 있는 실정으로, 본 연구단이 최고기술을 보유하고 있음.

[제진기술 국내 초고층 건축물 적용 현황]

번호	적용대상 구조물	구조물 소재지	장치 유형	설치연도	비 고
1	인천국제공항관제탑	인천 국제공항	질량형(HMD)	1999	100.4m
2	양양국제공항 관제탑	양양 국제공항	질량형(TMD)	2000	80.1m
3	갤러리아 팰리스	서울잠실	가새댐퍼(VED)	2003	46층
4	센텀시티	부산	질량형(TMD)	2004	40층
5	현대 하이페리온	부산	질량형(TLD)	2005	42층
6	롯데 호텔	울산	질량형(AMD)	2007	20층
7	포스코더 샆 퍼스트 월드	인천송도	질량형(TLCD)	2008	64층
8	포스코 건설본사 사옥	인천송도	질량형(TMD)	2009	33층
9	테크노마트21 강변점	서울구의	복합질량형 (TMD/AMD)	2013	39층

HMD : Hybrid mass damper (능동형) TMD : Tuned mass damper (수동형)
TLD : Tuned liqud damper (수동형) VED : Viscoelastic damper (수동형)
AMD : Active mass damper(능동형) TLCD: Tuned liquid column damper(수동형)

○ 건축물에 설치 현황은 현재 총 9건이 있으며, 이중 순수 국내 기술이 적용된 사례는 테크노마트21 강변점 1건이 있음.

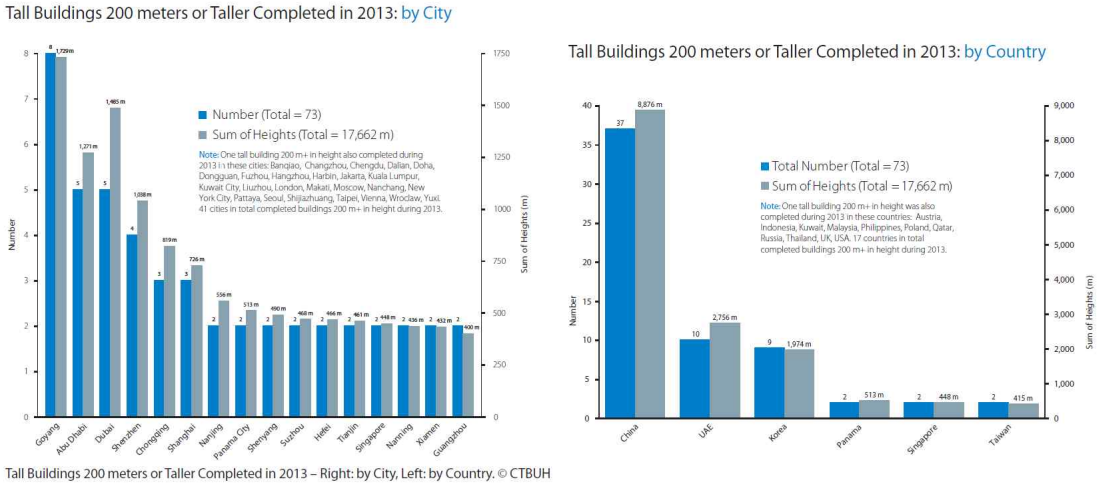
○ 능동형인 AMD/HMD 설치 실적은 국내외 기술을 포함하여 총 3건임.

(2) 초고층 건설 해외시장동향

○ 아시아에서 초고층 건물의 완공 건수는 2013년에 53건으로 전 세계 완공 건수의 74%, 2012년에 35건으로 전체의 53%에 달함

○ 아시아에 현재 전 세계 상위 초고층 건물 100개 중 45개 건물 위치

○ 2013년 초고층 건물이 가장 많이 건설된 국가는 중국으로 2013년 완공된 높이 200m 이상의 초고층 건물 중 50%가 중국에 위치



Tall Buildings 200 meters or Taller Completed in 2013 – Right: by City, Left: by Country. © CTBUH

[도시별-국가별 높이 200미터 이상 초고층 건물 완공 건수(2013년)]

○ 중동에서는 2013년 높이 200m 이상 초고층 건물 12개 건립, 전 세계 완공 건수의 총 16% 차지, 이는 2012년의 16개 건립, 전 세계 완공 건수의 총 24%에서 감소한 수치

○ UAE는 중국에 이어 2013년 높이 200m 이상 건물 총 10개 완공, 두 번째로 높은 기록

○ UAE는 2008년 이후 초고층 건립 상위 4개 국가, 2010년 이후 상위 3개 국가에 속해왔으며 최근 2년 연속 가장 높은 건물 상위 5개 중 3개가 UAE에 속함

○ UAE 도시 중 두바이와 아부다비가 초고층 건설 선두, 2013년 두 도시에서 각각 5개씩 건립

○ 두바이는 2008년 이후로 초고층 건립 상위 5개 국가에 꾸준히 들고 있으며 아부다비는 2011년 3위 기록

○ 유럽에서는 2013년 높이 200m 이상 초고층 건물 2개 건립, 미국에서는 1개 건립으로 미미한 수준

2013 Tallest #7: Cayan Tower, Dubai © SOM / Tim Griffith

2013 Tallest #33: The Gate Shams Abu Dhabi, Residential Towers 1, 2, and 3, connected via sky bridge. © Sorouh

[2013년 완공된 UAE 초고층 건물 사례]

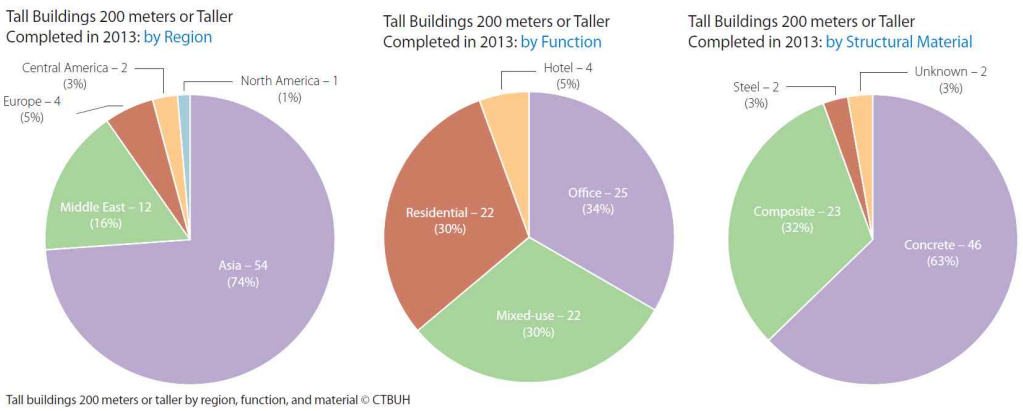
○ 초고층 건물의 완공은 2008/2009년의 금융 위기 여파 이후 2012년까지 매년 감소 추세에 있다가 2013년부터 증가세 회복

○ 특히 높이 200m 이상의 초고층 건물의 완공은 2012년에 두 번째로 가장 높은 기록 달성, 73개 건물 완공(가장 높은 기록은 2011년 81개 건물 완공)

○ 거시적 관점에서 2000년 이후 초고층 건물의 완공은 여전히 증가 추세라 할 수 있음

○ 2000년부터 2013년 사이 높이 200m 이상 건물의 수는 261개에서 830개로 증가, 318% 증가율

○ 2011년 81개 건물 완공에 반해 2012년에는 69개 건물 완공 기록, 약간의 감소를 보였으나 2013년 이후 전반적 증가 추세를 회복 중에 있는 것으로 전망



Tall buildings 200 meters or taller by region, function, and material © CTBUH

[2013년 완공된 높이 200m 이상 초고층 건물의 지역/용도/구조재별 통계]

○ 한편 2013년 완공된 초고층 건물의 용도는 주거, 업무, 복합용도가 각각 30% 이상 고르게 분포

○ 초고층 건물의 구조재는 전 세계적으로 콘크리트가 여전히 강세, 전체의 63% 차지

○ 복합구조는 2012년 26%에서 2013년 32%로 증가

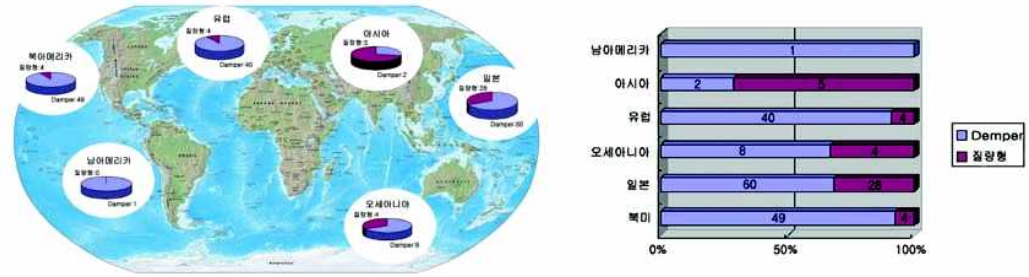
○ 철골조는 1970년대에는 초고층 건물의 90% 이상을 차지했으나 2013년 현재 3%만을 차지

○ 콘크리트조가 큰 비율을 차지하는 데에는 초고층 건립이 가장 많이 이루어지는 중국에서 사용되는 주재료가 콘크리트이며, 두꺼운 코어와 작은 스팬에 의한 구획을 필요로 하는 주거 또는 호텔 용도가 많은 사실로부터 기인

○ 차후 복합용도 건물이 증가할수록 단일 건물 내 복합 시스템이 차용될 것으로 판단

(3) 제진장치 시장동향

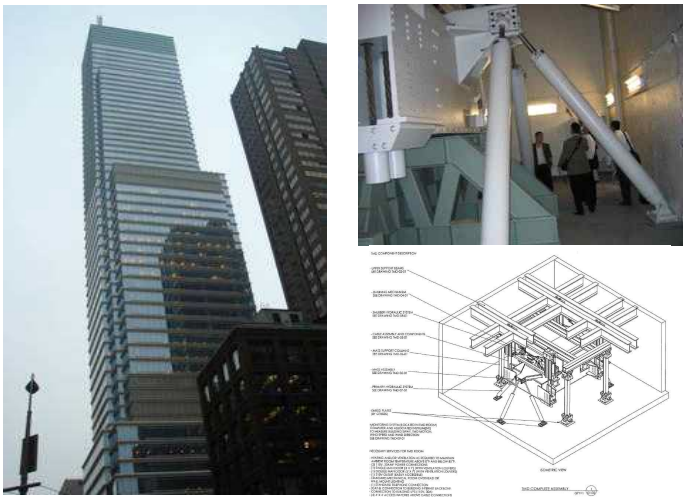
○ 지난 30여년 간 미국, 일본, 뉴질랜드, 이태리, 캐나다, 중국 등 많은 나라에서 700 여개가 넘는 구조물에 다양한 종류의 에너지소산장치가 새로운 내진/내풍설계 및 보강개념으로 적용되었으며, 구조물의 사용성 및 안전성 증진을 위한 유용한 장치로 검증되어 그 실용성을 높이기 위한 연구들이 현재 이루어지고 있음.



[국외 제진장치 적용사례 분포 (질량형/가새형-댐퍼)]

○ 일본의 1990-2000년 사이의 제진기술 시장 규모는 초기 수동형 제진기술이 차지하고 있었으며 1990년대 중반 고부가가치의 능동형 제진기술시장이 급속히 증가하는 경향을 가지고 있으며, 2000년대 이후 자국의 시장이 정체되면서 해외시장으로 진출하고 있음.

○ 2000년 이후 중국을 중심으로 초고층 구조물이 증가하면서 제진기술 시장이 아시아 지역로 이전되는 경향을 보이고 있으나 제진기술은 미국과 일본의 고유기술에 의존하여 이루어지고 있음.



미국 뉴욕, Bloomberg Tower, TMD

○ 2000년대 이후 미국과 일본의 제진기술이 설계단계로 정립되었으며 시장이 정체되면서 새로운 시장개척을 위한 해외진출이 활발해짐. 중국을 중심으로 새로운 아시아 시장이 급속히 성장하면서 제진기술이 전세계적으로 확산되는 확장단계에 이름. 제진기술의 보편화되면서 구조설계단계에 제진장치를 활용한 내진/내풍성능 개선하는 방안이 확대되었고, 에너지 흡수능력이 우수한 신소재의 개발, 기구학적 특성을 이용한 새로운 개념의 제진장치와 기술이 개발되어 활용되고 있음. 제진기술의 적용대상도 고층건물뿐만 아니라 초고층구조물과 같은 특수구조물로 확대되고 있음.

[풍진동 제어 시장규모 비교]

기간		국가	규모 (단위 백억원)
시장규모	2010년 이전	한국	100억
		일본	1000억
		북미, 유럽,아시아	600억
	2010년 이후	한국	400억
		일본	500억
		북미, 유럽, 아시아	1000억

다. 기술 고도화 방법

○ 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 추정기술의 성능 검증

○ 상시 미진동/극한진동 등 다축/다중 거동특성의 응답의존성평가기술 개발

○ 해외프로젝트 수주로 세계시장 진출

라. 성과 활용방안

연구목표	최종성과물	수요처	활용방안
다축모드 진동제어 장치 개발	세계최고수준의 진동제어 장비 제작/설계 기술 및 계측기기/모니터링 시스템 구축	▪ 해외대형설계사 ▪ 풍진동제어 관련 엔지니어링 국제회사	비정형 초고층 건축물 진동제어에 활용 및 비정형 초고층 건축물 초기설계 단계의 형상최적화에 활용

3. 제4세부 : 초고층빌딩 유지관리 기술 개발

가. 연구 필요성

[4-1 관련]

○ 1단계까지는 지능형 수요관리 기능을 핵심으로 전력망 연동 에너지관리 플랫폼에 대한 연구가 이루어 졌으나, 연구가 진행되면서 향후 초고층빌딩에 도입될 것으로 예상되는 빌딩 전력설비의 직류화, 전기자동차 수용을 위한 충전시스템 구축 및 운영 기술, V2G 기술, 상용성이 높아지고 있는 연료전지 응용 기술의 적용, 빌딩 마이크로그리드 기술의 초고층 복잡도에의 응용 기술 등에 대한 추가 개발이 필요함을 인식하게 되었음.

○ 이에 따라 2단계부터는 초고층빌딩을 위한 전력설비 직류화 기술의 연구와 함께, 전기자동차의 주차, 충전, 최적운영, V2G, 초고층빌딩의 복잡도를 고려한 마이크로그리드 기술 적용 등을 포괄할 수 있도록 하는 설계 및 제어 기술에 대한 연구를 추가하였음.

○ 기존 연구의 후반단계에서는 초박형 LED조명 기술에 의한 초고층빌딩의 건설비 절감과 에너지효율 향상, 디자인 가치 향상을 겨냥한 조명시스템 개발을 진행하였으나, 추후에는 빛의 디지털화를 통한 새로운 사용자가치 창출로 빌딩조명과 관련된 조명산업 전반에서 다양한 혁신과 사업 기회가 창출해야 할 것임.

○ 아울러 IoT 기술과의 융합으로 LED조명을 단순히 빛 생산 기술로 사용하는 것이 아니라 빌딩의 빛 공간을 통해 Ambient Assisted Life Service를 창출하는 Key Enabler로 활용하는 새로운 차원의 연구개발이 필요하다고 여겨지며 이를 위한 범부처·민간협력 사업을 추진할 필요가 있음.

○ 기존 단계까지는 센서네트워크에 의한 빌딩 유지관리 개발을 진행하였으나, 추후에는 모든 것이 인터넷에 연결되는 초연결 혁명 확산으로 산업 전반에서 다양한 혁신과 사업 기회가 창출될 것으로 전망되고 생태계 전반의 기업들이 참여하여 IoT 제품·서비스 개발협력 및 IoT 서비스가 모든 분야에 확산될 수 있도록 범부처·민간협력 추진 중에 있음.

○ 초고층 건물은 첨단 기술이 융합되어 적용되는 분야이기 때문에 이러한 사물인터넷 기술을 유지관리 및 다양한 서비스에 적용하기 위한 연구가 추가되어야 할 필요가 있음

○ 도시를 구성하는 도시시설 및 건물(빌딩)의 건설과정에 ICT기술을 결합하여 건설(Built-in)하고 사물인터넷 기술을 활용하여 시설운영 및 관련서비스를 제공하는 기술은 도시 사물인터넷, 빌딩 사물인터넷으로 구분하며 국내외에서 U-City・스마트시티, 스마트 빌딩 관련 산업이 활성화되고 있음

※ U-City기술에 대한 정의 ; 유비쿼터스도시 기반시설을 건설하여 유비쿼터스도시 서비스를 제공하기 위한 건설·정보통신 융합기술과 정보통신기술(U-City법 제2조 제4호)

※ 스마트시티는 도시 서비스, 비즈니스, 운송, 통신, 물, 에너지, Citizen 등 7가지핵심 인프라가 유기적으로 결합된 신개념의 미래도시(IBM, 'A vision of smarter cities 2009')

○ 네트워크 사업자 시스코는 공공 부문과 관련한 특정 산업, 기관 내 및 산업 간의 사물인터넷 활용사례 40건에 대한 분석을 기반으로 향후 10년간의 경제적 잠재 가치가 총 4조 6,000억 달러에 이를 것으로 추정

※ 이는 같은 기간의 민간 노동 생산성 향상에 의한 잠재 가치의 1/3에 해당되는 규모로, 사물인터넷이 공공 부문의 자산 관리, 수행 능력 최적화, 신규 수익 모델 창출에 주로 기여함으로써 가능해질 것으로 전망

※ 경제적 잠재 가치 중 70%는 특정 산업 및 기관 내의 사물인터넷 도입을 통해 발생할 것으로 예측되며, 나머지 30%는 산업 및 기관 간 사물인터넷 활용을 통해 창출될 것으로 추정

○ 스마트 빌딩의 냉난방공조를 비롯한 건물 운영 관련 시스템의 통합 및 자동화 운영으로 에너지 소비 절감을 실현하는 활용 사례를 잠재가치 1,000억 달러로 예상

○ 인텔은 종합적인 보안을 제공하고 가치 있는 정보를 추출하는 데 도움이 되는 사물 인터넷(IoT) 기술을 활용하여 솔루션 공급업체가 건물 관리 시스템을 훨씬 적은 비용으로 설계할 수 있도록 지원

※ 인텔 기반 지능형 게이트웨이를 사용하여 중소형 건물을 위한 강력하면서도 비용 효율적인 건물 관리 솔루션을 제공하고 사물 인터넷(IoT)을 이용해 솔루션 공급업체가 스마트 빌딩 솔루션의 비용을 낮출 수 있도록 지원

○ 1975년에 완공된 미국 텍사스주 휴스턴시의 펜조일플레이스(Pennzoil Place) 빌딩은 빌딩 내부에 10만 개 이상의 센서를 연결하여 실시간으로 에너지 사용량을 추적하고 분석. 이를 통해 2012년에는 에너지 사용량이 51% 감소했으며, 2013년에는 11% 감소. 이외에도 화장실 내 물 사용을 30% 줄였고, 보일러의 에너지 효율도 25% 개선

[4-2 관련]

○ BIM 기술의 유지관리 분야에 대한 적용 및 활용도가 떨어지고 부분적으로 활용되는 실정으로 BIM 기반의 통합유지관리 기술을 고도화하여 시각적인 유지관리 및 다양한 분야로의 연계확장이 가능한 기술 개발이 필요함

○ 최근 전세계적으로 활용도가 높아지고 있는 클라우드 환경에서의 서비스 이용에 대한 요구가 높아짐으로써 클라우드 기술의 연계 및 모바일 기기를 활용한 유지관리 시스템의 연계로 장소와 단말기에 상관없이 서비스를 활용할 수 있는 기술 개발이 필요함

○ 단일 건물에 대한 유지관리 솔루션을 고도화하여 여러 유형의 다양한 시설물을 통합하여 유지관리할 수 있는 기술 개발과 정보 연계를 위한 인터페이스에 대한 표준화 연구가 필요함

○ 전체 에너지 소비량의 약 40% 이상을 건물이 소비하고 있으며 건물의 에너지 관리는 매우 중요한 문제로 대두되고 있음. 따라서, 기존 연구에서 진행한 건물 에너지 관리 기능의 고도화를 통한 에너지 효율 분석과 시스템 최적 운전 등 기존 에너지 관리 기술과 자동화 기술 및 건물정보 데이터를 기반으로 한 에너지 시뮬레이션 기술 등을 통합한 최적의 에너지 절감 기술 개발이 필요함

○ 지능형 유지관리 플랫폼을 기반으로 스마트그린 빌딩 구축 기술로의 확장을 위한 다양한 요소기술을 통합 관리하여 유지관리 효율을 높이고 쾌적한 환경을 지속할 수 있는 다양한 연구 개발이 필요함

○ 기존 연구는 BIM 모델과 유지관리 대상과의 실시간 연계 기능에 대한 고려가 되어 있지 않기 때문에 현장에서 발생하는 문제에 대해 3D 기반의 위치확인이 불가함으로 이를 해결하기 위한 미들웨어와 BIM 모델의 연동 방식에 대한 개발이 추가로 필요함

○ 현재 유지관리 관점의 BIM 모델링 지침은 업무의 범위를 유지관리 대상 장비 또는 공간의 이력 및 정보관리에 국한하고 있으며 활용단계 또한 유지관리 단계에만 초점이 맞춰져있음. 유지관리에 대한 기능을 확대하여 시공 안전관리, 리노베이션관리, 사용자 재난대비 등의 3D 모델을 활용한 건물 생애주기의 다차원적 통합 활용을 위한 어플리케이션 개발 및 이를 위한 지침이 추가로 개발되어야 함

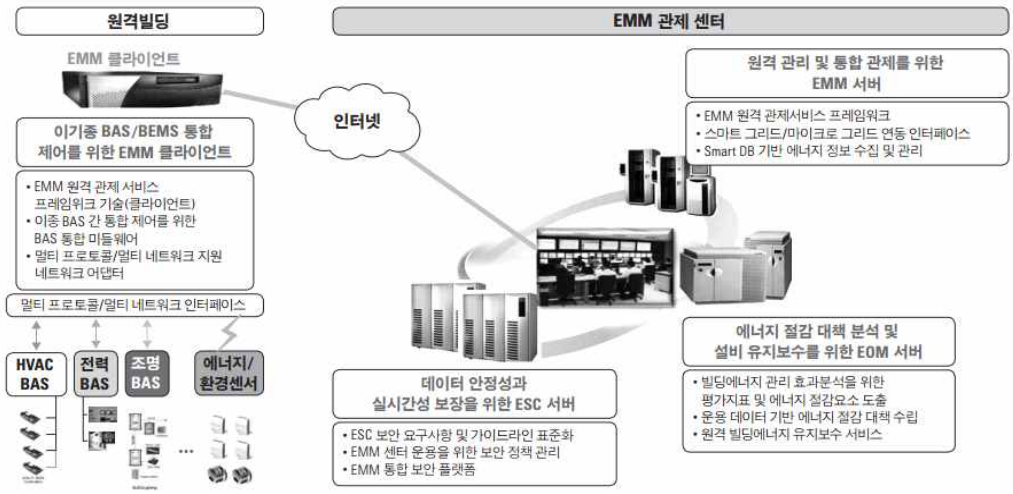
나. 시장동향

(1) 국내 시장 동향

[4-1 관련]

○ 빌딩 운용상의 문제점을 극복하고, 사용자의 빌딩 사용에 대한 쾌적도 만족 및 에너지 소비 효율화를 고려한 방향으로 기술개발이 추진되고 있으며 '고효율 건물에너지 감응형 EMM(Energy Monitoring&Management)플랫폼 기술 개발'과 '한국형 마이크로 에너지 그리드(K-MEG: Korea Micro Energy Grid)' 사업이 대표적인 사례임

○ 원격 관제센터를 통해 빌딩에너지 소비 관리 기능을 제공하는 기술을 개발하는 것이 국내외적인 추세이며, '고효율 건물에너지 감응형 EMM플랫폼 기술개발은 개별빌딩 환경에서는 빌딩에너지관리시스템(BEMS)을 구축하고, 다수 개 빌딩을 원격 관제 센터에서 관리하는 기술임



○ 'K-MEG 에너지 통합운영관리시스템 개발 및 구축' 과제는 통합 관제 센터(ToC: Total OperationCenter) 기반의 원격 그룹 BEMS 기능에 대한 기술연구 및 서비스 개발이 포함되어 있으며, 현재 관제센터를 통해 운영시험 중임

○ LED는 무수은, 이산화탄소 절감 등 친환경 광원으로 각광을 받으며 에너지 절감과 환경적인 측면에서 기존광원을 대체할 광원으로 평가받음

○ 우리나라는 공공기관 10% 절전 의무화로 민간보다 한층 강화된 철저한 에너지절약 실천을 통해 연간 10% 절전 의무화 달성목표를 완수하고, 경제계에서도 연간 5% 절전 목표를 선언하고 단체별·협회별 자발적 이행을 결의)하였으며, 2014년 1월 1일부터는 저효율 백열전구의 생산 및 수입이 금지됨

○ 정부는 2012년까지 세계 3대 LED 생산국으로 진입하는 것과 2015년까지 기존 조명기구의 30%를 LED 조명기구로 교체하는 것을 골자로 하는'LED 조명 15/30 보급프로젝트'를 추진한다는 계획에 따라 LED 교통 신호등 등 지자체 및 공공기관 중심의 LED 조명시장 확대 사업에 650여억 원, LED 유도등을 비롯하여 일반조명 대체용에 민간설치 보조 장려금 156억 원을 포함하여 총 약 815억 원을 지원하였음

○ 국내 LED조명은 2005년 약 540억원 규모로 발아기를 거쳐 2012년 1.3조원, 2015년 3.6조원의 규모로 41.7%의 비약적인 연평균 성장률을 기록하면서 2018년에는 6조 원 규모에 이를 전망임

○ 우리나라 또한 백열전구, 할로겐전구, 형광등, 도로조명 대체시장이 우월한 시장을 가지고 있고, 해외의 예처럼 우리나라도 Retrofit 시장이 초기에 우세하다가 Monolithic LED Down Light 시장이 성장할 것으로 전망됨

▼ 국내 'LED 조명 및 응용' 시장 전망 ▼

(단위 : 억불)

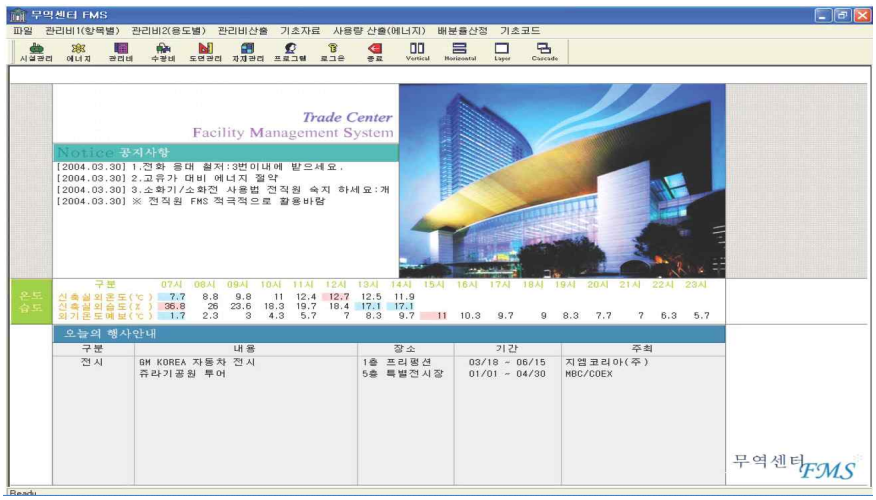
구 분		제품명	05년	08년	10년	12년	15년	18년	CAGR (%) 08~18년간
LED 응용 (융합)기기		휴대전화 모듈	16,640	14,000	11,000	8,000	4,000	3,100	-14.0
		중대형 LCD BLU모듈		1,000	1,500	9,000	40,000	75,000	54.0
		자동차 모듈	90	160	600	3,000	7,000	10,000	51.2
		LED Display	460	1,115	2,100	3,357	5,000	6,400	19.1
		의료			100	600	1,500	2,400	48.8
		농수산업			50	500	1,800	3,300	68.8
		정보가전, 통신			50	400	3,000	5,400	79.5
		UV살균소독탈취, 경화응용		20	100	1,400	7,000	9,500	85.2
		LED응용기기 합계	17,190	16,295	15,500	26,257	69,300	115,100	21.6
LED 조명 기기	옥내	할로겐전구대체		200	700	1,800	5,017	8,970	46.3
		백열전구대체		330	1,250	3,000	7,024	11,297	42.4
		형광등 대체 평판형		100	500	2,000	8,028	14,111	64.0
	옥내외	Down Light		33	138	252	454	3,703	22.2
		Task Light	30	61	92	168	303	666	35.1
		LED Sign	364	490	787	1,379	2,405	444	22.0
		Outdoor Lighting	147	500	1,100	1,700	2,651	3,464	21.6
	옥외	LED 가로등		209	1,040	2,538	10,603	19,911	57.7
	LED 일반조명시장 합계		541	1,923	5,607	12,837	36,485	62,565	41.7
국내 LED 시장 총계			17,731	18,218	21,107	39,094	105,785	177,665	21.2

※ 출처 : 한국광기술원 (2008.4): 아래의 시장자료를 기초로 종합 · 분석된 자료, the Freedonia Group, Inc (2006), GIA 일반조명시장(2006), 조명산업발전위원회"국내외 조명분야 기술동향에 대한 영역별 신기술조사 보고서"(2002), 산자부 조명산업현황(2004), global Information, Inc., "조명기구 전망"(2005), 한국신용평가정보, Industry Report (조명기기), 2008.07.04(평가분석팀 한인효), 대신증권 리서치 센터, Strategies Unlimited (2008.2) "LED market forecast", OIDA 2007.9 (Photonics Korea 2007 발표, by Dr. M. Levy)

[4-2 관련]

○ 지능형 유지관리기술은 현재 설비 시스템통합 모니터링 및 도면관리, 공간관리 등 기본적인 업무에 적용하고 있는 수준임

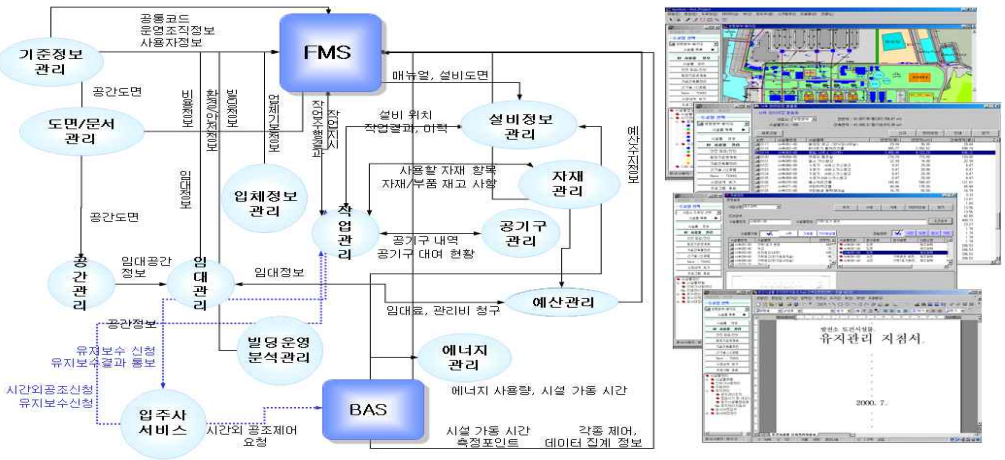
○ 국내 대표적인 FMS 구축·운영 사례인 COEX빌딩에서는 FMS의 주요 기능으로 시설/도면관리, 작업관리, 자재관리, 공기구관리, 협력업체관리, 에너지관리, 공간관리, 기준정보관리, 시각정보를 포함시키고 있는 것이 현재의 기술수준임



[그림] 무역센터(COEX) FMS 실제 구현화면(UI)

○ 현행 지능형 유지관리기술의 구현은 시각적인 CAFM 지원 하는 Visual-CAFM을 근간으로 사용자의 편의성과 향후 확장 및 유지보수를 용이하게 하면서 데이터 및 업무의 통합을 효과적으로 할 수 있는 객체 지향적 시스템으로 되어 있음

○ 지능형 유지관리기술의 현행 건축물 기술적용 수준을 대표하는 국내의 FMS 주요 기능도는 다음의 그림과 같이 제시됨



[그림] 국내 FMS 기술적용의 주요 기능도(Function Tree)

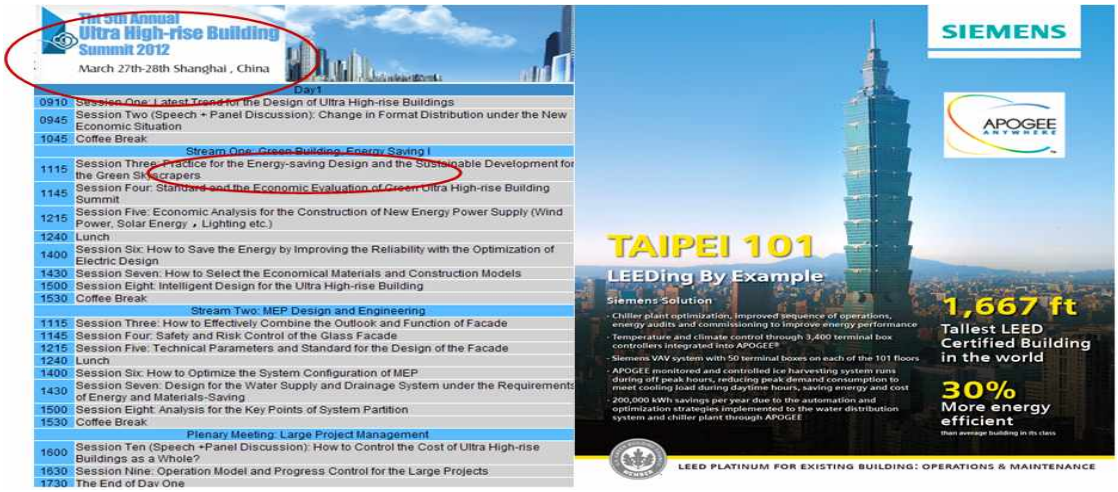
○ 지능형 유지관리 시스템으로는 소방방재청의 시설안전관리 시스템과 영등포구청의 RFID를 활용한 공공기관 도시시설물 관리 시스템 등 국내 정부기관 구축 사례들이 있음

(2) 국외 시장 동향

[4-1 관련]

○ 초고층건물의 에너지관리에 대한 관심이 증대되고 있음. 2012년 제 5회 초고층빌딩의 서밋 주제목록에 의하면, “Stream One : Green Building, Energy Saving I" 세션이 있으며, 해당 항목으로는

- Practice for the Energy-Saving Design and the Sustainable Development for the Green Skyscrapers
- Standard and the Economic Evaluation of Green Ultra High-rise Building Summit
- Economic Analysis for the Construction of New Energy Power Supply
- How to Save the Energy by improving the Reliability with the Optimization of Electric Design 등이 선정되어 있음



[그림] 2012 초고층빌딩 서밋

○ 타이페이 101 빌딩의 경우, Siemens 의 APOGEE 시스템을 이용하여 30% 이상 에너지 효율이 향상되었음. 101층, 총 높이 508m라는 위용에 걸맞게 타이베이 101은 2007년 기준으로 연간 4100만kWh의 전력을 소비한 것으로 조사되었으며 이는 우리나라 안양시가 1년간 소비한 전력의 약 5%에 해당함

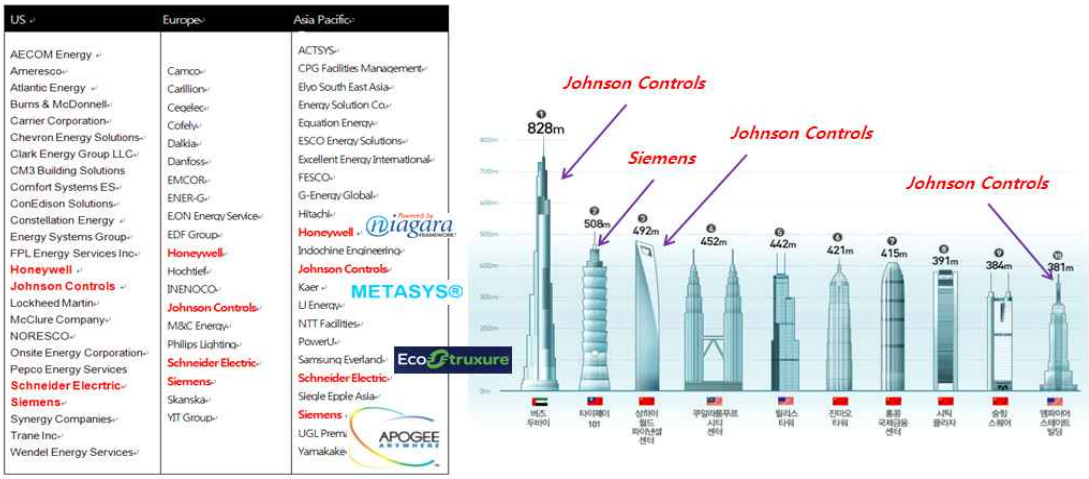
○ 해당시스템은 건물에서 사용하는 에너지를 모니터링하고 이를 통해 최적의 소비를 이끌어 냄에 주력하였으며, 건물 각 층의 천장에 매순간 온도,습도를 감시하는 센서를 설치하였음

○ 야간에 얼음을 만들고 저장하는 설비인 Terminal Boxes Controllers 가 건물안에 약 3,400개가 설치되어 있으며 이 시스템은 전력요금이 낮은 시간에 얼음을 생산하고 주간에 냉방에너지로 활용함

○ 12만5,000개의 형광등, 3,800개의 에너지 절감등, 2,400개의 할로겐등 등 건물에 설치된 모든 조명시설은 에너지관리플랫폼 시스템과 연동되어 있음

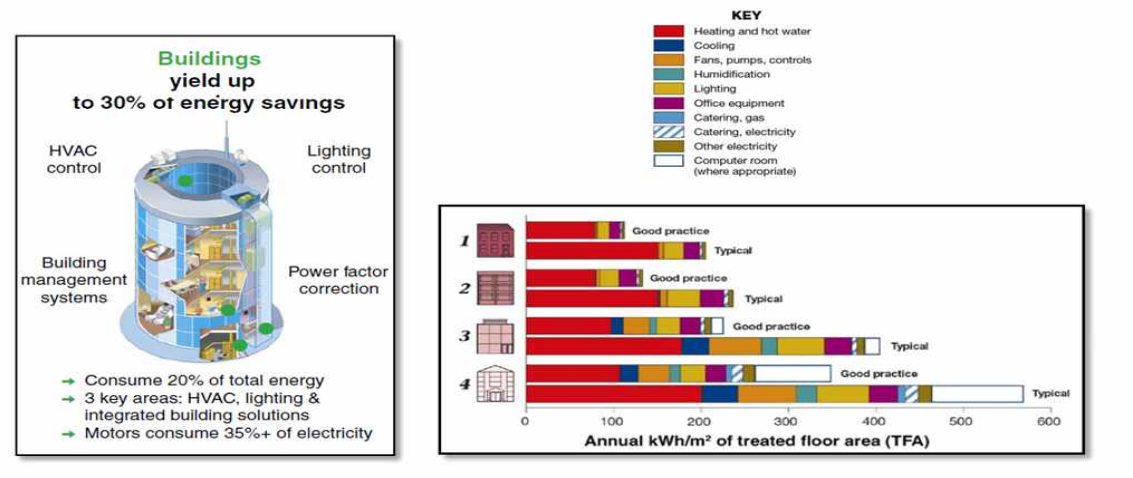
○ 초고층빌딩에 적용되어 있는 에너지관리플랫폼은 Big4 로 불리우는 Honeywell 의 Niagara, Johnson Control 의 METASYS, Schneider Electric 의 EcoStruxure, Siemens 의 APOGEE 시스템이 사용되고 있음

○ 해당 시스템은 플랫폼기반의 시스템으로 전력에너지의 효율적인 사용에 목적을 두고 있으며, 센서에서 수집된 정보를 기반으로 건물의 에너지를 모니터링 하는 것이 모든 시스템의 기본요구사항이며, 해당정보를 신뢰성 있게 처리하는 것이 필요함



[그림] 초고층 빌딩 에너지관리플랫폼 사용현황

○ Schneider의 Ecostruxure 의 사례에서 보듯이 건물의 에너지절감은 30% 까지 가능하며, 이는 조명제어, 빌딩에너지관리시스템, 공조제어, 역률조정을 이용하여 이루어짐



[그림] Schneider의 Ecostruxure 사례

○ 세계 전통 조명시장 규모는 2012년에는 1,300억 달러 규모의 시장이 형성될 것으로 전망되며, 2015년에는 약 30%의 일반조명 시장을 LED조명이 침투하여 380억 달러 이상의 시장을 형성하면서 연평균성장률 32%의 고속성장을 이룩할 것으로 전망

○ 세계 LED응용(융합)기기시장 규모는 2012년에는 226억 달러, 2015년에는 420억 달러의 시장이 형성될 것으로 전망

○ 일반조명 부문에서 가장 중요한 시장은 백열전구, 할로겐전구, 형광등, 가로등 시장이 비중이 크며, 처음에는 대체형(Retrofit)으로 시장을 진입하다가 종국에는 LED특성을 가장 잘 살린 일체형(Monolithic) Down Light 시장으로 귀속될 전망임

○ McKinsey Report 2011 에 의하면, 2010년 USD 10B$, 매출기준 전체 조명시장의 10% 수준이던 LED 조명시장은 이후 2010-16년 동안 연평균 35% 성장해서 2016년 시장점유율 40%, 글로벌 매출 규모가 USD 68B$ 에 이를 것으로 전망됨

○ 미국, 유럽연합, 중국, 일본은 모두 국가차원의 기술전략을 체계적으로 추진하고 있음. 미국의 경우 다년도 프로그램계획, 고체조명 R&D 제조 로드맵 등을 통해 기술개발의 방향을 제시하고 있으며, 유럽연합은 Horizon2020, 중국은 '12.5 신흥전략 발전규획', 일본은 21세기 광프로젝트를 통해 구체적인 기술적 목표와 전략을 체계적으로 구축하였음

○ 주요국 모두 현재의 LED 광원 및 조명기구의 성능과 가격으로는 향후 경쟁력 확보에 한계가 있음을 인지하고, 고효율 원천기술확보의 필요성을 강조하고 있음

○ LED 조명 보급 확대를 위한 정책에 있어서, 미국은 Energy Star, SSL Qualtity Advocate, CALiPER 등의 프로그램으로, 유럽연합은 Ecodesign, Energy Labelling, Ecolabel 등의 수단을 통해 소비자의 LED 조명에 대한 신뢰도를 높이고 있음

○ 일본의 경우는 일본전구공업회와 일본조명기구공업회를 통해 LED 광원 및 조명의 제품, 안전규격 등을 검토하고, 충분한 시험평가를 수행하고 있음. 이는 결과적으로 민간 부분 보급을 크게 활성화시켰음

[4-2 관련]

○ 미국 및 유럽의 경우 건물 자산관련 정보의 체계적 관리 및 이용과 기간별, 항목별, 회계 내역 DB를 구축하고 건물 유지관리비용의 증감에 따른 성능 개선여부를 결정하기위한 기초적인 자료를 제공해주고 있음

○ 이에 따라 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

○ 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 FMS을 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

○ 시설물의 자동화관리는 Capital Project관리를 리드하고 있는 FiaTech의 Roadmap에 핵심전략이 잘 나타나 있음

○ Total Asset Life cycle Information Modeling을 비전으로 하고 있는데, 이것은 정보화 체계를 구축하여 시설물관리를 함에 있어서 생애주기 비용접근 방식을 이용하고 이를 위해서 (1) 데이터 관리와, 정보의 통합; (2) 기술과 지식기반의 업무인력; (3) 새로운 재료, 방법, 상품, 장비 등의 개발을 전술적 목표로 삼으며, 궁극적으로 실시간 프로젝트 관리, 시설물 관리, 협력 및 조정을 목표로 함

[그림] Fia Tech.의 BIM과 센서네트워크를 이용한 실시간 시설관리 로드맵

○ 시설물의 자동화관리는 Capital Project관리를 리드하고 있는 FiaTech의 Roadmap에 핵심 전략이 잘 나타나 있음

○ 지능형 시설물 관리에서 Lifecycle 개념과 Financial mangement 개념, 그리고 사용자의 편의성 개념을 통합하여 시설물의 시공, 운영과 수명이 다 할때까지의 관리를 포함하는 개념을 해외에서는 Total Asset Management라고 부르며, FMS와 IBS 등을 포함하는 포괄적인 개념으로서 대형 시설물 (도로, 교량, 항만, 공항, 고층 빌딩, 하천관리) 등에 적용 되고 있음

다. 기술 고도화 방법

○ 1단계 연구를 통해 개발된 초박형 LED면광원 성능개선

○ LED Tile 로 정의한 규격화된 면조명으로 원하는 크기와 형태의 조명설계방식 개발

○ 조명설비 전체의 수명과 효율을 향상시키며, 발광부와 현광부를 분리하여 하나의 LED광원으로 여러 곳을 밝히는 기술개발

○ 국제 개방형 건물정보데이터표준의 특수분야 적용에 의하여 한국의 국제 건물정보데이터표준 참여능력 제고

○ 건물정보데이터기반 초고층 유지관리시스템(FMS)의 요소기술로서 지능형 유지관리 기술 개발에 기여

○ U-SISN 및 융합 통합 게이트웨이 기술, 복합 센서 인터페이스 기술들을 융합하여, 초고층 통합 시설관리를 위한 자동화 및 지능화 기술 개발

○ IBS, BEMS, BIM과 통합된 FMS 구축으로 시스템 통합 운영 환경 구현을 통한 유지관리 효율성 및 수준의 제고

○ 해외프로젝트 추가수주로 세계시장 확대

라. 성과 활용방안

연구목표	최종성과물	수요처	활용방안
광가이드 기술을 적용한 초박형 LED 조명개발	▪ LED-Tile 시작품 ▪ LED-Fiber 시작품 ▪ 지적재산권 2건 (국내특허 2건) ▪ 학술논문 2건	▪ 초고층 건축물 ▪ 일반 건축물	▪ 기존 형광등 조명 대체 ▪ 고효율에너지 제품으로 활용
지능형 유지관리 플랫폼	▪ 통합 유지관리 플랫폼 ▪ 에너지관리 솔루션 ▪ BIM 기반 통합유지관리 ▪ 군관리 기반 원격관제 기술 개발 ▪ 클라우드 기반 유지관리 기술 연계 ▪ 지적재산권 5건 ▪ (국제특허 1건 ▪ 국내특허 2건 ▪ 소프트웨어등록2건)	▪ 건물주 ▪ 설계/시공사 ▪ 공공기관	▪ 초고층 건물의 유지관리 시스템에 활용 ▪ 에너지 관리 분야에 활용 ▪ 스마트그린빌딩 구축 분야에 활용

참고문헌

- (사)스텝센터, http://www.kstep.or.kr/
- 2009년 수요자원시장 운영실적, 한국전력거래소, 2010년
- 국토해양부, 제3차 건설CALS 기본계획, 2008
- 국토해양부, 제4차 건설기술진흥 기본계획, 2008
- 권봉진, "고층사무소건물의 평면결정요인에관한 연구", 2001
- 김광우, 건축물의 에너지절약과 환경
- 김영민, 김치경, 최현철, “파라메트릭기법을 이용한 비정형 초고층건물의 최적구조시스템 선정”, 대한건축학회논문집구조계, Vol.28 No.1, 2012, pp.77~84.
- 김영민, 이슬기, 최현철, 김치경, “아웃리거시스템 초고층건물의 최적안도출을 위한 파라메트릭설계기법의 현업적용 사례 연구”, 대한건축학회논문집구조계, Vol.28 No.12, 2009, pp.45~52.
- 김용승, 이현선, "국내박물관건축의 형태적 변천과정에 관한 연구 : 매스와 프로그램의 대응을 중심으로", 대학건축학회, 2006
- 김우갑 외4인, "초고층 건축의 평면형상 및 형태구성 영향요인에 관한 연구", 1996년 9월 대한건축학회논문집
- 김일권, "초고층건축의 코어시스템에 관한 연구", 2003
- 김정은, "업무특성에따른 오피스 워크스테이션계획에 관한 연구", 2001, 연세대학교석사학위논문
- 김주용, "스마트그리드에서 배전분야 기술개발동향", 주간기술동향 통권1427호, 2009
- 김치경, “변단면PEB를 위한 엔지니어링 데이터베이스의 설계와 구축”
- 김한수, 정세훈, 신승학, “초고층 건물수평부재 설계를 위한 기둥축소해석”, 대한건축학회논문집구조계, Vol.25 No.6, 2009, pp.33~40.
- 마이크로그리드용 통합에너지관리 시스템개발 및 실사이트적용 기술개발, 한국전기산업기술연구조합, 2009
- 박상민, "복합용도 초고층건물의 기능별 면적비율에 따른 건물체적과 계획요소의 분포 및 분석에 관한 연구", 대한건축학회2007년12월논문
- 박은천, 이성경, 민경원, 정란, 강경수, 이상현(2007), “건축구조물의 풍하중 구현 및 풍특성 평가를 위한 가진시스템 설계”, 한국전산구조공학회논문집, 제20권 제6호, pp.769-778
- 박인영, 김남희, 박홍근, “최소중량설계에 따른 최적화기법을 이용한 고층콘크리트 건물의 단면 산정”, 대한건축학회학회논문집구조계, Vol.18 No.6, 2002, pp.3~13.
- 박해영, 박성수, “유전자알고리즘을 이용한 3차원 철근콘크리트 구조물의 최적설계에 관한 연구”, 대한건축학회연합논문집, 제2권 4호, 2000, pp.99~106.
- 배혜경, "초고층 건물의 외부 형태 계획에 관한 연구",1998년6월, 연세대학교석사학위논문
- 빌딩스마트코리아, http://www.buildingsmart.or.kr
- 송영무, 조영호, 이문섭, “고층주상복합 건물의 공간체계분석을 통한 가변성 계획에 관한 연구”,대한건축학회춘계학술발표대회논문집(계획계), 2001, 제21권제1호, pp75-78

- 에너지 자원기술기획 평가원 기술개발 기획보고서,
- 여두홍, "현대미술관건축의 기하학적 표현특성에 관한 연구", 2000
- 여영호, “복합용도에 있어서의 초고층주거시설”
- 염인선, "초고층건축물의 형태적특성에 관한 연구", 2009, 고려대학교대학원
- 우성식, 이상현(2007), “TLD를 설치한 5층 RC축소모델의 진동대실험”, 대한건축학회논문집, 제23권 제2호, pp.3-8
- 우성식, 이상현, 최기영, 정란, 박태원(2008), “백색잡음하중 크기에따른 TLD의 비선형특성평가”, 한국전산구조공학회논문집, 제21권 제4호, pp.135-143
- 우성식, 정란, 이정우(2009), “수직-수평부 단면적비에 따른 동조액체기둥형 감쇠장치의 고유진동수 산정식 제안”, 한국소음진동공학회논문집, 제19권 제2호, pp.119-126
- 여영호, “초고층건축물의 평면계획시 고려사항”, 2006, 월간건축 Vol.50No.4
- 윤경조, 박은천, 이헌재, 정형조, 문석준, 민경원, 이상현(2008), “준능동 MR감쇠기가 설치된 실물 크기 구조물의 분산제어 알고리즘 성능평가”, 한국소음진동공학회논문집, 제18권 제2호, pp.255-262
- 윤경조, 박지훈, 민경원, 이상현(2007), “Kanai-Tajimi필터 인공지진가진된 마찰형감쇠를 갖는 구조물의 변위응답확률분포”, 한국전산구조공학회논문집, 제20권 제5호, pp.623-628
- 윤여송, "인텔리전트빌딩설계.계획가이드북", 1999
- 윤종호, “초고층 주거건물의 에너지자립을 위한 제로에너지건축기술의 구현 방법”, 초고층건축의친환경성(한국초고층건축포럼심포지엄), 2005, pp.159-180.
- 이상현, 박은천, 윤경조, 이성경, 유은종, 민경원, 정란, 민정기, 김영찬(2006), “실물크기 구조물의 강제진동실험 및 지진응답모사를 위한 HMD제어기설계”, 한국지진공학회논문집, 제10권 제6호, pp.103-114
- 이상현, 우성식, 조승호, 정란(2007), “레일의 운동마찰력을 고려한 TMD최적설계”, 한국소음진동공학회논문집, 제17권 제6호, pp.373-378
- 이상현, 우성식, 조승호, 정란(2007), “준능동 동조질량감쇠기의 탄성 및 비탄성 지진응답제어 성능평가”, 한국지진공학회논문집, 제11권 제2호, pp.47-56
- 이상훈, 전한종, “주거환경의 복합화에 관한 연구 - 친환경과 유비쿼터스홈을 중심으로”, 한국실내디자인학회학술발표대회논문집, 2006, 제8권 제1호, pp.154-157.
- 이성경, 박은천, 민경원, 이상현, 정란, 우성식(2006), “실시간 하이브리드진동대실험법을 이용한 TLD 제어성능의 실험적 검증”, 한국전산구조공학회논문집, 제19권 제4호, pp.419-427
- 이정해 외4인, "국내 100층이상 초고층 규모에 최적인구조시스템에 관한 연구", 대한건축학회2007년10월논문
- 임보람, "현대 초고층 건축물의 형태 생성요소에 관한 연구", 2008년8월서울산업대학교석사학위논문
- 전력망 연동형 초고층복합빌딩 시스템 기획보고서
- 정성문, "고층오피스빌딩 사무공간의 계획지표 설정에 관한 연구", 2008년9월, 대한건축학회
- 정창훈, 송호산, “횡하중을 고려한 철근콘크리트 이중골조 시스템의 최적 설계”, 대한건축학회추계학술발표대회논문집구조계, Vol.31 No.2, 2009, pp.169~170.
- 정헌만, 이정현 (2006), “유비쿼터스 컴퓨팅환경에서의 상황인식을 위한 확률 확장 온톨로지”, 한국컴퓨터정보

학회

- 조선규, 최외호, “프리스트레스트 콘크리트보단면의 최적 설계”, 콘크리트학회논문집 ,제12권 4호, 2000, pp.91~101.
- 조종수, "초고층 사무소건축의 건물형태구성 및 효율에 관한 연구", 2007년6월대한건축학회논문
- 주영규(2008) “Structural Systemsin Tall Buildings:Trendsand Examples”,마이다스IT기술세미나자료.
- 주영규, 김경환, 장인화, 김상대(2008), “H형강 Diagrid접합부의 압축내력평가”, 한국공간구조학회지, 제8권 제3호, pp.91-99.
- 최상봉, "산업용수용 가업종별 정전비용 평가와 분석", 에너지경제연구제6권2호,2007.
- 최현훈, 김진구, "구조물 내진보강을 위한 부가감쇠장치의 설계,” 한국구조물진단학회논문집, Vol.9 No.1, 2005, pp.171~180.
- 최현훈, 김진구, "보정된 등가에너지를 이용한 비좌굴가새골조의 내진설계,” 대한건축학회논문집, Vol.21 No.4, 2005, pp.91~99.
- 최효준, 서대원, 신성우, “초고층 철근콘크리트건물의 구조 최적 설계”, 대한건축학회학회학술발표대회논문집구조계, Vol.29 No.1, 2009, pp.169~172.
- 한국건설교통기술평가원, 초고층 복합빌딩시스템사업단 사전 상세기획 연구보고서, 2009.02.
- 허재성, 이성경, 박은천, 김홍진, 조지성, 조봉호, 민경원, 이상현(2008), “실시간 하이브리드 진동대 실험법에 의한 양방향 TLMD의 진동제어 성능평가”, 한국소음진동공학회논문집, 제18권 제5호, pp.485-495
- 환경부, 폐기물 운반차량에 대한 위치추적시스템 구축 타당성 연구
- Agenrud, Svein E. (2007). IFC and IFD feasibility for innovative sustainable housing STAND-INN Deliverable D15 Report.
- Abdul Samad Kazi, Hands on Knowledge Co-Creation and Sharing, KnowledgeBoard, 2007
- ACI(2002) Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02). American Concrete Institute
- Ali, M.M., and Moon, K.S.(2007) Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects, Architectural Science Review, 50(3), pp 205-223.
- American Legal Publishing Corporation (2007) Building Code and Related Excerpts of the Municipal Code of Chicago.
- American Society of Civil Engineers (ASCE)(2006) Minimum design loads for buildings and other structures, ASCE/SEI 7-05, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- Ansys, AUTODYN Theory Manual, Century dynamics, p.235, 2005
- Applied Technology Council (ATC)(2008). "Guidelines for seismic performanceassessment of buildings." ATC-58 50% Draft, Applied Technology Council, Redwood City, California.
- ASCE Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, ASCE Standard ASCE/SEI 41-06, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.Shi Y. and Hao H. and Li Z., Numerical Derivation of Pressure-Impulse Diagrams for Prediction of RC Column Damage to Blast Loads, International Journal of Impact Engineering, vol. 35, p.p. 1213~1227, 2008

- Bao X. and Li B., Residual Strength of Blast Damaged Reinforced Concrete Columns, International Journal of Impact Engineering, vol. 37, p.p. 295~308, 2010
- Barr, J. (2010) Skyscrapers and Skylines: Manhattan, 1895-2004, Real Estate Economics, vol. 38(3), pp. 567-597.
- Barr, J. (2010) Skyscrapers and Skylines: New York and Chicago, 1885-2007, Department of Economics Rutgers University.
- BB미디어, 월간 CAD&Graphics2월호, 2008
- Beaverstock, J. V. and Taylor, P. J. (1999) A Roster of World Cities, Cities, vol. 16(6), pp. 445-458.
- BIM Resources @ Georgia Tech, http://bim.arch.gatech.edu/
- Binder, G. (2008) The "International Skyscraper: Observations, CTBUH 8THWorldCongress.
- Bischoff P. H. and Perry S, H., Compressive Behaviour of Concrete at High Strain Rates, Materials and Structures, vol. 25, p.p. 425~450
- Boore, D. M., Watson-Lamprey, J., and Abrahamson, N. A.(2006) Orientation-independent measures of ground motion, Bulletin of the Seismological Society of America, 96(4A), 1502-1511.
- Braimah A., Behaviour of Steel Reinforced Polymer Strengthened RC Members under Blast Load, Canadian Journal of Civil Engineering, vol 36, p.p.1356~1365, 2009
- buildingSMART alliance, http://www.buildingsmartalliance.org/
- buildingSMART Nordic. Information Delivery Manual - Guide to Components and Development Methods. http://idm.buildingsmart.no/confluence/download/attachments/446/ IDM2_Methodology.pdf?version=1
- CABA, Continental Automated Buildings Association, https://www.caba.org
- CAD.BIM Techmology Center, https://cadbim.usace.army.mil/BIM
- Carriere M. and Heffernan P.J. and Wight R.G. and
- Chopra Anil K., Dynamics of Structures (Theory and Applications to Earthquake Engineering), Prentice Hall, p.876.
- CIBSE (2010). Transportation systems in buildings-CIBSE Guide D:2010, CIBSE.
- CIFE, Center for Integrated Facility Engineering, http://cife.stanford.edu
- Construction Users Roundtable, http://www.curt.org/
- Cormie, David & Mays, Geoff & Smith, Peter, Blast Effects on Buildings 2nd edition, Thomas telford, UK, p.338, 2009
- Costonis, J. J. (1972) The Chicago Plan: Incentive Zoning and the Preservation of Urban Landmarks, Havard Law Review, vol. 85(3), pp. 574-634.
- CTBUH Criteria for Defining and Measuring Tall buildings, CTBUH
- Department of Buildings (2010) Building Permit Application Information Sheet, Chicago: Department of Buildings.
- Department of Buildings (2010) Developer Sevices Flow Chart, Chicago: Department of Buildings.

- Department of Buildings (2010) Easy Permit Process Flow Chart, Chicago: Department of Buildings.
- Department of Buildings (2010) Submittal Checklist – Pre-Permit Submissions, Chicago: Department of Buildings.
- Department of Housing and Economic Development (2011) Chicago Landmarks, Chicago: Department of Buildings.
- DET DIGITALE BYGGERI(bips), 3D CAD-manual 2006, 2006
- E. E. Lee, J. K. Lee, J. Y. Kim, "Analysis of Basic Characteristics for Providing Parking Information," Journal of the Korean Society of Civil Engineers, vol. 28 no. 5D, pp.639-647, 2008.
- Eastman, C., BIM Handbook, JohnWeiley&Sons Inc., 2007
- FEMA.(2000) Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA-356, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C
- FIATECH, http://www.fiatech.org/
- Fussell, T., et al. CRC-CI Project 2007-002-EP: National BIM Guidelines and Case Studies, 2007
- George R. Strakosch and Robert S. Caporale (2010). The Vertical Transportation Handbook, Fourth Edition. WILEY.
- Gina Barney (2003). ELEVATOR TRAFFIC HANDBOOK: Theory and practice. Taylor & Francis.
- Grant, R. (2008). IFD Library WhitePaper.http://www.ifd-library.org/images/IFD_Library_White_Paper_2008-04-10_I_.pdf
- GSA(2003) Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Modernization Projects, The U.S. General Services Administration
- GSA, GSA Building Information Modeling Guide Series: 02-GSA BIM Guide For Spatial Program Validation, 2006
- H I Kim, "Space Efficiency In Mixed-use High-rise building", 2004
- H. J. Kim, B. Nam, Y. T. Oh, C. K. Lee, "Parking Information Providing Methodology with Consideration for Characteristics of Multi-purpose Buildings," KITS Integrated Conference 2012 Fall, pp.284-289, 2012.
- H. S. Seo, B. J. Kim, W. S. Lee, J. C. Jung, J. Y. Ha, S. Y. Park, "Parking Information System for User Convenience," KIMICS Integrated Conference 2010 Spring, pp.471-472, 2010.
- Haagenrud, Svein E. (2007). IFC and IFD feasibility for innovative sustainable housing STAND-INN Deliverable D15 Report.
- Hayes Jr J.R., Woodson, S.C, .Pekelnicky, R.G., Poland, C.D., Corley, W.G., Sozen, M., Can Strengthening for Earthquake Improve Blast and Progressive Collapse Resistance, ASCE Journal of Structural Engineering, 131(8), 2005
- Hiwa, S., Hyroyasu, T., and Miki, M. (2006) Downhill Simplex Method. ISDL Report No. 20060806006, Tokyo.
- http://alexandria.sdc.ucsb.edu : Alexandria Digital Library

- http://ddrsoft.co.kr : (주)디디알소프트
- http://geographynetwork.com : ESRI Geography Network
- http://hpwren.ucsd.edu/news/020524.html/ : Crossbow homepage
- http://hpwren.ucsd.edu/news/020524.html/ : Wireless Connectivity Enables Sensors on Coronado Bridge
- http://kmi.kr.com/ : (주)케이엠아이
- http://mapping.usgs.gov : USGS
- http://mos.bizmeka.com/ : KT MOS
- http://sqec.etri.re.kr/ : ETRI S/W 시험센터
- http://standard.ksa.or.kr/ : 한국표준정보망
- http://terraserver.homeadvisor.msn.com : Microsoft TerraServer
- http://tiger.census.gov : Tiger Mapping Service
- http://www.autoidcenter.org/ : EPC Network Architecture(PDF file)
- http://www.datapcs.co.kr/main/index.jsp/ : (주)데이타피씨에스
- http://www.epcglobal.org/ : EPCglobal. RFID & EPC Essentials Version 01(PDF file)
- http://www.fma.or.kr/ : 대한시설물유지관리협회
- http://www.fmwc.or.kr/ : 시설물유지관리협의회
- http://www.freewayco.kr/ : 한국도로공사
- http://www.jcric.hku.hk/ : 홍콩JockeyClubResearch&Information
- http://www.metrokc.gov/gis/ : 미국KingCountyGISCenter
- http://www.moct.go.kr/ : 건설교통부
- http://www.nca.or.kr/ : 한국정보사회진흥원
- http://www.ngi.go.kr/ : 국토지리정보원
- http://www.nuritelecom.com/ : 누리텔레콤
- http://www.sw.or.kr/ : 한국소프트웨어산업협회
- http://www.tta.or.kr/ : 한국정보통신기술협회
- http://www.usgs.gov/ : 미국USGS
- Huang, Y.-N., Whittaker, A. S., and Luco, N.(2008a) Maximum spectral demands in the near-fault region, Earthquake Spectra, 24(1), pp. 319-341.
- Huang, Y.-N., Whittaker, A. S., and Luco, N.(2008b) Performance assessment of conventional and base-isolated nuclear power plants for earthquake and blast loadings, MCEER-08-0019, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York, Buffalo, NY.
- IFD LIBRARY for buildingSMART.http://ifd-library.org/index.php?title=Main_Page

- IITA 기술정책정보단, 2004.12, 상황인식서비스기술연구동향
- IITA 기술정책정보단, 2004.4, 상황인식컴퓨팅기술동향
- J.Xie, P.A.Irwin and M.Accardo(1999) Wind load combinations for structural design of tall buildings, Wind Engineering into the 21st Century, Larsen, Larose & Livesey,
- Jae-Seung Hwang Kyung-Won Min HongJin km(2005) Probabilistic Approach for Active Control of Structures : Experimental Verification, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Vol 34, No 3, pp. 207-225
- Jeong, S. H.(2005) Experimental and Analytical Seismic Assessment of Buildings with Plan Irregularities, University of Illinois at Urbana-Champaign, Dissertation.
- Ji-Hoon Park, Sung-Kyung Lee, Kyung-Jo Yoon, Kyung-Won Min(2007) Performance Evaluation of Passive and Semi-active Magnetorheological Dampers, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol 21, No 6, pp. 913-918
- Ji-Hun Park, Kyung-Won Min, Lan Chung, Sung-Kyung Lee, Hyoung-Seop Kim, Byoung-Wook Moon(2007) Equivalent linearization of a friction damper-brace system based on the probability distribution of the extremal displacement, Engineering Structures, Vol 29, No 6, pp. 1226-1237
- K. A. Kang, J. D. Kim, "A System of Guiding Path for Parking Lots based on RFID to Consider Real-time Constraints," The journal of geographic information system association of Korea, vol. 16 no. 1, pp.65-77, 2008.
- Kaewkulchai G, Williamson EB. Dynamic behavior of planar frames during progressive collapse. 16th ASCE Engineering Mechanics Conference. University of Washington, seattle; 2003
- Kaewkulchai G.,Dynamic Progressive collapse of frame structures, Ph. D.. Thesis, U. of Texas at Austin, 2003
- Karel Vollers, Morphological scheme of second-generation non-orthogonal high-rises, CTBUH, 2008
- Kiviniemi, A, BIM and IFC in Finland: State-of-the-Art and Some Case Studies, 2007
- Kiviniemi, A. et al., BIM Requirements 2007 in Different Phases of the Design and Construction Process, 2007
- Klerks, J. (2009) Shaping the High-rise Framework: Tall Buildings Policies and Zoning, CTBUH Journal Issue 3, pp. 34-37.
- Magnusson J. and Hansson H., Numerical Simulations of Concrete Beams-A Principal Study, National Defence Research Establishment, Sweden, p.63, 2005
- Malvar L.J. and Ross C.A., Review of Strain Rate Effects for Concrete in Tension, ACI Materials Journal, vol. 95, p.p. 735~739
- Marjanishvili, S. M.(2004) Progressive Analysis Procedure for Progressive Collapse, Journal of Performance of Constructed Facilities,
- MATLAB.TheMathWorks,http://www.mathworks.com/.2007
- Mazzoni, S., Mckenna, F., Scott, M. H., Fenves, G. L., et al..(2006) Open System for Earthquake Engineering Simulation, User Command-Language Manual, Pacific Earthquake Engineering Research

Center, Berkeley, California.

- Mcdonald, J. F. (1998) Land Values, Land Use, and the First Chicago Zoning Ordinance, Journal of Real Estate Finance and Economics, vol. 16(2), pp. 135-150.
- Moon, K. S., Diagrid Structural systems for tall buildings, characteristics and methodology for preliminary design, The structural Design of Tall and Special Buildings, Vol. 16, 2007, pp. 205~230
- Moon, K.S.(2008) Material-Saving Design Strategies for Tall Building Structures, Proceedings of CTBUH 8th World Congress.
- Moon, K.S.(2008) Optimal Grid Geometry of Diagrid Structures for Tall Buildings,Architectural Science Review. 51(3), pp. 239-251.
- Moon, K.S.(2008) Practical Design Guidelines for Steel Diagrid Structures, Proceedings of the 2008 Architectural Engineering National Conference - AEI 2008: Building Integration Solutions; Denver, CO; USA; pp. 24-27 Sept. 2008.
- Moon, K.S.(2008) Sustainable structural engineering strategies for tall buildings, TheStructural Design of Tall and Special Buildings, 17(5), pp. 895 - 914.
- Moon, K.S.(2009) Vertically distributed multiple tuned mass dampers in tall buildings:performance analysis and preliminary design, The Structural Design of Tall and Special Buildings, Published Online.
- Moon, K.S., Connor, J. J. and Fernandez, J. E.(2007) Diagrid structural systems for tall buildings: characteristics and methodology for preliminary design, The Structural Design of Tall and Special Buildings, 16(2), pp. 205 - 230.
- Mutalib A. and Hao H., Development of P-I Diagrams for FRP Strengthed RC Columns, International Journal of Impact Engineering, vol. 38, p.p. 290~304, 2011
- NBIMS Project Committee, National BIM Standard-Overview, 2006
- Nyström U. and Gylltoft K,. Numerical Studies of The Combined Effects of Blast and Fragment Loading, International Journal of Impact Engineering, vol. 36, p.p.995~1005, 2009
- Nyström U., Concrete Structure Subjected to Blast and Fragment Impacts, p.p. 47~50, 2008
- Powell G. Progressive collapse : case study using nonlinear analysis. Proceedings of the 2005 Structures Congress and the 2005 Forensic Engineering Symposium. New York, NY; 2005
- S. B. Park, E. E. Lee, S. H. Oh, Y. C. Kim, "Concept Design of Integrated Parking Information System," KITS Integrated Conference 2007 Fall, vol. 2007 no. 10, pp.167-174, 2007.
- S. B. Seo, "A Study on the Ventilation Design of Aboveground Parking Lots at a Large Discount Mart," Chung-Ang University, The Graduate School of Construction Engineering, Thesis for Master's Degree, 2003.
- S. O. Yoo, H. J. Oh, K. S. Oh, "Design and Implementation of Parking Information Support System for Inner Parking Lot Based on Microprocessor," Journal of the Korea society of computer and information, vol. 15 no. 1, pp.51-59, 2010.
- Smith P.D., Hetherington J.G., Blast and Ballistic Loading of Structure, Laxton's, Great Britain, p.336.
- The Bunham Plan Central (2008) The Plan of Chicago: A Regional Legacy, Chicago Metropolis 2000.

- uildingSMART Nordic. Information Delivery Manual – Guide to Components and Development Methods. http://idm.buildingsmart.no/confluence/download/attachments/446/ IDM2_Methodology.pdf?version=1
- Unified Facilities Criteria (UFC)-DoD. (2005) Design of Buildings to Resist Progressive Collapse, Department of Defense.FEMA, NEHRP Guidelines for the seismic rehabilitation of building, Report No. FEMA-273, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 1997
- Unified facilities Criteria (UFC)-DoD. (2010) Design of Buildings to Resist Progressive Collapse, Department of Defense.
- Uwe Hansmann 외2인, 2003, PervasiveComputingHandbook, 진한도서
- Watson, D. (2008). IFD Library Use Cases.
- Weiss, M. A. (1992) Skyscraper Zoning: New York's Pioneering Role, APA Journal, vol. 58(2), pp. 201-212.
- Willford, M., Whittaker, A., and Klemencic, R.(2008) Recommendations for the Seismic Design of High-rise Buildings, A Consensus Document – CTBUH Seismic Working Group, Council on Tall Buildings and Urban Habitat.
- Wood B.W., Experimental Validation of an Integrated FRP and Visco-Elastic Hardening, Damping and Wave-Modulating System for Blast Resistance Enhancement of RC Columns, p.116, 2008
- Wu K. Li B. Tsai K., Residual Axial Compression Capacity of Localized Blast-Damaged RC Columns, International Journal of Impact Engineering, vol. 38, p.p. 29~40, 2011
- Zukas J A., Introduction to Hydrocodes, Elsevier, UK, p.313, 2004