

[연구개발계획서 작성시 주의사항]

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

(본 기획보고서는 참고자료로 활용바랍니다.)

2013
-
도시
건축
기획
-A02

이
동
과

재
사
용
이

가
능
한

모
듈
러

건
축
기
술
개
발

및

실
증
연
구

기
획

기
획
보
고
서

2013

국
토
교
통
부

국토교통과학기술진흥원

Land Infrastructure and Transport R&D Report

건설교통연구기획사업 제1차년도 기획보고서

2013-도시건축기획-A02

이동과 재사용이 가능한 모듈러 건축기술개발 및 실증연구 기획 기획보고서

본과제 제안명 : 모듈러 건축 중고층화
및 생산성 향상기술 개발

2013 . 11 . 30 .

주관연구기관 / 포항산업과학연구원
공동연구기관 / 한국건설기술연구원
아주대학교

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원) 귀하

이 보고서를 “이동과 재사용이 가능한 모듈러 건축기술개발 및
실증연구 기획” 과제의 기획보고서로 제출합니다.

2013. 11.

주관연구기관명 : 포항산업과학연구원

주관연구책임자 : 김 진 호

공동연구기관명 : 한국건설기술연구원

연구책임자 : 배 규 응

공동연구기관명 : 아주대학교

연구책임자 : 조 봉 호

보 고 서 요 약 서

[illegible]

요 약 문

I. 제목

: 이동과 재사용이 가능한 모듈러 건축 기술개발 및 실증연구 기획

II. 기획의 목적 및 필요성

1. 목적

□ 모듈러 건축공법 기술개발을 통해 국내외의 새로운 건설시장을 개척하고 건설산업의 획기적인 생산성 향상을 통해 중고층 규모 모듈러 공법 구현 기술 개발 및 해외시장 진출 기반 구축하여 장기적으로 건설산업의 경쟁력을 확보하고자 하는 목적

- 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발
- 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발
- 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술개발

2. 필요성

□ 건설산업 인력운영 구조의 패러다임 변화 필요성 대두

- 기존 현장채용 임시직 형태의 건설인력 고용구조를 공장채용 정규직 형태로의 개선을 통해 고용의 질 및 건설생산성 제고 가능
- 숙련된 건설인력 구인난 및 기존 전문 인력의 고령화
 - ※ 건설기능인력 수급 부족: 73천명(2010년)→145천명 (2013년)
- 건설 기능인력의 노무비 상승으로 인한 건설원가 부담 증가
 - ※ 2000년 이후 국내 생산자 물가 연평균 3~4% 상승, 건설노무비 5~7% 상승

□ 사회적, 자연적 환경변화에 따른 급속시공 및 공장제작 필요성 대두

- 건설행위에 대한 분쟁이 지속적으로 증가 → 건설공기지연 및 원가상승의 원인
- 건축물의 탄력적 수요대응 및 기존건물 재활용 필요성 대두
 - ※ 주요시장
 - * 재건축 재개발 사업 및 택지개발 지역에서의 임시주거
 - * 신도시와 같이 일시적 수요가 발생하는 교육시설
 - * 대외적인 환경에 따라 지속적으로 수요 변동이 발생하는 군시설
- 지구온난화에 따른 현장공사불능일수(폭염, 강우, 결빙) 증가

※ 서울지역 공사불능일수: 68일(1970년대) → 83일(1990년대) → 91일(2000년대)

□ 해외진출 건설사업의 사업다각화 및 수익성 강화 필요성 대두

- 실적위주의 저가수주 및 국내 기업들 간의 출혈경쟁으로 인해 해외사업의 사업성이 악화됨
- 해외사업 수주 중 국내에 재투자되는 비용은 국내기업의 일반관리비, 일부 노무비 수준으로 국내 경제 활성화에 대한 기여도가 떨어짐
- 모듈러 공법을 이용한 해외건설시장 확대로 국내 고용창출 및 건설자재/설비 시장 확대 가능



[그림 1-1] 기획연구의 비전 및 목표

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내동향

□ 국내 시장동향

- 국내의 모듈러 건축 시장은 3~4개의 중소 업체가 경쟁하고 있으며 학교시설, 군 시설 등의 시장 위주로 4층 이하의 저층 모듈러 건축물위주로 연간 1,000억 원 내외의 시장이 형성되고 있음.
- 최근 해외 노무자숙소 중심으로 해외 수출실적을 일부 보유하고 있음 (괌 미군 기지 노무자숙소, 러시아 엘가탄전 노무자숙소, 호주 로이힐 탄전 노무자숙소)
- 만혼, 혼인율 하락, 이혼율 증가에 따른 가구분화 심화와 고령화에 따른 노령 1인 가구의 증가로 소형주택 수요가 지속적으로 증가하고 있음.

□ 용도별 적용성

- 주택분야는 일정기간 사용 후 이동 및 재사용이 필요한 분야, 동일한 모듈의 반복 생산으로 인한 경제성 확보가 필요한 분야, 공기단축을 통해 사업성 확보가 가능한 분야, 도심지 토지임대부 주택 분야에서 향후 시장 확대 전망
- 공공분야는 이동 및 재사용이 필요한 군시설 및 교육시설, 방학 중 급속시공 수요가 있는 학교시설 등에 적용이 확대되고 있으며, 대량 생산을 통한 공사비 절감이 이루어지는 경우 추가적인 수요 증가 가능.
- 민간분야는 중소형 비즈니스 호텔이나 리조트 등 동일 모듈이 반복 사용되는 분야에 적용 가능함. 다양한 비즈니스 모델을 통해 민간의 창의력이 발휘되는 새로운 시장이 창출될 수 있을 것으로 기대됨.
- 수출용 모듈러 시장은 러시아 극동지역, 중동지역, 동남아시아, 호주, 아프리카, 중남미지역, 남극 등 다양한 지역에서 기술 수요가 증가하고 있음.
- 대부분의 모듈 수출지역은 현지에서 자재나 인력 등을 조달하기 어려운 경우가 대부분임. 현지에서 모듈 조립이 가능한 경우 국내에서 자재를 생산하여 수출한 후 현지 공장에서 조립, 공급하는 현지화 전략도 구사가 가능함.

2. 국외동향

□ 해외 시장동향

- 영국은 2007년을 기준으로 약 4.2조원 규모의 모듈러 건축시장이 형성되어 있음. 영국은 전후 복구를 위해 최초로 모듈러 공법을 상업적으로 적용하였으며, 90년대 이후 엔지니어링 기술 향상과 더불어 시장이 성숙기에 접어든 상황임
- 영국외에도 유럽의 많은 나라들이 모듈러 공법을 적극적으로 도입하고 시장규모도 크게 형성되어 있는 상황임. 특히 유럽의 모듈러 업체들은 진보된 기술력을 바탕으로 모듈러 공법을 이용한 해외수출실적을 다수 보유하고 있으며 러시아 지역의 병원(독일), 자원개발지(다수), 미국 초고층 모듈러(북유럽) 등에서 많

은 공급실적을 보임.

- 미국은 2011년 기준 약 5.5조원 규모의 모듈러 건축 시장이 형성되어 있으며 의료시설, 대학기숙사, 제조시설, 저층건물, 공공건물 등에서 모듈러 건물의 높은 사용도를 보이고 있음. 최근들어 뉴욕 맨하탄의 모듈러 숙소 공급 및 모듈러 공법을 이용한 세계 최고(最高)의 32층 건물 계획등으로 화제가 되고 있음.
- 일본은 연간 100~120만호의 주택 중 12~15만 호가 프리패브 공법으로 시공되고 있음. 프리패브 주택의 경우 타 공법에 비하여 비싼 편이지만 공기가 현저히 짧고 소비자의 만족도가 높게 나타나고 있음.
- 호주는 2011년 기준 3,300억원 규모의 시장이 형성되어 있으며 저소득층 및 노숙자 등 사회적 소외계층을 위한 공공임대주택과 극오지 자원개발을 위한 노무자 숙소 위주로 사업이 진행되고 있음.

□ 유럽 모듈러 시장 성숙요인

- 전후 복구를 위해 시작된 유럽의 모듈러 공법이 성숙된 시장과 기술력을 확보한 요인은 다음과 같이 정리할 수 있음
- 다양한 시장확대: 민간주택, 임대주택, 교육시설, 의료시설, 판매시설 등 다양한 분야에서 모듈러 공법을 적용하여 만족할 만한 품질의 건축물을 공급하고 있음.
- 공기단축 및 품질: 기후 및 계약 문제 등으로 인한 불확실성의 해소 방안으로 모듈러 공법에 대한 수요가 증가하였음
- 최신기술의 개발: 장스팬모듈의 개발, 디자인기술 향상, 고층화 기술 향상, 설비 일체화 모듈 공급 등으로 인해 적용 가능한 건축물의 범위가 넓어지고 있음.
- 도심지 공사 증가: 도심지 공사에서 발생하는 소음, 분진, 교통문제 등에 대한 해결책으로 모듈러 공법이 주목받고 있음.
- 친환경성: EU지역의 Building Regulations Part L에서 건축공사에 의한 CO2배출량을 규제하고 있으며 정부의 주택정책 중에서도 단열성능, 재활용율 등 친환경적인 건축공법에 대한 지원이 증가하고 있음.

3. 환경분석

□ 공업화주택 촉진

- 국토교통부의 주요 정책 중 ‘서민에게 적합한 실용주택’, ‘임대단지 여유부지에 임대주택 건설’, ‘해외건설 5대 강국 진입’, ‘청년층 주거지원 강화’, ‘주택건설공급 활성화를 위한 규제 완화’ 등은 공통적으로 모듈러 건축 시스템을 활용한 소형주택을 활용하여 정책목표 달성이 가능함.
- 국토교통부는 위와 관련하여 모듈러 주택의 활성화를 위해 기존 공업화주택 인정제도를 개정하였음.

□ 환경부하 저감에 대한 사회적 요구

- 국무총리실의 정강정책에 따르면 녹색성장시대 대응 Zero Emission 건설 기술개발을 목표로 함. 2010년 제정된 저탄소 녹색성장 기본법에 의하여 2050년까지

세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 3대 전략 및 10대 정책방향을 운영중임.

- 공장제작이 주를 이루는 모듈러 건축기술은 건축 구조체 및 부품의 재활용 및 재사용을 기본 개념으로 설정하고 있어 건축 폐기물을 최소화 할 수 있는 자원 순환형 건설이 가능함.

□ 이동 및 재사용 가능한 건축물에 대한 수요증가

- 국방부는 군구조개편에 따라 향후 일반 사병은 감소하고, 부사관 및 장교 등은 증가할 것으로 예상되어 현재 신축되는 시설물 중 상당 수는 향후 변화하는 수요에 맞춰 해체 후 이동, 재사용할 필요가 있음.
- 학교시설은 매년 학생수의 감소에 따라 공실율이 증가하는 추세임. 경기도 교육청에 따르면 최근 5년간 경기도내 각 학교에 공실이 1,300여개 발생하였으며, 반대로 세종시 등에서는 정부종합청사와 아파트등이 입주하였지만 학교시설 부족이 문제로 대두되고 있음.

□ 임시주거시설에 대한 수요증가

- 재난구호주택 및 재건축 재개발시 발생하는 임시주거시설에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있으며 국토교통부, 소방방재청 등의 유관부서에서는 공급 방안을 모색 중임.
- 지구상의 유일한 분단국가라는 국가적 현실에 비추어볼때 정치적 혹은 경제적 통일에 대비한 주거시설의 대규모 공급이라는 차원에서도 모듈러 공법의 강점이 드러날 수 있음.

□ 해외시장에서의 수요 증가

- 중동 및 남미지역에서의 사회공공임대주택 보급사업, 자원개발지의 노무자 숙소 조성 사업 등 사회 기반시설로서의 모듈러 공법 적용가능성 제고.
- 저개발국의 병원이나 학교 등의 시설물 지원과 해외 재난 발생시 구호주택 등 다양한 형태의 모듈러 건축 수요 발생

IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 기획범위 및 추진방법

□ 이동 및 재사용이 가능한 모듈러 건축기술개발 기획의 범위

- 적용용도: 국내외 주거시설, 공공시설(의료시설, 교육시설 등), 임시주거시설(노무자숙소, 구호주택, 통일대비 시설)
- 적용재료: 강재, PC, 목재 등 사용가능한 모든 재료 적용 검토
- 본 기획과제는 모듈러 건축시스템을 주거시설(임시 주거시설 포함) 및 공공시설에 적용하는데 있어 기술의 완성도를 제고하고자 설계 및 엔지니어링 기술, 공장제작 최적화 기술, 현장시공 효율화 및 재사용성 기술이라는 세 가지 기술아이템별 시장요구 도출 및 개발기술선정의 과정을 진행함. 본 기획과제에서 선정한 기술아이템은 국내외 시장에서 모듈러 건축시스템의 기술경쟁력을 강화하고자 하는 목적으로 선정되었으며, 모듈러 건축시스템의 구현을 위해 고려 가능한 모든 건축 재료를 포함하고 있음.
- 또한 본 기획과제에서는 모듈러 건축 시스템의 국내외 적용성을 개선하기 위한 정책개선 및 실증사업의 내용을 포함함. 정책개선은 인증시스템 개발, 발주 및 계약시스템 개발의 내용으로 구성되어 있음. 실증사업의 경우 요소기술 단위의 적용으로 현장 적용 가능성을 높이고, 개발기술의 완성도 제고 및 향후 시장경쟁력 강화를 도모하고자 함

□ 기획추진 절차 및 방법

(1) 1단계: 기술개발 전략 수립

- 동향조사(기술 및 시장동향 분석)
- 환경분석(정책 및 경제환경분석, 기술환경분석)
- 정책 및 기술개발방향 설정(SWOT 분석, 5 Forces 분석, Issue Tree 작성)
- 비전 및 목표 수립, TRM 작성 및 제시

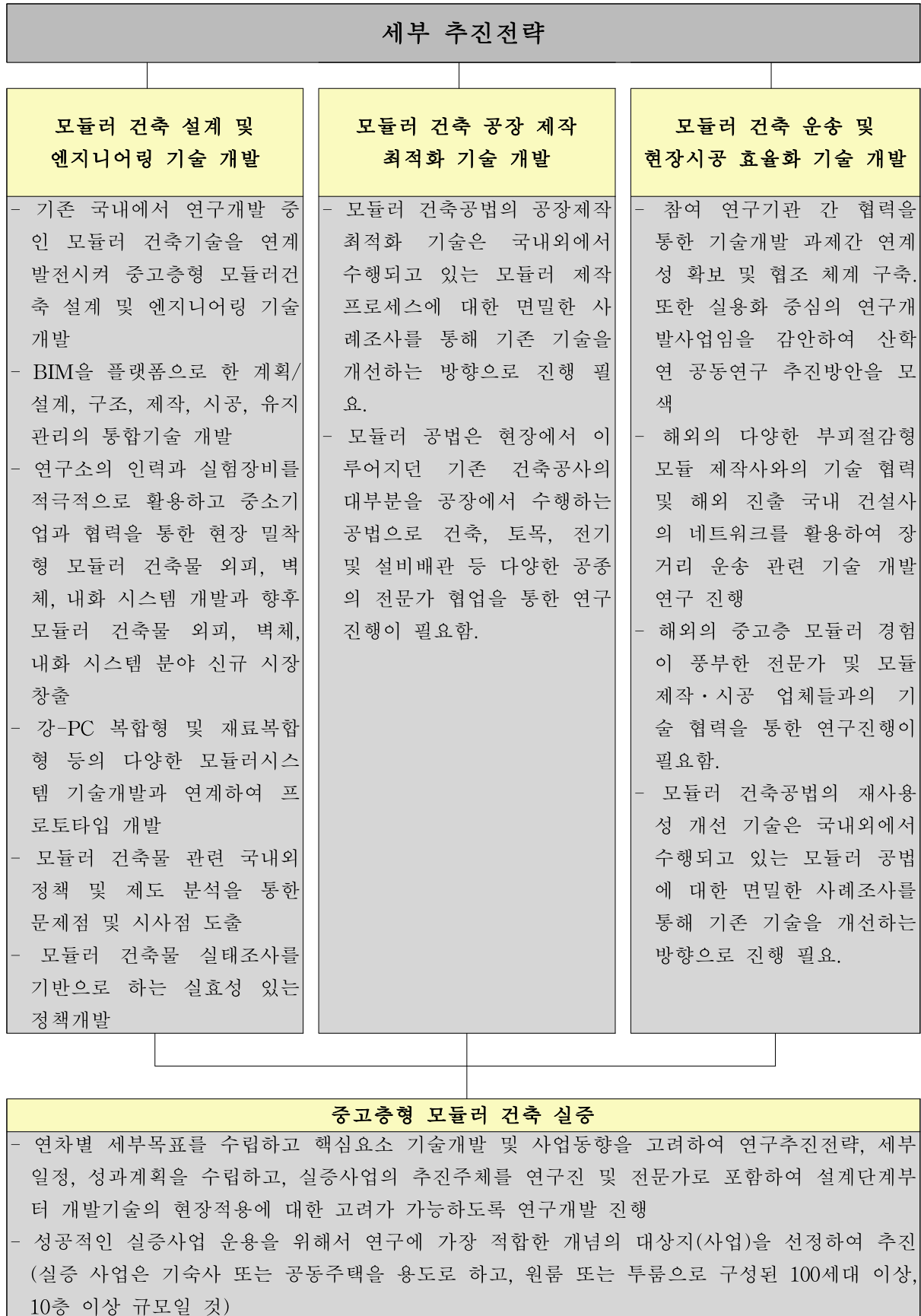
(2) 2단계: 연구개발과제 우선순위 도출

- QFD(Quality Function Deployment)를 이용한 우선순위 도출
- 후보과제간 연관성 및 중복성 검토
- 최종 연구개발 후보과제 과제카드 작성

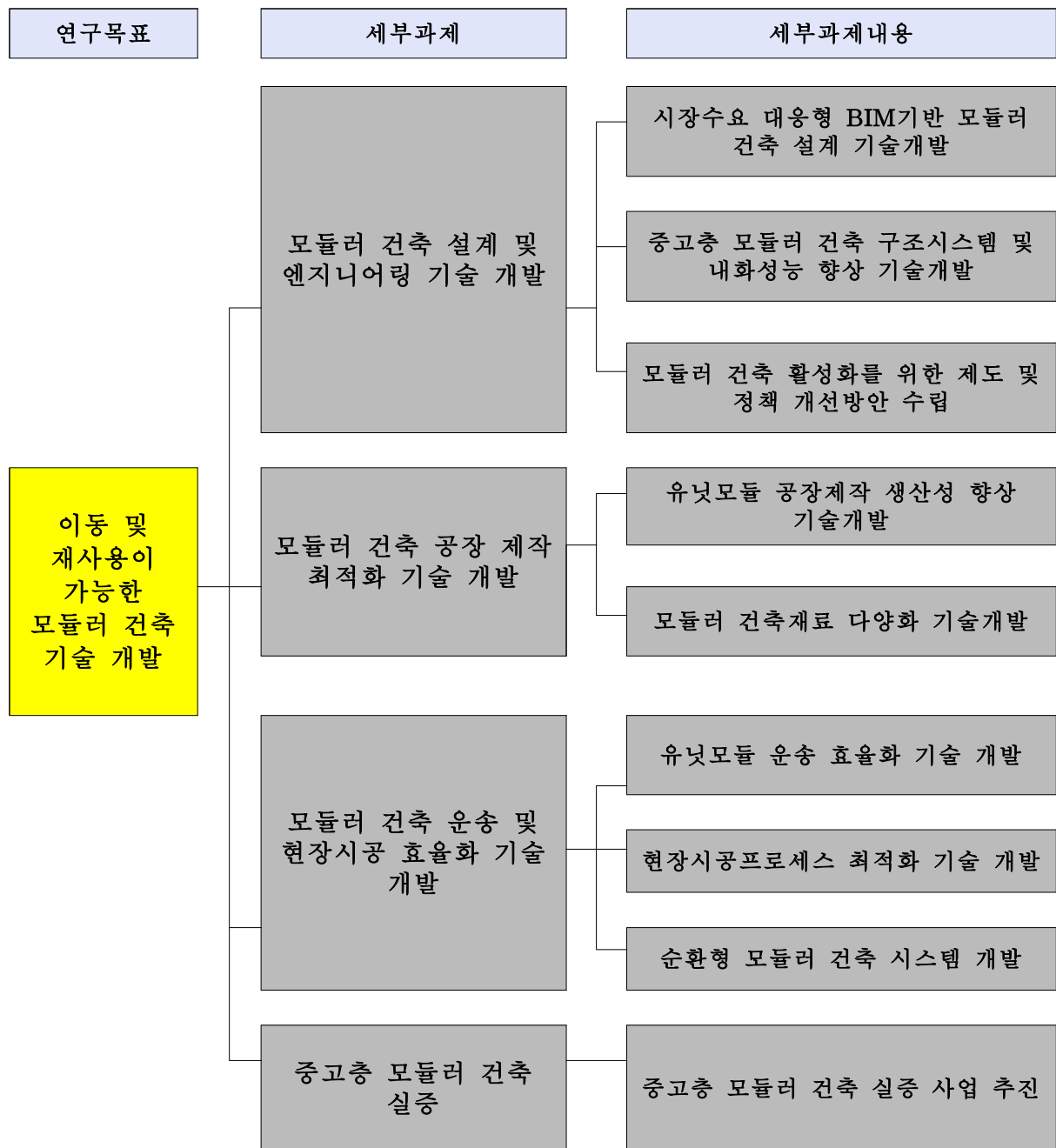
(3) 3단계: 연구개발 과제별 기획

- 연구개발 과제별 기획 (연구목표, 내용, 추진전략, 성과물, 소요예산)
- 사전타당성검토 (정책적/기술적/경제적)
- RFP작성 및 평가기준 설정

2. 추진전략



3. 추진체계



V. 사전타당성 검토

1. 기술적 타당성 분석

☐ 기술개발 계획의 경우 사업 목표와 내용이 구체적이고 사업추진전략이 적절하게 도출됨

- 기획연구의 비전 및 목표가 구체적으로 제시하고 설정근거를 타당하게 제시하였으며 연구개발과제의 도출 프로세스와 세부과제의 개념, 범위, 연계관계에 대해 구체적으로 서술하였음
- 기술개발로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 상세히 작성

☐ 기술수준 및 성공가능성의 경우 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인 프라 분석을 통해 구체적인 분석이 이루어 졌음

- 보유기술수준, 기술개발 역량 및 잠재력 등을 동향분석 및 기술수준조사를 통해 수행하였으며 국내외 선진국 수준을 비교분석 하였음
- 세부과제별로 기술적 위험요인을 사전 정의하고 이를 대응하기 위한 연구개발 추진전략을 수립하여 기술개발 성공가능성을 높이하고자 함

☐ 기존사업과의 중복성의 경우 각 세부과제별 유사과제에 대해 연계가능성 및 고도화 방안을 통해 차별화 방안을 제시함

2. 정책적 타당성 분석

☐ 국가전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성의 경우 정책적/국토개발정책적 중요성, 정부지원 타당성 및 관련 국가 상위계획에 대해 타당하게 서술하였음

☐ 사업추진의지 및 위험요인의 경우 본 사업과 관련한 국토교통부의 관련사업 추진의지에 대해 기술하고 사업추진상의 위험요인과 이에 따른 대응방안에 대해 기술하였음

3. 경제적 타당성분석

☐ 비용/편익분석 결과는 시나리오법을 이용하여 보수적, 중립적, 낙관적 데이터를 산출한 결과 1.31 ~ 7.37의 범위로 기술개발의 경제적 타당성은 높은 수준임

목 차

1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1절. 기술의 정의 및 필요성	1
1. 기술의 정의 및 필요성	1
2. 세부과제별 기술정의	5
2절. 기술분류 및 내용	8
1. 기술분류	8
2. 기술내용	9
2장. 국내외 동향 및 환경 분석	12
1절. 국내외 정책동향	12
1. 국내 정책동향	12
2. 국외 정책동향	16
2절. 국내외 시장현황 및 전망	27
1. 국내 시장현황	27
2. 국외 시장현황	36
3. 시장전망	48
3절. 기술동향분석	56
1. 기술분류 및 정의	56
2. 특허동향분석	62
3. 논문동향분석	78
4. 기술수요 도출	94
4절. 유사과제 분석	114
5절. 종합분석	116
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	118
1절. 비전 및 목표	118
1. 기획연구의 최종 비전 및 목표	118
2. 단계별 목표	120
2절. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표	121
1. 핵심기술요소(CTE)도출	121
2. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표	124
3절. 기술개발에 따른 미래상	125
1. 현황 및 미래상	125
2. 기술개발 전략 및 효과	129
4절. 연구개발과제 구성	133
5절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략	138
6절. 세부과제 간 연계관계	143

7절. 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	145
8절. 성과의 활용방안	149
9절. 연구수행체계 제안	154
 4장. 사전타당성 검토	155
1절. 정책적 타당성	156
2절. 기술적 타당성	163
3절. 경제적 타당성	180
4절. 종합분석	198
 5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정	203
1절. 전체사업 소요예산	203
2절. 세부과제별 소요예산	204
 6장. 과제 제안요구서	216
1절. 과제 제안요구서(RFP)	216
2절. 평가기준 설정	303
 참고문헌	310

그림목차

[그림 1-1] 모듈러 건축 시스템의 이동 및 재사용 기준에 따른 기술분류	2
[그림 1-2] 모듈러 건축시스템 적용 필요성 대두	4
[그림 2-1] 주택 등 건설산업이 향후 적극 대처해야할 분야	13
[그림 2-2] 국제 구호주택 사례	15
[그림 2-3] 영국의 모듈러 주택과 기존주택의 성능 비교	16
[그림 2-4] 영국 주택의 가구원수 변화 예측	17
[그림 2-5] 영국 정부의 주택시장 활성화 정책	18
[그림 2-6] 국내 모듈러 건축 시장의 확대 과정	27
[그림 2-7] 국내 업체별, 유형별 시장 현황, 2010년	27
[그림 2-8] 국내 건설수주 동향(2001~2012)	28
[그림 2-9] 주택 유형별 건설실적(2004~2012)	28
[그림 2-10] 층수별 건축물 현황(2004~2012)	28
[그림 2-11] 주택 재건축 사업의 기존주택 수(2001~2012)	29
[그림 2-12] 재해로 인한 주택피해 지원 현황(2001~2012)	29
[그림 2-13] 학령인구 변동 전망	30
[그림 2-14] 동탄 1기 신도시(입주 완료) 학령인구 추계	31
[그림 2-15] 동탄 2기 신도시(미입주) 학령인구 추계	31
[그림 2-16] 영국 모듈러 건축 시장의 확대 과정	36
[그림 2-17] 영국의 유형별, 용도별 모듈러 건축 시장 분석	36
[그림 2-18] 건물 유형 별 모듈러 건축물 시장 분포	38
[그림 2-19] 프로젝트 참여자 별 모듈러 건축물의 사용 빈도	38
[그림 2-20] 모듈러 시스템의 공사비용 절감 효과 분석	39
[그림 2-21] 일본 프리페브 주택 건설실적 비율	40
[그림 2-22] 일본 프리페브 주택 재료별·용도별 공급현황	40
[그림 2-23] 공업화주택과 전체 주택평균의 총공사비 및 공사비 단가	41
[그림 2-24] 공업화주택과 전체 주택평균의 건축공사기간	41
[그림 2-25] 호주와 월드베스트의 모듈러 사업 성공요소 비교	42
[그림 2-26] 호주의 기존 건설공법과 모듈러 공법에 의한 공기 비교	42
[그림 2-27] 인구 및 가구구조변화에 따른 소형주택 수요증가 전망	48
[그림 2-28] 1인가구 증가 현황	48
[그림 2-29] 임대 현황	49
[그림 2-30] Bass 모형에 의한 모듈러 시장 예측 결과	51
[그림 2-31] ARIMA 모형에 의한 모듈러 시장 예측 결과	51
[그림 2-32] 한국의 ODA규모(출처. 대외경제협력기금 ODA통계)	53
[그림 2-33] KOICA의 분야별/지역별 예산(출처. KOICA 통계자료)	53
[그림 2-34] 관련 특허의 출원동향	65
[그림 2-35] 연도별 국가별 출원현황	66

[그림 2-36] 일본 출원인별 분류	66
[그림 2-37] 미국 출원인별 분류	67
[그림 2-38] 유럽 출원인별 분류	67
[그림 2-39] 최근 5년 모듈러건축 연구동향 및 향후전망	68
[그림 2-40] 분야별 모듈러건축 연구동향 및 주요연구주제	68
[그림 2-41] 용도별 모듈러건축 연구동향	68
[그림 2-42] BIM기반 모듈러 제작도면 및 물량산출 기법	68
[그림 2-43] Lean construction을 이용한 Production management	69
[그림 2-44] 영국의 고층 모듈러빌딩 Victoria Hall, Wolverhampton	69
[그림 2-45] 용도별 과제제안 분석	70
[그림 2-46] 시장별 과제제안 분석	70
[그림 2-47] 일본 특허 주요출원인별 출원현황	71
[그림 2-48] 연도별 주요출원인 현황	71
[그림 2-49] 기술분류별 특허현황(일본)	72
[그림 2-50] 유럽특허 연도별 출원건수 현황	73
[그림 2-51] 유럽특허 연도별 출원건수 현황(누적 그래프)	73
[그림 2-52] 미국특허 연도별 출원건수 현황	74
[그림 2-53] 미국특허 연도별 출원건수 현황(누적 그래프)	74
[그림 2-54] 유럽과 미국 특허 연도별 출원건수 현황 비교	74
[그림 2-55] 유럽특허 주요출원인별 출원현황	75
[그림 2-56] 미국특허 주요출원인별 출원현황	75
[그림 2-57] 기술분류별 특허현황(유럽 및 미국)	76
[그림 2-58] 최근 5년 모듈러건축 연구동향 및 향후전망	78
[그림 2-59] 분야별 모듈러건축 연구동향 및 주요연구주제	79
[그림 2-60] 용도별 모듈러건축 연구동향	80
[그림 2-61] BIM기반 모듈러 제작도면 및 물량산출 기술	80
[그림 2-62] Lean construction을 이용한 Production management	81
[그림 2-63] 영국의 고층 모듈러빌딩 Victoria Hall, Wolverhampton	81
[그림 2-64] 용도별 과제제안 분석	98
[그림 2-65] 대상 시장별 과제제안 분석	98
[그림 3-1] 기획연구의 비전 및 목표	118
[그림 3-2] 세부과제 간 연계성	143
[그림 3-3] 모듈러건축 프로세스 및 연구내용의 구성	144

표목차

[표 2-1] 학령인구 변동 전망	30
[표 2-2] 2010년~2014년 학교 신설 수요	30
[표 2-3] 택지개발지구 입주시기별 학령인구	31
[표 2-4] 영국 모듈러 건축 시장의 성공 요인 분석	37
[표 2-5] 해외 개발사업 수주추이	54
[표 2-6] 우리 기업의 주요 해외 도시 추진현황	54
[표 2-7] 구조재료 및 재사용 여부에 따른 모듈러 건축 시장의 유형 분류 및 특성	56
[표 2-8] 적용 용도에 따른 모듈러 건축 시장의 유형 분류 및 특성	57
[표 2-9] 구조 형식에 따른 모듈러 건축 시장의 유형 분류 및 특성	58
[표 2-10] 국가별 사용 DB 및 검색 범위	62
[표 2-11] 선행기술 검색식	63
[표 2-12] 국가별 최종 검색건수	63
[표 2-13] 주요 기술분류 및 세부내용	64
[표 2-14] 관련 국제특허분류	64
[표 4-1] 사전타당성 분석의 틀	155
[표 4-2] 유사과제 리스트	176
[표 4-3] 본 연구의 차별성	176
[표 4-4] Bass 모형을 이용한 시장규모 예측	182
[표 4-5] 경제성 분석을 위한 편익 흐름표(1)	184
[표 4-6] 경제성 분석을 위한 편익 흐름표(2)	185
[표 4-7] 시나리오별 분석결과	186
[표 4-8] 시나리오별 분석결과	186
[표 4-9] 시나리오별 분석결과	187
[표 4-10] 시나리오별 분석결과	188
[표 4-11] 시나리오별 분석결과	188
[표 4-12] 시나리오별 분석결과	189
[표 4-13] 시나리오별 분석결과	189
[표 4-14] 민감도 분석결과	190
[표 4-15] 민감도 분석결과	191
[표 4-16] 모듈러 사업의 편익을 기반으로 한 고용유발효과	193
[표 4-17] 모듈러 사업의 편익을 기반으로 한 생산유발효과(국내)	194
[표 4-18] 모듈러 사업의 편익을 기반으로 한 취업유발효과	195

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의 및 필요성

1. 기술의 정의 및 필요성

가. 기술의 정의

- 모듈러 건축 시스템이란 공기단축, 건축물의 이동 및 재사용, 공사비 절감을 목적으로 공장에서 생산한 건축 모듈을 현장에서 조립하여 설치하는 건축 시스템 및 시공 방법을 의미함. 모듈러 건축 시스템은 공장에서 제작된 요소부재를 현장에서 설치하는 프리패브(prefabrication) 공법의 일종임.
- 모듈러 건축시스템은 건축 모듈의 정의방법, 주요 구성재료, 건축물의 용도에 따라 여러 가지 구분이 가능함. 건축 모듈의 정의에 따라 유닛 모듈러 공법, 패널화 공법, 유닛 모듈-패널 복합공법으로 구분할 수 있음. 주요 구성 재료에 따라서는 강재, PC, 목재 및 기타 신소재 등으로 구분할 수 있음. 모듈러 건축시스템의 적용 용도는 기존 건축물이 적용되는 거의 모든 분야를 대상으로 할 수 있으나, 현재 국내에서는 군시설, 교육시설, 업무시설을 주요 적용대상으로 하고 있음. 모듈러 건축 시장이 크게 형성되어 있는 해외 선진 시장에서는 위 용도 이외에 주거시설, 의료시설, 판매시설, 감호시설 등에도 폭넓게 적용되고 있음.
- 모듈러 건축물의 이동 및 재사용을 기준으로 하여 이동 및 재사용을 고려하지 않은 정주형(Permant) 건축물, 1~2회 정도 해체 후 재사용을 고려하는 이동 가능 정주형(Re-locatable) 건축물, 임시 건축물로 적용되는 이동형(Portable/Mobile) 건축물로 구분하고 있으며 각 시스템의 특징은 [그림 1-1]과 같이 정리할 수 있음. 위와 같은 구분은 모듈러 건축 시스템 개선을 위한 개발 기술 및 적용 시장별 분류에 유의한 기준으로 작용할 수 있음.
- 일반적으로 모듈러 건축물의 구성절차는 ‘사업기획 및 발주-설계-모듈 공장제작-운송-현장설치’의 단계로 이루어짐. 본 기획과제에서는 개발 기술의 효과적 운용을 위해 위의 각 단계별로 개발필요성 및 시급성이 큰 과제를 도출하였음.
- 또한 본 기획과제에서는 모듈러 건축 시스템의 국내외 적용성을 개선하기 위한 정책개선 및 실증사업의 내용을 포함함. 정책개선은 크게 모듈러 공법의 성능인증, 발주방식 및 계약시스템 등에 대한 내용으로 구성되어 있음. 실증사업의 경우 개발기술의 요소기술 단위로 적용성을 검토하는 pilot testbed 수준의 기술검증을 기획하였음.

모듈러 건축 시스템(Modular Building System)

: 공기단축, 건축물의 이동 및 재사용, 공사비 절감을 목적으로 공장에서 생산한 건축 모듈을 현장에서 조립하여 설치하는 건축 시스템 및 시공 공법

정주형 (Permanent) 모듈러 건축	이동 가능 정주형 (Semi-permanent or re-locatable) 모듈러 건축	이동형 (Portable or Mobile) 모듈러 건축
□ 영구 건축물 용도로 사용 □ 외부 마감 및 설비 등은 현장에서 설치 □ 공장제작율: 50 ~ 60 % □ 적용 시장: 고층 주거, Office	□ 준 영구 건축물 □ 1~2회 정도 해체 후 재사용 가능 □ 공장제작율: 60 ~ 80 % □ 적용 시장: <u>중저층</u> 주거, 교육, <u>군시설</u>	□ 여러 번 재사용 가능 □ 마감재와 전기/설비 등 대부분을 일체화하여 공장제작 □ 공장제작율: 80 ~ 100 % □ 적용 시장: 해외수출, 재해복구

[그림 1-1] 모듈러 건축 시스템의 이동 및 재사용 기준에 따른 기술분류

나. 기술의 필요성

□ 건설 산업의 패러다임 변화 필요성 대두

- 대표적인 고용창출 산업으로 불리는 건설업은 대규모의 인력고용효과를 유발할 수 있음. 하지만 건설 산업의 인력고용구조는 대부분 임시직 형태의 현장채용 형태로 형성되어 있으며 양질의 일자리를 제공하지 못하고 있는 실정임. 모듈러 건축공법의 대부분의 공정이 공장에서 이루어지는 특징에 따라 임시직 형태의 현장노동자를 정규직 형태의 공장 노동자로 전환하여 고용의 질을 개선하고 노동생산성을 제고할 수 있음.
- 건설현장에서 필요성이 큰 건설기능인력의 경우 3D업종 기피와 더불어 국내 건설 인력의 고령화 및 전문인력의 인력난이 심해지고 있는 상황임. 건설근로자공제회의 고용개선 2차 기본계획에 따르면 현장에서의 기능인력 부족분(연인원 기준)은 2010년 7만3천명에서 2013년 14만 5천명으로 대폭 상승할 것으로 예상되고 있음.
- 건설 인력 구인난과 더불어 현장 기능인력의 노무비도 가파르게 상승하고 있음. 한국은행의 물가정보자료에 따르면 2000년 이후 국내 생산자 물가는 연평균 3~4% 정도 상승한 반면 건설노무비는 연평균 5~7% 상승하여 건설 산업의 원가상승 요인으로 작용하고 있음.

□ 사회적 자연적 환경변화에 따른 급속시공 필요성 대두

- 최근 삶의 질 향상 및 생활권에 대한 인식이 증가함에 따라 건설행위에 대한 분쟁이 지속적으로 증가하는 추세임. 교통체증 및 환경문제 유발이 우려되는 대형 건설현장 뿐만 아니라 소형 건설현장에서도 소음 및 분진 등의 문제로 현장공사에 대한 분쟁이 늘어나는 추세이며, 이와 같은 현상은 현장공기지연 및 기타 비용의 증가로 현장 공사비용의 증가로 연결됨.
- 건물의 용도별 탄력적 수요대응을 통한 비용절감을 위해 기존 건물의 이동 및 재사용에 대한 수요가 증가함. 재건축 재개발 사업 및 택지개발 지역에서의 임시주거, 신도시와 같이 일시적 수요가 발생하는 교육시설, 대외적인 환경에 따라 지속적으로 수요 변동이 발생하는 군시설 등에서 기존 시설물의 이동 및 재사용에 대한 수요가 증가하고 있으며 모듈러 건축공법은 위와 같은 기술수요에 효과적으로 대응 가능한 공법임.
- 지구온난화에 따른 기후 변화에 따라 현장 공사 불능일수가 지속적으로 증가하고 있음. 이는 공사기간지연 및 그에 따른 금융비용의 증가를 유발함. 서울시연구원에서 발간한 서울시 기상이변에 대한 고찰과 분석(2011)에 따르면 1970년대 폭염, 강우, 결빙 등으로 인해 공사불능일수가

연간 68일 정도로 추정되고 있음. 기후 변화에 따라 이 숫자는 지속적으로 늘어 1990년대 83일, 2000년대 91일로 관측되었음. 이와 같은 자연환경의 변화에 따라서 현장공사의 공장제작화에 대한 필요성이 대두되고 있음.

□ 해외진출 건설 사업에서의 수익성 강화 필요성 대두

○ 최근 국내 주택경기의 부진과 더불어 국내 건설 회사들의 해외진출이 활발하게 이루어지고 있음. 주거시설, 업무시설, 호텔, 플랜트 등 다양한 분야에서 해외수주가 이루어지고 있으나 실적위주의 저가수주로 인해 사업성이 악화되고 있는 실정임.

○ 위와 같이 수주된 해외 사업의 경우 국내 기업에서의 일반관리비 및 일부 노무비를 제외하고는 국내에서의 고용창출효과 및 건설자재 등의 시장확대 효과를 기대하기 어려운 실정임. 모듈러 건축 공법의 경우 국내에서 생산된 자재를 조립하여 제품형태로 수출하게 된다는 점에서 위와 같은 고용창출 및 시장확대 효과 구현이 가능함.



[그림 1-2] 모듈러 건축시스템 적용 필요성 대두

2. 세부과제별 기술정의

가. 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

- 모듈러 건축 BIM: 최근 일반 건축공사에서도 각 부재의 정보를 library화하여 관리하고자 하는 BIM의 도입이 활발히 이루어지고 있음. BIM의 적용은 물량산출 및 공사 프로세스의 예측, 공사간 발생 가능한 공정간, 부재간의 간섭을 미리 예측하여 회피할 수 있는 장점을 지님. 모듈러 공법의 경우 공장에서 여러 부재가 조립되어 유닛 모듈 형태로 제작되어 현장으로 운송된다는 점에서 BIM을 효율적으로 적용할 수 있는 공법임.
- 모듈러 건축 BIM 통합 설계 시스템 개발 : 모듈러 건축의 Project life Cycle상 요구되는 설계, 생산, 시공, 유지관리 정보를 통합적으로 관리하기 위한 Virtual 환경 기반 시스템을 개발함. 또한 사업비 검토와 사업기간 및 사업리스크 예측 등 사업관리 업무 효율을 가능케 하는 모듈러 프로젝트 맞춤형 통합 사업관리 시스템 개발.
- 시장수요 대응형 설계기술: 다양한 니즈에 대응할 수 있는 BIM 기반 용도별 모듈러 건축 설계기술을 의미하며, 표준설계도서 작성 기준 포함.
- 모듈러 건축성능 향상기술 개발은 공장생산 기반으로 제작·조립되는 건식 타입의 모듈러 건축물이 습식공법에 비해 취약할 수밖에 없는 열환경, 음환경의 개선과 내화성능의 향상을 통해 안전하고 정온한 환경은 확보하는데 있음.
- 성능기반 내화설계: 성능기반 내화설계란 화재시 건물에 요구되는 성능에 따라 부재의 위치별, 형상별로 다른 내화성능을 적용하는 내화설계법을 의미함. 이와는 반대로 건물의 층 수 및 용도, 부재에 따라 일괄적인 내화시간을 적용하는 현행 내화설계방법은 사양설계로 구분됨. 현행 모듈러 건축 시스템은 보, 기둥, 벽체, 바닥, 천장 등으로 구성되는데 모듈의 현장 설치 과정에서 각 부재가 중첩되게 되어 관련법령에서 정의하는 기존의 사양설계를 적용하는 경우 내화에 대한 과잉설계를 유발하게 됨.
- 모듈러 건축 고층화: 일반적인 영구 건축물과 동일한 용도로 사용되며, 외부 마감 및 전기/설비 등은 현장에서 설치하는 것이 일반적인 시스템임. (공장제작율 50~60% / 적용시장 : 중고층 주거시설, 업무시설, 상업 및 공공건축물).
- 중고층형: 모듈러건축물의 3대 난제(층간소음, 내화구조, 구조안전성) 중, 층수에 따라 기준이 변화는 내화구조성능을 기준으로 13층 이상을 중층으로 규정함. 고층은 현 기술수준의 최고수준인 24층(영국의 Wolverhampton 고층 모듈러 기숙사)을 뛰어넘는 것을 목표로 25층 이상으로 규정.
- 중고층형 모듈러 구조안전성 확보: 현재 국내 유닛 모듈러 시스템은 강구조로 국한되어 있고 다양한 작업환경과 하중에 대해 고려되지 못하고 있는 실정임. 이에, 기존 모듈러 공법의 개선 및 발전을 위해 모듈러 구조재료 및 구조형식(목조, PC, 세라믹, 유기재, 하이브리드 등)에 대한 다양화 기술을 개발하여 모듈러 건축 중고층화의 기반이 되는 방안을 제시함.

- 통합계약발주: 설계사, 건설사, 전문건설사(전기, 통신, 소방)로 분리 발주하는 방식이 아닌, 공업화주택을 하나의 제품으로 인정하여 설계, 시공, 전기, 소방, 설비 등 공종에 관계없이 통합발주 할 수 있는 방식.
- 모듈러 건축 성능기준 및 인정제도: 모듈러 건축물의 경우 대부분의 공정이 공장에서 이루어지는 제조업의 특징을 지니므로 균일한 품질관리가 유리한 장점을 지님. 제조업에서의 규격인증과 유사하게 공장에서 생산된 유닛모듈의 구조체, 단열성능, 차음성능 등에 대한 인정을 모듈러 건축 성능인정제도라 함. 수요자에게 제공되는 모듈의 성능에 대한 신뢰도를 높이고 개별 업체에서 제작하는 유닛 모듈의 품질 관리가 가능한 장점이 있음.

나. 2세부: 모듈러 건축 공장제작 최적화 기술 개발

- 공장제작 프로세스 최적화: 표준화된 모듈의 생산을 위해 국내에서는 기초적인 컨베이어 벨트 시스템이 적용되었으나, 보다 높은 생산성 향상 및 품질 개선을 위해서는 공장 제작 과정의 Activity를 분석하고, 각 Activity의 작업시간 및 선후행 작업 관계를 분석하여, 최적화된 공정별 작업 내용을 표준화함으로써, 시행착오의 오류를 제거하고, 제작 시간 단축, 품질 향상, 효율적인 공정관리 효과를 기대할 수 있음.
- 공장 제작도면 표준화: 교육시설, 군시설, 병원, 구호주택, 노무자 숙소 등 용도별 모듈러 건축의 표준 시스템 및 평면을 개발하고, 표준화된 시스템을 제작하기 위한 생산 공정별 제작 도면(shop drawing)을 표준화함으로써, 균일한 품질의 모듈러 건축 유닛이 효율적으로 생산될 수 있음.
- 공장제작율: 공장제작율은 건축물을 구성하기 위한 전체부재 중 공장에서 모듈화 되어 집적/제작되는 비율을 의미함. 공장제작율도 다양한 기준으로 산정가능하나 본 연구에서는 재사용율과 동일하게 노무비, 재료비를 포함하는 구성비용을 기준으로 함. 현재 국내 모듈러 건축물의 공장제작율은 40~50% 수준으로 파악되고 있으며 공장제작율의 개선은 현장 시공분의 감소에 따른 현장공기단축 및 향후 모듈 단위의 재사용시 재사용율의 개선과 직결되는 요소임.
- 습식 제작공정: 습식 제작공정은 현장에서 발생하는 습식공사와 유사한 개념으로 공장에서 발생하는 제작공정 중 물에 의해 응결·고결(固結)하는 재료를 사용하여 구체나 마감을 형성하는 공정을 의미함. 국내에서는 관습적인 주거특징 및 비용 등의 이유로 철근콘크리트 바닥판을 구성하는 습식 바닥공정이 제작공정에 편입되게 되는데, 이는 모듈의 전체적인 제작시간을 증가시키는 요인이 되어 습식 공정에 대한 효과적인 개선을 통해 전체 공정의 효율성 개선을 기대할 수 있음
- 설비집약형 모듈: 전기 및 배관설비가 공장제작단계에서 모듈에 설치되어 현장에서는 설비간 체결만으로 전체 건물의 설비공사가 마무리되는 형태의 모듈을 의미함. 현재 설비공사는 비용 및 계약관계등의 문제로 모듈 설치 후 현장에서 진행되는 경우가 대부분으로 설비공사의 현장 진행은

공장제작율의 저하 및 그에 따른 재사용율 저하, 공사기간 지연의 원인이 되어 모듈러 건축의 경쟁력 저하를 유발하는 큰 요인이 됨.

- 설비자립형 모듈: 기본적인 발전, 저장 설비를 포함하여 별도의 외부 인입 없이 일정기간 자립이 가능한 형태의 모듈을 의미함. 자연 재해시 긴급하게 공급되는 재난구호시설 혹은 기반시설 확보가 어려운 오지에 공급되는 시설에서 위와 같은 설비자립형 모듈에 대한 수요가 큼.
- 순환형 모듈러 건축: 순환형 모듈러 건축이란 일정 시간 사용된 모듈러 건축물을 모듈단위로 해체, 재생한 뒤 동일 혹은 다른 부지에 재설치하는 건축행위 및 운영시스템을 의미함. 이와 같이 모듈단위의 해체 및 재설치에 기반을 둔 순환형 모듈러 건축은 탄력적인 수요대응이 가능하고, 건설비용 및 환경부하등을 저감할 수 있다는 차원에서 효과적인 운영모델이 될 수 있음.

다. 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장 시공 효율화 기술 개발

- 유닛 모듈 운송 효율화 기술 : 해외 수출시 전체 공사비의 30% 정도를 차지하는 모듈러 운송비 절감을 위해 ISO 규격 화물운송 컨테이너 호환이 가능한 모듈러 시스템, 운송 부피를 절감할 수 있는 부품화 및 패널화 기술, Lift-up 모듈 및 Sliding 모듈 활용 기술이 요구됨. 또한 장거리 운송 및 양중 과정에 발생하는 포장시스템의 파손을 방지하기 위한 포장재 일체형 외장 시스템 개발이 본 연구에 포함됨.
- 현장 시공프로세스 최적화 기술 : 모듈유닛의 공장제작 단계뿐 아니라 운송 후 현장에서의 효율적인 시공프로세스는 모듈러 건축 시스템이 지닌 큰 장점인 공기단축 및 비용면에서 큰 상관관계를 갖음. 도심내 대규모 모듈러 건축물을 빠르게 공급하기 위해 현장설치과정에 포함되는 모든 시공프로세스(양중 계획, 안전, 장비 및 인력운용, 현장설치 효율성을 높인 접합시스템 등)를 세세하게 분석하여 중고층 모듈러 건축물 시공에 최적화된 시스템을 개발하는 연구가 다뤄짐.
- 순환형 모듈러 건축 시스템 기술 : 순환형 모듈러 건축 시스템은 모듈러 건축물의 장점인 재사용성을 활용하여 일정시간 사용 후 해체 및 재설치가 가능하도록 관련 요소 기술을 개발하는 것임. 해체 후 재설치시 기존 건축물과 동일한 형태로 이뤄질 수도 있고 수요처에 따라 변형된 형태로 구성도 가능함. 유닛 모듈의 재사용을 위해서는 모듈단위의 재사용과 모듈을 구성하는 component(벽체, 바닥, 골조 등) 단위의 재사용으로 나누어 생각할 수 있음. 본 연구에서는 모듈러 건축 해체 및 재설치 프로세스 개발과 해체 및 재설치를 고려한 접합시스템, 내외장 부재, 기초 및 주각 시스템 등을 다루게 됨.

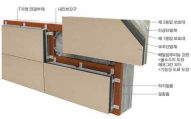
2절. 기술분류 및 내용

1. 기술분류

대분류		중분류	소분류
1	모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발	1 시장수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계기술 개발	1 모듈러 건축 국가 표준화 기술 개발
			2 용도별 모듈러 건축 프로토타입 개발
			3 모듈러 건축 BIM 통합설계 기술 개발
		2 모듈러 건축 환경 성능 향상기술 개발	1 모듈러 건축물 에너지성능 개선 및 기밀성 향상 기술개발
			2 모듈러 건축물 차음성능 향상을 위한 요소부재 개선기술 개발
		3 중고층 모듈러 건축 구조시스템 구현기술 개발	1 강-PC 복합형 모듈러시스템 개발
			2 재료복합형 프리패브리케이션 모듈러시스템 개발
			3 모듈러건축 대응 복합코어 및 Mega structure system 개발
			4 모듈러 건축 내화성능 향상 기술 개발
		4 모듈러 건축 활성화 위한 제도 및 정책 개선방안 수립	1 모듈러 건축 성능기준 및 인정제도 개발
			2 모듈러 건축물 통합발주 및 계약시스템 개발
		1 공장 제작용 제작 도서 작성 및 부품화 기술 개발	1 공장 제작도면(shop drawing) 표준화 기술 개발
			2 모듈러 건축 단위모듈 부품화 기술 개발
		2 유닛모듈 공장제작 생산성 향상 기술 개발	1 대량생산을 고려한 공장제작 프로세스 최적화 기술 개발
			2 제작 단계별 품질관리 기술 개발
			3 모듈러 건축용 바닥시스템 개발 및 습식 제작공정 최적화 기술 개발
			4 모듈러 건축용 설비시스템 개발
		3 모듈러 건축재료 다양화 기술 개발	1 시공성 개선을 위한 구조부재 다양화 기술 개발
			2 사용성 개선을 위한 내외장재 다양화 기술 개발
			3 불륨형 PC 모듈 제작기술 개발
3	모듈러 건축 운송 및 현장 시공 효율화 기술 개발	1 유닛모듈 운송 효율화 기술 개발	1 선제작 모듈 파손예방을 위한 육상운송 지침 개발
			2 운송부피 절감을 위한 확장형 모듈 시스템 (Lift-up 모듈, Sliding 모듈) 개발
			3 장거리 해상운송 비용절감을 위한 컨테이너 호환 모듈러 시스템 개발
		2 현장 시공프로세스 최적화 기술 개발	1 중고층형 모듈 시공프로세스 개발
			2 현장 양중계획 및 안전관리 기술 개발
			3 장비 및 인력운용 최적화 기술 개발
			4 현장설치 효율제고를 위한 접합장비 개발
		3 순환형 모듈러 건축 시스템 개발	1 모듈러 건축 해체 및 재설치 프로세스 개발
			2 재사용을 고려한 모듈간 접합시스템 개발
			3 재사용성 제고를 위한 모듈러 건축 내외장시스템 개발
			4 해체가능한 기초 및 주각시스템 개발

2. 기술내용

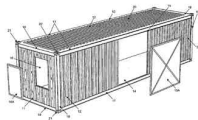
가. 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

중분류		기술내용
1-1	시장수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계기술 개발	○ 모듈러 국가 표준화 기술 개발 ○ 용도별(주거, 비주거, 상가, 공공건축물) 모듈러 건축 prototype 개발 ○ 중고층 모듈러 건축물 BIM 통합(계획/설계, 구조, 제작, 시공, 유지관리) 기술 개발  [중고층형 모듈러 건축물] [BIM 설계 정보화 개념도]  [BIM 부품 패밀리 구축 예]
1-2	모듈러 건축 환경 성능 향상기술 개발	○ 모듈러 건축물 에너지성능 개선을 위한 외피 및 기밀성 향상 기술 개발 ○ 중고층화 모듈러 건축물 요소부재 차움성능 향상 기술개발    [모듈외피시스템] [모듈설비시스템] [벽체차움실험]
1-3	중고층 모듈러 건축 구조시스템 구현기술 개발	○ 강-PC 복합형 모듈러시스템 개발 - 중고층화를 위한 강구조 기반 하이브리드 공법 개발 - 강-PC 구조 복합형 단위모듈러 및 접합부 개발 - 구조 복합화 형식(라멘, 벽식, 벽라멘, 패널 등) 및 구법 개발 ○ 재료복합형 프리패브리케이트 모듈러시스템 개발 - 초저가형 모듈러 건축을 위한 경량성, 내화성, 구조성능 향상 기술 개발 - 목조, 강, PC, 세라믹, 유기재료, 철목골 하이브리드 등 다양화 기술 개발 - 복합단면 부재 및 시스템 구조 성능 평가 ○ 모듈러건축 대응 복합코어 및 Mega structure system 개발 - 구조형식 복합형 횡력저항시스템 기술 - 재료복합형 횡력저항 대응 복합구조시스템 기술 - 시공성 개선 및 경제성 확보 가능한 최적 횡력저항시스템 기술 구축 ○ 모듈러 건축 내화성능 향상 기술개발 - 성능설계 기반 내화성능 확보전략 수립 - 내화 시스템 상세 개발 및 실험형 실험 통한 성능 평가 - 모듈러 건축물의 방화구획 설계방안 개발 및 Pilot 적용 - 모듈러 건축 내화성능 인증 절차 구축 및 내화설계지침서 개발
1-4	모듈러 건축 활성화 위한 제도 및 정책 개선방안 수립	○ 모듈러 건축 성능기준 및 인정제도 개발 ○ 모듈러 건축물 통합발주 및 계약시스템 개발

나. 2세부: 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발

중분류		기술내용
2-1	공장 제작용 제작 도서 작성 및 부 품화 기술 개발	○ 공장 제작도면(shop drawing) 표준화 기술 개발 ○ 모듈러 건축 단위모듈 부품화 기술 개발  [공정별 제작도면 표준화]  [단위모듈 부품화]
2-2	유닛모듈 공장제 작 생산성 향상 기술 개발	○ 대량생산을 고려한 공장제작 프로세스 최적화 기술 개발 ○ 제작 단계별 품질관리 기술 개발 ○ 모듈러 건축용 바닥시스템 개발 및 습식 제작공정 최적화 기술 개발 ○ 모듈러 건축용 설비시스템 개발  [공장제작 프로세스]  [모듈러 건축 바닥시스템]  [설비일체형 모듈]
2-3	모듈러 건축재료 다양화 기술 개발	○ 시공성 개선을 위한 구조부재 다양화 기술 개발 ○ 사용성 개선을 위한 내외장재 다양화 기술 개발 ○ 볼륨형 PC 모듈 제작기술 개발  [구조부재 다양화]  [내외장재 다양화]  [볼륨형 PC 모듈]

다. 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

중분류		기술내용			
3-1	유닛모듈 운송 효율화 기술 개발	○ 선제작 모듈 파손예방을 위한 육상운송 지침 개발 ○ 운송부피 절감을 위한 확장형 모듈 시스템(Lift-up 모듈, Sliding 모듈) 개발 ○ 장거리 해상운송 비용절감을 위한 컨테이너 호환 모듈러 시스템 개발     [컨테이너 호환 모듈] [운송부피 절감] [Flat pack] [방수일체형 포장재]			
3-2	현장 시공프로세스 최적화 기술 개발	○ 중고층형 모듈 시공프로세스 개발 ○ 현장 양중계획 및 안전관리 기술 개발 ○ 장비 및 인력운용 최적화 기술 개발 ○ 현장설치 효율제고를 위한 접합시스템 개발     [중고층형 모듈러] [현장 양중] [양중 장비] [접합시스템]			
3-3	순환형 모듈러 건축 시스템 개발	○ 모듈러 건축 해체 및 재설치 프로세스 개발 ○ 재사용을 고려한 모듈간 접합시스템 개발 ○ 재사용성 제고를 위한 모듈러 건축 내외장시스템 개발 ○ 해체가능한 기초 및 주각시스템 개발     [모듈 현장설치 및 해체] [모듈간 접합부] [내외장 시스템] [기초 및 주각부]			

2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

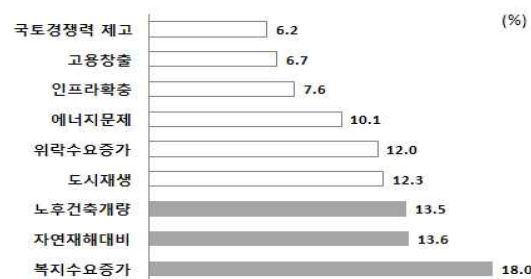
가. 국토교통부

- 최근 국토교통부 업무계획 중 주택건설 등에 관한 주요 정책방향은 다음과 같이 요약됨.

연도	정책
2012	○ 도시재생사업의 실효성 확보 및 도시특성을 반영한 특화발전 촉진 ○ 노후주거지 등 경제적 기반이 열악한 지역에 커뮤니티 비즈니스(공동체 일자리 등) 활성화 모델 도출 ○ 분야별로 단절된 건축설계기준(KBC)의 통합 및 일원화 ○ 주택건설·공급 활성화를 위한 규제완화 등 추진 ○ 1~2인가구 증가에 대응해 도시내 소형주택 공급 활성화 지속 추진 ○ 시장여건 변화를 감안하여 청약제도 및 주택건설기준 개선 ○ 신도시, 보급자리주택 등 주택공급의 안정적 물량 확보 및 임대주택 공급 활성화를 위한 지원 강화 ○ 대학생 등 청년층 주거지원 강화 및 실수요자 주택구입 지원 확대 ○ 고령자·장애인 등의 주거안정을 위한 다양한 방안 강구 ○ 노후주택의 질적 개량 및 저소득 주민 등을 위한 주거환경개선사업 활성화 추진 ○ 공동주택의 유지관리 강화 및 맞춤형 리모델링 지원 등
2013	○ 노후 아파트 수직증축 리모델링 허용 ○ 준공공임대주택, 토지임대부 임대주택 도입 등을 통해 민간임대시장 활성화 ○ 임대주택, 분양주택 등 공공주택 13만호 공급 ○ 철도부지, 유후 국·공유지를 활용한 도심 임대주택인 행복주택 20만호 공급 ○ 대학생 대상 임대주택 및 기숙사 확충. 공공기숙사 건축에 대한 국민주택기금 지원 ○ 단신가구 주거공급을 목적으로 국민임대주택 및 매입임대 공급량 중 30%는 원룸형의 소형주택으로 공급 ○ 건설기능인력을 전문화하고, 건설 산업 관련제도를 글로벌 스탠다드화 ○ 입·낙찰제도의 합리적 운용을 통해 건설업체의 기술력 제고를 유도하고 공공 공사의 효율성 제고

- 국토교통부의 주요 정책 중 “서민에게 적합한 실용주택”, “임대단지 여유부지에 임대주택 건설”, “해외건설 5대강국 진입”, “청년층 주거지원 강화”, “주택건설공급 활성화를 위한 규제 완화”등은 공통적으로 모듈러 시스템을 활용한 소형주택을 이용해 정책목표를 달성하는 데 활용될 수 있음.

- 국토교통부는 이와 관련하여 모듈러 주택의 활성화를 위해 기존 공업화주택 인정 제도를 개정하였음.
 - 공업화주택은 주택 주요 구조부의 전부 또는 일부를 모듈 형태로 공장
에서 미리 생산해 현장에서 조립하는 주택을 말하며, 1992년 12월 제도
도입 후, 2003년 삼성물산이 승인주택을 인정받았으나 인정기간이 만료
되었으며, 2010년 스타고(주)가 크루즈형 주택에 대한 인정을 받음.
 - 공업화주택은 자재의 규격화로 인한 대량생산 및 공사기간 단축, 자재
비 및 인건비 절감, 「주택법」(제22조, 제24조) 및 「건축사법」(제4
조)에 따른 설계 및 감리 규정을 적용받지 않음으로 인한 비용 절감,
자원의 재활용, 친환경적 시공, 맞춤형 주문생산 및 구조변경 용이성
등의 장점이 있음.
 - 소관 부처인 국토교통부는 공업화주택이 장기전세 주택, 원룸형의 도시
형 생활주택, 고시원·오피스텔 등 준주택, 재개발 또는 재건축시 전·월
세대책용 이주자 주택 등에 활용될 것으로 기대하고 있음.
 - 2010년 11월 국토교통부는 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 개정을
통해 공업화주택 성능 및 생산기준을 일부 현실에 맞게 정비하는 조치
를 하였고, 지속적으로 제반 활성화 정책들을 추진 중에 있음.
- 미래성장위원회(2012.9)의 보고에 따르면 주택 등 건설산업이 미래에 적극
대처해야할 분야로는 복지수요 증가, 자연재해 대비, 노후건축개량 등을
꼽았음. 따라서 복지수요에 따른 맞춤형 주택의 공급, 자연재해 등에 대비
한 구호주택 등의 정책적 중요성은 매우 큰 것으로 평가됨.



[그림 2-1] 주택 등 건설산업이 향후 적극 대처해야할 분야

- 2013년 들어 국토교통부에서는 철도부지, 유희 국·공유지를 활용한 도심
임대주택인 행복주택의 20만호 공급계획을 발표하였으며 이를 위해 전국
에 7개의 사업지를 선정함. 모듈러 공법의 경우 재사용성과 신속공급의
강점을 통해 행복주택 공급사업의 기술적인 해결책을 제시할 수 있음.
- 또한 국토교통부에서는 건설경쟁력강화를 위한 국내 건설산업 선진화를
추진하고 있음. 주요 내용으로는 ‘입찰, 낙찰제도의 합리적 운용을 통해
건설업체의 기술력 제고를 유도하고 공공공사의 효율성을 제고’ 및 ‘건설
기능인력을 전문화 하고 건설산업 관련제도를 글로벌 스탠다드화’를 들
수 있음. 건설산업 선진화를 위해서는 건설노무자의 고용형태 및 현장공
사 현황 개선이 가능한 공업화 건축공법의 점진적 도입이 필요함.

나. 국무총리실

- 녹색성장시대 대응 Zero Emission 건설 기술 개발 목표로 함.
- 2010년에 제정된 저탄소 녹색성장 기본법에 의거하여 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 3대 전략, 10대 정책방향을 수립함.
- 이 가운데 5대 정책 목표인 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성의 일환으로 자원순환형 경제·산업구조 구축이 제시됨.
- 저탄소 저에너지의 환경성능을 갖춘 그린홈 건설 및 자원재활이 가능한 환경친화적 주택의 건설은 정부의 '저탄소 녹색성장'의 정책비전에 부응하고 기후변화협약에 대응하여 미래세대와 환경을 공유하는 공공기술로서 기술개발이 필요함.
- 정부는 기후변화협약에 대응하기 위한 목표를 설정하고 다양한 사업을 추진 중
- 그린홈은 국민생활의 질과 직결되어 있으며, 미래세대와 환경을 공유하는 공공기술로 기술개발의 파급효과가 매우 높음.
- 백만 호의 그린홈 신규 건설과 기존 주택 백만 호 그린홈 리모델링 추진을 통해 그린홈과 관련한 각종 요소기술의 시장창출과 신성장 산업으로의 개발·육성이 가능함.
- 따라서 공장 제작이 주를 이루는 모듈러 건설기술은 건축 구조체 및 부품의 재활용 및 재사용을 기본 개념으로 설정하고 있어 건축물 폐기물을 최소화 할 수 있는 자원순환형 건설이 가능함.

다. 국방부

- 국방부는 2011년 독신숙소 1684실(704억원) 및 병영생활관 25동(603억원) 규모의 대형 모듈러 건축 사업을 일괄입찰 방식으로 발주하였음.
- 국방시설은 군구조개편에 따라 향후 일반 사병은 감소하고, 부사관 및 장교 등은 증가할 것으로 예상되어 현재 신축되는 시설물 중 상당 수는 향후 변화하는 수요에 맞춰 해체 후 이동, 재사용할 필요가 있음.
- 이러한 국방부의 수요에 적합한 공법으로 모듈러 공법의 적용 확대가 예상된다.

라. 교육과학기술부

- 학교 시설은 매년 학생수는 감소하면서 교실은 남아도는 현상이 지속되고 있으며, 이러한 현상은 앞으로도 지속될 것으로 보임
- 경기도교육청에 따르면 최근 5년간(2008년~2012년)간 경기도내 학교는 2천50곳에서 2천204곳으로 늘었으나 같은 기간 학생 수는 오히려 199만 4천300여명에서 190만 8천400여명으로 4.3% 줄었으며, 학생수가 감소하면서 각 학교에 1천300여개의 빈교실이 발생하였음.

- 반면 세종시 등에서는 정부종합청사와 아파트 등이 입주하였지만 학교시설 부족이 문제되고 있음.
- 모듈러 공법은 부족하거나 남아도는 교실을 기한을 정해 사용하고, 이 후 이동하여 재사용할 수 있다는 점에서 위와 같은 문제점을 해결할 수 있는 대안이 될 수 있음.

마. 소방방재청

- 소방방재청은 자연재해 발생시 주택피해 이재민에게 지원되는 임시주거용 조립주택이 더 신속하고 효율적으로 지원 될 수 있도록 지원제도를 개선하였음.
- 개선내용을 보면 이재민에게 현재 12개월 동안만 임시주거용 조립주택을 지원했으나 이재민이 희망한다면 36개월까지 임시주거용 조립주택을 사용할 수 있도록 지원 기간을 확대하였음.
- 따라서, 주거환경이 열악한 컨테이너 등으로 사용되던 임시주거용 조립주택을 보다 주거환경이 우수한 모듈러 주택 등으로 대체할 경우, 기후 변화 등으로 급증하고 있는 재해복구 주택 등의 수요에 보다 적극적으로 대응할 수 있을 것으로 판단됨. 또한 지원을 위한 상하수도, 전기, 통신 등 기반시설을 사전에 민간건설업체 또는 전국재해구호협회와 협약을 통해 신속하게 설치할 수 있도록 했다.

바. KOICA 한국국제협력단

- KOICA는 개발도상국의 빈곤감소 및 삶의 질 향상으로 지속가능한 사회 발전을 실현하고 국제사회와의 상호조화를 통한 범지구적 개발문제 해결을 미션으로 다양한 국제 원조 활동을 수행하고 있음.
- 저개발국의 병원이나 학교 등의 시설물 지원과 해외 재난 발생시 구호주택 등 다양한 유형의 모듈러 건축 수요가 발생하고 있음.
- 따라서, KOICA의 해외구호사업에 적합한 모듈러 시스템의 공급을 통해 단순한 기금지원을 넘어 국내 건설제품의 해외 수출효과까지 기대할 수 있음.

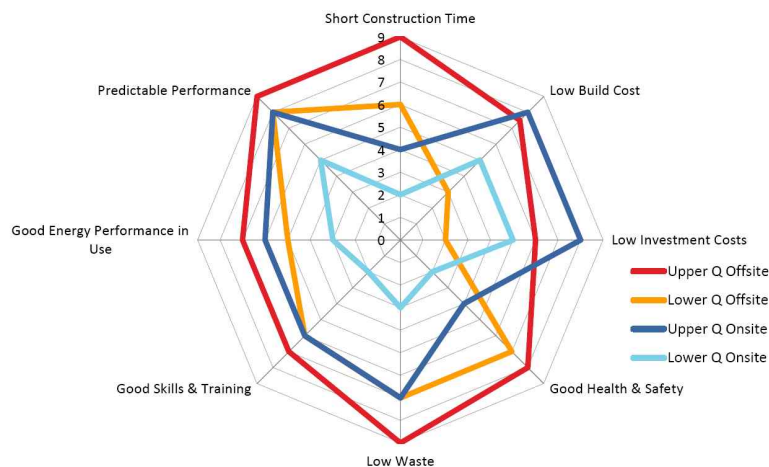
구조	천막식	목재/종이튜브식	조립형-프리패브리케이션-모듈형	
종류	경형텐트	종이튜브형	경형철골조립	컨테이너 응용형
사례				
구호지역	대부분 재해지역	일본, 르완다, 티키	아이티	아이티
사용년도	2002~현재	1995, 1998, 1999	2010	2010
주요기관	UNHCR(유엔난민기구)	UNHCR, 일부후원기관	Cooperative Housing Foundation	Green Container International Aid
가격/unit	\$100	\$2,000	\$1,300	\$3,500
인원(넓이)	4-5명 (약 5평)	5-6명 (약 5.5평)	5-6명 (약 5.5평)	7-8명 (약 8.5평)

[그림 2-2] 국제 구호주택 사례

2. 국외 정책동향

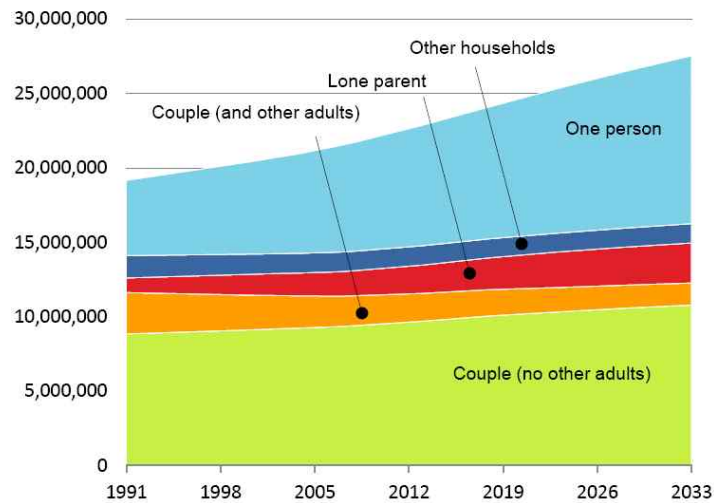
가. 영국

- 영국에서 모듈러 건축이 정책적으로 육성된 것은 과거에 전후 복구사업, 빠른 시설보급, 노동인력의 부족 등에 주로 기인하였으나, 근래에는 CO2 저감, 친환경성, Social Housing 시장 확대, 기술의 고도화 등에 따른 모듈러 건축의 장점이 부각됨에 따라 활성화를 이루게 됨
- 특히 영국의 건축기준(Building Regulation)의 Part L(Conservation of fuel and power)기준 강화에 따라 단열기준 강화, 기밀성능 강화, 에너지 성능 강화 등이 이루어지면서 이에 적극적으로 대응할 수 있는 모듈러 주택의 수요가 증가하고 있음.
- 다음 [그림 2-3]은 영국에서의 모듈러 주택(Off-site housing)과 기존 주택(On-site housing)의 에너지성능, 성능 수준, 공기질감, 공사비 절감, 투자비용 절감, 건강 및 안전, 폐기물 절감, 기능 및 훈련 등 8개 항목의 품질특성을 Spider Diagram으로 비교하여 나타낸다.



[그림 2-3] 영국의 모듈러 주택과 기존주택의 성능 비교

- 두 가지 공법 모두 상위수준과 하위수준이 존재하며, 특히 기존 현장시공 공법의 경우 상위수준과 하위수준의 차이가 매우 크게 발생함. 공사비와 초기 투자비 등을 제외하고는 대부분 모듈러 공법이 기존 현장공법에 비해 우수한 성능을 발휘하는 것을 볼 수 있음.
- 영국 정부는 우리나라와 마찬가지로 최근 급증하고 있는 1~2인 주거에 대응하기 위한 주택공급 정책에 집중하고 있음. 다음 [그림 2-4]은 주택의 가구원수 변화 현황 및 향후 전망을 나타냄.



Source: DCLG, 2010

[그림 2-4] 영국 주택의 가구원수 변화 예측

- 영국 정부에서 최근 주택시장과 관련해 취하는 다음의 몇 가지 정책들은 대부분 모듈러 주택 시장의 성장에 도움이 되는 방향으로 진행되고 있음.
- 주택기준 Part L(에너지 성능 관련 기준)의 상향 조정 : 기존 현장공법 사용시 상향되는 에너지 성능 기준(단열 등)을 만족시키기 위해서는 공사비가 매우 크게 증가함. 따라서, 기존 주택 공급자들은 상대적으로 Part L을 만족시키기 용이한 모듈러 주택을 선호하는 경향이 발생하고 있음.
- 영국의 친환경 주택 등급제(code for sustainable homes)의 Level 4,5,6 (6등급은 탄소제로 등급임)을 받기 위해서는 기존 공법보다는 모듈러 공법의 적용이 유리함
- 영국 정부에서는 개인임대사업자를 위한 펀드, 최초 주택구입자를 위한 펀드 등 다양한 유형의 주택시장 활성화 펀드를 도입하고 있으며, 이러한 펀드를 활용하고자 하는 주택 공급자들은 대부분 일정한 품질 확보와 공기의 단축을 원하고 있어 모듈러 주택은 이러한 수요에 적합함. 다음 [그림 2-5]는 영국 정부에서 최근 시행된 주택시장 활성화 정책의 일부를 나타냄.

Scheme/Initiative	Headline Value	Launch Date	Purpose
Strategic Land Building Fund	£400M	Q3, 2011	Designed to unlock stalled schemes for strategic land development
Growing Places Fund	£500M	Q3, 2011	Designed to assist new developments in Local Enterprise areas
Build to Rent Fund	£200M	Q4, 2012	Designed to support developers during the construction and lettings phase of portfolio assembly for the private rental market.
FirstBuy Scheme	£280M	Q2 2011	Designed to allow 16,500 new borrowers to purchase new properties with mortgages of just 75% of the market value (government shared ownership scheme)
New Build Indemnity Scheme	N/A	Q4, 2011	Designed to unlock 100,000 95% mortgages to new home buyers
Re-Consideration of Section 106 decisions pre-April 2010	N/A	Q3, 2011	Designed to allow the holders of strategic land sites to re-negotiate existing Section 106 agreements agreed pre-April 2010.

[그림 2-5] 영국 정부의 주택시장 활성화 정책

나. 미국

- 미국의 공공임대주택은 일자리 창출과 저소득층 주거지원을 주요 목표로 경제 대공황기인 1937년 처음 도입. 공공임대주택 정책을 추진하기 시작한 데는 저소득층에 대한 주거지원보다 실업을 줄이기 위해 일자리를 창출해야 할 필요가 더 중요하게 작용
- 2004년 현재 미국의 공공임대주택 재고는 123만호. 1990년 까지 공공임대주택 재고는 증가해왔으나, HOPE IV 프로그램에 의한 공공임대주택 정비가 추진되면서 재고가 점점 감소하고 있음. 약 120만 가구가 공공임대주택에 살고 있고, 3,400개의 주택협회(Housing Authority)가 관리
- 이동주택(mobile homes)은 자동차를 주택구조로 개조하여 주택으로 사용하며, 경치나 생활환경이 좋은 곳을 옮겨 다니며 생활하는 것이 특징인데, 미국 노인 중 약 80만 명이 이 주택을 이용한다고 알려짐
- 이와 같이 미국에는 다양한 형태의 주거유형, 임시주거, 이동주거(mobile housing)가 개발, 보급되어 있으므로 본 과제에서 연구대상으로 하고 있는 모듈러 주택의 적용에 있어 벤치마킹이 됨
- 미국의 LEED(Leadership in Energy & Environmental Design)는 국제적으로 인정받은 그린 빌딩 인증 시스템으로, 미국의 그린빌딩협의회(U.S. Green Building Council, USGBC)가 개발한 것임.
- 이것은 어떤 건물이나 커뮤니티가 지속가능성 관점에서 건물효율 개선 전략을 이용하여 설계, 건축되었다는 것을 제 3자가 인정해 주는 제도임.

- 미국 그린빌딩협회의와 LEED인증이란 브랜드를 성장시키기 위하여 막대한 투자가 전세계적으로 이루어 졌으며 이 때문에 시장 인지도가 높아져 수많은 국가에서 이를 채택하고 있음.
- LEED에서는 미국 모듈러 협회(Modular Building Institute, MBI)의 요청으로 Modular 건축물에 대한 LEED Building Rating System을 마련해 놓고 있으며 LEED for Modular Building에서는 “지속가능한 부지계획, 수자원 효율, 에너지 및 대기, 재료 및 자원, 실내환경의 질, 디자인의 혁신성, 지역 특성”으로 총 7가지 평가 항목을 마련해두었음.
- 이는 모듈러 건축물에 있어서도 친환경적 요소를 적용하여 에너지 절약적이며 친환경적인 모듈러 건축물 건설을 유도하고 있다는 것을 의미함.

다. 일본

- 정부 주도의 시범사업이 촉매가 되어 건설회사의 공업화건축 기술개발 자극
 - 미국의 Operation Breakthrough에 자극받은 일본은 1970년 건설성 “파일롯 하우스 제안경기”를 실시, 112회사로부터 145건의 응모가 있었으며, 선출된 기술은 17건(16회사)으로 단독주택부문의 입선작은 7건.
 - 제안된 기술이 상품화 된 것은 일부였지만 많은 건설회사에게 기술개발의 큰 자극을 줌.
- 주택금융공고의 확충
 - 주택금융공고의 자금 확충을 기반으로 민간의 건설에 막대한 지원을 하였으며, 공업화건축 회사도 이를 계기로 성장하게 됨.
 - 표준건설시방서, 특수한 용자 틀의 설정 등에 의해서 주택의 수준이 향상.
 - 주택금융공고의 불연 조립주택에 대한 할증용자제도는 공업화건축의 성장에 큰 영향을 줌.
- 제조품질의 향상을 위한 국가 제도 정비
 - 1960년대 까지만 해도 일본의 공업화 건축은 고도의 기술과 설비를 필요로 하지 않으며, 어떤 업종에서도 참가할 수 있는 산업으로 여겼으며, 주택에 관한 깊은 지식도 없고 시공의 노하우나 품질관리 능력도 없는 기업의 참가도 많았음.
 - 이에 따라 1972년 제조품질의 향상을 촉진하기 위해서 통상산업성 “공장생산주택 등 품질관리 우량공장인정제도” 발족.
 - 품질관리 향상과 성능설계를 촉진하기 위해서 건설성 “공업화주택 성능인정제도”를 1973년에 도입하였으며, 기존의 사양설계로부터 성능치를 정해서 설계목표치라는 개념으로 건설업계 전체에 큰 영향을 줌.

- 1976년 건설성, 통산성 주도로 기술혁신에 의한 비용절감을 시키기 위한 공모 “하우스 55계획”이 실시하였으며, 1980년까지 500만엔 대의 주택을 개발하는 것을 목표로 함. 20개 그룹 90개 회사가 응모하는 등 건설회사에게 주는 반향이 큼.
- 1979년 주택금융공고를 이용하여 주택의 에너지 절약화, 차음성과 내구성 향상을 목적으로 한 “할증융자제도” 도입.

○ 주택금융공고의 고규격 주택 할증융자제도

- 1985년 “고규격주택좌담회”의 자문에 의해 21세기의 주생활 기반이 되는 양질 스톡의 형성을 목적으로 주생활 수준의 향상, 새로운 니즈로의 대응, 지역성의 중시와 마을 만들기로의 전략 등을 향해서 새롭게 “고규격 주택 할증융자제도”를 개시.

○ 우량공업화주택인정제도

- 주택금융공고의 고규격 주택의 건설기준은 주로 재래 목조구법, 축조벽 공법(2×4공법)에 대한 것이었기 때문에, 프리패브건축협회는 높은 규격의 사양을 가질 뿐만 아니라 라이프스타일에 적합한 주택을 제공하기 위해 “우량공업화주택인정제도”를 도입.
- 본 제도는 ①시가지에서서의 우량, ②여유 중시의 우량, ③다세대 거주의 우량, ④고도의 설비에 의한 합리적인 주생활을 지향하는 우량, ⑤장래의 라이프스타일의 변화에 대한 가변성에 대한 우량 중에서 선택할 수 있도록 하였음.

○ 지진에 대한 공업화 건축의 고평가 및 재난재해 주택으로서 공헌

- 한신대지진에 의한 공업화 건축의 피해가 적었으며, 반파 혹은 전파된 사례는 1건도 없었음. 이로 인하여, 공업화 건축에 대한 인식이 크게 바뀜.
- 지진 후, 복구사업으로서 응급가설주택의 건설에서 공업화건축의 활약이 매우 컸음. 단기간에 33,906호의 주택을 공급하였으며, 재난재해주택으로서 공업화건축의 가능성을 확인한 계기가 됨.

○ 품확법과 공업화 건축

- 한신대지진의 경험과 사회 자본으로서 주택 품질의 확보가 매우 중요하다는 인식이 확대됨에 따라 1996년 “주택 품질확보 촉진 등에 관한 법률(소위 품확법)” 제정.
- 품확법의 주요 골자는 ‘주택성능표시제도’의 창설, 분쟁처리체제의 정비, 주택 하자담보책임의 의무화로 요약할 수 있음.
- 품확법에서 주택공급업자는 “주택형식인정”과 “형식주택 부분 등 제조자의 인정”을 취득하는 것에 의해 수속의 합리화, 검사의 생략을 할 수 있음. 공업화주택의 대다수가 이 제도를 활용하여 국가에 등록한 주

택성능평가기관에서 같은 형식이라고 평가되는 것의 각 평가 및 검사의 일부가 합리화 되어 주택 구매자 입장에서 코스트절감 효과 생김.

○ 주생활기본법 제정

- 2006년 6월에 공포 시행된 주생활 기본법은 ①양질의 주택공급, ②양호한 거주환경 형성, ③주택 구입자의 이익보호, 증진, ④거주안정 확보를 기본이념으로 2015년 전국계획을 정하고 구체적인 목표치를 달성하도록 함.
- 전국계획(2016년까지 목표치)

[양질의 주택스톡]

- ① 신내진 기준의 적합률 75%→90%
- ② 공동주택의 공용부분 유니버설디자인율 10%→25%
- ③ 에너지절약 대책을 강구한 주택 스톡 비율 18%→40%
- ④ 리폼 실시 비율 2.4%→5%
- ⑤ 적정한 수선적립금을 설정하고 있는 공동주택의 비율 20%→50%

[양호한 거주환경]

- ① 중점밀집시가지의 화재에 대한 안전성능정비율 0%→100%
- ② 지진 시에 위험한 대규모 성토조성지의 수 1000개소→500개소

[주택시장의 환경정비]

- ① 주택성능표시의 실시율(신축) 16%→50%
- ② 기존(중고) 주택의 유통 비율 13%→23%
- ③ 주택 이용기간(내용연수) 30년→40년
- ④ 양육 세대의 유도거주면적 수준 달성을 37%→50%

[배려대상자의 거주 안정 확보]

- ① 최저거주면적수준 미만을 (3인:40m², 4인:50m²)를 조기 해소
- ② 고령자가 있는 주택의 배리어프리화 비율을 29%→75%

- 공업화주택 기업도 이에 대한 대응을 해야 하는 시대가 됨.

○ 2008년 국토교통성 “초장기주택 선도적 모델사업”

- 채택된 사업에 관해서 모델사업으로서 국가가 비용의 일부{공사비(신축 단독 200만엔 상한)+유지관리비}를 보조.
- 제안 사업은 하기의 4개 요건을 모두 해당되어야 함.
 - ① 선도적 재료, 기술, 시스템 등이 도입되는 등, 초장기주택에 맞는 제안과 창의적 연구를 포함
 - ② 공개 등에 의해 초장기주택의 보급에 효과가 높다고 인정되는 것
 - ③ 선도적 모델주택의 신축에 관해서는 내구성, 유지관리 용이성 등의 기본성능을 확보하고 있을 것
 - ④ 연도 내에 사업에 착수 할 것
- 제1회 모델사업에서 프리패브주택 기업의 프로젝트 다수 포함.

○ 2009년 국토교통성 “장기우량주택인정제도” 시행

- 장기간 양호한 상태로 사용하기 위한 조치를 취한 주택(장기우량주택)의 보급을 촉진하는 것으로, 환경부하의 저감을 꾀하면서 양질의 주택 스톡을 미래 세대에게 계승하고 보다 윤택한 삶으로 전환하는 것을 목적으로 함.
- 구조체의 열화대책, 내진성, 유지관리·갱신의 용이성, 가변성, 배리어프리, 에너지절약, 거주환경, 일정 주호면적의 주택건축계획, 유지보전의 계획을 수립하여 소관 행정기관에 신청.
- 거주환경, 일정 주호면적의 주택건축계획, 유지보전계획의 3항목 이외는 품확법의 성능표시기준을 베이스로 하고 있으며, 인정기준은 아래 표와 같음.
- 인정장기우량주택에 대해서 소득세 감세, 등록면허세 감세, 부동산 취득세 공제, 고정자산세 경감 등의 우대조치가 취해짐.
- 또한 장기우량주택에 대해서는 최장 50년의 주택용자를 공급하도록 주택금융지원기구가 지원하며, 금리우대 조치를 취함.

성능항목	개요
열화대책	○ 수세대에 걸쳐 주택의 구조 구체가 사용할 수 있을 것. ■ 통상 상정되는 유지관리 조건 하에서 구조 구체의 사용지속 기간이 적어도 100년 정도 되는 조치. [철근콘크리트] 시멘트에 대한 물의 비율을 저가하거나, 철근에 대한 콘크리트 피복두께를 두껍게 할 것. [목조] 바닥 및 천정에 점검구를 설치할 것. 점검을 위해 바닥 공간의 일정 높이를 확보할 것.
내진성	○ 극히 드물게 발생하는 지진에 대해서 지속 이용을 위한 개수의 간편화를 도모하기 위한 손상 레벨 저감을 강구할 것. 대규모 지진력에 대한 변형을 일정 이하로 제어하는 조치를 강구할 것. [층간 변형각에 의한 경우] 대규모 지진 시, 지상부분의 각 층의 안전 한계변형의 해당 층의 높이에 대한 비율을 각각 1/100이하(건축기준법은 1/75)로 할 것. [지진에 대한 내력에 의한 경우] 건축기준법 수준의 1.25배의 지진력에 대해서 전도되지 않을 것. [면진 건축물에 의한 경우] - 주택 품확법에서 정하는 면진건축물일 것.
유지관리, 갱신의 용이성	○ 구조 구체에 비해서 내용년수가 짧은 내장과 설비에 관해서 유지관리(청소, 점검, 보수, 갱신)을 용이하게 하기 위해 필요한 조치가 강구되어 있을 것. - 구조 구체 등에 영향을 주지 않으면서 배관의 유지관리를 할 수 있을 것. 갱신 시의 공사가 경감되는 조치가 강구되어 있을 것 등.
가변성	○ 거주자의 라이프스타일의 변화 등에 따라 내벽의 변경이 가능한 조치가 강구되어 있을 것. [공동주택] - 장래의 내벽 변경에 따라서 배관, 배선을 위한 필요한 구체 천정고를 확보 할 것.

배리어 프리	○ 장애의 배리어프리 개수에 대응 할 수 있도록 공용 복도 등에 필요한 공간이 확보되어 있을 것. 공용 복도의 폭, 공용 계단의 폭과 구배 등, 엘리베이터의 개구 폭 등에 관해서 필요한 공간을 확보할 것.
에너지 절약	○ 필요한 단열성능 등의 에너지절약 성능이 확보되어 있을 것 에너지절약법에서 규정하는 1999년 에너지절약기준에 적합할 것.
거주환경	○ 양호한 경관의 형성, 지역의 거주환경 유지 및 향상을 고려할 것. 지구계획, 경관계획, 조례에 의한 경관 등의 계획, 건축협정, 경관협정 등의 구역 내에 있는 경우에는 이들 내용과 조화가 이루어 질 것.
주호면적	○ 양호한 거주수준을 확보하기 위해서 필요한 규모를 가질 것. [단독주택] - 75㎡ 이상(2인 세대의 일반형 유도 거주면적 수준) [공동주택 등] 55㎡ 이상 (2인 세대의 도시거주형 유도 거주면적 수준)
유지보전 계획	○ 건축시부터 장래를 고려하여 정기적인 점검과 보수 등에 관한 계획이 책정되어 있을 것. - 유지보전 계획에 포함되어야 할 항목은 ①구조 내력상 주요 부분, ②빗물의 침수를 방지하는 부분 및 ③급수·배수시설에 대한 점검 시기 및 내용을 정할 것. · 적어도 10년마다 점검을 실시할 것.

라. 중국

- 주택개발 산업주체 및 거주자의 의식변화로 주택품질 향상 기대
 - 중국은 2000년대 후반부터 주택 산업화의 추진력이 주택 부품업체에서 개발 사업자로 바뀌고, 대규모 주택 개발의 산업화 시범 사업이 진행되어 왔음. 국가 주택 산업화 기지의 정비를 촉진하기 위해 대규모 개발을 실시 할 수 있는 대기업을 중심으로 부품 업체와 연구소 등이 연합한 형태로 3~5개사와 10개 이상의 기업 집단을 국가 주택 산업화 기지의 시행 대상으로 선정했음.
 - 최근에는 주택의 품질 관리 및 에너지 절약 기준의 준수 등뿐만 아니라, 내장을 완비한 완성된 주택 공급을 강화하기위한 노력도 중시되고 있음. 중국은 주택 구입 후 거주자 등이 자신의 취향에 맞춰 인테리어를 설치하고 있음. 따라서 내장을 포함한 주택 품질 수준이 문제시 되고 있음. 2008년에는 "주택 인테리어 공사 관리강화 통지"와 "내장이 완비 된 주택 검사 지침"을 표시하고 있음.
- 북경시 주택정책동향
 - 2010년 3월에 주택 산업화 추진 정책을 발표하여 주택 산업화의 연차 계획 및 목표를 설정하였음.
 - ① 2009~2011년도까지의 3년간은 주택산업화 시도기로 각각 10만㎡, 50만㎡, 100만㎡의 공업화 주택 건설 토지 제공.
 - ② 2012~2013년까지 2년간 주택 공업화의 보급기로서 각각 전체 건축면적의 7%와 10% (건축 면적으로 계산)는 주택 산업화 프로젝트 진행.

- ③ 공업화 방식으로 주택을 건설 시 계획된 건축 면적에 3%의 건축면적 증가.
- ④ 시범 사업 등을 기반으로 3년 이내에 설계 및 부품 생산 · 물류 · 검사 기준 등 공업화 주택의 지역 표준체계 구축.
- ⑤ 산업화 방식을 이용해 주택을 건설하는 개발자에게 건축 면적과 가격 면에서 우대 정책을 도입.
- ⑥ 선진국과 선진 기술을 보유한 주택산업 그룹의 사업 참여 및 협력 장려.
- ⑦ 주택산업화 프로젝트 공모에 해외 기업의 직접 참여 허용.

○ 상해시 주택정책동향

- 1996년 전국 주택산업 현대화 시범도시로 지정된 것을 계기로 주택 산업의 현대화에 관한 연구가 시작되었음. 주택산업의 현대화교육 팀이 1999년에 설립 된 이후에 "상하이 주택산업 현대화의 모델 계획"과 "상해 주택산업의 현대화를 촉진하는 의견"이 속속 발표되었고, 2003년에 공표 된 "상하이 주택산업 현대화 발전 제10차 5개년 계획 요강"은 다음과 같은 내용이 담고 있음.
 - ① 주택 기술 시스템과 표준화 체계 형성
 - ② 주택 건자재 및 부품의 안전성·내구성·환경성·경제성 향상
 - ③ 주택 품질 수준 향상
 - ④ 신축 주택 단지의 지능화 기술의 보급
 - ⑤ 내장 대해서는 신축 주택 제공 실현
- 또한, 2008년에는 “상해시 신축의 에너지 절약과 토지절약 발전의 주요한 의견”에서 4개의 절약에 관한 정책 목표가 제시되었음.
 - ① 토지 절약 : 2010년까지 신축의 한 호당 평균 대지면적의 15 % 감소를 목표.
 - ② 에너지 절약 : 2008년에 65%의 에너지 절약 기준을 실험적으로 추진하며, 2009년에 시 전체의 신축주택을 대상으로 65 %의 에너지 절약 기준을 실시.
 - ③ 물 절약 : 2010년까지 시 전체 1 인당 생활용수의 양을 155L 이내로 제한.
 - ④ 재료의 절약 : 2010년까지 50%이상의 건축쓰레기 회수 및 재사용을 실현.

○ 산둥성 연대시 주택정책동향

- 2006년에 주택산업화 부서를 설치함과 동시에 다양한 분야의 전문가 30명을 모아 산업 정책 수립 및 계획의 심사, 신재료 신기술의 도입 추진 등을 실시하였으며, 2015년까지 주택 산업화의 추진 목표로 다음의 내용을 포함하고 있음.
 - ① 공업화 건축 체계와 주택 부품 체계 구축을 통해, 신축주택에 10

%이상 적용

- ② 분양주택의 성능평가 체계 구축 및 주택의 전체적인 성능 향상을 통해 30% 이상의 신축주택의 A급 성능 확보.
- ③ 주택 관련 재료, 부품, 장비 표준화 개발과 대규모 생산시스템을 촉진하고 주거 집약화 생산구조 구축.
- ④ 신축의 태양에너지 등 재생 가능한 에너지의 이용촉진.
- ⑤ 내장 된 주택 건설을 추진하여 지능화 시설과 정보 서비스의 수준 향상.

○ 중국의 공업화주택 시장진출 전략

- 중국 주택시장은 크게 사회적 니즈와 거주자 니즈로 분류할 수 있으며, 이를 정리하면 다음 표와 같음.

중국 주택시장의 현상과 니즈		니즈에 대응 가능한 국내 기술
사회적 니즈	■ 자원 및 에너지 대책의 진전 2006년에 시작한 “제 11차 5개년 계획”에서는 “2010년에는 GDP 성장 1포인트 당 소요되는 에너지 소비량을 2005년 대비 20% 감축”.	친환경건축기술 (예: 에너지절약 주택에 관한 기술 등)
	■ 고령화 사회를 향한 대응 70년대부터 실시되는 생육계획정책 (자녀 1명 낳기 정책)의 영향으로 중국의 고령화는 급속하게 진전되고 있다(2050년에는 3명 중 1명이 60세 이상). 한국과 달리 경제성장을 수반하지 않는 고령화의 진전에 의해 고령화에 대응 가능한 인프라·사회보장 제도 등의 정비가 크게 지연되고 있어 향후 고령자 니즈 대한 요구가 높아질 것으로 예상됨.	
거주자 니즈	■ 건축 품질의 향상 중국에서는 엄격한 시공관리가 이루어지고 있지 않고, 건축 재료의 불량에 의한 질이 낮은 주택이 적지 않기 때문에 소득 수준의 향상과 함께 모듈러 건축을 포함한 현장시공의 품질관리기술의 체계 정비 등 건축물의 질에 대한 요구수준이 높아지고 있음.	■ 모듈러 건축 등의 시공기술 ■ 현장 시공의 품질관리 기술 ■ 건축계획 기술
	■ 내장공사의 품질 향상 중국에서 인테리어 설계 및 공사는 거주인이 개별적으로 인테리어업자에게 위탁하는 것이 일반적이지만, 최근 업자에 의한 시공품질의 격차와 업자의 신용도 하락 등을 배경으로 내장공사의 품질 향상에 대한 요구가 높아지고 있음. 또한 2006년 5월 "주택 공급구조의 조정 및 주택 가격 안정에 관한 의견"이 발표되어, 중저가이면서 중소 규모의 일반주택 건설을 중점으로 하는 방향으로 정책 전환(1호 당 건축면적이 90㎡ 이하의 건축물을 전체 가구 수의 70%이상으로 한다)되어 있어, 한정된 면적에서 기능적인 계획을 실현할 수 있는 내장공사 기술에 대한 요구도 높아지고 있음.	

- 현재 모듈러 주택시장의 점유율은 낮지만, 급속한 경제 발전이 진행되는 가운데 중저가를 타깃으로 하는 모듈러 주택기술에 대한 기대가 높고, 모듈러 주택의 장점을 어필하면 시장을 창출 할 수 있는 가능성이 매우 클 것으로 사료됨.
- 중국 시장진출을 위한 공급방법으로서 수출과 현지생산을 고려해 볼 수 있으며, 이에 대한 장점과 단점을 분석하면 다음과 같음.

항 목	장 점	단 점
수출	- 품질관리가 용이	- 인건비 관점에서 코스트 높음
현지 생산	- 인건비 등 문제에 있어서 국내 생산의 단점을 보완	- 기술이전에 따른 기술유출의 가능성 - 품질관리가 곤란

- 현지생산은 인건비 등 비용측면에서 국내 생산의 단점을 커버 할 수 있지만 기술이전에 따른 기술유출 위험과 품질관리는 어렵다는 단점이 있음. 또한, 현지기업에 직접 투자, 현지 기업과의 합작투자회사 설립, 현지 기업과의 기술 제휴 등의 다양한 장애물이 존재함.
- 중국은 동아시아 국가 중에서도 법률·세무, 지적 재산권 보호 등의 제도상의 문제점을 지적하는 기업들이 많은 것을 감안할 때, 이러한 위험요소를 유의해서 사업을 전개할 필요가 있음.
- 또한, 고품질 주택의 시장개척, 현지에 적합한 사업체제의 확립, 고객 니즈에 대응한 상품개발, 시공품질의 확보, 현지 기업 및 한국계 기업과의 연대가 중요한 전략으로 이에 대한 대비가 필요함.

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 시장현황

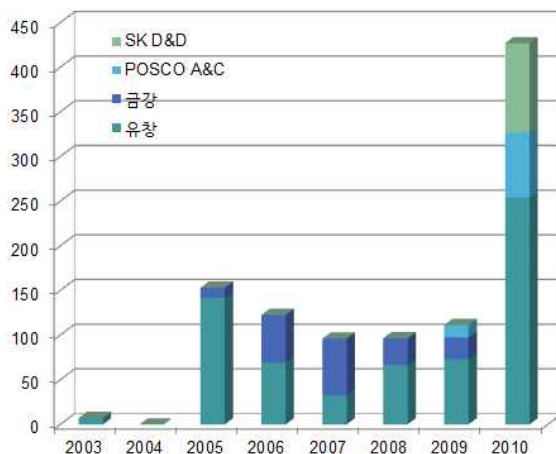
가. 모듈러 건축 시장 현황

- 국내 모듈러 건축시장은 학교시설, 군시설, 업무시설, 수출용, 주거시설(기숙사, 단독주택)등의 시장이 형성되어 있음.
- 2010년 100억원 규모의 주거시설(단독주택 시장) 시장과 250억 규모 수출용 시장(광 작업자 숙소)이 신규 형성되면서 시장이 확대되기 시작함.
- 2012년 약 1,000억원 규모의 모듈러 군시설이 발주되어, 2012년 약 2,000억원의 국내 시장이 형성된 것으로 추정됨.

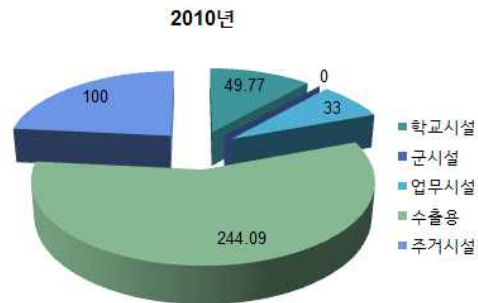


[그림 2-6] 국내 모듈러 건축 시장의 확대 과정

- 현재 국내의 모듈러 건축 시장은 3~4개의 중소 업체가 경쟁하고 있으며, 적용 유형도 학교, 군시설 등의 공공시설에서 수출용, 주택 등 민간시설로 점차 다양해지고 있음.



[국내 업체별 Market share]

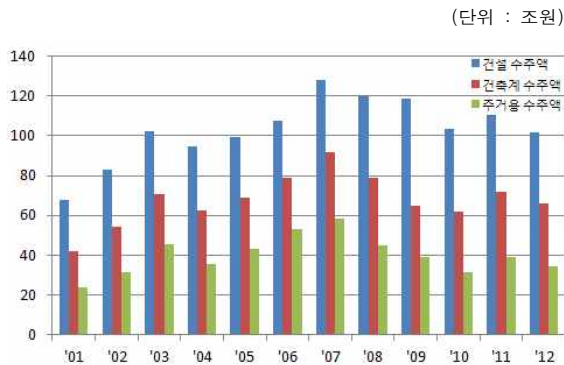


[유형별 국내 시장]

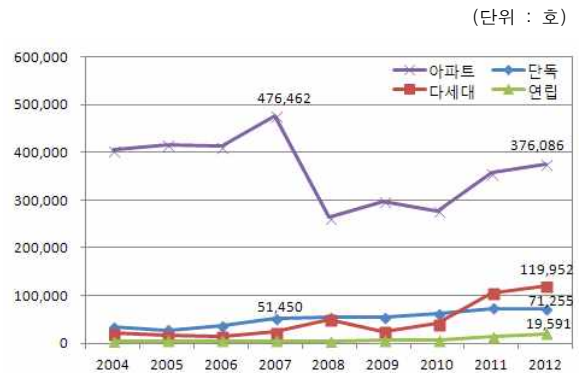
[그림 2-7] 국내 업체별, 유형별 시장 현황, 2010년

나. 주거용 건축 시장 현황

- 국내 건설수주동향조사에 따르면, 2012년 주거용 건축계의 수주액은, 34.3조원으로 건축계 수주액 65.8조원 중 52.1%를 차지하고 있으며, 전체 건설수주액 101.5조원의 33.8%를 차지함.
- 주거공간이 더 이상 재산 증식의 수단이 아닌, 실거주 용도로 전환되면서, 단독주택 및 다세대/연립 등의 건설실적이 증가하고 있음.

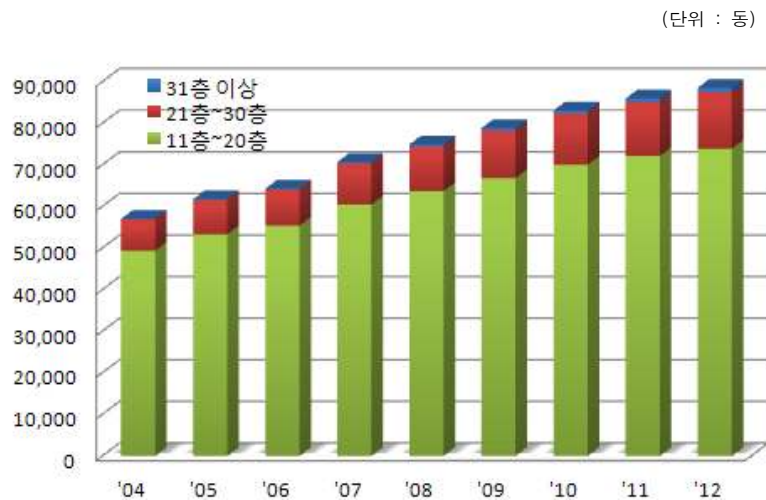


[그림 2-8] 국내 건설수주 동향(2001~2012)



[그림 2-9] 주택 유형별 건설실적(2004~2012)

- 층수별 건축물 현황에 따르면, 고층형 모듈러 건축의 타깃팅이 되는 11층~20층 건축물은 11층 이상 건축물 중 80%이상의 비율을 차지하고 있으며, 2012년 현재 73,936동으로, 이는 2011년 72,148동에서 1,788동 증가함.

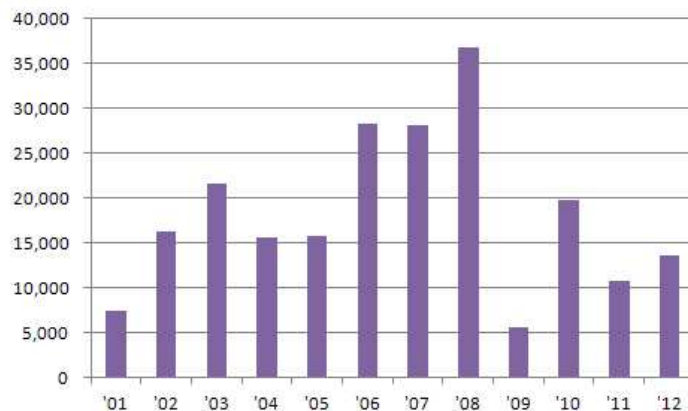


[그림 2-10] 층수별 건축물 현황(2004~2012)

- 주택 재건축 사업현황에 따르면, 2001년부터 2012년까지 12년 동안 준공된 재건축사업의 기존 주택 수는 연평균 18,306호로, 재건축사업이 진행되는 기간, 짧게는 2년에서 길게는 4년 이상 주변지역의 전세수요를 급증시키는 원인이 되고 있음.

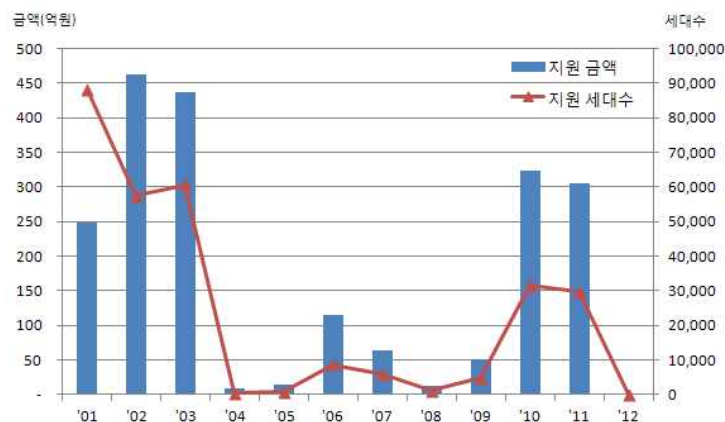
- 서울시는 재개발, 재건축 시에 개발로 인한 이주수요로 주변 집값 혼란에 대한 대비책으로 순환개발방식을 도입하여(2009), 재개발 구역 내 세입자들이 완공 시까지 저렴한 비용으로 살 수 있는 임시주거시설 ‘순환용 임대주택’을 서울에 최초 도입하였음(2010).
- 도시개발 사업에서도 순환개발방식을 도입하여, 도시개발사업으로 철거되는 주택 소유자 또는 세입자의 주거 안정을 위해 인근지역에 임시로 거주할 수 있는 주택을 건설하여야 함(2009, 국토교통부 도시개발법 개정).
- 성남 2단계 재개발사업 주민 순환이주용 주택으로 건설한 성남 판교 백현마을 3, 4단지의 경우, 부동산 경기 침체와 사업성 악화 등의 이유로 4년째 빈집으로 남아있으며, 유지관리비 및 임대보증금 이자손실 등의 경제적 손실 뿐만 아니라, 단지 내 신축 초등학교 역시 비어 있고, 주변 상가들은 폐업하는 등의 많은 문제점을 낳고 있음.

(단위 : 호)



[그림 2-11] 주택 재건축 사업의 기존주택 수(2001~2012)

- 2001년부터 2012년까지 12년 동안 전국재해구호협회의 주택 피해 관련 지원 금액은, 재해의 발생 규모에 따라 큰 차이를 보이나, 주택의 전파, 반파, 침수를 포함하여, 연간 평균 170억 3천만원이며, 피해 세대수는 평균 24,075세대임.



[그림 2-12] 재해로 인한 주택피해 지원 현황(2001~2012)

다. 학교 건축 시장 현황

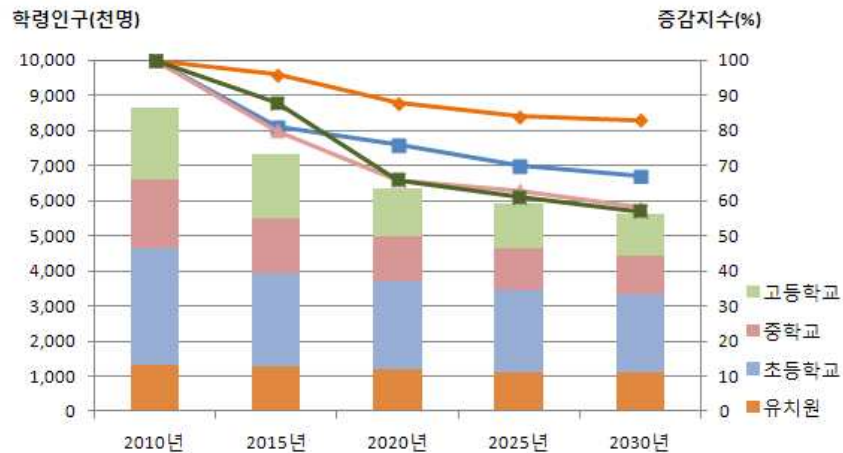
- 2010년 통계청 인구총조사에 따르면, 2030년에는 2010년 학령인구보다 35%감소가 예상될 만큼 지속적으로 매년 2%정도 학령인구 감소에도 불구하고, 꾸준히 한해 100개교 이상 학교 신설 요구가 있음.

[표 2-1] 학령인구 변동 전망

(단위 : 천명)

각급학교		2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
유치원	학령인구	1,328	1,279	1,175	1,114	1,106
	증감지수	100	96	88	84	83
초등학교	학령인구	3,297	2,656	2,510	2,316	2,209
	증감지수	100	81	76	70	67
중학교	학령인구	1,962	1,573	1,291	1,231	1,131
	증감지수	100	80	66	63	58
고등학교	학령인구	2,069	1,823	1,364	1,265	1,175
	증감지수	100	88	66	61	57
계	학령인구	8,656	7,331	6,340	5,926	5,621
	증감지수	100	85	73	68	65

출처 : 통계청 2010년 인구총조사



[그림 2-13] 학령인구 변동 전망

[표 2-2] 2010년~2014년 학교 신설 수요

(단위 : 억원)

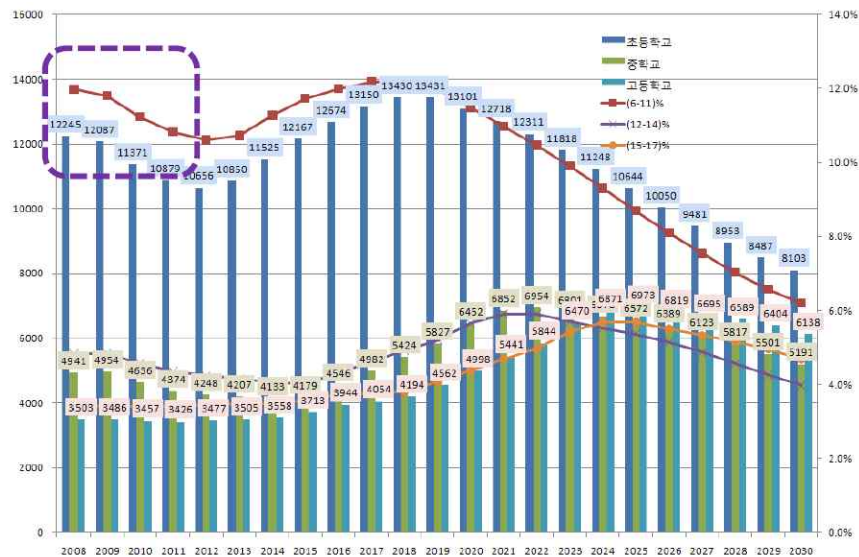
구분	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	합계
학교수	125	121	240	199	114	799
비용	30,181	29,315	45,936	32,261	11,273	148,966

출처 : 2012년 교육부 자료

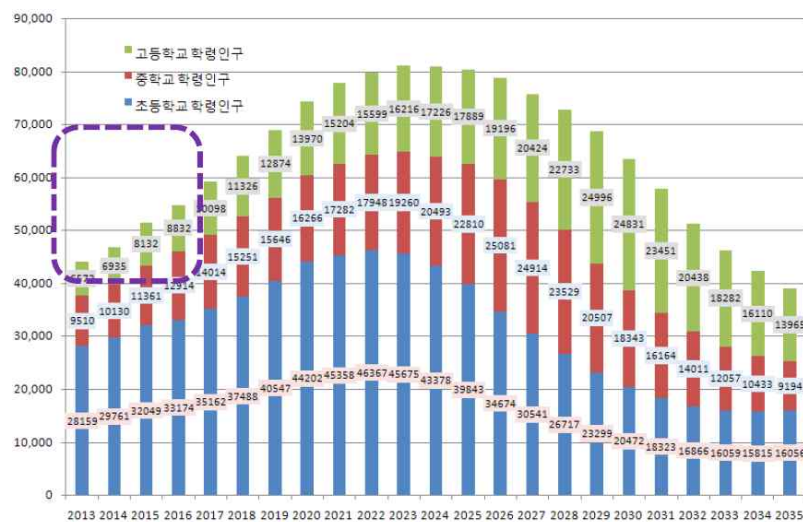
- 택지개발지구의 입주시기별 학령인구 변화를 보면, 입주초기 초/중/고등학교 발생율은 입주 후 20년 이상 경과된 지역과 비교할 때 큰 차이가 있음을 알 수 있음.
- 따라서, 도시개발로 야기되는 일시적 수요 증가로 학교시설 부족 및 학령인구 감소로 인한 유휴교실 발생 등의 문제를 해결하기 위하여 이동 및 재사용이 가능한 학교시설이 요구되고 있음.

[표 2-3] 택지개발지구 입주시기별 학령인구

구분	행정구역	학생발생율		
		초등학교	중학교	고등학교
입주 초기	동탄1동	32%	16%	13%
	거제 상문동	35%	18%	13%
	세종 한솔동	39%	18%	10%
	광주 수완동	34%	18%	14%
입주 10년 이내	대전 노은1동	24%	15%	16%
	수원광교동	25%	13%	11%
	파주 운정동	24%	13%	11%
	판교동	24%	13%	13%
	김포 풍무동	25%	16%	15%
입주 20년 이상	일산 동구	16%	11%	13%
	성남 분당구	18%	12%	13%
완성도시	서울 서초1동	12%	6%	8%
전국		14%	9%	10%



[그림 2-14] 동탄 1기 신도시(입주 완료) 학령인구 추계



[그림 2-15] 동탄 2기 신도시(미입주) 학령인구 추계

- 박근혜 정부의 핵심국정과제로 경제협력개발기구(OECD) 상위수준의 학급당 학생수 감축을 추진하기 위한 방법으로, 교실 증축 및 학교 신설 등이 요구되고 있음. 초, 중등학교를 대상으로 학급당 학생 수 조사한 결과, 경기도에서만 교실 3만 2천여개가 추가적으로 필요한 것으로 나타남.

현 재	2012	2017	2020	OECD	미국	독일	프랑스
				('10)			
초등학교	24.3명	23.0	21.0	21.2	20.0	21.5	22.7
중 학교 고등학교	32.4명 32.5명	25.0	23.0	23.4	23.4	24.7	24.5

라. 국내 PC공법 공동주택 적용 현황

○ 국내 PC아파트 시장 흐름

- 도입기: 1970년대 초 해외기술 도입에 의한 공업화 공법 아파트건설
- 활성화: 최초 일본 (주)대성건설의 PC공법을 (주)한성 프리패브에서 도입한 이래로 5·6공 정권 시절 수도권 신도시 건설이 적극 추진되면서 대형건설사도 PC제조업체를 자회사로 두고 자체 제작

- 침체기: 1990년대 초반까지 아파트 건설에 적용되던 PC공법이 '접합부 누수'라는 결정적 문제점이 나타나며 점점 그 수요가 줄다가 현재는 거의 사용되지 않는 추세

※ 연중 기온차가 적은 지역의 주거용 건축물에 적합한 공법으로, 사계절로 인한 연중 기온차가 큰 우리나라의 경우에는 공장이나 할인점 등 비주거용 건축물에 적합

○ (사례1) 철산 광복 PC아파트

- 규모: 5층(570세대)
- 1973년 완공

○ (사례2)상계 8단지 주공아파트

- 규모: 최고 5층 18개동(830세대)
- 1988년 완공/2004년 안전등급 D등급 → 재건축 추진
- ※ 여름철 누수, 노후화 심각, 붕괴 위험, 보수·보강의 어려움



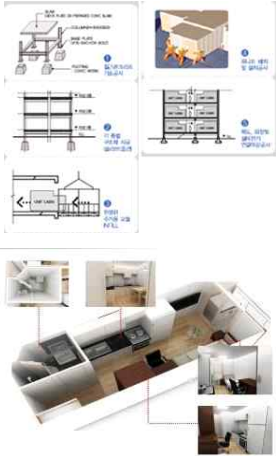
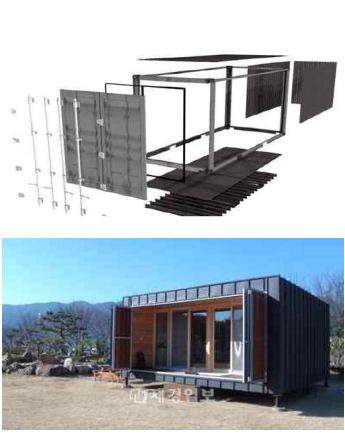
[PC아파트 시공현장]



[철산 광복 PC아파트]

마. 주요 모듈 제작사 현황분석

구분	(주)유창플러스	금강공업(주)	포스코 A&C
시스템 개요			
시스템 특징	□ 기동-보 스틸프레임 방식 □ 콘크리트 바닥판 및 스틸조이스트 경량 바닥판 병행	□ 기동-보 스틸프레임 방식(각형강관 기동+C형 보) □ 콘크리트 바닥판	□ 기동-보 스틸프레임 방식 □ 콘크리트 바닥판 □ 하이브리드(RC+모듈러시스템) 설계 및 시공
주요 시공 실적	□ 학교 시설(2003년 국내최초 적용) □ 군시설(병영생활관, BOQ) □ 해외 수출용 시스템(광 미군기지 이전사업 작업자용 숙소, 카자흐스탄 주택사업 등) □ 오피스(포스코 제철소 내 사무실 등)	□ 군부대 내무생활관 □ 군사령부 통신단 사무실 □ 고지대 통신시설 □ 공장 기숙사 □ 남극 제2기지 임시숙소 □ 전원주택, 게스트 하우스 등	□ 독거노인 원룸주택(2006) □ 모육원 생활관(2006) □ 포항 YWCA 소망의 집(2009) □ 청담동 P사 직원숙소 (2011) □ 자전거보관소, 블라디보스톡 병원, 신기초등학교 등의 모듈러 설계 경험
특기 사항	□ 모듈 전문 제작 공장 보유 □ 강건재(천장재, 스틸스터드, 외장재 등) 제조 병행 □ 국내 최초의 모듈 전문 제작사로 가장 많은 실적을 보유하고 있음 □ 최근 군독신자 숙소용 모듈 제작시 ‘노무자 직접고용’방식의 공장제작 경험 보유	□ 모듈러 전문 제작 공장 보유 □ 일일 최대 25개 모듈러 생산 가능한 공장규모 □ 세계 30여국에 강관, 품, 건축용 가설자재 및 모듈러 제품을 수출 □ 모듈러 유닛 특허관련 총 8개의 특허권 보유 □ 군사업 적용 모듈러 유닛공법 신기술 보유 □ 모듈러 공법 주택 국내 최초 시공	□ 모듈 전문 제작 공장 보유 □ 설계 및 감리 사업 병행(엔지니어링 기반 모듈 제작사업) □ 2012년 공업화 주택 인증 □ 오피스/공동주택/모듈러주택의 에너지 저감모델 개발 □ 각 분야간 BIM협업 프로세스를 구축하고, BIM 데이터 작성 및 활용을 위한 수준 높은 시뮬레이션 제공 가능
주력 분야	□ 학교, 군시설 등의 공공분야 및 해외 수출용 등 중대형 건축물	□ 병영시설, 단독주택, 기숙사, 남극제2기지 등	□ 원룸, 보육원, 학교, 기숙사, 군막사 등

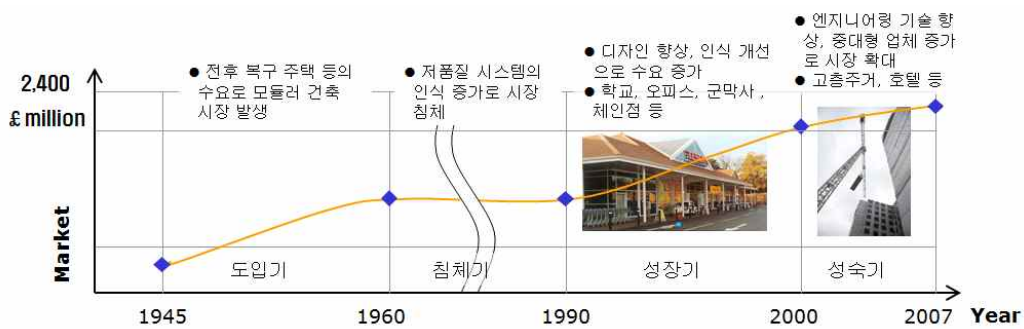
구분	스타프리빌(스타코)	(주) 큐브디자인개발	삼한건설
시스템 개요			
시스템 특징	□ 별도의 구조용 프레임 내에 모듈 설치 □ 중력하중 및 수평 하중 저항에 별도의 구조요소 사용	□ 컨테이너 시스템 이용	□ 건물의 중력을 지탱하는 기둥, 대들보, 처마, 선가래 등은 스틸소재로 시공하고 창문과 인테리어는 100%원목시공
주요 시공 실적	□ 오피스텔	□ 소형 주택 □ 전시시설(파빌리온 및 야외 카페 등)	□ 국내 첫 한옥빌딩 erjscnrxmrgj 및 디자인 출원 획득
특기 사항	□ 2010년 크루즈형 주택으로 공업화 주택 인증 □ 선박용 캐빈제작 병행 □ 선박용 캐빈제작 노하우를 바탕으로 벽체 패널 등을 제작함 □ 골조와 모듈의 중복 구조로 층수의 제한은 없으나 공사비가 다소 높게 소요됨	□ 템포하우징의 중국공장 이용 □ 개별 컨테이너 모듈을 이용하므로 해체 및 재조립이 용이함 □ 소형 구조물에 사용 가능하나 중대형 건축물에 대한 실적은 없음	□ 스틸(냉연압연강관, 강판, 빔)과 목조를 접목하여 전통한옥의 미적원형은 그대로 유지. □ 층수에 관계없이 고층 건물 시공 가능 □ 일반 한옥(목조/시멘트)건축비의 30% 절감 시공 가능 □ 전 공정의 70% 이상이 공장에서 미리 이루어져 공사기간은 2주~1개월. □ 2009년 ~ 2013년까지 국고 270억원과 민자 90억원이 투입되는 대규모 기술개발 사업 진행 중.
주력 분야	□ 중고층 오피스텔 및 원룸형 주택 등	□ 군 병영생활관 및 군 독신자 숙소 등 군관련 시설	□ 주거 상업, 의료시설 및 기타 모든 스틸한옥 양식의 건축물

2. 국외 시장현황

가. 국가별 모듈러 건축 시장현황

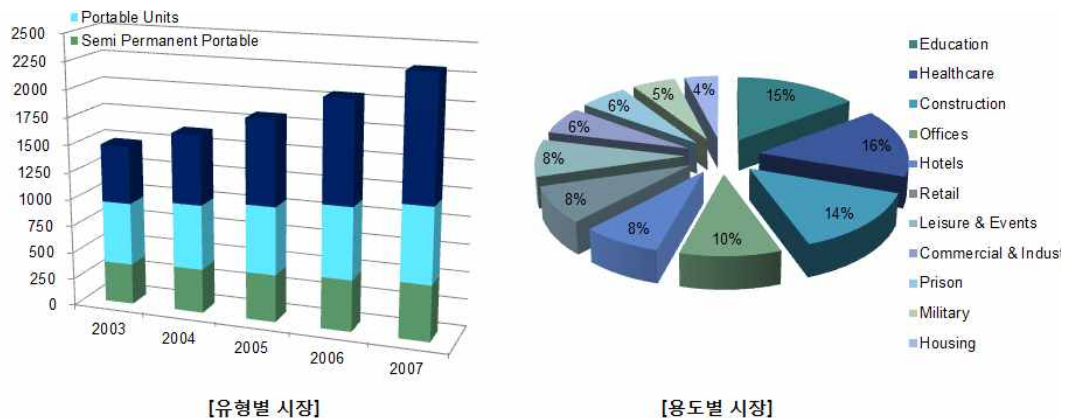
(1) 영국시장

- 영국은 2007년을 기준으로 약 2,316.9 £ million(약 4.2조원)규모의 모듈러 건축 시장이 형성된 국가임.
- 전후 복구를 위해 최초로 기술이 개발되었으며, 90년대 이후 엔지니어링 기술 향상 등으로 시장이 성장되어 현재 성숙기 시장 진입.
- 영국의 모듈러 건축 시장은 오랜 침체기를 거쳐 2000년대 이후 고층 주거 시설, 호텔, 병원 및 민간투자 공공시설 등의 수요가 지속적으로 증가하고 있음.



[그림 2-16] 영국 모듈러 건축 시장의 확대 과정

- 영국의 모듈러 건축 시장은 2000년대 후반으로 갈수록 모듈러 유형 중 정주형(permanent) 모듈러 빌딩의 가장 큰 증가세를 나타내고 있음. 이는 모듈러 건축시스템이 일반적인 건축시스템의 일환으로 확산되고 있다는 것을 의미함. 주요 용도로는 교육시설, 병원(요양원 등 포함), 건설현장 시설물의 비중이 가장 높으며, 기타 모든 분야에 적용되고 있음.



[그림 2-17] 영국의 유형별, 용도별 모듈러 건축 시장 분석

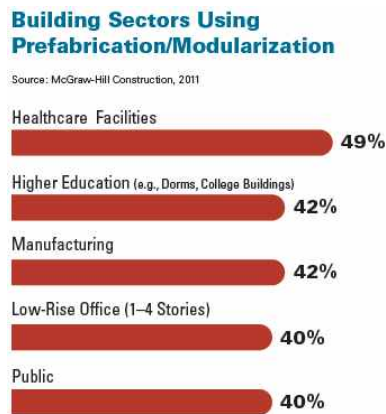
- 영국은 전 세계에서 모듈러 건축 시장이 가장 성숙된 국가로 평가됨.
- 영국 내 모듈러 건축 시장이 성공한 요인은 다음과 같이 분석할 수 있음.

[표 2-4] 영국 모듈러 건축 시장의 성공 요인 분석

성공 요인	분석	영향 시장
비주거 부문 시장 확대	교육시설, 병원시설, 체인점 등의 비주거 시장의 확대	교육시설, 병원, 체인점, 정류장 등
Social housing 시장 확대	정부의 key-worker를 위한 Social Housing(일종의 임대주택)시장 확대	주택
공기 단축 및 품질	기후 및 계약 문제 등으로 인한 불확실성 해소를 원하는 수요자 증가	전 분야
최신 기술의 개발(고층화, 장스팬화)	디자인 기술 향상, 고층화 기술 개발, 장스팬화 등으로 적용 가능한 건축물의 범위가 향상됨	주택, 기숙사, 상업시설 등
친환경성	정부의 주택정책 중 친환경(단열성능, 재활용율 등) 건축물에 대한 지원 증가	주택
숙련공 부족 문제	영국내의 숙련공(조적공, 배관공 등) 부족문제 해결	전 분야
CO2저감	Building Regulation의 Part L에서 CO2 배출량 저감을 요구	전 분야
영국 기후의 특성	영국은 여름과 겨울에 강우량이 많아 현장공사가 중단되는 경우가 많음	전 분야
가격경쟁력	일반적인 인식이 모듈러 건축물의 가격이 현장공법에 비해 낮다고 인식됨(실제는 유사하거나 비쌈)	전 분야
도심지 공사 용이성	경량구조로 굴착공사가 최소화되고, 도심지에서 인정 건물 등에 피해를 최소화함	전 분야
모듈러 영구건축물 시장 증가	신축 및 증축 등에 모듈러 공법을 적용하고자 하는 수요자 증가	사무실, 병원, 군시설, 감옥, 체인점, 학교 등

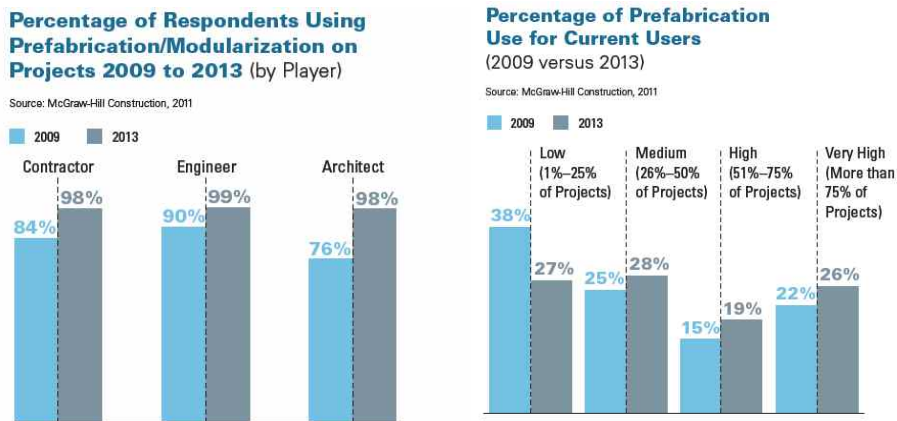
(2) 미국시장

- 미국은 2011년 기준 약 \$5 billion(약 5.5조원)규모의 모듈러 건축 시장이 형성됨.
- 미국 시장은 Permanent market과 Relocatable market으로 구분됨.
- 2011년 기준으로, Permanent market은 42%, Relocatable market은 58%의 시장을 점유하고 있음.
- 의료시설, 대학기숙사, 제조시설, 저층건물, 공공건물 등에서 모듈러 건물의 사용도가 높음.



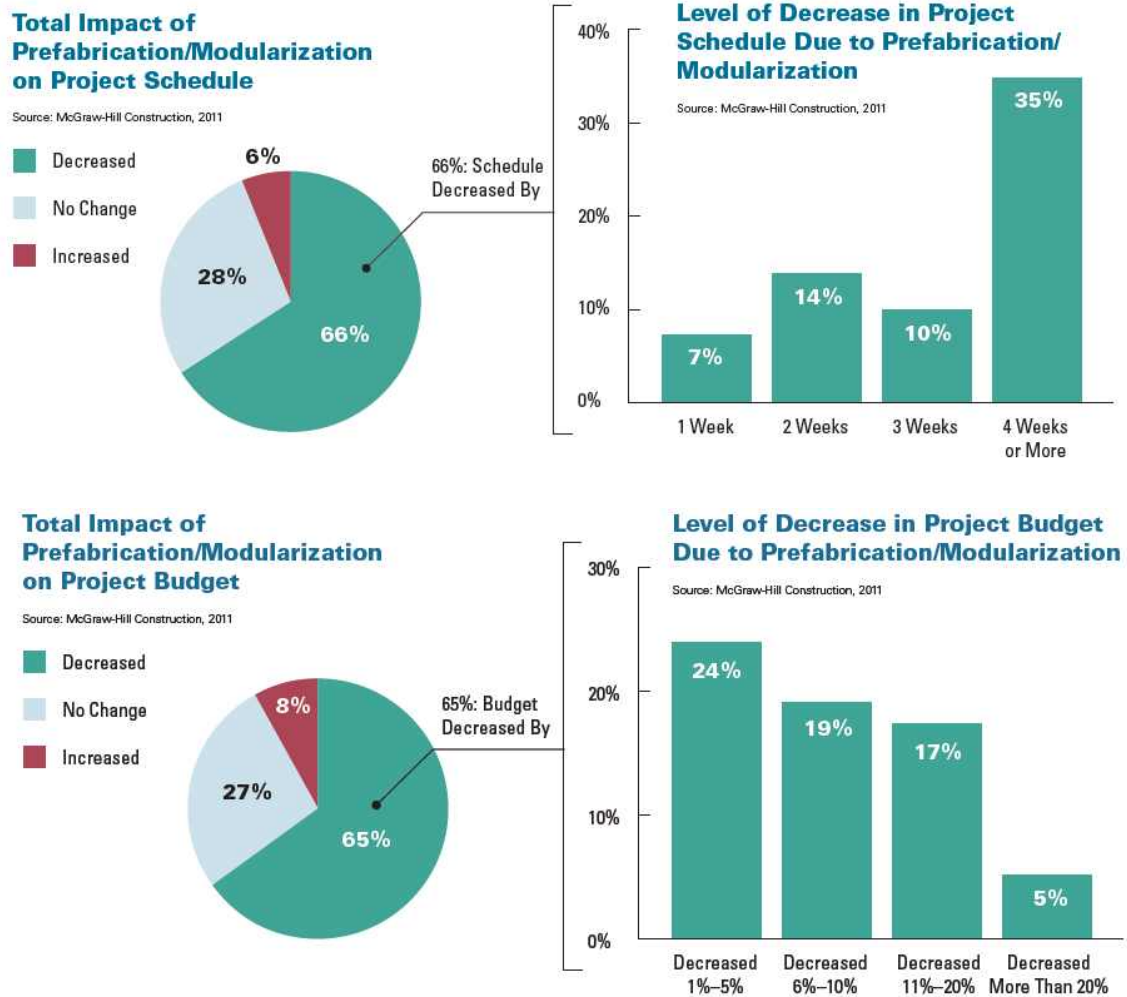
[그림 2-18] 건물 유형 별 모듈러 건축물 시장 분포

- 계약자, 엔지니어, 건축가들의 프로젝트에 모듈러를 사용하는 빈도가 높으며, 이는 2013년에 더욱 높아질 것으로 예상됨.



[그림 2-19] 프로젝트 참여자 별 모듈러 건축물의 사용 빈도

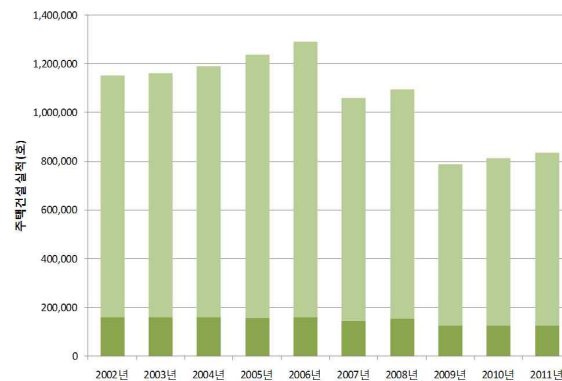
- 모듈러 구조가 기존 구조 대비, 공기단축과 공사비용 절감의 효과가 있는 것으로 나타남.



[그림 2-20] 모듈러 시스템의 공사비용 절감 효과 분석

(3) 일본시장

- 일본의 주택건설 실적은 연간 100~120만호 수준.
- 최근(2009년 이후) 경기불황의 원인으로 연간 80만호 수준으로 감소.
- 프리패브 주택의 건설실적은 연간 12~15만호(주택 실적의 15%내외) 수준.
- 공업화 주택 단가는 타 공법에 비하여 높지만, 공기가 현저히 짧고 소비자의 만족도가 매우 높게 나타나고 있음.



	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
프리패브 주택	160,871	159,224	159,930	156,254	160,347	145,360	154,427	125,924	126,671	126,770
신설 주택	1,151,016	1,160,083	1,189,049	1,236,175	1,290,391	1,060,741	1,093,519	788,410	813,126	834,117
비율	13.98%	13.73%	13.45%	12.64%	12.43%	13.70%	14.12%	15.97%	15.58%	15.20%

[그림 2-21] 일본 프리패브 주택 건설실적 비율

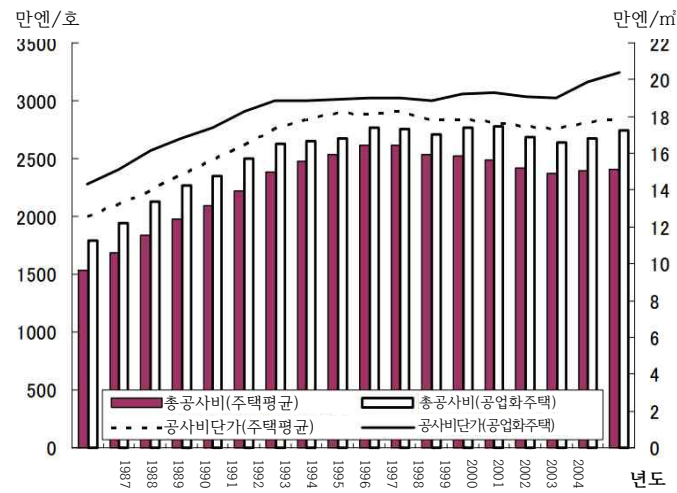
- 현재 일본의 프리패브 주택의 공급현황은 철골조(86%), 목조(11%), PC(2%) 수준이며, 철골조 프리패브 주택 중 패널타입 및 유닛타입은 8:2로 시장규모가 형성되어 있다.

	연도	목조		PC조		철골조	
재료별 공급현황	2008년	18,072	12.33%	4,583	3.13%	123,950	84.55%
	2009년	16,674	11.22%	3,587	2.41%	128,331	86.36%
	2010년	14,166	11.39%	2,822	2.27%	107,373	86.34%
	2011년	14,063	11.19%	2,876	2.29%	108,763	86.52%
	2012년	14,663	11.44%	3,047	2.38%	110,506	86.19%
용도별 공급현황	연도	자가		임대주택		분양주택	
	2008년	56,724	38.69%	81,219	55.40%	8,662	5.91%
	2009년	55,317	37.23%	87,055	58.59%	6,220	4.19%
	2010년	51,819	41.67%	68,164	54.81%	4,378	3.52%
	2011년	54,715	43.53%	66,485	52.89%	4,502	3.58%
	2012년	55,396	43.21%	68,003	53.04%	4,817	3.76%

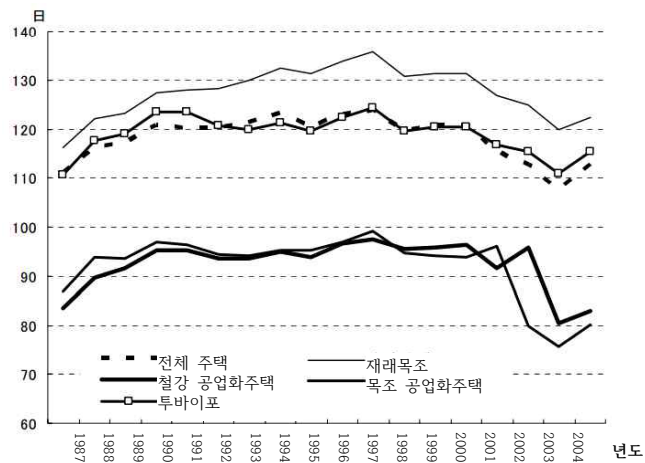
[그림 2-22] 일본 프리패브 주택 재료별·용도별 공급현황

- 건축공사기간에 대해서는 전체 주택평균이 약 105~120일 전후임에 대해서 공업화주택은 80~100일 사이로 확연하게 다른 공법에 비해서 짧음.

- 수요자측면의 지표로서 경제산업성이 실시한 “공업화주택이용조사” 결과, 공업화주택 및 건물 부위의 종합만족도(매우 만족 + 만족)는 90%를 넘어 공업화주택에 대한 소비자의 만족도가 매우 큰 것으로 나타남.



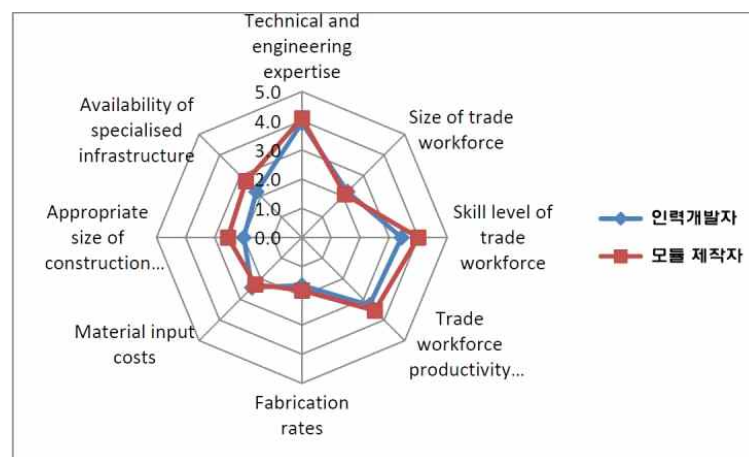
[그림 2-23] 공업화주택과 전체 주택평균의 총공사비 및 공사비 단가



[그림 2-24] 공업화주택과 전체 주택평균의 건축공사기간

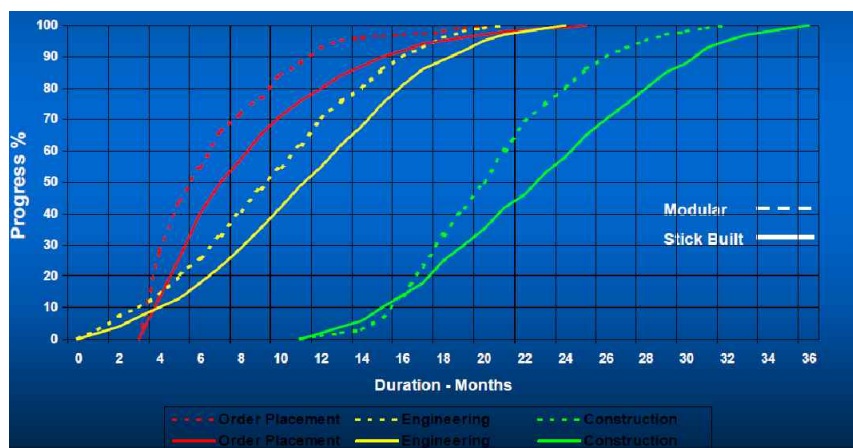
(4) 호주시장

- 호주는 모듈러시장 중 큰 시장중의 하나인 영국의 영향을 받아 최근에 멜버른에서부터 시장이 형성되었으며 2011년 약 \$300 million(약 0.33조원) 시장 규모로 추정됨.
- 저소득층 및 노숙자 등 사회적 소외계층에게 적정 수준의 주거환경을 저렴한 가격으로 제공하는 공공임대주택 정책이 매우 중요한 현안으로 공업화 주택의 연구가 활발히 수행 중
- 호주는 모듈러 공법에 대한 전문 기술력과 생산력을 확보하고 있지만, 인프라시설 및 모듈러 건설 시장 규모, 경제성 확보가 미흡하다고 평가 받고 있음.



[그림 2-25] 호주와 월드베스트의 모듈러 사업 성공요소 비교

- 호주의 모듈러 공법이 기존 건설 공법 대비, 공기단축의 효과가 있는 것으로 나타남.



[그림 2-26] 호주의 기존 건설공법과 모듈러 공법에 의한 공기 비교

(5) 중동시장

○ 해외 PC공법 공동주택 건설사업 사례, 한화건설 이라크 BNcP

○ BNcP(Bismayah New City Project) 개요

- 이라크 수도인 바그다드에서 동남쪽으로 10km 떨어진 비스마야 지역에 1,830만m²(550만평) 분당급 규모의 신도시 개발 공사

※ 10만호 국민주택 및 사회기반시설 건설공사

※ 도로와 상·하수관로를 포함한 신도시 조성공사

- 총 공사기간: 7년(설계 2년/실행 5년)

- NIC(National Investment Commission: 이라크 국가 투자위원회)에 의한 100만호 주거공급사업의 첫 번째 프로젝트



[비스마야 프로젝트 조감도]



[비스마야 지역 국민(공동)주택]

○ 10만호 국민주택

- 주택규모: 10층(중층), 한 층당 12세대 구성

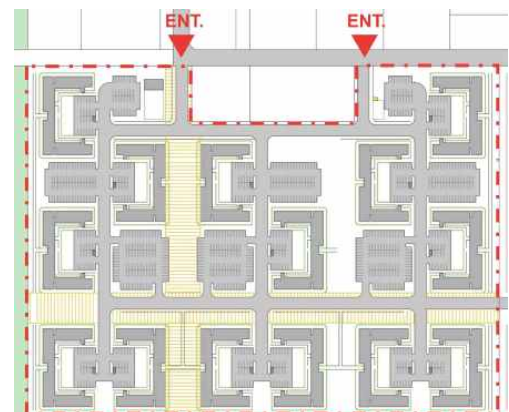
- 건물형식: RC조, ㄷ자 복도형 아파트, Precast Concrete공법 사용

- 평면유형: 3가지 타입(100m², 120m², 140m²)

- 단지구성: 10층 건물 14동이 1개의 Block을 구성(총 1,680세대)



[Building Plan]



[Block Plan]

○ PC(Precast Concrete) 생산공장

- 세계 최대 규모의 PC공장(Bismayah 공사부지 주변)

- Main Stie에서 조립될 콘크리트 벽체와 슬라브 그리고 말뚝을 생산

- Capacity: 두 달에 한 번씩 잠실 3단지(4,000가구) 규모의 아파트 단지를 건설 공급.(매일 80세대, 연간 2만 세대에 해당하는 슬래브와 벽체를 동시 생산)

- 1일 투입인력/사용 콘크리트 량: 1,700여명/6,400톤(레미콘 430대)

- 공장구성: 3개의 PC 생산공장과 자재 생산공장으로 구성

※ PC 생산공장

1. Hollow Core Slab Plant: 중공 PC슬래브 생산

2. Sandwich Wall Plant/Battery Wall Plant: PC벽체 생산

3. PHC Pile Plant: 프리텐션 고강도 콘크리트 말뚝 생산공장

※ 콘크리트 배합 및 생산공장

:Batcher Plant, Crushing Plant

※ 그 외 건설자재 생산공장

:AAC Plant, Asphalt Plant, Mortar Plant 등



[Sandwich Wall Plant]

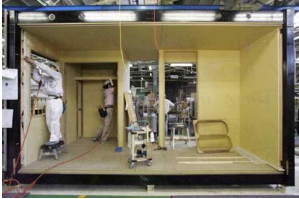


[PHC Pile Plant]

나. 주요 모듈 제작사 현황분석

구분	Yorkon(영국)	Cadolto(독일)	Alho(독일)
시스템 개요			
시스템 특징	□ 기동-보 스틸프레임 방식 □ 별도보강 없이 6층 적층(건식바닥 적용, 내진설계 미적용)	□ 기동-보 스틸프레임 방식	□ 기동-보 스틸프레임 방식
주요 시공 실적	□ NHS Treatment Centre, Bristol □ Christ College	□ Dermatological University Hospital Essen □ MRT Facility at the Free University of Berlin □ Hirslanden Hospital, Zurich	□ Administration building, Strassen, Lusembourg □ Office building D-Hamburg
특기 사항	□ 영국내 업체 중 가장 높은 기술력 보유 □ 철골 프레임 구조로 모듈 순스팬 12m 가능 □ 최근에는 병원/실험실 등 고부가가치 사업 분야에 특화하고 있음 □ 다수의 고정 고객 보유(호텔, 맥도널드 등) □ 구조부재 및 마감재별 보증 기간 제시 □ Co2 배출을 줄이기 위해 Biomass Fuel을 이용한 친환경 난방 시스템 적용	□ 독일내 병원 및 연구시설 부분 Modular 최고 기술 업체 □ 병원 및 실험실에 요구되는 복잡한 설비배관 등을 모두 공장에서 제작함 □ Modular Cell 렌트 및 임대 가능 □ 영국, 러시아 등에 모듈 수출	□ 독일내 Modula 최대 생산 및 기술업체 □ 해외시장을 겨냥, 국제 운송을 위한 제품 포장방식 개발(Flat pack) □ Flat pack의 경우, 트럭하나에 6~8개의 유닛 적재 가능 □ Modular Cell 렌트 및 임대 가능
주력 분야	□ 학교 교육 시설, 의료시설 (병원/실험실) 등 고부가가치 사업에 특화 □ 주택, 학교 등 다양한 분야 적용	□ 의료시설 및 연구시설	□ 오피스 시설, 학교 교육 시설, 의료 및 실험 시설

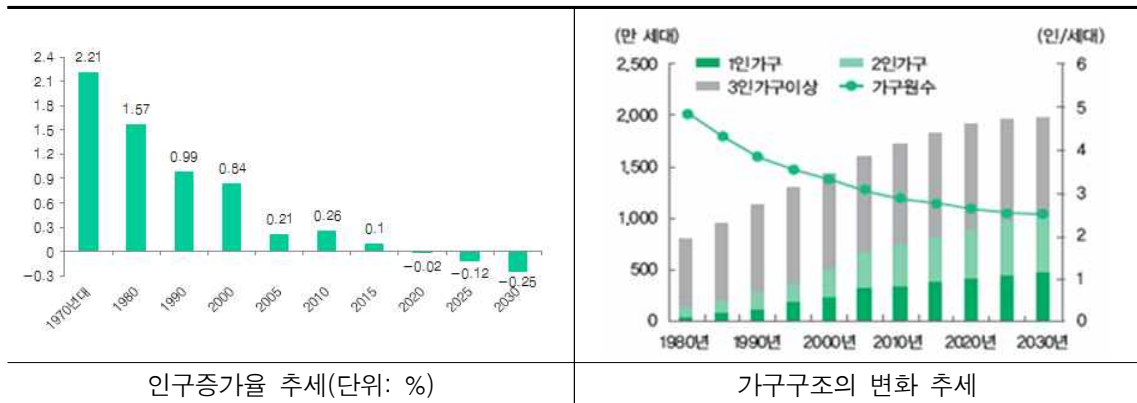
구분	Vision Modular(영국)	Tempo Housing(영국)	AMS(미국)
시스템 개요	 	 	 
시스템 특징	☐ 기동-보 스틸프레임 방식	☐ 컨테이너 시스템	☐ 기동-보 스틸프레임 방식
주요 시공 실적	☐ Wolverhampton, UK ☐ Victoria Road, Hampshire, UK ☐ Wembley Block A & B ☐ Wembley Block C & E	☐ Hotel Yenagoa, Nigeria ☐ Student housing Diemen ☐ Keetwonen, (Amsterdam student housing)	☐ Belmont-Redwood Shores USD ☐ Riverbend Elementary School ☐ Lone Junior High School
특기 사항	☐ 24층, 세계 최고층 모듈러 건축물 시공 ☐ 철골 프레임과 RC조 바닥의 하이브리드 구조 시스템 적용 ☐ 학생 기숙사 등 다수의 고층 시스템 시공 경험	☐ 중고 또는 신제품 컨테이너를 이용한 Modular 시스템 구현 ☐ 기술 이전 및 로컬 파트너십 운영 ☐ 아카데미를 운영하여 기술이전 및 교육에 적극적임	☐ 제품 Target이 학교 및 상업시설로 한정 ☐ Gen7, Green Classroom이라는 건강건축 컨셉의 학교 모듈 건축 상품 프랜드 런칭 ☐ LEED인증을 통한 친환경 인증 획득
주력 분야	☐ 주거시설 및 학생건물(기숙사)	☐ 숙박시설 및 학생 건물	☐ 학교건물 및 상업건물

구분	도요타홈(일본)	미사와홈(일본)	세키스이하임(일본)
시스템 개요	 	 	 
시스템 특징	□ 기동-보 스틸프레임방식 □ 내진 및 진동 저감 기술	□ 목조 및 철골조, Hybrid(목조+철골조)의 유닛형 모듈러	□ 기동-보 스틸프레임방식 □ 골조 내진안전성 기술 □ 바닥진동 저감을 위한 다양한 기술 확보
주요 시공 실적	□ Kitakyushu City □ 東中野 桜山レジデンス	□ Asahikawa City, Hokkaido □ 단독주택(7446동), 분양주택(816동) 및 임대(1961동) 동 총 10233동	□ 東京都台東区東上野 □ 神奈川県横浜市戸塚区川上町
특기 사항	□ 자동차 생산기술을 주택산업에 접목 □ 금속모듈유닛기술 개발하여 공기를 1/3단축 및 부품의 85%를 공장에서 생산 □ 주택 및 초고층 빌딩공사에도 관련기술 적용 □ 500mm의 정수배의 유닛모듈 보유 □ 기초부 오차수령 가능한 무수축모르타르 충전하는 기술 적용	□ 모듈러 전문 제작 공장 보유 □ 주택의 건축공법 및 특징에 따라 45개의 공업화 브랜드 표준모델 판매 중 □ 철골조 유닛과 PALC(세라믹)외장 벽체를 이용한 주택 : 벽스터드는 아연도 강재, 천장 및 바닥 조이스트는 목재를 적용 □ 실내 대공간 구성을 위한 super-beam 공법	□ 기동과 보를 일체화하여 구조강도 안정 □ 유닛 접합시 100*120mm 코너철골 사용 □ 지진대비 유닛모듈과 기초부분 조인트 시스템적용 □ 에너지 절약(단열,기밀)이 가능한 부재 개발 □ 태양광시스템 적용 □ 자체개발한 방범시스템 적용
주력 분야	□ 단독주택 및 오피스시설	□ 공업화 주택뿐 아니라 재료, 공법 및 기술(제진장치) 개발	□ 단독주택

3. 시장전망

가. 내수 시장 전망

- 인구구조 변화 등으로 도시형 생활주택 등 소형주택 시장 규모가 크게 성장할 전망이다. 서울에서만 고시원에 거주하는 가구 수가 15만에 달하며, 반지하, 지하셋방, 옥탑방에 거주하는 가구는 전체의 6%임. 이러한 점을 고려할 때 소형 모듈러 소형주택의 수요는 지속적으로 확대될 것으로 예상된다.



[그림 2-27] 인구 및 가구구조변화에 따른 소형주택 수요증가 전망

- 만혼, 혼인을 하락, 이혼율 증가에 따른 가구분화 심화와 고령화에 따른 노령 1인가구 증가로 소형주택 수요가 지속적으로 발생할 것이 예상된다.



[그림 2-28] 1인가구 증가 현황

- 저성장, 저금리 기조의 임대수익 사업수요 증가와 안정적 수익을 원하는 베이비부머 세대의 은퇴 증가, 1인가구 세대의 경제적 취약성으로 인해 소형 주택시장 확대가 예상됨.



[그림 2-29] 임대 현황

- 주택 분야는 일정기간 사용 후 이동 및 재사용이 필요한 분야, 동일한 모듈의 반복 생산으로 경제성 확보가 가능한 분야, 공기단축을 통해 사업성 확보가 가능한 분야, 도심지 토지 임대 분야 등 다양한 분야에서 향후 시장이 확대되리라 예상됨.
- 학교시설 분야는, 도시개발로 야기되는 일시적 수요 증가로 인한 학교시설 부족 및 학령인구 감소로 인한 유휴교실 발생 등의 문제를 해결하기 위하여 이동 및 재사용이 가능한 모듈러 건축 시장이 확대될 것으로 예상됨.
- 또한, 2020년에 OECD 상위수준으로 학급당 학생수를 감축하기 위하여, 교실 증축 및 신설학교의 수요가 증가하고, 특히, 증축의 경우, 방학 중 공사가 완료되어야 하는 학교시설의 특성 상 모듈러 건축을 적용한 증축 수요가 증가할 것으로 예상됨.
- 이동 및 재사용이 필요한 군시설에서는 최근 모듈러 적용이 확대되고 있으며, 대량생산을 통한 공사비 절감이 가능할 경우 시장이 더욱 확대되리라 예상됨.
- 민간 분야는 중소형 비즈니스 호텔이나 리조트 등 동일 모듈이 반복 사용되는 분야에 적용 가능하며, 다양한 비즈니스 모델을 통해 민간의 창의력이 발휘되는 새로운 시장이 창출될 수 있을 것으로 평가됨.

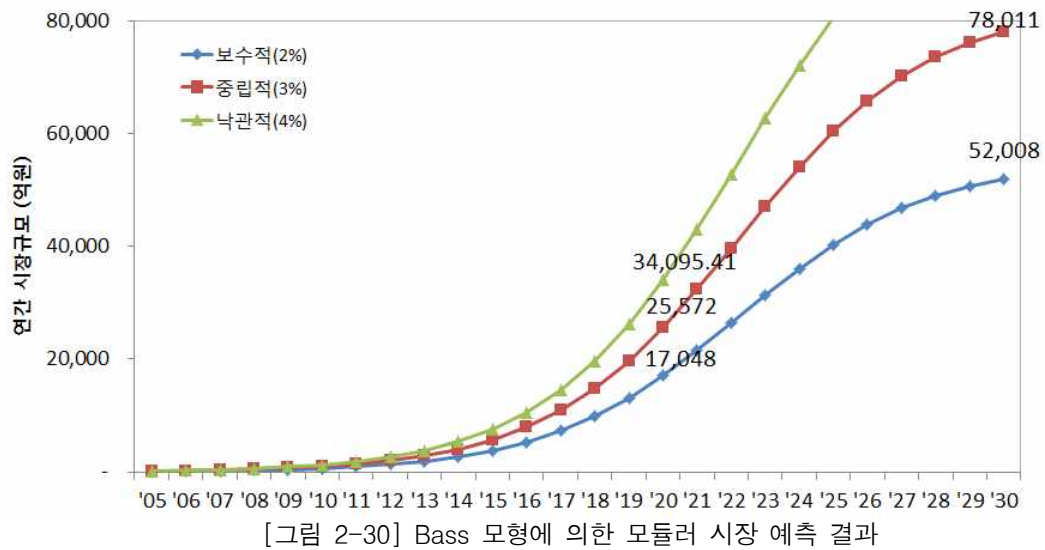
- 국내 모듈러 건축 시장규모 조사 자료(2003~2010), 영국 모듈러 건축 시장 규모 조사 자료(2003~2007), 2020년 국내 건설시장 규모 예측 자료를 바탕으로, Bass 모형과 ARIMA 모형을 사용해 모듈러 건축 시장을 예측해본 결과, **2020년 최소 약 9,400억원, 최대 약 2.56조원의 시장을 형성할 것으로 추정됨.**

- 분석 조건

- ① 국내 모듈러 건축 시장규모 조사 자료를 현황 data로 활용
 - 2003년 도입 이후, 2005년부터 시장형성 시작
 - 2010년 427억원 규모
 - 2011년 이후 큰 폭 성장 예상
- ② 영국 모듈러 건축 시장규모 조사 자료를 벤치마킹 data로 활용
 - 2007년 2,316.9 £ million(약 4.2조원) 규모
 - 2007년 기준 영국 전체 건설시장의 2.1% 점유
 - 연평균 10% 이상의 성장률 지속
- ③ Bass 모형에서는 2020년 국내 건설시장 규모를 275.9조원으로 추정
 - 2009년 건설 부분 수주액은 약 192조원
 - 시계열적 추세상 2020년까지 연평균 3.3% 성장 예상 (2015년까지 3.7%, 2016년~2020년까지 2.9% 성장세 예측)
- ④ Bass 모형에서는 영국을 벤치마킹하여 모듈러 시장 포화치를 설정, 2020년 모듈러 시장을 보수, 중립, 낙관의 3가지 시나리오로 구분하여 시나리오별 예측을 수행함.
 - 보수적 전망: 2020년 건설수주액의 1% 점유를 포화치로 설정
 - 중립적 전망: 2020년 건설수주액의 2% 점유를 포화치로 설정
 - 낙관적 전망: 2020년 건설수주액의 3% 점유를 포화치로 설정
- ⑤ ARIMA 모형에서는, 통상적인 ARIMA 모형과 과거 데이터를 통해 미래를 한해씩 구분, 누적하여 추정하는 ARIMA step-wise의 2가지 방식을 모두 이용

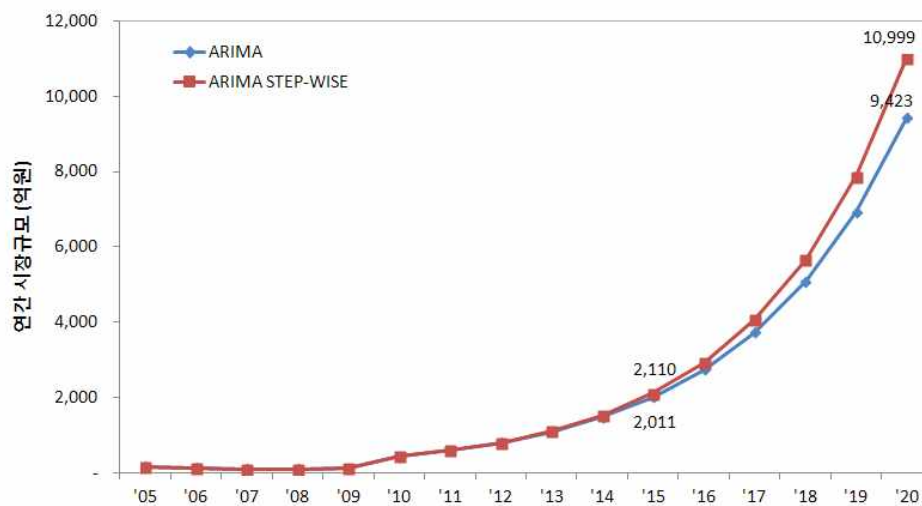
- 분석 결과

- ① Bass 모형
 - 모듈러 건축 시장은 2027년까지 매년 규모가 증가하다가, 이후 시장 성장률이 둔화될 것으로 보임
 - 보수적 전망(건설수주액의 2%)에서는 모듈러 건축 시장이 2015년 약 3,800억원, **2020년 약 1.7조원** 규모로 예측됨
 - 중립적 전망(건설수주액의 3%)에서는 모듈러 건축 시장이 2015년 약 3,800억원, **2020년 약 2.6조원** 규모로 예측됨
 - 낙관적 전망(건설수주액의 4%)에서는 모듈러 건축 시장이 2015년 약 5,700억원, **2020년 약 3.4조원** 규모로 예측됨



② ARIMA 모형

- ARIMA 모형은 모듈러 건축 시장을 2015년 약 2,000억원, 2020년 약 0.94조원 규모로 추정
- ARIMA step-wise 모형은 모듈러 건축 시장을 2015년 약 2,100억원, 2020년 약 1.1조원 규모로 추정



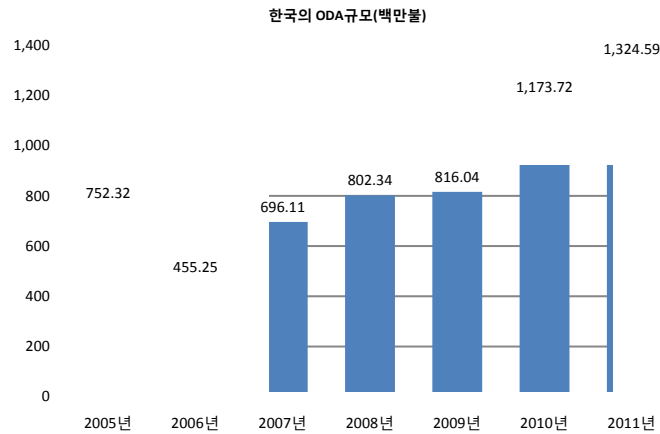
나. 수출 시장 전망

- 수출용 모듈러 시장은 러시아 극동지역, 중동지역, 동남아시아, 호주, 아프리카, 중남미 지역, 남극 등 다양한 지역에서 요구가 증대하고 있으며, 대부분의 모듈 수출 지역은 현지에서 자재나 인력 등을 조달하기 어려운 경우가 대부분임.
- 현지에서의 모듈 조립이 가능한 경우, 국내에서 자재를 생산하여 수출한 후 현지 공장에서 간편하게 조립하는 유형이 가능하며, 현지에서의 공장 조립이 불가능한 경우 국내에서 완제품 형태로 제작하여 수출할 수 있음.
- 수출용 모듈러 시장은 공적개발원조 사업 수요(교육시설, 의료시설 등), 개발도상국 도시개발 사업의 주택 보급사업 수요, 자원개발 및 건설용 노동자 숙소 수요, 분쟁지역 및 재난지역 임시주거 수요를 통해 연간 10개 프로젝트를 수주하는 경우, **2020년 약 4,500억의 시장 규모로 전망.**

(1) 공적개발원조(ODA)

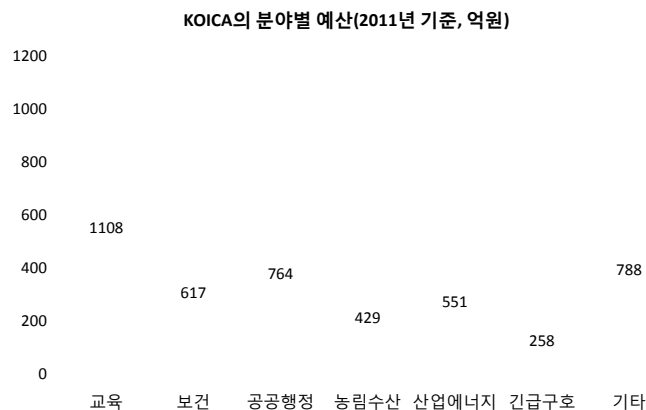
- 국제개발협력에 사용되는 개발재원은 ODA, 기타공적자금, 민간자금의 흐름, 민간증여로 구분함. 그 중에서 개발도상국의 개발을 주 목적으로 하는 재원을 공적개발원조(ODA: Official Development Assistance)라고 함.
- 우리나라는 개발도상국의 개발에 기여하기 위하여 지속적으로 ODA를 증대시켜 왔으며, 특히 2005년에는 아프가니스탄, 이라크 등의 전후복구지원 증가, 미주개발은행(IDB) 가입에 따른 신규 출자 등 예외적인 요인으로 원조규모가 급증하여 752.3백만 불, GNI의 0.1%까지 성장세를 보였음. 또한 2010년 OECD/DAC에 가입하게 되면서 총 ODA 약12억 불을 기록하며 절대 규모면에서 큰 증가를 보였으나, 총 국민소득 대비 ODA 비율(ODA/GNI)이 2011년을 기준으로 0.12%에 머물러 세계 13위인 경제규모에 비해 낮은 수준을 보였으며, 이는 DAC 회원국의 2011년도 평균 ODA/GNI 비율인 0.31% 및 UN 2015년 목표치 0.7%에 못 미치는 수준이어서, 2015년까지 0.25% 목표 달성을 위해 노력하고 있음. 이러한 경우 2015년 공적개발원조 금액은 약 25억불까지 증가할 것으로 예상됨.
- KOICA는 정부 차원의 대외 무상협력사업을 담당하는 기관으로, 우리나라와 개발도상국가와의 우호협력 및 상호교류를 증진하고 이들 국가의 경제·사회발전을 지원하여 국제협력에 기여하고자 설립되었으며, 본부에서는 사회·경제개발팀이 분야별 사업 전략을 수립·추진하고, 4개 지역부(아시아 I·II, 아프리카, 중동·중남미) 산하 8개 지역팀(동남아1·2, 서남아, 동·서아프리카, 중동·아프간, 중남미팀 등)이 국가별 세부사업을 집행함.

KOICA의 예산 규모는 2012년을 기준으로 약 5억불 수준이며, 본 기획연구에서 목표로 하는 모듈러 공법을 활용한 시설 등을 이용하는 공적 원조 사업은 대부분 KOICA를 통해 집행됨



[그림 2-32] 한국의 ODA규모(출처: 대외경제협력기금 ODA통계)

- KOICA의 ODA사업은 교육, 보건, 공공행정, 농림수산, 산업에너지, 긴급구호 등 다양한 분야에 적용되고 있으며, 이 중 모듈러 공법을 이용한 시설물의 제공이 가능한 분야는 교육(학교시설), 보건(병원시설) 및 긴급구호(구호시설) 등임.



[그림 2-33] KOICA의 분야별/지역별 예산(출처: KOICA 통계자료)

- 교육, 보건 및 긴급구호 시설 등은 2011년 기준 KOICA의 전체 예산 중 약 44%를 차지하며, 국내의 ODA사업이 2015년 GNI의 약 0.25%까지 증가한다면, KOICA의 예산은 2015년 약 10.4억불, 교육, 보건 및 긴급구호 시설의 예산은 약 2015년 약 4.6억불(약 5천억원)규모로 예상됨.
- KOICA의 지역별 예산을 살펴 보면, 아시아, 아프리카, 중남미 등 전 지역에 걸쳐 있으며, 특히 아시아 지역의 비중이 가장 높음. 따라서, 아시아 지역과 아프리카 지역 등을 주요 타깃시장으로 볼 수 있음.

(2) 개발도상국 도시개발

- 국내 건설사들의 국내 신도시 개발을 통해 축적된 노하우를 활용하여 아시아 및 중동 지역 도시개발 사업에 참여하기 시작하였으며, 2005년 이후, 국내 부동산 개발사업 시장의 수익성 악화로 해외부동산 개발사업의 진출을 본격적으로 확대, 2008년까지 총 153억불 수주.

[표 2-5] 해외 개발사업 수주추이

(단위 : 백만불)

구분	'89~'97	'98~'04	'05	'06	'07	'08
개발사업수주(A)	6,476	676	449	1,573	2,616	3,543
전체해외수주(B)	60,879	40,324	10,859	16,468	39,718	46,773
A/B(%)	10.6	1.6	4.1	9.5	6.5	7.5

출처 : 2010년 건설산업정보센터

- 최근, 베트남, 아제르바이잔, 캄보디아, 카자흐스탄 등 아시아 지역을 중심으로 수주가 급등하고 있으며, 단기간에 대규모 신도시를 건설한 우리 기업들의 기술과 경험을 높이 평가하며 U-City 건설기술에 대한 높은 관심을 보임

[표 2-6] 우리 기업의 주요 해외 도시 추진현황

국가	도시	참여업체	사업내용
베트남	하노이	대우, 경남 등 5개사	9억불, 207ha, 5,000세대
	북안카잉	포스코건설, 비나코넥스	28억불, 264ha, 7,600세대
	호치민	GS건설	10억불, 100만평, 인구 7만명
카자흐스탄	아스타나	동일하이빌	10억불, 20ha, 아파트 2,500세대
	알마티	우림건설	23억불, 275km ² , 아파트 4,000세대
아제르바이잔	사프란	토지공사	PM 수행(7,200만m ² , 287억불)

출처 : 2010년 건설산업정보센터

○ 중동/북부 아프리카 도시개발 추진현황

- ① 국내 건설사들의 진출이 가장 활발한 지역이며 오일 머니를 중심으로 향후 지속적으로 도시 개발수요가 존재
- ② 단기간에 첨단그린도시의 상품수출전략을 추진하여 성과를 얻을 수 있는 지역
- ③ 사우디는 역사상 최대규모 (인구 200만, 사업비 500억달러)에 달하는 킹압둘라 경제도시 개발진행중임
- ④ 알제리에서는 사업비 100억 달러 규모의 하시메사우드 신도시 추진중
- ⑤ 이외 카타르, 리비아 오만에서도 다수의 신도시 개발계획을 수립

○ 남부 아프리카 도시개발 추진현황

- ① 세네갈 정부는 관광국제업무 복합 신도시를 건설하여 세계자유무역지대 조성을 계획
- ② 핑크 레이크 신도시는 현재 한국토지공사와 추진협의 중

○ 아시아 지역 도시개발 추진현황

- ① 동남아시아 지역의 국가들은 대체로 수요조건, 국가별정책지원, 산업전망이 특정분야에 치우치지 않고 각 국가별로 비례하여 감소하는 양상을 보임.
- ② 아시아에서는 중국이 가장 활발하게 신도시 건설을 추진하고 있음. 시장경제를 도입하면서 도시로의 인구집중이 일어났으며 이에 따라 신도시 수요급증
- ③ 베트남, 몽골, 인도를 중심으로 도시인구집중에 따른 주택문제 등을 해결하기 위하여 신도시 개발계획을 추진하고 있음. 말레이시아, 태국이 동남아시아 유력한 후보로 추정되고 말레이시아가 가장 매력적인 시장으로 향후 Hub 국가로 활용가능.

○ 중앙아시아 (CES) 지역

- ① 첨단 그린도시와 관련된 IT나 환경에 대한 관심이 타지역 국가들에 비해 낮음.
- ② 타권역의 국가들에 비해 정책적 지원이 낮음에도 산업전망이 매우 우수함
- ③ 수도권집중으로 문제를 해결코자 행정기능 도시건설에 대한 수요증가
- ④ 아제르바이잔의 경우 IT 관심지수가 높다는 점에서 향후 국가발전에 따라 상품수출시장으로서의 가치가 상승할 가능성이 높음. 카자흐스탄은 신도시건설계획을 구체화하고 있음.

3절. 기술동향분석

1. 기술분류 및 정의

가. 모듈러 건축 기술의 유형 분류

- 모듈러 건축 시장은 다양한 방식으로 유형 분류가 가능함. 구조재료, 재사용 여부, 용도, 구조형식 등에 따라 구분 가능하며 모듈러 건축과 관련하여 시장이 성숙된 영국에서의 예를 들어 각 분류 방식에 따른 모듈러 시스템의 특성을 분석하면 다음과 같음.

[표 2-7] 구조재료 및 재사용 여부에 따른 모듈러 건축 시장의 유형 분류 및 특성

분류방식	유형	특성	적용 예
구조 재료	스틸 (Steel Frame)	기둥,보 등의 주요 구조부를 형강이나 각형강관 등의 철골 부재로 하거나, 박판의 아연도금 강판을 이용해 내력벽 방식의 모듈을 제작함.	
	목조 (Timber Frame)	경량 목구조로 단위 모듈의 바닥, 벽체, 천장 등을 구성함.	
	콘크리트 (Precaset Concrete)	모듈의 일부(바닥 및 벽체 등) 또는 전체를 철근콘크리트로 구성함.	
재사용 여부	정주형(Permanent) 모듈러 건축	일반적인 영구 건축물과 동일한 용도로 사용되며, 외부 마감 및 전기/설비 등은 현장에서 설치하는 것이 일반적임. (공장제작율 50~60%)	
	이동 가능 정주형 건축 (Semi-permanent or Re-locatable)	모듈러 건축 고층화와 동일하게 시공되나, 1~2회 정도 해체 후 재사용 가능함. (공장제작율 60~80%)	
	이동형 모듈러 건축 (Portable or Mobile)	여러 번 재사용 가능하며, 마감재와 전기/설비 등을 대부분 공장에서 제작함. (공장제작율 80~100%)	

[표 2-8] 적용 용도에 따른 모듈러 건축 시장의 유형 분류 및 특성

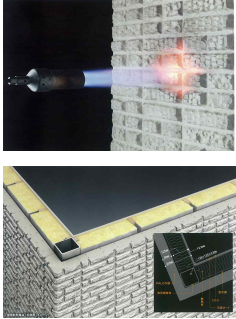
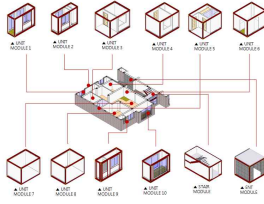
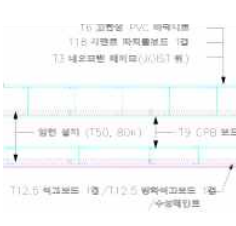
분류 방식	유형		특성		적용 예
			Portable	Permanent	
적용 용도 (영국)	공공 부문	교육시설	학생수의 일시적 변동 발생시 임시교사동의 구매 혹은 임대 형태	"공기단축"으로 방학 중 공사가 가능함	
		의료시설	현혈시설물 등 환자의 응급하지 않은 시설에 대부분 사용됨	설비관련 기술 개발(급수, 가스, 전기설비 등의 접합)이 병원에 대한 수요증가	
		국방시설	주로 영구 시설물을 짓는 동안 사용되는 임시 시설로 사용됨	1인용 군대 막사 등에 영구 건물로 적용이 확대됨	
		감호시설	외국 난민에 대한 임시 수용시설 등으로 사용됨	영구 건물은 기존 감호시설의 증축이나 확장 등의 용도로 사용됨	
	민간 부문	주택/기숙사	Social housing(공공 임대)이 부족한 지역에서 임시 주택으로 적용됨	고층화(영국의 경우 최대 24층)에 따라 기숙사 및 소형주택 등에 적용이 확대됨	
		호텔	거의 없음.	Travel Inn, Tulip Inn 등의 비즈니스 호텔 체인들이 자사의 호텔들을 모듈러 공법을 적용함	
		체인점	거의 없음	영국의 경우, 맥도날드, Tesco 등의 기업들에 의해 체인점 수요 발생	
		사무실	사무실을 일정 기간만 사용하고자 하는 기업들에 의해 임시건물에 대한 수요 발생	도심지에서의 기초공사 용이, 시공용이성 등으로 영구건축물에 대한 수요 증가	

[표 2-9] 구조 형식에 따른 모듈러 건축 시장의 유형 분류 및 특성

분류 방식	유형	특성	적용 예
구조 형식	프레임식	기둥과 보의 프레임으로 구성되며, 여러 개의 모듈이 합쳐져 대 공간을 구성할 수 있음.	
	내력벽식	모듈의 측면 벽체가 내력벽으로 구성되며, 기숙사와 같이 단위 모듈이 하나의 룸으로 구성되는 경우에 적합함	
	비구조 모듈	별도의 구조 프레임 내부에 비구조 모듈이 설치됨	

나. 기술 분석

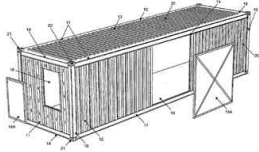
(1) 모듈러 건축 고층화

기술명	중고층형 설계 및 환경성능 기술	중고층형 구조시스템	건식 내화 기술	공장생산 자동화
해외 기술	(캐나다 Habitat 67) 미리 제작한 콘크리트 박스 354개를 적층하여 145세대 규모 모듈러 건축물 실현	(영국 Vision Modular) 콘크리트 코어 + 모듈 복합 구조를 활용한 24층 규모 모듈러 시스템 적용	(일본 MISAWA) PALC 외벽과 석고보드를 활용한 천정 및 주요부재 내화구조 확보	(일본 SEKISUI HEIM) 반자동화 시스템 기반으로 90% 공업화율로 ISO9001 품질매니지먼트시스템으로 운용 함
				
국내 기술	(KICT) BIM 기반 중고층 유닛 주택개발: 설계 process, 부품 패밀리, 역리브형 바닥, 유닛 기초 접합 등 개발	(유청) 최대 4층 규모의 모듈러 빌딩 시공 경험 보유(방위사업청사)	(리스트) 석고보드를 활용한 바닥구조부재 내화구조 확보	(포스코 A&C) 반자동화 시스템 기반으로 80% 공업화율로 10유닛/1일, 300유닛/1달의 생산량을 확보 함
				
기술 전망	□ 공업화 건축구성재의 표준화 부품화 구축으로 모듈러 주택시장의 활성화 기여 □ 모듈러 건설 활성화를 통해 복합화 기술의 세계화 및 정착화 □ 고성능 경량 유닛 모듈러 복합시스템 건설 기술의 선진화 및 공업화 □ 외국 기술의 대체 및 국내 고유기술력 축적 □ 관련 개발공법의 해외 수출로 인한 국가경제력 향상 □ 유사 시 획기적인 공기단축을 위한 새로운 설계 및 시스템의 개발 유도 □ 공장 생산에 바탕을 둔 품질관리 기법과 기준의 도입으로 고품질의 Modular Housing 건축물 생산 산업으로의 토대 구축			

(2) 이동형 모듈러 건축

기술명	재사용 성능	디자인 및 엔지니어링	주거성능	설비/전기 접합기술
해외 기술	(미국 Triumph) 자립형 설비시스템이 구축된 단위모듈의 재사용으로 재사용성 90~100% 수준 달성	(영국 Unite) 자체 설계 및 엔지니어링 인력 보유로 모듈의 최적설계 가능. 다양한 내외장재 적용으로 외관 개선	(영국 Yorkon) 바닥진동 및 차음성능, 내구성능, 내화성능, 단열성능 등의 성능인증을 통해 균일한 주거성능 제공	(영국 Unite) 전기 및 냉난방, 급배수용 배관 일체화를 통해 공장에서 제작하고 현장 연결만으로 건물완공 가능
				
국내 기술	(유창) 전기 및 설비, 외장재 일부 등을 모듈화하는 공장제작으로 재사용성 70% 수준	(POSCO A&C) 입체적인 입면구성 및 다양한 마감 재료의 선택을 통해 주거시설분야에서 일부 디자인 개선	(POSCO A&C) 바닥차음성능(중량충격음) 열위, 모듈러 건축물에 적합한 내화상세 없음. 모듈간 접합부 단열성능 열위	(유창) 전기 및 설비시설 등 일부를 공장에서 제작하고 있으나 발주방법 및 비용 등의 문제로 현장설치분이 많음
				
기술 전망	□ 재건축 재개발 및 자연재해, 지역적 주거시설 요구수준 편차 등으로 인해 이동형 임시주거에 대한 수요가 지속적으로 증대될 것으로 파악됨 □ 이동형 임시(temporary) 주거시설의 핵심은 재사용율의 개선을 통한 해체 및 이축시 공사비 및 공사 내용의 절감 필요 □ 기존의 가설현장사무실 및 임시교사와 같은 형태의 임시 구조물이 아닌 외관 및 성능이 개선된 임시 주거시설 수요 증대			

(3) 수출용 모듈러 건축

기술명	장거리 운송 기술	운송부피 절감 기술	모듈 포장 기술	패널화 기술
해외 기술	(영국 Verbus) 화물 운송용 컨테이너와 호환되는 모듈러 시스템 적용.	(독일 ALHO) Flatpack시스템을 이용하여 기존 모듈 대비 운송 부피를 1/6으로 절감함.	(독일 Cadolta) 방수기능이 포함된 벽체 일체형 금속 포장재를 이용하여 터키 생산 및 러시아 수출 모듈 적용.	(호주 RHS) 모듈 부착형 패널을 이용해 운송부피 절감 및 현장 시공 용이형 모듈러 시스템 적용.
				
국내 기술	(유창) 컨테이너와 호환되지 않는 모듈 적용으로 일반 벌크선을 이용해 모듈을 광지역으로 수출함	(POSCO A&C) 러시아 지역 작업자 숙소용으로 6개 패널을 현지에서 조립하는 기술을 적용함	(유창) 방습지 등을 이용해 해외 수출용 모듈 포장 운송 중 누수 등의 일부 문제 발생	(유창) 툼 모듈과 복도패널을 복합 적용하여 광 수출용 모듈에 적용함
				 TOTAL VOLUME: 1197.74 m³ [광 수출용 모듈러 운반 시 적재]
기술 전망	□ 국내 완성 모듈의 해외 장거리 운송을 위해서는 컨테이너 호환형 모듈의 개발 및 운송부피 절감 기술이 필요함. □ 해외 대형 공사 적용을 위해서는 국내에서의 부품화 생산 및 현지 생산공장을 활용한 생산기술의 적용이 필요함. □ 장거리 모듈 운송을 위한 모듈포장기술 및 포장재의 모듈일체형 기술 필요 □ 해외 사업의 특성을 고려한 비즈니스 모델 및 해외진출 전략의 수립 필요			

2. 특허동향분석

가. 선행기술조사 현황

- 본 선행기술조사는 향후 경쟁력 있는 모듈러 건축 기술 개발에 참고가 될 선행기술들을 파악하고자 실시하였다.
- 선행기술 검색 조합식 작성을 위한 주요 키워드로 “모듈러”, “건축”을 선정하였으며, 이와 관련된 유사 키워드를 포함하여 관련된 모든 건들을 찾을 수 있도록 조합식을 작성한 후 검색을 실시하였다.
- [표 2-10]에 나타난 바와 같이 한국, 미국, 일본, 유럽을 대상으로 선행기술조사를 실시하였다. 출원공개제도에 의한 1년 6개월을 고려할 경우 2011년 8월 15일부터 2013년 2월 15일 사이에 출원된 건은 미공개 가능성이 있으므로 해당 기간의 데이터는 불완전할 수 있다.

[표 2-10] 국가별 사용 DB 및 검색 범위

국가	사용 DB	검색 범위	검색 년도	검색 범위
한국	WIPSON	공개/등록특허 (한국, 일본의 경우 실용신안 포함)	~ 2013. 2. 15 (공개(광고)일 기준)	ALL FIELD / KEY
일본				
미국				
유럽				

- 선행기술 검색식은 [표 2-11]과 같고, 유효건수는 기술과 관계없는 노이즈가 삭제된 특허건수이다. 한편 본 검색식은 조사 결과의 누락건수를 최소화하기 위하여 포괄적으로 작성하였다.

[표 2-11] 선행기술 검색식

국가	검색식	유효건수
한국	(빌딩* or 건물* or 건축* or 건축물*) and (유닛* or 유니트* or 모듈* or 모듈러* or 모듈라* or 이동* or 운반* or 운송* or 조립* or 모바일*) AND (E04B* or E04H* or B32B*).IPCM.	327
일본	(빌딩* or 건물* or 건축* or 건축물*) and (유닛* or 유니트* or 모듈* or 모듈러* or 모듈라* or 이동* or 운반* or 운송* or 조립* or 모바일*) AND (E04B* or E04H* or B32B*).IPCM.	2207
미국	(building* or construction*) and (unit* or modular* or module* or prefabricat* or dismountable* or portable* or transportable*) AND (E04B* or E04H* or B32B*).IPCM.	487
유럽	(building* or construction*) and (unit* or modular* or module* or prefabricat* or dismountable* or portable* or transportable*) AND (E04B* or E04H* or B32B*).IPCM.	308
계		3,329

- 상기와 같은 검색식을 사용하여 검색된 특허정보에 대해 중복 데이터 및 노이즈를 2차 필터링 작업을 통해 제거함으로 실질적인 내용의 모듈러 건축물 시스템과 관련된 특허정보만을 최종적으로 추출하였으며, 3차 필터링으로 실용신안을 제외하였음. 마지막 작업은 검색식으로 누락될 수 있는 주요특허들을 방지하기 위해서 주요출원인(회사명)을 바탕으로 한국과 유럽 특허 자료를(2013년 8월 31일까지의 자료) 추가 조사 후 반영하였음. (미국의 경우, 회사명으로 특허 출원을 하지 않는 문화로 추가 자료 조사 수행이 어려움) 이에 따른 국가별 최종 검색대상 특허 건수는 [표 2-12]와 같음

[표 2-12] 국가별 최종 검색건수

모듈러 건축 기술	KR	JP	US	EP	총합계
최초 검색결과	327	2,207	487	308	3,329
2차 필터링	118	1837	181	112	2248
3차 필터링	116	1804	181	112	2213
주요출원인 중심으로 추가 특허 조사 후 최종 결과	162	1804	181	127	2274

- Wipson DB를 이용해 한국 162건, 일본 1804건, 미국 181건, 유럽 127건의 관련 특허를 분석의 대상으로 설정하여 [표 2-13]과 같이 주요기술을 분류함

[표 2-13] 주요 기술분류 및 세부내용

기술분류	내용
단위모듈	단위모듈 형태 및 제작 등 기술
부재	벽체, 바닥, 천장, 지붕 등의 부재관련 기술
접합부	부재간 접합, 모듈간 접합 등의 기술
빌딩(system)	단위모듈부터 적층, 시공까지 일반적인 전체 모듈건축시스템을 다룬 기술
생산 및 시공	조립 및 운송, 생산, 시공 등의 기술
성능	설비, 방수, 내진, 내화, 단열 등의 기술
기타	그 외 기술

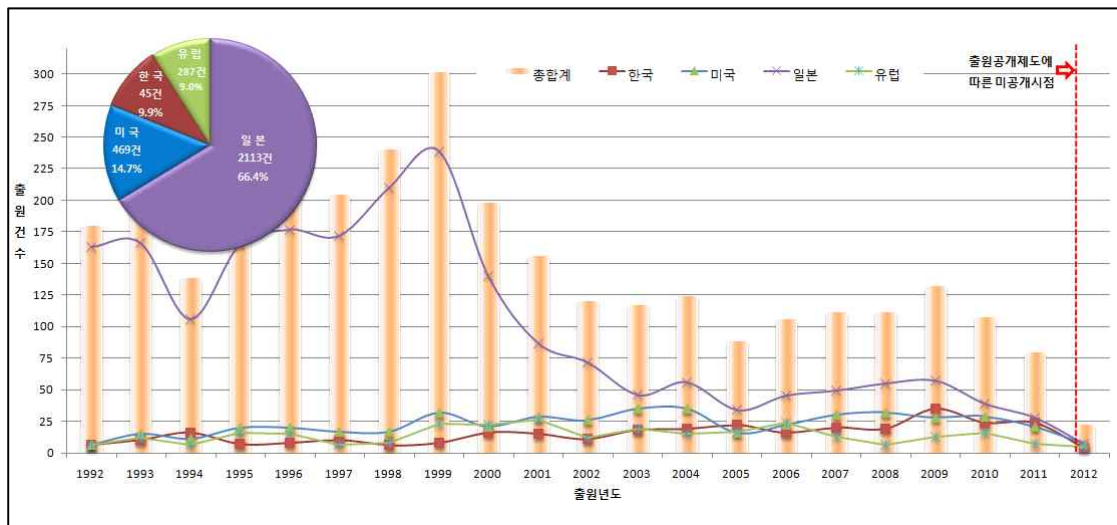
- 본 선행기술조사와 관련된 국제특허분류는 아래 [표 2-14]와 같다.

[표 2-14] 관련 국제특허분류

분류코드	내용
E04B	건축구조일반; 벽, 예. 칸막이벽; 지붕; 바닥; 천정(天井); 건축물의 절연(絶縁) 또는 기타 보호(保護)
E04H	특정 목적의 건축물 또는 유사한 구축물(構築物); 수영(水泳) 또는 물놀이용 수조(水槽) 또는 풀(pool); 마스트(mast); 울타리; 텐트 또는 차양 일반
B32B	적층체, 즉 평평하거나 평평하지 않은 형상 (예. 세포상(cellular) 또는 벌집 구조(honeycomb)) 의 층으로 조립된 제품

나. 국내외 특허 현황

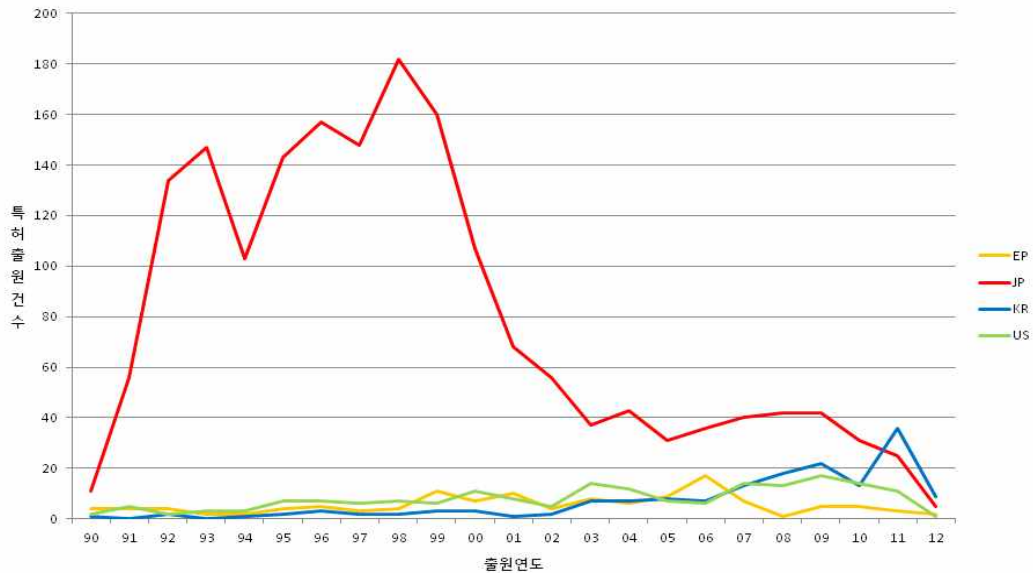
- 관심 기술과 관련성이 있는 선행기술문헌은 총 3,329건이 선정되었다. 그 중 일본이 2,207건(66.3%)으로 가장 큰 비중을 차지하였고, 다음으로 미국이 487건(14.6%), 한국이 327건(9.8%), 유럽이 308건(9.3%)을 차지하였다.
- [그림 2-34]은 관련 특허의 출원동향을 나타내는 그림으로, 최근 경향을 살펴보기 위하여 특허권의 권리존속기간이 만료된 1991년 이전 데이터는 추이 그래프에서 생략하였다. 모듈러 건축 기술 관련 특허출원은 1990년대 중반부터 1990년대 후반까지 출원건수가 점차 늘어나다 2000년대 접어들면서 출원건수가 감소하는 추세를 보이고 있다. 2000년대 들어서면서 일본은 출원건수가 대폭 감소하였으나, 미국, 한국, 유럽은 출원건수가 소폭 증가하고 있음을 알 수 있다.



[그림 2-34] 관련 특허의 출원동향

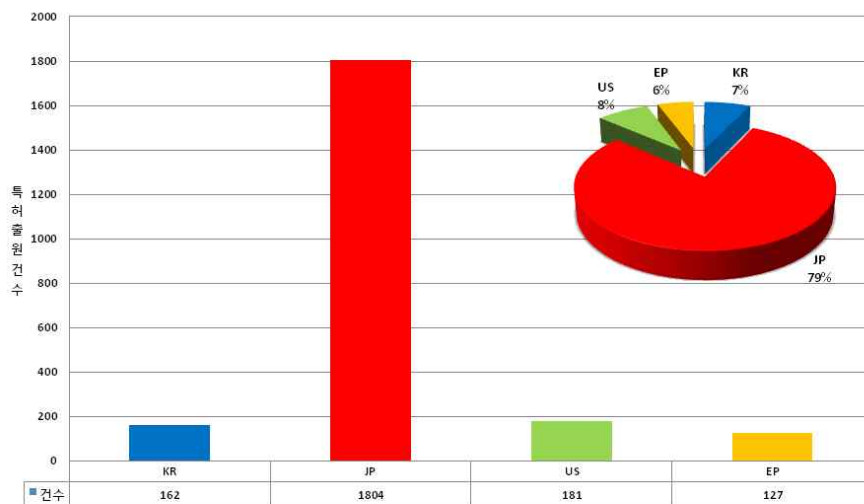
다. 국가별 특허 동향 및 분석

- 모듈러 건축물 시스템에 관하여 검색된 총 2274건의 특허정보를 기초로 국가별, 기술분류별, 출원인별 특허 동향을 분석한 결과 [그림 2-35], 공업화 건축기술 개발 분야는 일본이 가장 활발하게 진행되고 있고 미국과 유럽은 저조한 상태이며, 한국의 경우 2000년을 이후로 꾸준히 특허 출원이 증가하고 있는 상황으로 현재 활발하게 기술개발 및 연구가 진행되고 있음



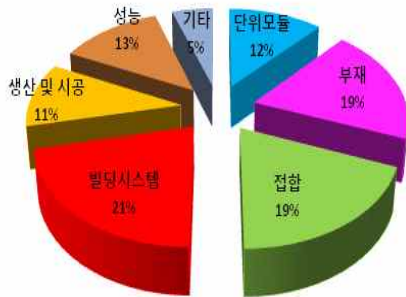
[그림 2-35] 연도별 국가별 출원현황

- 일본은 전체 특허의 79%를 차지하는 1804건으로 미국 181건으로 8%, 한국은 162건으로 7%, 유럽은 127건으로 6%에 비하여 압도적인 특허를 보유하고 있음

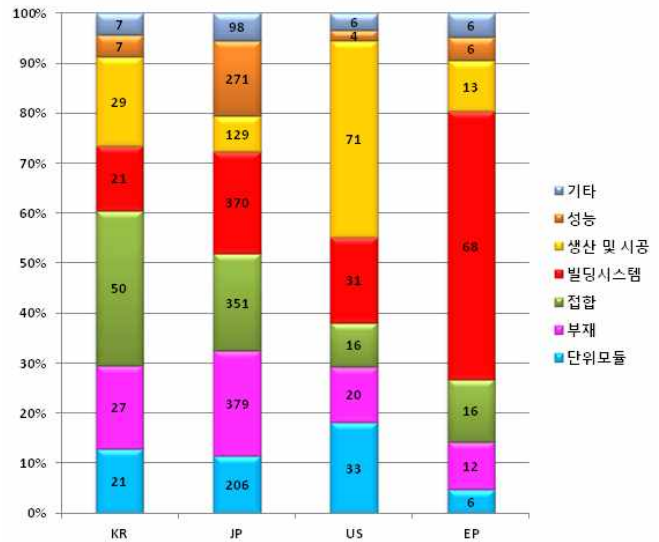


[그림 2-36] 국가별 출원건수 현황

○ [그림 2-37]을 보면 모듈러 건축시스템 관련 특허는 모듈러의 단위유닛부터 접합 및 시공까지, 전체적인 기술을 포함하고 있는 빌딩시스템 항목이 가장 높은 것으로 나타나고, 그 뒤로 접합, 부재 관련 기술 그리고 성능 및 단위모듈 등의 순으로 특허가 출원됨. 국가별로 살펴볼 경우, 가장 많은 특허를 보유한 일본은 모듈러 건축 시스템 기술에 관해 전체적으로 고른 기술개발이 이뤄지고 있는 것으로 파악됨. 다른 국가들의 경우, 국가마다 중점적으로 보유하고 있는 기술이 다른 것으로 나타나는데, 이는 각국의 특허제도, 지형적인 요인 또는 모듈러 건축기술의 개발 단계 등 여러 요인에 의한 것으로 추정됨.



[그림 2-37] 기술분류별 출원현황

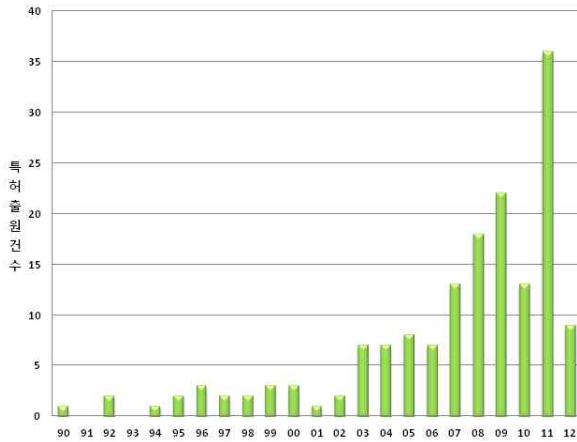


[그림 2-38] 국가별 기술분류별 출원현황

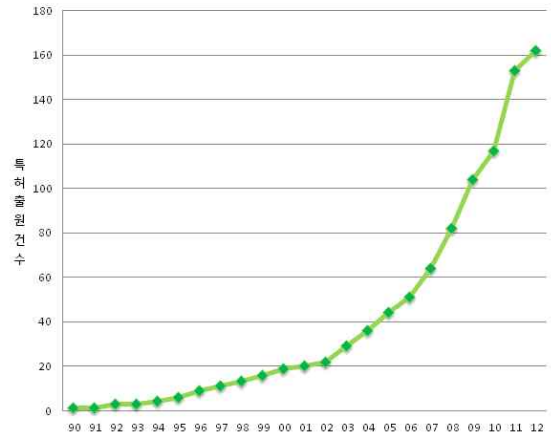
(가) 한국 특허분석

(1) 한국 특허 연도별 출원 현황

- [그림 2-39]은 한국의 연도별 특허출원 동향을 나타낸 그래프로 한국의 모듈러 건축물 시스템에 관한 특허출원은 90년부터 2012년까지 총 162건으로, 2000년 이후로 출원수가 눈에 띄게 증가하였음. 최근의 감소는 출원 건수가 감소하였다기 보다는 출원은 되었으나, 아직 공개/등록된 특허가 검색되지 않았기 때문인 것으로 판단됨.
- [그림 2-40]의 누적건수를 살펴보면 2000년 초반부터 모듈러 건축물 시스템에 관한 특허출원 수가 서서히 증가하기 시작하여 최근 가파르게 증가하는 것으로 보아 모듈러 건축 시스템에 대한 관심과 투자가 증가하고 있는 것으로 추측되며 앞으로 모듈러 건축 시장의 성장이 예상됨.



[그림 2-39] 연도별 출원건수 현황



[그림 2-40] 연도별 출원건수 현황 (누적 그래프)

(2) 주요출원인 현황 및 연도별 출원현황

- [그림 2-41]은 국내 특허 주요출원인별 현황으로 포항산업과학연구원(38건)이 국내 특허의 37%를 차지하는 가장 많은 특허를 출원하였고, 그 뒤를 이어 한국건설기술연구원(19건), 문근환(11건), SEKISUI CHEM(8건), 유창플러스(5건)의 순으로 나타남. 현재까지는 모듈러 건축기술이 국가의 토착산업인 건설업과 관련된 기술이므로 해당 국가의 기술상황을 잘 파악하고 있는 자국민에 의해 특허발명이 주로 이뤄져 특허권의 국산화 정도가 높지만, 최근 주요출원인에 일본 기업들이 조사된 것을 보면 국내 시장 진출 가능성이 있을 것으로 판단됨.
- 모듈러 시스템 특허 발명자로는 [그림 2-42]를 보면 아주대 조봉호 교수가 17건으로 가장 많고, 그 뒤를 문근환(개인발명가), 박금성(KICT), 김갑득(RIST), 허성윤(ES 연구소) 순으로 나타남.

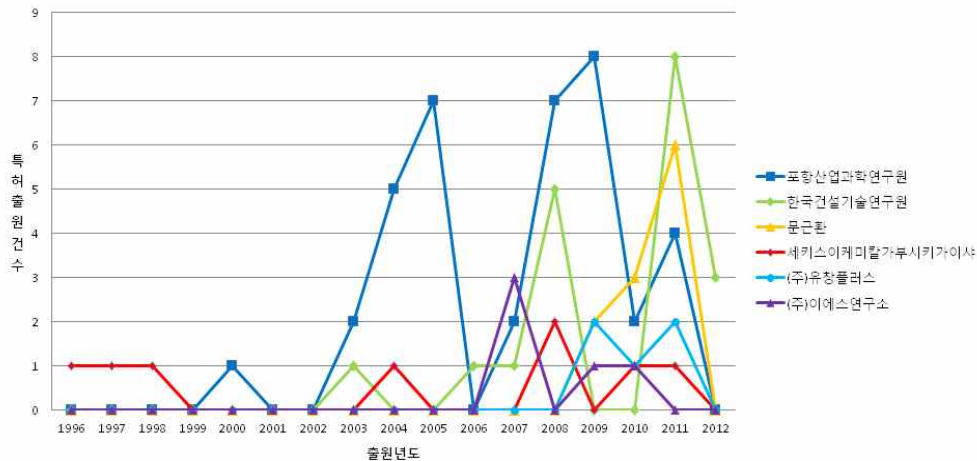


[그림 2-41] 국내특허 주요출원인별 현황



[그림 2-42] 국내특허 발명자 현황

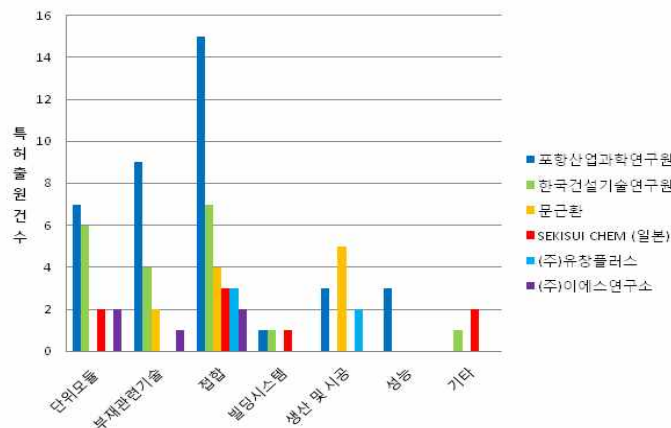
- 포항산업과학연구원은 2000년 최초 특허출원을 기점으로 현재까지 꾸준한 기술개발 및 연구를 하고 있으며, KICT를 비롯하여 다른 기업들은 07~08년을 시작으로 기술력 확보를 위한 연구가 시작된 것으로 보임.
- 일본내 최고의 기술력을 갖춘 세키스이 케미컬의 2000년 이후의 특허출원은 국내시장 진출 가능성을 나타냄. 국내업체 기술력 확보를 위한 연구 및 개발이 필요할 것으로 예상됨.



[그림 2-43] 연도별 주요출원인 현황

(3) 주요출원인 기술분류별 출원 현황

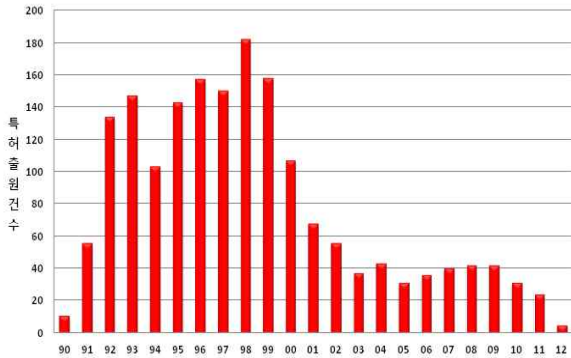
- 국내의 경우, 전체적으로 포항산업과학연구원이 모든 기술분야에 걸쳐 고르게 연구해 온 것으로 나타나고 그 뒤를 한국건설기술연구원이 비슷한 경향으로 특허 출원이 된 것으로 보임.
- [그림 2-44]을 참고하여 현재 국내 기술을 살펴보면 접합, 부재관련 기술, 단위모듈 순으로 기술개발이 이뤄진 상태임. 모듈러 건축의 상용화를 위해서는 품질향상이 요구되는데 이와 직결된 성능부분(단열, 내화, 설비, 차음 등)의 기술개발은 현재까지 연구가 저조한 것으로 나타남. 추후 해외업체와의 경쟁을 통한 수출을 고려할 경우, 성능 부분의 적극적인 연구를 통해 국내 모듈러 건축 기술 경쟁력 향상이 요구됨



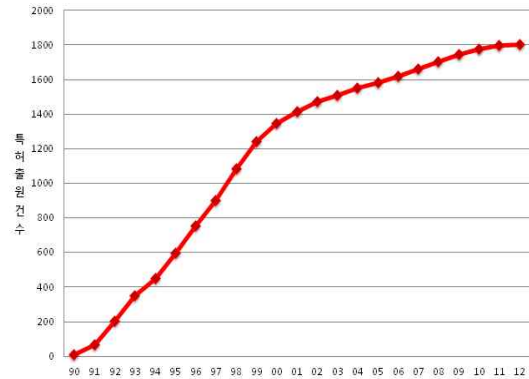
[그림 2-44] 기술분류별 특허현황

(나) 일본 특허분석

(1) 일본 특허 연도별 출원 현황



[그림 2-45] 연도별 출원건수 현황

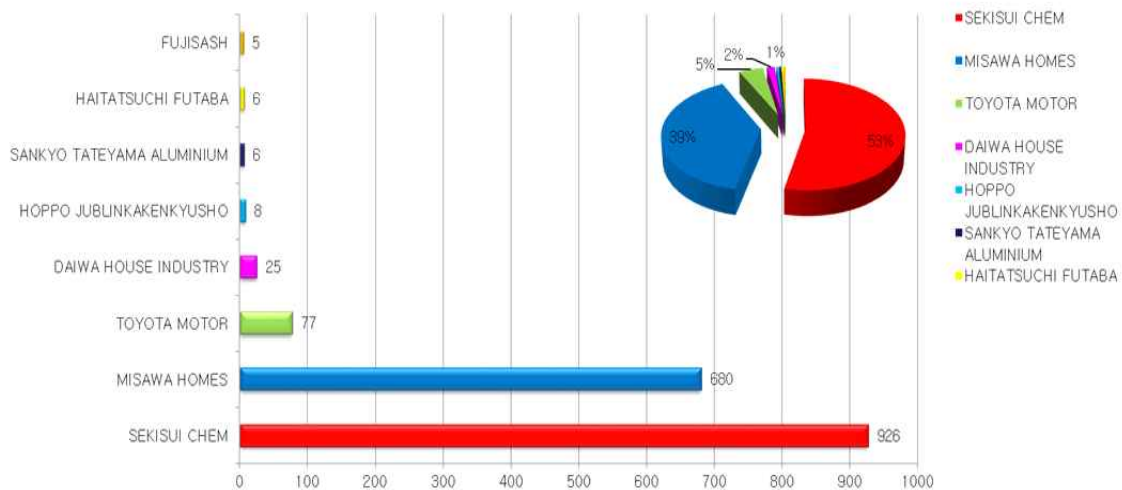


[그림 2-46] 연도별 출원현황 (누적 그래프)

- [그림 2-45]의 일본의 연도별 특허출원 동향은 한국과는 반대로 90년대에 가장 활발하게 출원되었는데, 매년 100건 이상의 특허로 총 1804건 중 2/3에 해당하는 1241건의 특허가 출원되었음. 2000년 이후로는 그 수가 그 전에 비해 급격하게 줄어들어 매년 평균 30~40건 정도가 출원되고 있음. 90년부터 2012년까지 총 162건으로, 2000년 이후로 출원수가 눈에 띄게 증가하였음. 최근의 감소는 출원건수가 감소하였다기 보다는 출원은 되었으나, 아직 공개/등록된 특허가 검색되지 않았기 때문인 것으로 판단됨.
- [그림 2-46]의 누적건수를 살펴보면 1990년부터 건수가 급격히 증가하였는데, 이와같이 일본에서 모듈러 건축물 시스템에 관한 출원이 폭발적으로 증가한 것은 일본의 사회경제적 상황에 따라 비싼 인건비를 줄이기 위해 공업화건축 관련 기술개발에 대한 집중적인 투자가 이루어졌기 때문인 것으로 추측됨

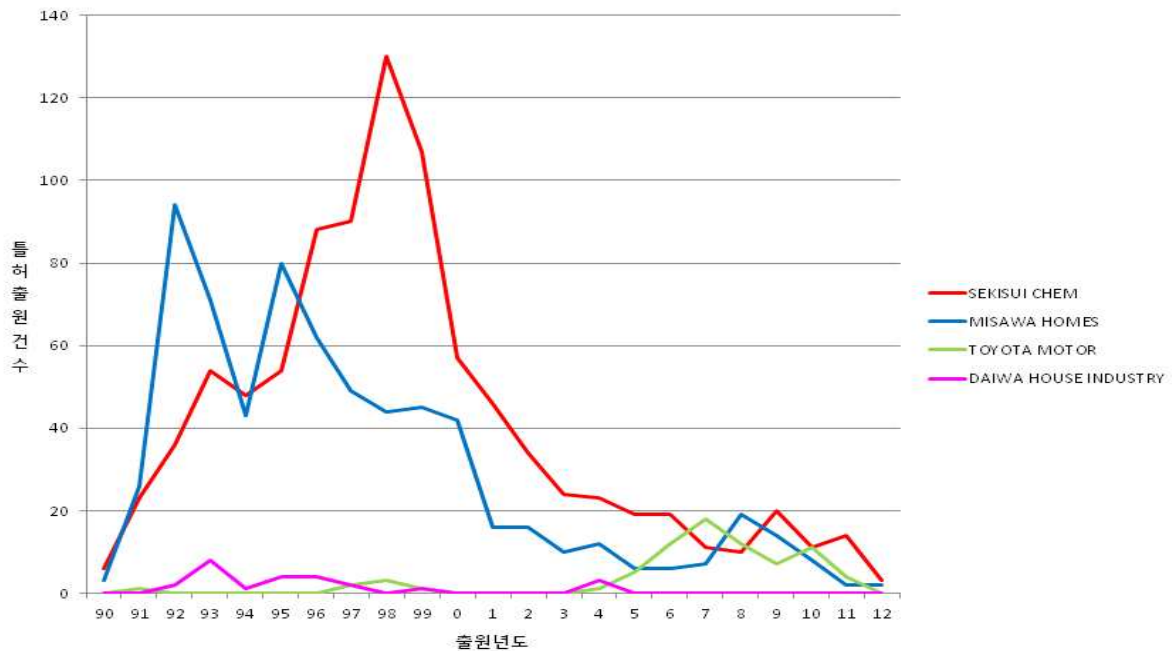
(2) 주요출원인 현황 및 연도별 출원현황

- 일본의 주요출원인 특허출원현황인 [그림 2-48]를 보면 세키스이 케미컬은 모듈러 시스템에 관해 53%에 해당하는 926건의 특허로 일본내 가장 많은 특허를 보유하고 있는데, 이는 일본뿐 아니라 세계에서 가장 높은 수치로 세계에서 가장 높은 기술력을 갖춘 업체 중 하나로 판단됨. 그 뒤를 미사와홈스가 680건의 특허로 2위, 도요타 모터스가 77건으로 3위, 다이와하우스가 25으로 4위로 나타남
- 1, 2위인 세키스이 케미컬과 미사와홈스와 3, 4위인 도요타홈과 다이와하우스의 격차가 상당히 큼



[그림 2-47] 일본 특허 주요출원인별 출원현황

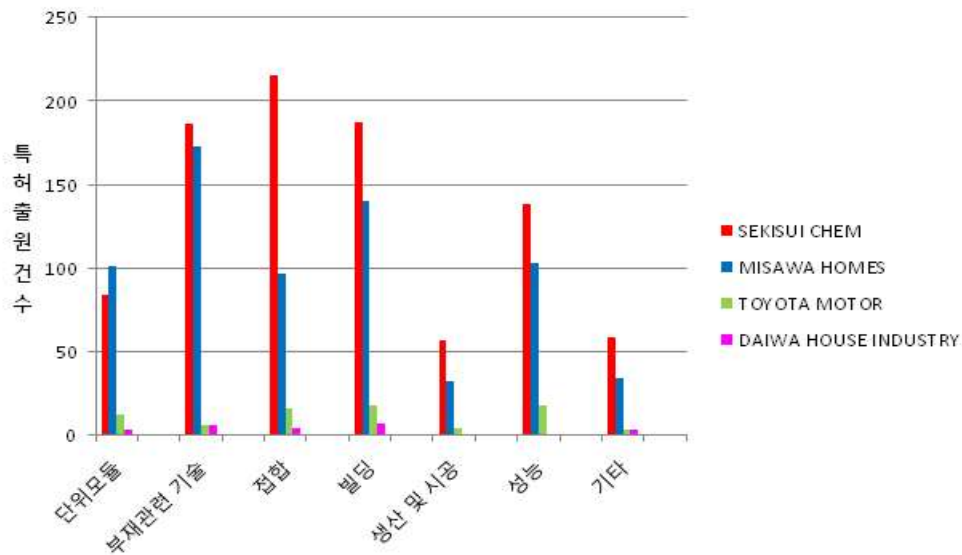
- [그림 2-49]의 연도별 주요출원인 현황을 보면 모듈러 시스템에 대한 기술개발 시점은 세키스이 케미컬과 미자와홈스 모두 90년으로 거의 같다고 볼 수 있음. 가장 먼저 모듈러 건축 사업에 뛰어든 미자와홈스가 90년대 초 가장 많은 수의 특허를 출원하며 모듈러 산업을 이끌었다면, 90년대 후반에는 세키스이 케미컬이 미자와홈스를 제치고 보다 많은 수의 특허를 출원하며 모듈러 건축 산업에서 최고의 기술력을 보유하게 됨
- 2000년 이후로 출원 특허수는 이전에 비해 급격히 줄어든 상태이며, 출원 수 상위 3개 기업 모두 비슷한 수의 특허출원을 하고 있음



[그림 2-48] 연도별 주요출원인 현황

(3) 주요출원인 기술분류별 출원 현황

- 세키스이 케미컬과 미사와홈스 뿐 아니라 후발주자인 도요타 모터스도 보유 특허의 수(77개)는 미미해보이나, 모든 기술부분에서 고른 기술력을 보유하고 있음. 국내와 비교해볼 때 성능(단열, 내화, 설비, 차음 등) 부분에 대한 기술개발 정도가 가장 큰 차이로 여겨짐
- 단위모듈에 대한 기술력을 제외하고는 모든 기술 분야에서 세키스이 케미컬이 가장 높은 기술을 보유하고 있는 것으로 판단되며, 특히 접합에 관한 특허 보유수가 월등히 높음

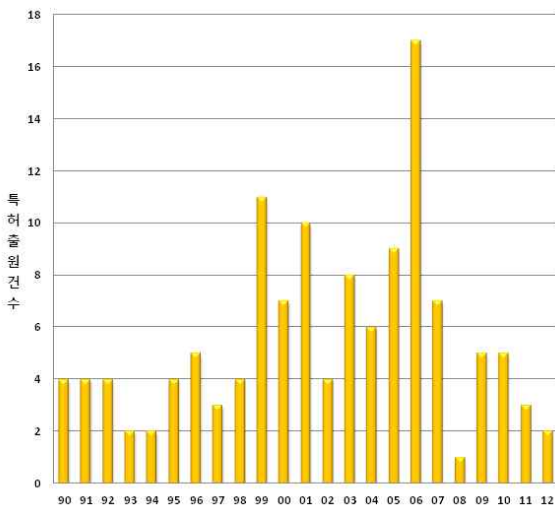


[그림 2-49] 기술분류별 특허현황(일본)

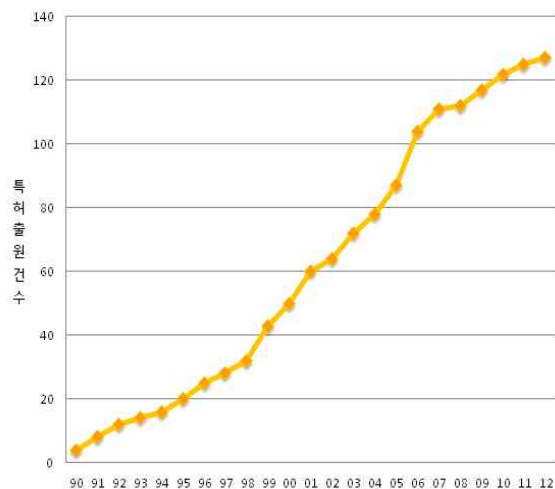
(다) 유럽과 미국의 특허분석

(1) 유럽과 미국 특허 연도별 출원 현황

- 유럽은 일본이나 한국 그리고 미국에 비해서 조사된 모듈러 건축물 시스템 관련 특허의 수가 전체적으로 적은 이유는 다른 국가들보다 일찍부터 기술 개발이 이뤄져 본 보고서에 포함되지 않은 90년 이전의 특허수가 많은 것으로 파악됨.
- 유럽의 특허수가 적은 또 다른 이유는 1건의 특허에 단위모듈의 생산 및 조립부터 모듈간 접합 방식, 시공과정까지 전체를 1건의 특허에 담아 출원하는 경향이 있어 일본이나 한국에 비해 특허의 수가 적은 것으로 판단됨.
- [그림 2-51] 연도별 특허 출원건수 현황을 보면 90년 초반에는 4건 정도의 특허출원이 이뤄졌지만, 90년대 후반부터 출원특허수가 이전보다 많이 증가하였고 현재까지 지속적인 기술개발이 이루어지고 있음.

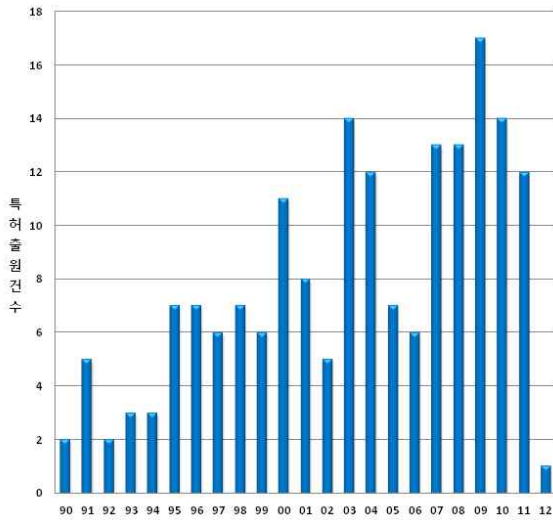


[그림 2-50] 유럽특허 연도별 출원건수 현황

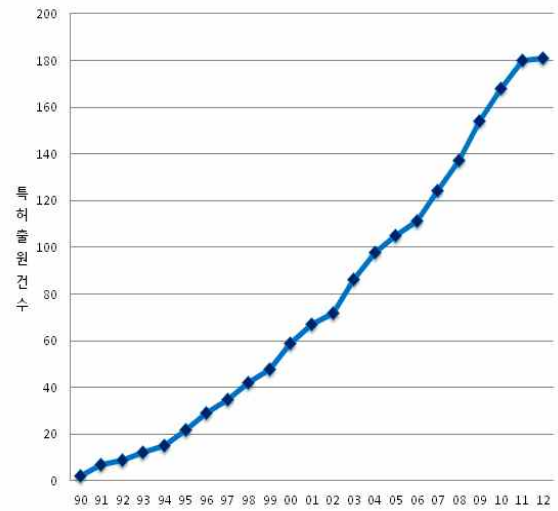


[그림 2-51] 유럽특허 연도별 출원건수 현황
(누적 그래프)

- [그림 2-53]과 [그림 2-54]의 미국 특허의 연도별 출원건수를 살펴보면 일본이나 한국과 같이 출원건수가 폭발적으로 증가한 시기는 없었던 것으로 나타남. 꾸준히 특허출원건수가 지속적으로 증가한 것을 알 수 있음.
- 미국도 유럽처럼 모듈러 건축물 시스템에 관한 기술개발이 일찍부터 개발되었으며, 현재까지 지속적으로 기술개발이 이뤄지고 있음. 이는 미국이 제조, 운송, 양중, 인력관리 등 건설 외적인 부분에서도 공업화 건축 관련 기술개발을 뒷받침 해주는 사회적 인프라가 구축되어 있기 때문인 것으로 추측됨

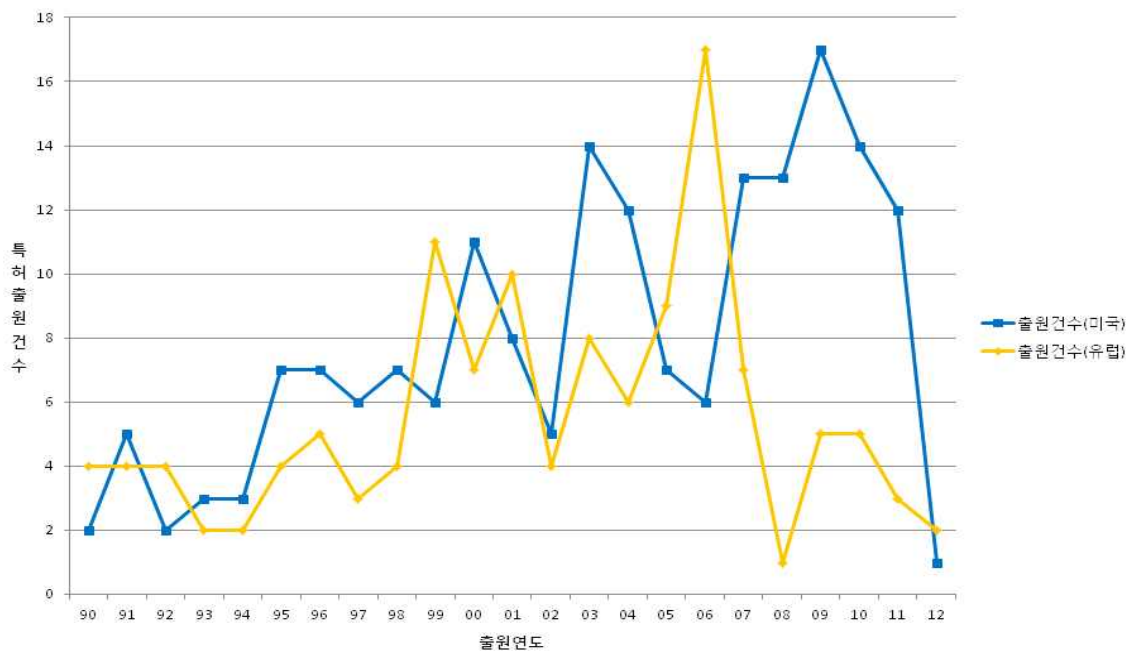


[그림 2-52] 미국특허 연도별 출원건수 현황



[그림 2-53] 미국특허 연도별 출원건수 현황 (누적 그래프)

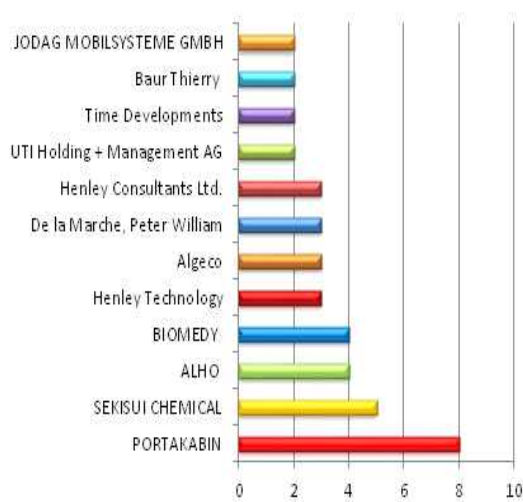
- 유럽과 미국 모두 2000년 중반까지는 비슷한 특허 출원 경향을 보임. 그러나 07년 이후, 지속적으로 특허 출원이 이뤄지고 있는 미국에 반해 유럽은 급격히 감소함



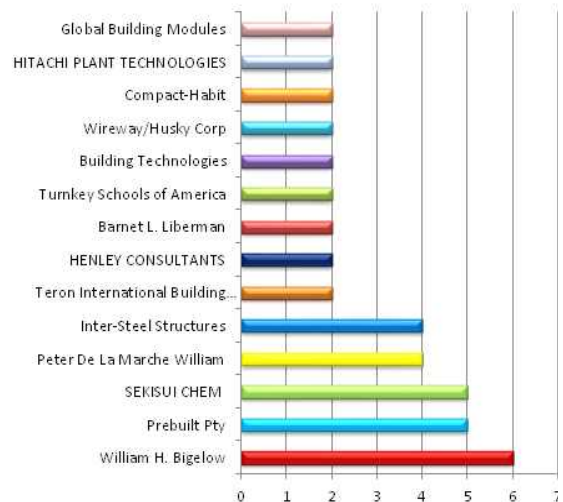
[그림 2-54] 유럽과 미국 특허 연도별 출원건수 현황 비교

(2) 주요출원인 현황

- [그림 2-56]을 보면, 유럽의 경우, 영국의 Yorkon (Portakabin)이 가장 많은 특허를 보유하고 있으며 그 뒤를 일본의 Sekisui, 독일의 Alho, 영국의 Vision Modular(Biomedy) 순으로 분석됨
- 미국의 주요출원인별 출원현황 자료인 [그림 2-57]를 보면, 개인출원인 William H. Bigelow가 6건으로 가장 많음. 미국 특허의 경우 기업의 이름으로 특허를 내기보다는 개인 발명가의 이름을 사용하여 특허를 출원하는 경향으로 특허의 소유 업체를 파악하기가 어려움.
- 일본 기업인 세키스이 케미컬은 유럽, 미국, 한국까지 전 세계적으로 특허를 보유하고 있음



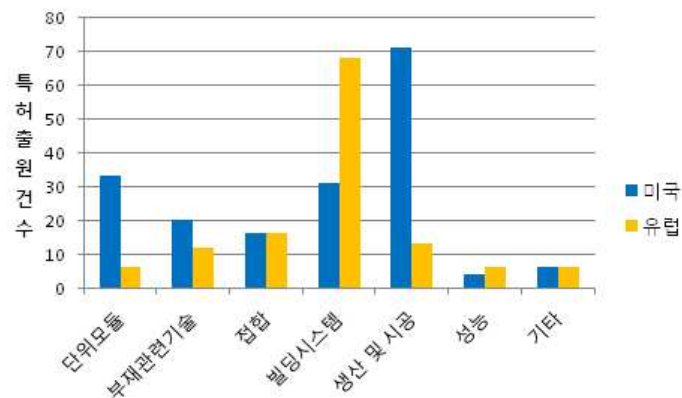
[그림 2-55] 유럽특허 주요출원인별 출원현황



[그림 2-56] 미국특허 주요출원인별 출원현황

(3)유럽 및 미국의 기술분류별 출원 현황

- 유럽의 경우, 빌딩시스템에 관한 특허가 다른 기술에 비해 상당히 높음. 이는 1개의 특허에 단위모듈 구조 및 제작부터 접합, 시공까지 전체적인 내용을 담는 특허로 유럽의 특허 출원 경향과 관련 있는 것으로 여겨짐. 유럽의 특허가 국내 기술개발을 위한 사례로 가장 적합하다고 판단됨
- 미국은 조립, 운송기술(폴딩형 포함), 시공프로세스에 관한 생산 및 시공 관련 특허가 가장 높음. 이는 국토의 크기가 넓은 지형적 특성에 의해 이 부분의 요구기술이 상대적으로 높아 발달된 것으로 판단됨



[그림 2-57] 기술분류별 특허현황(유럽 및 미국)

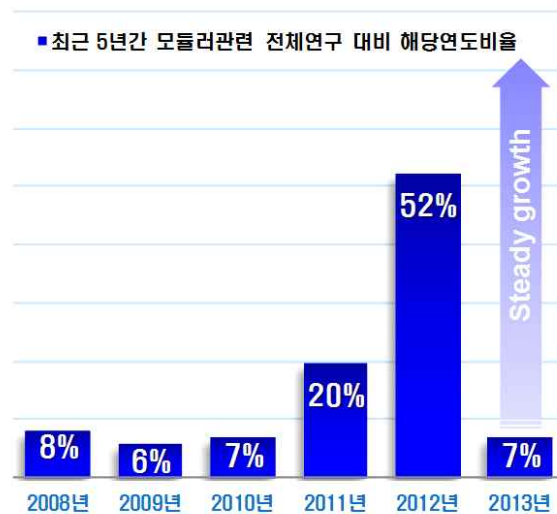
(라) 국내외 특허동향 분석

- 1990년부터 2012년말까지 모듈러 건축물 시스템에 관련된 전반적인 특허 동향을 살펴본 결과, 모듈러 건축에 대한 특허는 일본이 주도하고 있다고 판단됨. 특히 일본의 세키스이 케미컬과 미자와홈스이라는 2개의 기업이 모듈러 건축물 시스템 관련 특허의 상당부분을 차지하고 있으며, 그 대부분이 자국인 일본 내의 출원임. 이는 특정 국가의 토착산업이라는 건설업의 특성이 반영되었기 때문인 것으로 보임.
- 세계 최고의 기술력을 보유한 일본 기업인 세키스이 케미컬과 미자와홈스의 국내 특허 출원은 국내 시장 진출에 대한 가능성으로 추측되며, 외국 업체의 국내시장 잠식을 방지하기 위해 국내 업체들의 기술력 확보가 요구됨.
- 출원인 분석결과, 모듈러 건축 시스템을 이용하여 사업을 진행하고 있는 기업은 건설 산업을 기반으로 둔 회사 뿐 아니라 철강 산업, 자재 산업, 자동차 산업, 가구 산업 등 다양한 산업을 바탕으로 진출한 것이 파악됨. 이는 공업화 건축이라는 특성에 기인한 것으로 기존 다양한 산업들이 갖고 있는 자신들의 장점을 이용하여 조립 및 자동화 시스템에 대해서 생산성을 향상 할 수 있었기 때문인 것으로 판단됨. 국내 모듈러 건축 시스템의 생산성을 증가시키기 위해서는 타산업의 생산 및 조립 시스템에 대해 살펴보고 연구 및 개발을 진행할 필요가 있음.
- 모듈러 건축 시스템 선진국인 일본, 유럽에서 모듈러 건축산업 발달 초기에 기술개발 초점이 구조 분야에 맞춰졌던 것처럼 국내도 동일하게 구조 분야 관련 특허수가 가장 높은 것으로 분석됨. 모듈러 건축시스템이 활발하게 적용되는 일본과 유럽처럼 산업의 활성화를 위해서는 모듈러 주택 주거의 질을 높이기 위한 주거성능부분에 대한 기술개발 및 연구가 시급함.
- 모듈러 건축 시스템 해외 수출을 위한 선진국의 업체와 경쟁시 우위를 확보하거나 또는 국내 시장으로 진입하는 해외업체에 대해서 기술적으로 대응하기 위해서는 모듈러 건축 시스템의 다양한 기술 분야에 대한 기술 개발이 요구되며, 특허 확보도 필요할 것으로 예상됨.

3. 연구동향 분석

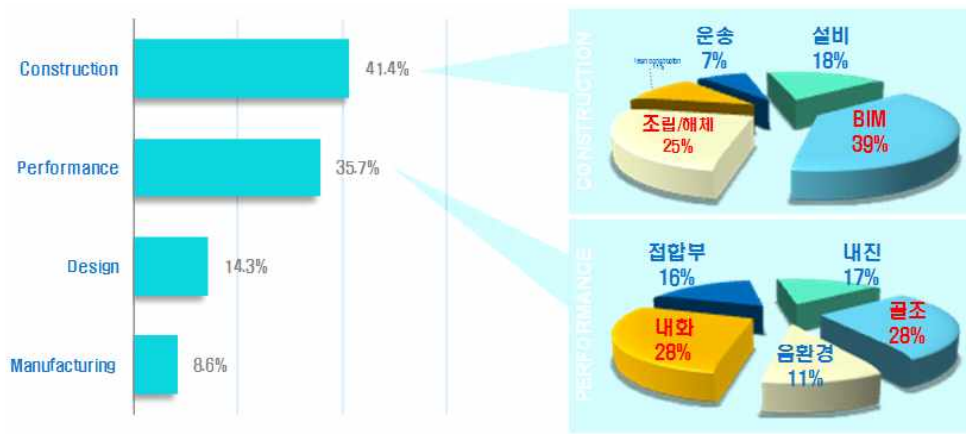
가. 국내외 연구동향 분석

- 2008년 1월부터 2013년 5월까지의 모듈러건축 관련 연구현황에 대하여 분석한 결과 2011년을 기점으로 관련 연구가 활발히 진행되고 있는 것을 알 수 있다. 대한건축학회, 강구조학회를 비롯한 국내 주요학회 논문집 및 미국 ASCE의 Construction Engineering and Management, Structural Design and Construction, Architectural Engineering, Computing in Civil Engineering의 연구논문을 살펴보면 2008년과 2010년에 미비하던 모듈러건축 관련 연구가, 2011년과 2012년에 급격하게 증가한 것을 알 수 있다. 또한, 연구논문을 발표하기까지 소요되는 시간을 평균 1년으로 볼 때, 약 2010년을 기점으로 모듈러건축에 대한 관심이 다시 높아지고 있음을 알 수 있다.



[그림 2-58] 최근 5년 모듈러건축 연구동향 및 향후전망

- 국내외 모듈러건축 연구는 '11년을 기점으로 최근 3년 동안 매년 100%가 넘는 성장세를 나타내고 있으며, 최근에는 모듈러건축의 시공과 성능평가에 대한 연구가 전체 연구의 약 75%를 차지하고 있다. 그 중에서, 모듈 조립/해체 시공프로세스와 BIM적용을 통한 통합관리 기술이 시공분야의 주요 이슈로 나타나고 있으며, 모듈러 성능평가 분야에서는 고층화 기술의 핵심요소인 내화 및 내진 성능에 대한 연구와, 골조 및 접합부 구조안정성에 대한 연구가 가장 활발히 진행되고 있다.

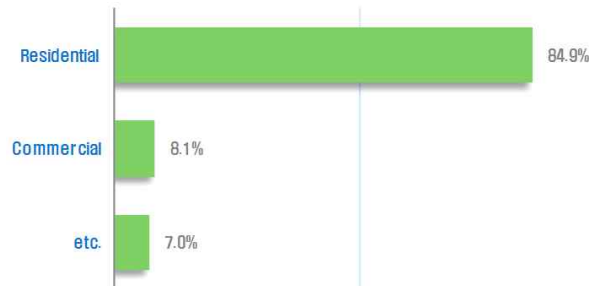


[그림 2-59] 분야별 모듈러건축 연구동향 및 주요연구주제

(가) 국내 모듈러건축 연구

- 처음 국내에 도입 된지 10여년이 지난 모듈러건축은 지속가능한 건축, 재사용이 가능한 건축 등의 친환경 건축기술이 주요 이슈로 떠오르는 국내 정세와 맞물려 최근에 들어서 그 관심이 다시금 높아지고 있다. 또한, 이와 관련된 국방부의 대규모 모듈러 병영생활관 및 독신자숙소 공사발주, 이동형 학교시설의 필요성 증대 그리고 대기업 건설사의 모듈러건축 사업 진입과 같은 이슈들도 모듈러건축이 최근 국내 건설시장에서 재조명을 받는데 일조하였다.
- 모듈러건축 연구는 특히 구조와 건설관리 분야에서 활발히 진행되고 있다. 해당 연구의 주요 주제는 건축구조분야의 경우 중고층 모듈러건축의 핵심기술인 내화, 집합부 그리고 경량바닥의 층간소음에 대한 연구이며, 건설관리분야에서는 요즘 관련학회의 활동이 활발한 BIM과 해외수출용 모듈러건축기술의 요구와 함께 관심이 높아지고 있는 설치&해체 및 운송에 관한 내용이 주를 이루고 있다. 또한, 최근 들어 연구성과가 급격하게 증가한 이유로는 과거부터 꾸준히 연구가 진행되고 있는 건축구조분야와는 달리, 최근 급격히 관심이 높아진 건설관리분야에서의 연구 증가와, 국내 주거문제가 사회적 이슈로 대두되면서 기존건축방식보다 증축 및 리모델링이 용이한 모듈러건축이 재조명되며 진행되는 연구들을 꼽을 수 있다.
- 과거 국내의 모듈러건축 관련 연구는 다양한 용도의 건축물에 대한 검토가 진행되어 왔다. 2010년부터 활발히 진행된 모듈러 군시설 건축물에 관한 연구를 비롯하여 극한지, 기숙사 그리고 고부가가치 모듈이 적용가능한 병원시설에 관한 연구도 꾸준히 진행되어 왔다. 그러나 최근 국내의 가장 큰 사회문제중 하나로 떠오른 주거문제에 건설시장의 관심이 집중되

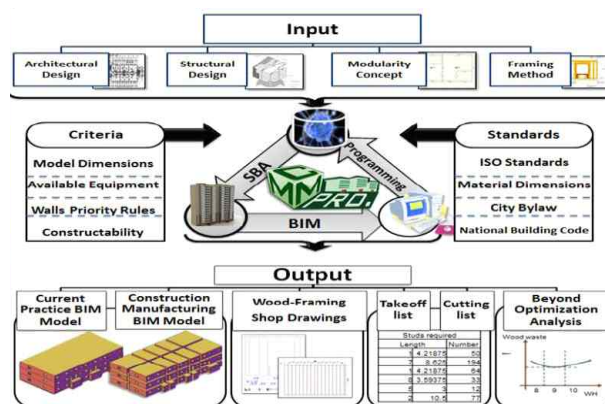
며 최근 모듈러건축 연구 역시 주거 및 임시주거용 모듈러건축기술 개발에 집중되어 있다. 실제로 2012년에 게재된 논문의 약 50%가 주거 및 임시주거시설에 대한 내용을 다루고 있으며, 2013 상반기에 게재된 5건의 논문중 3건이 주거와 임시주거에 대한 연구논문이다. 이처럼 국내 모듈러건축에 관한 연구는 최근 주거 및 임시주거 시장에 집중되어 있음을 알 수 있으며, 주거문제가 다소 해결될 때까지 이러한 추세를 유지할 것으로 예상된다.



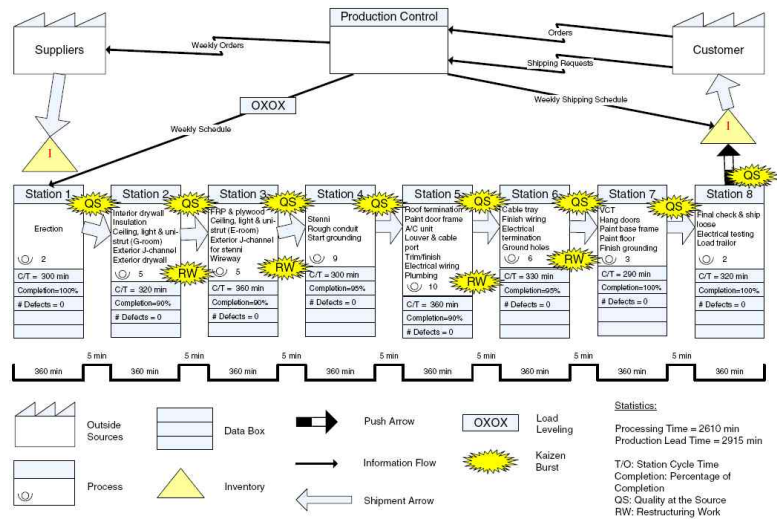
[그림 2-60] 용도별 모듈러건축 연구동향

(나) 국외 모듈러건축 연구

- 2008년부터 현재까지 최근 약 5년간의 국외 연구동향을 살펴보면, 국외 모듈러건축 관련 연구자들의 주요 관심사는 크게 3가지로 미국 루이지애나 주립대학 연구팀이 진행하는 Construction management and lean construction와 캐나다의 앨버타 주립대학 연구팀의 Building Information Modeling(BIM) and production management 그리고 영국의 SCI연구팀에서 High-rise modular building construction을 들 수 있다. 그 중에서 최근 연구되고 있는 Lean construction 기법을 이용한 Construction and production management와 BIM tool을 모듈러공법에 적용하여 제작설계 자동화 기술에 관한 연구는 최근 건설시장의 주요관심사인 Sustainable design 기술과 맞물려 활발한 연구가 진행 중이다.



[그림 2-61] BIM기반 모듈러 제작도면 및 물량산출 기술



[그림 2-62] Lean construction을 이용한 Production management

- 현존하는 최고층 모듈러 건축물인 영국 Wolverhampton Victoria Hall의 기술자문을 수행한 영국 SCI의 논문에는 최근 국내 모듈러 제작사의 주요관심사인 고층주거용 모듈러공법에 대한 내용이 다뤄지고 있으며, 미국의 36층 모듈러빌딩이 시공되고 있는 국외 정황으로 미루어보아 앞으로 모듈러 고층화 기술 분야의 연구가 꾸준히 지속될 것으로 예상된다.



[그림 2-63] 영국의 고층 모듈러빌딩 Victoria Hall, Wolverhampton

나. 국내외 연구현황

(가) 국내 주요연구 주제

- 경제성 분석 및 활성화 방안 연구
- 고층화 기술 개발: 내진, 내화성능 및 골조시스템
- 모듈 유닛 및 접합부 설계기술
- 시공/해체, 양중/설치 프로세스 개선기술
- BIM적용 통합관리 시스템 구축기술
- 설비 및 공장제작 프로세스 개선기술

○ 연구사례 (조사기간: 2008.01 - 2013.05)

번호	논문제목	관련분야	용도
	출처	세부분야	연도
1	해체●조립식 모듈러 철골조 건물의 시공성에 관한 연구	건설관리	복합
	한국공간구조학회	설치&해체	2008
2	자유기고 : 모듈러 건축물용 유닛의 운송 중 진동 특성	건설관리	복합
	한국소음진동공학회	운송	2010
3	생애주기비용 분석을 통한 유닛모듈러 공법의 경제성 평가	건설관리	복합
	대한건축학회논문집 구조계 : v.27 n.12	분석	2011
4	유닛 모듈러 공법의 효율성 확보를 위한 공장제작, 운반, 현장설치의 최적 공정 제안	건설관리	복합
	한국건설관리학회 논문집 : v.12 n.6	설치&해체 및 운송	2011
5	통합발주체계(IPD)●모듈러(Modular)●BIM 연계를 통한 건설 생산성 향상 방안	건설관리	복합
	한국건설관리학회 학술발표대회 논문집	발주	2012
6	인필 모듈러 건설시스템의 표준 시공프로세스 구축	건설관리	복합
	한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.2 (통권 제23호)	설치&해체	2012
7	인필 모듈러 건설시스템의 이동장치 개발	건설관리	복합
	한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.2 (통권 제23호)	설비	2012
8	유닛모듈 운송 방법의 개선방향 연구	건설관리	복합
	한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.2 (통권 제23호)	운송	2012
9	BIM과 IPD, 그리고 모듈러 공법	건설관리	복합
	한국건설관리학회	BIM	2012
10	모듈러 유닛의 입면 최적화를 위한 쾌적성 분석결과 가시화	건설관리	복합

번호	논문제목	관련분야	용도
	출처	세부분야	연도
	환경		
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(계획계)	분석	2012
	한국형 모듈러 주택 시공의 시나리오 개발	건설관리	주거
11	한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.11 n.1 (통권 제20호)	설치&해체	2011
	유닛모듈러 주택의 BIM 라이브러리 개발 연구	건설관리	주거
12	한국주거학회논문집 : v.23 n.6	BIM	2012
	유닛모듈러 기반 도시형 생활주택의 BIM 모델링 프로세스 개발 연구	건설관리	주거
13	한국생태환경건축학회 논문집 : v.12 n.6(통권 58호)	BIM	2012
	모듈러주택의 조립기능 개선에 관한 연구	건설관리	주거
14	한국건설관리학회 학술발표대회 논문집	설치&해체	2012
	모듈러 주택의 양중방식 경제성분석에 관한 기초연구	건설관리	주거
15	한국건설관리학회 학술발표대회 논문집	양중	2012
	BIM기반 모듈러주택 설계를 위한 전략 및 기술도출에 관한 연구	건설관리	주거
16	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2	BIM	2012
	모듈러 기반 도시형 생활주택의 BIM 설계시스템 개발 연구	건설관리	주거
17	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2	BIM	2012
	BIM기반 재난 재해 모듈러 하우스 및 타운 설계 시스템 개발	건설관리	임시 주거
18	한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.1(춘계)	BIM	2012
	BIM 기반 재난 대비 임시주거시설 설계 시스템 개발에 관한 연구	건설관리	임시 주거
19	한국주거학회논문집 : v.24 n.1	BIM	2013
	유닛모듈러 공법 개발의 경제적 타당성 예측모델 개발	계획	복합
20	한국건설관리학회 학술발표대회 논문집	분석	2011
	유닛모듈러 건축물의 설계 초기 단계에서의 고려 사항	계획	복합
21	한국건설관리학회 논문집 : v.13 n.6	설계	2012
	증축 리모델링을 위한 유닛모듈러 건축 설계 프로세스 개발에 관한 연구	계획	복합
22	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.33 n.1	증축	2013
	모듈러공법을 적용한 주택의 계획특성에 관한 연구	계획	주거
23	한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.2(추계)	일반	2012
	모듈러 시스템을 활용한 무이주 리모델링 연구	계획	주거
24	한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.2(추계)	설계	2012
25	재난재해 임시주거의 구조 계획에 관한 연구	계획	임시

번호	논문제목	관련분야	용도
	출처	세부분야	연도
			주거
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2	설계	2012
26	유닛 모듈러 설계를 이용한 임시주거 계획에 관한 연구	계획	임시 주거
	대한건축학회논문집 계획계 : v.29 n.3	일반	2013
27	모듈러 유닛에 의한 대학 기숙사 단위 생활공간의 평면 구성에 대한 고찰	계획	기숙사
	한국교육시설학회	설계	2009
28	박스 유닛공법을 이용한 남극 대륙기지의 가설캠프 설계, 제작에 관한 연구	계획	극지
	대한건축학회논문집 계획계 : v.27 n.10	설계	2011
29	사례연구를 통한 군 모듈러 독신간부숙소의 설계지침 연구	계획	군시설
	대한건축학회논문집 계획계 : v.27 n.4	일반	2011
30	12m × 3m 스틸 모듈러 시스템의 보-중간기둥 접합부 구조 성능	구조	복합
	한국강구조학회 논문집 : v.20 n.6	접합부	2008
31	모듈러 유닛 구조물에 적용된 비렌틸형 조립보의 처짐	구조	복합
	대한건축학회논문집 구조계 : v.24 n.9	성능	2008
32	경량형강을 사용한 모듈러 시스템 개발에 관한 연구	구조	복합
	한국공간구조학회 춘계학술발표회 논문집 : 제5권 제1호(통권 제5호)	골조	2008
33	해체●조립식 모듈러 철골조 기둥-보 접합부의 거동에 관한 실험적 연구	구조	복합
	한국공간구조학회	접합부	2008
34	복강판 합성 전단벽을 포함한 모듈러 구조물의 내진 거동	구조	복합
	대한건축학회 학술발표대회 논문집	내진	2009
35	모듈러 건축물을 위한 바닥판 시스템의 구조성능 실험	구조	복합
	대한건축학회논문집 구조계 : v.25 n.02	성능	2009
36	식스-시그마를 이용한 모듈러 건축물용 보부재 개발 방법론	구조	복합
	대한건축학회논문집 구조계 : v.26 n.11	골조	2010
37	복강판-모듈러 시스템의 반응수정계수	구조	복합
	한국지진공학회 춘계학술발표회 논문집	일반	2010
38	FEM 적용한 유닛 모듈러 골조의 기둥-보 접합부 해석	구조	복합
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.31 n.2(구조계)	접합부	2011
39	철골조 모듈러 시스템의 횡력저항 성능 평가	구조	복합
	대한건축학회논문집 구조계 : v.27 n.10	골조	2011

번호	논문제목	관련분야	용도
	출처	세부분야	연도
40	실스케일 모듈러 구조물의 내진성능평가	구조	복합
	한국지진공학회 춘계학술발표회 논문집	내진	2011
41	강판 전단벽을 사용한 모듈러 시스템의 내진 성능 평가	구조	복합
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2	벽	2012
42	고층화 구현을 위한 유닛 모듈러 시스템 평가	구조	복합
	한국강구조학회 학술발표대회 논문집	고층	2012
43	모듈러 유닛 박스 구조부재 선정	구조	복합
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(구조계)	설계	2012
44	모듈러 프레임의 횡하중 전달을 위한 연결 바닥 다이어프램의 구조 거동 특성	구조	복합
	한국지진공학회 춘계학술발표회 논문집	성능	2012
45	기존건축물의 수직증축을 위한 방안 비교	구조	복합
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.33 n.1	증축	2013
46	방화석고보드를 적용한 MCO 보의 내화공법에 관한 연구	구조	주거
	대한건축학회논문집 구조계 : v.24 n.11	내화	2008
47	방화석고보드를 적용한 모듈러 보의 최적 내화성능 형상조건 도출을 위한 해석적 연구	구조	주거
	대한건축학회논문집 구조계 : v.25 n.07	내화	2009
48	모듈러를 활용한 증축 리모델링에 대한 연구	구조	주거
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2	증축	2012
49	층간소음 대응 유닛 모듈러 경량합성바닥 구조시스템	구조	주거
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(구조계)	층간소음	2012
50	모듈러 증축건축물의 구조해석에 관한 연구(I)	구조	주거
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.33 n.1	성능	2013
51	병원형 모듈러블록의 화재안전 성능평가를 위한 실물스케일 화재실험	구조	병원
	대한건축학회 학술발표대회 논문집	내화	2008
52	화재하중을 고려한 병원형 모듈러블록의 화재거동 및 구조체 변형에 관한 실험적 연구	구조	병원
	대한건축학회논문집 구조계 : v.25 n.12	내화	2009
53	식스-시그마를 이용한 군 독신자 숙소용 모듈러 건축 시스템 개발	구조	군시설
	한국건설관리학회 논문집 : v.11 n.6	시스템	2010
54	모듈러 공법 특성 분석을 통한 모듈러 공법 수요 활성화 방안 수립	기타	복합
	전국 대학생 학술발표대회 논문집	분석	2011
55	국내 모듈러건축 및 제작사 현황조사 연구	기타	복합

번호	논문제목	관련분야	용도
	출처	세부분야	연도
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.31 n.2(계획계)	분석	2011
56	국내외 사례분석을 통한 모듈러 공법 활성화를 위한 기초 연구	기타	복합
	한국건설관리학회 학술발표대회 논문집	분석	2012
57	공업화주택인정제도를 통한 모듈러주택의 개선방향 및 활성화 방안 연구	기타	복합
	한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.2(추계)	분석	2012
58	모듈러공법의 국내 활성화 저해요인 분석에 대한 연구	기타	복합
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2	분석	2012
59	모듈러 건축의 경제성 분석 연구	기타	복합
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2	분석	2012
60	모듈러공법의 국내 적용 활성화 방안에 대한 연구	기타	복합
	한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.1 (통권 제22호)	분석	2012
61	도시형생활주택을 위한 모듈러 주택 시공의 타당성 분석	기타	주거
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.31 n.1(구조계)	분석	2011
62	유닛모듈러 한옥의 인식도 및 물리적 요소 만족도 분석	기타	주거
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(계획계)	분석	2012
63	모듈러공법을 적용한 맞춤형 리모델링 활성화 방안 연구	기타	주거
	한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.1(춘계)	분석	2012
64	모듈러 한옥 개발을 위한 Mock-up 프로세스 분석	기타	주거
	한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.1(춘계)	분석	2012
65	모듈러 건축시스템의 주택적용 개선방안 제시	기타	주거
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(구조계)	분석	2012
66	한옥의 모듈러 공법 적용에 관한 연구	재료	주거
	한국주거학회논문집 : v.23 n.4	한옥	2012
67	모듈러(Modular)유닛 제작공정의 생산성 향상에 대한 고찰	제조	복합
	진국 대학생 학술발표대회 논문집	공정	2010
68	유닛모듈러 조립공구 개선을 위한 기능분석 연구	제조	복합
	한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.2 (통권 제23호)	설비	2012
69	모듈러 공법의 제작과정에 대한 검토	제조	복합
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2	일반	2012
70	모듈러 공장생산 프로세스 개선을 위한 컨베이어시스템 적용 방안	제조	복합
	한국건설관리학회 논문집 : v.13 n.5	공정	2012

번호	논문제목	관련분야	용도
	출처	세부분야	연도
71	유닛모듈러 주택의 효율적인 조립 장비 개발 방향에 관한 연구	제조	주거
	한국건설관리학회 학술발표대회 논문집	설비	2012
72	모듈러조 및 RC조의 에너지 소비량 및 CO ₂ 배출량을 통한 환경성능평가	환경	복합
	대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.31 n.1(구조계)	성능	2011
73	내화성능을 가진 모듈러 주택 외단열 공법의 단열성능 평가	환경	주거
	추계학술발표대회 : 2012	성능	2012

(나) 국외 주요연구 주제

- Construction management and lean construction
- Building Information Modeling(BIM) and product management
- High-performance features and cost-effective building solution
- Seismic design and structural performance evaluation
- High-rise modular building construction

○ 연구사례 (조사기간: 2008.01 - 2013.07)

No.	Contents	Research publications			
1	Title	Effects of Lean Construction on Sustainability of Modular Homebuilding			
		Sustainable development	Lean construction	Residential	2012
	Author	Isabelina Nahmens and Laura H. Ikuma			
	Source	JOURNAL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING			
	Description	Construction activities and the built environment have an enormous effect on the environment, human health, and the overall economy. Sustainable homebuilding in all three dimensions of economic, environmental, and social effects is attainable through practical innovations and technologies. However, the greatest barrier to the widespread application of sustainable homebuilding is the higher initial costs largely attributable to the learning curve of workers building with these practical innovations and technologies, and the added cost resulting from ill-defined construction processes. To address these challenges and reach the ideal of sustainable construction, this paper proposes the use of lean construction as a viable and effective strategy, in particular the lean tool kaizen. This paper uses several case studies to showcase the effect of lean on the triple bottom line of sustainability in modular homebuilding. Each case study highlights one dimension of sustainability. Lean construction resulted in a significant environmental effect by reducing material waste by 64%, a significant social effect by reducing or eliminating key safety hazards of excessive force, poor posture, and struck-by, and a significant economic effect by reducing production hours by 31%. Findings from this research will contribute to a better understanding of the effect of lean on homebuilding sustainability and will promote lean and safe building techniques in modular homebuilding.			
2	Keyword	Modular homebuilding; Sustainability; Offsite construction; Lean construction.			
	Title	Application of Modular Construction in High-Rise Buildings			
		Construction	High-rise buildings	Residential	2012
	Author	R. Mark Lawson, M.ASCE; Ray G. Ogden; and Rory Bergin			
	Source	JOURNAL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING			
3	Description	Modular construction is widely used in Europe for multi-story residential buildings. A review of modular technologies is presented, which shows how the basic cellular approach in modular construction may be applied to a wide range of building forms and heights. Case studies on 12-, 17-, and 25-story modular buildings give design and constructional information for these relatively tall buildings. The case studies also show how the structural action of modular systems affects the architectural design concept of the building. The combination of modules with steel or concrete frames increases the range of design opportunities, particularly for mixed-use commercial and residential buildings. An overview of the sustainability benefits and economics of modular construction is presented based on these case studies.			
	Keyword	Modular; Steel; Residential; High-rise; Construction; Economics.			
3	Title	Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding			

		Construction	Lean construction	Residential	2011
	Author	Laura H. Ikuma ¹ ; Isabelina Nahmens ² ; and Joel James ³			
	Source	JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT			
	Description	The two biggest challenges in the construction industry, low productivity and high injury rates, may be addressed simultaneously through the combination of lean production strategies and traditional safety-analysis tools. This case study used Safety and Lean Integrated Kaizen (SLIK) in a modular housing manufacturing facility by applying one lean production tool, kaizen, and a safety-analysis tool, job safety analysis (JSA). The research team used SLIK with the base-framing crew, and the method consisted of analyzing the current process, determining and implementing process improvements, and analyzing the improved process. The changes resulted in a 16% increase in value-added activities and increased the framing crew's overall output by 55%. By making quick, low-cost changes that were intended to improve productivity to the station layout and work design, safety and ergonomic hazards, including reduced trip hazards, pinch points, and back strain, were also reduced or eliminated. These results support the hypothesis that productivity and safety can be improved simultaneously through combined lean and safety tools.			
	Keyword	Occupational safety; Lean construction; Productivity; Residential buildings; Construction management.			
4	Title	A Simulation-Based Multi-Agent Approach for Scheduling Modular Construction			
		Construction	Scheduling	General	2012
	Author	H. Taghaddos ^a ; U. Hermann ^b ; S. AbouRizk ^c ; Y. Mohamed ^d			
	Source	JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING			
	Description	Modular construction is a common practice for building industrial plants, particularly in the oil sands region of Alberta, Canada. Each module is a project with its own activities and constraints. These modules are prefabricated offsite, at a location called the module assembly yard, and then shipped to the site. Effective scheduling of modules of an industrial plant involves developing a realistic schedule that makes best use of limited resources in the yard while satisfying the constraints and uncertainties of the entire project. Scheduling such large-scale, multi-unit projects using commercial CPM-based scheduling applications (e.g. Primavera, Microsoft Project) is not effective. In previous work, we have introduced a hybrid framework, called Simulation-Based Auction Protocol (SBAP), for effective resource scheduling in largescale projects. The present study employs the SBAP framework for effective allocation of resources (e.g. space, skilled crew) and for satisfaction of various constraints. This system pulls data from a comprehensive database, runs the simulation model behind the scenes, and generates various graphical reports to aid superintendents and project managers in pertinent project decisions. The developed system is also capable of scheduling the fast-track modular construction projects with limited data available, doing effective resource leveling, and scheduling resources (e.g. space, crew) effectively based on various shifts and calendars. The described case study in this paper demonstrates the capabilities of the developed system for planning the module assembly yards.			
	Keyword	modular construction, scheduling, resource allocation, simulation, auction protocol			
5	Title	Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation			
		Manufacturing	Lean construction	Residential	2013
	Author	Haitao Yu ¹ ; Mohamed Al-Hussein, M.ASCE ² ; Saad Al-Jibouri ³ ; and Avi Telyas ⁴			
	Source	JOURNAL OF MANAGEMENT IN ENGINEERING			
	Description	Encouraged by the remarkable productivity improvements in the manufacturing sector, the construction industry has a long history of trying to garner the benefits of manufacturing technologies. Whereas industrialized construction methods, such as modular and manufactured buildings, have evolved over decades, core techniques used			

		in prefabrication plants vary only slightly from those employed in traditional site-built construction. The objective of this research was to develop and implement a production system for the effective application of lean tools in building components prefabrication. To overcome the prevalent skepticism among middle management, the lean journey started with a pilot project involving one production line. Over a six-month period, lean tools such as 5S (sort, straighten, shine, standardize, and sustain), standardized work, takt time planning, variation management, and value stream mapping were implemented to a communication shelter production line. The implementation successfully won the support of the middle managers and established the foundation for expanding lean practices to other parts of the factory and applying relevant lean tools and techniques.			
	Keyword	Manufacturing; Lean construction; Production management; Productivity.			
6	Title	Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Modular Construction: Benefits and Challenges			
		Construction	BIM	General	2010
	Author	Na Lu ¹ and Thomas Korman ²			
	Source	Construction Research Congress 2010			
	Description	Modular Construction consists of one or more structure units fabricated in a manufacturing plant away from the jobsite. In the building industry, prefabricated modules are normally completed with trim work, electrical, mechanical and plumbing installed. Previous studies have proved that Modular Construction provided many advantages to the built environment, including the reduction of need for workforce, the reduction of onsite Green House Gas (GHG) emissions, and the improvement of construction schedule and product quality; however the extensive demand of preproject planning and coordination among members of cross-interdisciplinary professionals have significantly impeded the application of this technique. With the recent development of Building Information Modeling (BIM), these challenges could be overcome through the BIM platform. Through case studies the benefits and challenges of implementing BIM in modular construction are clearly identified.			
	Keyword	Building Information Modeling, Coordination, Prefabrication, Building Systems.			
7	Title	High Performance Modular Building: Inspiration from the Past, Technology from the present, Design for the Future			
		Facilities	Energy	Commercial	2011
	Author	Bill Jeng, P.E.1; Dean DiGiovanni, P.E.2; and Agnes Wan, A.I.A.3			
	Source	AEI 2011			
	Description	This Case Study presents the design and construction of a new high performance building for the East Bay Municipal Utility District (EBMUD). The 5,600 square foot commercial building with offices, open cubicles, conference/meeting rooms, and locker/shower rooms will serve 22 ranger staff that work in the Mokelumne River Watershed in the Sierra Nevada foothills approximately 30 miles northeast of Stockton, California. The building is unique in that the designers included several sustainable and high performance features by employing a combination of “low technology” methods using design strategies from pre-modern historical practices with “high technology” analyses and controls. The sustainable features include water saving systems (rainwater collection, gray-water irrigation); low energy HVAC systems (radiant floors, natural ventilation, earth tubes, stack effect); and energy generation (PV, future wind turbine). The project goal was to achieve “net zero” annual energy use. Furthermore, the building was designed for modular construction to minimize construction waste and provide a cost-effective building solution.			
8	Title	Innovation and Improvements of Mechanical Electrical and Plumbing Systems for Modular Construction using Building Information Modeling			
		Construction	BIM	Commercial	2011
	Author	Thomas M. Korman ¹ Ph.D., P.E., P.L.S. and Na Lu ² , Ph.D.			

	Source	AEI 2011			
	Description	Modular construction is defined as structure units fabricated in a manufacturing plant away from the jobsite. In the building industry, prefabricated modules are normally completed with mechanical, electrical, and plumbing (MEP) installed. Prior to the use of Building Information Modeling (BIM) software technology, the coordination of MEP systems had created major challenges for complex buildings and industrial plants and limited the potential for pre-fabrication in modular construction projects. The prefabrication coordination process has historically involved representatives from each all trades working together to locate equipment and route connecting elements for each system. The use of BIM software technology has facilitated the prefabrication coordination process and has increased the potential for prefabrication on multiple levels. This paper explores and presents the current research and demonstrates how BIM software technology can be utilized to further innovation and increase the opportunities for prefabrication of MEP systems for modular construction projects.			
	Keyword	Building Information Modeling (BIM), Information Technology Building Information Modeling, Coordination, Prefabrication, Building Systems.			
9	Title	Modular Construction of Steel Plate Shear Walls for Low and Moderate Seismic Regions			
		Structures	Seismic design	Residential	2011
	Author	Robert G. Driver ¹ and Hassan Moghimi ²			
	Source	Structures Congress 2011			
	Description	Steel plate shear walls are generally considered to be economical only in high seismic regions, primarily because the high levels of ductility and resilience under cyclic loading have been demonstrated almost exclusively by tests on walls that contain expensive detailing at the beam-to-column connections. However, the lower demands on seismic load resisting systems in low and moderate seismic regions may permit the use of far more economical fabrication options. The use of modular construction methods is one option for reducing the costs associated with fabrication and erection. Modular components with repetitive fabrication processes can be produced in the shop and assembled in the field by bolts, eliminating the need for field welding entirely. This paper describes several potential modular options and discusses their advantages and disadvantages in terms of economics and constructability. The performance of one of these concepts (with different means of meeting capacity design requirements) is evaluated using detailed finite element models.			
10	Title	Integrated BIM/Lean Base Production Line Schedule Model for Modular Construction Manufacturing			
		Construction	BIM	General	2012
	Author	Mansoorh MOGHADAM ¹ , Aladdin ALWISY ² , Mohamed AL-HUSSEIN ³			
	Source	Construction Research Congress 2012			
	Description	Building Information Modeling (BIM) and lean are two distinct concepts used in the construction industry which are independently applied to the construction process and provide profound impacts. Evidence shows potential gain if both BIM and lean are integrated. This research proposes an integrated model that applies both BIM and lean on a modular construction manufacturing (MCM) process and gains the benefits of both concepts. A computer tool for drafting the modular construction process called MCMPro was expanded to generate the building components' schedule. The Value Stream Map (VSM) of the factory is generated based on the components' schedule through a proposed Integrated Process Improvement (IPI) method using a set of mix lean principles to reduce waste over a broad range of factory activities. A simulation model using Symphony.NET 3.5 is developed to run the generated VSM and produces the results. The proposed methodology is validated by a case study, which is a modular building located in Edmonton, AB, and illustrates the			

		effectiveness of the proposed methodology.			
11	Title	BIM Approach for Automated Drafting and Design for Modular Construction Manufacturing			
		Construction	BIM	General	2012
	Author	A. Alwisyl, M. Al-Hussein2 and S. H. Al-Jibouri3			
	Source	JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING			
	Description	Industrialization creates new requirements for design. Designers need to consider not only building performance, but also production plan needs. This requires a well-structured Building Information Model (BIM) to support the manufacturing needs for design and drafting. BIM, in combination with CAD tools such as AutoCAD and ArchiCAD, can be used for this purpose. These, however, are not sufficient to support the level of detail needed for the manufacturing process. The proposed research establishes a methodology for the automation of design and drafting for the building manufacturing of residential facilities based on the platform construction framing method. The proposed methodology has been incorporated into a computer model called MCMPro, which was developed using Visual Basic for Applications (VBA) as an add-on to a CAD model. MCMPro incorporates BIM technology based on CAD parametric modelling and manufacturing requirements in a 3D-model, in order to generate sets of shop and fabrication drawings.			
12	Title	3D-Modeling For Crane Selection And Logistic For Modular Construction On-Site Assembly			
		Construction	Assembly	General	2012
	Author	J. Olearczyk 1, M. Al-Hussein 2, A. Bouferguene 3 and A. Telyas4			
	Source	JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING			
	Description	Adequate crane position on construction site required large amount of site data to be collected, prior to any lift operation. Existed permanent/ non-permanent obstructions as well as objects being placed on their final position, must be considered for each lift. This paper presents a methodology for crane selection and on-site utilization evolutionary algorithm for multi-lifts for modular construction. The proposed methodology accounts for cranes capacity limitation as well as evaluates the crane carrier/body position and orientation. State-of-the-art methodology incorporate evolutionary algorithm that reacts to dynamic changing site conditions. This paper introduces a case study where the objectives were to simplify and optimize the field assembly operation for 5- three-storey dormitory buildings including bridges and large roofs in McGregor Village for Muhlenberg College in Allentown, Pennsylvania, USA. Each dormitory contains three types of modules and a total of 18 separate modular units. Fully habitable elements were delivered securely on flatbed trailers to the site in advance. An all-terrain mobile hydraulic crane placed in the center of construction site lift each module and placed like a puzzle floor by floor for each building at predefined position. All 100 lifts were conducted in only 10 working days.			
13	Title	High Performance Modular Building: Cost Effective Solutions for Design and Construction of a Sustainable Commercial Building			
		Facilities	Sustainable design	Commercial	2012
	Author	Dean DiGiovanni, P.E.1; Bill Jeng, P.E.2; and Agnes Wan, A.I.A.3			
	Source	Structures Congress 2012			
	Description	This Case Study presents the design and construction of a new high performance building for the East Bay Municipal Utility District (EBMUD). The 5,600 square foot commercial building with offices, open cubicles, conference/meeting rooms, and locker/shower rooms serves 22 ranger staff that work in the Mokelumne River Watershed in the Sierra Nevada foothills approximately 30 miles northeast of Stockton, California. The designers created a unique building that included several sustainable and			

		high performance features by employing a combination of “low technology” methods using design strategies from pre-modern historical practices with “high technology” analyses and controls. The sustainable features include water saving systems (rainwater collection, gray-water irrigation); low energy HVAC systems (radiant floors, natural ventilation, earth tubes, stack effect); and energy generation (PV, future wind turbine). The project goal was to achieve “net zero” annual energy use. Furthermore, the building was designed for steel-frame custom modular construction to minimize construction waste and provide a cost-effective building solution. This case study presents the design strategies employed in this project, the goals of minimizing water use and construction waste, the importance of reducing the energy demand, the benefits of non-conventional and low energy HVAC systems, and the potential for “net zero” energy use with a combination of power generation with PV and low-energy use features. The design strategies include project siting for optimum passive and active solar gain, using bioclimatic analysis for active and passive design strategies, high performance building envelopes to minimize thermal loss, floor slab mass for temperature moderation, and architectural features to reduce energy demands and to optimize day-lighting and minimize solar gain. Some of the unique sustainable features of the project include rainwater collection for HVAC hydronic systems, rainwater use for toilet flushing, a “night-sky-spray-chiller” for cooling water in lieu of a conventional chiller, earth tube preconditioning of ventilation air, and separate plumbing for gray-water collection to be used in irrigation. The project includes a 10kW photovoltaic system and options for a future wind turbine for backup power generation. This case study also presents building performance concept drawings, design schematics and renderings, performance specifications for a complete building as a product, key elements for competitive bidding, construction photos, cost analysis of conventional and high performance features, and lessons learned during the design and construction of the project.
--	--	--

4. 기술수요 도출

- 시장별 segmentation을 통해 시장별 요구기술 도출 및 요구기술을 분류하여 1차 기술수요 조사를 수행함. 국내외 동향 및 환경 분석을 바탕으로 2차 기술수요 조사는 전문가 전체를 대상으로 한 서면 과제제안 요청으로 이루어 졌으며 제작사와 시공사 위주의 기술수요 조사를 위한 면담과 요소기술, 개발수준 결정을 위한 연구자 위주의 면담이 추가로 진행 될 것임.

가. 1차 시장별 기술수요조사

(가) 조사개요

- 조사대상 : 기획연구진
- 조사방법 : 용도별 시장 segment(주거용, 공공, 민간, 수출용) 후 시장별 요구기술 도출 및 요구기술 분류

(나) 시장별 기술수요 조사

- 주택분야 : 도심지 건설을 위한 고층화 및 주거성능확보, 탄력적 수요대응을 위한 재사용성 제고 및 운영모델 개발 등의 주요과제 도출

주택분야	현황 및 이슈	요구기술	고층화	재사용	수출용	제도
중고층 기숙사	▶모듈러 공법 이용 기숙사 사례 다수 존재 ▶모듈러 기숙사 주거성능 개선 요구	▶에너지, 소음, 내화 등 주거성능 확보 ▶고층건물 적용 구조기술 요구 ▶조립 및 해체가 용이한 표준화 ▶공업화주택을 이용한 사업모델, 정책 개선	■ ■ ■	■		■
중고층 공동주택	▶사회적 주거취약계층을 고려한 도심지 공동주택 ▶중고층 관련 설계기술 부족	▶도심지 임대 공공주택 주거모델개발 ▶고층건물 적용 구조기술 요구 ▶에너지, 소음, 내화 등 주거성능 확보	■ ■ ■	■		
공동주택 수직/수평 증축	▶공동주택 리모델링 시장의 확대 예상 ▶사업성 개선을 위한 수직/수평 증축기술 필요	▶기존 구체와의 수직/수평접합기술 ▶유닛 간 정밀 접합기술 ▶구조적 안전성을 고려한 경량화	■ ■ ■	■ ■		
재개발 재건축 용 임시주거	▶서울시: 순환개발방식 도입(2009) ▶재개발 세입자용 임시주거시설 도입 ▶순환개발 법제화 (도시개발법 개정)	▶재개발 재건축 임시주거시설 개발 ▶기존 주택과 동등수준의 주거성능 확보 ▶사업발주를 위한 발주방식 개선 필요		■ ■		■
토지임대형 주택	▶고가도로 하부 '초소형 모듈러 주택' 공급 ▶공영주차장 상부, 철도부지 등에 주택공급	▶자원절약형 주택 수요 ▶기존 주택과 동등수준의 주거성능 확보 ▶사업모델 확보 필요		■ ■		■

- 공공건축 : 교육시설 및 군시설의 재배치를 고려한 이축 및 재사용 가능 시스템 개발, 용도별 표준도서 개발, 기존 건물을 이용한 증축기술 등의 주요과제 도출

공공건축	현황 및 이슈	요구기술	고층화	재사용	수출용	제도
교육시설	>2002년 최초의 모듈러 학교 건립 >학생수 변화 교사증개축 대응 필요 >교육과정 변화 대응 필요 (교과교실제) >정부에서 추진중인 학교통폐합 사업에 공 기 단축형 모듈러 공법 필요성 증대 >신도시 등의 일시적 학교수요 대응 필요	>기존 건축물을 이용한 증축 기술 >가변성을 가지는 건축계획 및 유닛조립 >학교시설의 해체, 이동 및 재사용 >모듈러 공법을 이용한 임시교사 공급 >교과교실제 등을 위한 기존 교사 개축	■ ■	■ ■ ■ ■		■ ■
군시설	>군시설의 노후시설화 (30% 20년 이상) >군시설 건축의 경제성 확보 필요 : 모듈러 공법을 이용한 경제성 확보 >작전환경변화에 따른 군조직의 개편 대응 >2011년 기재부 지침에 따라 모듈러 공법 본격 도입	>조립 및 해체가 용이한 모듈 표준화 >모듈러 건축물 적용 스펙 확대 필요 >주거용 군시설 주거성능 개선 (차음, 단열)	■	■ ■ ■		■
소규모 공공시설	>일본 등 선진국에서는 파출소, 자치회관 등 에 모듈러 공법 적극 활용 >공공주도로 모듈러 시장확대 가능성 기대	>증개축이 용이한 모듈러 공공건축물 (파출소, 커뮤니티시설, 공공청사)		■		■

- 민간건축 : 비즈니스 호텔/리조트 등에 이용가능한 디자인 개선, 지역별 수요 대응을 위한 재사용성 제고, 급속시공 및 친환경 시공방법 개발 등의 주요과제 도출

민간건축	현황 및 이슈	요구기술	고층화	재사용	수출용	제도
비즈니스호텔	>국내 적용사례 없음 >해외 관광객 급증에 따른 비즈니스호텔 수 요증가	>비즈니스호텔 모듈 개발 >기존 건축물의 컨버전 기술 >소음, 화재, 구조적 안전성 확보 필요	■ ■	■		■
리조트	>리조트/관광시설 건설에 따른 자연파괴 >지역별 관광수요 변화에 따른 리조트 시설 재활용 필요성 증대 >자유독립여행(FIT) 증가에 따라 서울에 집 중된 숙박시설의 분산필요성 제고	>자연파괴를 최소화 하는 시공기술 필요 >시장변화에 탄력적으로 대응 가능한 이동 형 숙박시설 수요 증대 >모바일 건축물의 디자인 개선 요구	■	■ ■ ■		■
중소형 업무시설	>1인 기업: 4.2만(2007)→23.5만(2010) >SoHo 사무실 수요 증가 >소수인원 기업 대상 업무시설 임대 수요	>급속시공 용이한 모듈러 업무시설 필요 >모듈러 SoHo 사무실/점포 표준화 >가변공간 및 컨버전 기술 요구		■ ■ ■		■
판매시설	>해외시장(유럽, 북미): 수요에 따라 급속시 공이 가능한 모듈러 판매시설보급 확대 >시장변화에 대응 가능한 공간요구 증대	>급속시공을 통한 판매시설 공급 필요 >판매시설의 성격에 따른 모듈 조합 및 설계 기술		■ ■		

- 수출용 : 원거리 해상운송을 고려한 운송방식 최적화 및 운송비 절감 가 능 시스템 개발, 생산기지의 위치별 대응전략 수립, 원가절감이 가능한 저 가형 시스템 개발 등의 주요과제 도출

수출용	현황 및 이슈	요구기술	중고층	재사용	수출용	제도
해외자원개발 사업용 작업자 숙소	>현장공사의 진행이 어려움 >공사비의 30% 정도가 운송비에 소요됨 >해상운송을 고려한 포장시스템	>운송비 절감 필요 >해수 및 우천에 대비 가능한 포장시스템			■ ■	
해외 재난 긴급구호주택	>수요발생시 빠른 생산 대응 필요 >대량운송이 가능해야 함 >현장 상황에 따른 장비 운용이 어려움	>모듈 제작 표준화 >모듈 운송 표준화 (해외운송) >경량 프리패브 시스템 개발 요구		■ ■	■ ■ ■	
저개발국가 원조사업 (KOICA사업)	>병원, 학교시설 등의 수요 증대 >KOICA 공적개발원조 예산 증가 >저가형 모듈러 건축물 개발 필요 >현지 고용창출 효과 기대	>설비 집약형 모듈러 기술 개발 >운송비 절감 필요 >모듈러 건축물 원가 절감 필요		■	■ ■ ■	
중동 등 해외 대규모 신도시개발	>신도시 개발사업에 국내업체 참여 >짧은 공기에 큰 사업지 개발 필요 >모듈 구성에 필요한 부재를 운송하여 현장 조립하는 기술	>모듈의 패널화 공법 >현장 모듈 조립 생산 기술		■ ■	■ ■	

나. 2차 전문가대상 기술수요 조사

(가) 조사목적

- 본 조사는 자문회의에 앞선 초안 마련을 위해 건축 분야 전문가를 대상으로 한 과제제안 요청을 통해 건설 시공사, 제작사 및 설계사, 학계 전문가 등을 대상으로 기술개발 수요 및 요소기술, 추진전략을 도출하고자 하는 목적으로 과제제안 실시

(나) 조사개요

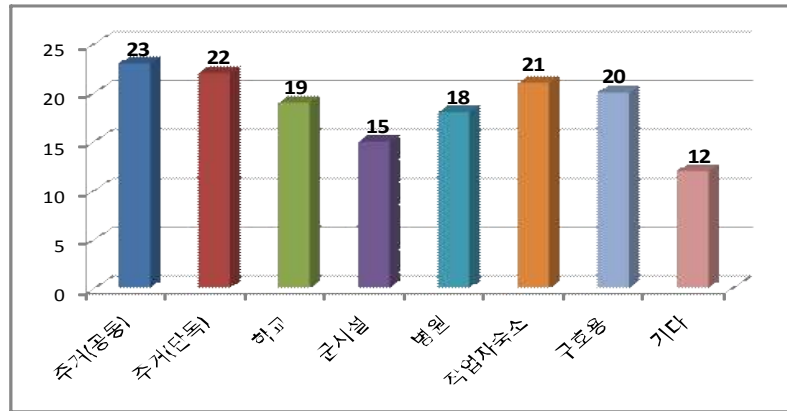
- 조사대상 : 산학연 관련 전문가 총 35인(시공사, 제작사 및 설계사 17인, 학계 18인)
- 조사방법 : 이메일 통한 설문조사
- 응답 개요 : 총 17인, 29건 응답
- 과제카드 구성 항목 : ①제안과제명, ②과제제안자, ③대상지역, ④용도, ⑤시장니즈(정성, 정량적), ⑥요소기술, ⑦소요기간 및 비용(추정), ⑧기타 (과제추진 관련 자유의견)

(다) 응답내용

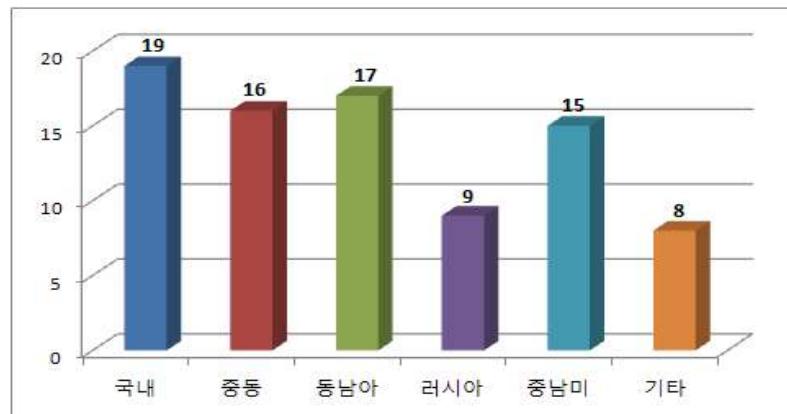
- 시장 및 용도별 제안과제 분류

시장 (지역)	제안 과제명	용도
국 내 / 외	모듈러 건축용 급배수 시스템 기술 개발	전체(주거, 학교, 군시설, 병원, 작업자
	중저층 모듈러 건축기술 개발	

	중소기업 지원을 위한 모듈러 건축 공동생산 플랜트 구축/운영	숙소, 구호용, 기타)
	lift-up 컨테이너형 모듈러 건축 구조설계 기술 개발	주거(단독), 작업자 숙소, 구호용, 기타
	대형 개구부를 갖는 무콘크리트, 스티드 및 경량강판으로 합성한 모듈러 내력벽의 성능검증	주거, 학교, 작업자 숙소, 구호용
	기존건물과 혼용이 가능한 증축형 모듈러 건축기술 개발	주거, 학교, 병원, 작업자 숙소, 구호용
	가변형 구조시스템이 가능한 모듈러 건축기술 개발	주거, 학교, 병원, 작업자 숙소, 구호용
	주거용 모듈러 건축물의 주거성능 개선	주거, 군시설, 작업자 숙소
	기능형 모듈셋트개발	작업자 숙소, 구호용
	해외 공적개발원조사업(ODA) 적용 모듈러 학교 시스템 개발	학교
	해외 공적개발원조사업(ODA) 적용 이동형 및 중소규모 모듈러 병원 시스템 개발	병원
국내	설비일체형 모듈러 설계 및 제작 기술 개발	전체(주거, 학교, 군시설, 병원, 작업자 숙소, 구호용, 기타)
	주문제작형(가변형) 모듈러 유닛 제작 및 시공 기술 개발	
	모듈러 건축 공사비DB 구축 및 실시간 공사비 예측 시스템 개발	
	모듈러 건축 유형별 사업성 평가 및 사업발주 지원 모델 개발	
	모듈러 건축 사업의 효율적 관리 및 지원을 위한 법령 제·개정	
	모듈러 건축용 개별 건식 냉난방 패널 시스템 기술 개발	주거, 학교, 군시설, 병원
	산악 지형 친환경 모듈러 숙박 및 문화 복합시설 설계 기술 개발	기타
	중·고층 모듈러 건축공법 개발	주거(공동)
국외	해외 지역별/용도별 모듈러 건축시장 및 자재 DB구축	전체(주거, 학교, 군시설, 병원, 작업자 숙소, 구호용, 기타)
	BIM활용 해외 모듈러 공사 수주지원시스템 및 설계/생산자동화 기술 개발	
	해외 수출용 모듈러 시스템 실증사업	
	수출형 모듈러 프로젝트 공사정보 및 성과관리 시스템 개발	
	부품화 및 패널화를 통한 해외 수출용 모듈 운송부피 절감기술 개발	
	극한지용 고기밀/고단열 모듈러 시스템 개발	주거, 병원, 작업자 숙소, 구호용
	저개발 국가용 저비용 주택을 위한 모듈러 시스템 개발	주거, 구호용
	중동지역 적용을 위한 PC-스틸모듈 복합 주거시설 개발	주거, 학교
	해외 현지 모듈 생산을 위한 공장생산 및 자재 부품화 기술 개발	주거
	자원개발 및 작업자 숙소용 ISO규격 화물운송용 컨테이너 호환형 모듈러 시스템 개발	작업자 숙소



[그림 2-64] 용도별 과제제안 분석



[그림 2-65] 대상 시장별 과제제안 분석

○ 제안된 과제를 용도별/ 대상 시장별 구분한 결과, 주거(공동 및 단독) 및 독신자 숙소, 구호용 용도 등의 차례로 많았으며 대상 시장은 국내, 동남아, 중동 및 중남미를 중심으로 제안되었음.

○ 과제추진 관련 의견

- 해외 모듈러 시장 진출에 앞서 해외 건설협회 및 건설사 등의 해외 네트워크 활용 필요
- 해외 원조사업의 경우, 오지인 경우가 많으므로 운송비 절감을 위한 모듈의 packing 기술이 필요함
- 병원 건축의 경우 계획의 전문성과 모듈러 시스템에 대한 전문성이 동시에 필요하므로 두 분야 이상의 협동연구가 필요함
- 모듈러 프로젝트 참여주체별(발주자, 시공자, 제작자 등) 성과정보를 바탕으로 프로젝트 특성을 감안한 공사관리 정보를 표준화 하고, 성과관리 시스템을 통해 이를 정량화 할 수 있는 통합 정보관리 시스템 개발 필요
- 주거성능에서 중점적인 바닥진동성능과 바닥진동 연계 중량충격을 저감 관련 연구를 세분화하여 추진
- 중저층 모듈러 건축기술 개발에 있어서 기존 시스템에 비해 공간 활용

- 성, 구조안전성, 경량화 및 경제성 화고에 중점을 둘 것
- 고층화, 경량화에 따른 층간소음 문제 해결방안 모색
 - 경량강판을 활용한 강판의 사용성을 검증하고 구조물의 코어 및 벽체에 사용한 뉴합성시스템의 개발 필요
 - 기존 모듈화 건축기술에 적용할 수 있는 가변형 모듈기술 개발 필요
 - 현재 모듈건축은 비용이 RC대비 110%로 비경제적으로 경제성 확보 측면에서 경량화 및 구조의 안전성을 확보하는데 중점을 두어야 함
 - 모듈러 건축이 활성화 되기 위하여 사업성에 대한 공공발주자의 판단 기준이 필요함
 - 모듈러 건축 활성화를 위하여 업종/업역을 다루는 건설산업기본법 등의 재정비가 반드시 요구되며 관련된 타 법령에 대한 정비도 필수
 - 모듈러 건축 공동생산 플랜트 구축은 건설현장 근로자를 공장생산 근로자로 변화시키는 계기가 될 수 있음

○ 과제별 요소기술 도출

시장	제안 과제명	요소기술
국내/외	모듈러 건축용 급배수 시스템 기술 개발	1. 배수 통합 시스템 기술 개발 2. 원형점프 급수 시스템 기술 개발 3. 원형점프형 수전 및 금구류 개발
	중저층 모듈러 건축기술 개발	1. 단위 모듈을 이루고 있는 부재의 가변성능 기술 개발 2. 기존 모듈시스템과 융합할 수 있는 통합형 건축모듈 기술 개발 3. 모듈시스템의 연결시스템, 구조요소 및 비구조요소의 개발 4. 개발된 모듈구조시스템의 설계식 개발 및 내진 성능 검증
	중소기업 지원을 위한 모듈러 건축 공동생산 플랜트 구축/운영	1. 모듈러 건축 공동생산 플랜트 구축/운영 계획 수립 2. 모듈러 건축 공동생산 플랜트 입지 선정 및 운영을 위한 조합 설립 3. 모듈러 건축 공동생산 플랜트 시범사업 추진(1개소 구축 및 운영) 4. 모듈러 건축 공동생산 플랜트 확산 및 해외진출 방안 마련
	lift-up 컨테이너형 모듈러 건축 구조설계 기술 개발	1. lift-up 컨테이너형 모듈러 시스템 단위모듈 개발 2. lift-up 기둥 구조 및 접합상세 개발, 성능검증 3. lift-up 컨테이너형 모듈러 시스템 설계지침 개발 4. lift-up 컨테이너형 모듈러 시스템 대량생산 기술 개발
	대형 개구부를 갖는 무콘크리트, 스티드 및 경량강판으로 합성한 모듈러 내력벽의 성능검증	1. 합성경량강판 모듈러 전단벽의 압축내력 검증(실험/유한요소해석 실시): 압축설계식 제안 2. 합성경량강판 모듈러 전단벽의 면내, 면외전단성능 검증(실험/유한요소해석)-댐핑성능을 검증, 전단설계식제안. 3. 대형 개구부가 있는 합성경량강판 모듈러 내력벽의 개구부가 휨성능에 미치는 연구: 개구부의 크기에 따른 인방보 설계 4. 대형 개구부가 있는 합성경량강판 모듈러 내력벽의 개구부가 압축성능에 미치는 연구: 개구부 효과 검증 5. 대형개구부 합성경량강판 모듈러 내력벽의 지진력에 대한 횡력저항보강 기법 개발: 보강기술 개발 성능증진.
	기존건물과 혼용이 가능한 증축형 모듈러 건축 기술 개발	1. 기존건물에 적용 가능한 증축형 모듈러 건축기술 개발 2. 기존건물과 신축 모듈건축물과의 접합부 상세 개발 및 성능 검증 3. 구조안전성 및 경제성이 확보된 건축모듈 기술 개발
	가변형 구조시스	1. 단위 모듈을 이루고 있는 부재의 가변성능 기술 개발

	템이 가능한 모듈러 건축기술 개발	2. 기존 모듈시스템과 융합할 수 있는 통합형 건축모듈 기술 개발 3. 가변형 모듈시스템의 구조요소 및 비구조요소의 개발 4. 개발된 가변형 모듈구조시스템의 설계식 개발 및 내진 성능 검증
	주거용 모듈러 건축물의 주거성능 개선	1. 배수 통합 시스템 기술 개발 2. 원형점프 급수 시스템 기술 개발 3. 원형점프형 수전 및 급구류 개발
	기능형 모듈셋 개발	1. 가설형 유니트로 조합을 통한 현지적응력 향상 2. 사무동 6동+설비동1동+ 전력동 1동 + 주방동 1동 + 숙소동 6동등의 조합으로 구성, 유니트의 특성화 유도 3. 전력공급 유닛, 샤워 및 화장실 유닛, 회의, 탈의 유닛, 사무유닛등 4. 해외현장개척지역이 오지인점을 감안, 고단열, 폐열회수 유닛등 탑재(패시브요소 적용)
	해외 공적개발원조사업(ODA) 적용 모듈러 학교 시스템 개발	1. 기능별 다양한 모듈의 조합방식 개발 2. 지붕 계획시 태양광 발전 시스템 적용 방안 개발 3. 사후관리방안의 용이성 제고방안 개발 4. Folding형 모듈 적용을 통한 운송비 절감시스템 개발
	해외 공적개발원조사업(ODA) 적용 이동형 및 중소규모 모듈러 병원 시스템 개발	1. 병원기능별 다양한 모듈의 조합방식 개발 2. 이동형 진료소 모듈 시스템 개발 3. 중소규모형 모듈러 병원 시스템 개발 4. 모듈러 병원을 위한 설비, 전기 접합 시스템 개발
국내	설비일체형 모듈러 설계 및 제작 기술 개발	1. 설비 배관 및 배선 단순화/최적화 2. 부품단위 설계 라이브러리 개발 및 설계 자동화 기술 개발 3. 설비일체형 패널간 설비 접합 최적화 기술개발 및 검증
	주문제작형(가변형) 모듈러 유닛 제작 및 시공 기술 개발	1. 모듈러 유닛의 부위별 표준화 기술 개발 2. 용도별/공간별 표준화 유닛 및 가변형 유닛 개발(군막사/학교/주거용 공간) 3. 각 제작 부품/패널 단위의 표준 접합기술 개발
	모듈러 건축 공사비DB 구축 및 실시간 공사비 예측 시스템 개발	1. 모듈러 부품 및 가격 정보 DB 구축 2. 공사비 예측을 위한 BIM 모델 속성 정보 정의 및 연계 활용기술 개발 3. 실시간 모듈러 공사비 견적 시스템 프로토타입 개발 및 검증
	모듈러 건축 유형별 사업성 평가 및 사업발주 지원 모델 개발	1. 모듈러 건축 유형별 사업성 평가 지표 개발 2. 건축물 유형별 생산방식 선정(의사결정) 모델 구축 3. 모듈러 건축 유형별 사후평가 모델 구축 4. 상기 지표, 모델 등이 반영된 관련 법규, 지침 등 개정안 마련
	모듈러 건축 사업의 효율적 관리 및 지원을 위한 법령 제·개정	1. 모듈러 건축을 위한 건설산업기본법령 개정안 마련 및 개정 추진 2. 모듈러 건축을 위한 건축법/주택법령 개정안 마련 및 개정 추진 3. 모듈러 건축을 위한 건설기술진흥법령 개정안 마련 및 개정 추진 4. 모듈러 건축을 위한 하위 지침/예규/고시 등 마련 5. (필요시) ‘모듈러 건축법’ 제정 추진(별도의 신 건축 관련 법령으로)
	모듈러 건축용 개별 건식 냉난방 패널 시스템 기술 개발	1. 저부하형 컴팩트 고효율 냉온수기 개발 2. 저관경용 건식 패널 및 복사 냉난방 제어 기술 개발 3. 저관경용 분배기, 배관 및 연결구 개발
	산악 지형 친환경 모듈러 숙박 및 문화 복합시설 설계 기술 개발	1. 모듈러 건축물의 산악 지형 시공 기술 개발 2. 건물 용도 변경을 고려한 모듈러 재활용 설계 기술 개발 3. 모듈러 건축물의 친환경 저에너지 설계기준 및 성능평가기준 개발 4. 서비스 기능의 단위모듈 설계 및 유지관리 기술 개발

	중·고층 모듈러 건축공법 개발	1. 중·고층형 모듈러 시스템 단위모듈 개발 2. 중·고층형 구조시스템 개발 및 성능검증 3. 중·고층형 접합상세(코어와 모듈의 접합) 개발 및 성능검증 4. 중·고층형 모듈러 시스템 설계지침 개발
	해외 지역별/용도별 모듈러 건축시장 및 자재 DB구축	1. 해외 국가별 모듈러 대상시장 분석 및 DB구축 2. 해외 용도별 모듈러 시스템 적용 건축자재 DB 구축 3. 해외 모듈러 시장 진출 지원전략 수립
	BIM활용 해외 모듈러 공사 수주지원시스템 및 설계/생산자동화 기술 개발	1. BIM기술 활용 모듈러 수주지원 및 공사비 예측시스템 개발 2. 모듈러 설계자동화 기술 개발 3. 모듈 생산을 위한 생산데이터 표준화 4. BIM활용 모듈 유지관리 시스템 구축
	해외 수출용 모듈러 시스템 실증사업	1. 실증사업 선정 및 실증추진 전략 수립 2. 실증사업 설계,생산 및 시공 4. 실증사업 평가 및 피드백
	수출형 모듈러 프로젝트 공사정보 및 성과관리 시스템 개발	1. 공정, 비용, 품질, 안전 등 모듈러 공사의 정보 관리 체계 구축 2. 프로젝트 라이프사이클 상 주요 공사관리 성과지표(KPI)의 개발 3. KPI 에 기초한 모듈러 프로젝트 성과관리 시스템 개발 4. 해외 모듈러 프로젝트 성과예측 및 리스크 관리 프로그램 개발
	부품화 및 패널화를 통한 해외 수출용 모듈 운송부피 절감기술 개발	1. 모듈-패널 복합 시스템 적용 용도별 평면 유형 개발 2. 해외 현장 조립형 모듈 부품화 기술 개발 3. 부품 및 패널간 접합상세 개발 및 성능 평가
국외	극한지용 고기밀/고단열 모듈러 시스템 개발	1. 극한지 고기밀, 고단열 모듈러 시스템 개발 2. 모듈 기밀성능 및 단열성능 평가 3. 극한지 시공을 위한 건식 시공기술 개발
	저개발 국가용 저비용 주택을 위한 모듈러 시스템 개발	1. 구조재, 단열재 일체형 바닥, 벽체 패널 활용 모듈화 기술 개발 2. 저비용 주거용 평면 개발 3. 저비용 모듈러 주택 성능평가
	중동지역 적용을 위한 PC-스틸모듈 복합 주거시설 개발	1. PC-스틸 복합 구조시스템 개발 2. PC와 모듈을 활용한 다양한 주거용 평면 개발 3. PC와 모듈을 이용한 생산 및 시공기술 개발
	해외 현지 모듈 생산을 위한 공장생산 및 자재 부품화 기술 개발	1. 국내생산 부품, 반제품을 활용한 현지 생산공장 시스템 개발 2. 해외 자재조달을 통한 현지 생산공장 시스템 개발 3. 규모별, 용도별 모듈 생산라인 최적화
	자원개발 및 작업자 숙소용 ISO규격 화물운송용 컨테이너 호환형 모듈러 시스템 개발	1. ISO규격 화물운송 컨테이너 호환 모듈 활용 숙소용 평면 개발 2. 화물운송 컨테이너 호환 모듈 구조시스템 개발 3. 컨테이너 호환형 모듈 구조성능 평가

다. 3차 전문가대상 기술수요 조사

(가) 조사목적

- 본 조사는 건축 분야 실무자를 대상으로 한 자문회의 요청을 통해 건설 시공사 및 제작사 등을 대상으로 기술개발 수요 및 요소기술, 추진전략을 도출하고자 하는 목적으로 현재 모듈러 건축 산업의 현황 및 향후 발전방향을 위한 필수 요소 등에 관해 전문가의 의견을 청취하고자 함

(나) 조사개요

- 조사대상 : 건설 시공사 및 제작사 실무자 총 7인
- 조사방법 : 서면 및 구두를 통한 의견청취
- 설문지 구성 항목 : ①조사개요 및 응답자 분류정보, ②설문조사(모듈러 고층화 분야, 재사용성 향상 분야, 해외 시장 진출 분야, 기타 질의)

(다) 응답내용

일반사항(제작사)	
질문 답변	1. 귀사가 현재 주력하고 계시는 모듈러 건축 공급 분야 및 그 이유는 무엇입니까?
A사	• 국내에서 모듈러분야를 대규모로 적용하고 있는 곳은 국방부 이므로 현재는 국방시설물에 모듈러 건축물을 공급하고 있으며, 대량생산에 의한 원가절감 및 공장제작을 상승으로 인한 공기단축의 효과로 좋은 평가를 받음
B사	• 단독, 다세대, 다가구, 상가
C사	• Apartment로 단기간에 대량의 동일 형태인 공동주택을 공급하기 위함
질문 답변	2. 귀사가 향후 주력분야로 검토하고 계시는 모듈러 건축 공급 분야 및 그 이유는 무엇입니까?
A사	• 사회적 이슈가 되고 있는 대학생 기숙사 시설물에 모듈러공법을 적용하여 공급하고자 적극 검토 중으로 모듈러공법은 공장제작에 의한 원가절감 및 공기단축의 효과를 기대할 수 있음 • 동일 평면이 반복되고 대량의 모듈을 반복적으로 생산 할 수 있는 기숙사 건물이 모듈러공법의 특징을 잘 반영 할 수 있는 건물이라 판단되며, 또한, 도심지 짜투리 부지에 모듈러 주택을 공급하는 사업을 진행 중임.
B사	• 공기단축, 품질관리 용이, 폐기율 감소 등에 유리함
C사	• 당분간 APT에 주력 - 워낙 대규모 APT 건설 사업이므로.
질문 답변	3. 향후 주력분야에서 사업성공을 위해 필요한 사항은 무엇이라고 생각하십니까? (기술적, 제도적 내용 포함, 복수응답 가능)
A사	1.기술적 : • 내화성능에 대한 SIMPLE한 기술적 과제

	• 층간소음 기준 만족에 대한 바닥판의 기술적 과제 • 기밀성능에 대한 기준 만족의 기술적 과제 • 향후 고층화에 대한 구조적인 기술적 과제 2.제도적 : • 모듈러 공법에 대한 건설면허 신설 • 모듈러에 대한 발주방식 조정 ① 일반건설 ~> 모듈러 공법의 제조분야로 발주 ② 모듈러와 건설분야 즉 토목, 부대공사 및 철근콘크리트 등을 분리하여 발주												
B사	• 절차 간소화, 세제지원, 정부 보조금 / 최적 Process 및 System 개발												
C사	• 기술인력의 안정적 유지												
질문 답변	4. 귀사에서 국내에 모듈러 공급을 시도한 프로젝트 및 공급 성공/실패의 이유는 무엇입니까? (복수응답가능)												
A사	<table><tr><th>프로젝트명</th><th>성공 또는 실패 이유</th><th>추가적인 요구 기술</th></tr><tr><td>신기초등학교</td><td> • 모듈러 공법이 도입된 최초의 건축물로서 경험미숙에 대한 실패요인이 가장 큼.(2003년도) • 진동, 누수, 소음등의 문제 발생 </td><td> • 현재는 많은 부분이 해결 되었으며, 다양한 형태의 평면구성에 대한 기술보완 </td></tr><tr><td>2006년도 이전의 군사시설물</td><td> • 일반건설로 발주됨으로 인한 모듈러 공법에 대한 설계자의 이해 부족의 문제 및 건설사의 모듈러 공법이해 부족으로 공장 제작을 저하로 인한 다방면의 문제 발생 </td><td> • 발주방식 변경 : 모듈러 제작사가 설계부터 제작, 시공까지 일괄적으로 참여할 수 있는 입찰제도 개선 </td></tr><tr><td>2011년도 독신숙소</td><td> • 공장제작을 향상으로 현지 작업을 최소화하여 품질향상 및 공기 단축에 성공한사례임. • 공기 : 계약후 180일 • 현장 : 강원도 철원 부터 전라도 해남까지 전국의 29개현장 </td><td> • 내화, 결로, 층간소음 등의 기술보완 </td></tr></table>	프로젝트명	성공 또는 실패 이유	추가적인 요구 기술	신기초등학교	• 모듈러 공법이 도입된 최초의 건축물로서 경험미숙에 대한 실패요인이 가장 큼.(2003년도) • 진동, 누수, 소음등의 문제 발생	• 현재는 많은 부분이 해결 되었으며, 다양한 형태의 평면구성에 대한 기술보완	2006년도 이전의 군사시설물	• 일반건설로 발주됨으로 인한 모듈러 공법에 대한 설계자의 이해 부족의 문제 및 건설사의 모듈러 공법이해 부족으로 공장 제작을 저하로 인한 다방면의 문제 발생	• 발주방식 변경 : 모듈러 제작사가 설계부터 제작, 시공까지 일괄적으로 참여할 수 있는 입찰제도 개선	2011년도 독신숙소	• 공장제작을 향상으로 현지 작업을 최소화하여 품질향상 및 공기 단축에 성공한사례임. • 공기 : 계약후 180일 • 현장 : 강원도 철원 부터 전라도 해남까지 전국의 29개현장	• 내화, 결로, 층간소음 등의 기술보완
프로젝트명	성공 또는 실패 이유	추가적인 요구 기술											
신기초등학교	• 모듈러 공법이 도입된 최초의 건축물로서 경험미숙에 대한 실패요인이 가장 큼.(2003년도) • 진동, 누수, 소음등의 문제 발생	• 현재는 많은 부분이 해결 되었으며, 다양한 형태의 평면구성에 대한 기술보완											
2006년도 이전의 군사시설물	• 일반건설로 발주됨으로 인한 모듈러 공법에 대한 설계자의 이해 부족의 문제 및 건설사의 모듈러 공법이해 부족으로 공장 제작을 저하로 인한 다방면의 문제 발생	• 발주방식 변경 : 모듈러 제작사가 설계부터 제작, 시공까지 일괄적으로 참여할 수 있는 입찰제도 개선											
2011년도 독신숙소	• 공장제작을 향상으로 현지 작업을 최소화하여 품질향상 및 공기 단축에 성공한사례임. • 공기 : 계약후 180일 • 현장 : 강원도 철원 부터 전라도 해남까지 전국의 29개현장	• 내화, 결로, 층간소음 등의 기술보완											
질문 답변	5. 귀사에서 해외에 모듈러 공급을 시도한 프로젝트 및 공급 성공/실패의 이유는 무엇입니까? (복수응답가능)												
A사	<table><tr><th>프로젝트명</th><th>성공 또는 실패 이유</th><th>추가적인 요구 기술</th></tr><tr><td>GUA M 근로자숙소</td><td> • 공장제작을 향상으로 현지 작업을 최소화하여 품질향상 및 공기 단축에 성공한사례임. </td><td> • 물류비용을 절감 할 수 있는 방안 강구 </td></tr><tr><td>카자흐스탄 전분주택</td><td> • 완성품의 물류에 문제가 있어 현지에서 제작.시공을 하므로써 모듈러의 장점을 살리지 못했음. </td><td> • 물류위 문제를 보완하기 위한 패널방식 (2D)의 모듈기술 보완 </td></tr></table>	프로젝트명	성공 또는 실패 이유	추가적인 요구 기술	GUA M 근로자숙소	• 공장제작을 향상으로 현지 작업을 최소화하여 품질향상 및 공기 단축에 성공한사례임.	• 물류비용을 절감 할 수 있는 방안 강구	카자흐스탄 전분주택	• 완성품의 물류에 문제가 있어 현지에서 제작.시공을 하므로써 모듈러의 장점을 살리지 못했음.	• 물류위 문제를 보완하기 위한 패널방식 (2D)의 모듈기술 보완			
프로젝트명	성공 또는 실패 이유	추가적인 요구 기술											
GUA M 근로자숙소	• 공장제작을 향상으로 현지 작업을 최소화하여 품질향상 및 공기 단축에 성공한사례임.	• 물류비용을 절감 할 수 있는 방안 강구											
카자흐스탄 전분주택	• 완성품의 물류에 문제가 있어 현지에서 제작.시공을 하므로써 모듈러의 장점을 살리지 못했음.	• 물류위 문제를 보완하기 위한 패널방식 (2D)의 모듈기술 보완											

질문 답변	6. 귀사에서 모듈러 공법의 공장생산성 향상을 위해 개선하고자 하는 부분은 무엇입니까?
A사	• 모듈러 제작사마다 특성이 있듯이 특성에 맞는 자재개발이 최우선 이라고 생각되며, 많은 부분 모듈러에 맞는 자재를 개발하여 진행하고 있지만 아직 미비한 부분이 많음. 모듈러 특성에 맞는 자재, 장비 개발이 공장생산성 향상에 절대적 요인이라고 생각됨.
B사	• 자재 및 System 표준화
C사	• PC 특성을 최대한 살린 설계 (표준화, TYPE 수 감소)
질문 답변	7. 귀사에서 모듈러 공법의 현장설치 효율성 제고를 위해 개선하고자 하는 부분은 무엇입니까?
A사	• 4개의 모듈이 접합되는 부분의 접합방법 개선방안 강구 및 내화구조의 경우 접합부분에 대한 TOUCH-UP 작업이 상당히 어려우므로 모듈러의 내화구조에 대한 방안이 개선되면 현장설치에 대한 효율성은 상당히 높을것으로 사료됨.
B사	• 운반 조건의 유연성 부여, 설치공간 확보
C사	• 철저한 계획에 따른 시공 (조립)
일반사항(시공사)	
질문 답변	1. 귀사(귀하)는 모듈러공법(공장생산 기반의 공업화 건축 시스템)에 대해 알고계십니까?
D사	• 충분히 잘 인식하고 있습니다.
E사	• 네, 알고 있습니다.
F사	• 네
질문 답변	2. 귀사(귀하)에서는 귀사에서 진행하는 프로젝트에 모듈러 공법의 적용을 검토한 적이 있습니까? 있다면, 프로젝트 및 적용 검토 사유는 무엇입니까? (복수응답가능)
D사	• 중동 및 동남아 해외도시개발의 급속 도시조성 모델로 모듈라 공법 활용검토.
E사	• 타운하우스에 적용한 적이 있으며 검토사유는. 건축주가 고품질의 일본제품인 세키스이 제품을 시범 적용하였으나. 디자인의 한계로 일부 변형하여 건축원가가 상승한 사례가 있음
F사	• 이라크 Bismayah New City Project에 적용중이며, 적용이유는 반복된 주택 평면이 대규모로 진행되기 때문임. (10만 units)
질문 답변	3. 귀사에서는 향후 귀사에서 진행하는 국내 프로젝트에 모듈러 공법의 적용을 검토할 의사가 있습니까? 있다면, 적용 검토 분야 및 사유는 무엇입니까? (복수응답가능)
D사	• 국내도심재생 / 임대 분야 급속 조성기술 활용 검토
E사	• 현장 가설 사무소와 숙소 분야에 관심 있음 → 가설 사무소와 숙소분야는 단독주택, 전원주택 분야보다 개인 소비자 needs가 상대적으로 적게 반영되기 때문에 제품을 표준화, 규격화 할 수 있어 제조단가가 낮으며 설계부터 유지관리 등 통합하여 관리할 수 있는 등 전반적으로 접근이 쉬울 것으로 판단됨.
F사	• 국내 주거 프로젝트 적용은 매우 제한적이며 바닥판 부재는 사용이 가능할 것임(주차장, 물류창고 등)
질문 답변	4. 귀사에서는 향후 귀사에서 진행하는 해외 프로젝트에 모듈러 공법의 적용을 검토할 의사가 있습니까? 있다면, 적용 검토 분야 및 사유는 무엇입니까? (복수응답가능)

D사	• 중동지역 도시개발 분야에 모듈라 공법 적용 검토
E사	가설 사무소 및 가설 숙소입니다. → 해외 오지 현장, 특히 토목 현장에서는 양질의 주거 공간을 제공 받기 힘든 것이 현실이므로, 이동이 용이하고 설치,해체 또한 간편할 뿐 아니라 양질의 주거 공간을 보장받을 수 있는 공법의 적용을 검토중임. 건설이 성숙기에 접어들어 해외 현장으로 사업을 다각화 하였기 때문에 해외 건축, 토목, 플랜트 현장등의 가설 건물에 모듈러 공법 적용을 긍정적으로 검토하고 있음.
F사	검토할 가능성이 있음. 대규모 반복공간이 적용되는 Project를 대상으로 함.
모듈러 고층화	
질문 답변	1. 모듈러 공법으로 시공된 최고층 건물은 영국 울버햄튼의 24층 높이의 학생 기숙사 건물입니다. 미국 뉴욕에서는 32층 주거용 타워를 모듈로 시공하는 프로젝트가 진행 중이며, 2014년 완공 예정에 있습니다. 귀하는 국내에서 모듈러 공법으로 가능한, 또는 가장 적합한 층수는 어느 정도라고 생각하고, 그 이유는 무엇입니까?
제 작 사	‘Y사’ - 현재 국내에서 고층건물의 모듈러공법 시공은 스타코의 인필공법이 유일하다고 할 수 있습니다. 차후 적층형 모듈공법으로 고층건물을 시공하기 위한 기술개발은 필요하고 봅니다. - 현재 국내에서 필요한 적층형 모듈공법에서 적정한 층수는 10층 까지라고 생각합니다. - 모듈러공법이 국내에 도입된지 겨우 10년 밖에 되지 않았습니다. 일반인들의 모듈러공법에 대한 인식부족 및 일반건설을 대체하는 공법으로 모듈러공법이 자리잡기에는 사회적인 분위기도 형성되어 있지 않다고 보입니다. 따라서 모듈러공법이 일반건설공법을 모두 대체한다는 생각보다 일반건설공법보다 경쟁력 있는 분야에 기술개발에 치중하여 모듈러에 대한 사회적인 신뢰를 형성하는 것이 우선이라 사료됩니다. 그러므로, 일반건설보다 경쟁력있는 도심지 주거성능개선사업, 대학 및 기업들의 기숙사 건립사업등이 모듈러공법의 특징인 환경, 공기단축, 원가절감 측면에서 경쟁력 있다고 생각합니다. 이러한 건축물에 적합한 층수는 10층까지라고 판단되며, 내화 및 구조적인 부분의 기술개발은 어렵지 않다고 사료 됩니다.
	‘L사’ 15 - 20 층
시 공 사	‘G사’ 내화 성능고려로 모듈라의 4층이상 시공은 어려움을 겪고 있으나 10층이상 모듈라건축은 중고층화가 확보되어야 시공사의 임대분야의 경제성이 확보된다고 사료됨
	‘H1사’ 국내에서 기술적으로는 20층 이하까지 고층화 시킬 수 있을 것으로 생각하지만 실사용으로는 10층 이하, 특히 승강기 설치 없는 5층 규모가 심리적으로도 안정되고 설비 시설이 간소화 되어 가장 적합하다고 판단됨.
	‘H2사’ (pc) - 모듈러 공법의 적합한 층수는 계획(설계)의 문제보다는 시공 가능성의 문제이므로 층수는 얼마든지 높게 할 수 있다면 문제 없음 30층, 경제성과 PC의 장점 적용 및 효율성 제고
질문 답변	2. 국내에서 고층 모듈러 프로젝트가 추진된다면, 가장 적합한 용도는 무엇이라고 생각하고, 그 이유는 무엇입니까?
제 작	‘Y사’ 모듈러 제작 및 설치에 용이한 “반복되는 평면의 구성”이 가장 유리한 주거분야의 건물이라 생각 합니다.

사	‘L사’	기숙사, office, 아파트
시 공 사	‘G사’	비즈니스 호텔 / 오피스 / 학교시설 / 중고층 주거시설
	‘H1사’	- 숙박시설 단기간 수요에 대응하기 위해 적절하고 수요 변화에 용도변화, 해체 등 빠른 대처가 가능. - 오피스건물 기술의 한계를 극복하지 못했을 때, 모듈러 시스템은 주거용으로 적합하지 않다고 생각된다. ‘사는곳’ 이 아닌 ‘머무는곳’ 이 적합할 것으로 생각됨.
	‘H2사’ (pc)	Core & Shell Style의 오피스가 적합한 용도임 / 단순, 경제성
질문 답변		3. 모듈러 고층화를 위해 개발이 필요한 기술은 무엇이라고 생각하십니까? 필요 기술이 복수인 경우, 개발 순서의 우선순위를 정해주세요.
제 작 사	‘Y사’	1) 내화 2) 구조 3) 경량화등
	‘L사’	1) 구조설계 2) 시공
시 공 사	‘G사’	1) 모듈라 디자인 경제성 확보 2) 모듈라 고층화
	‘H1사’	1) 습식공간 utility - 모듈러를 고층화 시켰을 때 습식공간 설비 모듈 구축 유닛 system 및 부품 등에 대한 개발 연구가 필요함. 2) 진동, 내진, 방화 - 고층화가 될수록 자재 사용의 한계가 발생(중량 및 자재비와 성능의 딜레마 발생) 3) 층간소음(바닥충격음, 방음) - 습식바닥판에 의한 방음성은 확보가 가능하나 만약 건식일 경우 현저히 성능이 떨어지므로 이에 대비할 수 있는 기술 연구가 필요. 4) 구조적 안전성 - 고층화 시킬 수 있는 구조 System(infill system등)과 그 안전성은 무엇보다도 가장 기본이고 중요한 기술이다.
	‘H2사’ (pc)	1) 모듈 접합 기술 및 장스팬 2) 모듈 시공 기술 3)PS공법개량
재사용성 향상		
질문 답변		1. 모듈러 공법의 가장 큰 장점은 사용 후, 해체-이축하여 재사용이 가능하다는 것입니다. 귀하가 생각하는 적정 재사용률은 몇 %입니까? (재사용률이란, 신축 모듈러 제작 비용 대비 해체-이축 후, 다시 사용이 가능한 부분의 비용의 비율, ex) 해체-이축 후, 다시 사용하기 위해 들어가는 비용이 신축 대비 40%라면, 재사용률은 60%)
제 작 사	‘Y사’	한번도 시행해 보지않아 정확히 판단하기에는 어렵습니다만 대략 50%~60% 수준이라 판단됩니다. <신축대비 이축시 필요한 주요공종> ○ 해체공사(모듈 JOINT 철거 및 모듈해체▶기초공사▶운반▶설치▶전기,상하수도 인입 및 설치▶내부JOINT 부분 설치 및 마감▶부대토목
	‘L사’	70% 이상
시	‘G사’	70% 이상 재활용율

공사	‘H1사’	65%이상
	‘H2사’ (pc)	- 적정 재사용률은 50% - 표준화 실현시 재사용성이 올라가지만 별개의 사업 추진시 재사용성은 20%이하라고 생각됨
질문 답변		2. 이러한 재사용성의 장점을 가장 잘 활용할 수 있는 건물의 용도는 무엇이라고 생각하고, 그 이유는 무엇입니까?
제작사	‘Y사’	• 동일 평면이 반복되어 형성되는 주거건물 즉 기숙사등의 건물.
	‘L사’	• 군막사, 단독주택 / 재해 시설물
시공사	‘G사’	비즈니스 호텔분야 / 오피스 용도 변경활용
	‘H1사’	가설사무소, 가설숙소, 구호숙소 등. → 임시적으로 생긴 수요에 적합하여 재사용성의 장점을 잘 활용할 수 있음.
	‘H2사’ (pc)	• Apartment, 주차장, 창고 학교로 표준화가 쉬움 등
질문 답변		3. 모듈러 재사용성 향상을 위해 개발이 필요한 기술은 무엇이라고 생각하십니까? 필요 기술이 복수인 경우, 개발 순서의 우선순위를 정해주세요.
제작사	‘Y사’	• 모듈러공법에 가장 적합한 자재, 장비의 개발이 우선되어야 제작 및 설치의 효율성에 유리하며, 재사용성 향상에 도움이 된다고 사료 됩니다.
시공사	‘G사’	• 해체시 분해없이 대부분의 모듈라 건축물의 재활용을 높임
	‘H1사’	• 해체-조립이 용이한 접합부 기술 개발
	‘H2사’ (pc)	- 접합 기술 - 설계 (표준화)
해외시장 진출		
질문 답변		1. 건설 산업의 해외 시장 확대를 위한 새로운 접근으로 모듈러 공법을 적용하고자 합니다. 모듈러 공법의 해외 진출 대상 시장으로 가장 적합한 곳은 어느 지역이라고 생각하십니까? 그 이유는 무엇입니까?
제작사	‘Y사’	• 자재, 장비, 인력등의 동원이 불리한 지역이 모듈러공법을 적용하기 가장 적합한 지역이라 사료됩니다.
	‘L사’	• 러시아, 중동
시공사	‘G사’	월드컵, 올림픽등 대규모 이벤트를 위한 단기 건설프로젝트 진행시 급속한 건설 이동후 재사용율이 높은 프로젝트 진출시
	‘H1사’	아프리카 → 모듈 판매 수요처를 이국으로 보지 말고 국내 진출 건설사로 시발하여 그 이용성을 알리고, 건설과전자의 근무여건을 개선함. 고열과, 쾌적성을 제공하는 모듈러의 제작, 공급으로 보안, 보건, 안전성을 가질 수 있을 것이라 생각됨.
	‘H2사’ (pc)	- 개발도상국, 전후 복구 국가로 기본적인 공급자체가 필요하기 때문임 - 중동지역 - 자국민의 인건비가 비싼나라 - 건설이 계속 활성화 상태 지속
질문 답변		2. 모듈러 공법의 해외시장 진출에 가장 적합한 건물의 용도는 무엇이라고 생각하고, 그 이유는 무엇입니까?

제작사	‘Y사’	• 주거단지 및 이동 및 재사용이 가능한 건설CAMP등
	‘L사’	• 단독주택, 기숙사
시공사	‘G사’	• 공동 복합 주거 / 호텔 / 오피스 / 소규모 병원시설
	‘H1사’	가설형건축물/재난형건축물 → 이미 선진국의 기술은 주택을 짓는데 부족함이 없고, 유럽국가들은 제조업과 기술력을 기반으로 고품질의 모듈러 하우스를 공급하고 있다. 사례를 보면 저개발 국가로 모듈러를 수출 한 것을 볼 수 있는데, 우리가 선진국의 제품을 수입하여 시공, 배우려 했기에 우리 현재의 기술력을 기반으로 개도국이나 건설현장이 진출한 지역에서 가설건축물을 적용하여 진출하는 것이 시장 진입시 B to C 보다 B to B 가 우선적일 것으로 판단함.
	‘H2사’ (pc)	- 집합주택, 학교, 병원 등 반복공간이 필요한 Project. - 공동주택으로 단순, 표준화 용이
질문 답변		3. 모듈러 공법의 해외시장 진출을 위해 개발이 필요한 기술은 무엇이라고 생각하십니까? 필요 기술이 복수인 경우, 개발 순서의 우선순위를 정해주세요.
제작사	‘Y사’	1)물류비용 절감방안 강구.
	‘L사’	1) 구조 및 System 설계 기술 2) 표준화
시공사	‘G사’	1) 해외 지역 건축환경을 고려한 모듈라 상품디자인안 2) 이동재조립 기술 (설비포함)
	‘H1사’	1) 성능우선: 열적성능, 소음성능, 방수 성능 2) 기능성 모듈개발: 주거모듈/ 회의실(사무실) 모듈/ 설비모듈
	‘H2사’ (pc)	1) 설계 기술 2) 생산장비개발 기술
기타		
질문 답변		1. 모듈러 건축 산업의 발전과 해외시장 진출을 위하여 기술개발 및 제도 개선이 필요하다고 생각되는 분야에 대해 의견이 있으시면 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.
제작사	‘Y사’	- 가장 시급한 것 중 한 가지는 모듈러에 가장 적합한 자재와 그 자재를 설치할 수 있는 공구 개발이다. 그리고 패널 및 장비에 관한 규격화 작업이 필요하다. - 조립식 건물이라 생각하는 모듈러에 대한 인식부터 바뀌어야 한다. 적절한 홍보활동이 요구된다. 공업화 주택이란 이름부터도 저가형/저가 이미지가 느껴지는데, 모듈러는 저가 건축물이 아니다. 장기적인 발전과 수출을 위해서는 이런 인식의 변화가 필요하다. - 재사용을 위한 모듈러 건축물 시스템을 위해서는 평면 계획시부터 시공 및 설비 등이 총체적으로 함께 다뤄져야 한다.
	‘S사’	• 해상에서 건축을 하는 것보다 육상에서 하는 것이 훨씬 더 까다롭다. 즉, 모듈러 건축을 발전을 위해서는 규제 완화가 필요하다.
시	‘G사’	• 모듈라 기술상품의 디자인 개선 (입면)

공사		• 모듈라 전문 자재개발 • 지역 특색에 맞춘 모듈러 건축물이 요구된다. 예를 들어 중동의 문화 및 생활양식에 맞는 평면 개발, 재질에 대한 고민. 건식공법에 대한 거부감이 있으므로 소비자 특색에 맞춰 보완할 방법 및 기술 개발이 필요함. • 국내 기준에 맞춘 모듈러 시스템은 예를 들어 중동으로 수출할 경우 상대적으로 소비자가 요구하는 것보다 고급의 건축물을 공급하는 상황이 생긴다. 즉 발주처 입장에는 가격이 너무 높은 시스템이다. 지역특색에 맞춰 공급할 수 있어야 한다. • 해외 시장 공략시 정부 대 정부 차원의 계약과 접근이 필요하다. 예를 들어 토지공사나 주택공사 등 • 제작사와 시공사의 원만한 소통이 필요하다. 지역 특색에 맞춘 모듈 제작을 요구했을 때, 검토하고 공급해줄 수 있는 협업 관계.
	‘H1사’	• 제도 기술: 물가자료에 제품으로서의 금액공개 (표준모델 필요)
	‘H2사’ (pc)	• 법규 정비 : 과거 법규 때문에 PC를 포기한 회사가 많음
	‘D사’	• 해외 수출을 위해서는 기존 설계나 시공법과의 비용분석이 자세하게 다뤄져야 함. • 현지 기준과 기후에 관한 면밀한 분석이 필요함. 유럽과 미국의 정보는 알려져 있고, 구하기도 어렵지 않음. 그러나 타겟으로 삼는 중동에 관한 정보, 건축 코드 등 아직 파악하고 있지 못한 부분이 많으므로 분석이 요구됨
질문 답변		2. 저희 과제{“이동과 재사용이 가능한 모듈러 건축 기술개발 및 실증 연구 기획(‘13.04~’13.08)”}와 관련하여 기타 의견이 있으시면 자유롭게 기술해주시기 바랍니다.
제작사	‘Y사’	• 모듈러 선진국의 모든 기술을 단시간에 적용하고자 하는것은 위험 합니다. 국내의 모듈러에 대한 사회적인 인식 분위기등을 감안하여 국내에서 현재 가장 필요한 분야부터 차근차근 연구개발하는 것이 모듈러공법이 국내에서 자리잡고 사회에 기여 할 수 있다고 사료 됩니다.
	‘L사’	• 모듈러 건축 시장은 단독으로 사업을 수행하기가 굉장히 어렵다. 업체 간에 긴밀한 협업 관계를 위한 교류가 필요함 • 모듈러 사업의 시장 확장을 위해 중요한 것 중 한가지로 자재 및 부품에 관한 표준화 작업이 요구됨
	‘S사’	• ‘모듈러 건축 시스템’에 대한 건설시장의 위치와 정의를 잡아야할 필요가 있음
시공사	‘G사’	• 산학간 모듈라 기술상품의 기획 초기부터 긴밀한 의견교환으로 상품성/ 경제성 / 시장적합도를 높이는 것이 중요
	‘H1사’	• 해외현장개척시.. 견적비교 데이터 제시 (현장숙소개설, 임대 비용 vs 모듈러 제공시의 장단점 분석) • 수직관통형 모듈제시 (box+box+ out stair --> box up box) • 모듈러용 가구개발로 가구 업체들도 같이 참여해야 모듈러 산업이 육성 될 듯 함 (현재 기성품을 활용한 내부 공간으로 활용성 및 공간이동 제약) • 표준화 작업 (표준화 데이터를 통한 표준값을 제공할 수 있어야 국내외 시장에서 수주하기가 쉬워지므로 부품과 가구 등 제조 기반에서의 표준화 작업이 필요하다.)

	• 건축 시장에서 모듈러 건축의 요구 성능 기준이 너무 높음 (일반 건축 기준에 맞추기가 너무 어렵다. 현재 기준을 주거형, 비주거형, 용도 등에 따라 등급을 나눠서 적용한다면 좋을 듯함)
‘D사’	• 모듈러 건축을 기존의 건설 시장과 분류하여 새로 형태의 건설 시스템이나 시장을 개척하는 것보다 기존의 건설방식과 융합하는 방향으로 가서 저가 시스템이라는 인식을 없애고 차츰차츰 시장 창출을 하는 것이 좋을 것 같음

라. 4차 기술전문가 자문

(가) 조사목적

- 본 조사는 건축 분야 전문가를 대상으로 한 자문회의 요청을 통해 건설 시공사, 제작사 및 설계사, 학계 전문가 등을 대상으로 추가 기술 제안 및 기술구성 관련 의견, 기술별 중요도 등에 대한 자문을 구하고자 함

(나) 조사개요

- 조사대상 : 산학연 관련 전문가 총 19인(시공사, 제작사 및 설계사 13인, 학계 6인)
- 조사방법 : 서면 및 구두를 통한 의견청취
- 과제카드 구성 항목 : ①연구과제 구성의 적절성, ②요소기술별 목표 적절성 및 수행방법 , ③연구내용 추가 제안 ④실용화/실증사업 전략, ⑤기타 자유의견

(다) 응답내용

자문위원	응답내용
A연구원	• 중고층화 뿐만 아니라 장스팬화(수평적 확장기술)에 대한 고려 필요해 보임. 특히 모듈러의 상품 다양화 및 해외수출 확대를 위해서는 “고층화”가 반드시 중요한 기술이 아닐 수도 있음. • “현지 조립 기술” 뿐만 아니라, 완전 “현지화”에 대한 과제 내용이 필요해 보임. 환율문제, 세관 문제 등의 문제가 많아 해외건설도 현지화 전략을 많이 추구함. • 제도/정책과 실증사업을 분리하는 것이 좋다고 봄. 제도/정책은 1)주택 부문, 2)건축부문, 3)산업 및 계약제도 부문으로 구성하고, 실증사업 파트는 1) 해외 모듈러 수출 실증사업, 2) 해외 모듈러 현지화 실증사업, 3) 국내 모듈러 비주거 부문 실증사업, 4) 국내 모듈러 주거 부문 실증사업 으로 구성 할 수 있을것임.
B사	• 연구과제 측면에서 요소과제 구성은 적절하다고 판단됨. • 한가지 보완을 하고자 한다면, 마케팅 단계에서의 ‘수요자 needs’에 대

	한 조사도 이루어진다면 연구 결과물에 대한 당위성이 더욱 뒷받침 될 것으로 사료됨. • 사업화 측면에서의 법적 기준 정비(내화, 차음, 물류의 도로교통법 등)는 대단히 시급한 사항이기 때문에 4세부 과제의 결과물이 대단히 중요함. • 또한, 각 세부과제에서는 실제 실증사업을 염두에 두고 부품 제조사, 시공사의 VOC를 지속적으로 청취할 것을 건의함. • ‘모듈러 건축’에 대한 국가적인 공감대 형성을 위해 정부기관의 전략적인 정책개진(법 개정, 인센티브)도 필요함.
C대학	• BIM관련 기술개발 축소 및 내화성능 관련 기술개발을 중분류로 확대하여 요소기술의 다양성 확보 필요 • 해외 수출 경쟁력 확보를 위해 운송기술 외에 다양한 요소기술 확대 필요
D대학	• 모듈러 건축기술의 필요성과 중요성 및 파급효과(환경적 측면, 경제적 측면)를 적절하게 제시한 것으로 판단됨. 건설산업의 패러다임 변화(생산에서 보전(integrity)과 재생(regeneration)으로)를 선도 할 수 있다는 점을 강조 할 것. • 중고층형을 목표로 시스템을 개발하면서 이동 및 재사용을 가능하게 한다는 것은 한계가 있을 것으로 판단됨. 고층건축물을 해체/이동 할 가능성은 많지 않으므로 연구내용을 이원화 할 필요가 있음. • 세부과제 간 연계성을 파악 할 수 있도록 연구과제 전체 구성도를 작성하고 매트릭스 형태의 연관도를 작성하여 연구의 선후행 관계를 재검토 해볼 것.(예 : 2세부과제의 1~2차년도 성과물인 공사시방서와 지침은 1세부 과제의 설계기술을 참고해야 할 것임)
E대학	• stand alone 모듈 시스템을 위한 적정기술의 도입에 대한 연구 추가 필요 • 생산성 증대를 위한 부품 모듈화에 대한 체계적인 연구 및 개발을 BIM과 연계 필요 • 수출경쟁력을 위한 기술개발을 hardware, 운송과 함께 설계능력 개발과 연계 필요 • 각국의 주택시장 및 현재 모듈러 시장 현황 및 문제점이 추가되어야 함
F사	• stage 1과 stage 2 의 연구내용이 일부 중복되면서 ‘3세부’만 유난히 별개의 연구성격을 가지고 있음 • ‘3세부’ 연구내용을 stage 2로 넘기고, stage 2의 구조(고층화), 에너지, 재료 연구를 본 과제로 가져와 설계, 재료, 구조, 제작, 시공, 유지관리, 법규 모두를 아우르는 완성된 연구가 되었으면 함.
G사	• 건축계획, 설계 단계에서의 용도별 적정 치수, 재료별 연구, detail에 대한 연구가 그룹별로 나뉘어 각각의 요구에 맞는 연구가 필요할 것으로 사료 됨 • 건축 마감, 구조, 기계, 전기, 통신, 소방설비의 일체화된 모듈화 연구가 필요하다고 사료 됨 • 재료의 내구성, 친환경성에 대한 연구와 비용의 적절성을 감안한 연구가 필요하다고 사료됨

H사	- 기술과 프로세스에 대한 연구범위는 충분히 필요하고 준비해야 하는 분야를 포함하고 있음. - 다만 모듈러 시장 개척은 확장 가능한 시장 target을 분명히 하고, 모듈러 시장 확대를 위한 가능한 분야의 detail한 장벽 해소에 주목해야 할 것 같음 - 공공시설물(학교, 병원 등), 군시설 및 아파트 숙소 등(도시에서 떨어진 외곽지역), 숙박시설 및 상가시설(5층 이하) 의 분야에서 경쟁 시스템과 경쟁가능한 설계, 경험, 기술, 시공, 유지보수 등의 전반적인 해결책을 확보하는 과제가 되었으면 함.
I사	- 과제 구성 체계는 전체적으로 적절함 - 홍보를 위한 자료서치, 성능 모니터링, POE등이 있었으면 함.
J사	- 전반적으로 잘 계획 됨 - 모듈러 설계부분을 보다 강화 할 필요가 있음 - 모듈러의 특성과 사용자의 needs를 고려한 건물 유형별 공간과 모듈 치수의 표준화에 대한 연구가 보다 강화되는 것이 필요하다 사료됨
K사	- 중고층형 모듈러 구조시스템 개발 내용 중, 재료 복합형 모듈러 시스템 혹은 구조 복합형 시스템으로 되어 있으나 시공성을 고려한 혹은 공장제작, 현장시공을 접목한 기술 분석이 필요하다 사료됨 - 이동 및 재사용에 대한 마감재, 특히 유지관리 및 이동성에 따른 재료 등이 모듈러 특성이 아닌 기존 건식 건설공법 및 재료로 되어있어 이 부분에 대한 검토가 필요함 -> 재사용률 혹은 재활용률 등을 고려
L사	- 전반적인 구성은 최근에 이슈가 되는 항목들로 적절히 안분되어 있는 것으로 판단됨 - BIM은 tool로서 기반 역할을 하는 것이므로, BIM 기술 자체가 목표가 되지 않도록 유념할 필요가 있음 - 구조시스템은 (접합부 포함) 가장 불명확한 부분 중의 하나로써 좀 더 심도 있는 연구계획이 요망됨 - 제작/ 시공 프로세스 개선과 관련하여, “재사용성”을 현 시점에서 강조하는 것은 시기상조로 사료됨
M사	모듈러의 연구과정에서 일반 건축에서도 적용 가능한 pre=fab 연구가 부산물로 도출 될 수 있도록 해주었으면 함(e.g. toilet module, 경량벽체 unit, 외장 unit, etc.)
N사	- 이동이 가능한 모듈러 부분에 대하여, 재난형과 모바일에 대한 차이점, 차별성 구분이 되어야 함 - 시장 초기 진입 시 공공성이 우성되어야 하는 부분에 초점이 맞추어졌으면 함
O사	- 향후 건물의 건립이 주거 목적 뿐 아니라 레저 까지 책임 질 수 있는 건축물이 되어야 함 - 상기 연구과제인 모듈러는 필요시 이동 및 재사용율과 환경친화적 연구가 필요할 것으로 판단되며, 연구과제 수행 중 미비 사항을 도출하여 공장제작, 시공등이 일률화 될 수 있도록 더 많은 연구가 필요
P대학	- 본 연구과제는 건설경기의 불황을 타개해 나가고, 수출을 통해 건설분야 경쟁력 향상에 시기적절한 과제임 - 그러나 구조시스템의 재료를 먼저 결정해야 한다고 생각함. 모듈러 건

	축기술개발에는 다양한 기술개발과 프로세스가 필요하게 되는데 구조 시스템의 기본재료가 다양하면 이에대한 기술개발과 프로세스가 다양하게 되어 연구방향이 흐려질 수 있다고 판단됨. • 모듈러 건축물을 성공적으로 도입하기 위해 내화성능에 관한 문제점을 해결해야 함.
Q사	• 연구과제 구성은 적절함 • 추가적으로 관련 법령(내화관련 법규, 발주방식 변경을 위한 법령개정 등)에 대한 정비와 모듈러 시스템에 맞는 법제도 정비가 필요함 • 국내 모듈러 실증사업에 공공기관이 참여하도록 하는 것은 일반인들에게 어필할 수 있는 좋은 방법임
R사	• 모듈러 건축에서 P.C로 대체가능한 부분의 검토 → 철강재보다 공사 금액이 절감(철골부재의 70% 수준) ex) 지하매설부분, 구조적으로 필요한 옹벽, 내화가 특히 강조되는 구조 부분, 계단실, 진동소음 성능이 강화된 바닥 slab 부분 • 골조 주요부분을 현장조립후 (p.c나 철골) container 형태가 아닌 소형 모듈화(ex 화장실, 부엌등) 된 부품으로 제작하여 현장 조립하는 부분도 검토 필요하다고 봄. • P.C 모듈러공사의 단점인 과중량은 중량이 필요한 부분에서는 강점이 될 수 있음. ex) 해외공사시 필리핀의 태풍으로 피해지역 복구시 태풍에 강한 P.C BOX 형태의 모듈러가 적합 할 수 있음.
S사	• 국내 적합한 모듈러 표준 규격을 만들고 이에 따른 연구가 필요함 • 한국내 주거용, 비주거용의 일반적인 공간구성 및 필요한 기본단위 검토 • 표준 규격 및 부가적으로 필요한 sub-규격 검토 • 주재료, 부재료, 내장재, 외장재 등의 국내규격 현황 및 적용 가능성 등 • 건축물 외장마감재 연구(공장제작시 사전 시공이 가능한 표준화된 자재) • 공업화에 적합한 국내 외장 마감재 매우 낙후됨, 이의 개발도 시급하다 생각됨 • 국내 도로교통법의 제한 내에서 층고가 높은 모듈러 운송에 대한 검토 필요

4절. 유사과제 분석

1. 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토결과

부처명	사업명	과제명	예산	비고
국토교통부	핵심기술 개발과제	자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택 개발 연구	11억	2004~2007
국토교통부	첨단도시개발 사업	재난재해 대비 임시거주공간 시스템 개발	11억 8천	2011.07.18.~ 2014.07.17
국토교통부	첨단도시 개발사업	수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축	100억	2013.11.~ 2017.10.

- 국토교통부 핵심기술개발과제로 연구한 ‘자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발 연구’와 본 과제는 중복가능성이 없는 것으로 사료됨
- 자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발연구는 단층주택을 위한 유닛모듈라 주택개발 연구로 본 연구는 저출산고령화 사회에 따른 1~2인가구의 증가에 대응하는 공동주택 기술개발 연구로 공업화공법을 적용하여 소형 임대주택을 건설하는데 목표가 있음
- 재난재해 대비 임시거주공간 시스템 개발연구는 재난 발생 시 활용 가능한 구호주택의 기술개발로 생애주기와 거주자의 필요에 따라 임시주거의 공간 확장이 가능한 임시구호주택을 개발하는 연구임.
- 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축 연구는 고성능 저비용 모듈라 주택의 활성화를 통한 보편적 주거복지 실현과 새로운 주택 시장 개척, 건설생산 방식 혁신에 관한 것으로 주로 국내에 국한된 기술 개발을 다루고 있으므로, 본 과제와 중복가능성이 없는 것으로 사료됨

2. 연구개발과제의 차별화 방안

부처명	사업명	과제명	차별화 방안
국토교통부	핵심기술 개발과제	자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발 연구	자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발 연구는 단층 주택을 위한 유닛모듈라 주택 개발이며, 본 연구는 공업화 공법을 통해 공동주택을 개발하는 연구임. 본 연구에서 기획하고있는 건축물은 자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발연구와 용도와 규모에서 차별됨. 또한, 기존의 RC공법의 공동주택기술과는 다른 철골구조로 건설되는 공업화 공동주택기술이라는 점에서 기존의 공동주택 연구들과 차별화가 있음.
국토교통부	첨단도시 개발사업	재난재해 대비 임시거주공간 시스템 개발	재난재해 대비 임시거주공간 시스템 개발연구는 재난 발생 시 활용 가능한 구호주택의 기술개발로 생애주기와 거주자

부처명	사업명	과제명	차별화 방안
			의 필요에 따라 임시주거의 공간 확장이 가능한 임시구호주택을 개발하는 연구임. 본 기획과제와는 환경성능에서 차이가 크며, 최대 2층 규모로서 저층에 부합된 구조 및 접합설계로 본 기획과제 내용과는 중복되지 않음.
국토교통부	도시건축 연구사업	수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실 증단지 구축	기본 과제는 주로 중층 모듈러 공법 구현기술을 개발과 해외시장 진출을 위한 기반구축에 관한 내용을 다루며, 모듈러 공법 적용 공공임대주택 시범사업 및 성능개선을 다루는 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축 과제와 기술개발 범위에서 차별화 됨. 또한, 국내 공공임대주택에서 해외시장으로의 기술과 산업이 확장되는 관점으로 볼 때, 본 과제는 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축 과제의 다음 단계에 해당하는 과제로 볼 수 있음.

5절. 종합분석

(1) 국내 시장동향

- 국내의 모듈러 건축 시장은 3~4개의 중소 업체가 경쟁하고 있으며 학교시설, 군시설 등의 시장 위주로 4층 이하의 저층 모듈러 건축물위주로 연간 1,000억 원 내외의 시장이 형성되고 있음.
- 최근 해외 노무자숙소 중심으로 해외 수출실적을 일부 보유하고 있음 (괌 미군기지 노무자숙소, 러시아 엘가탄전 노무자숙소, 호주 로이힐 탄전 노무자숙소)
- 만혼, 혼인율 하락, 이혼율 증가에 따른 가구분화 심화와 고령화에 따른 노령 1인 가구의 증가로 소형주택 수요가 지속적으로 증가하고 있음.

(2) 해외 시장동향

- 영국은 2007년을 기준으로 약 4.2조원 규모의 모듈러 건축시장이 형성되어 있음. 영국은 전후 복구를 위해 최초로 모듈러 공법을 상업적으로 적용하였으며, 90년대 이후 엔지니어링 기술 향상과 더불어 시장이 성숙기에 접어든 상황임
- 영국외에도 유럽의 많은 나라들이 모듈러 공법을 적극적으로 도입하고 시장규모도 크게 형성되어 있는 상황임. 특히 유럽의 모듈러 업체들은 진보된 기술력을 바탕으로 모듈러 공법을 이용한 해외수출실적을 다수 보유하고 있으며 러시아 지역의 병원(독일), 자원개발지(다수), 미국 초고층 모듈러(북유럽) 등에서 많은 공급실적을 보임.
- 미국은 2011년 기준 약 5.5조원 규모의 모듈러 건축 시장이 형성되어 있으며 의료시설, 대학기숙사, 제조시설, 저층건물, 공공건물 등에서 모듈러 건물의 높은 사용도를 보이고 있음. 최근들어 뉴욕 맨하탄의 모듈러 숙소 공급 및 모듈러 공법을 이용한 세계 최고(最高)의 32층 건물 계획등으로 화제가 되고 있음.
- 일본은 연간 100~120만호의 주택 중 12~15만 호가 프리패브 공법으로 시공되고 있음. 프리패브 주택의 경우 타 공법에 비하여 비싼 편이지만 공기가 현저히 짧고 소비자의 만족도가 높게 나타나고 있음.
- 호주는 2011년 기준 3,300억원 규모의 시장이 형성되어 있으며 저소득층 및 노숙자 등 사회적 소외계층을 위한 공공임대주택과 극오지 자원개발을 위한 노무자 숙소 위주로 사업이 진행되고 있음.

(3) 환경분석

- 공업화주택 촉진
 - 국토교통부의 주요 정책 중 ‘서민에게 적합한 실용주택’, ‘임대단지 여유부지에 임대주택 건설’, ‘해외건설 5대 강국 진입’, ‘청년층 주거지원 강

화’, ‘주택건설공급 활성화를 위한 규제 완화’ 등은 공통적으로 모듈러 건축 시스템을 활용한 소형주택을 활용하여 정책목표 달성이 가능함.

- 국토교통부는 위와 관련하여 모듈러 주택의 활성화를 위해 기존 공업화주택 인정제도를 개정하였음.

○ 환경부하 저감에 대한 사회적 요구

- 국무총리실의 정강정책에 따르면 녹색성장시대 대응 Zero Emission 건설 기술개발을 목표로 함. 2010년 제정된 저탄소 녹색성장 기본법에 의하여 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 3대 전략 및 10대 정책방향을 운영중임.
- 공장제작이 주를 이루는 모듈러 건축기술은 건축 구조체 및 부품의 재활용 및 재사용을 기본 개념으로 설정하고 있어 건축 폐기물을 최소화할 수 있는 자원순환형 건설이 가능함.

○ 이동 및 재사용 가능한 건축물에 대한 수요증가

- 국방부는 군구조개편에 따라 향후 일반 사병은 감소하고, 부사관 및 장교 등은 증가할 것으로 예상되어 현재 신축되는 시설물 중 상당 수는 향후 변화하는 수요에 맞춰 해체 후 이동, 재사용할 필요가 있음.
- 학교시설은 매년 학생수의 감소에 따라 공실율이 증가하는 추세임. 경기도 교육청에 따르면 최근 5년간 경기도내 각 학교에 공실이 1,300여개 발생하였으며, 반대로 세종시 등에서는 정부종합청사와 아파트등이 입주하였지만 학교시설 부족이 문제로 대두되고 있음.

○ 임시주거시설에 대한 수요증가

- 재난구호주택 및 재건축 재개발시 발생하는 임시주거시설에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있으며 국토교통부, 소방방재청 등의 유관부서에서는 공급 방안을 모색 중임.
- 지구상의 유일한 분단국가라는 국가적 현실에 비추어볼때 정치적 혹은 경제적 통일에 대비한 주거시설의 대규모 공급이라는 차원에서도 모듈러 공법의 강점이 드러날 수 있음.

○ 해외시장에서의 수요 증가

- 중동 및 남미지역에서의 사회공공임대주택 보급사업, 자원개발지의 노무자 숙소 조성 사업 등 사회 기반시설로서의 모듈러 공법 적용가능성 제고.
- 저개발국의 병원이나 학교 등의 시설물 지원과 해외 재난 발생시 구호주택 등 다양한 형태의 모듈러 건축 수요 발생

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 기획연구의 최종 비전 및 목표



[그림 3-1] 기획연구의 비전 및 목표

가. 기획연구의 비전 및 목표

- 본 기획연구는 모듈러 건축의 경쟁력 강화를 위한 기술개발을 통해 ‘새로운 건설시장의 개척’과 ‘건설산업의 획기적 생산성 향상’이라는 두 가지 비전을 실현하고 이를 통해 건설산업의 국내외 경쟁력 향상을 최종적인 목적으로 함.

나. 세부 목표

- 위와 같은 비전 및 목표의 달성을 위한 기획의 범위를 기술적 특성에 따라 몇 가지 세부목표로 분류하고 이를 과제화하여 도출하였음.
- 첫 번째로 모듈러 건축 중고층화 설계 및 엔지니어링 기술개발의 목표를 설정함. 국내외 기술동향에서 살펴본 바와 같이 현재까지 국내 모듈러 건축의 적용현황은 4층 이하의 저층 비주거용 건축물로 한정되어 있으나 기술개발을 통한 중고층 건축물로의 시장 확대를 목표로 함. 기술목표로는 단기적으로 12층 규모 장기적으로는 25층 규모의 중고층 모듈러 건축물

구현을 목표로 하고 있음.

- 두 번째로 모듈러 건축이 지닌 공법의 특징을 반영하여 모듈러 건축물의 공장 제작성을 최적화하고자 하는 연구기획을 수행함. 모듈러 건축의 단위모듈 부품화 기술 및 바닥시스템, 설비시스템을 개발하고, 공장 프로세스의 최적화 및 품질관리 기술 개발을 통하여, 생산성을 향상하고, 경제성을 확보하여 지속가능한 건축공법으로서 모듈러 건축이 지니는 장점을 확대할 수 있음. 기술목표로는 공장제작율 80% 구현을 목표로 함.
- 세 번째로는 모듈러 건축의 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발을 그 목적으로 함. 운송 및 현장시공 효율화를 위한 몇 가지 요소기술로 유닛모듈 운송 효율화 기술, 현장시공프로세스 최적화 기술 그리고 순환형 모듈러 건축 시스템 개발 등을 포함하고 있음.

다. 비전 및 목표의 설정근거

- 본 기획과제는 기존 건설산업의 패러다임 변화를 통한 생산성 향상 및 국제경쟁력 강화를 위해서는 새로운 건축공법의 도입이 필수적이라는 인식에서 출발하였음.
- 현장에서 이루어지는 건축공정을 대부분 공장제작 공정으로 전환하여 건설인력의 수급 상황 및 고용구조를 개선하고 급속시공, 전천후 시공 등 기술적인 장점을 발휘할 수 있는 모듈러 공법이 기존 건설공법을 대체하는 새로운 공법으로 검토될 수 있다고 판단함.
- 또한 모듈러 공법 적용을 통한 해외시장 기술경쟁력 강화 및 해외 수주의 수익구조 개선이 가능할 것으로 판단됨. 모듈러 공법의 해외수출을 통해 국내 건설인력 고용창출 및 수많은 건설 자재의 시장 확대를 기대할 수 있음.

2. 단계별 목표

	1세부	2세부	3세부	4세부
1단계 (1차년도)	중고층 모듈러 설계 및 엔지니어링 요소 기술 개선/개발	공장제작 프로세스 현황 분석 / 용도별 표준모듈 시스템 개발	현장 시공프로세스 최적화 기술 / 장거리 운송 기술을 위한 기반 구축	
2단계 (2차년도)	중고층 모듈러 건축 요소 기술 성능 평가 및 모델 개발	건물 용도별 표준 설계도서 구축 / 공장제작 프로세스 개선안 도출 / 공장제작 단계별 제작 도면 구축	중고층형 모듈 최적화 프로세스 및 양중, 장비, 인력운영 최적화 기술 개발	
3단계 (3차년도)	요소기술 및 시스템 최적화 구법 구축 및 상용화 기반 구축	공장제작 단계별 품질관리 checklist 도출 / 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영 보고서 구축	현장 시공 최적 모델 프로세스 통합적 작업지침서 및 관련 시제품 개발 및 제작	
4단계 (4차년도)	요소기술 및 시스템 검증 기법 구축	모듈러 건축용 설비 상세도서 구축 / 설비시스템 및 경량바닥판 개발	장거리 운송을 위한 모듈 사례, 시스템 및 재사용을 위한 프로세스 분석	실증사업 적용 가능 기술 목록 도출 / 실증사업 실시설계 도서 구축 / 실증사업 공장 제작 단계별 도서 구축
5단계 (5차년도)	통합설계 프로세스 개발 및 최적화 기법 구축	건식바닥판 시제품 및 성능평가보고서 구축 / 모듈러 건축용 설비간 체결 시제품 개발 / 난방 일체형 바닥판 시제품 개발 / 설비 일체형 모듈 설치 시방서 구축	재사용성 개선컴퍼넌트 최적 시스템 개발 / 장거리 운송을 위한 부피 및 비용 절감 모듈 시스템 개발	실증사업 공장 제작 프로세스 분석 / 실증사업 현장 설치 및 시공 모니터링 보고서 구축
6단계 (6차년도)	중고층 모듈러 건축 기술의 통합설계 가이드라인 및 운영매뉴얼 구축	건식바닥판 접합부 특허 및 시제품 개발 / 설비자립형 모듈 특허 및 시제품 개발 / 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서 구축	재사용성 개선컴퍼넌트 성능평가 및 개발 기술 실증사업 평가	실증사업 운영 및 분석 / 운영 보고서 구축

2절. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

1. 핵심기술요소(CTE)도출

가. 핵심기술요소(CTE) 후보

(가) 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

No.	CTE명
후보1	용도별 모듈러 프로토 모델
후보2	모듈러 BIM 통합 설계 기술
후보3	제작과 시공 단계별 BIM 시뮬레이션 구현
후보4	강-PC 복합형 모듈러 구조시스템
후보5	중고층 대응 횡력저항 복합구조 시스템
후보6	성능기반 모듈러 내화설계
후보7	모듈러 성능 인증제도
후보8	모듈러 발주 및 계약제도

(나) 2세부: 모듈러 건축 공장제작 최적화 기술 개발

No.	CTE명
후보1	용도별 표준 제작도서
후보2	공장제작 프로세스 개선모델
후보3	설비일체형/설비자립형 모듈
후보4	모듈러 건식/난방일체형 바닥판
후보5	경량형 모듈

(다) 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

No.	CTE명
후보1	모듈 손상방지 운송기술
후보2	운송부피절감형 모듈러 시스템
후보3	중고층 모듈 현장 접합 시스템
후보4	중고층 모듈 현장 변위제어 기술
후보5	순환형 모듈 접합시스템

나. 핵심기술요소(CTE) 선정

(가) 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

체크리스트	후보 1	후보 2	후보 3	후보 4	후보 5	후보 6	후보 7	후보 8	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	○	○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패) 위험이 예상되는가?			○	○	○				하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가								○	
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?	○	○					○		
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?		○		○					
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?					○	○			
핵심기술요소(CTE) 선정여부	○	○	○	○	○	○	○	○	

(나) 2세부: 모듈러 건축 공장제작 최적화 기술 개발

체크리스트	후보1	후보2	후보3	후보4	후보5	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패) 위험이 예상되는가?		○				하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가	○		○	○	○	
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?		○				
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?	○	○				
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?		○	○			
핵심기술요소(CTE) 선정여부	○	○	○	×	×	

(다) 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

체크리스트	후보1	후보2	후보3	후보4	후보5	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○	○	○	반드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패) 위험이 예상되는가?		○		○		하나 이상 충족
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가	○			○		
4. 기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?						
5. 해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?						
6. 이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?		○				
핵심기술요소(CTE) 선정여부	○	○	×	○	×	

다. 핵심기술요소(CTE) 목록

(가) 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

CTE	유형*	CTE명	최종 TRL
1	공법·기법	용도별 모듈러 프로토 모델	6
2	시스템	모듈러 BIM 통합 설계 기술	6
3	시스템	제작과 시공 단계별 BIM 시뮬레이션 구현	8
4	공법·기법	강-PC 복합형 모듈러 구조 공법	6
5	공법·기법	중고층 대응 횡력저항 복합구조 공법	8
6	공법·기법	성능기반 모듈러 내화설계	5
7	시스템	모듈러 성능 인증제도	5
8	시스템	모듈러 발주 및 계약제도	4

(나) 2세부: 모듈러 건축 공장제작 최적화 기술 개발

CTE	유형*	CTE명	최종 TRL
1	공법·기법	용도별 표준 제작도 구현기법	6
2	공법·기법	공장제작 프로세스 개선기법	6
3	시스템	설비일체형/설비자립형 유닛모듈 시스템	7

(다) 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

CTE	유형*	CTE명	최종 TRL
1	시스템	모듈 손상방지 운송기술	7
2	재료·자재	운송부피절감형 모듈러 시스템	6
3	공법·기법	중고층 모듈 현장 변위제어 기술	6

(라) 4세부: 중고층 모듈러 건축 실증

2. 기술성숙도(TRL) 단계별 목표

(가) 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

연구과제명		모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발		유형		R&D형			
프레임워크			선행단계		시제품 제작 및 시연	현장적용		제품화/실용화	
마일스톤			현재 TRL	마일스톤 목표 TRL					
				1차년도	2차년도	3차년도 (종료)	4차년도	5차년도	6차년도 (종료)
마일스톤 일정			'14.07	'15.07	'16.07	'17.07	'18.07.	'19.07.	'20.07.
CTE No.	기술명								
CTE 1	용도별 모듈러 프로토 모델		3	4	5	6			
CTE 2	모듈러 BIM 통합 설계 기술		3	4	5	6			
CTE 3	제작과 시공 단계별 BIM 시뮬레이션 구현		3	4	5	6	6	7	8
CTE 4	강-PC 복합형 모듈러 구조 공법		3	4	5	6			
CTE 5	중고층 대응 횡력저항 복합구조 공법		3	4	5	5	6	7	8
CTE 6	성능기반 모듈러 내화설계		2	3	4	5			
CTE 7	모듈러 성능 인증제도		3	4	5				
CTE 8	모듈러 발주 및 계약제도		2	3	4				

(나) 2세부: 모듈러 건축 공장제작 최적화 기술 개발

연구과제명		모듈러 건축 공장제작 최적화 기술 개발			유형		R&D형		
프레임워크			선행단계		시제품 제작 및 시연		현장적용		제품화/실용화
마일스톤			현재 TRL	마일스톤 목표 TRL					
				1차년도	2차년도	3차년도 (종료)	4차년도	5차년도	6차년도 (종료)
마일스톤 일정			'14.05	'15.07	'16.07	'17.07	'18.07.	'19.07.	'20.07.
CTE No.	기술명								
CTE 1	용도별 표준 제작도 구현기법		2	3	5	6	-	-	-
CTE 2	공장제작 프로세스 개선기법		3	4	5	6	-	-	-
CTE 3	설비일체형/설비자립형 유닛모듈 시스템		2	-	-	-	4	6	7

(다) 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

연구과제명		모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발		유형		R&D형	
프레임워크			선행단계		시제품 제작 및 시연	현장적용	제품화/실용화
마일스톤			현재 TRL	마일스톤 목표 TRL			
				1차년도	3차년도	4차년도	6차년도(종료)
마일스톤 일정			'14.05	'15.07	'17.07	'18.07	'20.07
CTE No.	기술명						
CTE 1	모듈 손상방지 운송기술		2	4	7	-	-
CTE 2	운송부피절감형 모듈러 시스템		2	-	-	3	6
CTE 3	중고층 모듈 현장 변위제어 기술		2	-	-	3	6

3절. 기술개발에 따른 미래상

1. 현황 및 미래상

가. 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

AS-IS	TO-BE
■ 모듈러 건축물의 표준화된 설계기준 없이 각 생산업체에 의해 건축 설계가 이루어지고 있어, 공장 자동화 및 부품 간 호환이 매우 어려운 실정으로 모듈러 건축물 확산에 장애가 되고 있음 ■ 현재 국내의 모듈러 건축물은 기술력 부족으로 인하여 중고층형 건축물은 전무한 상태이나 외국의 경우 최고 24층까지 건축되는 기술력을 보유하고 있음 ■ 고층화를 위한 모듈러 건축물의 내화성능 검증이 되지 않았음 ■ 현재 국내 유닛 모듈러 시스템은 저층(3층 이하)의 소규모로 건설되고 있는 상황임 ■ 모듈러의 구조재료 및 형식으로는 강재 및 RC(PC포함)로 국한되어 있는 실정임 ■ 다양한 작업환경과 하중에 대해 경제성이 고려된 시스템이 제시되지 못하고 있음 ■ 국내 모듈러 건축물은 주로 군막사, 학교, 저층 소형주택으로 건설되고 있음 ■ 현재, 저층 주택건축물에 한정하여 제한적으로 적용하고 있는 모듈러 건축기술을 소규모 가구의 증가와 더불어 건설산업 환경변화에 대응하기 위한 모듈러 공법의 중고층 건설을 위해서는 공장제작 및 현장 시공성능 개선을 위한 최적화된 기술력은 대단히 부족한 상황임. ■ 현재 공업화주택 인정제도는 단독 및 공동주택에 한정되어 있으며, 성능 인정범위, 인정항목 적정성 문제 등 본 제도의 활성화에 한계를 지니고 있음. ■ 모듈러 건축의 작업 공정은 일반 건축물과 상이하여 별도의 기준이 필요하지만 모듈러 건축물에 적합한 공사기준 및 일위대가 기준이 부재한 상황이며 건축 공중별로 분리발주 하도록 규정하고 있음. ■ 현재 국내의 모듈러 공법과 관련해서는 별도의 성능인증제도가 없음. 일부 제조사에서 공업화주택인정을 취득하고 있으나 이는 모듈 자체의 성능이 아닌 건축물의 성능에 대한 인증으로 모듈단위의 성능척도가 될 수 없는 상황임.	■ 건축물 용도별 설계기술 및 표준화된 설계도서 작성기준의 개발을 통하여 대규모 생산라인 구축 및 시장수요 대응 모듈러 건축 확산 ■ 모듈러 건축분야 세계 최고수준의 고층화 건축기술력 보유를 통한 국내시장 보호 및 해외시장 진출 ■ 3시간 이상의 모듈러 건축물 내화시스템을 개발하여 화재에 안전성을 확보함 ■ 중고층형 모듈러 공동주택 건축기술(중층형: 12층, 고층형: 25층) 개발함 ■ 강-PC 복합형 및 재료복합형 프리패브리케이션 기술 개발(강, 목재, PC, 세라믹, 유기재, 하이브리드 등) ■ 모듈러 복합단면 및 특목화된 하중별·용도별 복합유닛(코어유닛, 발코니 유닛, 화장실 유닛 등)의 구조형식에 따른 요소 기술 개발 ■ 모듈러 건축시스템 기반 업무용, 공공건축물, 소규모 상가 및 점포 건축기술 개발 ■ 소규모 수요에 대응이 가능하고 공기단축과 생산 및 시공 비용절감을 할 수 있는 모듈러 건축공법을 활성화하기 위한 중고층형 모듈러 횡력저항 시스템 요소 기술의 개발 ■ 주택뿐만 아니라 중고층 일반건축물 포함 모듈러 건축 인정제도 실시를 통하여 객관적 성능확보 및 각종 인센티브 적용 등을 통한 시장 확대에 기여 ■ 모듈러 건축물 대상 인건비 산정기준 및 일위 대가 기준의 정립, 모듈러 건축물 계약 통합계약 발주시스템 개발을 통하여 합리적인 사업 환경기반 마련 ■ 단위모듈에 대한 성능인증제도 도입을 통해 유닛 모듈의 효과적인 품질관리가 가능함. 제조사 및 제조과정에 따라 균일하지 않은 품질을 인증제도를 통해 관리함으로써 전체적인 품질향상 및 수요자의 신뢰도 증가를 통한 시장 확대를 기대할 수 있음.

나. 2세부: 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발

AS-IS	TO-BE
■ 현재 국내에서 적용중인 모듈러 공법의 경우 유사한 용도로 사용되는 유사한 건축물의 경우에도 사업별 설계로 진행하여 건축공사비의 상승의 요인이 됨. ■ 현재 국내의 단위모듈 제작 공장의 경우, 소규모의 노동집약적 제작 방식으로 인해 단위모듈의 품질저하와 제작능률 저하를 유발하고 있음 ■ 모듈러 공법의 특성을 이해하는 전문 건설인력이 부족하고, 제작 프로세스가 체계화되어 있지 않아 품질관리가 어렵고, 과거 습식공법과 건식공법의 공정이 혼재되어 제조기간 지연되고 있음 ■ 현재 국내에서 적용중인 모듈러 공법은 공중간 분리발주 등으로 인해 설비 및 수장공사의 대부분이 현장에서 진행되는 실정임. 이는 현장작업의 증가 및 현장에서의 공중간 간섭발생으로 현장공사기간이 증가하는 요인이 됨. ■ 국내의 모듈제작업체는 대부분 스틸 프레임틀을 이용한 프레임식 모듈을 제작하고 있어 다양한 재료 및 구조형식을 고려한 모듈의 체계적인 생산기술은 부족한 편임. ■ 목조주택 등에서 일부 패널화 기술이 사용되고 있으나, 공장제작율이 낮아 현장에서의 작업량이 많음	■ 모듈러 공법의 적용효과가 큰 공공시설 및 소형 주거시설의 모듈을 표준화 하는 경우 중복 설계를 방지하고, 모듈 단위의 생산성을 효과적으로 개선할 수 있음. ■ 설비 및 수장 등이 일체화된 모듈의 공장제작을 통해 공장제작을 제고가 가능함. 더불어 전기, 설비 공사 등이 공장에서 이루어지는 경우 현장공사기간의 추가적인 단축이 가능해 공사기간의 획기적인 단축이라는 모듈러 공법의 장점을 극대화 할 수 있음. ■ 건식바닥판 개발 등으로 모듈러 건축의 습식공정을 최소화하여, 모듈 제작 프로세스를 최적화 할 수 있음 ■ 자립형 설비시스템이 구축된 단위 유닛으로 높은 공장 제작율 달성 가능. ■ 목조 및 FRP 등 다양한 재료를 모듈러 건축의 구조재 및 마감재로 적용하여, 가벼우면서도, 일정 수준 이상의 성능이 확보되는 경량 모듈러 시스템을 개발함으로써, 생산성 및 시공성, 경제성을 확보할 수 있음.

다. 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

AS-IS	TO-BE
■ 모듈러 시스템은 거리 및 운송 인프라에 따라 총 공사비에서 운송비가 차지하는 비중이 매우 높음. 이로인해 현재 국내에서 모듈을 생산하여 장거리 운송시 비용의 상승으로 수출의 어려움이 있음. 그리고 장거리 모듈 운송 및 양중 과정에서 강우나 충격등에 의한 포장시스템의 파손은 제품의 손상으로 이어져 품질의 저하와 현장 조립시 어려움을 발생시킴. ■ 국내 모듈러 건축물은 4층 이하에만 적용되고 있는 실정임. 국내 건설산업 변화 및 소규모 수요자 요구에 대응하기 위해서는 공업화 중고층 모듈러 주거 건설 기술이 요구되는데, 이를 위해서는 시공 성능 확보 및 공장 제작, 현장 운반과 설치의 최적화를 통한 공사비 절감 기술 개발이 요구됨. 또한 현재 모듈유닛을 현장으로 운송하는 과정과 현장 양중시 발생하는 파손으로 인해 품질 저하 현상이 발생함. ■ 현재 국내에서 적용되고 있는 모듈러공법은 저층규모의 영구 건축물을 대상으로 하고 있음. 일부 사업에서 이동, 재사용이 가능한 모듈러 건축공법의 공법특징을 내세우고는 있으나 향후 이전을 고려하지 않은 모듈 제작 및 설치로 모듈단위의 재사용이 불가한 수준임. 현재 국내에서 적용중인 모듈러 공법에서 모듈단위 재사용을 고려하는 경우 기초 및 저층부 필로티로 인해 이전설치시 신규공사비와 유사한 비용이 소요되는 것으로 추정됨. (신규공사의 80% 수준)	■ 국내에서 제작된 모듈러 건축물의 해외수출을 위해 현재 수송선과 호환성이 높은 모듈러 시스템 및 운송 기술을 개발하여 전체 공사비를 감소시키고, 장거리 모듈 운송을 위한 모듈 포장기술 및 포장재의 모듈 일체형 기술 개발 등을 통해 모듈유닛의 품질과 수출 경쟁력을 높임. ■ 효율적인 모듈러 건축 시스템 사용을 위해 중고층 및 대규모 건축물에 적극적으로 모듈러 건축이 적용 가능하도록 현장 설치과정을 분석하여 시공프로세스를 최적화하는 기술을 개발함. 또한 중고층 모듈러 구조물 건설에 요구되는 모듈의 효율적인 양중 기술 개발과 작업자의 안전위험인자를 분석하여 모듈의 파손 방지 및 작업자 안정성을 확보함으로써 비용, 품질, 건설 근로 환경을 향상시킴. ■ 모듈러 공법의 장점인 재사용성을 극대화하기 위해 재사용 가능한 접합부 및 내외장재 등의 컴포넌트를 개발하여 기존 모듈러 구조물을 이전 후 재설치가 가능하도록 재사용성을 향상시킴. 이외에도 기존 모듈간 재조합을 통해 새로운 규모 및 용도의 건물로 구현이 가능하도록 함. 또한 모듈러 건축물의 구성에 필요한 기초시스템 및 저층부 필로티, 계단실과 같은 별도 구조를 재사용하는 경우 이전설치비용을 효과적으로 감축할 수 있으며(신규공사대비 50~60% 수준), 기존 건물 폐기 시 발생하는 건설계기물의 감소도 가능함.

라. 4세부: 중고층 모듈러 건축 실증

AS-IS	TO-BE
■ 중고층형 모듈러 건축물은 모듈러 건축 기술의 총화이며 이는 중소기업 위주의 열악한 국내 모듈러 산업에서 단기간에 확보할 수 없는 기술이므로, 정부 차원의 지원과 기술 개발이 필요하며, 이를 통해 개발된 핵심기술을 실증사업을 통하여 검증하고 실용화하는 과정이 필요한 실정.	■ 본 기획에서 검토한 실증사업을 수행하는 경우 개발기술의 현장적용성을 높일 수 있으며 개발기술의 경제성 및 시공성을 미리 판단하여 기술의 완성도를 높일 수 있는 계기가 됨.

2. 기술개발 전략 및 효과

가. 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

(1) 기술개발 전략

- 기존 국내에서 연구개발 중인 모듈러 건축기술을 연계 발전시켜 중·고층형 모듈러건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발
- BIM을 플랫폼으로 한 계획/설계, 구조, 제작, 시공, 유지관리의 통합기술 개발
- 중소기업과 협력을 통한 내화 시스템 분야 신규 시장 창출
- 기존의 강구조 모듈러 시스템을 바탕으로 중·고층화를 위한 강-PC 복합형 및 재료 복합구조형식의 다양화 기술 정립을 위해 복합단면 및 하이브리드시스템, 횡력저항시스템 상세를 제시하고 유한요소해석 및 구조성능평가 실험을 통해 적정성을 검증
- 또한, 유닛 생산, 시공 업체 및 장비개발 업체 등과의 연계를 통하여 기술지원 및 시제품개발, 현장적용성 실험 검토 등을 수행
- 모듈러 건축물 관련 국내외 정책 및 제도 분석을 통한 문제점 및 시사점 도출 및 모듈러 건축물 실태조사를 기반으로 하는 실효성 있는 정책개발
- 성능인증 및 발주제도개선, 모듈러 건축 확산 보급 제도 개발 등의 문제는 기존 전문가 및 사업자 VOC 수집을 통해 정책개발 방향 설정

(2) 기술개발 효과

- 모듈러 건축물의 중·고층화 실현을 통한 수요자 맞춤형 주택 공급 가능
- 건축 구성재의 표준화·부품화를 촉진시키며, 공장 자동화 생산 및 대량생산 기반 마련
- BIM 통합기술을 통한 정보의 통합관리 및 신속/간편/정확한 설계
- 모듈러 건축시장에서 요구되는 3시간이상의 내화시스템을 통해 새로운 시장을 창출함
- 발주시스템의 개선을 통한 모듈러 건축물 경쟁력 확보
- 모듈러 건축물 활성화 및 확대를 위한 기준 제·개정 및 정책개발로 생산에서부터 현장 설치 및 사용에 이르기까지 구조 안전성의 확보와 제품의 표준화 가능
- 모듈러 건축물 제반 인증시스템 개발로 해외시장을 개척하기 위한 모듈러 건축물 활성화 및 품질향상에 기여

나. 2세부: 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발

(1) 기술개발 전략

- 모듈러 건축공법의 공장제작 최적화 기술은 국내외에서 수행되고 있는 모듈러 제작 프로세스에 대한 면밀한 사례조사를 통해 기존 기술을 개선하는 방향으로 진행 필요.
- 모듈러 공법은 현장에서 이루어지던 기존 건축공사의 대부분을 공장에서 수행하는 공법으로 건축, 토목, 전기 및 설비배관 등 다양한 공종의 전문가 협업을 통한 연구진행이 필요함.

(2) 기술개발 효과

- 건축물의 용도별 모듈화 설계 및 유닛 모듈의 표준화를 통해 향후 모듈단위의 생산성 및 제작 효율화를 향상시킬 수 있음. 모듈러 공법을 통한 공장제작을 향상 및 현장 작업분을 감소하는 경우 건축폐기물 및 환경부하의 감소로 지속가능한 건축공법 구현이 가능함.
- 단위 모듈의 공장제작을 개선을 통해 탄력적인 수요에 대한 대응이 가능함. 최근 공급 부족으로 문제가 되고 있는 수도권 기숙사 및 소형 임대주택, 재건축 재개발에 따른 임시주거수요, 이전 재배치에 대한 수요가 큰 교육시설 및 군시설 등의 공공시설 적용이 가능함.
- 모듈러 건축 공법의 공장제작을 개선은 곧 사업비용의 절감으로 연결됨. 단위 모듈의 표준화 및 제작 프로세스 최적화를 통해 조성원가 절감이 가능하고 수요자 입장에서 절감된 비용으로 경쟁력있는 공법의 도입이 가능함.

다. 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

(1) 기술개발 전략

- 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축. 또한 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색
- 해외의 다양한 부피절감형 모듈 제작사와의 기술 협력 및 해외 진출 국내 건설사의 네트워크를 활용하여 장거리 운송 관련 기술 개발 연구 진행
- 해외의 중고층 모듈러 경험이 풍부한 전문가 및 모듈 제작·시공 업체들과의 기술 협력을 통한 연구진행이 필요함.
- 모듈러 건축공법의 재사용성 개선 기술은 국내외에서 수행되고 있는 모듈러 공법에 대한 면밀한 사례조사를 통해 기존 기술을 개선하는 방향으로 진행 필요.

(2) 기술개발 효과

- 장거리 운송비 절감 기술을 통해 해외 수출시장에서 가격경쟁력 강화를 기대할 수 있음. 실제로 모듈러 건축공법을 이용한 건축물의 해외수출에서 가장 큰 문제점은 운송비의 과도한 지출로부터 시작되는 경우가 많았음. 또한 해외현지 공장 건립, 현지 인력을 이용한 건설과 같은 현지화 전략을 통해 해외수출 시장 개척에 기여 가능.
- 중고층 모듈러 구조물 시공프로세스 최적화 개발을 통해 호텔, 기숙사, 임대주택 등 공기단축 및 비용절감을 통해 중고층 건물의 새로운 시장 창출
- 국내 건설산업으로의 선순환 구조 기대. 침체된 현 건설경기에 대해 건설기능인력의 고용기회 확대 및 고용형태 개선을 통한 기능인력의 숙련도 및 생산성 제고. 건설자재 및 설비의 수요확대 기대.

라. 4세부: 중고층 모듈러 건축 실증

(1) 기술개발 전략

- 연차별 세부목표를 수립하고 핵심요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과계획을 수립
- 실증사업의 추진주체를 연구진 및 전문가로 포함하여 설계단계부터 개발 기술의 현장적용에 대한 고려가 가능하도록 연구개발 진행
- 성공적인 실증사업 운용을 위해서 연구에 가장 적합한 개념의 대상지(사업)을 선정하여 추진(실증 사업은 기숙사 또는 공동주택을 용도로 하고, 원룸 또는 투룸으로 구성된 100세대 이상, 10층 이상 규모일 것)

(2) 기술개발 효과

- 모듈러 건축물 대상 인건비 산정기준 및 일위 대가 기준의 정립, 모듈러 건축물 계약 통합계약 발주시스템 개발을 통하여 합리적인 사업 환경기반 마련
- 단위모듈에 대한 성능인증제도 도입을 통해 유닛 모듈의 효과적인 품질관리가 가능
- 모듈러 건축물의 성능기반 내화설계를 통해 단위 모듈의 내화공사를 최적화 하는 경우 단위 모듈의 제작원가를 절감 가능
- BIM을 통해 공장에서 생산되는 모듈 및 모듈의 구성부재를 관리하는 경우 자동차 등의 공산품과 같이 효과적인 공장제조를 기대할 수 있음.
- 본 기획에서 검토한 실증사업을 수행하는 경우 개발기술의 현장적용성을 높일 수 있으며 개발기술의 경제성 및 시공성을 미리 판단하여 기술의 완성도를 높일 수 있는 계기가 됨.

4절. 연구개발과제 구성

1. 연구개발과제 구성체계

구분		과제명
1세부 추진분야		모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발
	1-1	시장수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계기술 개발
	1구성기술	용도별 모듈러 건축 프로토타입 개발
	2구성기술	모듈러 건축 BIM 통합설계 기술 개발
	3구성기술	BIM 통합설계 연계 제작 및 시공 단계별 시뮬레이션
	1-2	중고층 모듈러 건축 구조시스템 및 내화성능 향상 기술개발
	1구성기술	모듈러 건축 내화성능 향상기술 개발
	2구성기술	강-PC복합형 모듈러 시스템 개발
	3구성기술	모듈러 건축 대응 PC코어 및 Mega Structure System 개발
	1-3	모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 수립
	1구성기술	모듈러 건축 성능기준 및 인증제도 개발
	2구성기술	모듈러 건축물 통합발주 및 계약시스템 개발
2세부 추진분야		모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발
	2-1	유닛모듈 공장제작 생산성 향상 기술개발
	1구성기술	공장 제작도면(shop drawing) 표준화 기술 개발
	2구성기술	대량생산을 고려한 공장프로세스 최적화 기술 개발
	3구성기술	제작 단계별 품질관리 기술 개발
	4구성기술	모듈러 건축용 바닥시스템 개발 및 습식 제작공정 최적화 기술
	5구성기술	모듈러 건축용 설비시스템 개발
	2-2	모듈러 건축재료 다양화 기술개발
	1구성기술	시공성 개선을 위한 구조부재 다양화 기술 개발
	2구성기술	사용성 개선을 위한 내외장재 다양화 기술 개발

구분		과제명
3세부 추진분야		모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발
	3-1	유닛모듈 운송 효율화 기술 개발
	1구성기술	선제작 모듈 파손예방을 위한 육상운송 지침 개발
	2구성기술	운송부피 절감을 위한 확장형 모듈 시스템
	3-2	현장시공프로세스 최적화 기술 개발
	1구성기술	중고층형 모듈 시공프로세스 개발
	2구성기술	현장 양중계획 및 안전관리 기술 개발
	3구성기술	장비 및 인력운용 최적화 기술 개발
	4구성기술	현장설치 효율제고를 위한 접합장비 개발
	3-3	순환형 모듈러 건축 시스템 개발
	1구성기술	모듈러 건축 해체 및 재설치 프로세스 개발
	2구성기술	재사용을 고려한 모듈간 접합시스템 개발 개발
	3구성기술	재사용성 제고를 위한 모듈러 건축 내외장시스템 개발
	4구성기술	해체 가능한 기초 및 주각시스템 개발
4세부 추진분야		중고층 모듈러 건축 실증
	4-1	중고층 모듈러 건축 실증사업 추진
	1구성기술	중고층 모듈러 건축 실증사업 추진 설계, 시공, 사업관리

2. 세부과제별 주요내용, 성과물 및 연구기간

가. 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

(제1세부과제) 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술개발

- 모듈러 건축의 사업단계 중 초기 단계인 사업발주/계약, 설계 및 엔지니어링 단계를 중심으로 하여 내용 구성
- 중점개발기술: 중층형 (최대 12층) 모듈러 구현기술 개발

[주요성과물]

(1-1) 시장수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계 기술개발

- (1~3년) 용도별(주거 및 비주거, 상가, 공공건축물) 단위 유닛 설계도서
- (1~3년) 용도별 모듈러 건축물 표준설계기준
- (1~6년) 주요자재 및 부품의 BIM 라이브러리 구축 및 개별 프로세스 구축
- (1~6년) 중고층화 모듈러 건축물 BIM 통합기술 가이드라인 구축

(1-2) 중고층 모듈러 건축 구조시스템 및 내화성능 향상 기술개발

- (1~3년) 강-PC 구조복합형 모듈러 접합부 설계도서
- (1~3년) 중고층화 대응 횡력저항 복합구조 시스템 시제품 및 성능성적서
- (1~6년) 모듈러 복합단면 PC코어 설계도서 및 시제품
- (1~6년) 중고층 모듈러 구조시스템 통합매뉴얼
- (1~3년) 성능기반 설계법에 따른 모듈러 건축 내화전략
- (1~3년) 모듈러 건축물 내화 성능 설계 상세도서
- (1~3년) 모듈러 건축물 내화설계지침서 및 내화성능인정 성능평가 절차서

(1-3) 모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 수립

- (1~3년) 중고층형 모듈러 건축물 성능기준
- (1~3년) 중고층형 공업화주택 인정제도 개발
- (1~3년) 모듈러 건축물 통합계약발주시스템 개발

나. 2세부: 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발

(제2세부과제) 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술개발

- 모듈러 건축의 핵심단계이며 기존 일반 공법과 가장 큰 차이점을 보이는 **공장제작** 단계를 중심으로 한 내용 구성
- 중점개발기술: **공장제작 프로세스** 개선, **적용재료** 다양화

[주요성과물]

(2-1) 유닛모듈 공장제작 생산성 향상 기술개발

- (1~3년) 단위 모듈 제작을 위한 공장제작 제작도서 작성지침
- (1~3년) 공장제작 제작도서(shop drawing): 구조제, 수장, 전기, 배관 등 포함
- (1~3년) 공장제작프로세스 개선안
- (1~3년) 공장제작단계별 품질관리 checklist
- (4~6년) 습식공정 최적제작 프로세스
- (4~6년) 건식바닥판 시제품 및 성능평가보고서
- (4~6년) 모듈러 건축용 설비 상세도서 및 단계별 공사 시방서
- (4~6년) 모듈러 건축용 설비간 체결 시제품
- (4~6년) 설비자립형 모듈 특허 및 시제품

(2-2) 모듈러 건축재료 다양화 기술 개발

- (1~3년) 골조 재료별 적용성 평가 보고서
- (1~3년) 목조 및 FRP 적용 골조 설계안 및 성능평가보고서
- (1~3년) 목조/FRP 적용 모듈러 시제품
- (1~3년) 모듈러/프리패브 공법 내외장재 적용현황조사 보고서
- (1~3년) 모듈러 건축용 목재 및 석재 패널 시제품
- (1~3년) 볼륨형 PC 모듈 설계도서 및 시제품

다. 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

(제3세부과제) 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술개발

- 모듈러 건축의 최종단계인 **운송, 현장시공** 단계를 중심으로 하여 연구내용 구성. 추가적으로 향후 **모듈단위의 재사용**을 위한 원천기술 개발 및 해체 및 재설치 프로세스 개발을 연구범위로 함
- 중점개발기술: **운송효율화** 기술, **현장 시공 프로세스** 최적화

[주요성과물]

(3-1) 유닛모듈 운송 효율화 기술개발

- (1~3년) 장거리 운송 지침서 및 충격저감 설계 매뉴얼
- (4~6년) 외장재 일체형 포장 시스템 시제품
- (4~6년) sliding 모듈 및 lift-up 모듈 시제품

(3-2) 현장 시공프로세스 최적화 기술개발

- (1~3년) 모듈러 건축 현장설치 프로세스 분석 보고서
- (1~3년) 중고층 모듈러 현장안전관리 주요인자 도출 보고서
- (1~3년) 중고층 모듈러 건축 현장설치 공사 시방서 (안전관리 지침 포함)
- (1~3년) 현장설치 장비 및 인력운용 최적 모델 현장적용 보고서
- (4~6년) 모듈러 건축 전용 시공장비 상세도
- (4~6년) 모듈러 건축 전용 시공장비 시제품

(3-3) 순환형 모듈러 건축 시스템 개발

- (4~6년) 유닛 모듈 재사용을 위한 해체 및 재설치 프로세스 분석 보고서
- (4~6년) 순환형 모듈러 건축 운영모델 보고서 및 사업비 추정시스템
- (4~6년) 재사용 모듈의 해체 및 재생 시방서 (재생 비용 포함)
- (4~6년) 재사용성 제고를 위한 모듈간 수평, 수직접합부 특허 및 시제품
- (4~6년) 재사용성 개선 접합부 성능평가 성적서
- (4~6년) 모듈러 건축용 기초시스템 특허 및 시제품
- (4~6년) 주차장 일체형 하부구조시스템 시제품
- (4~6년) 기초시스템 성능평가 성적서
- (4~6년) 기초시스템 일체형 하부구조시스템

라. 4세부: 중고층 모듈러 건축 실증

(제4세부과제) 중고층형 모듈러 건축물 실증

- 1~3세부 과제에서 개발한 기술을 적용한 중고층형 모듈러 건축물(기숙사, 공동주택 등) 실증 추진

[주요성과물]

- (4~6년) 실증사업 적용 가능 기술 목록
- (4~6년) 실증사업 실시설계 도서
- (4~6년) 실증사업 공장 제작 단계별 도서
- (4~6년) 실증사업 공장 제작 프로세스
- (4~6년) 실증사업 현장 설치/시공 모니터링 보고서
- (4~6년) 실증사업 운영보고서

5절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

가. 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

연차별 목표 및 연구내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	중고층 모듈러 설계 및 엔지니어링 요소 기술 개선/개발	- 모듈러 건축 설계도서 작성기준 및 자재/부품 표준화 기준개발 - 용도별(주거 및 준주거) BIM 설계기준 수립 - BIM 라이브러리 표준화 기준(안) 제안 - 주요자재 및 부품의 BIM 라이브러리 구축 - 제작, 시공(운반, 설치) 및 유지관리 단계별 BIM 매개변수 정보 체계 기준 수립 - 중고층화를 위한 강구조 기반 하이브리드 공법 개발 - 재료 복합형 횡력저항 시스템 기술 개발 - 내화 시스템 상세 개발 및 실험을 통한 성능 평가 - 모듈러 건축 인정제도 구성체계 정립 - 모듈러 건축 건설사업 구조 문제점 도출 및 개선방향 정립
	2차년도	중고층 모듈러 건축 요소 기술 성능평가 및 모델 개발	- 용도별 단위 유닛 설계 및 유닛모듈러 조합방식 개발 - 모듈러 건축물 BIM 라이브러리 정보화 체계 구축 및 분류체계 구축 - 용도에 따른 유닛별 라이브러리 구축 및 개별 프로세스 구축 - BIM 연계 구조해석/설계 솔루션 양방향 인터페이스 정보 프레임워크 개발 - 제작, 시공 및 유지관리를 위한 BIM 라이브러리 코드화 구축 - BIM 기반 모듈러 건축물 최적 현장배치(Site Logistics) 계획 - 조합 모듈러 구조형식 복잡화 단위모듈러 및 접합부 개발 - 부재 복합형 횡력저항 시스템 기술 개발 - 모듈러 건축물에 최적화된 복합 내화시스템 개발 - 모듈러 건축 특성반영 성능인정 항목별 기준 및 인정방법 정립 - 모듈러 계약 시스템 및 일위대가 기준 개발
	3차년도	요소기술 및 시스템 최적화 구법 구축 및 상용화 기반 구축	- 용도별 모듈러 건축 Prototype 및 저가 보급형 유닛 개발 - 모듈러 건축물 BIM 통합설계 기술 구축(설계도서/매뉴얼) - BIM 연계 구조해석/설계 솔루션 양방향 인터페이스 개발 - 모듈러 건축물 제작 및 시공 협업 인터페이스 구축 - 제작 및 시공표준공정 검증 몬테카를로 시뮬레이션 기법 구축 - 복합화 구조형식(라멘, 벽식, 벽라멘 등) 및 구법 개발

			■ 구조형식 복합형 횡력저항 시스템 기술 개발 ■ 모듈러 건축물용 내화설계 지침 및 시공매뉴얼 개발 ■ 모듈러 건축물 관련 제도 개선(안) 및 활성화 방안 제시
	4차년도	Pilot 적용 요소기술 및 시스템 검증 기법 구축	■ 모듈러 건축물 공장 제작 공종별 프로세스 수립 ■ 모듈러 건축물 현장조립 공종별 프로세스 수립 ■ 공정별 적정 LOD 수준의 객체기반 WBS 구축 ■ 높이에 따른 적정 양중 방식 선정전 경제성 분석 시뮬레이션 ■ 횡력저항 성능 검증 통한 최적 구조형식 ■ 시공성 개선 및 경제성 확보 가능한 최적 횡력저항 시스템 기술 구축
	5차년도	통합설계 프로세스 개발 및 최적화 기법 구축	■ 공장제작 및 현장시공에 이용 가능한 BIM 기반 공작제작도 및 상세도서 작성 ■ 모듈러 건축물 공장제작 및 현장조립 공정 가상 시뮬레이션 ■ 유닛모듈러 추적관리(제작, 적재, 운반, 양중, 설치, 유지관리 모니터링 시스템 개발 ■ 모듈러 건축물 BIM 제작, 운반 및 시공기술 가이드라인 구축 ■ 모듈러 건축물 BIM기반 공정 및 공사비 관리시스템 개발 ■ 횡력 대응 개발 기술 반영 Pilot 구조해석 및 설계 ■ 실증 구현기술의 타당성 평가
	6차년도	중고층 모듈러 건축 기술의 통합설계 가이드라인 및 운영매뉴얼 구축	■ BIM 통합(제작, 운반·시공, 유지관리) 관리시스템 구축 ■ 중·고층화 모듈러 건축물 BIM 통합기술 설계 가이드라인 구축 ■ BIM기반 모듈러 건축물 통합 운영 매뉴얼 작성 ■ Pilot 프로젝트 적용 및 제작 및 시공기술 검증 보완 ■ 중고층화 모듈러 건축물 구조설계 가이드라인 구축 ■ 모듈러 건축물 통합구조설계 기준
추진전략		■ BIM을 플랫폼으로 한 계획/설계, 구조, 제작, 시공의 통합기술 개발 ■ 중소기업과 협력으로 모듈러 건축물 성능기반 내화 시스템 분야 신규 시장 창출 ■ 기존 국내에서 추진 중인 공업화 건축기술을 개량·발전하여 중고층화 대응 가능한 표준 모듈 개발 ■ 강-PC 복합 및 재료복합형 하이브리드구조의 다양화 기술 정립을 위해 단계별 성능검증을 통한 개발 시스템의 성능확보 ■ 중고층화 구현을 위한 횡력저항 PC코어 및 Mega structure system 기술 구축을 위해서는 전문가와 업체 등과의 연계를 통하여 기술지원 및 시작품 개발, 현장 적용성에 대해 실험적 연구 등을 병행하여 수행 ■ 모듈러 제조사 및 현장 실태조사를 기반으로 하는 실효성 있는 정책개발	

나. 2세부: 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발

연차별 목표 및 연구내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	공장제작 프로세스 현황 분석 / 용도별 표준모듈 시스템 개 발	- 모듈화 설계를 위한 용도별 표준화 시스템 구축 - 국내외 공장제작 현황 분석
	2차년도	건물 용도별 표준설 계도서 구축 / 공장 제작 프로세스 개선 안 도출 / 공장제작 단계별 제작 도면 구 축	- 용도별 표준평면 개발 - 제작프로세스 최적화 - 제작 단계별 품질저하 요인 분석
	3차년도	공장제작 단계별 품 질관리 checklist 도 출 / 개발기술 적용 요소기술 단위 실증 사업 운영보고서 구 축	- 공장제작 단계별 제작 도면 표준화 - 단위부품 성능 요구수준 구축 - 제작단계별 품질관리 방안 구축
	4차년도	모듈러 건축용 설비 상세도서 구축 / 설 비시스템 및 경량바 닥판 개발	- 설비배관시스템 개발 - 경량형 모듈러 시스템 사례분석 - 복합형 모듈 생산시스템 개발
	5차년도	건식바닥판 시제품 및 성능평가보고서 구축 / 모듈러 건축 용 설비간 체결 시제 품 개발 / 난방 일체 형 바닥판 시제품 개 발 / 설비 일체형 모 듈 설치 시방서 구축	- 모듈러 건축용 경량바닥판 개발 - 설비간 체결방안 구축 - 경량형 모듈 시스템 개발 - 내외장 마감설계 개발 - 공장제작 프로세스 개발
	6차년도	건식바닥판 접합부 특허 및 시제품 개발 / 설비자립형 모듈 특허 및 시제품 개발 / 개발기술 적용 요 소기술 단위 실증사 업 운영보고서 구축	- 난방일체형 바닥판 개발 - 설비배관 현장설치 프로세스 개발 - 경량형 모듈 성능 평가 및 개선 - 경량외장 및 하지시스템 개발 - 바닥접합부 마감상세 개발 - 설비자립형 모듈 개발 - 마감접합 상세 개발
추진전략	- 구조재, 마감재를 포함한 시스템 개발 및 제작 프로세스 개발 기술로 출연 연구기관, 정부관련기관, 대학, 공업화주택 제작 업체 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시 - 모듈러 건축물의 제작 기술의 경우 이미 수행되고 있는 사례가 있으므로, 기존 국내외에서 수행중인 모듈러 건축기술을 개량, 발전하여 다양한 시설 물에 적용할 수 있도록 수행.		

다. 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

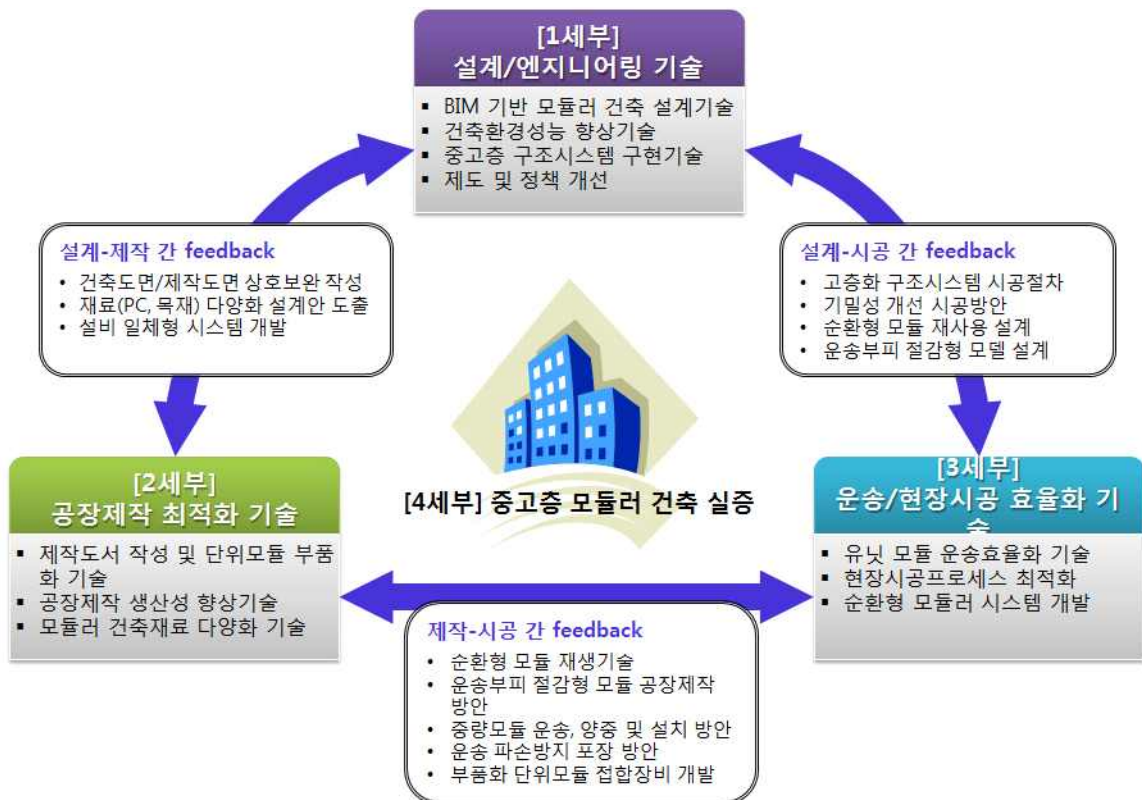
연차별 목표 및 연구내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	1차년도	현장 시공프로세스 최적화 기술 / 장거리 운송 기술을 위한 기반 구축	- 현장 운송 및 설치 및 시공 프로세스 분석 - 코어 설치와 모듈의 조립 최적 공정표 개발 - 장거리 운송시 모듈을 파손시키는 충격 하중 분석 및 운송 방법 개발
	2차년도	중고층형 모듈 최적화 프로세스 및 양중, 장비, 인력 운영 최적화 기술 개발	- 중고층 모듈러 현장 안전관리 분석 및 대형 모듈러 최적 양중 시스템 개발 - 모듈 현장 운송 및 양중시 모듈 손상 방지 매뉴얼 개발 - 모듈러 건축 규모, 골조유형 및 용도별 투입 장비 및 인력 최적화 시스템 개발 - 중고층형 외장 마감을 위한 작업자 양중 시스템 개발
	3차년도	현장 시공 최적 모델 프로세스 통합적 작업지침서 및 관련 시제품 개발 및 제작	- 현장 설치 장비 및 인력 운영 최적 모델 현장 적용 및 평가 - 장거리 운송을 위한 외장재 일체형 모듈 포장재 시스템 개발 - Rainscreen형 외장시스템 개발
	4차년도	장거리 운송을 위한 모듈 사례, 시스템 및 재사용을 위한 프로세스 분석	- 운송부피 절감형 확장형 모듈 사례 조사를 통한 시스템 분석 - 유닛 모듈 재사용을 위한 해체 및 재설치 프로세스 분석 - 재사용성을 고려한 내외장재 및 기초시스템 설계 및 개발 - 현장 시공오차 및 제작오차를 고려한 접합 공법 개발
	5차년도	재사용성 개선컴퍼넌트 최적 시스템 개발 / 장거리 운송을 위한 부피 및 비용 절감 모듈 시스템 개발	- 재사용성을 고려한 경량 외장재, 하지재 컴퍼넌트 및 주차장 일체형 하부구조시스템 개발 - 부피 절감형 Sliding 모듈 시스템 개발 및 시제품 제작 - 중고층형 모듈 시공중 변위제어기술 개발
	6차년도	재사용성 개선컴퍼넌트 성능평가 및 개발 기술 실증 사업 평가	- 재사용성 관련 접합부, 기초시스템 성능 평가 - 재사용성 적용 요소 기술 단위 실증사업 운영 및 평가 - 부피 절감형 Lift-up 모듈 시스템 개발 및 시제품 제작
추진전략	- 본 연구는 연구소, 대학, 건설사, 모듈러 건축 업체, 공공기관등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시 - 국내 건설사 및 모듈 제작사 등 국제 네트워크를 적극적으로 활용함		

다. 4세부: 중고층 모듈러 건축 실증

연차별 목표 및 연구내용	연차	연차별 목표	주요연구내용
	4차년도	실증사업 적용 가능 기술 목록 도출 / 실증사업 시설계 도서 구축 / 실증사업 공장 제작 단계별 도서 구축	- 중고층형 모듈러 건축 실증사업 발굴 (기숙사, 공동주택 등) - 실증사업 대응 모듈화 설계(적용 가능 기술 목록 작성)
	5차년도	실증사업 공장 제작 프로세스 분석 / 실증사업 현장 설치 및 시공 모니터링 보고서 구축	- 공장 제작 프로세스 수립 및 품질관리 - 현장 설치/시공 모니터링
	6차년도	실증사업 운영 및 분석 / 운영 보고서 구축	- 적용 기술 성능 검증 및 기술개선효과 정량화 - 경제성 분석 및 홍보전략 수립
추진전략	- 연차별 세부목표를 수립하고 핵심요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과계획을 수립 - 실증사업의 추진주체를 연구진 및 전문가로 포함하여 설계단계부터 개발기술의 현장적용에 대한 고려가 가능하도록 연구개발 진행 - 성공적인 실증사업 운용을 위해서 연구에 가장 적합한 개념의 대상지(사업)을 선정하여 추진(실증 사업은 기숙사 또는 공동주택을 용도로 하고, 원룸 또는 투룸으로 구성된 100세대 이상, 10층 이상 규모일 것)		

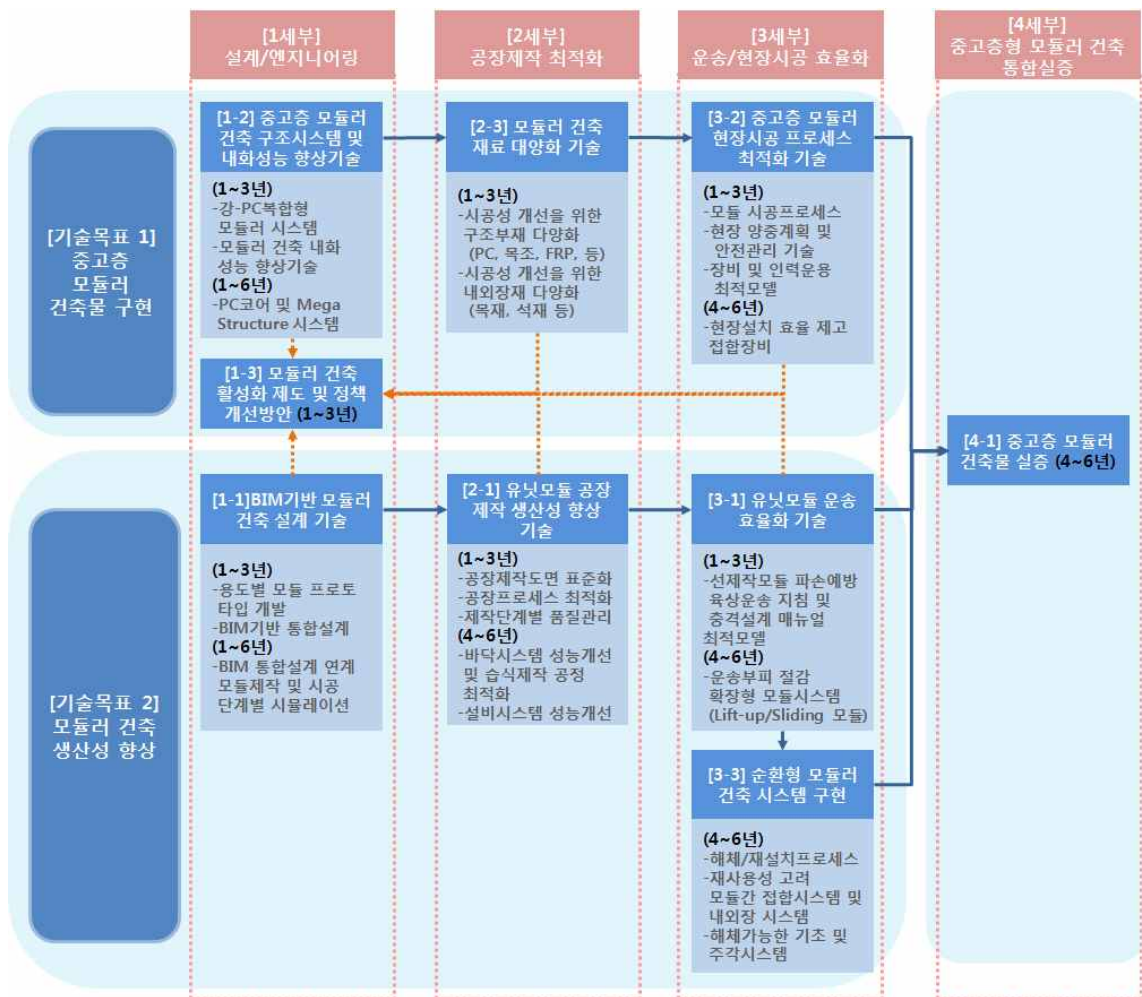
6절. 세부과제 간 연계관계

- 본 연구기획은 모듈러 건축 기술개발을 통한 새로운 건설시장 개척 및 건설산업의 획기적 생산성 향상을 그 목적으로 함. 이와 같은 목적 달성을 위해 전체적인 연구기획은 [그림 3-2] 와 같은 형태로 구성되어 있음. 대표적인 기술수요별로 하나씩의 세부과제로 기획되어 있으며 이와 같은 기술수요는 모듈러 건축물의 용도 및 형태에 따라 구분되었음.
- 1세부과제는 BIM기반 모듈러 건축 설계기술 및 주거성과와 내화성능 확보 기술 개발과 중고층 모듈러 건축 구조시스템 개발, 제도/정책 개선방안 수립을 그 목적으로 함. 2세부 과제는 모듈러 건축 공장제작 최적화 기술 개발을 그 목적으로 함. 3세부과제는 모듈러 건축의 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발을 목적으로 하고 있음
- 2세부 과제의 공장제작 최적화 과제는 1세부 BIM기반 설계기술 개발 과제와 연계되어, 공장 생산성을 향상시키고 체계화된 품질관리 시스템을 도출함
- 3세부 과제의 중고층형 모듈 시공프로세스 과제는 1세부 중고층 모듈러 건축 구조시스템 구현 기술 개발 과제와 연계되어 시공, 양중, 접합 과정 등을 고려하여 최적화 시공프로세스를 도출함.
- 4세부 과제는 1~3세부 과제에서 개발한 기술을 적용한 중고층형 모듈러 건축물(기숙사, 공동주택 등)의 실증 사업을 추진.



[그림 3-2] 세부과제 간 연계성

- 모듈러 건축공법을 이용한 시공 프로세스는 [그림 3-3]에서와 같이 사업 발주 및 계약, 설계(모듈설계 포함), 공장제작, 운송, 현장설치, 유지관리의 6단계로 구분하여 나타낼 수 있음. 각 세부과제에서 다루고자 하는 기술 내용을 모듈러 건축 프로세스와 함께 표현한 결과는 [그림 3-3]과 같음.
- 1~3세부과제는 각각의 기술목표 달성을 위해 설계, 공장제작, 운송, 현장설치의 과정 중 기술 수요가 발생하는 프로세스에 집중하여 연구내용이 구성되어 있음.
- [그림 3-3]에서와 같이 각 단계별로 구성된 연구내용은 세부간의 밀접한 연계를 통해 진행하게 됨. 특히 개발기술을 이용한 실증사업의 경우 각각의 세부과제에서 개발된 기술이 요소기술 단위로 적용되어 각 세부간의 지속적인 feedback을 통해 진행될 예정임.
- 사업목표의 효과적인 달성을 위해 ‘중고층 모듈러 건축물 구현기술 개발’과 ‘모듈러 건축 생산성 향상’이라는 두 가지의 기술목표를 설정하고 기술 목표에 따른 사업 단계별 기술개발 내용 위주로 연구내용을 구성
- 기존에 이미 현장적용 진행 중인 모듈러 공법 시장/기술 현황 및 유사 과제 진행현황을 종합적으로 검토하여, 기술개발 목표 달성을 위해 집중된 연구개발 내용으로 구성



[그림 3-3] 모듈러건축 프로세스 및 연구내용의 구성

7절. 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

가. 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

□ 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

 주요성과물

1세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도
[1-1] 시장수요 대응형 BIM 기반 중고층화 모듈러 건축 설계 기술 개발	설계/자재 표준화 기준 개발	표준화 기준 보고서 용도별 유닛 모듈러 조합방식	조합방식 보고서 용도별 모듈러 건축 용도가 보급형 유닛 개발	Prototype 설계도서 및 보급형 유닛		
	모듈러 건축물 BIM 설계 기준 수립	BIM 기준 수립 보고서 BIM 라이브러리 및 구조해석 모델	BIM 라이브러리 및 구조해석 모델 BIM 설계도서 및 매뉴얼 작성	표준설계기준 공장/현장조립 공정별 프로세스 수립	공정별 프로세스 보고서 공장 제작도 및 상세도서	가이드라인 및 매뉴얼
	제작/시공 및 유지관리 단계별 BIM 정보화 체계 기준 수립	제작/시공/유지관리 BIM 정보화 체계 기준 제작/시공 및 유지관리 위한 BIM 라이브러리 코드화 구축	BIM 라이브러리 코드화 구축 보고서 BIM 연계 구조해석/설계/제작/시공 인터페이스 솔루션 개발	BIM 연계 프로그램 공장/현장조립 공정별 프로세스 수립 객체기반 시스템 및 평가보고서	BIM 공장제작도 및 상세도서 작성 관리시스템 구축	BIM 통합 기술 가이드라인 및 운영 매뉴얼 검증 보고서/홍보자료
[1-2] 중고층 모듈러 건축 구조시스템 및 내화성능 향상 기술 개발	강구조 기반 PC 복합시스템 요소기술 개발	상세도면 및 기술특허	시작품/실험보고서	평가 보고서		
	기술검토 보고서	강-PC 복합형 단위 모듈 및 접합부 개발	강-PC 구조형식 복합형 시스템 구축 및 개발	최적화 구조서레기법 도서	구조설계도서	구조설계가이드라인/통합구조설계기준
	재료/부재 복합형 횡력시스템 요소기술 개발	구조형식 복합형 횡력저항 시스템 기술 개발	시공성/경제성 확보한 횡력저항 시스템 기술 구축	횡력저항 성능 검증 통한 최적화 구조시스템 개발	횡력 대응 개발 기술 반영 Pilot Project 구조해석 및 서레	제작/시공 및 구조설계 반영한 모듈러 통합구조설계지침서 개발
[1-3] 모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 수립	기존 공업화인정제도 및 성능기준 문제점 도출	인정제도 관련 기반조사 보고서	성능기준 및 인정제도 개선(안)	제도 개정(안)		
	발주 및 입찰 관련 기반조사 보고서	모듈러 건축 성능기준 및 인정방법 개발	모듈러 건축 인정제도 및 내화성능 인정 개정(안)	제도분석 보고서	기준 개정(안)	
	모듈러 건축 건설시장 구조 현황 및 개선 방향 정립	계약 및 발주 방식 현황 및 문제점	통합발주제도 및 시장 활성화 방안	한위대가 및 계약 시스템		

나. 2세부: 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술개발

□ 2세부: 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발

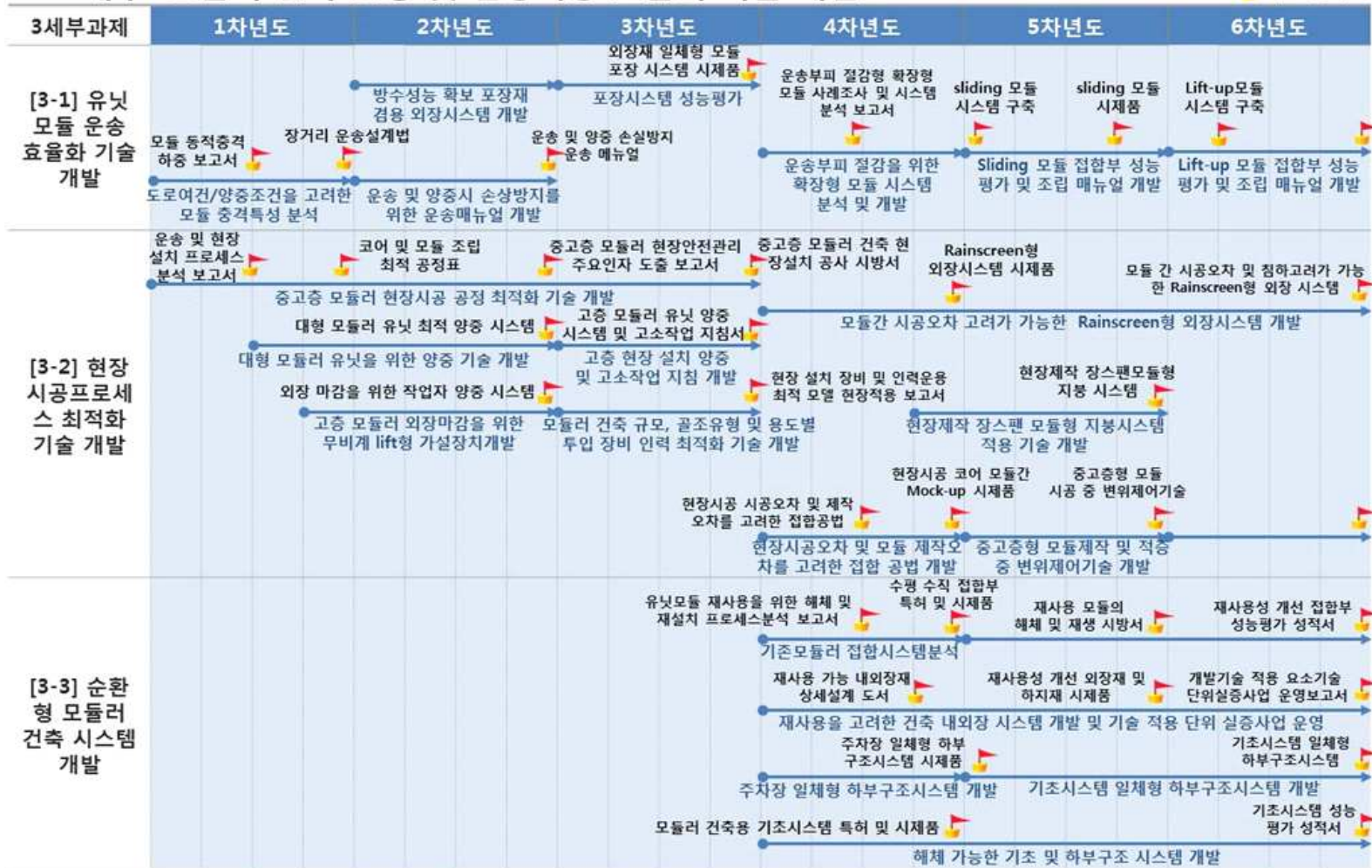
주요성과물



다. 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술개발

□ 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

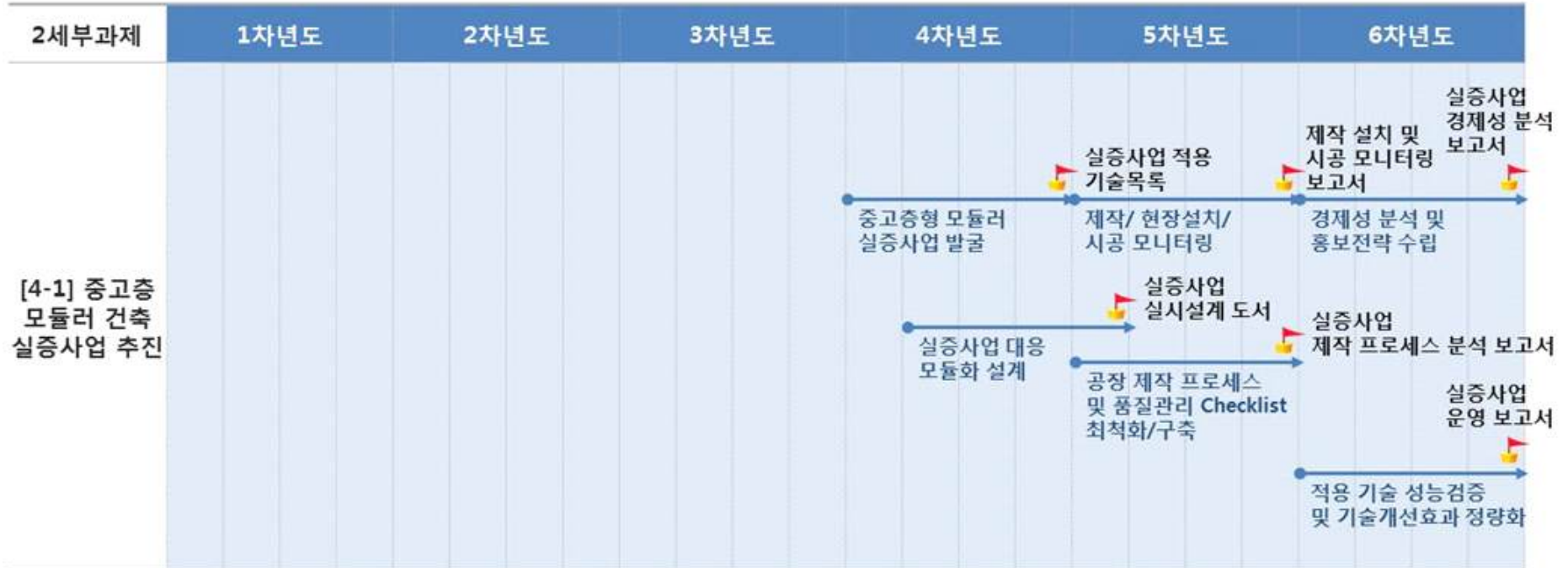
주요성과물



라. 4세부: 중고층 모듈러 건축 실증

□ 4세부: 중고층 모듈러 건축 실증

주요성과물



8절. 성과의 활용방안

가. 1세부: 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

대분류	중분류	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
[1세부] 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발	[1-1] 시장 수요 대응형 BIM 기반 모듈러 건축 설계기술 개발	학술지 논문게재	학교, 연구소, 기업체	- 용도별 모듈러 건축물 설계시 활용 - 모듈러 건축물 부품 및 구성재 표준화 기준으로 활용 - 모듈러 건축물 자동생산라인 구축에 활용 - 모듈러 건축물 부품개발에 활용
		유닛모듈러 조합방식 개발 보고서	정부, 지자체, 연구소, 기업체	
		용도별 모듈러 건축물 Prototype	학교, 연구소, 기업체	
		모듈러 건축물 설계도서 작성기준 및 자재/부품 표준화 기준	정부, 지자체, 연구소, 기업체	
		용도별 모듈러 건축물 표준설계기준	국토교통부, 연구소, 기업체	
		모듈러 건축물 BIM 통합기술 시스템 및 매뉴얼	정부, 지자체, 학교, 연구소, 기업체	
	[1-2] 중고층형 모듈러 구조 시스템 및 내화성능 향상 기술개발	경량성, 내화성, 구조안정성 대응 모듈러 복합 단면 형상	기업체	- 중고층화 대응 가능한 표준 모듈 실용화 구현 - 복합 / 하이브리드 모듈러 시스템 구조 분야 관련 기준으로 활용
		중고층형 모듈러 하이브리드 시스템	기업체	
		학술지 논문게재	학교, 연구소, 기업체	
		연구보고서 작성	국토교통부, 지자체, 기업체, 연구소, 학교	
		3시간 이상의 모듈러 건축물 내화 시스템	기업체	
	[1-3] 모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 수립	학술지 논문게재	학교, 연구소, 기업체	- 모듈러 건축물 정책 및 제도 개발에 활용 - 관련 법령 개정시 활용 - 모듈러 건축물 인센티브 근거 제공 - 모듈러 건축물 공사단가 및 인건비 합리화에 활용 - 공공건축물 발주에 활용
		모듈러 성능기준 개발 보고서	국토교통부, 연구소, 기업체	
		모듈러 건축물 일위 대가기준	국토교통부, 연구소, 기업체	
		공업화주택 인정제도 개선(안)	국토교통부, 연구소, 기업체	
		모듈러 건축물 통합계약발주시스템	국토교통부, 지자체, 조달청, 연구소, 기업체	
		모듈러 건축물 관계법령 정비 및 인센티브 방안	국토교통부, 지자체, 연구소, 기업체	

나. 2세부: 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발

대분류	중분류	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
[2세부] 모듈러 건축재 사용성 개선기술 개발	[2-1] 유닛모 듈 공장제작 생산성 향상 기술개발	용도별 표준모듈 시스템	발주처, 설계사, 시공사	- 건물용도별 모듈화 설계도서를 작성하 되 공공시설물에 대한 표준설계도서 의 경우 유관 발주 부서와 협의하여 진행 - 발주부서의 요구사 항을 충분히 반영 하여 실용화 가능 성 제고 - 모듈러 건축의 공 장 제작 최적화를 위해 제작 및 시공 분야 전문가를 포 함하여 연구진행 - 현행 제작 및 시공 단계의 문제점을 도출하고 개발된 컴퍼넌트의 시공성 및 경제성을 검토 하여 실용화 가능 성 제고
		건물용도별 표준설계도서	발주처, 설계사, 시공사	
		공장제작 단계별 제작 도면(shop drawing)	시공사, 설계사	
		공장제작 프로세스 현황 분석 보고서	시공사, 제작사, 연구자	
		모듈러 건축용 설비 상세도서	발주처, 설계사, 시공사, 제작사	
		공장제작프로세스 개선안	시공사, 제작사, 연구자, 발주처	
		모듈러 건축용 경량바닥판 시제품	시공사, 제작사, 연구자, 발주처	
		모듈러 건축용 설비간 체결 시제품	시공사, 제작사, 연구자, 발주처	
		공장제작 품질관리 checklist	발주처, 설계사, 시공사, 제작사	
		난방설비 일체형 바닥판 시제품	시공사, 제작사, 발주처	
		설비 일체형 모듈 현장 설치 시방서	발주처, 설계사, 시공사, 제작사	
		건식 바닥판 접합상세 관련 특허 및 시제품	시공사, 제작사, 연구자, 발주처	
		설비자립형 모듈 시제품	발주처, 설계사, 시공사, 제작사	
	[2-2] 모듈러 건축재료 다양 화 기술개발	국내외 경량형 모듈러 사례보고서	시공사, 제작사, 연구자	- 내외장재 및 설비 배관 일체화 모듈 의 경우 모듈제작 사 및 발주처의 발 주방식을 충분히 검토하여 연구 진 행 - 특히 발주방식에 따른 공장제작을 저하의 요인이 되 는 설비의 경우 1 세부과제의 정책입 안과 긴밀한 협조 를 통해 진행 필요
		경량형 모듈 시제품	발주처, 설계사, 시공사, 제작사	
		내외장재 상세설계 도서	발주처, 설계사, 시공사, 제작사	
		경량형 모듈 시스템 성능평가 보고서	발주처, 설계사, 시공사, 제작사	
		모듈 일체형 외장재 및 하지재 시제품	발주처, 설계사, 시공사, 제작사	
		내외장 마감재 접합부 특허 및 시제품	발주처, 설계사, 시공사, 제작사	

다. 3세부: 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

대분류	중분류	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
[3세부] 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발	[3-1]유닛 모듈 운송 효율화 기술 개발	학술지 논문게재	학교, 연구소, 기업체 등	- 국내 관련 기업들이 해외 수출을 위한 모듈의 장거리 운송시 사용할 수 있는 부피절감 및 효과적인 포장 기술 제시 - 공공기관 및 국내 관련 기업들이 장거리 모듈 운송시 참고할 수 있는 지침서 제공
		외장재 일체형 포장 시스템 시제품 및 특허	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		Lift up모듈 및 Sliding 모듈 시제품 및 특허	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		장거리 모듈 운송 설계법	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		장거리 모듈 운송 충격 하중 분석 보고서	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		운송 및 양중 손상 방지 매뉴얼	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
	[3-2]현장 시공 프로세스 최적화 기술 개발	학술지 논문게재	학교, 연구소, 기업체 등	- 도시지역 내 초고속 시공 및 최적화된 중고층 모듈러 건축물 보급 기술 제시 - RC/SRC 등과 복합 시공할 수 있는 시공프로세스 개발을 통해 여러 구조 시스템과 혼용하여 중고층 및 다양한 크기 및 용도의 구조물에 적용할 수 있는 방안을 제시함 - 현장 작업시 효율성과 안전성이 확보된 양중 및 안전관리 기술로 작업환경 및 시공성을 향상
		운송 및 현장설치 프로세스 분석 보고서	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		코어 및 모듈 조립 최적 공정표	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		중고층 외장 마감을 위한 작업자 양중 시스템 설계도서	국토교통부, 기업체 등	
		대형 및 고층 모듈러 유닛 최적 양중 작업 지침서	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		중고층 모듈러 건축 공사 시방서 및 안전관리 지침서	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		Rainscreen형 외장시스템 시제품	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		현장 제작 장스팬 모듈형 지붕 시스템 설계도서	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
	[3-3]순환형 모듈러 건축 시스템 개발	현장 시공 코어 모듈간 접합부 Mock-up 시제품	국토교통부, 기업체, 연구소 등	- 재사용성 제고를 위한 골조시스템의 경우 시공 및 제작 분야 전문가를 포함하여 연구진행 - 현행 제작 및 시공 단계의 문제점을 도출하고 개발된 컴퍼넌트의 시공성 및 경제성을 검토하여 실용화 가능성 제고
		국내외 기존 모듈간 접합부 사례보고서	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		모듈간 수평/수직 접합부 특허 및 시제품	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		모듈러 건축 기초시스템 특허 및 시제품	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		모듈간 접합부 성능평가 성적서	국토교통부, 연구소 등	
		기초시스템 성능평가 성적서	국토교통부, 연구소 등	

		내외장재 상세설계 도서	국토교통부, 기업체, 연구소 등	■ 내외장재 경우 모듈제작사 및 발주처의 발주방식을 충분히 검토하여 연구 진행
		재사용성 개선 경량 외장재 및 하지재 시제품	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		재사용을 위한 해체 및 재설치 프로세스 분석 보고서	국토교통부, 기업체, 연구소 등	
		재사용 모듈의 해체 및 재생 시방서	국토교통부, 기업체, 연구소 등	

라. 4세부: 중고층 모듈러 건축 실증

대분류	중분류	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
[4세부] 중 고 층 모 들 건축 실 증	[4-1] 중 고 층 모듈러 건축 실증 사업 추 진	실증사업 적용 가능 기술 목록	발주처, 설계사, 시공사, 연구자	실증사업의 결과물 은 향후 국내외 시 장에서 모듈러 공 법의 기술신뢰도 확보에 중요한 자 료로 활용 가능
		실증사업 실시설계 도서	설계사, 제작사, 연구자	
		실증사업 공장 제작 단계별 도서	설계사, 제작사, 연구자	
		실증사업 공장 제작 프로세스	설계사, 제작사, 연구자	
		실증사업 현장 설치/시공 모니터링 보고서	설계사, 시공사, 제작사, 연구자	
		실증사업 운영보고서	설계사, 시공사, 발주처, 연구자	

9절. 연구수행체계 제안

세부과제	연구수행체계
[1세부과제] 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발	- 연구수행체계: 산-학-연, 학-연 - 업계의 기술 노하우, 학계의 아이디어 및 기반지식, 연구소의 전문성을 바탕으로 실용화 및 적용 중시의 기술개발 - 모듈러 건축 중고층화 기술 개발은 실증을 통한 검증이 필수적인 사항으로 관련 산업체와 공동으로 연구되어야 함. - 다양한 요소기술을 도출하여 성능인증을 받고 시방서 및 매뉴얼을 최종적으로 작성하는데 있어 학-연의 체계가 중요하다고 판단됨
[2세부과제] 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발	- 연구수행체계: 산-학-연, 산-학, 산-연 - 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색. - 특히 개발기술의 현장적용성 제고를 위해 설계사, 제조사 및 시공사 등의 산업체를 통한 개발기술 적용 필요
[3세부과제] 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발	- 연구수행체계: 산-학-연 - 본 과제는 실용화 중심의 연구개발사업의 성격을 띠고 있음을 감안하여 연구소, 대학, 건설사, 모듈러 건축업체, 공공기관, 건설협회 등 관련 전문연구자의 공동 참여가 필요함.
[4세부과제] 중고층 모듈러 건축 실증	- 연구수행체계: 산-학-연 - 실증사업의 추진주체를 연구진 및 전문가로 포함하여 설계 단계부터 개발기술의 현장적용에 대한 고려가 가능하도록 연구개발 진행되어야 하며, 개발기술의 실증단지 구축이라는 연구특성을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색 하되 사업자 및 기술수요자가 포함되는 연구진 구성체계가 필요함.

4장. 사전타당성 검토

○ 분석의 틀

- 본 기획연구 추진의 타당성을 기술적/정책적/경제적 측면에서 검토함
- 기술적/정책적/경제적타당성 조사 항목은 KDI 및 KISTEP의 대형R&D 사업의 예비타당성조사 보고서의 조사항목을 기준으로 설정되었음

[표 4-1] 사전타당성 분석의 틀

대분류	중분류	소분류
정책적 타당성	국가전략적 중요성	국가전략적 중요성
	상위계획과의 부합성	정책적 일관성
	사업추진의지와 관련 기관협조체계	정책적 추진의지분석
	사업추진상의 위험요인 및 대응방안	사업추진상의 위험요인 및 대응방안
기술적 타당성	기술개발 계획의 적절성	사업목표와 내용의 구체성
		사업추진전략의 적절성
		기술개발로드맵의 우수성
	기술수준 및 성공가능성	기술수준 및 역량분석
		기술개발의 성공가능성
	기존사업과의 중복성	기존사업과의 중복성
경제적 타당성	경제성	경제성 분석
	과학기술적 파급효과	과학기술적 및 기타 파급효과 분석
	예산 및 인력투입의 적정성	예산의 적정성분석
		인력투입의 적정성분석

1절. 정책적 타당성

1. 국가전략적 중요성

가. 주거시설에 모듈러 공법의 도입을 통한 보편적 주거복지 실현 가능

- 탄력적인 대응을 통한 신속한 주거공급으로 주거약자를 대상으로 하는 보편적인 주거복지 실현이 가능함
- 현재 민간 위주의 소형주택 공급방식은 사업성에 초점이 맞춰져 분양가가 높아 저소득층의 주거불안을 해결하는데 한계가 있으며, 정부차원의 공급 확대가 적합함
- 국가 복지측면에서 보았을 때 서울시의 경우, 2010년 평균 가구원수가 2.7인, 65세 이상 노인가구가 전체 가구의 15.1%로 조사되었으나, 현재 공급되고 있는 공공임대주택은 거주자의 가구원수와 공급면적이 불균형을 이루고 있어 이를 해결하기 위한 공공임대주택 공급 시스템 개발이 시급함. 그런면에서, 모듈러 공법은 정부지원을 통한 사업추진이 시급한 기술개발 분야임
- 인구사회 구조의 변화와 주거에 대한 사회문화적 변화로 인해 주택정책 및 제도는 도심 소형주택 공급확대, 소단위 정비사업 활성화, 중층고밀도 주택건설, 소규모공동주택 디자인 가이드라인, 도시경관 및 디자인 향상 유도, 단독, 다가구 주택의 성능보증 기준 마련(예정), 친환경건축 등으로 전환되고 있음
- 인구 밀도가 높고 주거비 등의 지출이 많은 우리나라의 경우에는 향후 1~2인 가구, 대학생, 신혼부부 등 소규모 주거공간의 폭발적 요구에 대응할 수 있는 양질의 신속 공급 가능한 구법 필요
- 유희부지 및 철로부지 등을 이용한 행복주택 사업등을 통해 다양한 방식의 모듈러 주택 보급이 늘어날 것이 예상되며 이에 따라 모듈러 주택의 주거성능 기술 확보가 필요함
- 이러한 환경변화에 가장 적합하게 대응할 수 있는 건설 생산방식은 모듈러 건축으로 판단됨 따라서 모듈러 주택의 기술개발 촉진을 통하여 급격하게 변화하고 있는 환경변화에 대응해야 할 것임

나. 모듈러 공법 기술개발을 통한 건설기술 경쟁력 강화

- 공장제작과 조립/이동이 쉬운 모듈러 기술은 해외 재난구호용 및 건설인프라가 부족한 국가의 해외 수출용 시스템으로 높은 가능성을 가지고 있으며, 침체된 건설 분야의 새로운 성장 동력으로서 정부의 적극적인 지원이 요구됨
- 모듈러 공법의 기술개발을 통해 중동, 아시아, 아프리카 지역의 해외 주거시장에서 건설산업의 경쟁력 강화를 기대할 수 있음. 특히 정치적으로 최

근 위 지역에서 복지정책의 일환으로 대규모 주택공급사업이 활발하게 이루어지고 있어 큰 시장규모를 기대할 수 있음.

- 자원개발지 및 극오지, 극한지 등 일반적인 건축공법으로는 건설하기 힘든 지역의 건설시장 진출을 통해 경제적 파급효과 기대할 수 있음. 모듈러 공법의 특성상 국내에서 건설자재 및 설비분야의 시장창출을 기대할 수 있으며, 자원개발사업, 연구사업 등의 참여기회 확대 가능
- 한국의 해외 공적개발원조사업(ODA) 규모가 2010년 12억불에서 2015년까지 두 배 이상 증가할 것으로 예상됨. ODA 사업으로 가장 적합한 시스템으로 꼽히는 모듈러 건축 시스템의 적용 프로세스 및 대상 시설물 유지관리 시스템을 개발하고 이와 더불어 해외 ODA사업 적용에 적합한 이동형 및 중소규모 모듈러 병원 시스템과 모듈러 학교 시스템을 개발 하여 적용할 수 있음
- 해외구호사업에 적합한 모듈러 시스템의 공급을 통해 단순한 기금지원을 넘어 국내 건설제품의 해외 수출효과까지 기대할 수 있으며 해외 수출용 모듈러 시스템을 통해 해외시장 수출경쟁력 확보 가능

다. 건설시장 선진화

- 모듈러 공법은 공정의 60~70% 정도가 공장에서 이루어지는 건축공법으로 기존 현장일용직 노무자의 공장 정규직 노무자로의 전환을 기대할 수 있음. 이를 통해 건설시장의 고용안정성을 제고하고 전문기술자 양성의 기회를 얻을 수 있음.
- 또한 현장작업 최소화를 통해 건설현장의 사회적 환경영향을 저감할 수 있음. 실제로 최근 고밀화된 도시지역에서의 공사에서는 분진발생, 교통체증 유발등으로 인한 민원발생이 지속되고 있으며 모듈러 공법의 적용을 통해 개선 가능함.
- 모듈러 공법은 공중의 대부분이 공장에서 이루어지는 공법의 특성상 활성화는 위해서는 기존 공공공사의 입찰 및 발주시스템 개선이 필요함. 특히 공중별 분리발주 등과 같은 모듈러 공법 저해요인 개선을 통해 발주시스템 개선을 기대할 수 있음.

라. 지속가능한 건축공법

- 모듈러 공법은 건설비용이 절감되고 모듈의 이축, 재사용이 가능해 탄소배출량을 줄일 수 있음
- 구조체 및 부품의 공장생산을 통해 현장 작업을 최소화하여 건설공사 안전재해율을 감소시킬 뿐만 아니라 구조체 및 부품의 재사용·재활용율을 높임
- 모듈러 건축물을 중·고층 공동주택뿐만 아니라 일반건축물까지 확대 적용할 경우 건축물 폐기물을 획기적으로 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 신

축 및 기존 건축물 해체나 폐기시 발생하는 CO2량도 최소화 할 수 있음

마. 사회안전망 구축

- 모듈러 공법은 국내외 자연재해 및 전쟁 발생 시 구호시설을 공급할 수 있는 최적의 건축공법으로 재난재해 대비 사회안전망 구축의 도구로 활용할 수 있음.
- 또한 통일대비 주거 및 업무시설의 신속공급을 위한 건축기술로도 활용을 기대할 수 있음.

2. 상위계획과의 부합성

가. 정부정책과의 부합성

- 현 정부에서는 국정비전달성을 위해 ‘경제부흥’, ‘국민행복’, ‘문화융성’ 및 ‘평화통일 기반구축’이라는 4대 국정기조와 140개 국정과제를 발표한 바 있음. 모듈러 공법 기술개발은 건축분야에서 모듈러 건축의 활성화를 통해 다음 국정과제의 조기 달성을 기대할 수 있음.
- 경제부흥
 - 국정과제 5. 중소·중견기업의 수출경쟁력 강화: 모듈러 공법은 대부분 중소기업 위주로 사업이 진행되고 있으며 해외사업진출을 통해 중소, 중견 건설업체의 수출경쟁력 강화를 기대할 수 있음
 - 국정과제 6. 동반성장 등 협력적 기업생태계 조성: 모듈러 공법의 대량 적용을 위해서는 대형 종합건설사 및 중소형 모듈 제작업체와의 협업이 필수적이며 이는 건설시장의 왜곡된 기업생태계를 바로잡는데 기여할 수 있음.
 - 국정과제 27. 주거안정 대책 강화 : 모듈러 공법은 대규모의 주거시설을 신속하게 공급할 수 있는 공법으로 주거약자의 보편적 주거복지 실현에 기여할 수 있음.
- 국민행복
 - 국정과제 56. 경기변동 대비 고용안정 노력 및 지원 강화 : 모듈러 공법은 기존 건설현장에서 일용직 노무자 형태로 고용되는 건설노동자를 공장 정규직으로 고용형태 개선 가능. 이는 고용안정성 제고와 전문성 제고에 기여할 수 있음
 - 국정과제 83. 총체적인 국가 재난관리 체계 강화: 모듈러 공법은 재난재해 발생시 선제적으로 구호시설의 공급이 가능한 건축공법으로 재난관리 체계 강화에 기여할 수 있음.
 - 국정과제 96. 자원, 에너지가 선순환하는 자원순환사회 실현: 모듈러 공법은 이동 및 재사용을 통해 탄력적인 수요에 효과적으로 대응할 뿐만 아니라 건설폐기물의 획기적인 감소, 건설비용의 절감, 자원순환사회의 구현에 기여할 수 있음.
- 평화통일 기반구축
 - 국정과제 126. 통일 대비 역량 강화를 통한 실질적 통일준비 : 모듈러 공법은 통일이 발생할 수 있는 대규모의 건설수요에 효과적으로 대응할 수 있는 건축공법임. 통일로 인해 발생하는 주거, 업무시설 수요에 대응할 수 있음.
 - 국정과제 133. ODA 지속확대 및 모범적, 통합적 개발협력 추진 : 선진국의 대열에 접어든 국력에 맞게 해외 원조사업(ODA)을 지속적으로 확대할 계획으로 있으며 이는 대부분 학교 및 병원 등의 건설비용으로 지원됨. ODA 사업 등에 모듈러 공법의 적용을 통해 국가신뢰도 향상 및 기술적용 시장확대를 기대할 수 있음.

나. 국토교통부 정책과의 부합성

- 모듈러 공법은 국토교통부에서 추진 중인 임대주택 및 행복주택의 대량공급을 위한 기술적인 대안 제시 가능. 특히 단신가구, 대학생, 사회초년생 및 신혼부부를 위한 소형주거비용 확보에 유리한 기술적 특징을 지님
- 주택단지 조성지, 자원개발지, 극오지, 극한지 등에서 해외건설 진출 경쟁력 강화를 도모할 수 있는 건축공법임. 국토교통부에서는 2013년 해외건설 5대 강국이라는 진입목표를 수립하고 있으며 모듈러 공법을 통한 시장확대를 해외 건설시장에서 국내 건설업체의 기술경쟁력 강화에 기여할 수 있음.
- 국토교통부에서는 추진하고 있는 건설산업의 선진화는 고용구조개선, 건설 인력의 전문성 제고, 발주시스템 개선 등의 내용을 포함하고 있으며 모듈러 공법의 확대를 통해 위와 같은 정책목표 달성이 가능함.
- 침체된 건설경기 부양 및 효율적인 주거공급을 위해 최근 국토교통부에서는 기존 공동주택의 수직증축을 허용한 바 있으며 모듈러 공법은 기존공법대비 경량 구조물로 수직증축을 통한 리모델링에 유리한 특징을 지님.
- 또한 국토교통부는 모듈러 주택의 활성화를 위해 기존 공업화주택 인정제도를 개정하였음. 공업화주택은 주택 주요 구조부의 전부 또는 일부를 모듈 형태로 공장에서 미리 생산해 현장에서 조립하는 주택을 말하며, 1992년 12월 제도 도입 후, 2003년 삼성물산이 승인주택을 인정받았으나 인정기간이 만료되었으며, 2010년 스타코(주)가 크루즈형 주택, 2012년 POSCO A&C가 모듈러 공법을 이용하여 인정을 취득하였음. 공업화주택 인정 소관 부처인 국토교통부는 공업화주택이 장기전세 주택, 원룸형의 도시형 생활주택, 고시원·오피스텔 등 준주택, 재개발 또는 재건축시 전·월세대책용 이주자 주택 등에 활용될 것으로 기대하고 있음.

다. 기타 부처 정책과의 부합성

- 국방부에서는 낙후된 군시설의 선진화 및 보안 환경변화에 따른 전력 배치를 고려하고 있으며 모듈러 공법을 적용한 군시설 공급을 통해 효과적으로 대응가능
- 최근 세종시와 같은 신도시에서 학교부족이 심각한 사회문제로 대두되고 있으나 이는 신도시 설립 초기에 발생하는 일시적인 수요로 해석되고 있음. 이에 교육부 및 일선 교육청에서는 유희부지를 활용한 임시 교사 공급을 계획하고 있으며 이와 같은 형태의 임시교사 공급에 모듈러 공법이 좋은 기술대안이 될 수 있음. 또한 교과교실제적용, 학교 내진보강 등에도 모듈러 공법 적용 가능
- 모듈러 공법을 통해 소방방재청에서 주관하는 재난관리체계 중 구호시설 공급에 대응가능.
- KOICA에서 주관하는 ODA사업에 모듈러 공법을 적용하는 경우 국가신인도 제고 및 국내기술의 해외 진출 기회 확대 효과를 기대할 수 있음.

3. 사업추진의지 관련 기관협조체계

가. 국가 주도의 공업화 소형 임대사업 추진

(가) 국토교통부와 LH의 모듈러주택 시범주택 추진

- 국토교통부는 모듈러 주택을 활용한 임대주택을 공급하기 위해 행복주택 시범지구에 모듈러 주택을 적용하기로 하였으며 2013년 상반기 안에 LH와 함께 모듈러 주택 시범주택을 착공 할 예정임
- 국토부 관계자는 모듈러주택 공급이 점차 보편화하면 공공뿐만 아니라 민간 원룸형 임대주택이나 기숙사, 공장 근로자를 위한 임시주택 등의 용도로 활용될 것을 기대

(나) 서울시 SH공사의 모듈러주택 도입 연구과제 추진

- SH공사 산하 도시연구소는 최고 4층까지 지을 수 있는 모듈러 주택이 기숙사 구성에 적합해 지방 출신 대학생들의 주거비용 부담을 줄일 수 있을 것으로 전망하고 모듈러 주택을 2013년 연구 과제로 정함

4. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

가. 사업추진상의 위험요인 및 대응방안

(1) 해외 수출을 위한 과도한 운송비 절감 필요

- 수출용 모듈러 시스템의 경우 운송비가 전체 공사비의 약 30%를 차지하여 운송비가 매우 큰 비중을 차지 함
 - 국내 완성 모듈의 해외 장거리 운송을 위해서는 컨테이너 호환형 모듈의 개발 및 운송부피 절감 기술이 필요
 - 해외 대형 공사 적용을 위해서는 국내에서의 부품화 생산 및 현지 생산공장을 활용한 생산기술의 적용이 필요
 - 장거리 모듈 운송을 위한 모듈포장기술 및 포장재의 모듈일체형 기술 필요
 - 해외 사업의 특성을 고려한 비즈니스 모델 및 해외진출 전략의 수립 필요
- 따라서 수출용 시스템을 위한 모듈러 운송비 절감 기술개발이 필요하며 본 과제에서는 프로젝트 유형과 시스템 유형에 따른 사업모델, 시스템 개발 및 효율적 운송방안을 개발 할 예정임

(2) 품질 및 성능 향상 기술 개발

- 모듈러 건축물의 3대 난제(충간소음, 내화구조, 구조안전성)에 대한 추가적인 성능개선이 이루어 져야 하며 본 연구에서는 중고층형 모듈러 구조 안정성 확보와 모듈러 건축물이 습식공법에 비해 취약할 수밖에 없는 열환경, 음환경의 개선과 내화성능의 향상을 통해 안전하고 정온한 환경은 확보하는데 있음.
- 본 연구를 통해 공장 생산에 바탕을 둔 품질관리 기법과 기준을 마련하여 고품질의 모듈러 건축물 생산 방안 제언
- 현재 관련 법규 및 성능평가제도의 성능기준은 철근콘크리트 구조나 철골구조를 대상으로 한 것으로, 새로운 건축시스템인 모듈러 건축물에 적용할 수 있는 건축성능 기준은 마련되어있지 않음
- 모듈러 건축 성능 인증 제도 개발을 통해 모듈러 건축물에 적용 가능한 별도의 성능평가 제도를 제안할 것

(3) 경제성

- 모듈러 공법은 일반 공법과 단순 비교하였을 때 약 5~15%의 비율로 공사비가 증액되는 것으로 알려져 있음¹⁾
- 본 연구에서는 모듈러 건축공법을 활성화하기 위한 모듈러 관련 요소기술의 개발을 통해 대량 수요의 창출 및 가격경쟁력 확보에 주력하고자 함.

1) 이창재 외(2012), 모듈러 건축의 경제성 분석 연구

2절. 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

가. 기획연구 목표와 내용의 적절성

(가) 기획연구 목표의 구체성 분석

(1) 정량적 목표 설정 검토 필요

- 비전인 “이동과 재사용이 가능한 모듈러 건축기술개발” 달성을 위한 연구 목표를 정성적/정량적으로 제시함
 - 향후 기획연구 수행을 통하여 정량적 목표치를 제시함으로써 기술개발 목표의 명확화, 기술개발 결과물 검증의 편이성 증대를 기대할 수 있음
- 기술적으로 해결해야하는 문제를 구체적으로 제시하고 있음
 - 기술개발이 필요한 문제를 미션으로 정의하고 있으며, 정의된 미션은 ‘모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발’, ‘모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발’, ‘모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술개발’로 설정됨

이동과 재사용이 가능한 모듈러 건축기술개발	
- 제안 1: 중고층화 대응 가능한 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발 - 제안 2: 공장 제작 생산성 향상을 위한 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발 - 제안 3: 시스템 특성 및 생산규모, 지역적 특성을 고려한 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발	

모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발	모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발	모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발
-------------------------	------------------------	----------------------------

(2) 세부과제별 목표를 단계별로 세분화하여 제시하고 있으며 연차별로 기술개발을 통해 달성해야하는 목표를 구체적으로 제시하였음

- 단계별 목표가 연차별로 세분화되어 구체성이 높음
- 정량적 목표치를 설정하여 구체성을 높일 수 있음

	1세부	2세부	3세부	4세부
1단계 (1차년도)	중고층 모듈러 설계 및 엔지니어링 요소 기술 개선/개발	공장제작 프로세스 현황 분석 / 용도별 표준모듈 시스템 개발	현장 시공프로세스 최적화 기술 / 장거리 운송 기술을 위한 기반 구축	
2단계 (2차년도)	중고층 모듈러 건축 요소 기술 성능 평가 및 모델 개발	건물 용도별 표준 설계도서 구축 / 공장제작 프로세스 개선안 도출 / 공장제작 단계별 제작 도면 구축	중고층형 모듈 최적화 프로세스 및 양중, 장비, 인력운영 최적화 기술 개발	
3단계 (3차년도)	요소기술 및 시스템 최적화 구법 구축 및 상용화 기반 구축	공장제작 단계별 품질관리 checklist 도출 / 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영 보고서 구축	현장 시공 최적 모델 프로세스 통합적 작업지침서 및 관련 시제품 개발 및 제작	
4단계 (4차년도)	요소기술 및 시스템 검증 기법 구축	모듈러 건축용 설비 상세도서 구축 / 설비시스템 및 경량바닥판 개발	장거리 운송을 위한 모듈 사례, 시스템 및 재사용을 위한 프로세스 분석	실증사업 적용 가능 기술 목록 도출 / 실증사업 실시설계 도서 구축 / 실증사업 공장 제작 단계별 도서 구축
5단계 (5차년도)	통합설계 프로세스 개발 및 최적화 기법 구축	건식바닥판 시제품 및 성능평가보고서 구축 / 모듈러 건축용 설비간 체결 시제품 개발 / 난방 일체형 바닥판 시제품 개발 / 설비 일체형 모듈 설치 시방서 구축	재사용성 개선컴퍼넌트 최적 시스템 개발 / 장거리 운송을 위한 부피 및 비용 절감 모듈 시스템 개발	실증사업 공장 제작 프로세스 분석 / 실증사업 현장 설치 및 시공 모니터링 보고서 구축
6단계 (6차년도)	중고층 모듈러 건축 기술의 통합설계 가이드라인 및 운영매뉴얼 구축	건식바닥판 접합부 특허 및 시제품 개발 / 설비자립형 모듈 특허 및 시제품 개발 / 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서 구축	재사용성 개선컴퍼넌트 성능평가 및 개발 기술 실증 사업 평가	실증사업 운영 및 분석 / 운영 보고서 구축

(3) 연구목표와 세부목표가 사회적인 필요를 반영하여 적절히 수립됨

- 연구목표는 도심지 소형 주택수요가 발생하는 지역에 중고층형 모듈러 건축물을 통해 주택 공급, 재건축/재개발/자연재해 등으로 인한 지역적 임시수요에 대응 가능한 이동형 모듈러 주택 공급 가능, 극한지, 극서지 및 분쟁지역 등의 해외 주거시설 및 자원개발, 건설 등을 위한 노무자 숙소 공급사업에 활용 등 사회적인 필요를 반영하고 있음
- 재정적·시간적 여건을 고려하며 위와 같은 사회적 필요를 충족시키기 위해서는 단기간 내에 저렴한 주택을 다량 공급해야 하며, 이러한 여건에 적합한 모듈러 건축 관련 기술이 적절히 계획됨

(나) 연구 내용의 논리성 및 적절성

- (1) 세부과제별 구성기술은 이동과 재사용이 가능한 모듈러 건축 기술개발 및 실증연구의 완성도 높은 연구결과를 위하여 제품, 기술, 정책 개발 및 현장 적용을 위한 Pilot project를 포함한 연구 과제를 구성하여 사업내용의 논리성과 적절성이 높음
- 1세부과제의 구성기술은 ‘모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발’로서, 시장 수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계기술 개발, 모듈러 건축 환경성능 향상기술 개발, 중고층 모듈러 건축 구조시스템 구현기술 개발, 모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 수립을 포함함
- 2세부과제는 ‘모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발’로서 공장 제작용 제작도서 작성 및 부품화 기술, 유닛모듈 공장제작 생산성 향상 기술, 모듈러 건축재료 다양화 기술을 개발할 예정
- 3세부과제는 ‘모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술개발’로서 유닛모듈 운송 효율화 기술, 현장 시공프로세스 최적화 기술, 순환형 모듈러 건축 시스템을 개발할 예정임

(2) 세부과제의 구성기술은 기술수요조사, 기술예측조사 및 전문가 자문회의 등을 통해 기술개발 필요 분야에 대하여 논리적이며 타당하게 도출되었음.

- 기술수요조사, 기술예측조사를 통해 기획과제의 기술개발아이템에 대한 다양한 의견을 수렴하였음.
- 후보과제 도출, 중복성 검토, 우선순위 도출 등의 기획프로세스를 적용하여 세부과제 및 구성기술을 설정하여 절차의 타당성을 제고하였음.

구분	시기	목적	대상
1차 기술수요조사	2013.7	용도별 시장 segment(주거용, 공공, 민간, 수출용) 후 시장별 요구기술 도출 및 요구기술 분류	기획연구진
2차 기술수요조사	2013.7.5	기술개발 수요 및 요소기술, 추진전략 도출	학계, 건설업계, 연구업계
3차 기술수요조사	2013.7.11	기술개발 수요 및 요소기술, 추진전략 도출	학계, 모듈러 제작업계, 건설업계, 연구업계
4차 자문회의	2013.10.29 2013.11.12	기획과제 기술수요조사 및 과제구성·내용 적절성 재료복합형 모듈러 건축시스템 과제도출	학계, PC업계, 목조업계, 모듈러 제작업계, 건설업계

나. 기획연구 추진전략의 적절성

(가) 사업추진 위험요소와 공헌요소를 고려한 추진전략의 적절성

(1) 연구단 추진전략은 외부전문가 활용, 산·학·연 협력조직체 구성 및 활용, 기술 및 시장동향 파악을 통한 요구사항 도출 등을 기반으로 수립되어 타당성이 높은 것으로 판단됨

- 관련 분야 외부 전문가와 연구진의 네트워크 구성 추진, 외부 전문가 자문 등을 통해 기술개발의 전문성이 높아질 것으로 예상됨
- 산·학·연 협력조직체 구성을 통해 각 분야의 의견을 수렴하는 과정을 거칠 것으로 예상됨
- 국내외 기술 및 시장 분석을 통해 요구사항을 도출함으로써 향후 상용화 가능성이 높을 것으로 예상됨

(나) 추진체계 및 절차의 적절성

(1) 과제별, 연차별로 추진체계가 제시될 계획임

○ 본 기술개발 과제의 상용화, 운영주체, 수요처 등을 고려한 추진체계를 구성할 계획임

(2) 연구개발 수행주체 선정 기준을 구체적으로 제시하고 있음

○ 선정평가 시 선정기준을 연구개발목표, 연구개발내용, 추진전략 및 계획, 개발기술의 실용성 및 경제성, 연구책임자의 전문성으로 구분하여 선정기준별 세부항목과 배점을 설정하여 선정평가의 적절성을 높이하고자 하였음

세부 추진 과제	세부과제내용	추진전략	추진체계
모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발	시장 수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계기술 개발	- 기존 국내에서 연구개발 중인 BIM 기반 모듈러 건축기술을 연계 발전시켜 중·고층형 모듈러건축 시스템 기술 개발 - BIM을 플랫폼으로 한 계획/설계, 구조, 제작, 시공, 유지관리의 통합 기술 개발 - 재료복합 및 구조형식 복합형 모듈러 시스템 기술개발과 연계하여 보급형 모듈러 프로토타입 개발	- 산·학·연 협력 운영조직과 구성을 통한 핵심적이고 실용성 높은 기술 및 기준 개발 - 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축
	모듈러 건축 환경성능 향상기술 개발	- 중소기업과 협력을 통한 현장 밀착형 모듈러 건축물 외피, 벽체, 내화 시스템 개발과 향후 모듈러 건축물 외피, 벽체, 내화 시스템 분야 신규 시장 창출 - 에너지 절약형 외피, 정온한 환경을 위한 벽체, 화재로부터 안전한 내화 시스템 개발을 통해 모듈러 건축물의 취약한 문제 해결	- 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 현장적용을 위해 유기적인 연구계획을 수립하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 - 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 - 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색하고 현장 실증을 통해 우리 고유의 기술을 구축
	중고층형 모듈러 건축 구조시스템 구현기술 개발	- 기존 국내의 단위모듈의 공업화 인정에서 더 나아가 단위 건축물에 대한 공업화 건축기술을 개량·발전하여 공업화 인정 중고층화 대응 가능한 표준 모듈 개발 - 강-PC 복합형 단위모듈 및 재료복합형 다양화 기술 정립을 위해 단계별 성능검증을 통한 개발 시스템의 성능확보 - 실용화 구현을 위해 초고층 건축물 설계분야 전문가를 연구진 혹은 전문가로 활용하여 고층 모듈러 건축 시스템의 특성에 부합하는 합리적인 최적 횡력저항 구조시스템 도출 - 내화 전문가를 연구진 혹은 전문가로 활용하여 모듈러 건축 시스템의 특성에 부합하는 합리적인 내화방안 및 내화성능실험방안 도출	- 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 - 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 - 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색하고 현장 실증을 통해 우리 고유의 기술을 구축
	모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책	모듈러 건축물 관련 국내외 정책 및 제도 분석을 통한 문제점 및 시사점 도출	산·학·연 간 유기적 협조체계 구축을 통한 의견 수렴 및 기술 교류

	개선방안 수립	• 모듈러 제조사 및 현장 실태조사를 기반으로 하는 실효성 있는 정책개발 • 구조 및 환경분야 세부 연구와 연계하여 모듈러 건축물 성능기준 도출 • 중고층 건축물까지 포함하는 성능 기준 및 인정제도 개발	• 참여 연구기관 간 협력을 통한 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 • 관련 부처와의 지속적이고 상시적인 의견수렴 및 연구단계별 결과의 검증을 통하여 법제화 실현
모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발	공장 제작용 제작도서 작성 및 부품화 기술개발	• 연차별 세부목표를 수립하고 핵심 요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과 계획을 수립 • 기존 국내외에서 수행중인 모듈러 건축기술을 개량, 발전하여 다양한 시설물에 적용할 수 있는 모듈화 표준화 및 부품화 기술 도출	• 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 • 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 • 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색
	유닛 모듈 공장제작 생산성 향상기술 개발	• 연차별 세부목표를 수립하고 핵심 요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과 계획을 수립 • 기존 국내외에서 적용되는 모듈러 건축 시스템의 설비시스템에 대한 선행사례분석을 수행하고 생산성을 개선하는 방향으로 연구 진행 • 개발된 설비시스템은 하나의 유닛 모듈로 제작되고, 공장에서 모듈러 건축 유닛과 일체로 조립되어, 공장제작율을 제고하는 방향으로 연구 추진 • 개발된 설비시스템을 부품화하여 공장제작 효율 제고를 위한 기초자료로 활용	• 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 • 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 • 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색. 특히 용도별 표준도면 작성 및 모듈화 설계 연구내용을 감안하여 설계 및 모듈제작 전문가가 연구진에 포함되도록 연구진 구성
	모듈러 건축재료 다양화 기술 개발	• 연차별 세부목표를 수립하고 핵심 요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과 계획을 수립 • 기존 국내외에서 수행중인 모듈러 건축기술을 개량, 발전하여 다양한 시설물에 적용할 수 있는 모듈화 설계안 도출	• 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 • 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 • 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색
모듈러 건축 수출경쟁력 향상 기술 개발	유닛모듈 운송 효율화 기술 개발	• 해외의 다양한 부피절감형 모듈 제작사와의 기술 협력 • 해외 진출 국내 건설사의 해외 네트워크 활용	• 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 • 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 • 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색

	현장 시공프로세스 최적화 기술 개발	• 국내외의 다양한 모듈 제작사 및 건설사와의 기술 협력 • 국내외 건설사의 네트워크 활용	• 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 • 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 • 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색
	순환형 모듈러 건축 시스템 개발	• 연차별 세부목표를 수립하고 핵심 요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과계획을 수립 • 기존 국내외에서 적용되는 모듈러 건축 시스템의 내외장재 및 설비시스템에 대한 선행사례분석을 수행하고 재사용성을 개선하는 방향으로 연구 진행 • 개발된 설비시스템 및 내외장 시스템은 공장에서 모듈과 일체로 제작하여 공장제작을 및 향후 재사용성을 제고하는 방향으로 연구 추진 • 개발된 내외장 및 설비시스템을 부품화하여 공장제작 효율 제고를 위한 기초자료로 활용	• 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 • 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 • 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진 방안을 모색

기준항목	세 부 항 목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점)
	성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)
연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성(5점)
	과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)
	연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점)
	연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성 (40점)	개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)
	활용방안의 적절성 및 구체성(10점)
	개발기술의 실용성 및 사업성(10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적(5점)
	연구과제 관리 및 운영 능력(5점)

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

(3) 관련 부처 및 유관기관과의 지속적인 의견수렴 및 협력 체계 구축

- 관련 부처와의 지속적이고 상시적인 의견수렴 및 검증체계 구축을 통한 정책 및 제도 제안의 법제화 실현
- 국내외 기술인프라 현황 및 연구개발 수행현황을 기반으로 과제와 관련하여 역량을 보유한 기관과의 협력 및 차별화 방안을 모색하였음

(다) 성과 평가 및 관리체계의 적절성

- (1) 향후 기획연구를 수행을 통하여 성과의 실용화방안을 구체적으로 제시 함으로써, 기술의 전파에 긍정적 영향을 줄 수 있을 것으로 판단됨
- (2) 성과목표 및 지표가 균형있게 설정되어 연구단 기술개발성과평가에 적합한 것으로 예상됨
- 성과목표별로 성과지표를 설정하고 구체적 목표치, 측정방법, 가중치, 목표치 설정근거를 제시하였음
- (3) 추후 연구단을 추진하는 주체가 성공적인 사업목표달성을 위해서 국토교통과학기술진흥원의 성과관리체계를 적용하는 것을 검토할 수 있음

다. 기술개발로드맵의 우수성

(가) 연구개발계획의 완성도

(1) 기술개발로드맵은 중점추진목표와 세부과제 목표의 4차년도까지의 개발 일정을 수립하였음

○ 개발 타임스케줄에 한정된 로드맵이 아니라 세부과제별 구체적인 산출물을 제시하여 중점추진과제와 세부과제, 산출물 간의 선후관계 및 연관성을 도식화하였음.

(2) 기술개발로드맵은 적정예산을 기준으로 기술개발일정이 조정된 결과로서 재원을 반영한 계획을 수립할 예정

2. 기술수준 및 성공가능성

가. 기술수준 및 역량 분석

(가) 보유기술수준 및 기술개발의 기대수준

(1) 최고기술보유국 대비 국내 기술수준 및 현황을 정량/정성적으로 파악하여 구성기술별 기술개발방향 설정에 반영하였음

기술명	기술수준	
	최고기술보유국	기술수준(%)
정주형 모듈러 기술	캐나다, 영국, 일본	40%
이동형 모듈러 기술	미국, 영국	15%
수출용 모듈러 기술	영국, 독일, 호주	30%

○ 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

AS-IS	TO-BE
■ 모듈러 건축물의 표준화된 설계기준 없이 각 생산업체에 의해 건축 설계가 이루어지고 있어, 공장 자동화 및 부품 간 호환이 매우 어려운 실정으로 모듈러 건축물 확산에 장애가 되고 있음 ■ 현재 국내의 모듈러 건축물은 기술력 부족으로 인하여 중고층형 건축물은 전무한 상태이나 외국의 경우 최고 24층까지 건축되는 기술력을 보유하고 있음 ■ 현재 모듈러 건축물의 적합한 외피시스템이 부재하여 조립식 샌드위치패널을 활용하고 있는 상황임 ■ 모듈러 공법의 경량벽체 차음성능 검증이 되지 않았음 ■ 고층화를 위한 모듈러 건축물의 내화성능 검증이 되지 않았음 ■ 현재 국내 유닛 모듈러 시스템은 저층(3층 이하)의 소규모로 건설되고 있는 상황임 ■ 모듈러의 구조재료 및 형식으로는 강재 및 RC(PC포함)로 국한되어 있는 실정임 ■ 다양한 작업환경과 하중에 대해 경제성이 고려된 시스템이 제시되지 못하고 있음 ■ 국내 모듈러 건축물은 주로 군막사, 학교, 저층 소형주택으로 건설되고 있음 ■ 현재, 저층 주택건축물에 한정하여 제한적으로 적용하고 있는 모듈러 건축기술을 소규모 가구의 증가와 더불어 건설산업 환경변화에 대응하기 위한 모듈러 공법의 중고층 건설을 위해서는 공장제작 및 현	■ 건축물 용도별 설계기술 및 표준화된 설계도서 작성기준의 개발을 통하여 대규모 생산라인 구축 및 시장수요 대응 모듈러 건축 확산 ■ 모듈러 건축분야 세계 최고수준의 고층화 건축기술력 보유를 통한 국내시장 보호 및 해외시장 진출 ■ 단열·기밀성이 확보된 모듈러 건축물에 적합한 외피시스템을 개발함 ■ 차음성능이 뛰어나며, 경량 벽체시스템을 구성하여 정온한 실내환경을 제공함 ■ 3시간 이상의 모듈러 건축물 내화시스템을 개발하여 화재에 안전성을 확보함 ■ 중고층형 모듈러 공동주택 건축기술(중층형: 12층, 고층형: 25층) 개발함 ■ 강-PC 복합형 및 재료복합형 프리캐스트 리캐이트 기술 개발(강, 목재, PC, 세라믹, 유기재, 하이브리드 등) ■ 모듈러 복합단면 및 특목화된 하중별·용도별 복합유닛(코어유닛, 발코니 유닛, 화장실 유닛 등)의 구조형식에 따른 요소 기술 개발 ■ 모듈러 건축시스템 기반 업무용, 공공건축물, 소규모 상가 및 점포 건축기술 개발 ■ 소규모 수요에 대응이 가능하고 공기단축과 생산 및 시공 비용절감을 할 수 있는 모듈러 건축공법을 활성화하기 위한 중고층형 모듈러 횡력저항 시스템 요소

장 시공성능 개선을 위한 최적화된 기술력은 대단히 부족한 상황임. ■ 현재 공업화주택 인정제도는 저층에 국한되어 실시되고 있으며, 성능 인정범위, 인정항목 적정성 문제 등 본 제도의 활성화에 한계를 지니고 있음. ■ 모듈러 건축의 작업 공정은 일반 건축물과 상이하여 별도의 기준이 필요하지만 모듈러 건축물에 적합한 공사기준 및 일위대가 기준이 부재한 상황이며 건축 공종별로 분리발주 하도록 규정하고 있음. ■ 현재 국내의 모듈러 공법과 관련해서는 별도의 성능인증제도가 없음. 일부 제조사에서 공업화주택인정을 취득하고 있으나 이는 모듈 자체의 성능이 아닌 건축물의 성능에 대한 인증으로 모듈단위의 성능척도가 될 수 없는 상황임.	기술의 개발 ■ 중고층 대상 모듈러 사용 공업화주택 인정제도 실시를 통하여 객관적 성능 확보 및 각종 인센티브 적용 등을 통한 시장 확대에 기여 ■ 모듈러 건축물 대상 인건비 산정기준 및 일위 대가 기준의 정립, 모듈러 건축물 계약 통합계약 발주시스템 개발을 통하여 합리적인 사업 환경기반 마련 ■ 단위모듈에 대한 성능인증제도 도입을 통해 유닛 모듈의 효과적인 품질관리가 가능함. 제조사 및 제조과정에 따라 균일하지 않은 품질을 인증제도를 통해 관리함으로써 전체적인 품질향상 및 수요자의 신뢰도 증가를 통한 시장 확대를 기대할 수 있음.
---	---

○ 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술개발

AS-IS	TO-BE
■ 현재 국내에서 적용중인 모듈러 공법의 경우 유사한 용도로 사용되는 유사한 건축물의 경우에도 사업별 설계로 진행하여 건축공사비의 상승의 요인이 됨. ■ 현재 국내의 단위모듈 제작 공장의 경우, 소규모의 노동집약적 제작 방식으로 인해 단위모듈의 품질저하와 제작능률 저하를 유발하고 있음 ■ 모듈러 공법의 특성을 이해하는 전문 건설인력이 부족하고, 제작 프로세스가 체계화되어 있지 않아 품질관리가 어렵고, 과거 습식공법과 건식공법의 공정이 혼재되어 제조기간 지연되고 있음 ■ 현재 국내에서 적용중인 모듈러 공법은 공종간 분리발주 등으로 인해 설비 및 수장공사의 대부분이 현장에서 진행되는 실정임. 이는 현장작업의 증가 및 현장에서의 공종간 간섭발생으로 현장공사기간이 증가하는 요인이 됨. ■ 국내의 모듈제작업체는 대부분 스틸 프레임틀을 이용한 프레임식 모듈을 제작하고 있어 다양한 재료 및 구조형식을 고려한 모듈의 체계적인 생산기술은 부족한 편임. ■ 목조주택 등에서 일부 패널화 기술이 사용되고 있으나, 공장제작율이 낮아 현장에서의 작업량이 많음	■ 모듈러 공법의 적용효과가 큰 공공시설 및 소형 주거시설의 모듈을 표준화 하는 경우 중복 설계를 방지하고, 모듈 단위의 생산성을 효과적으로 개선할 수 있음. ■ 설비 및 수장 등이 일체화된 모듈의 공장제작을 통해 공장제작율 제고가 가능함. 더불어 전기, 설비 공사 등이 현장에서 이루어지는 경우 현장공사기간의 추가적인 단축이 가능해 공사기간의 획기적인 단축이라는 모듈러 공법의 장점을 극대화 할 수 있음. ■ 건식바닥판 개발 등으로 모듈러 건축의 습식공정을 최소화하여, 모듈 제작 프로세스를 최적화 할 수 있음 ■ 자립형 설비시스템이 구축된 단위 유닛으로 높은 공장 제작율 달성 가능. ■ 목조 및 FRP 등 다양한 재료를 모듈러 건축의 구조재 및 마감재로 적용하여, 가벼우면서도, 일정 수준 이상의 성능이 확보되는 경량 모듈러 시스템을 개발함으로써, 생산성 및 시공성, 경제성을 확보할 수 있음.

○ 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

AS-IS
■ 현재 국내 생산 모듈은 컨테이너와 호환되지 않아 벌크선을 이용하는 등 장거리 운송시 비용의 상승으로 수출의 어려움이 있음. 그리고 장거리 모듈 운송 및 양중 과정에서 강우나 충격등에 의한 포장시스템의 파손은 제품의 손상으로 이어져 품질의 저하와 현장 조립시 어려움을 발생시킴. ■ 국내 모듈러 건축물은 4층 이하에만 적용되고 있는 실정임. 국내 건설산업 변화 및 소규모 수요자 요구에 대응하기 위해서는 공업화 중고층 모듈러 주거 건설 기술이 요구되는데, 이를 위해서는 시공 성능 확보 및 공장 제작, 현장 운반과 설치의 최적화를 통한 공사비 절감 기술 개발이 요구됨. 또한 현재 모듈유닛을 현장으로 운송하는 과정과 현장 양중시 발생하는 파손으로 인해 품질 저하 현상이 발생함. ■ 현재 국내에서 적용되고 있는 모듈러공법은 저층규모의 영구 건축물을 대상으로 하고 있음. 일부 사업에서 이동, 재사용이 가능한 모듈러 건축공법의 공법특징을 내세우고는 있으나 향후 이전을 고려하지 않은 모듈 제작 및 설치로 모듈단위의 재사용이 불가능한 수준임. 현재 국내에서 적용중인 모듈러 공법에서 모듈단위 재사용을 고려하는 경우 기초 및 저층부 필로티로 인해 이전설치시 신규공사비와 유사한 비용이 소요되는 것으로 추정됨. (신규공사의 80% 수준)

TO-BE
■ 국내에서 제작된 모듈러 건축물의 해외수출을 위해 현재 수송선과 호환성이 높은 모듈러 시스템 및 운송 기술을 개발하여 전체 공사비를 감소시키고, 장거리 모듈 운송을 위한 모듈 포장기술 및 포장재의 모듈 일체형 기술 개발 등을 통해 모듈유닛의 품질과 수출 경쟁력을 높임. ■ 효율적인 모듈러 건축 시스템 사용을 위해 중고층 및 대규모 건축물에 적극적으로 모듈러 건축이 적용 가능하도록 현장 설치과정을 분석하여 시공프로세스를 최적화하는 기술을 개발함. 또한 중고층 모듈러 구조물 건설에 요구되는 모듈의 효율적인 양중 기술 개발과 작업자의 안전위험인자를 분석하여 모듈의 파손 방지 및 작업자 안정성을 확보함으로써 비용, 품질, 건설 근로 환경을 향상시킴. ■ 모듈러 공법의 장점인 재사용성을 극대화하기 위해 재사용 가능한 접합부 및 내외장재 등의 컴포넌트를 개발하여 기존 모듈러 구조물을 이전 후 재설치가 가능하도록 재사용성을 향상시킴. 이외에도 기존 모듈간 재조합을 통해 새로운 규모 및 용도의 건물로 구현이 가능하도록 함. 또한 모듈러 건축물의 구성에 필요한 기초시스템 및 저층부 필로티, 계단실과 같은 별도 구조를 재사용하는 경우 이전설치비용을 효과적으로 감축할 수 있으며(신규공사대비 50~60% 수준), 기존 건물 폐기 시 발생하는 건설계기물의 감소도 가능함.

(나) 기술개발 역량 및 잠재력

(1) 기술개발 인프라에 대한 분석을 실시할 계획

(2) 국내 전문가에 대한 조사는 수행과제 및 기술개발현황 조사를 수행하여 심도 있는 분석이 진행된 것으로 판단됨

- 국내전문가에 대한 조사는 기술분야, 전문가명, 소속기관, 기술개발현황을 조사하여 향후 기술개발추진 시, 협력방안 모색에 활용도가 높을 것으로 판단됨

나. 기술개발의 성공가능성

(가) 기술적 위험요인

(1) 세부과제별로 기술적 위험요인을 사전 정의하고 이를 대응하기 위한 연구개발 추진전략을 수립하여 기술개발 성공가능성을 높이하고자 함

(2) 기술적 위험요인을 대응하기 위한 연구개발추진전략을 기술 수요처와의 유기적 협조체계 구축, 실용화 촉진 방안 수립, 분야별 전문가 네트워크 활용 등을 활용할 계획임

3. 기존 사업과의 중복성

가. 기존사업과의 중복성

(가) 중복방지를 위해 본 연구기획과 유사한 기존의 정부기획 과제들을 조사, 검토하고, 차별화 방안을 모색함

(1) 국토교통부에서 기획한 유사 연구들을 조사하고, 본 연구와의 차별화 방안을 모색함

[표 4-2] 유사과제 리스트

부처명	사업명	과제명	예산	비고
국토교통부	핵심기술 개발과제	자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발 연구	11억	2004~2007
국토교통부	첨단도시개발 사업	재난재해 대비 임시거주공간 시스템 개발	11억 8천	2011.07.18.~ 2014.07.17
국토교통부	첨단도시 개발사업	수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축	100억	2013.11.~ 2017.10.

[표 4-3] 본 연구의 차별성

부처명	사업명	과제명	차별화 방안
국토교통부	핵심기술 개발과제	자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발 연구	자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발 연구는 단층 주택을 위한 유닛모듈라 주택 개발이며, 본 연구는 모듈러 공법을 통해 공동주택을 개발하는 연구임. 본 기획과제는 모듈러건축의 경쟁력 강화를 위해 모듈러 건축 고층화, 재사용성개선 및 해외수출시장 경쟁력 강화를 기획내용으로 하여 ‘자원순환형 철골조 유닛모듈라 주택개발 연구’와 같은 기존연구에서 개발한 모듈러 건축의 기술을 심화발전 시키는 내용 위주로 구성되어 있음
국토교통부	첨단도시개발 사업	재난재해 대비 임시거주공간 시스템 개발	재난재해 대비 임시거주공간 시스템 개발연구는 재난 발생 시 활용 가능한 구호주택의 기술개발로 생애주기와 거주자의 필요에 따라 임시주거의 공간 확장이 가능한 임시구호주택을 개발하는 연구임. 본 기획과제와는 환경성능에서 차이가 크며, 최대 2층 규모로서 저층에 부합된 구조 및 접합설계로 본 기획과제 내용과는 중복되지 않음.

부처명	사업명	과제명	차별화 방안
국토교통부	첨단도시 개발사업	수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축	본 과제는 주로 중층 모듈러 공법 구현 기술을 개발과 해외시장 진출을 위한 기반구축에 관한 내용을 다루며, 모듈러 공법 적용 공공임대주택 시범사업 및 성능개선을 다루는 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축 과제와 기술개발 범위에서 차별화 됨. 또한, 국내 공공임대주택에서 해외시장으로의 기술과 산업이 확장되는 관점에서 볼 때, 본 과제는 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축 과제의 다음 단계에 해당하는 과제로 볼 수 있음.

나. 기존과제와의 성능수준 차별성

항목	기술성능		
	현재 모듈러 건축	조립식 실증과제	To-be (본 기획과제)
적용 재료	철골조 모듈 위주	철골조 모듈 위주	철골, PC, 목재, FRP 등 다양화
고층화	최대 4층	최대 5층	최대 12층 (별도 횡력저항시스템)
설계도서	2D 위주의 현장시공용 건축도면	- 주택용도 (5층이하) 모듈러건축 표준도서 - 저층형 주택용도(5층이하) BIM 설계 시스템 개발	- 용도별(주거 및 비주거, 상가, 공공건축물) 모듈러 건축 표준 도서 - BIM기반 설계/구조/제작/시공/유지관리 통합 설계 - 모듈러 건축물 BIM 통합설계 기술 개발(설계, 구조해석 및 해석모델개발, 시공기술 및 유지관리 기술 포함) - BIM 통합설계 연계 제작 및 시공 단계별 시뮬레이션 개발(중·고층형 모듈러 건축물 BIM Life Cycle 통합 기술시스템)
단열성능	- 부재별 열관류율 기준 만족 - 접합부 결로 발생 (ISO기준TDR: 0.2~0.28수준)	- 부재별 열관류율 기준 만족 - 접합부 결로 제어 (ISO기준TDR: 0.2수준)	- 부재별 열관류율 기준만족 - 접합부 결로 제어 (ISO기준TDR: 0.1~0.2수준)
차음성능	[바닥] 경량충격음 47~49dB [바닥] 중량충격음 48~53dB [벽체] 차음성능 38~52dB	[바닥] 경량충격음 43dB이하(1등급) [바닥] 중량충격음 43~47dB(3등급) [벽체] 차음성능 63dB이상(1등급)	[바닥] 경량충격음 43dB(1등급) [바닥] 중량충격음 43~47dB(3등급) [벽체] 차음성능 63dB(1등급)
기밀성능	3.5회/시간 @50Pa 압력차	5회/시간 @50Pa 압력차	2.5회/시간 @50Pa 압력차
내화성능	[골조] 2시간 내화 [벽체] 1시간 내화	[골조] 2시간 내화구조 개발/ 내화비용 절감 [벽체] 1시간 내화구조 개발	[골조] 3시간 내화구조 개발/ 내화비용 절감 [벽체] 2시간 내화구조 개발
재사용성	- 재사용실적없음 - 공장제작율: 40~60% - 재사용율: 45~65%	(해당없음)	- 재사용을 고려한 설계 및 component 개발 - 공장제작율: 65~75% - 재사용율: 75~85%
공장 생산성	- 공장제작: 11H/module 수준 (습식공정제외) - 현장설치: 3MH/module 수준	(해당없음)	- 공장제작: 9H/module 수준 (습식공정제외) - 현장설치: 1.5MH/module 수준

품질 관리	- 별도의 품질관리기준 없음 - 현장 감리 기준에 의한 공장 품질 검토	(해당없음)	- 공정별 품질관리 checklist 작성 - 공정별 품질관리를 통한 제작 모듈 품질 향상
시공장비	- 모듈러용 시공장비 없음	(해당없음)	- 접합장비 및 패널 시공장비 개발
해외 대응설계	- 프로젝트 대응 설계 (지역별, PJ별 재설계)	(해당없음)	- 용도별, 지역별, 기후별 설계기준 및 표준 도서에 따른 설계과정 단순화
장거리 운송	- (운송비)/(전체사업비)=30% 수준 - 포장시스템 열위로 누수 등의 문제 발생	(해당없음)	- (운송비)/(전체사업비)=10~20% 수준(단거리 10% 수준, 장거리 20% 수준) -해상 운송용 포장 시스템 개발
해외수출용 시스템	- 국내와 동일 시스템 적용 - 운송부피 최종 건축물 부피의 90% 수준 - 운송관련 표준 규격 미적용	(해당없음)	- 해외수출용 시스템 개발 (부피절감형, 설치 용이형) - 운송부피 최종 건축물 부피의 40%수준 - ISO표준 운송규격 만족
모듈러 건축 인정제도	- 주택 대상 공업화주택 인정제도 운영 - 공업화특성을 배려하지 못한 인정항목 및 인정방법	(해당 없음)	- 비주거 건축물 포함 모듈러 건축 인정제도 도입 - 공장제작 및 현장 조립 특성을 반영한 인정항목 및 인정방법 정립
모듈러 건축시장 구조 개선	- 건축, 전기, 소방 등의 분리 발주로 인한 현장 작업 증가 - 모듈러 시공 관련 일위대가 기준 부재	(해당 없음)	- 모듈러 건축물 통합 발주 제도 도입 - 모듈러 건축 일위대가 기준 정립 - 모듈러 건축 계약방식 개선
시공장비	- 모듈러용 시공장비 없음(시공오차 ±5mm)	(해당없음)	- 접합장비 및 패널 시공장비 개발 (시공오차 ±3mm)
해외수출용 시스템	- 국내와 동일 시스템 적용 - 운송부피 최종 건축물 부피의 90% 수준 - 운송관련 표준 규격 미적용	(해당없음)	- 해외수출용 시스템 개발 (부피절감형, 설치 용이형) - 운송부피 최종 건축물 부피의 40%수준

3절. 경제적 타당성

1. 경제성

가. 경제성 분석

(가) 분석의 필요성

- 경제성 분석은 ‘이동과 재사용이 가능한 모듈러 건축기술개발 및 실증연구 기획’ 사업의 가치에 대하여 분석함으로써 사업에 대한 정확한 이해에 필요불가결한 과정임
- 경제성 평가는 편익-비용 비율(B/C ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR), 회수기간 등의 방법론을 통하여 사업의 경제성(재무성)을 파악하는 과정을 말함
- 예측된 시장규모를 통하여 수요, 비용단가, 할인율 등 주요 변수의 변화 등 불확실성이 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석 또한 필요함.

(나) 분석 기법

(1) 비용-편익(Benefit/Cost ratio) 분석

- 현시점으로 할인된 총 편익과 총 비용의 비율을 계산함
- 비용-편익 분석의 B/C ratio는 분석 대상에 비용규모 대비 혜택규모의 비율로 1보다 크면 경제적 타당성을 가지는 것으로 판단함

$$B/C ratio = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

(2) 순현재가치(Net Present Value; NPV) 분석

- 분석기간 동안 사업에서 발생하는 편익과 비용의 차이인 순편익(B-C)을 할인율로 할인한 현재가치를 합산하여 사업의 경제성을 판단하는 분석법
- 순현재가치가 0보다 크면 경제적 타당성이 존재하는 것으로 판단함

$$NPV = \frac{B_0 - C_0}{(1+r)^0} + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

(3) 내부수익률(Internal Rate of Return; IRR) 분석

- 편익의 현재가치의 합이 비용의 현재가치와 초기투자비용의 합과 동일해

지는 할인율, 즉 사업의 순현재가치를 0으로 만드는 할인율을 의미함

- 내부수익률이 시장이자율보다 높은 경우 사업의 경제적 타당성이 있다고 판단할 수 있음
- 공공사업의 경우 사회적으로 용인할 수 있는 최소수익률 값을 시장 이자율 대용으로 이용함

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + IRR)^t}$$

(4) 회수기간법(Payback period)

- 총 투자액이 완전히 회수되는 기간을 측정하여 목표회수 기간과 비교하여 회수기간이 목표회수기간보다 짧은 경우 투자안을 채택하는 방법

(다) 기본 전제

(1) 분석대상

- 본 사업의 주요 영역인 3개 분야를 추진하는 데에 소요되는 비용과 이로 부터 발생하는 편익을 고려하여 분석함
- 각각의 세부 사업별로 발생하는 편익 추정을 해야 하는 것이 원칙이나 국내시장의 경우 모듈러 시장 자체가 태동기에 지나지 않아 자료부족 등으로 시장예측이 제한되어 있으며, 각 기술 요소에서 각각의 편익을 측정하는 것이 현실상 어렵고 편차 또한 클 것으로 예상됨
- 따라서 기술개발로 인한 각각의 시너지를 고려하여 전체 시장에 반영되는 것을 전제로 편익추정치는 예측된 시장규모를 이용하여 추정한 총 편익을 사용하는 것으로 함.

(2) 시장수요 예측

- 본 사업의 기술개발 목표인 모듈러 공법에 의한 시장예측을 위해 모듈러 공법의 선진국이라고 할 수 있는 유럽 및 북미지역의 모듈러 시장 확산 데이터 및 국내 모듈러 시장 확산 데이터(2002년 시범사업 이후 최근 10년)를 이용하여 Bass 모형, ARIMA 모형을 이용하여 내수 시장규모를 예측하였음.
- Bass 모형을 이용한 시장규모 예측은 [표 4-4]과 같으며, 시나리오법을 이용하여 보수적, 중립적, 낙관적 데이터를 산출하였음. 본 연구가 종료되

는 2020년 기준으로 내수 시장 규모 예측치는 각각 약 0.85조 원, 약 1.70조원, 약 2.56조원으로 예측되었음.

[표 4-4] Bass 모형을 이용한 시장규모 예측

		Bass 모형(단위: 억원)				
		2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
전체시장	보수적	17,047.7	21,554.5	26,426.1	31,370.8	36,079.4
	중립적	25,571.6	32,331.7	39,639.1	47,056.2	54,119.1
	낙관적	34,095.4	43,109.0	52,852.1	62,741.6	72,158.8
해외시장	보수적	4,500.0	5,689.6	6,975.6	8,280.8	9,523.7
	중립적	6,750.0	8,534.5	10,463.3	12,421.2	14,285.6
	낙관적	9,000.0	11,379.3	13,951.1	16,561.6	19,047.4
국내시장	보수적	12,547.7	15,864.9	19,450.5	23,090.0	26,555.7
	중립적	18,821.6	23,797.3	29,175.8	34,635.0	39,833.6
	낙관적	25,095.4	31,729.7	38,901.0	46,180.0	53,111.4

- ARIMA 모형을 이용한 시장규모 예측은 2020년까지 분석한 모형 (ARIMA)과 매년 단계적 분석을 2020년까지 수행한 모형(ARIAM step-wise)을 적용하였으며, 각각 2020년 기준으로 내수 시장 규모 예측치는 약 0.94조원, 약 1.10조원으로 예측되었음.
- Bass 모형의 중립적 데이터를 이용한 시장규모 예측치(약 1.70조원)와 ARIMA 모형을 이용한 시장규모 예측치(약 0.94조원, 약 1.10조원)를 평균하여, 2020년 기준으로 모듈러 건축의 내수 시장 규모는 약 1.25조원으로 예측함.
- 해외 수출 시장규모 예측은, 수출 시장 전망 자료를 바탕으로, 2020년 기준 약 0.45조원으로 예측함
- 위에서 얻어낸 시장규모(내수 약 1.25조원, 수출 약 0.45조원)를 국내외 대상 시장별 시장규모로 환산한 금액은 다음과 같이 추정할 수 있음
 - 국내 주거시설 : 공업화 주택 공급 확대, 1~2인 소형가구의 증가로 도시형 생활주택 등 소형주거 수요 증대, 국가 주도의 공업화 소형 임대주택 사업 추진(LH공사, SH공사), 노후주거 리모델링 수요 증가를 통해 2020년 6,900억의 시장 규모 전망
 - 군시설 : 국방시설 현대화 사업의 일환으로 모듈러 공법 적극 도입, 병력감소 및 국방시설 재배치에 대응 가능한 재사용성 확보 요구를 통해 국방부 병영생활관 및 BOQ 연간시설 예산의 50%를 모듈러 공법이 차지한다고 하였을 때 2020년 4,500억의 시장 규모 전망

- 교육시설 : 매년 신규 100개, 재건축 60개 학교 건립, OECD 상위 수준의 학급당 학생수 감축, 교과 교실제 및 학교시설 내진보강에 따른 증개축 수요 발생을 통해 교육시설 신/증축의 20%를 모듈러 건축이 차지한다고 하였을 때 2020년 1,100억의 시장규모 전망
- 해외 수출용: 공적개발원조(ODA) 사업 수요(교육시설, 의료시설 등), 개발도상국 도시개발 사업의 주택 보급사업 수요, 자원개발 및 건설용 노동자 숙소 수요, 분쟁지역 및 재난지역 임시주거 수요를 통해 연간 10개 프로젝트를 수주하는 경우 2020년 4,500억의 시장 규모 전망
- 따라서 2020년 국내외 모듈러 건축 시장규모 1.70조 전망 (해외수출 포함)

- 시장예측을 위해 Bass 모형과 ARIMA 모형 두 가지를 사용하였으나, 모듈러 시장이 비교적 태동기이며, 공법의 독창성 존재하는 신사업에 가까운 특징을 보이고 있으므로 적합성 측면에서 Bass 모형의 예측치를 기준으로 분석함

(3) 편익의 설정

- 본 사업의 연구기간을 4년으로 가정하고, 실용화 기간을 3년으로 볼 때 본 연구의 결과물이 시장에 반영되는 시기는 2020년 이후라 볼 수 있음. 개발기술에 의한 독점적 지위를 이용한 시장 지속년수는 5년(2020년~2024년)으로 가정하였음.
- 편익 = 모듈러건축 시장규모(현재가치) × 기술개발성공률 × 부가가치 비중 × R&D 기여도
 - 기술개발성공률 : 2010년 산업기술연구회 등에 대한 국정감사 결과에 의하면 정부 연구개발(R&D)성과의 사업화 성공률이 30% 수준으로 조사되었으며, 이를 준용하여 적용함
 - 기술기여도 : 마케팅/제품/공법에서 기술이 차지하는 비중²⁾
 - R&D 기여도 : 본 연구 과제를 통해 달성된 기술 개선 비중³⁾, 본 연구에서는 R&D 기여도를 보수적(10.9%) 기준과 낙관적(30.6%)로 적용함
 - 부가가치비중: 2020~2024년 시장규모 예측 중 국내시장의 10%, 해외 수출시장의 20%를 부가가치 규모로 가정함
 - 할인율 : 할인율은 10년 만기 국고채금리인 4.3%를 적용함 (미래 매출액을 현재가치로 환산하는데 사용)
- R&D 기여도를 보수적으로 설정한 2020~2024년까지의 전체시장의 각 연도별 편익(명목)을 살펴보면 [표 4-5]와 같음.

2) 기술가치 평가과정에서 기술기여도 적용방법은 전문가의 주관적 판단에 의하거나 관행적으로 적용하는 방법이 있음. 전문가가 판단법의 일종인 AHP를 적용하여 기술기여도를 산정한 이영찬(2006)의 연구에서는 사업가치 구성요소를 기술자산, 시장자산, 인적자산으로 구분하고 이중 기술자산의 상대적 중요도(기술기여도)를 29.7%로 산출한바 있음.

3) KISTEP에서 작성된 "09 R&D분야 예비타당성 조사 수행을 위한 지침연구"의 R&D사업의 효과분석 사례에서는 R&D기여도를 10.9% 혹은 30.6%로 적용하였음. 본 분석에서는 30.6% 적용함

- 전체시장: 시나리오별로 개발기술 효과의 첫해인 2020년에는 최저 70.5억원~최고 140.9억원, 개발기술 효과의 마지막 년도인 2024년에는 149.1억원~298.2억원으로 예상됨
- 해외시장: 2020년 29.4억원~58.9억원, 2024년 62.3억원~124.6억원에 이를 것으로 예상됨
- 국내시장: 2020년 41.0억원~82.1억원, 2024년 86.8억원~173.7억원에 이를 것으로 예상됨

[표 4-5] 경제성 분석을 위한 편익 흐름표(1)

편익추정 (1)(단위: 억 원)						
R&D 기여도 <보수>		2020	2021	2022	2023	2024
전체시장	보수적	70.5	89.1	109.2	129.7	149.1
	중립적	105.7	133.6	163.8	194.5	223.7
	낙관적	140.9	178.2	218.4	259.3	298.2
해외시장	보수적	29.4	37.2	45.6	54.2	62.3
	중립적	44.1	55.8	68.4	81.2	93.4
	낙관적	58.9	74.4	91.2	108.3	124.6
국내시장	보수적	41.0	51.9	63.6	75.5	86.8
	중립적	61.5	77.8	95.4	113.3	130.3
	낙관적	82.1	103.8	127.2	151.0	173.7

주: 표 안의 수치는 현재가치로 할인하지 않은 연도별 명목금액임

○ R&D 기여도를 낙관적으로 설정한 2020~2024년까지의 전체시장의 각 연도별 편익(명목)을 살펴보면 [표 4-6]과 같음.

- 전체시장: 시나리오별로 개발기술 효과의 첫해인 2020년에는 최저 197.8억원~최고 395.6억원, 개발 기술 효과의 마지막 년도인 2024년에는 418.6억원~837.3억원으로 예상됨
- 해외시장: 2020년 82.6억원~165.2억원, 2024년 174.9억원~349.7억원에 이를 것으로 예상됨
- 국내시장: 2020년 115.2억원~230.4억원, 2024년 243.8억원~487.6억원에 이를 것으로 예상됨

[표 4-6] 경제성 분석을 위한 편익 흐름표(2)

편익측정 (2)(단위: 억 원)						
R&D 기여도 <낙관>		2020	2021	2022	2023	2024
전체시장	보수적	197.8	250.1	306.6	364.0	418.6
	중립적	296.7	375.2	459.9	546.0	628.0
	낙관적	395.6	500.2	613.3	728.0	837.3
해외시장	보수적	82.6	104.5	128.1	152.0	174.9
	중립적	123.9	156.7	192.1	228.1	262.3
	낙관적	165.2	208.9	256.1	304.1	349.7
국내시장	보수적	115.2	145.6	178.6	212.0	243.8
	중립적	172.8	218.5	267.8	317.9	365.7
	낙관적	230.4	291.3	357.1	423.9	487.6

주: 표 안의 수치는 현재가치로 할인하지 않은 연도별 명목금액임

- 2020~2024년까지의 모듈러 건축 시장규모에서 매년 얻을 수 있는 현재가치의 편익을 계산하면 가정 사항에 따라 최저 354.57(보수적-보수적)억 원에서 최고 1990.79억 원(낙관적-낙관적) 사이의 편익이 얻어짐⁴⁾

(4) 비용의 설정

- 1~3세부과제의 향후 4년간 예산(안)으로 정부출연금과 민간참여금의 합한 금액으로 추가적인 증액이 이루어지지 않는다는 전제 하에 현재가치로 산정하였으며, 총합은 **302.12**억 원임

(5) 분석방법의 설정

- 앞서 소개한 분석기법 중 편익-비용(B/C ratio)분석, 순현재가치(NPV) 분석, 내부수익률(IRR) 분석을 사용하여 각 분석 방법이 제시한 다양한 투자자의 가치를 기준으로 경제성을 판단하도록 함

(다) 경제성 분석 결과

4) 본 연구에서는 경제성 분석을 총 두 가지의 가정 사항에 따라 6단계의 시나리오로 나누어 적용하였음. 첫 번째는 R&D 기여도로 보수적(10.9%) 기여도와 낙관적 기여도(30.6%)로 나누었으며, 두 번째는 시장성장속도를 반영하여 시장예측을 보수적, 중립적, 낙관적 예측 세 단계로 나누었음. 두 가지 가정사항의 조합으로 총 6개의 편익을 사용함으로써 예측범위를 설정하고 예측력을 높였음.

(1) 각 시나리오별 분석 결과

- 시나리오별 분석결과는 [표 4-7]와 같으며, B/C ratio는 1.31~7.37 사이의 결과 도출됨
- NPV의 경우 84.58억원에서 1,720.80억원 사이의 결과가 도출되었음
- IRR의 경우 8.10%~36.00% 사이의 결과를 보였음
- 투자 판단에 있어 6단계의 시나리오 모두 경제성 존재하는 것으로 나타나, 투자의 예상 성과가 낙관적일 것으로 분석되었음. 세부 분석 결과에서 시나리오별로 다루도록 함

[표 4-7] 시나리오별 분석결과

시나리오별 분석 결과				
R&D기여도	시장예측	B/C ratio	NPV(억원)	IRR
보수	보수	1.31	84.58	8.10%
	중립	1.97	261.86	14.03%
	낙관	2.63	439.15	18.46%
낙관	보수	3.69	725.41	23.93%
	중립	5.53	1,223.10	30.84%
	낙관	7.37	1,720.80	36.00%

(2) 보수-보수 분석 결과

- R&D 기여도를 보수적으로 설정하고, 시장예측 또한 보수적으로 설정한 보수-보수 시나리오에서는 B/C ratio 1.31, NPV 84.58억원, IRR 8.10%로 나타났음
- 가장 보수적인 설정으로 가장 하한의 가이드라인을 예측하였으며, 연구사업의 성과가 저조할 경우를 나타내고 있음. 현재 모듈러 사업의 성장속도나 기술적 성과 등을 고려할 경우 사건이 일어날 확률은 굉장히 낮을 것으로 보임
- 가장 보수적인 설정에도 불구하고, 경제적 타당성이 존재하는 것으로 도출되었음

[표 4-8] 시나리오별 분석결과

보수-보수 시나리오 분석 결과				
현금흐름(억원)		B/C ratio	NPV(억원)	IRR
Cash-in(B)	Cash-out(C)	1.31	84.58	8.10%
354.57	269.99			

(3) 보수-중립 분석 결과

- R&D 기여도를 보수적으로 설정하고, 시장예측을 중립적으로 설정한 보수-중립 시나리오에서는 B/C ratio 1.97, NPV 261.86 IRR 14.03%로 분석되었음
- 6단계 중 하위 2번째 단계로 비교적 보수적인 설정을 가정하였으며, 현재 모듈러 사업의 성장속도가 유지되고, 현재의 R&D투자의 개발 목표치를 상회하는 해외의 기술개발 등으로 리스크를 고려하여, 연구사업의 성과는 저조하나, 모듈러 시장은 중립적인 예측상황에 위치할 경우를 나타내고 있음.
- 비교적 보수적인 설정에도 불구하고, 모든 분석 값이 경제적 타당성이 존재하는 것으로 도출되었음

[표 4-9] 시나리오별 분석결과

보수-중립 시나리오 분석 결과				
현금흐름(억원)		B/C ratio	NPV(억원)	IRR
Cash-in(B)	Cash-out(C)	1.97	261.86	14.03%
531.86	269.99			

(4) 보수-낙관 분석 결과

- R&D 기여도를 보수적으로 설정하고, 시장예측을 낙관적으로 설정한 보수-낙관 시나리오에서는 B/C ratio 2.63, NPV 439.15억원, IRR 18.46%로 분석되었음
- 6단계 중 3번째 단계로 현재 모듈러 시장의 성장속도가 빨라지는 상황을 가정하였으며, 현재의 R&D투자의 개발 목표치를 상회하는 해외의 기술개발 등으로 리스크가 존재하는 상황을 고려 연구사업의 성과는 저조하나, 모듈러 시장은 폭발적인 성장세에 있는 상태에 위치할 경우를 나타내고 있음.
- 중립적인 설정으로 모든 분석 값에서 경제적 타당성이 비교적 높은 수준에서 존재하는 것으로 도출되었음

[표 4-10] 시나리오별 분석결과

보수-낙관 시나리오 분석 결과				
현금흐름(억원)		B/C ratio	NPV(억원)	IRR
Cash-in(B)	Cash-out(C)	2.63	439.15	18.46%
709.14	269.99			

(5) 낙관-보수 분석 결과

- R&D 기여도를 낙관적으로 설정하고, 시장예측을 보수적으로 설정한 낙관-보수 시나리오에서는 B/C ratio 3.69, NPV 725.41억원, IRR 23.93%로 분석되었음.
- 현재의 R&D투자의 개발 목표치에 이를 것으로 예측하여 리스크가 낮은 상황을 고려하였으나, 모듈러 시장이 현재보다 성장속도가 느려지는 상황을 가정하였음. 즉, 연구사업의 성과는 높은 편이나, 모듈러 시장 성장세가 둔화된 상태에 위치할 경우를 나타내고 있음.
- 비교적 중립적인 설정으로 모든 분석 값에서 경제적 타당성이 존재하는 것으로 도출되었으며, 비교적 사업의 성과도 높은 것으로 분석되었음. 이는 성장세의 둔화가 존재하여도, 태동기의 시장에서는 기술개발의 효과가 기술 선점이라는 측면에서 더 클 수 있음을 시사함

[표 4-11] 시나리오별 분석결과

낙관-보수 시나리오 분석 결과				
현금흐름(억원)		B/C ratio	NPV(억원)	IRR
Cash-in(B)	Cash-out(C)	3.69	725.41	23.93%
995.40	269.99			

(6) 낙관-중립 분석 결과

- R&D 기여도를 낙관적으로 설정하고, 시장예측은 현재의 속도를 유지할 것으로 예측한 낙관-중립 시나리오에서는 B/C ratio 5.53, NPV 1,223.10억원, IRR 30.84%로 분석결과 도출되었음
- 현재의 R&D투자의 개발 목표치에 이를 것으로 예측하여 리스크가 낮은 상황을, 모듈러 시장은 현재 수준의 성장 속도를 감안하였음.. 즉, 연구사업의 성과는 높고, 모듈러 시장 성장세도 유지되는 상황에 위치할 경우를 나타내고 있음.
- 비교적 낙관적인 설정으로 모든 분석 값에서 경제적 타당성이 존재하는 것으로 도출되었으며, 사업의 성과도 매우 높은 것으로 분석되었음

[표 4-12] 시나리오별 분석결과

낙관-중립 시나리오 분석 결과				
현금흐름(억원)		B/C ratio	NPV(억원)	IRR
Cash-in(B)	Cash-out(C)	5.53	1,223.10	30.84%
1,493.10	269.99			

(6) 낙관-낙관 분석 결과

- R&D 기여도를 낙관적으로 설정하고, 시장예측 또한 낙관적으로 설정한 낙관-낙관 시나리오에서는 B/C ratio 7.37, NPV 1,720.80억원, IRR 36.00%로 분석되었음.
- 현재의 R&D투자의 개발 목표치에 이를 것으로 예측하여 리스크가 낮은 상황을 고려하였으며, 모듈러 시장 또한 현재보다 성장속도가 빨라져 시장이 팽창하는 상황을 가정하였음. 즉, 연구사업의 성과는 높고, 모듈러 시장 성장세도 가파른 상태에 위치할 경우를 나타내고 있으며, 영국, 미국, 일본 시장의 경우처럼 시장의 성장세가 뚜렷한 시기를 상정하고 있음
- 낙관적인 설정으로 모든 분석 값에서 경제적 타당성이 존재하는 것으로 도출되었으며, 사업의 성과 또한 매우 높은 상황임을 보여주고 있음

[표 4-13] 시나리오별 분석결과

낙관-낙관 시나리오 분석 결과				
현금흐름(억원)		B/C ratio	NPV(억원)	IRR
Cash-in(B)	Cash-out(C)	7.37	1,720.80	36.00%
1,990.80	269.99			

(라) 민감도 분석

- 경제성 분석에서 민감도 분석은 투자 사업에 영향을 미치는 불확실성에 따라 투자의 경제성에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 검토하는 과정임
- 민감도 분석은 할인율의 변화, 비용의 변화 및 편익의 변화를 고려하여야 하나, 본 연구의 특성상 비용변화는 없는 것으로 가정하였으며, 편익의 변화는 이미 경제성 분석에서 시나리오별 반영하여 분석하였음
- 따라서 민감도 분석에는 거시경제적 요인의 변화 특성인 할인율의 변화에 따른 민감도 분석만 하는 것으로 한정함
- [표 4-14]은 R&D 기여도를 보수적으로 설정한 후 할인율이 4.3%에서 5.5%로 변경되었을 경우의 민감도를 분석한 결과임
- 이에 따라 보수-보수의 경우 B/C ratio는 1.31에서 1.20으로 감소하였으며, NPV는 84.58억원에서 53.30억원으로 감소하였음. 보수-낙관의 경우 B/C ratio 2.63에서 2.41로, NPV 439.15억원에서 368.57억원으로 감소하였음.
- 민감도를 분석한 결과 할인율이 상승함에 따라 B/C ratio와 NPV가 감소하는 모습을 보였으나, 여전히 경제적 타당성에 주는 영향은 크게 없는 것으로 나타남

[표 4-14] 민감도 분석결과

민감도 분석 결과				
<u>R&D기여도<보수></u>		시장예측	B/C ratio	NPV(억원)
할인율의 변화	4.3% (10년 국채)	보수	1.31	84.58
		중립	1.97	261.86
		낙관	2.63	439.15
	5.5% (사회적할인률)	보수	1.20	53.30
		중립	1.81	21.094
		낙관	2.41	368.57

- [표 4-15]는 R&D 기여도를 낙관적으로 설정한 후 할인율이 4.3%에서 5.5%로 변경되었을 경우의 민감도를 분석한 결과임
- 이에 따라 낙관-보수의 경우 B/C ratio는 3.69에서 3.38으로 0.31만큼 감소하였으며, NPV는 725.41억원에서 623.09억원으로 102.32억원만큼 감소하였음. 낙관-낙관의 경우 B/C ratio 7.37에서 6.76로, NPV 1,720.80억원에서 1,508.15억원으로, 감소하였음.
- 위의 분석과 마찬가지로 할인율이 상승함에 따라 B/C ratio와 NPV가 감소하는 모습을 보였으나, 여전히 경제적 타당성이 높은 것으로 나타났으며, 영향은 미미한 것으로 분석됨

[표 4-15] 민감도 분석결과

민감도 분석 결과				
<u>R&D기여도<낙관></u>		시장예측	B/C ratio	NPV(억원)
할인율의 변화	4.3% (10년 국채)	보수	3.69	725.41
		중립	5.53	1,223.10
		낙관	7.37	1,720.80
	5.5% (사회적할인률)	보수	3.38	623.09
		중립	5.07	1,065.62
		낙관	6.76	1,508.15

2. 과학기술적 및 사회적 파급효과

가. 과학기술적 파급효과 분석

(가) 지적 재산권 및 학술적 성과 및 환경 개선 효과를 분석할 계획

(1) 구성기술별 특허 논문 등의 학술적 성과, 시제품, 설계기준, 지침, 매뉴얼, 소프트웨어 등 성과 목표치를 설정하고 이에 대한 분석을 수행할 계획임

나. 사회적 파급효과 분석

(가) 탄력적인 주거수요에 대응이 가능하고 건설 산업 구조변화에 대응 가능한 모듈러 공법을 이용한 주거시설의 공급 및 수출 경쟁력 향상을 통한 해외건설 시장 창출 가능

(1) 모듈러 건축은 고용환경이 불안정한 현장 위주의 일용 노동자를 안정적인 제조업 정규 근로자로 전환시킬 수 있는 고용효과가 뛰어난 시스템으로, 고용창출 효과 및 노동환경 개선이라는 기대 효과가 있음

○ 앞서 분석한 모듈러 사업의 편익을 기반으로 생산유발효과를 측정한 후 현재가치로 인식하여 현시점에서의 생산유발효과를 평가해보면, [표 4-17]과 같음⁵⁾

- 보수-보수의 경우 건설업 350억 등 총 775.5억원에 이를 것으로 보이며, 낙관-낙관의 경우 건설업 1997.7억원 등 총 4,237.4억원의 생산유발효과를 가지는 것으로 평가됨

○ 또한 이를 근거로 한 고용유발효과를 추정해보면 [표 4-18]와 같은 취업유발효과, [표 4-16]와 같은 고용유발효과가 예상됨

- 취업유발효과: 보수-보수의 경우 건설업 481명 등 총 930.3명의 취업유발효과가 예상되며, 낙관-낙관의 경우 건설업 2697.5명 등 총 5217.7명의 취업유발효과가 예상됨

- 고용유발효과: 보수-보수의 경우 건설업 427.5명 등 599.5명, 낙관-낙관의 경우 건설업 2,397.7명 등 총 3,362.1명의 고용효과가 발생하는 것으로 예상되었음

5) R&D투자의 간접효과만을 추정함. 직접효과: 투자사업의 실패의 리스크가 존재하며, 파급경로를 예상하기 어려움. 본 연구의 경우 투자사업의 성과가 실현되었을 경우 파급 경로를 통한 생산유발효과와 고용효과를 산업연관표를 이용하여 추정하였음.

[표 4-16] 모듈러 사업의 편익을 기반으로 한 고용유발효과

고용유발효과(단위: 명)						
부문명칭	시나리오					
	보수 -보수	보수 -중립	보수 -낙관	낙관 -보수	낙관 -중립	낙관 -낙관
농림수산물	1.0	1.6	2.1	2.9	4.4	5.8
광산물	1.7	2.6	3.5	4.9	7.3	9.8
음식료품	1.4	2.1	2.8	4.0	6.0	8.0
섬유 및 가죽제품	1.8	2.7	3.6	5.0	7.5	10.0
목재 및 종이제품	5.0	7.5	10.1	14.1	21.2	28.2
인쇄 및 복제	1.0	1.5	2.0	2.8	4.1	5.5
석유 및 석탄제품	2.0	3.0	4.0	5.7	8.5	11.3
화학제품	12.2	18.3	24.4	34.2	51.3	68.5
비금속광물제품	20.5	30.7	40.9	57.4	86.1	114.8
제1차 금속제품	24.1	36.1	48.1	67.5	101.3	135.1
금속제품	28.6	42.9	57.1	80.1	120.3	160.4
일반기계	12.1	18.1	24.2	33.9	50.9	67.9
전기 및 전자기기	13.3	19.9	26.5	37.2	55.8	74.4
정밀기기	0.9	1.3	1.7	2.4	3.6	4.8
수송장비	1.8	2.7	3.5	5.0	7.5	10.0
기타제조업제품	2.5	3.8	5.1	7.1	10.7	14.3
전력,가스및수도	1.8	2.6	3.5	5.0	7.4	9.9
건설	427.5	640.7	853.8	1198.3	1798.0	2397.7
도소매	27.2	40.8	54.4	76.3	114.5	152.6
음식점 및 숙박	5.9	8.8	11.8	16.5	24.8	33.1
운수 및 보관	10.2	15.3	20.4	28.7	43.0	57.4
통신 및 방송	3.5	5.2	7.0	9.8	14.7	19.6
금융 및 보험	12.0	18.0	24.0	33.7	50.5	67.4
부동산 및 사업서비스	34.9	52.3	69.7	97.9	146.9	195.9
공공행정 및 국방	0.2	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9
교육 및 보건	5.2	7.7	10.3	14.5	21.7	28.9
사회 및 기타서비스	4.7	7.1	9.5	13.3	19.9	26.6
기타	8.6	12.8	17.1	24.0	36.0	48.0
전 산업	599.5	898.3	1197.2	1680.2	2521.1	3362.1

[표 4-17] 모듈러 사업의 편익을 기반으로 한 생산유발효과(국내)

생산유발효과(단위: 10억원)						
부문명칭	시나리오					
	보수 -보수	보수 -중립	보수 -낙관	낙관 -보수	낙관 -중립	낙관 -낙관
농림수산물	0.18	0.26	0.35	0.49	0.74	0.98
광산물	0.27	0.41	0.55	0.77	1.15	1.54
음식료품	0.22	0.34	0.45	0.63	0.94	1.26
섬유 및 가죽제품	0.21	0.32	0.42	0.59	0.89	1.19
목재 및 종이제품	0.75	1.12	1.49	2.10	3.15	4.20
인쇄 및 복제	0.10	0.15	0.19	0.27	0.41	0.54
석유 및 석탄제품	2.21	3.32	4.42	6.20	9.31	12.41
화학제품	2.90	4.35	5.79	8.13	12.20	16.27
비금속광물제품	3.28	4.92	6.55	9.20	13.80	18.40
제1차 금속제품	8.88	13.31	17.74	24.90	37.36	49.83
금속제품	3.94	5.90	7.87	11.04	16.57	22.10
일반기계	1.66	2.49	3.31	4.65	6.98	9.31
전기 및 전자기기	2.60	3.90	5.19	7.29	10.94	14.59
정밀기기	0.10	0.15	0.20	0.29	0.43	0.57
수송장비	0.31	0.47	0.63	0.88	1.32	1.76
기타제조업제품	0.28	0.42	0.56	0.79	1.19	1.59
전력,가스및수도	1.00	1.50	2.00	2.81	4.21	5.61
건설	35.62	53.38	71.14	99.84	149.81	199.77
도소매	2.25	3.36	4.48	6.29	9.44	12.59
음식점 및 숙박	0.44	0.65	0.87	1.22	1.83	2.45
운수 및 보관	1.27	1.90	2.53	3.55	5.33	7.11
통신 및 방송	0.49	0.73	0.97	1.36	2.05	2.73
금융 및 보험	1.48	2.22	2.96	4.15	6.23	8.30
부동산 및 사업서비스	3.57	5.35	7.13	10.01	15.01	20.02
공공행정 및 국방	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
교육 및 보건	0.34	0.52	0.69	0.96	1.45	1.93
사회 및 기타서비스	0.36	0.54	0.73	1.02	1.53	2.04
기타	0.81	1.22	1.63	2.28	3.42	4.56
전 산업	75.55	113.22	150.89	211.76	317.75	423.74

[표 4-18] 모듈러 사업의 편익을 기반으로 한 취업유발효과

취업유발효과(단위: 명)						
부문명칭	시나리오					
	보수 -보수	보수 -중립	보수 -낙관	낙관 -보수	낙관 -중립	낙관 -낙관
농림수산물	6.3	9.4	12.6	17.7	26.5	35.4
광산물	2.2	3.3	4.4	6.1	9.2	12.3
음식료품	3.8	5.7	7.7	10.7	16.1	21.5
섬유 및 가죽제품	2.4	3.6	4.7	6.6	10.0	13.3
목재 및 종이제품	6.5	9.7	12.9	18.1	27.2	36.2
인쇄 및 복제	1.4	2.0	2.7	3.8	5.7	7.7
석유 및 석탄제품	2.6	4.0	5.3	7.4	11.1	14.9
화학제품	15.5	23.3	31.0	43.5	65.2	87.0
비금속광물제품	25.5	38.3	51.0	71.6	107.4	143.2
제1차 금속제품	30.7	46.0	61.3	86.0	129.0	172.1
금속제품	35.8	53.6	71.4	100.2	150.4	200.5
일반기계	14.8	22.1	29.5	41.4	62.1	82.9
전기 및 전자기기	15.9	23.9	31.8	44.6	66.9	89.3
정밀기기	1.0	1.5	2.0	2.9	4.3	5.7
수송장비	2.1	3.2	4.3	6.0	9.0	12.0
기타제조업제품	3.4	5.1	6.9	9.6	14.4	19.3
전력,가스및수도	2.0	3.0	4.0	5.6	8.4	11.2
건설	481.0	720.8	960.6	1348.1	2022.8	2697.5
도소매	51.8	77.6	103.5	145.2	217.9	290.5
음식점 및 숙박	12.7	19.0	25.3	35.5	53.3	71.1
운수 및 보관	14.6	21.9	29.2	40.9	61.4	81.9
통신 및 방송	4.5	6.8	9.0	12.7	19.0	25.3
금융 및 보험	13.1	19.6	26.1	36.7	55.1	73.4
부동산 및 사업서비스	40.3	60.4	80.5	113.0	169.6	226.2
공공행정 및 국방	0.2	0.3	0.3	0.5	0.7	1.0
교육 및 보건	6.0	8.9	11.9	16.7	25.1	33.5
사회 및 기타서비스	7.4	11.0	14.7	20.6	31.0	41.3
기타	17.3	26.0	34.6	48.5	72.8	97.1
전 산업	930.3	1394.2	1858.0	2607.5	3912.6	5217.7

(2) 친환경 중고층형 모듈러 건축물의 시공기술 고도화를 위한 개발기술은
현장중심에서 공장중심으로 건설 산업의 구조변화에 대응할 수 있는

공업화 공법의 기반을 마련하고, 친환경적이면서 저렴하고 높은 품질 및 시공 성능을 확보하면서 수요자의 요구에 신속하게 대응할 수 있음

- 영국의 모듈러 건축시장의 확대 과정을 살펴보았을 때, 모듈러 건축기술의 발달로 인한 인식의 차이에서 건축 방식의 대체 속도가 매우 빠르게 일어났음을 확인할 수 있음
- 따라서 시공기술의 고도화가 실현될 경우 표면적으로는 건축시장의 변화로 인한 건설 산업의 구조변화가 일어날 것이며, 하부구조인 건설기능인력의 모듈러 시장으로의 이동이 빠르게 전개될 것으로 판단됨
- 현재 습식 건축방식에서의 건설기능인력의 부족 및 심화 현상이 비교적 단순한 공정에 의해 이루어져 기능인력의 기술차이를 감소시켜 인력난을 어느 정도 해소될 가능성이 존재하며, 인력의 이동성 또한 공장 중심의 운영으로 상용직 전환의 요소가 존재하여, 고용안정의 안전판이 될 수 있을 것으로 예상
- 다만, 안전이라는 측면에서의 이질감이 여전히 존재하고 있으므로, 중고층형 모듈러 건축시장의 형성은 상대적으로 기술적인 요소가 적은 주택 부분에서의 성장이 이루어진 후 전개될 것으로 예상됨

(3) 모듈러 주택은 조립, 해체, 이체가 용이하여 생애주기에 맞는 주거시설을 제공할 수 있고, 유허 토지의 적절한 이용 및 임대주택 지역의 슬럼화 완화에 기여할 것으로 기대됨

- 따라서 현재 아파트 중심의 고착화 되어 있는 주택에서 벗어난 다양한 방식의 주택이 도입될 수 있는 환경이 제공되며, 공기로 인한 투자 리스크의 해소가 가능하여, 착공에서 멸실까지 이어지는 주택 순환 주기가 감소되는 효과도 있을 것으로 판단됨
- 이에 따라 다양한 건축물의 소비를 통한 소비자의 욕구를 충족시켜 주거 등의 건축물 소비에 따른 전체적 사회후생의 크기가 더욱 커질 수 있으며, 연관 산업인 설계와 실내건축(인테리어)의 다양화를 통한 산업 확장에 기여할 것으로 예상됨
- 기후 변화와 맞물려 강수 일수가 점차 증가하고 있으며, 이에 따라 공기가 늘어나 건축주의 사업 리스크가 커지는 상황으로 전통건축방식의 대체제로 소비자의 니즈(Needs)로 인한 시장을 형성할 가능성이 존재함
- 특히 국내 임대주택시장에서 그 활용성이 증대될 수 있을 것으로 보임. 임대사업활성화의 리스크 요인으로 주택가격과 건축기간 그리고 인구구조 변화에 따른 주거시스템의 변화 속도와 트렌드 변화 등을 모두 헷지할 수 있는 유일한 건축방식으로 평가됨
- 현재 노후 임대주택의 대체 활용 수단으로 적절한 주거수준을 보장할 수 있어 소외 계층 및 저소득자의 주거보편성을 높일 수 있음
- 인구구조의 변화로 인하여 1~2인 가구가 현재 50% 수준에 이르고 있으며, 이들은 학업, 직업 등 비교적 이동성이 높은 특성을 보이고 있어, 이

들의 니즈를 충족시켜줄 수 있는 이동형 주거사업(임대체인, 소형모듈러) 방식을 현실화 시킬 수 유일한 수단으로 판단됨

- 또한, 농촌사회에 노령화에 맞추어 고독사를 예방하고, 커뮤니티의 형성을 위해 일부 지방자치단체에서 제공하는 노인공동주택의 적용에 공기가 짧아 맞춤형 건축 방식으로 적용 가능함
- 추가적 기술 개발을 통해 전통방식에 비해 시공단가가 높은 점을 개선한다면 추가적으로 적용 범위가 더 확대될 것으로 전망됨

(4) 모듈러 건축에 대한 성능인증제도 도입을 통해 유닛 모듈의 효과적인 품질관리가 가능함. 제조사 및 제조과정에 따라 균일하지 않은 품질을 인증제도를 통해 관리함으로써 전체적인 품질향상 및 수요자의 신뢰도 증가를 통한 시장 확대를 기대할 수 있음

- 영국의 경우, 10여년 침체의 근본적 원인으로 ‘저질’이라는 인식으로 인하여 모듈러 건축 산업이 정체되는 어려움을 겪었음.
- 현재 모듈러 건축이 급속한 속도로 성장하고 있는 국내의 경우 선진화된 기술 수준을 보이고 있지만, 활용범위가 제한적인 것은 앞으로의 품질관리가 전제되어야 함을 시사함
- 따라서 인증관리가 선행된다면 선진국에서와 같이 다양한 부문에서의 모듈러 건축의 도입이 빠른 시간 내에 이루어질 것이며 시장의 성장 속도 또한 배가될 것으로 판단됨

(5) 현지 저렴한 자재와 노무비를 활용한 해외 현지 공장생산형 모듈러 건축시스템을 이용하여 아시아, 아프리카, 중남미 등 신흥국의 정부주도 대규모 공공주택사업에 참여 할 수 있는 모듈러 건축 생산 프로세스 및 기술개발로 해외건설 블루오션 시장을 창출함

- 선진국에서 개발도상국으로 기술이전의 속도가 빨라지고 있으며, 건설 분야의 성장동력의 핵심으로 해외시장 개척 속도 또한 빨라지고 있는 건설 환경을 고려할 때, 상용화된 모듈러 기술과 생산 프로세스는 해외시장 개척의 한 분야가 될 것으로 예측됨.
- 현재 국내 건설시장에 참여하고 있 다수의 건설기업이 영업의 어려움을 겪고 있는 상황에서 전 세계적으로 보편적인 수요가 예상되는 모듈러 시장의 시장 진입을 통한 해외 수주가 활발하게 전개 될 수 있을 것임

4절. 종합분석

1. 정책적 타당성 분석

가. 정책적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 국가전략적 중요성 및 상위 계획과의 부합성, 2. 사업추진의지 및 위험요인이며, 이에 대한 최종 검토 의견은 다음과 같음

(가) 국가전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성의 경우 산업정책적/국토개발정책적 중요성, 정부지원 타당성 및 관련 국가 상위계획에 대해 타당하게 서술하였음

(1) 주거시설에 모듈러 공법의 도입을 통하여 탄력적 대응을 통한 신속한 주거공급으로 주거약자를 대상으로 하는 보편적인 주거복지 실현이 가능 함

(2) 현재 민간 위주의 소형주택 공급 방식은 분양가가 높아 저소득층 주거 불안을 해결하는데 한계가 있으며, 정부차원의 공급확대가 적합함

(3) 현재 공급되고 있는 공공임대주택은 거주자의 가구원수와 공급면적이 불균형을 이루고 있어 이를 해결하기 위한 공공임대주택 공급 시스템 개발이 시급하며, 그런면에서 모듈러 공법은 정부지원을 통한 사업추진이 시급한 기술개발 분야임

(4) 인구 밀도가 높고 주거비 등의 지출이 많은 우리나라의 경우에는 소규모 주거공간의 폭발적 요구에 대응할 수 있는 양질의 신속 공급 가능한 구법 필요

(5) 유희부지 및 철로부지 등을 이용한 행복주택 사업등을 통해 다양한 방식의 모듈러 주택 보급이 늘어날 것으로 예상되며 급격하게 변화하고 있는 환경 변화에 대응 가능한 모듈러 주택의 기술 확보가 필요함

(6) 공장제작과 조립/이동이 쉬운 모듈러 기술은 해외 재난구호용 및 건설 인프라가 부족한 국가의 해외 수출용 시스템으로 높은 가능성을 가지고 있으며, 침체된 건설 분야의 새로운 성장 동력으로서 정부의 적극적인 지원이 요구됨. 또한 정치적으로 최근 중동, 아시아, 아프리카 지역의 해외 주거시장에서 복지정책의 일환으로 대규모 주택공급사

업이 활발하게 이루어지고 있어 큰 시장규모를 기대할 수 있음.

(7) 해외구호사업에 적합한 모듈러 시스템의 공급을 통해 단순한 기금지원
을 넘어 국내 건설제품의 해외 수출효과까지 기대할 수 있으며 해외
수출용 모듈러 시스템을 통해 해외시장 수출경쟁력 확보 가능

(8) 모듈러 공법은 공정의 대부분이 공장에서 이루어지는 건축공법으로 기
존 현장일용직 노무자의 공장 정규직 노무자로의 전환을 기대할 수
있어 건설시장의 고용안정성을 제고하고 전문기술자 양성의 기회를
얻을 수 있음. 또한 현장작업 최소화를 통해 건설현장의 사회적 환경
영향을 저감할 수 있음. 이를 통해 건설시장의 선진화 도모 가능

(9) 모듈러 공법은 건설비용이 절감되고 모듈의 이축, 재사용이 가능해 탄
소배출량을 줄일 수 있음

(10) 모듈러 공법은 국내외 자연재해 및 전쟁 발생 시 구호시설을 공급할
수 있는 최적의 건축공법 일 뿐 아니라 통일대비 신속공급을 위한
건축기술로도 활용을 기대

(나) 사업추진의지 및 위험요인의 경우 본 사업과 관련한 국토교통부의 관
련사업 추진의지에 대해 기술하고 사업추진상의 위험요인과 이에 따
른 대응방안에 대해 기술하였음

(1) 현 정부에서는 국정비전달성을 위해 ‘경제부흥’, ‘국민행복’, ‘문화융성’
및 ‘평화통일 기반구축’이라는 4대 국정기조와 140개 국정과제를 발
표한 바 있음. 모듈러 공법 기술개발은 건축분야에서 모듈러 건축의
활성화를 통해 8개 국정과제의 조기 달성을 기대할 수 있음.

(2) 모듈러 공법은 국토교통부에서 추진 중인 임대주택 및 행복주택의 대
량공급을 위한 기술적인 대안 제시 가능.

(3) 국토교통부에서는 2013년 해외건설 5대 강국이라는 진입목표를 수립하
고 있으며 모듈러 공법은 주택단지 조성지, 자원개발지, 극오지, 극한
지 등에서 해외건설 진출 경쟁력 강화를 도모할 수 있는 건축공법으
로 시장 확대 및 해외 건설시장에서 국내 건설업체의 기술경쟁력 강
화에 기여할 수 있음.

(4) 국토교통부에서는 추진하고 있는 건설산업의 선진화는 고용구조개선,
건설 인력의 전문성 제고, 발주시스템 개선 등의 내용을 포함하고 있

으며 모듈러 공법의 확대를 통해 위와 같은 정책목표 달성이 가능함.

- (5) 수출용 모듈러 시스템의 경우 운송비가 전체 공사비의 약 30%를 차지하여 운송비가 매우 큰 배중을 차지 함. 따라서 수출용 시스템을 위한 모듈러 운송비 절감 기술개발이 필요하며 본 과제에서는 프로젝트 유형과 시스템 유형에 따른 사업모델, 시스템 개발 및 효율적 운송방안을 개발 할 예정임
- (6) 모듈러 건축물의 3대 난제(층간소음, 내화구조, 구조안전성)에 대한 추가적인 성능개선이 이루어 져야 하며 본 연구를 통해 공장 생산에 바탕을 둔 품질관리 기법과 기준을 마련하여 고품질의 모듈러 건축물 생산 방안 제언. 또한 모듈러 건축 성능 인증 제도 개발을 통해 모듈러 건축물에 적용 가능한 별도의 성능평가 제도를 제안할 것
- (7) 모듈러 공법은 일반 공법과 단순 비교하였을 때 약 5~15%의 비율로 공사비가 증액되므로 모듈러 건축공법을 활성화하기 위한 모듈러 관련 요소기술의 개발을 통해 대량 수요의 창출 및 가격경쟁력 확보에 주력하고자 함.

2. 기술적 타당성 분석

가. 기술적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 기술개발 계획의 적절성, 기술수준 및 성공가능성, 기존사업과의 중복성 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- (가) 기술개발 계획의 경우 사업 목표와 내용이 구체적이고 사업추진전략이 적절하게 도출됨
- (1) 사업의 비전 및 목표가 구체적으로 제시하고 설정근거를 타당하게 제시하였으며 연구개발과제의 도출 프로세스와 세부과제의 개념, 범위, 연계관계에 대해 구체적으로 서술하였음
- (2) 기술개발로드맵은 각 세부기술의 구성기술 수준에서 상세히 작성되었으나 산출물간 연계관계가 드러나도록 재구성할 때 구체성이 높아질 것으로 판단됨
- (나) 기술수준 및 성공가능성의 경우 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인프라 분석을 통해 구체적인 분석이 이루어 졌음

- (1) 보유기술수준, 기술개발 역량 및 잠재력 등을 동향분석 및 기술수준조사를 통해 수행하였으며 국내와 선진국 수준을 비교분석 하였음
- (2) 본 사업 수행 중 나타날 수 있는 기술적 위험요인에 대해 세부과제별로 서술하였으나 추후 기술개발 성공가능성 및 시장 경쟁력 측면에서의 성공가능성에 대한 구체적인 논의가 필요할 것으로 판단됨
- (다) 기존사업과의 중복성의 경우 각 세부과제별 유사과제에 대해 연계가능성 및 고도화 방안을 통해 차별화 방안을 제시함

3. 경제적 타당성분석

가. 경제적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 경제성임

- (가) 동 사업을 추진하는 데에 소요되는 비용과 편익 및 할인율 4.3%를 적용하여 시나리오법을 이용하여 보수적, 중립적, 낙관적 데이터를 산출 하였음
- (1) 시나리오별 분석결과는 아래와 같으며, B/C ratio는 1.31~7.37 사이의 결과 도출됨
- (2) NPV의 경우 84.58억원에서 1,720.80억원 사이의 결과가 도출되었음
- (3) IRR의 경우 8.10%~36.00% 사이의 결과를 보였음
- (4) 투자 판단에 있어 6단계의 시나리오 모두 경제성 존재하는 것으로 나타남
- (나) 민감도 분석에는 거시경제적 요인의 변화 특성인 할인율의 변화에 따른 민감도 분석만 하는 것으로 한정함
- (1) R&D 기여도를 보수적으로 설정 한 경우 민감도를 분석한 결과 할인율이 상승함에 따라 B/C ratio와 NPV가 감소하는 모습을 보였으나, 여전히 경제적 타당성에 주는 영향은 크게 없는 것으로 나타남
- (2) R&D 기여도를 낙관적으로 설정 한 경우 민감도를 분석한 결과 할인율이 상승함에 따라 B/C ratio와 NPV가 감소하는 모습을 보였으나, 여

전히 경제적 타당성이 높은 것으로 나타났으며, 영향은 미미한 것으로 분석됨

나. 사회적 파급효과 분석 결과 모듈러 건축은 탄력적인 주거수요에 대응이 가능하고 건설 산업 구조변화에 대응 가능한 모듈러 공법을 이용한 주거시설의 공급 및 수출 경쟁력 향상을 통한 해외건설 시장 창출 가능

- (1) 모듈러 건축은 고용환경이 불안정한 현장 위주의 일용 노동자를 안정적인 제조업 정규 근로자로 전환시킬 수 있는 고용효과가 뛰어난 시스템으로, 고용창출 효과 및 노동환경 개선이라는 기대 효과가 있음
- (2) 친환경 중고층형 모듈러 건축물의 시공기술 고도화를 위한 개발기술은 현장중심에서 공장중심으로 건설 산업의 구조변화에 대응할 수 있는 공업화 공법의 기반을 마련하고, 친환경적이면서 저렴하고 높은 품질 및 시공 성능을 확보하면서 수요자의 요구에 신속하게 대응할 수 있음
- (3) 모듈러 주택은 조립, 해체, 이체가 용이하여 생애주기에 맞는 주거시설을 제공할 수 있고, 유휴 토지의 적절한 이용 및 임대주택 지역의 슬럼화 완화에 기여할 것으로 기대됨
- (4) 모듈러 건축에 대한 성능인증제도 도입을 통해 유닛 모듈의 효과적인 품질관리가 가능함. 제조사 및 제조과정에 따라 균일하지 않은 품질을 인증제도를 통해 관리함으로써 전체적인 품질향상 및 수요자의 신뢰도 증가를 통한 시장 확대를 기대할 수 있음
- (5) 현지 저렴한 자재와 노무비를 활용한 해외 현지 공장생산형 모듈러 건축시스템을 이용하여 아시아, 아프리카, 중남미 등 신흥국의 정부주도 대규모 공공주택사업에 참여 할 수 있는 모듈러 건축 생산 프로세스 및 기술개발로 해외건설 블루오션 시장을 창출함

5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

1절. 전체사업 소요예산

(단위 : 천원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		6차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄	2,209,153	690,520	3,458,688	760,911	2,760,513	634,918	4,336,785	910,725	5,885,382	1,294,784	5,449,452	1,144,385	24,099,974	5,436,244
1세부	1,208,784	253,845	1,664,871	366,272	1,441,006	331,431	548,654	115,217	504,573	111,006	432,111	90,743	5,800,000	1,268,515
1-1	416,119	87,385	552,735	121,602	504,265	115,981	201,600	42,336	205,276	45,161	179,070	37,605	2,059,066	450,069
1-2	564,227	118,488	791,460	174,121	670,833	154,292	347,054	72,881	299,297	65,845	253,041	53,139	2,925,912	638,766
1-3	228,438	47,972	320,676	70,549	265,908	61,159	0	0	0	0	0	0	815,022	179,680
2세부	425,944	316,046	1,026,177	225,759	665,345	153,029	353,297	74,192	1,133,049	249,271	896,189	188,200	4,500,000	1,206,497
2-1	286,833	286,833	584,707	128,635	267,291	61,477	353,297	74,192	1,133,049	249,271	896,189	188,200	3,521,366	988,608
2-2	139,111	29,213	441,470	97,123	398,054	91,552	0	0	0	0	0	0	978,634	217,889
3세부	574,425	120,629	767,640	168,881	654,162	150,457	820,206	172,243	805,074	177,116	678,466	142,478	4,299,973	931,805
3-1	329,734	69,244	174,779	38,451	298,909	68,749	145,649	30,586	274,779	60,451	274,779	57,704	1,498,628	325,186
3-2	244,690	51,385	592,861	130,429	355,254	81,708	390,649	82,036	145,649	32,043	145,649	30,586	1,874,752	408,188
3-3	0	0	0	0	0	0	283,909	59,621	384,646	84,622	258,038	54,188	926,593	198,431
4세부	0	0	0	0	0	0	2,614,628	549,072	3,442,686	757,391	3,442,686	722,964	9,500,000	2,029,427

2절. 세부과제별 소요예산

1. 1세부 추진분야

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		551,088	720,130	656,352	240,250	246,442	213,005	2,627,266
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	32,000	0	0	0	0	0	32,000
		시작품 제작비	205,000	395,000	283,600	125,000	70,000	56,500	1,135,100
		재료비	81,777	106,861	97,397	35,651	36,570	31,608	389,863
	연구 활동비	여비	47,022	61,446	56,004	20,500	21,028	18,175	224,175
		수용비및수수료	37,468	48,961	44,625	16,334	16,755	14,482	178,627
		기술정보활동비	63,555	83,050	75,695	27,707	28,421	24,565	302,993
		연구수당	82,663	108,019	98,453	36,037	36,966	31,951	394,090
3) 간접비			108,211	141,404	128,880	47,175	48,391	41,825	515,886
4) 합 계			1,208,784	1,664,871	1,441,006	548,654	504,573	432,111	5,800,000

(1) 1-1 세부과제 소요예산

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		189,475	234,058	247,061	91,642	116,410	101,549	980,194
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	32,000	0	0	0	0	0	32,000
		시작품 제작비	50,000	140,000	68,600	40,000	0	0	298,600
		재료비	28,116	34,732	36,662	13,599	17,274	15,069	145,452
	연구 활동비	여비	16,167	19,971	21,081	7,819	9,933	8,665	83,636
		수용비및수수료	12,882	15,913	16,798	6,231	7,915	6,904	66,643
		기술정보활동비	21,851	26,993	28,493	10,569	13,425	11,711	113,042
		연구수당	28,421	35,109	37,059	13,746	17,461	15,232	147,029
3) 간접비			37,205	45,959	48,513	17,995	22,858	19,940	192,470
4) 합 계			416,119	552,735	504,265	201,600	205,276	179,070	2,059,066

(2) 1-2 세부과제 소요예산

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		257,587	346,752	295,358	148,608	130,032	111,456	1,289,794
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	0	0	0	0	0	0	0
		시작품 제작비	110,000	180,000	150,000	85,000	70,000	56,500	651,500
		재료비	38,224	51,455	43,829	22,052	19,296	16,539	191,394
	연구 활동비	여비	21,979	29,587	25,202	12,680	11,095	9,510	110,053
		수용비및수수료	17,513	23,576	20,081	10,104	8,841	7,578	87,693
		기술정보활동비	29,707	39,990	34,063	17,138	14,996	12,854	148,747
		연구수당	38,638	52,013	44,304	22,291	19,505	16,718	193,469
3) 간접비			50,579	68,088	57,996	29,180	25,533	21,885	253,262
4) 합 계			564,227	791,460	670,833	347,054	299,297	253,041	2,925,912

(3) 1-3 세부과제 소요예산

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		104,026	139,320	113,933	0	0	0	357,278
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	0	0	0	0	0	0	0
		시작품 제작비	45,000	75,000	65,000	0	0	0	185,000
		재료비	15,436	20,674	16,907	0	0	0	53,017
	연구 활동비	여비	8,876	11,888	9,721	0	0	0	30,485
		수용비및수수료	7,073	9,472	7,746	0	0	0	24,291
		기술정보활동비	11,997	16,067	13,139	0	0	0	41,204
		연구수당	15,604	20,898	17,090	0	0	0	53,592
3) 간접비		20,426	27,357	22,372	0	0	0	70,155	
4) 합 계		228,438	320,676	265,908	0	0	0	815,022	

2. 2세부 추진분야

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		199,073	409,498	194,119	165,120	459,446	278,640	1,705,896
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	0	0	0	0	0	0	0
		시작품 제작비	0	150,000	250,000	0	150,000	300,000	850,000
		재료비	94,684	194,767	92,328	78,535	218,524	132,528	811,367
	연구 활동비	여비	17,879	36,778	17,434	14,830	41,264	25,025	153,211
		수용비및수수료	14,874	30,597	14,504	12,338	34,329	20,820	127,462
		기술정보활동비	23,744	48,842	23,153	19,694	54,800	33,234	203,469
		연구수당	27,949	57,493	27,254	23,183	64,505	39,121	239,504
3) 간접비			47,740	98,202	46,552	39,597	110,180	66,821	409,091
4) 합 계			425,944	1,026,177	665,345	353,297	1,133,049	896,189	4,500,000

(1) 2-1 세부과제 소요예산

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		134,057	273,274	124,924	165,120	459,446	278,640	1,435,460
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	0	0	0	0	0	0	0
		시작품 제작비	0	0	0	0	150,000	300,000	450,000
		재료비	63,761	129,976	59,417	78,535	218,524	132,528	682,741
	연구 활동비	여비	12,040	24,543	11,220	14,830	41,264	25,025	128,922
		수용비및수수료	10,017	20,419	9,334	12,338	34,329	20,820	107,256
		기술정보활동비	15,989	32,594	14,900	19,694	54,800	33,234	171,213
		연구수당	18,821	38,367	17,539	23,183	64,505	39,121	201,536
3) 간접비		32,148	65,534	29,958	39,597	110,180	66,821	344,238	
4) 합 계		286,833	584,707	267,291	353,297	1,133,049	896,189	3,521,366	

(2) 2-2 세부과제 소요예산

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		65,016	136,224	69,196	0	0	0	270,436
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	0	0	0	0	0	0	0
		시작품 제작비	0	150,000	250,000	0	0	0	400,000
		재료비	30,923	64,792	32,911	0	0	0	128,626
	연구 활동비	여비	5,839	12,235	6,215	0	0	0	24,288
		수용비및수수료	4,858	10,178	5,170	0	0	0	20,207
		기술정보활동비	7,755	16,248	8,253	0	0	0	32,256
		연구수당	9,128	19,126	9,715	0	0	0	37,969
3) 간접비		15,591	32,668	16,594	0	0	0	64,853	
4) 합 계		139,111	441,470	398,054	0	0	0	978,634	

3. 3세부 추진분야

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		241,488	291,024	281,736	263,160	318,888	294,120	1,690,416
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	25,000	25,000	29,000	0	25,000	25,000	129,000
		시작품 제작비	95,000	195,000	95,000	325,000	180,000	100,000	990,000
		재료비	7,543	9,090	8,800	8,220	9,960	9,187	52,800
	연구 활동비	여비	23,238	28,004	27,111	25,323	30,686	28,302	162,664
		수용비및수수료	20,367	24,545	23,762	22,195	26,895	24,806	142,571
		기술정보활동비	69,722	84,024	81,342	75,979	92,069	84,918	488,053
		연구수당	36,223	43,654	42,260	39,474	47,833	44,118	253,562
3) 간접비			55,844	67,299	65,151	60,855	73,742	68,015	390,907
4) 합 계			574,425	767,640	654,162	820,206	805,074	678,466	4,299,973

(1) 3-1 세부과제 소요예산

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		111,456	92,880	108,360	77,400	92,880	92,880	575,856
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	25,000	0	0	0	0	0	25,000
		시작품 제작비	95,000	0	95,000	0	100,000	100,000	390,000
		재료비	3,481	2,901	3,385	2,418	2,901	2,901	17,987
	연구 활동비	여비	10,725	8,938	10,427	7,448	8,938	8,938	55,413
		수용비및수수료	9,400	7,834	9,139	6,528	7,834	7,834	48,568
		기술정보활동비	32,179	26,816	31,285	22,347	26,816	26,816	166,260
		연구수당	16,718	13,932	16,254	11,610	13,932	13,932	86,378
3) 간접비		25,774	21,478	25,058	17,899	21,478	21,478	133,166	
4) 합 계		329,734	174,779	298,909	145,649	274,779	274,779	1,498,628	

(2) 3-2 세부과제 소요예산

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		130,032	198,144	173,376	77,400	77,400	77,400	733,752
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	0	25,000	29,000	0	0	0	54,000
		시작품 제작비	0	195,000	0	245,000	0	0	440,000
		재료비	4,062	6,189	5,415	2,418	2,418	2,418	22,919
	연구 활동비	여비	12,513	19,067	16,683	7,448	7,448	7,448	70,607
		수용비및수수료	10,967	16,712	14,623	6,528	6,528	6,528	61,885
		기술정보활동비	37,543	57,208	50,057	22,347	22,347	22,347	211,847
		연구수당	19,505	29,722	26,006	11,610	11,610	11,610	110,063
3) 간접비		30,070	45,821	40,093	17,899	17,899	17,899	169,679	
4) 합 계		244,690	592,861	355,254	390,649	145,649	145,649	1,874,752	

(3) 3-3 세부과제 소요예산

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		0	0	0	108,360	148,608	123,840	380,808
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	0	0	0	0	25,000	25,000	50,000
		시작품 제작비	0	0	0	80,000	80,000	0	160,000
		재료비	0	0	0	3,385	4,642	3,868	11,895
	연구 활동비	여비	0	0	0	10,427	14,300	11,917	36,644
		수용비및수수료	0	0	0	9,139	12,534	10,445	32,118
		기술정보활동비	0	0	0	31,285	42,906	35,755	109,946
		연구수당	0	0	0	16,254	22,291	18,576	57,121
3) 간접비		0	0	0	25,058	34,365	28,638	88,061	
4) 합 계		0	0	0	283,909	384,646	258,038	926,593	

4. 4세부 추진분야

(단위 : 천원)

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합 계
1) 인건비	내/외부 인건비		0	0	0	557,280	668,736	668,736	1,894,752
2) 직접비	연구장비 재료비	연구기자재및시설비	0	0	0	0	0	0	0
		시작품 제작비	0	0	0	1,500,000	2,000,000	2,000,000	5,500,000
		재료비	0	0	0	96,742	193,484	193,484	483,711
	연구 활동비	여비	0	0	0	44,582	53,499	53,499	151,580
		수용비및수수료	0	0	0	33,437	40,124	40,124	113,685
		기술정보활동비	0	0	0	61,301	73,561	73,561	208,423
		연구수당	0	0	0	83,592	100,310	100,310	284,213
3) 간접비			0	0	0	237,693	312,971	312,971	863,636
4) 합 계			0	0	0	2,614,628	3,442,686	3,442,686	9,500,000

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

연구개발과제명	모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 모듈러 건축공법 기술개발을 통해 국내외 새로운 건설시장을 개척하고 건설산업의 획기적인 생산성 향상을 위한 중고층 규모 모듈러 공법 구현 및 생산성 향상 기술 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 건설 기능인력의 노무비 상승으로 인한 건설원가 부담을 줄이고, 건축물의 탄력적 수요대응, 해외진출 건설사업의 사업다각화 및 수익성 강화 등을 위한 대안 마련 필요 - 건설 기능인력의 노무비 상승으로 인한 건설원가 부담 증가 ※ 2000년 이후 건설노무비 연평균 5~7% 상승 (생산자물가 연평균 상승율 3~4%) - 지구온난화에 따른 현장공사불능일수(폭염, 강우, 결빙) 증가 ※ 서울지역 공사불능일수: 68일(1970년대) → 83일(1990년대) → 91일(2000년대) - 현장운영여건 악화 : 교통체증, 소음, 분진 등으로 인한 잦은 분쟁으로 현장운영에 따른 부대비용 증대 - 건설산업의 고용구조 : 임시직 형태의 현장 채용 위주 → 정규직 형태의 공장 노동자로의 전환으로 안정적인 일자리 창출 및 생산성 증대 가능 ○ 2003년 학교시설 증축공사를 시작으로 국내 모듈러 시장의 규모는 점진적으로 확대되고 있으나 기존 단위모듈 제작 공장의 경우 소규모의 노동집약적 제작 방식으로 인해 단위모듈의 품질저하와 제작능률 저하를 유발하고 있음 ○ 해외의 선진 기술력을 보유한 업체와 경쟁우위에 서기 위해서는, 국내에서 자체적으로 모듈러 시스템의 필요 제품들을 생산할 수 있는 양산체제를 구축하여 생산단가를 낮출 수 있는 연구 및 개발 필요함. 특히 일본 업체의 국내 시장 진출로 추후 국내 시장과 기술이 잠식될 우려가 크므로, 모듈러 건축에 대한 독자적인 기술 개발이 시급함. ○ 현재 모듈러 주택의 설계와 시공은 서로 분리되어 진행되나 이는 공장생산의 장점을 충분히 살릴 수 없음. 설계 단계에서 시공 및 해체프로세스를 고려하여 공기단축, 시공프로세스의

표준화 등을 도출하여 해체 시 재사용성 향상이 가능하도록 하는 것이 필요함.

- 인구 밀도가 높고 주거비의 지출의 많은 국내의 경우에 향후 소규모 주거의 수요가 폭발적으로 증가할 것으로 전망됨. 또한 1~2인 가구와 같은 소규모 주거의 수요 증가에 따라 유희부지를 이용한 다양한 방식의 모듈러 주택 보급이 늘어날 것으로 예상되며, 이에 따라 모듈러 건축의 이동 및 재사용에 대한 기술 확보가 필요함.

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 기존 국내 모듈러 건축은 대부분 저층으로 중고층 관련 설계 기술 확보 및 12층 초과 고층시설에 필요한 최적의 횡력저항 시스템 기술 구축 및 주요구조부 3시간 내화구조 개발 필요
- 2D 위주 및 표준화된 설계기준 및 자재정보와 부재로 인하여 자동화시스템 및 대량생산체계 구축이 어려움
- 국내 모듈러 건축은 강재 및 RC(PC 포함)를 주로 사용하는 저층형(3층 이하) 건축물로 중고층화에 대한 구조요소 및 접합기술 부족
- 모듈러 공법의 특성을 이해하는 전문 건설인력의 부족으로 인한 품질관리가 어렵고, 과거 습식공법과 건식공법의 공정이 혼재되어 제조기간이 지연되고 있어 전체 공정의 최적화 필요
- 현재 국내 모듈러 공법의 경우, 외국기술과의 차별성이 없고 다양한 건축물에 적용하기 위한 제작 및 생산 분야의 기반기술이 구축되어 있지 않음.
- 국내의 모듈제작업체는 자체적인 생산공장을 설립한지 10년 미만으로, 체계적인 생산기술이 확보되어 있지 않음. 또한 대부분 스틸 프레임을 이용한 프레임식 모듈을 제작하고 있어 다양한 재료 및 구조형식을 고려한 모듈의 체계적인 생산기술은 부족한 편임.
- 기존 국내생산 모듈은 컨테이너와 호환되지 않아 Y사의 광수출용 모듈의 경우, 일반 벌크선을 이용해 모듈을 광지역으로 수출함으로써 공사비 상승의 요인이 되었음. 모듈의 포장시스템과 외장시스템이 별도로 사용되는 경우, 공사비 증가의 원인이 되며, 운송 및 양중 과정에서 포장시스템의 파손으로 모듈의 손상이 발생하기도 함.
- 현재 국내 모듈러 공법의 경우, 고층형 건축물에 적용하기 위한 제작 및 생산과 시공분야의 기반기술이 구축되어 있지 않

음.

- 중소기업위주로 구성되어 있는 모듈의 제작사와 대기업 위주로 구성되는 현장설치 시공사 사이의 업무표준 등이 전혀 마련되어 있지 않아 현장적용과정에서 다양한 문제점 발생 및 공기지연의 사유가 됨.
- 현재 군시설 및 기숙사 등에 적용되고 있는 공업화 주택시스템의 재사용율은 50% 정도로 추정되고 있으나 향후 공공임대주택 분야에서 이축 및 재사용을 고려한 공공임대주택의 경우 80% 수준의 재사용율 확보 필요함.
- 재사용율 제고를 위해서는 모듈간 접합부 및 설비/배관 연결 등 초기 설계 및 시공단계부터 재사용에 대한 고려가 이루어져야 하나 사업성 및 사업기간 등의 문제로 현실적인 대안을 제시하진 못하고 있음.
- 재사용을 고려한 기존 모듈러 건축물의 경우 임시건축물 수준의 한정된 내외장 재료가 적용되고 있으며 모듈간 접합부 등에서 단열, 기밀 성능에 문제가 발생하고 있음.

○ 국외기술동향

- 최적화된 공정으로 대량생산에 적합한 모듈 제작 기술을 보유하고 있음. 대량생산을 위해 제작프로세스의 최적화 이외에도 설비시스템 등의 개별 component 개발을 통해 제작효율을 높이고 있음.
- 전기 설비 및 냉난방, 급배수용 배관 일체화 모듈 제작으로 공장에서 제작하고 현장에서 조립하여 완성
- 자립형 설비시스템이 구축된 단위 유닛으로 높은 공장 제작율 달성 가능
- ISO9001 품질매니지먼트시스템 운용으로 일정한 품질의 모듈 유닛 제공
- 영국 및 독일을 중심으로 한 유럽과 일본에서는 공장생산 기반의 공업화공법 개발이 활성화되어 다양한 용도로 적용되고 있음
- 공업화 주택선진국(유럽 및 북미)의 경우 영구주택과 임시주택(temporary housing)의 비중이 각각 50% 수준이며, 특히 영국의 경우 재사용 및 재활용이 가능한 공업화 공법의 공공주택 적용이 많은 관심을 갖고 있음. 또한 다양한 내외장재 적용기술을 보유하고 있어 재사용이 가능하면서도 심미적으로 우수한 외관 디자인 가능

- 영국의 경우 RC코어 + 모듈 복합구조를 활용한 24층 규모 모듈러 건축 실현하여 고층 모듈건축에 대한 구조적 안전성을 확보하고 있음.
- 미국의 경우 모듈러 건축의 구축에서 BIM 설계를 활용하여 설계·구조·설비 등에 활용하여 32층 이상 규모의 모듈러 건축 실현 및 적용 중이며, 2015년 이후 55층을 설계하여 적용할 예정임.
- 영국 및 독일을 중심으로 한 패시브 하우스에서 사용가능한 외벽체 시스템의 연구개발이 진행되고 있으며, 일본은 북해도 지역의 한랭지역에 적합한 외벽체 시스템이 구성되어 있으나, 모듈러 건축물에 맞는 패널방식의 외피시스템은 구성되어 있지 않음.
- 일본 정부는 2009년 ‘장기우량주택인정제도’를 시행하고, 인정받은 장기우량주택에 대해서 각종 세제혜택 및 저금리 융자를 실시하여 고품질 공업화주택 확산에 기여.
- LEED, CASBEE 등 국외의 성능인정제도의 경우 건축물의 리사이클 등 자원순환에 대한 평가 시행.
- 영국의 Verbus사는 화물 운송용 컨테이너와 호환되는 모듈러 시스템 적용하여 운송비를 절감하고 있으며, 독일의 Alho사는 flat pack 시스템을 이용해 기존 모듈대비 운송 부피를 1/6으로 절감하고 있음. 독일의 Cadolto등의 해외 수출용 모듈은 방수기능이 포함된 벽체 일체형 금속 포장재를 이용해 터키 생산 및 러시아 수출에 적용함.
- 영국의 Yorkon사, 독일의 Cadolto사 등은 실험실, 병원 등의 시설물을 모듈로 제작하여 다양하게 적용하고 있음. 특히 독일의 Cadolto사는 러시아 지역에 병원모듈을 직접 수출한 경험이 있으며, 다양한 해외 프로젝트에 모듈러 시스템을 적용하고 있음.
- 공업화 모듈러 건축공법 선진국(영국)의 경우, 24층 규모의 고층형 모듈러 건축이 시공된 바 있음. 이를 위해 RC코어와 모듈간의 시공오차 및 제작 오차 조정이 용이한 접합시스템을 적용한 바 있음.
- 고층형 모듈러 건축이 활성화된 영국의 경우, 외장작업을 위해 비계가 필요없는 lift형 가설장치를 사용함

3. 연구개발내용

☐ 세부과제별 [1세부과제] 모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발

연구내용

- 시장수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계 기술개발
 - 용도별(주거 및 준주거) 모듈러 건축 기준 및 Prototype 개발
 - 중고층형 모듈러 건축물의 BIM기반 통합 설계 기술 개발
 - BIM 제작 및 현장 시공 시뮬레이션 개발
- 중고층 모듈러 건축 구조시스템 및 내화성능 향상 기술개발
 - 모듈러 건축물 내화성능 향상 기술 개발
 - 강-PC 복합형 모듈러시스템 개발
 - 모듈러건축 대응 복합 코어 및 Mega structure system 개발
- 모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 수립
 - 모듈러 건축 성능기준 및 인정제도 개발
 - 모듈러 건축물 통합발주 및 계약시스템 개발

[2세부과제] 모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술 개발

- 유닛모듈 공장제작 생산성 향상 기술개발
 - 공장 제작도면(shop drawing) 표준화 기술 개발
 - 대량생산을 고려한 공장프로세스 최적화 기술 개발
 - 제작 단계별 품질관리 기술 개발
 - 모듈러 건축용 바닥시스템 개발 및 습식 제작공정 최적화 기술
 - 모듈러 건축용 설비시스템 개발
- 모듈러 건축재료 다양화 기술개발
 - 시공성 개선을 위한 구조부재 다양화 기술
 - 사용성 개선을 위한 내외장재 다양화 기술

[3세부과제] 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술 개발

- 유닛모듈 운송 효율화 기술개발
 - 선제작 모듈 파손예방을 위한 육상운송 지침 개발
 - 운송부피 절감을 위한 확장형 모듈 시스템(Lift-up, Sliding 모듈) 개발
- 현장 시공프로세스 최적화 기술개발
 - 중고층형 모듈 시공프로세스 개발
 - 현장 양중계획 및 안전관리기술 개발
 - 장비 및 인력운용 최적화 기술 개발
 - 현장설치 효율제고를 위한 접합장비 개발
- 순환형 모듈러 건축 시스템 개발
 - 모듈러 건축 해체 및 재설치 프로세스 개발
 - 재사용을 고려한 모듈간 접합시스템 개발
 - 재사용성 제고를 위한 모듈러 건축 내외장시스템 개발
 - 해체 가능한 기초 및 주각시스템 개발

[4세부과제] 중고층 모듈러 건축 실증사업 추진

4. 연구개발 추진방법

- ☐ 추진전략
- 본 연구는 연구소, 대학, 해외 건설사, 모듈러 건축 업체, 공공기관, 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시
 - 국내외의 전문제작사 및 엔지니어링사와의 기술협력
 - 해외 진출 국내 건설사 등의 국제 네트워크를 적극적으로 활용
 - 모듈러 건축물의 제작 기술의 경우 이미 수행되고 있는 사례가 있으므로, 기존 국내외에서 수행중인 모듈러 건축기술을 개량, 발전하여 다양한 시설물에 적용할 수 있도록 수행.
 - 모듈러 제조사 및 현장 실태조사를 기반으로 하는 실효성 있

는 정책 및 제도 개발	
□ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발 사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 시장수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계 기술 ○ 중고층 모듈러 건축 구조시스템 및 내화성능 향상 기술 ○ 모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 ○ 유닛모듈 공장제작 생산성 향상 기술 ○ 모듈러 건축재료 다양화 기술 ○ 유닛모듈 운송 효율화 기술 ○ 현장 시공프로세스 최적화 기술 ○ 순환형 모듈러 건축 시스템 ○ 중고층형 모듈러 건축물 실증
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 중층규모의 LH, SH, 민간건설사 등 공동주택(공공임대 등), 대학 등의 신축시 요소기술 적용 및 기술보급 ○ 기존 실적위주 저가수주 및 구낸 기업들 간 과다경쟁으로 약화된 해외건설사업 경쟁력 향상을 위한 사업 다각화 및 수익성 강화 ○ 모듈러 건축 관련 정책 및 제도 개선을 통해 국내 모듈러 건축 시장 증대 가속화에 기여 ○ 순환형 모듈러 건축 시스템을 통한 해외 이동 및 재사용이 요구되는 저층 주거시설 건설시장 진입 ○ 고층 모듈러 건축공법으로 국내 고층 주거 건설시장에 진입. * 별도의 작업부지가 확보가 어려운 도심지 고층건축물 건설시장에서 경쟁력 확보 ○ 모듈 생산공장 자동화 설비 시스템을 통해 생산된 저비용, 고품질 모듈을 이용한 해외시장 경쟁력 확보 ○ 모듈 현지생산 방식으로 해외 프리패브건축 공사 경쟁력 확보

	○ 양중 및 운송장비 최적화로 해외 중고층 주거시설 시장에서 경쟁력 확보
□ 기대효과	○ 80% 이상 공장제작을 통한 공기 단축, 인건비 감소로 기존 공사비 대비 12% 절감 및 현장공사기간 50% 단축 가능 * 현재 일반 공동주택 공사비(540만원/3.3m²) 및 공사기간(18개월) ○ 모듈러 공법을 이용한 해외사업 수주시 모듈 제작을 위한 건설자재 등의 국내 매출발생효과 및 고용창출효과 * 해외 모듈러 공법 적용사업 1,000억 수주시 국내 건설자재 매출 250억 재창출 및 공장노무자 고용효과 470명 기대 (추정 근거: 기존 모듈러 사업 내역기준 총 사업비 중 공장제작 재료비 50%, 공장 노무비 14.2%) ○ 건설사업의 다각화 및 수익성 강화 전략으로 기존 실적위주 저가수주 및 국내 기업들 간 과다경쟁으로 악화된 해외사업 경쟁력을 향상
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2020. 07. (6년) - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월) ○ 총 정부출연금 : 24,100백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 2,209백만원 이내
8. 기 타	○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 * www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

- ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

1 세부과제명	모듈러 건축 설계 및 엔지니어링 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 시장 수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계기술 개발 ○ 중고층 모듈러 건축 구조시스템 및 내화성능 향상 기술 개발 ○ 모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 수립
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	☐ 연구개발의 필요성 ○ 국내 환경 측면의 필요성 - 향후 1~2인 가구 소형 거주공간의 폭발적 요구에 대응할 수 있는 대규모 중고층 건축이 가능한 초저가형 신속 공급 구법 및 기술개발 필요 - 모듈러 건축기술 선진국 및 신흥국가에 맞서 국내시장 보호 및 시장선점을 위한 고품질, 다양한 용도에 적용 가능한 중고층 모듈러 건축기술 개발 필요 - 모듈러 건축 선진국에 맞서 국내시장 보호 및 해외 시장 공략을 위해 고품질 및 표준화된 기준이 전제됨 - 모듈러 건축의 확산을 위해서는 기존 습식공법에 비하여 경제성 확보가 무엇보다 중요하며, 이를 위한 저가 보급형 유닛 설계수법 개발 필요 - 공장제작율 제고, 정밀시공, 재이용/재사용율 향상 등을 위하여 BIM 통합설계 연계 제작, 시공, 유지관리 단계별 시뮬레이션 및 적용기술 필요 - 경제성과 안전성이 확보된 단위 모듈 시스템의 개발과 다양한 재료를 복합화한 단위 및 조합 모듈러 접합시스템 개발 필요함 - 중고층화를 위해서는 횡력저항 최적 복합구조 시스템 기술 구축으로 모듈러 건축물의 구조안전성 확보하는 기술이 필요함 - 모듈러 건축물은 철근콘크리트 구조에 비해 상대적으로 화재에 취약한 점이 있음. 이에 따라 화재시 안전한 모듈러 건축물과 모듈러 건축물의 고층화를 위해서는 주요부재 내화 3시간까지의 모듈러 건축물 내화시스템 개발이 필요하며, 고가의 내화비용으로 인한 낮은 가격경쟁력을 개선할 수 있는 모듈러 건축에 최적화된 내화기술이 필요 - 1993년 공업화주택 활성화를 위한 공업화 주택 인정제도가 도입되었으나 인정 취득업체가 3개사에 불과할 뿐만 아니라 국민들의 공업화주택 성능에 대한 부정적 선입관이 크게 자리

잡고 있어, 공업화 공법의 일종인 모듈러 건축 성능 인정과 활성화를 위한 관련 기준 제·개정 및 정책개발이 필요함

- 2013년 환경부는 폐기물을 단순 매립하여 처리하는 것을 최소화하고 재활용을 극대화하여 자원을 줄이자는 국정과제를 채택

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 모듈러 건축 선진국에 대응하고 국내시장 보호 및 해외 시장 공략을 위해 고품질 및 표준화가 반드시 전제되어야 함
- 모듈러 선진국에서는 BIM을 활용하여 설계함으로써 설계, 시공, 공장제작, 유지관리 부분에서 효율성을 높이고 있는 실정임
- 다양한 재료를 복합화 하여 적용하고 있으며, 초고층화 모듈 시스템 구축을 위한 구조시스템과 내화기술을 개발하고 현장 적용하여 기술을 축적하고 있음
- 국내시장 활성화 및 확대되고 있는 해외시장을 개척하기 위해서는 부가가치가 높은 모듈러 건축물 활성화를 위한 정책 및 제도 개발 필요함

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 기존 모듈러 건축은 대부분 저층으로 중고층 관련 설계기술 확보 필요
- 2D 위주 및 표준화된 설계기준 및 자재정보화 부재로 인하여 자동화시스템 및 대량생산체계 구축이 어려움
- 국내 모듈러 건축은 강재 및 RC(PC 포함)를 주로 사용하는 저층형(3층 이하) 건축물로 중고층화에 대한 구조요소 및 접합기술 부족
- 12층 초과 고층시설에 필요한 최적의 횡력저항 시스템 기술 구축 및 주요 구조부 3시간 내화구조 개발 필요
- 현행 공업화주택 인정 대상은 단독 및 공동주택으로 한정되어 있어 비주거 건축물에 적용하는 것은 한계가 있으며, 성능 인정항목 및 인정방법이 공장에서 생산하여 현장에서 조립하는 공업화 공법의 특성을 충분히 반영하지 못하고 있다는 문제점이 제기되고 있음
- 분리발주로 인하여 모듈러 건축물 생산 체계의 비효율성 및 공정별 간접비, 인건비 등의 중복으로 경쟁력 향상에 장애요

인이 되고 있음

○ 국외기술동향

- 영국의 경우 RC코어 + 모듈 복합구조를 활용한 24층 규모 모듈러 건축 실현하여 고층 모듈건축에 대한 구조적 안전성을 확보하고 있음
- 미국의 경우 모듈러 건축의 구축에서 BIM 설계를 활용하여 설계·구조·설비 등에 활용하여 32층 이상 규모의 모듈러 건축 실현 및 적용 중이며, 2015년 이후 55층을 설계하여 적용할 예정임
- 일본 정부는 2009년 ‘장기우량주택인정제도’를 시행하고, 인정받은 장기우량주택에 대해서 각종 세제혜택 및 저금리 융자를 실시하여 고품질 공업화주택 확산에 기여
- LEED, CASBEE 등 국외의 성능인정제도의 경우 건축물의 리사이클 등 자원순환에 대한 평가 시행

3. 연구개발내용

□ 세부과제별

[1-1세부과제]

연구내용

- 시장 수요 대응형 BIM기반 중고층화 모듈러 건축 설계기술 개발
 - 용도별(주거 및 준주거) 모듈러 건축 기준 및 Prototype 개발
 - 중고층형 모듈러 건축물의 BIM기반 통합 설계 기술 개발
 - BIM 제작 및 현장 시공 시뮬레이션 개발

[1-2세부과제]

- 중고층 모듈러 건축 구조시스템 및 내화성능 향상 기술 개발
 - 강-PC 복합형 모듈러시스템 개발
 - 모듈러건축 대응 복합 코어 및 Mega structure system 개발
 - 모듈러 건축물 내화성능 향상 기술 개발

[1-3세부과제]

- 모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 수립
 - 모듈러 건축 성능기준 및 인정제도 개발
 - 모듈러 건축물 통합발주 및 계약시스템 개발

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략 ○ 기존 국내에서 연구개발 중인 모듈러 표준화 기술을 적용하는

	BIM기반 모듈러 건축기술을 연계 발전시켜 중·고층형 모듈러 건축 시스템 기술 개발 ○ BIM을 플랫폼으로 한 계획/설계, 구조, 제작, 시공의 Life cycle 통합기술 개발 ○ 강-PC 복합형 모듈 및 재료복합형 모듈러시스템 기술개발과 연계하여 프로토타입을 개발하고, 모듈러 건축 대응 횡력저항 구조요소 시스템을 개발 ○ 중소기업과 협력을 통한 현장 밀착형 모듈러 내화 시스템 개발과 향후 국내외 신규 시장 창출 ○ 모듈러 건축물 관련 국내외 정책 및 제도 분석을 통한 문제점 및 시사점 도출 ○ 모듈러 제조사 등 관련 업체 의견조사 및 현장 실태조사를 기반으로 하는 실효성 있는 정책 및 제도 개발 ○ 주거 및 준주거 건축물까지 포함할 수 있는 성능기준 등급화 및 인정제도 개발
□ 추진체계	○ 본 과제의 성과물의 효과적인 성능 검증 및 현장적용을 위해 유기적인 연구계획을 수립하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안 및 향후 기술이전을 전제로 한 연구개발 추진체계 수립
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ (1)차년도 - 모듈러 건축 설계도서 작성기준 및 자재/부품 표준화 기준개발 - 용도별(주거 및 준주거) BIM 설계기준 수립 - BIM 라이브러리 표준화 기준(안) 제안 - 주요자재 및 부품의 BIM 라이브러리 구축 - 제작, 시공(운반, 설치) 및 유지관리 단계별 BIM 매개변수 정보 체계 기준 수립 - 강구조 기반 PC 복합화 요소 기술 - 복합 단면형 횡력저항 시스템 요소 기술 - 중고층 모듈러 건축물 대응 내화 요소기술 개발 및 경제성 분

석

- 모듈러 건축 인정제도 구성체계 및 성능인정 항목 정립
- 모듈러 건축 건설사업 구조 문제점 도출 및 개선 방향 정립

○ (2)차년도

- 용도별 단위 유닛 설계 및 유닛모듈러 조합방식 개발
- 모듈러 건축물 BIM 라이브러리 정보화 체계 구축 및 분류체계 구축
- 용도에 따른 유닛별 라이브러리 구축 및 개별 프로세스 구축
- BIM 연계 구조해석/설계 솔루션 양방향 인터페이스 정보 프레임웍 개발
- 제작, 시공 및 유지관리를 위한 BIM 라이브러리 코드화 구축
- BIM 기반 모듈러 건축물 최적 현장배치(Site Logistics) 계획
- 강-PC 구조복합형 단위 모듈러 및 접합부 설계 기술
- 부재 복합형 횡력저항 시스템 요소기술
- 중고층 모듈러 건축물에 최적화된 내화시스템 설계도서 및 기술특허
- 모듈러 건축 특성 반영 성능인정 항목별 기준 및 인정방법 정립
- 모듈러 계약 시스템 및 일위대가 기준 개발

○ (3)차년도

- 용도별 모듈러 건축 Prototype 및 저가 보급형 유닛 개발
- 모듈러 건축물 BIM 통합설계 기술 구축(설계도서/매뉴얼)
- BIM 연계 구조해석/설계 솔루션 양방향 인터페이스 개발
- 모듈러 건축물 제작 및 시공 협업 인터페이스 구축
- 제작 및 시공표준공정 검증 몬테카를로 시뮬레이션 기법 구축
- 모듈러 복합화 구조형식(라멘, 벽식, 벽라멘 등) 및 구법
- 구조형식 복합형 횡력저항 시스템 요소 기술
- 모듈러 건축물 성능적 내화설계기술 개발 및 내화설계 지침서
- 모듈러 건축 내화구조 인정제도 개선
- 모듈러 건축 인정제도 및 절차기준 제정(안) 제시
- 모듈러 건축물 통합발주 시스템 개발 및 관련 기준 개정(안) 제시
- 모듈러 건축 인정제도 및 시장 활성화 방안 제시

○ (4)차년도

- 모듈러 건축물 공장 제작 공종별 프로세스 수립
- 모듈러 건축물 현장조립 공종별 프로세스 수립

- 공정별 적정 LOD 수준의 객체기반 WBS 구축
- 높이에 따른 적정 양중 방식 선정전 경제성 분석 시뮬레이션
- 횡력저항 성능 검증 통한 최적 구조형식
- 중고층 모듈러 건축물 최적화 통합구조설계 기법

○ (5)차년도

- 공장제작 및 현장시공에 이용 가능한 BIM 기반 공작제작도 및 상세도서 작성
- 모듈러 건축물 공장제작 및 현장조립 공정 가상 시뮬레이션
- 유닛모듈러 추적관리(제작, 적재, 운반, 양중, 설치, 유지관리 모니터링 시스템 개발
- 모듈러 건축물 BIM 제작, 운반 및 시공기술 가이드라인 구축
- 모듈러 건축물 BIM기반 공정 및 공사비 관리시스템 개발
- 실증 구현기술의 타당성 평가 기술서
- Pilot 프로젝트 구조해석 및 설계도서
- 공장 제작 및 현장 조립시공 기술지원 보고서

○ (6)차년도

- BIM 통합(제작, 운반·시공, 유지관리) 관리시스템 구축
- 중·고층화 모듈러 건축물 BIM 통합기술 설계 가이드라인 구축
- BIM기반 모듈러 건축물 통합 운영 매뉴얼 작성
- Pilot 프로젝트 적용 및 제작 및 시공기술 검증 보완
- 모듈러 건축물 BIM기반 교육 콘텐츠 개발 및 홍보
- 중·고층화 모듈러 건축물 구조설계 가이드라인 구축
- 모듈러 건축물 통합구조설계 기준

6. 활용방안 및 기대효과

- 용도별 모듈러 건축물 설계시 활용 (연구소 및 기업체)
- 모듈러 건축물 부품 및 구성재 표준화 기준으로 활용(국토부, 조달청, 기업체)
- 보급형 유닛개발을 통한 임시 거주공간 및 개발도상국 저렴 주택 수출에 활용(기업체, 방재청, 국토부, 지자체)
- 활용방안 ○ 모듈러 건축물 정보화 및 가상 공장제작·현장공정 시뮬레이션을 통한 공기단축(기업체)
- 부품 및 부재의 정보화 활용 모듈러 건축물 자동생산라인 구축(기업체)
- 중고층화 대응 가능한 표준 모듈 실용화 구현(기업체)
- 중소기업과 협력으로 현장 밀착형 모듈러 건축물 외피, 벽체

	개발(기업체) ○ 복합/하이브리드 모듈러 시스템 구조 분야 관련 기준으로 활용(기업체, 국토부, 학계) ○ 중고층 내화설계 성능기반 시스템 토대 구축 및 실용화 기술로의 활용(기업체) ○ 재료 및 구조형식 복합형 모듈러 횡력저항 복합구조 시스템 구축을 통한 원천 기술 확보(기업체) ○ 중고층 모듈러 건축 활성화 및 국내외 시장 창출을 통한 고용창출 효과 ○ 모듈러 건축물 정책 및 제도 개발에 활용(국토부 및 연구소) ○ 관련 법령 개정시 활용 (국토부 및 지자체) ○ 모듈러 건축물 인센티브 근거 제공 (국토부 및 지자체) ○ 모듈러 건축물 공사단가 및 인건비 합리화에 활용 (국토부, 조달청, 지자체, 기업체) ○ 공공건축물 발주에 활용 (국토부 및 지자체)
□ 기대효과	○ 건축물 용도별 설계기술 및 표준화된 설계도서 작성기준의 개발을 통하여 시장수요 대응 모듈러 건축 확산 ○ BIM 설계 및 정보 표준화를 통한 공장제작 효율화 및 공사비 절감 ○ 모듈 및 실증사업 BIM기반 설계를 통한 건설 정보화 설계 시장 창출 ○ 강-PC 및 재료 복합형 모듈러 건축 기술 개발을 통하여 국내외 시장창출 및 맞춤형 수요 대응 모듈러 건축 확산 ○ 세계 최고수준의 고층화 횡력대응 복합구조 시스템 기술력 확보를 통한 국내시장 보호 및 해외시장 진출 교두보 ○ 중고층 대응 모듈러 건축물의 성능 기반한 내화성능 확보 통한 저비용의 내화설계 기법 구축 ○ 중고층 대상 모듈러 사용 공업화주택 인정제도 실시를 통하여 객관적 성능확보 및 각종 인센티브 적용 등을 통한 시장 확대에 기여 ○ 모듈러 건축물 대상 인건비 산정기준 및 일위 대가 기준의 정립, 모듈러 건축물 계약 통합계약 발주시스템 개발을 통하여 합리적인 사업 환경기반 마련 ○ 단위모듈에 대한 성능인증제도 도입을 통해 유닛 모듈의 효과적인 품질관리가 가능함. 제조사 및 제조과정에 따라 균일하지 않은 품질을 인증제도를 통해 관리함으로써 전체적인 품질

향상 및 수요자의 신뢰도 증가를 통한 시장 확대를 기대할 수 있음	
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2020. 07. (6년) - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월) ○ 총 정부출연금 : 5,800백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 1,208백만원 이내
8. 기 타	○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시 ○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발

계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음

- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용

※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

1-1 세부과제명	시장 수요 대응형 BIM기반 모듈러 건축 설계 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 용도별 모듈러 건축 기준 및 프로토타입 개발 ○ 모듈러 건축물 BIM 통합설계 기술 개발 ○ BIM 통합설계 연계 제작 및 시공 단계별 시뮬레이션 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 국내 환경 측면의 필요성 - 향후 1~2인 가구 소형 거주공간 및 준주거 시설의 폭발적 요구에 대응할 수 있는 대규모 중고층 건축이 가능한 신속 공급구법 필요 - 모듈러 건축 선진국에 맞서 국내시장 보호 및 해외 시장 공략을 위해 고품질 및 표준화된 기준이 전제됨 - 모듈러 건축의 확산을 위해서는 기존 습식공법에 비하여 경제성 확보가 무엇보다 중요하며, 이를 위한 저가 보급형 유닛 설계수법 개발 필요 - 설계 효율성 및 경제성 확보 등을 위하여 BIM 통합설계기술 필요 - 공장제작을 제고, 정밀시공, 재이용/재사용을 향상 등을 위하여 BIM 통합설계 연계 제작, 시공, 유지관리 단계별 시뮬레이션 및 적용기술 필요 ○ 해외 환경 측면의 필요성 - 건설시장의 규모가 큰 해외의 모듈러 건축은 제작 및 생산업체 마다 부재 및 부품의 상이한 기준 및 규격을 갖고 있어 경제성 및 유지관리에 호환성 확보가 어려운 실정임 - 해외 모듈러 시장은 현지의 사정에 따라 프로젝트 유형이 다르므로 이에 적합한 시스템 개발이 필요하며, 일차적으로 재사용이 가능한 현장 노무자 숙소 등의 니즈가 높음 - 모듈러 선진국에서는 BIM을 활용하여 설계함으로서 설계, 시공, 공장제작, 유지관리 부분에서 효율성을 높이고 있는 실정임 □ 기술동향 ○ 국내기술동향 - 기존 모듈러 건축은 대부분 저층 준주거 건물로, 중고층 및 다양한 용도의 설계기술 확보 필요 - 2D 위주 및 표준화된 설계기준 및 자재정보화 부재로 인하여 자동화시스템 및 대량생산체계 구축이 어려움

	○ 국외기술동향 - 모듈러 건축 산업의 선도국가인 미국과 영국은 고층 주거시설, 호텔, 병원, 상점, 공공건물 등 다양한 유형의 건축물에 모듈러 공법이 적용 중에 있음 - 미국의 경우 모듈러 건축의 구축에서 BIM 설계를 활용하여 설계·구조·설비 등에 활용하여 32층 이상 규모의 모듈러 건축 실현 및 적용 중
3. 연구개발내용	
세부과제별 연구내용 ○ 용도별(주거 및 준주거) 모듈러 건축 기준 및 Prototype 개발 - 모듈러 건축 표준화된 설계도서 작성기준 및 자재/부품 표준화 개발 - 용도별 모듈러 건축물 단위 유닛 설계 및 저가보급형 유닛 개발 - 유닛모듈러 조합방식 개발 - 용도별 모듈러 건축물 Prototype 개발 ○ 모듈러 건축 BIM 통합설계 기술개발 - 모듈러 건축물 BIM 라이브러리 구축 및 개별 프로세스 구축 - 모듈러 건축물 BIM 건설 분류체계 구축 - BIM 연계 구조해석/설계 솔루션 양방향 인터페이스 개발 - 모듈러 건축물 BIM 통합설계 기술 구축(설계도서/매뉴얼) - 공장제작 및 현장시공을 위한 제작도 및 상세도서 작성 ○ BIM 통합설계 기반 제작 및 현장 시공 시뮬레이션 기술개발 - 제작, 운반/시공, 유지관리 단계별 BIM 매개변수 정보화 시스템 구축 - 제작, 시공 및 유지관리를 위한 BIM 라이브러리 코드화 구축 - 모듈러 건축물 공장제작/현장조립 공종별 프로세스 수립 및 가상 시뮬레이션 평가 - 모듈러 건축물 BIM기반 공정 및 공사비 관리시스템 개발 - BIM 기반 모듈러 건축물 통합 운영 매뉴얼 작성 - Pilot 프로젝트 적용 및 제작 및 시공기술 검증	
4. 연구개발 추진방법	
추진전략 ○ 모듈러 제조업체와의 긴밀한 협력 및 표준화된 설계도서 작성기준에 의거한 실효성 있는 용도별 프로토타입 개발 ○ 모듈러 건축재료 다양화 기술개발과 연계하여 보급형 모듈러 프로토타입 개발	

	○ 기존 국내에서 연구개발 중인 BIM기반 모듈러 건축기술을 연계 발전시켜 중·고층형 모듈러 건축 통합 시스템 기술 개발 ○ BIM을 플랫폼으로 한 계획/설계, 구조, 제작, 시공, 유지관리의 Life Cycle 통합기술 개발
□ 추진체계	○ 산.학.연 협력 운영조직과 구성을 통한 핵심적이고 실용성 높은 기술 및 기준 개발 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ (1)차년도 - 모듈러 건축 설계도서 작성기준 및 자재/부품 표준화 기준개발 - 용도별(주거 및 준주거) BIM 설계기준 수립 - BIM 라이브러리 표준화 기준(안) 제안 - 주요자재 및 부품의 BIM 라이브러리 구축 - 제작, 시공(운반, 설치) 및 유지관리 단계별 BIM 매개변수 정보 체계 기준 수립 ○ (2)차년도 - 용도별 단위 유닛 설계 및 유닛모듈러 조합방식 개발 - 모듈러 건축물 BIM 라이브러리 정보화 체계 구축 및 분류체계 구축 - 용도에 따른 유닛별 라이브러리 구축 및 개별 프로세스 구축 - BIM 연계 구조해석/설계 솔루션 양방향 인터페이스 정보 프레임웍 개발 - 제작, 시공 및 유지관리를 위한 BIM 라이브러리 코드화 구축 - BIM 기반 모듈러 건축물 최적 현장배치(Site Logistics) 계획 ○ (3)차년도 - 용도별 모듈러 건축 Prototype 및 저가 보급형 유닛 개발 - 모듈러 건축물 BIM 통합설계 기술 구축(설계도서/매뉴얼) - BIM 연계 구조해석/설계 솔루션 양방향 인터페이스 개발 - 모듈러 건축물 제작 및 시공 협업 인터페이스 구축 - 제작 및 시공표준공정 검증 몬테카를로 시뮬레이션 기법 구축 ○ (4)차년도 - 모듈러 건축물 공장 제작 공종별 프로세스 수립 - 모듈러 건축물 현장조립 공종별 프로세스 수립 - 공정별 적정 LOD 수준의 객체기반 WBS 구축

	- 높이에 따른 적정 양중 방식 선정전 경제성 분석 시뮬레이션 ○ (5)차년도 - 공장제작 및 현장시공에 이용 가능한 BIM 기반 공작제작도 및 상세도서 작성 - 모듈러 건축물 공장제작 및 현장조립 공정 가상 시뮬레이션 - 유닛모듈러 추적관리(제작, 적재, 운반, 양중, 설치, 유지관리 모니터링 시스템 개발 - 모듈러 건축물 BIM 제작, 운반 및 시공기술 가이드라인 구축 - 모듈러 건축물 BIM기반 공정 및 공사비 관리시스템 개발 ○ (6)차년도 - BIM 통합(제작, 운반·시공, 유지관리) 관리시스템 구축 - 중·고층화 모듈러 건축물 BIM 통합기술 설계 가이드라인 구축 - BIM기반 모듈러 건축물 통합 운영 매뉴얼 작성 - Pilot 프로젝트 적용 및 제작 및 시공기술 검증 보완 - 모듈러 건축물 BIM기반 교육 콘텐츠 개발 및 홍보
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 용도별 모듈러 건축물 설계시 활용 (연구소 및 기업체) ○ 모듈러 건축물 부품 및 구성재 표준화 기준으로 활용(국토부, 조달청, 기업체) ○ 보급형 유닛개발을 통한 임시거주공간 및 개발도상국 저렴주택 수출에 활용(기업체, 방재청, 국토부, 지자체) ○ 모듈러 건축물 정보화 및 가상 공장제작·현장공정 시뮬레이션을 통한 공기단축(기업체) ○ 부품 및 부재의 정보화 활용 모듈러 건축물 자동생산라인 구축(기업체)
□ 기대효과	○ 건축물 용도별 설계기술 및 표준화된 설계도서 작성기준의 개발을 통하여 시장수요 대응 모듈러 건축 확산 ○ 모듈러 건축분야 세계 최고수준의 고층화 건축기술력 보유를 통한 국내시장 보호 및 해외시장 진출 ○ BIM 설계 및 정보 표준화를 통한 공장제작 효율화 및 공사비 절감 ○ 모듈 및 실증사업 BIM기반 설계를 통한 건설 정보화 설계 시장 창출
7. 연구개발기간 및 소요예산	

- 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2020. 07. (6년)
 - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월)
- 총 정부출연금 : 2,059백만원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 416백만원 이내

8. 기 타

- 본 과제와 보안등급은 “일반/보안 과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음

- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용

※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

1-2 세부과제명	중고층 모듈러 건축 구조시스템 및 내화성능 향상 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 강-PC 복합 모듈러시스템 기술 개발 ○ 모듈러 건축 대응 복합코어 및 Mega structure system 기술 개발 ○ 모듈러 건축 내화성능 향상 기술 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	☐ 연구개발의 필요성 ○ 국내 환경 측면의 필요성 - 저층 주거시설에 집중된 낮은 수준의 관련기술을 일시에 다양한 용도에 활용이 가능한 중고층 모듈건축 기술로 발전시켜 국내는 물론 해외시장을 겨냥한 고부가가치 산업 창출 및 육성 필요함. - 숙련기능부족, 현장공사비용 대폭증가, 건설 산업의 공업화 필요성 대두 - 신속·양질 건축물 수요 증가, 인구밀도 밀집형상에 대한 중고층화 필요 - 경제성과 안전성이 확보된 단위 모듈 시스템의 개발과 다양한 재료를 복합화한 단위 및 조합 모듈러 시스템 개발이 필요함. - 중고층화를 위한 횡력저항 최적시스템 기술 구축으로 모듈러 건축물의 구조안전성 확보는 물론 경제성을 확보함 - 모듈러 건축물은 철근콘크리트 구조에 비해 상대적으로 화재에 취약한 점이 있음. 이에 따라 화재시 안전한 모듈러 건축물 구축과 모듈러 건축물의 고층화를 위해서는 주요부재 내화 3시간의 모듈러 건축물 내화시스템 관련 기술개발이 필요함 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 다양한 재료를 응용 복합화 하여 모듈러 건축물을 실현하고 있으며, 초고층화 모듈시스템 구축을 위한 구조시스템 기술을 개발하고 현장 적용하여 기술을 축적하고 있음 - 성능설계법에 기반한 내화설계로 경제적이고 합리적인 내화시간 확보 요소기술을 도입하여 중층 이상에 건축물에 적용하고 있어 이에 대응할 수 있는 기술의 개발이 필요함 ☐ 기술동향 ○ 국내기술동향 - 현재 군시설 및 기숙사, 학교, 소규모 주택 등에 적용 중임 - 국내 모듈러 건축은 주로 경량철골조로 바닥은 RC 또는 PC

- 를 이용한 저층형(3층 이하) 건축물로 중고층화에 대한 요소 기술 및 접합기술이 턱없이 부족함
- 중고층 모듈러 건축에 필요한 단위 모듈 구조, 접합시스템 같은 횡력저항 최적구조 시스템 개발 필요함
 - 일반 건축물용 내화시스템을 적용하고 있어 모듈러 건축물의 특성을 반영하지 못하고 비경제적인 내화시스템을 적용하고 있는 실정으로 모듈러 건축용 최적화 내화시스템 미확보로 인한 세계적 기술 발전 흐름에 뒤떨어져 국가경쟁력이 낙후되어 있음
- 국외기술동향
- 영국 및 독일을 중심으로 한 유럽과 일본에서는 공장생산 기반의 공업화주택 개발이 활성화되어 다양한 용도로 적용되고 있음
 - RC 등의 코어 전단벽 시스템 및 개방형 삼입형 라멘구조으로 횡력에 저항하는 25층 이상의 고층화 모듈러 건축 구조시스템 기술을 보유하고 있음
 - 횡력저항 가새골조와 적층 모듈 방식을 통한 32층 규모의 고층 모듈건축 구조시스템 기술 개발하여 2014년 현재 시공 중이며, 2015년 이후 55층을 설계하여 적용할 예정이며, 2020년 이내 100층을 실현할 계획임
 - 중고층 이상의 모듈러 건축에서도 국내에 비해서 경제적이고 합리적인 성능위주 내화설계기술 및 시스템을 적용하고 있음

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

- 강-PC 복합형 모듈러시스템 개발
 - 중고층화를 위한 강구조 기반 하이브리드 공법 개발
 - 조합 모듈러 구조형식 복합화 단위모듈러 및 접합부 개발
 - 복합화 구조형식(라멘, 벽식, 벽라멘, 패널 등) 및 구법 개발
- 모듈러 건축 대응 복합코어 및 Mega structure system 개발
 - 재료/부재/구조형식 복합형 횡력저항 시스템 기술 개발
 - 시공성 개선 및 경제성 확보 가능한 최적 횡력저항 시스템 기술 구축
 - 횡력저항 성능 검증 통한 최적화 구조 시스템 개발
 - 횡력 대응 개발 기술 반영 Pilot 구조해석 및 설계
 - 제작 및 시공 고려한 모듈러 통합구조설계지침서 개발
- 모듈러 건축 내화성능 향상 기술개발

	- 내화 시스템 상세 개발 및 실험을 통한 성능 평가 - 모듈러 건축물에 최적화된 복합 내화시스템 개발 - 모듈러 건축물용 내화설계 지침 및 시공매뉴얼 개발 - 모듈러 건축 성능적 내화설계기술 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 기존 국내의 단위모듈의 공업화 인정에서 더 나아가 단위 건축물에 대한 공업화 건축기술을 개량·발전하여 공업화 인정 중고층화 대응 가능한 표준 모듈 개발 ○ 강-PC 복합형 단위모듈 및 재료복합형 코어 기술 정립을 위해 단계별 성능검증을 통한 개발 시스템의 성능확보 ○ 실용화 구현을 위해 초고층 건축물 설계분야 전문가를 연구진 혹은 전문가로 활용하여 고층 모듈러 건축 시스템의 특성에 부합하는 합리적인 최적 횡력저항 구조시스템 도출 ○ 내화 전문가를 연구진 혹은 전문가로 활용하여 모듈러 건축 시스템의 특성에 부합하는 합리적인 내화방안 및 내화성능 확보방안 도출
□ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구 연계성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협력하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색하고 현장 실증을 통해 우리 고유의 기술을 구축
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ (1)차년도 - 강구조 기반 PC 복합화 시스템 요소기술 - 복합 단면형 횡력저항 시스템 요소 기술 - 중고층 모듈러 건축물 대응 내화 요소기술 개발 및 경제성 분석 ○ (2)차년도 - 강-PC 구조복합형 단위모듈러 및 접합부 설계 기술 - 부재 복합형 횡력저항 시스템 요소 기술

	- 중고층 모듈러 건축물에 최적화된 내화시스템 설계도서 및 기술특허 ○ (3)차년도 - 복합화 구조형식(라멘, 벽식, 벽라멘, 패널 등) 및 구법 - 구조형식 복합형 횡력저항 시스템 요소 기술 - 모듈러 건축물 성능적 내화설계기술 개발 및 내화설계 지침서 ○ (4)차년도 - 횡력저항 성능 검증 통한 최적 구조형식 - 중고층 모듈러 건축물 최적화 통합구조설계 기법 ○ (5)차년도 - 실증 구현기술의 타당성 평가 기술서 - Pilot 프로젝트 구조해석 및 설계도서 ○ (6)차년도 - 중·고층 모듈러 건축물 구조설계 가이드라인 - 모듈러 건축물 통합구조설계기준
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 중고층화 대응 가능한 표준 모듈 실용화 구현(기업체) ○ 복합/하이브리드 모듈러 시스템 구조 분야 관련 기준으로 활용(기업체, 국토부, 학계) ○ 중고층 내화설계 성능기반 시스템 토대 구축 및 실용화 기술로의 활용(기업체) ○ 재료 및 구조형식 복합형 모듈러 횡력저항 복합구조 시스템 구축을 통한 원천 기술 확보(기업체) ○ 중고층 모듈러 건축 활성화 및 국내외 시장 창출을 통한 고용창출 효과
□ 기대효과	○ 강-PC 및 재료 복합형 모듈러 건축 기술 개발을 통하여 국내외 시장창출 및 맞춤형 수요 대응 모듈러 건축 확산 ○ 세계 최고수준의 고층화 횡력대응 복합구조 시스템 기술력 확보를 통한 국내시장 보호 및 해외시장 진출 교두보 ○ 중고층 대응 모듈러 건축물의 성능 기반한 내화성능 확보 통한 저비용의 내화설계 기법 구축
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	○ 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2020. 07. (6년) - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월)

- 총 정부출연금 : 2,925백만원 이내
- 1차년도 정부출연금 : 564백만원 이내

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

1-3 세부과제명	모듈러 건축 활성화를 위한 제도 및 정책 개선방안 수립
1. 연구개발 목표	○ 모듈러 건축 성능기준 및 인정제도 개발 ○ 모듈러 건축물 통합발주 및 계약시스템 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 국내 환경 측면의 필요성 - PC공법이 주가 되었던 공업화주택 관련 제도 도입 및 정착의 미진함으로 인해 조립식 공법의 일종인 모듈러 건축물에 대한 부정적 인식이 크게 자리 잡고 있어 모듈러 건축물 활성화를 위한 기준 제·개정 및 정책개발 필요함. - 공업화 또는 조립식주택이란 명칭에서부터 일반국민에게 저렴·저품질 주택이라는 선입관 야기하고 있어 관련 성능기준의 정립 필요 - 1993년 공업화주택 활성화를 위한 공업화 주택 인정제도가 도입되었으나 인정 취득업체가 3개사에 불과할 뿐만 아니라 국민들의 공업화주택 성능에 대한 부정적 선입관이 크게 자리 잡고 있어, 공업화 공법의 일종인 모듈러 건축 성능 인정과 활성화를 위한 관련 기준 제·개정 및 정책개발이 필요함 - 2013년 환경부는 폐기물을 단순 매립하여 처리하는 것을 최소화하고 재활용을 극대화하여 자원을 줄이자는 국정과제를 채택 ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 확대되고 있는 해외시장을 개척하기 위해서는 부가가치가 높은 모듈러건축물 활성화를 위한 정책 및 제도 개발 필요
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 현행 공업화주택 인정 대상은 단독 및 공동주택으로 한정되어 있어 준주거 건축물에 적용하는 것은 한계가 있으며, 성능 인정항목 및 인정방법이 공장에서 생산하여 현장에서 조립하는 공업화 공법의 특성을 충분히 반영하지 못하고 있다는 문제점이 제기되고 있음 - 모듈러 건축물 작업공정은 일반 건축물과 상이한 현장 탈피식 작업공정이어서 별도의 기준이 필요하지만 모듈러 건축물에 적합한 공사기준 및 일위 대가기준은 부재한 상황

- 분리발주로 인하여 모듈러 건축물 생산 체계의 비효율성 및 공정별 간접비, 인건비 등의 중복으로 경쟁력 향상에 장애요인이 되고 있음.	○ 국외기술동향 - 일본의 경우 공업화주택성능인정제도가 시행되고 있으며, ‘주택품질확보 촉진 등에 관한 법률’의 제정을 통하여 제도의 합리화가 이루어짐. - 일본 정부는 2009년 ‘장기우량주택인정제도’를 시행하고, 인정받은 장기우량주택에 대해서 각종 세제혜택 및 저금리 융자 실시하여 고품질 공업화주택 확산에 기여 - LEED, CASBEE 등 국외의 성능인정제도의 경우 건축물의 리사이클 등 자원순환에 대한 평가 시행.
---	---

3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	○ 모듈러 건축 성능기준 및 인정제도 개발 - 기존 공업화주택 인정제도 운영 현황 및 문제점 도출 - 모듈러 건축 성능인정기준 및 인정방법 정립 - 모듈러 건축 성능인정제도 및 절차 기준 개발 - 모듈러 건축 내화성능 인정 기준 및 절차 구축 - 모듈러 건축 인정제도 활성화를 위한 제도 개선 및 인센티브 방안 제시 ○ 모듈러 건축물 통합발주 및 계약시스템 개발 - 모듈러 건축물 건설사업 구조 현황 및 문제점 도출 - 모듈러 건축물 일위 대가기준 개발 - 모듈러 건축물 계약시스템 개발 - 모듈러 건축물 통합발주시스템 개발 - 모듈러 건축물 시장 활성화를 위한 제도 개선 및 지원방안 제시

4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 모듈러 건축물 관련 국내외 정책 및 제도 분석을 통한 문제점 및 시사점 도출 ○ 모듈러 제조사 등 관련 업체 의견조사 및 현장 실태조사를 기반으로 하는 실효성 있는 정책 및 제도개발 ○ 구조 및 내화분야 세세부 연구와 연계하여 모듈러 건축물 성능기준 및 등급기준 도출 ○ 주거 및 준주거 건축물까지 포함할 수 있는 성능기준 등급화 및

인정제도 개발	
□ 추진체계	○ 산·학·연 간 유기적 협조체계 구축을 통한 의견 수렴 및 기술 교류 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 관련 부처와의 지속적이고 상시적인 의견수렴 및 연구단계별 결과의 검증을 통하여 법제화 실현
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ (1)차년도 - 국내외 관련 제도분석 및 문제점 도출 - 모듈러 건축 인정제도 구성체계 및 성능인정 항목 정립 - 모듈러 건축 건설사업 구조 문제점 도출 및 개선 방향 정립 ○ (2)차년도 - 모듈러 건축 특성 반영 성능인정 항목별 기준 및 인정방법 정립 - 모듈러 계약 시스템 및 일위대가 기준 개발 ○ (3)차년도 - 모듈러 건축 내화구조 인정제도 개선 - 모듈러 건축 인정제도 및 절차기준 제정(안) 제시 - 모듈러 건축물 통합발주 시스템 개발 및 관련 기준 개정(안) 제시 - 모듈러 건축 인정제도 및 시장 활성화 방안 제시
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 모듈러 건축물 정책 및 제도 개발에 활용(국토부 및 연구소) ○ 관련 법령 개정시 활용 (국토부 및 지자체) ○ 모듈러 건축물 인센티브 근거 제공 (국토부 및 지자체) ○ 모듈러 건축물 공사단가 및 인건비 합리화에 활용 (국토부, 조달청, 지자체, 기업체) ○ 공공건축물 발주에 활용 (국토부 및 지자체)
□ 기대효과	○ 중고층 대상 모듈러 사용 공업화주택 인정제도 실시를 통하여 객관적 성능확보 및 각종 인센티브 적용 등을 통한 시장 확대에 기여 ○ 모듈러 건축물 대상 인건비 산정기준 및 일위 대가 기준의 정립, 모듈러 건축물 계약 통합계약 발주시스템 개발을 통하여

	합리적인 사업 환경기반 마련 ○ 단위모듈에 대한 성능인증제도 도입을 통해 유닛 모듈의 효과적인 품질관리가 가능함. 제조사 및 제조과정에 따라 균일하지 않은 품질을 인증제도를 통해 관리함으로써 전체적인 품질 향상 및 수요자의 신뢰도 증가를 통한 시장 확대를 기대할 수 있음.
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2017. 07. (3년) - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월) ○ 총 정부출연금 : 815백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 228백만원 이내
8. 기 타	○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

- ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

2 세부과제명	모듈러 건축 공장 제작 최적화 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 모듈러 제작 품질 향상 및 생산성 향상을 위한 기반구축 ○ 공장 제작 도서 표준화 기술 개발 ○ 공장제작 프로세스 최적화 및 품질 향상 ○ 모듈러 구조부재 및 내외장재의 다양화
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국내 건설 기능인력의 고령화, 숙련인력 부족, 노무비의 지속적인 상승 등 현장의 노동력 공급 문제로 인하여, 건설 산업의 생산방식은 더 이상 현장의 노동력에 의존하기 힘든 상황임. - 2003년 학교시설 증축공사를 시작으로 국내 모듈러 시장의 규모는 점진적으로 확대되고 있으나 기존 단위모듈 제작 공장의 경우 소규모의 노동집약적 제작 방식으로 인해 단위모듈의 품질저하와 제작능률 저하를 유발하고 있음 - 국내 모듈러 사업의 경우 원가절감의 목적으로 대규모의 물량이 일시에 발주되는 경우(국방부 병영생활관 및 군독신숙소 조성사업, 2012~2013)가 발생하고 있으며 현행 모듈 생산시설 및 생산방식으로일시적인 대규모 제작요구에 대응하기 어려운 상황임 - 국내 모듈러 건축에 적용되는 단위 유닛의 경우 사용성 확보를 위해 유럽, 일본 등에서 일반적으로 적용되는 건식 바닥판이 아닌 습식바닥판 (콘크리트 바닥판)을 일반적으로 시공하고 있음. 이와 같은 습식공정의 추가는 전체적인 제작프로세스의 효율성 저하 및 균일한 품질확보를 어렵게 하는 요인이 되고 있음. ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 국내와 비교하여 비교적 모듈러 시장이 성숙된 북미와 유럽의 경우, 상대적으로 높은 인건비와 열악한 현장 상황으로 인하여 현장노무자 숙소뿐 아니라 주거시설, 업무시설, 판매시설 등 다양한 용도에 모듈러 건축공법을 적용하고 있는 실정임. - 해외의 선진 기술력을 보유한 업체와 경쟁우위에 서기 위해서는, 국내에서 자체적으로 모듈러 시스템의 필요 제품들을 생

산할 수 있는 양산체제를 구축하여 생산단가를 낮출 수 있는 연구 및 개발 필요함.

- 일본 업체의 국내 시장 진출로 추후 국내 시장과 기술이 잠식될 우려가 크므로, 모듈러 건축에 대한 독자적인 기술 개발이 시급함.
- 최근 공업화 모듈러 건축공법 선진국(유럽 및 북미)에서는 도심지의 높은 지가 및 인건비, 공사기간 동안 발생하는 교통 통제 및 소음, 분진 등의 민원 등의 이유로 고층형 모듈러 건축을 매우 활발히 적용하고 있음
- 공업화 주택선진국(유럽 및 북미)의 경우 영구주택과 임시주택(temporary housing)의 비중이 각각 50% 수준이며, 적정 수준의 주거환경을 저렴한 가격으로 제공하는 공공임대주택 정책이 매우 중요한 현안임

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 표준화된 모듈의 생산을 위해 국내에 기초적인 컨베이어 벨트 시스템이 적용되었으나, 보다 높은 생산성 향상을 위해서는 내화, 콘크리트 바닥판 등의 건식화가 동반되어야함.
- 모듈러 공법의 특성을 이해하는 전문 건설인력의 부족으로 인한 품질관리가 어렵고, 과거 습식공법과 건식공법의 공정이 혼재되어 제조기간 지연. 전체 공정 최적화 필요
- 최근 국내 모듈러 업체의 반자동화 시스템 적용으로 공업화율이 증가하는 추세임
- 국내 모듈러 유닛 공법의 개발 및 적용실적의 경우, 주로 저층의 단독주택이나 학교와 군막사 정도의 소규모로 제작 및 생산하여 현장 적용 중에 있음
- 현재 국내 모듈러 공법의 경우, 외국기술과의 차별성이 없고 다양한 건축물에 적용하기 위한 제작 및 생산 분야의 기반기술이 구축되어 있지 않음.

○ 국외기술동향

- 최적화된 공정으로 대량생산에 적합한 모듈 제작 기술을 보유하고 있음. 대량생산을 위해 제작프로세스의 최적화 이외에도 설비시스템 등의 개별 component 개발을 통해 제작효율을 높이고 있음.
- 전기 설비 및 냉난방, 급배수용 배관 일체화 모듈 제작으로 공장에서 제작하고 현장에서 조립하여 완성
- 자립형 설비시스템이 구축된 단위 유닛으로 높은 공장 제작율

	달성 가능 - ISO9001 품질매니지먼트시스템 운용으로 일정한 품질의 모듈 유닛 제공 - 영국 및 독일을 중심으로 한 유럽과 일본에서는 공장생산 기반의 공업화공법 개발이 활성화되어 다양한 용도로 적용되고 있음 - 공업화 주택선진국(유럽 및 북미)의 경우 영구주택과 임시주택(temporary housing)의 비중이 각각 50% 수준이며, 특히 영국의 경우 재사용 및 재활용이 가능한 공업화 공법의 공공주택 적용이 많은 관심을 갖고 있음. 또한 다양한 내외장재 적용기술을 보유하고 있어 재사용이 가능하면서도 심미적으로 우수한 외관 디자인 가능
3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	○ 공장 제작도면(shop drawing) 표준화 기술 개발 - 건축물 모듈화 대응 용도별 표준화 체계 구축(대상시설 : 교육시설, 군시설, 병원, 구호주택, 노무자숙소 등) - 용도별 모듈화 표준 평면개발 - 용도별 모듈 생산을 위한 제작 공정 표준화 - 생산 단계별 제작도면(shop drawing) 표준화 ○ 대량 생산을 고려한 공장제작 프로세스 최적화 기술 개발 - 생산성 제고를 위한 platform별 제작 프로세스 구축 - Platform별 투입 인력 및 자재 최적화 - 개선 프로세스에 따른 제작성 개선효과 정량화 ○ 제작 단계별 품질관리 기술 개발 - 제작단계 품질 저하 요인분석 및 사례조사 - 제작단계 관리요인 도출 및 관리수준 설정 - 제작단계별 품질관리 checklist 작성 ○ 모듈러 건축용 바닥시스템 개발 및 습식 제작공정 최적화 기술 개발 - 습식공정 제작프로세스 최적화 - Precast Concrete 적용 건식바닥판 최적설계 - 건식바닥판 성능검토 - 건식바닥판 제작프로세스 최적화 ○ 모듈러 건축용 설비시스템 개발 - 모듈러 건축용 전기, 급배수 및 냉난방 설비 시스템 개발 - 공장제작율 향상 및 현장설비공사 최적화 방안 제시

	- 단위 모듈 설비 설치 및 현장 체결방안 구축 - 설비배관 유지관리 방안 - 구호주택 대응 설비자립형 stand-alone 모듈 개발 ○ 시공성 개선을 위한 구조부재 다양화 기술 개발 - 목조, FRP 등을 적용한 경량형 모듈 시스템 개발 - 경량형 모듈 시스템의 내화성능 확보 기술 개발 - 경량형 모듈 시스템의 구조성능 확보 기술 개발 - 경량형 모듈 시스템의 주거성능 확보 기술 개발 ○ 사용성 개선을 위한 내외장재 다양화 기술 개발 - 요구성능 수준별 내외장 및 마감 설계 - 유닛 모듈 일체형 하지재 및 경량 외장시스템 개발 - 마감재 접합부 상세개발 및 주거성능(단열, 차음) 확보방안 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 구조재, 마감재를 포함한 시스템 개발 및 제작 프로세스 개발 기술로 출연연구기관, 정부관련기관, 대학, 공업화주택 제작업체 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시 ○ 모듈러 건축물의 제작 기술의 경우 이미 수행되고 있는 사례가 있으므로, 기존 국내외에서 수행중인 모듈러 건축기술을 개량, 발전하여 다양한 시설물에 적용할 수 있도록 수행.
□ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구를 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발 사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ (1)차년도 - 공장제작 프로세스 현황 분석 보고서 - 용도별 표준모듈 시스템 ○ (2)차년도 - 건물 용도별 표준설계도서

	- 공장제작프로세스 개선안 - 단위 모듈 부품 library - 공장제작 단계별 제작 도면(shop drawing) ○ (3)차년도 - 공장제작 단계별 품질관리 checklist - 모듈러 건축 물량산출 자동화 프로그램 - 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서 ○ (4)차년도 - 모듈러 건축용 설비 상세도서 ○ (5)차년도 - 건식바닥판 시제품 및 성능평가보고서 - 모듈러 건축용 설비간 체결 시제품 - 난방 일체형 바닥판 시제품 및 성능평가보고서 - 설비 일체형 모듈 현장 설치 시방서 ○ (6)차년도 - 건식바닥판 접합부 특허 및 시제품 - 설비자립형 모듈 특허 및 시제품 - 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 건물용도별 모듈화 설계도서를 작성하되 공공시설물에 대한 표준설계도서의 경우 유관 발주부서와 협의하여 진행 ○ 발주부서의 요구사항을 충분히 반영하여 실용화 가능성 제고 ○ 모듈러 건축의 공장 제작 최적화를 위해 제작 및 시공분야 전문가를 포함하여 연구진행 ○ 현행 제작 및 시공단계의 문제점을 도출하고 개발된 컴퍼넌트의 시공성 및 경제성을 검토하여 실용화 가능성 제고 ○ 내외장재 및 설비배관 일체화 모듈의 경우 모듈제작사 및 발주처의 발주방식을 충분히 검토하여 연구 진행 ○ 특히 발주방식에 따른 공장제작을 저하의 요인이 되는 설비의 경우 1세부과제의 정책입안과 긴밀한 협조를 통해 진행 필요
□ 기대효과	○ 모듈러 공법의 적용효과가 큰 공공시설 및 소형 주거시설의 모듈을 표준화 하는 경우 중복 설계를 방지하고, 모듈 단위의 생산성을 효과적으로 개선할 수 있음. ○ 설비 및 수장 등이 일체화된 모듈의 공장제작을 통해 공장제작을 제고가 가능함. 더불어 전기, 설비 공사 등이 공장에서

	이루어지는 경우 현장공사기간의 추가적인 단축이 가능해 공사기간의 획기적인 단축이라는 모듈러 공법의 장점을 극대화할 수 있음. ○ 건식바닥판 개발 등으로 모듈러 건축의 습식공정을 최소화하여, 모듈 제작 프로세스를 최적화 할 수 있음 ○ 자립형 설비시스템이 구축된 단위 유닛으로 높은 공장 제작율 달성 가능. ○ 목조 및 FRP 등 다양한 재료를 모듈러 건축의 구조재 및 마감재로 적용하여, 가벼우면서도, 일정 수준 이상의 성능이 확보되는 경량 모듈러 시스템을 개발함으로써, 생산성 및 시공성, 경제성을 확보할 수 있음.
7. 연구개발기간 및 소요예산	○ 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2020. 07. (6년) - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월) ○ 총 정부출연금 : 4,500백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 425백만원 이내
8. 기 타	○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부

과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

2-1 세부과제명	유닛모듈 공장제작 생산성 향상 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 다양한 대상시장에 모듈러 공법의 적용을 위한 건물의 용도별 모듈화 설계 및 생산 단계별 제작 표준화를 위한 제작도면 표준화 ○ 모듈러 건축 공장제작 생산성 향상 및 품질관리 기술의 개발을 통한 균일한 품질의 단위 모듈 제품 생산 프로세스 구축
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국내 건설산업 변화 및 소규모 수요자 요구에 대응하기 위한 공업화 중층형 모듈러 주거 건설기술 개발 필요. 비좁은 도시 지역 내 초고속 시공 및 성능 향상이 가능한 공기 단축형 현장 조립과 시공효율화를 위한 공·구법 개발 필요 - 국내 모듈러 시장의 규모는 점진적으로 확대되고 있으나 기존 단위모듈 제작 공장의 경우 소규모의 노동집약적 제작 방식으로 인해 단위모듈의 품질저하와 제작능률 저하를 유발하고 있음 - 국내에 적용된 모듈러 군시설의 경우 표준화된 모듈의 대량생산을 통한 공기단축 및 공사비 절감의 가능성을 보여주는 대표적인 사례지만, 군시설이라는 특수성을 감안하면 민간 시설에 모듈러 공법을 적용하기 위해서는 이에 적합한 발주시스템의 개발 및 모듈의 표준화 등이 필요함. - 최근 사회적인 문제로 대두되는 저출산·고령화에 따른 주택유형 변경 및 가변성이 있는 공법으로 주택시장에 새로운 시장이 형성될 수 있을 것으로 판단됨. - 국내 건설 기능인력의 고령화, 숙련인력 부족, 노무비의 지속적인 상승 등 현장의 노동력 공급 문제로 인하여, 건설 산업의 생산방식은 더 이상 현장의 노동력에 의존하기 힘든 상황임. - 2003년 학교시설 증축공사를 시작으로 국내 모듈러 시장의 규모는 점진적으로 확대되고 있으나 기존 단위모듈 제작 공장의 경우 소규모의 노동집약적 제작 방식으로 인해 단위모듈의 품질저하와 제작능률 저하를 유발하고 있음 - 국내 모듈러 사업의 경우 원가절감의 목적으로 대규모의 물량

이 일시에 발주되는 경우(국방부 병영생활관 및 군독신숙소 조성사업, 2012~2013)가 발생하고 있으며 현행 모듈 생산시설 및 생산방식으로 일시적인 대규모 제작요구에 대응하기 어려운 상황임

- 국내 모듈러 건축에 적용되는 단위 유닛의 경우 사용성 확보를 위해 유럽, 일본 등에서 일반적으로 적용되는 건식 바닥판이 아닌 습식바닥판 (콘크리트 바닥판)을 일반적으로 시공하고 있음. 이와 같은 습식공정의 추가는 전체적인 제작프로세스의 효율성 저하 및 균일한 품질확보를 어렵게 하는 요인이 되고 있음.

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 국내와 비교하여 비교적 모듈러 시장이 성숙된 북미와 유럽의 경우, 상대적으로 높은 인건비와 열악한 현장 상황으로 인하여 현장노무자 숙소뿐 아니라 주거시설, 업무시설, 판매시설 등 다양한 용도에 모듈러 건축공법을 적용하고 있는 실정임.
- 해외시장 진출을 위하여 시장 요구에 대응이 가능한 다양한 용도별·성능수준별 모듈러 유닛의 표준화된 설계 기술 개발이 시급함.
- 해외 모듈러 시장은 현지의 사정에 따라 프로젝트 유형과 모듈러 시스템의 유형 등이 다르므로 이에 적합한 시스템 개발이 필요함.
- 국내와 비교하여 비교적 모듈러 시장이 성숙된 북미와 유럽의 경우, 상대적으로 높은 인건비와 열악한 현장 상황으로 인하여 현장노무자 숙소뿐 아니라 주거시설, 업무시설, 판매시설 등 다양한 용도에 모듈러 건축공법을 적용하고 있는 실정임.
- 해외의 선진 기술력을 보유한 업체와 경쟁우위에 서기 위해서는, 국내에서 자체적으로 모듈러 시스템의 필요 제품들을 생산할 수 있는 양산체제를 구축하여 생산단가를 낮출 수 있는 연구 및 개발 필요함.
- 일본 업체의 국내 시장 진출로 추후 국내 시장과 기술이 잠식될 우려가 크므로, 모듈러 건축에 대한 독자적인 기술 개발이 시급함.

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국내 모듈러 유닛 공법의 개발 및 적용실적의 경우, 주로 저층의 단독주택이나 학교와 군막사 정도의 소규모로 제작 및

생산하여 현장 적용 중에 있음

- 국내 모듈러 건축 활성화를 위해서는 합리적인 가격에 세련된 디자인을 갖추기 위해 모바일 건축물의 디자인 개발이 필요함
- 표준화된 모듈의 생산을 위해 국내에 기초적인 컨베이어 벨트 시스템이 적용되었으나, 보다 높은 생산성 향상을 위해서는 내화, 콘크리트 바닥판 등의 건식화가 동반되어야함.
- 모듈러 공법의 특성을 이해하는 전문 건설인력의 부족으로 인한 품질관리가 어렵고, 과거 습식공법과 건식공법의 공정이 혼재되어 제조기간 지연. 전체 공정 최적화 필요
- 최근 국내 모듈러 업체의 반자동화 시스템 적용으로 공업화율이 증가하는 추세임

○ 국외기술동향

- 모듈을 제작하는 회사가 자체적으로 설계 및 엔지니어링 인력을 보유하고 있어 최적화된 설계 가능.
- 영국 및 독일을 중심으로 한 유럽과 일본에서는 공장생산 기반의 공업화공법 개발이 활성화되어 다양한 용도로 적용되고 있음
- 최적화된 공정으로 대량생산에 적합한 모듈 제작 기술을 보유하고 있음. 대량생산을 위해 제작프로세스의 최적화 이외에도 설비시스템 등의 개별 component 개발을 통해 제작효율을 높이고 있음.
- 전기 설비 및 냉난방, 급배수용 배관 일체화 모듈 제작으로 공장에서 제작하고 현장에서 조립하여 완성
- 자립형 설비시스템이 구축된 단위 유닛으로 높은 재사용율 달성 가능
- ISO9001 품질매니지먼트시스템 운용으로 일정한 품질의 모듈 유닛 제공

3. 연구개발내용

□ 세부과제별

연구내용

- 공장 제작도면(shop drawing) 표준화 기술 개발
 - 건축물 모듈화 대응 용도별 표준화 체계 구축(대상시설 : 교육시설, 군시설, 병원, 구호주택, 노무자숙소 등)
 - 용도별 모듈화 표준 평면개발
 - 용도별 모듈 생산을 위한 제작 공정 표준화
 - 생산 단계별 제작도면(shop drawing) 표준화
- 대량 생산을 고려한 공장제작 프로세스 최적화 기술 개발
 - 생산성 제고를 위한 platform별 제작 프로세스 구축

	- Platform별 투입 인력 및 자재 최적화 - 개선 프로세스에 따른 제작성 개선효과 정량화 ○ 제작 단계별 품질관리 기술 개발 - 제작단계 품질 저하 요인분석 및 사례조사 - 제작단계 관리요인 도출 및 관리수준 설정 - 제작단계별 품질관리 checklist 작성 ○ 모듈러 건축용 바닥시스템 개발 및 습식 제작공정 최적화 기술 개발 - 습식공정 제작프로세스 최적화 - Precast Concrete 적용 건식바닥판 최적설계 - 건식바닥판 성능검토 - 건식바닥판 제작프로세스 최적화 ○ 모듈러 건축용 설비시스템 개발 - 모듈러 건축용 전기, 급배수 및 냉난방 설비 시스템 개발 - 공장제작을 향상 및 현장설비공사 최적화 방안 제시 - 단위 모듈 설비 설치 및 현장 체결방안 구축 - 설비배관 유지관리 방안 - 구호주택 대응 설비자립형 stand-alone 모듈 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 연차별 세부목표를 수립하고 핵심요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과계획을 수립 ○ 기존 국내외에서 수행중인 모듈러 건축기술을 개량, 발전하여 다양한 시설물에 적용할 수 있는 모듈화 표준화 기술 도출 ○ 기존 국내외에서 적용되는 모듈러 건축 시스템의 설비시스템에 대한 선행사례분석을 수행하고 생산성을 개선하는 방향으로 연구 진행 ○ 개발된 설비시스템은 하나의 유닛 모듈로 제작되고, 공장에서 모듈러 건축 유닛과 일체로 조립되어, 공장제작율을 제고하는 방향으로 연구 추진 ○ 개발된 설비시스템을 부품화하여 공장제작 효율 제고를 위한 기초자료로 활용
□ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함

- 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축
- 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색. 특히 용도별 표준도면 작성 및 모듈화 설계 연구내용을 감안하여 설계 및 모듈제작전문가가 연구진에 포함되도록 연구진 구성

5. 최종성과물

□ 주요

최종성과물

- (1)차년도
 - 공장제작 프로세스 현황 분석 보고서
 - 용도별 표준모듈 시스템
 - 국내외 경량형 모듈러 사례보고서
- (2)차년도
 - 건물 용도별 표준설계도서
 - 공장제작프로세스 개선안
 - 단위 모듈 부품 library
 - 공장제작 단계별 제작 도면(shop drawing)
 - 경량형 모듈 시스템 시제품
 - 경량형 모듈 시스템 성능평가 보고서
 - 내외장재 상세설계 도서
- (3)차년도
 - 공장제작 단계별 품질관리 checklist
 - 모듈러 건축 물량산출 자동화 프로그램
 - 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서
 - 유닛 모듈 일체형 하지재 및 경량 외장시스템 시제품
 - 내외장 시스템 마감 접합 특허 및 시제품
 - PC 복합 모듈 시제품
 - 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서
 - 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서
- (4)차년도
 - 모듈러 건축용 설비 상세도서
- (5)차년도
 - 건식바닥판 시제품 및 성능평가보고서
 - 모듈러 건축용 설비간 체결 시제품
 - 난방 일체형 바닥판 시제품 및 성능평가보고서
 - 설비 일체형 모듈 현장 설치 시방서
- (6)차년도

- 건식바닥판 접합부 특허 및 시제품 - 설비자립형 모듈 특허 및 시제품	
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안 ○ 건물용도별 모듈화 설계도서를 작성하되 공공시설물에 대한 표준설계도서의 경우 유관 발주부서와 협의하여 진행 ○ 발주부서의 요구사항을 충분히 반영하여 실용화 가능성 제고 ○ 모듈러 건축의 공장 제작 최적화를 위해 제작 및 시공분야 전문가를 포함하여 연구진행 ○ 현행 제작 및 시공단계의 문제점을 도출하고 개발된 컴퍼넌트의 시공성 및 경제성을 검토하여 실용화 가능성 제고 ○ 내외장재 및 설비배관 일체화 모듈의 경우 모듈제작사 및 발주처의 발주방식을 충분히 검토하여 연구 진행 ○ 특히 발주방식에 따른 공장제작율 저하의 요인이 되는 설비의 경우 1세부과제의 정책입안과 긴밀한 협조를 통해 진행 필요	
□ 기대효과 ○ 모듈러 공법의 적용효과가 큰 공공시설 및 소형 주거시설의 모듈을 표준화 하는 경우 중복 설계를 방지하고, 모듈 단위의 생산성을 효과적으로 개선할 수 있음. ○ 설비 및 수장 등이 일체화된 모듈의 공장제작을 통해 공장제작율 제고가 가능함. 더불어 전기, 설비 공사 등이 공장에서 이루어지는 경우 현장공사기간의 추가적인 단축이 가능해 공사기간의 획기적인 단축이라는 모듈러 공법의 장점을 극대화할 수 있음. ○ 건식바닥판 개발 등으로 모듈러 건축의 습식공정을 최소화하여, 모듈 제작 프로세스를 최적화 할 수 있음 ○ 자립형 설비시스템이 구축된 단위 유닛으로 높은 공장 제작율 달성 가능.	
7. 연구개발기간 및 소요예산	
○ 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2020. 07. (6년) - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월) ○ 총 정부출연금 : 3,521백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 286백만원 이내	
8. 기 타	
○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임	

- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

2-2 세부과제명	모듈러 건축재료 다양화 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 다양한 재료를 적용한 모듈러 건축 시스템을 개발하여 시공성 및 사용성 개선
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국내 모듈러 건축에 적용되는 단위 유닛의 경우, 철골조의 기둥-보 구조 및 콘크리트 바닥판으로 구성되어 높은 수준의 구조 성능 및 주거 성능을 확보하고 있으나, 대규모의 물량이 일시에 발주되지 않는 한 경제성 확보가 어려움. - 중저층의 공동주택이 아닌, 단층형 단독주택이나 임시 구호시설 등과 같이 보다 다양한 사양의 모듈러 건축에 대한 개발 및 적용이 미비함. - 재사용을 고려한 기존 모듈러 건축물의 경우 한정된 내외장 재료가 적용되고 있 목조, 강, PC, 세라믹, 유기재료, 철목골 하이브리드 등 다양한 구조재 및 마감재의 적용이 필요함. - 목조 및 FRP 등 다양한 재료를 적용한 모듈러 건축 시스템을 개발하고 경량성, 내화성, 구조성능 향상 기술을 개발하여, 모듈러 건축 시스템이 다양한 목적에 적용될 수 있고, 이에 따라 모듈러 건축 시장을 확장시킬 필요성이 있음. ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 공업화 주택선진국(유럽 및 북미)의 경우 영구주택과 임시주택(temporary housing)의 비중이 각각 50% 수준이며, 특히 영국의 경우 재사용 및 재활용이 가능한 공업화 공법의 공공주택 적용이 많은 관심을 갖고 있음. 또한 다양한 내외장재 적용기술을 보유하고 있어 재사용이 가능하면서도 심미적으로 우수한 외관 디자인 가능 - 국내와 비교하여 비교적 모듈러 시장이 성숙된 북미와 유럽의 경우, 상대적으로 높은 인건비와 열악한 현장 상황으로 인하여 현장노무자 숙소뿐 아니라 주거시설, 업무시설, 판매시설 등 다양한 용도에 모듈러 건축공법을 적용하고 있는 실정임. - 해외에서 일반화된 PC구조를 모듈러 시스템과 복합 적용 시 해외 신도시 개발 등 대형 프로젝트에서의 수주 경쟁력 향상이 가능함

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국내의 경우, 공업화 주택 인증 기준에서 국내 기후 조건 및 법규를 고려한 단열, 기밀, 결로방지, 음환경 관련 항목을 규정하고 있으므로, 이에 대응하기 위한 고기밀 고단열 기술 등이 개발 및 적용되고 있음
- 국내의 모듈제작업체는 자체적인 생산공장을 설립한지 10년 미만으로, 체계적인 생산기술이 확보되어 있지 않음. 또한 대부분 스틸 프레임을 이용한 프레임식 모듈을 제작하고 있어 다양한 재료 및 구조형식을 고려한 모듈의 체계적인 생산기술은 부족한 편임.
- 목조주택 등에서 일부 패널화 기술이 사용되고 있으나, 공장 제작율이 낮아 현장에서의 작업량이 많음

○ 국외기술동향

- 목조 주택이 발달한 캐나다의 경우, 목조 패널을 이용한 박스 제작 방식의 모듈 공법을 적용하고 있으며, 외장재로 FRP를 적용하여 가벼우면서도 강도는 세고, 내열 및 내부식성이 확보되는 공법으로 조립 및 이동이 수월한 시스템을 적용하고 있음.
- 다양한 내외장재 적용기술을 보유하고 있어 재사용이 가능하면서도 심미적으로 우수한 외관 디자인 가능
- 네덜란드 Co Con BV사의 Spacebox의 경우 항공이나 선박 등의 재료로 쓰이는 FRP 소재를 일체형 성형틀로 사출하여 접합하는 기술을 보유하여, 전체 무게 2.5톤의 경량형 박스형태의 모듈러 주택을 기숙사로 공급함

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

- 시공성 개선을 위한 구조부재 다양화 기술 개발
 - 목조, FRP 등을 적용한 경량형 모듈 시스템 개발
 - 경량형 모듈 시스템의 내화성능 확보 기술 개발
 - 경량형 모듈 시스템의 구조성능 확보 기술 개발
 - 경량형 모듈 시스템의 주거성능 확보 기술 개발
- 사용성 개선을 위한 내외장재 다양화 기술 개발
 - 요구성능 수준별 내외장 및 마감 설계
 - 유닛 모듈 일체형 하지재 및 경량 외장시스템 개발
 - 마감재 접합부 상세개발 및 주거성능(단열, 차음) 확보방안 개발

4. 연구개발 추진방법	
☐ 추진전략	○ 연차별 세부목표를 수립하고 핵심요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과계획을 수립 ○ 기존 국내외에서 수행중인 모듈러 건축기술을 개량, 발전하여 다양한 시설물에 적용할 수 있는 모듈화 설계안 도출
☐ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구를 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색
5. 최종성과물	
☐ 주요 최종성과물	○ (1)차년도 - 국내외 경량형 모듈러 사례보고서 ○ (2)차년도 - 경량형 모듈 시스템 시제품 - 경량형 모듈 시스템 성능평가 보고서 - 내외장재 상세설계 도서 ○ (3)차년도 - 유닛 모듈 일체형 하지재 및 경량 외장시스템 시제품 - 내외장 시스템 마감 접합 특허 및 시제품 - 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서
6. 활용방안 및 기대효과	
☐ 활용방안	○ 건물용도별 모듈화 설계도서를 작성하되 공공시설물에 대한 표준설계도서의 경우 유관 발주부서와 협의하여 진행 ○ 발주부서의 요구사항을 충분히 반영하여 실용화 가능성 제고 ○ 모듈러 건축의 공장 제작 최적화를 위해 제작 및 시공분야 전문가를 포함하여 연구진행 ○ 현행 제작 및 시공단계의 문제점을 도출하고 개발된 컴퍼넌트의 시공성 및 경제성을 검토하여 실용화 가능성 제고 ○ 내외장재 및 설비배관 일체화 모듈의 경우 모듈제작사 및 발주처의 발주방식을 충분히 검토하여 연구 진행 ○ 특히 발주방식에 따른 공장제작을 저하의 요인이 되는 설비의

경우 1세부과제의 정책입안과 긴밀한 협조를 통해 진행 필요	
□ 기대효과	○ 목조 및 FRP 등 다양한 재료를 모듈러 건축의 구조재 및 마감재로 적용하여, 가벼우면서도, 일정 수준 이상의 성능이 확보되는 경량 모듈러 시스템을 개발함으로써, 생산성 및 시공성, 경제성을 확보할 수 있음.
7. 연구개발기간 및 소요예산	
○ 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2017. 07. (3년) - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월) ○ 총 정부출연금 : 978백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 139백만원 이내	
8. 기 타	
○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성	

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

3 세부과제명	모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 육지 및 해상 장거리 운송시 모듈유닛 파손 예방 및 부피 절감을 고려한 운송 효율화 기술 개발 ○ 중고층형 모듈 구조의 현장 양중 기술 및 계획, 안전관리, 장비 및 인력 운용 등을 고려한 현장 시공프로세스 최적화 기술 개발 ○ 일정기간 사용 후 해체 및 재설치가 가능한 순환형 모듈러 건축 시스템 구현을 위한 요소기술 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 국내 환경 측면의 필요성 - 수출형 모듈러 시스템은 거리 및 운송 인프라에 따라 총 공사비에서 운송비가 차지하는 비중이 매우 큼. 따라서, 모듈러 건축시스템의 수출경쟁력 강화를 위해서는 다양한 패널화 및 sliding방식의 모듈 개발이 절실함. - 국내 건설산업 변화 및 소규모 수요자 요구에 대응하기 위한 공업화 중고층 모듈러 주거 건설기술 개발 필요. 비좁은 도시 지역 내 초고속 시공 및 성능 향상이 가능한 공기 단축형 현장 조립과 시공효율화를 위한 공·구법 및 RC 또는 SRC 등과 복합 시공할 수 있는 시공프로세스 개발 필요함. - 현재 모듈러 구조물 건설시 운반 후 현장 시공시, 양중으로 인해 모듈이 파손되는 경우가 발생함. 현장에서 안전성과 효율성이 확보된 양중 계획 및 기술 개발이 요구되며, 특히 중고층 구조물 건설을 위해서는 필수적으로 연구되어야 할 필요성이 있음. - RC/SRC 코어와 모듈의 접합을 위해서는 현장 시공오차와 모듈 제작오차를 고려할 수 있는 접합시스템 및 공법의 개발이 필요함 - 중고층 모듈러 건축은 저층 모듈러 건축에 비해 노무자의 추락 및 낙하물 안전관리의 중요성이 높음. 중고층 모듈러 유닛 시공과정에서 발생할 수 있는 안전위험인자를 도출하여 별도의 안전관리 지침을 마련하는 것이 필요함. - 중고층 공업화 모듈러 주거시설의 시공 성능 확보 및 공장 제작, 현장 운반과 설치의 최적화를 통한 공사비 절감형 기술

개발 필요.

- 현재 모듈러 주택의 설계와 시공은 서로 분리되어 진행되나 이는 공장생산의 장점을 충분히 살릴 수 없음. 설계 단계에서 시공 및 해체프로세스를 고려하여 공기단축, 시공프로세스의 표준화 등을 도출하여 해체 시 재사용성 향상이 가능하도록 하는 것이 필요함.
- 대규모 및 중고층 모듈러 주거시설의 구조적 안전성 확보를 위해서는 모듈간 접합부 성능이 중요함. 높은 성능이 요구되고, 현장에서의 작업량과 큰 상관관계를 갖고 있는 중고층형에 적절한 접합부 형태에 대한 연구가 필요함.
- 인구 밀도가 높고 주거비의 지출이 많은 국내의 경우에 향후 소규모 주거의 수요가 폭발적으로 증가할 것으로 전망됨. 또한 1~2인 가구와 같은 소규모 주거의 수요 증가에 따라 유휴부지를 이용한 다양한 방식의 모듈러 주택 보급이 늘어날 것으로 예상되며, 이에 따라 모듈러 건축의 이동 및 재사용에 대한 기술 확보가 필요함.
- 도심지에 모듈러 공법을 이용한 소형 주거시설이 건축되는 경우 주차장 및 이동 동선의 확보를 위해 1층부를 필로티로 구성하는 경우가 많음. 이때 1층부 필로티는 기존 건축공법(RC 및 철골공법)으로 구현되게 되는데 이와 같은 하부구조가 모듈러 건축물의 재사용을 저하 요인이 되고 있음.
- 폐기물을 대량으로 배출하는 소비용 사회의 구조적 문제와 건축물의 설비 및 구성재의 노후화에 대응하여 건축물의 성능향상, 양호한 재고 유지, 자재 재사용이 가능한 자원순환형 시스템이 필요.
- 군시설, 학교시설과 같이 공간적, 시간적으로 탄력적인 수요대응이 요구되는 시설물의 경우 순환형 모듈러 건축을 통한 솔루션 제공 가능. 군시설의 경우 향후 국내외 상황변화에 따른 병력재배치 수요가 지속적으로 발생하게 되며 학교시설의 경우 신도시 개발 등의 과정에서 초기 및 중장기적으로 초등, 중등 교육에 대한 수요편차 발생 가능.

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 모듈러 건축 기술의 수준이 높은 유럽에서는 sliding방식의 모듈과 panel을 활용한 주택 등 다양한 부피절감형 모듈러 시스템의 개발이 이루어져 있으며, 이러한 모듈을 이용해 재난구조 등 다양한 용도로 활용하고 있음

- 해외에서의 가격 경쟁력 향상을 위해서는 현지생산형 PC를 복합 적용하는 모듈러 기술의 개발이 필요함
- 최근 공업화 모듈러 건축공법 선진국(유럽 및 북미)에서는 도심지의 높은 지가 및 인건비, 공사기간 동안 발생하는 교통 통제 및 소음, 분진 등의 민원 등의 이유로 고층형 모듈러 건축을 매우 활발히 적용하고 있음
- 공업화 주택선진국(유럽 및 북미)의 경우 영구주택과 임시주택(temporary housing)의 비중이 각각 50% 수준이며, 적정 수준의 주거환경을 저렴한 가격으로 제공하는 공공임대주택 정책이 매우 중요한 현안임

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국내의 경우, 공업화 주택 인증 기준에서 국내 기후 조건 및 법규를 고려한 단열, 기밀, 결로방지, 음환경 관련 항목을 규정하고 있으므로, 이에 대응하기 위한 고기밀 고단열 기술 등이 개발 및 적용되고 있음
- 국내의 모듈제작업체는 자체적인 생산공장을 설립한지 10년 미만으로, 체계적인 생산기술이 확보되어 있지 않음. 또한 대부분 스틸 프레임을 이용한 프레임식 모듈을 제작하고 있어 다양한 재료 및 구조형식을 고려한 모듈의 체계적인 생산기술은 부족한 편임.
- 국내 모듈러 유닛 공법의 개발 및 적용실적의 경우, 주로 저층의 단독주택이나 학교와 군막사 정도의 소규모로 제작 및 생산하여 현장 적용 중에 있음
- 본 연구개발의 목표가 되는 중고층 모듈러 건축물의 경우 고층 양중 및 시공 성능이 확보 가능한 현장 설치 및 해체 표준 프로세스 등에 관한 연구 필요
- 현재 국내 모듈러 공법의 경우, 외국기술과의 차별성이 없고 고층형 건축물에 적용하기 위한 제작 및 생산과 시공분야의 기반기술이 구축되어 있지 않음.
- 특히 중소기업위주로 구성되어 있는 모듈의 제작사와 대기업 위주로 구성되는 현장설치 시공사 사이의 업무표준 등이 전혀 마련되어 있지 않아 현장적용과정에서 다양한 문제점 발생 및 공기지연의 사유가 됨.
- 현재 군시설 및 기숙사 등에 적용되고 있는 공업화 주택시스템의 재사용율은 50% 정도로 추정되고 있으나 향후 공공임대주택 분야에서 이축 및 재사용을 고려한 공공임대주택의 경우

80% 수준의 재사용율 확보 필요함.

- 재사용율 제고를 위해서는 모듈간 접합부 및 설비/배관 연결 등 초기 설계 및 시공단계부터 재사용에 대한 고려가 이루어져야 하나 사업성 및 사업기간 등의 문제로 현실적인 대안을 제시하진 못하고 있음.
- 재사용을 고려한 기존 모듈러 건축물의 경우 임시건축물 수준의 한정된 내외장 재료가 적용되고 있으며 모듈간 접합부 등에서 단열, 기밀 성능에 문제가 발생하고 있음.
- 전체적인 시스템의 재사용율을 높이기 위해서는 기초 및 필로티 등의 하부구조에 개발이 병행되어야 함.

○ 국외기술동향

- 영국의 Verbus사는 화물 운송용 컨테이너와 호환되는 모듈러 시스템 적용하여 운송비를 절감하고 있으며, 독일의 Alho사는 flat pack 시스템을 이용해 기존 모듈대비 운송 부피를 1/6으로 절감하고 있음. 독일의 Cadolto등의 해외 수출용 모듈은 방수기능이 포함된 벽체 일체형 금속 포장재를 이용해 터키 생산 및 러시아 수출에 적용함.
- 영국의 Yorkon사, 독일의 Cadolto사 등은 실험실, 병원 등의 시설물을 모듈로 제작하여 다양하게 적용하고 있음. 특히 독일의 Cadolto사는 러시아 지역에 병원모듈을 직접 수출한 경험이 있으며, 다양한 해외 프로젝트에 모듈러 시스템을 적용하고 있음.
- Finland의 FMC Group은 엔지니어링 기술을 바탕으로 국내 H사의 이라크 주택 프로젝트를 컨설팅하고 있음.
- 공업화 모듈러 건축공법 선진국(영국)의 경우, 24층 규모의 고층형 모듈러 건축이 시공된 바 있음. 이를 위해 RC코어와 모듈간의 시공오차 및 제작 오차 조정이 용이한 접합시스템을 적용한 바 있음.
- 중고층 모듈 구조물의 외장 마감은 현장에서 양중하여 적층 후 현장에서 직접 작업이 이뤄지고 있음.
- 고층형 모듈러 건축이 활성화된 영국의 경우, 외장작업을 위해 비계가 필요없는 lift형 가설장치를 사용함
- 영국 및 독일을 중심으로 한 유럽과 일본에서는 공장생산 기반의 공업화공법 개발이 활성화되어 다양한 용도로 적용되고 있음.
- 공업화 주택선진국(유럽 및 북미)의 경우 영구주택과 임시주

	택(temporary housing)의 비중이 각각 50% 수준이며, 특히 영국의 경우 재사용 및 재활용이 가능한 공업화 공법의 공공 주택 적용이 많은 관심을 갖고 있음. - 다양한 내외장재 적용기술을 보유하고 있어 재사용이 가능하면서도 심미적으로 우수한 외관 디자인 가능.
3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	○ 유닛모듈 운송 효율화 기술 개발 - 선제작 모듈 파손예방을 위한 육상운송 지침 개발 - 운송부피 절감을 위한 확장형 모듈 시스템(lift up/sliding모듈) 개발 ○ 현장 시공프로세스 최적화 기술 개발 - 중고층형 모듈 시공 프로세스 최적화 기술 개발 - 현장 양중계획 및 안전관리 기술 개발 - 장비 및 인력운용 최적화 기술 개발 - 현장설치 효율제고 위한 접합 시스템 개발 ○ 순환형 모듈러 건축 시스템 개발 - 모듈러 건축 해체 및 재설치 프로세스 개발 - 재사용을 고려한 모듈간 접합시스템 개발 - 재사용성 제고를 위한 모듈러 건축 내외장 시스템 개발 - 해체 가능한 기초 및 하부구조 시스템 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 본 연구는 연구소, 대학, 해외 건설사, 모듈러 건축 업체, 공공기관, 등 관련 전문연구자가 공동 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시 ○ 국내외의 전문제작사 및 엔지니어링사와의 기술협력 ○ 해외 진출 국내 건설사 등의 국제 네트워크를 적극적으로 활용함
□ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색

5. 최종성과물

□ 주요

최종성과물

- (1)차년도
 - 모듈 동적 충격 하중 분석 보고서
 - 장거리 운송 설계법
 - 모듈러 건축 운송 및 현장설치 프로세스 분석 보고서
 - 코어 및 모듈 조립 최적 공정표
- (2)차년도
 - 운송 및 양중 손상 방지 매뉴얼
 - 중고층 모듈러 현장안전관리 주요인자 도출 보고서
 - 대형 모듈러 유닛 최적 양중 시스템
 - 중고층 외장 마감을 위한 작업자 양중 시스템
- (3)차년도
 - 외장재 일체형 포장 시스템 시제품
 - 중고층 모듈러 건축 현장설치 공사 시방서 (안전관리 지침 포함)
 - 고층 모듈러 유닛 최적 양중 시스템 및 고소작업 지침서
 - Rainscreen형 외장시스템 시제품
 - 현장시공 코어-모듈간 접합부 시공성 평가용 Mock-up 시제품
 - 현장설치 장비 및 인력운용 최적 모델 현장적용 보고서
- (4)차년도
 - 운송부피 절감형 확장형 모듈 사례조사 및 시스템 분석 보고서
 - 현장시공 시공오차 및 제작오차를 고려한 접합 공법
 - 재사용성 제고를 위한 모듈간 수평, 수직접합부 특허 및 시제품
 - 모듈러 건축용 기초시스템 특허 및 시제품
 - 재사용 가능 내외장재 상세설계 도서
 - 유닛 모듈 재사용을 위한 해체 및 재설치 프로세스 분석 보고서
- (5)차년도
 - sliding 모듈 시스템 구축
 - sliding 모듈 시제품
 - 중고층형 모듈 시공중 변위제어기술
 - 현장제작 장스팬 모듈형 지붕시스템
 - 재사용성 개선 경량 외장재 및 하지재 시제품

	- 주차장 일체형 하부구조시스템 시제품 - 재사용 모듈의 해체 및 재생 시방서 (재생 비용 포함) ○ (6)차년도 - lift-up 모듈 시스템 구축 - lift-up 모듈 시제품 - 모듈간 시공오차 및 침하고려가 가능한 Rainscreen형 외장시스템 - Mock-up시공을 통한 접합부 시공성 평가 보고서 - 재사용성 개선 접합부 성능평가 성적서 - 기초시스템 성능평가 성적서 - 기초시스템 일체형 하부구조시스템 - 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 국내 관련 기업들이 해외 수출을 위한 모듈의 장거리 운송시 사용할 수 있는 부피절감 및 효과적인 포장 기술 제시 ○ 공공기관 및 국내 관련 기업들이 장거리 모듈 운송시 참고할 수 있는 지침서 제공 ○ 도시지역 내 초고속 시공 및 최적화된 중고층 모듈러 건축물 보급 기술 제시 ○ RC/SRC 등과 복합 시공할 수 있는 시공프로세스 개발을 통해 여러 구조시스템과 혼용하여 중고층 및 다양한 크기 및 용도의 구조물에 적용할 수 있는 방안을 제시함 ○ 현장 작업시 효율성과 안전성이 확보된 양중 및 안전관리 기술로 작업환경 및 시공성을 향상 ○ 재사용성 제고를 위한 골조시스템의 경우 시공 및 제작분야 전문가를 포함하여 연구진행 ○ 현행 제작 및 시공단계의 문제점을 도출하고 개발된 컴퍼넌트의 시공성 및 경제성을 검토하여 실용화 가능성 제고 ○ 내외장재 경우 모듈제작사 및 발주처의 발주방식을 충분히 검토하여 연구 진행
□ 기대효과	○ 국내에서 제작된 모듈러 건축물의 해외수출을 위해 현재 수송선과 호환성이 높은 모듈러 시스템 및 운송 기술을 개발하여 전체 공사비를 감소시키고, 장거리 모듈 운송을 위한 모듈 포장기술 및 포장재의 모듈 일체형 기술 개발 등을 통해 모듈유닛의 품질과 수출 경쟁력을 높임.

- 효율적인 모듈러 건축 시스템 사용을 위해 중고층 및 대규모 건축물에 적극적으로 모듈러 건축이 적용 가능하도록 현장설치과정을 분석하여 시공프로세스를 최적화하는 기술을 개발함. 또한 중고층 모듈러 구조물 건설에 요구되는 모듈의 효율적인 양중 기술 개발과 작업자의 안전위험인자를 분석하여 모듈의 파손 방지 및 작업자 안정성을 확보함으로써 비용, 품질, 건설 근로 환경을 향상시킴.
- 모듈러 공법의 장점인 재사용성을 극대화하기 위해 재사용 가능한 접합부 및 내외장재 등의 컴포넌트를 개발하여 기존 모듈러 구조물을 이전 후 재설치가 가능하도록 재사용성을 향상시킴. 이외에도 기존 모듈간 재조합을 통해 새로운 규모 및 용도의 건물로 구현이 가능하도록 함. 또한 모듈러 건축물의 구성에 필요한 기초시스템 및 저층부 필로티, 계단실과 같은 별도 구조를 재사용하는 경우 이전설치비용을 효과적으로 감축할 수 있으며(신규공사대비 50~60% 수준), 기존 건물 폐기시 발생하는 건설계기물의 감소도 가능함.

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2020. 07. (6년)
 - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월)
- 총 정부출연금 : 4,299백만원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 574백만원 이내

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서

차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음

- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

3-1 세부과제명	유닛모듈 운송 효율화 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 장거리 운송시 파손 예방을 위한 육상 운송 지침 개발 ○ 운송부피 절감을 위한 확장형 모듈 시스템(lift up/sliding모듈) 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 경제성 측면 - 모듈 운송과정의 손상 발생에 의해 추가적인 하자비용 발생 등 운송과정의 문제점 다수 발생. - 국내생산 모듈의 장거리 해외 수출을 위해서는 운송부피 절감 및 운송비 절감 기술이 절실함(총 공사비 중 운송비 비중이 30% 전후임) - 해외 조립공장이 부재한 상태에서 국내생산 반제품을 현지에서 쉽게 조립할 수 있는 시스템의 개발이 필요함. - 기존의 볼륨형 모듈은 국제운송기준과 호환되지 않아 별도의 양중 및 운송 장비가 필요함. ○ 품질 측면 - 모듈의 해외 수출시 장거리 운송 중 강우, 충격, 기온변화 등에 의한 모듈의 품질저하가 예상됨. - 모듈 외장 및 방수,방습 시스템을 고려한 효과적인 포장기술 및 충격방지 기술이 필요함. - 극한지, 극오지의 경우 현장에서의 품질확보가 어려움. - 국내생산 패널 및 반제품 모듈의 품질을 최대한 높이고, 현장에서 간단하게 조립할 수 있는 시스템 개발이 필요함. □ 기술동향 ○ 국내기술동향 - 기존 국내생산 모듈은 컨테이너와 호환되지 않아 Y사의 광수출용 모듈의 경우, 일반 벌크선을 이용해 모듈을 광지역으로 수출함으로써 공사비 상승의 요인이 되었음. - 모듈의 포장시스템과 외장시스템이 별도로 사용되는 경우, 공사비 증가의 원인이 되며, 운송 및 양중 과정에서 포장시스템의 파손으로 모듈의 손상이 발생하기도 함. - 국내의 모듈러 건축 기술은 대부분 볼륨형 모델로, 해외 수출시 운송비가 전체 공사비에서 상당 부분을 차지함. - 목조주택 등에서 일부 패널화 기술이 사용되고 있으나, 공장

제작율이 낮아 현장에서의 작업량이 많음. ○ 국외기술동향 - 영국의 Verbus사는 화물 운송용 컨테이너와 호환되는 모듈러 시스템 적용하여 운송비를 절감하고 있으며, 독일의 Alho사는 flat pack 시스템을 이용해 기존 모듈대비 운송 부피를 1/6으로 절감하고 있음. 독일의 Cadolto등의 해외 수출용 모듈은 방수기능이 포함된 벽체 일체형 금속 포장재를 이용해 터키 생산 및 러시아 수출에 적용함. - 영국의 Advanced Housing은 모듈과 패널을 조합하여 운송비가 절감된 Affordable Housing시스템을 개발하여 적용함. - 이탈리아의 Shelbox사는 슬라이딩 모듈을 이용해 3m폭의 모듈을 현장에서 6m로 확장하는 방식으로 구호주택에 적용함. - 독일의 Alho사는 flat pack시스템을 이용해 모듈의 부피를 1/6로 줄이는 기술을 보유함.	
3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	○ 장거리 운송시 파손 예방을 위한 육상 운송 지침 개발 - 도로여건 및 양중조건을 고려한 모듈 동적 충격 하중 분석 및 설계법 개발 - 운송 및 양중시 손상 방지를 위한 운송매뉴얼 개발 - 장거리 운송을 위한 방수성능 확보 포장재 겸용 외장시스템 개발 ○ 운송부피 절감을 위한 확장형 모듈 시스템(lift up/sliding모듈) 개발 - 2개 모듈 중복형 lift-up 및 sliding기술 개발 - lift-up 모듈 접합부 성능 평가 - sliding 모듈 접합부 성능 평가 - lift-up/sliding 모듈 조립 매뉴얼 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 해외의 다양한 부피절감형 모듈 제작사와의 기술 협력 ○ 해외 진출 국내 건설사의 해외 네트워크 활용
□ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구를 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보

및 협조 체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색	
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물 ○ (1)차년도 - 모듈 동적 충격 하중 분석 보고서 - 장거리 운송 설계법 ○ (2)차년도 - 운송 및 양중 손상 방지 메뉴얼 ○ (3)차년도 - 외장재 일체형 포장 시스템 시제품 ○ (4)차년도 - 운송부피 절감형 확장형 모듈 사례조사 및 시스템 분석 보고서 ○ (5)차년도 - sliding 모듈 시스템 구축 - sliding 모듈 시제품 ○ (6)차년도 - lift-up 모듈 시스템 구축 - lift-up 모듈 시제품	
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 국내 관련 기업들이 해외 수출을 위한 모듈의 장거리 운송시 사용할 수 있는 부피절감 및 효과적인 포장 기술 제시 ○ 공공기관 및 국내 관련 기업들이 장거리 모듈 운송시 참고할 수 있는 지침서 제공
□ 기대효과	○ 국내에서 제작된 모듈러 건축물의 해외수출을 위해 현재 수송 선과 호환성이 높은 모듈러 시스템 및 운송 기술을 개발하여 전체 공사비를 감소시키고, 장거리 모듈 운송을 위한 모듈 포장기술 및 포장재의 모듈 일체형 기술 개발 등을 통해 모듈유닛의 품질과 수출 경쟁력을 높임.
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	○ 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2020. 07. (6년) - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월) ○ 총 정부출연금 : 1,498백만원 이내

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업

수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용

※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

3-2 세부과제명	현장 시공프로세스 최적화 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 중고층형 모듈러 시공 프로세스 최적화 기술 개발 ○ 현장 양중계획 및 안전관리 기술 개발 ○ 장비 및 인력운용 최적화 기술 개발 ○ 현장설치 효율제고 및 성능향상을 위한 접합 시스템 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 국내 환경 측면의 필요성 - 국내 건설산업 변화 및 소규모 수요자 요구에 대응하기 위한 공업화 중고층 모듈러 주거 건설기술 개발 필요. 비좁은 도시 지역 내 초고속 시공 및 성능 향상이 가능한 공기 단축형 현장 조립과 시공효율화를 위한 공·구법 및 RC 또는 SRC 등과 복합 시공할 수 있는 시공프로세스 개발 필요함. - 현재 모듈러 구조물 건설시 운반 후 현장 시공시, 양중으로 인해 모듈이 파손되는 경우가 발생함. 현장에서 안전성과 효율성이 확보된 양중 계획 및 기술 개발이 요구되며, 특히 중 고층 구조물 건설을 위해서는 필수적으로 연구되어야 할 필요성이 있음. - RC/SRC 코어와 모듈의 접합을 위해서는 현장 시공오차와 모듈 제작오차를 고려할 수 있는 접합시스템 및 공법의 개발이 필요함 - 중고층 모듈러 건축은 저층 모듈러 건축에 비해 노무자의 추락 및 낙하물 안전관리의 중요성이 높음. 중고층 모듈러 유닛 시공과정에서 발생할 수 있는 안전위험인자를 도출하여 별도의 안전관리 지침을 마련하는 것이 필요함. - 중고층 공업화 모듈러 주거시설의 시공 성능 확보 및 공장 제작, 현장 운반과 설치의 최적화를 통한 공사비 절감형 기술 개발 필요. - 현재 모듈러 주택의 설계와 시공은 서로 분리되어 진행되나 이는 공장생산의 장점을 충분히 살릴 수 없음. 설계 단계에서 시공 및 해체프로세스를 고려하여 공기단축, 시공프로세스의 표준화 등을 도출하여 해체 시 재사용성 향상이 가능하도록 하는 것이 필요함. - 대규모 및 중고층 모듈러 주거시설의 구조적 안전성 확보를

위해서는 모듈간 접합부 성능이 중요함. 높은 성능이 요구되고, 현장에서의 작업량과 큰 상관관계를 갖고 있는 중고층형에 적절한 접합부 형태에 대한 연구가 필요함.

○ 국외 환경 측면의 필요성

- 최근 공업화 모듈러 건축공법 선진국(유럽 및 북미)에서는 도심지의 높은 지가 및 인건비, 공사기간 동안 발생하는 교통 통제 및 소음, 분진 등의 민원 등의 이유로 고층형 모듈러 건축을 매우 활발히 적용하고 있음.

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국내 모듈러 유닛 공법의 개발 및 적용실적의 경우, 주로 저층의 단독주택이나 학교와 군막사 정도의 소규모로 제작 및 생산하여 현장 적용 중에 있음.
- 본 연구개발의 목표가 되는 중고층 모듈러 건축물의 경우 고층 양중 및 시공 성능이 확보 가능한 현장 설치 및 해체 표준 프로세스 등에 관한 연구 필요.
- 현재 국내 모듈러 공법의 경우, 외국기술과의 차별성이 없고 고층형 건축물에 적용하기 위한 제작 및 생산과 시공분야의 기반기술이 구축되어 있지 않음.
- 특히 중소기업위주로 구성되어 있는 모듈의 제작사와 대기업 위주로 구성되는 현장설치 시공사 사이의 업무표준 등이 전혀 마련되어 있지 않아 현장적용과정에서 다양한 문제점 발생 및 공기지연의 사유가 됨.

○ 국외기술동향

- 공업화 모듈러 건축공법 선진국(영국)의 경우, 24층 규모의 고층형 모듈러 건축이 시공된 바 있음. RC 구조물과 모듈간의 접합을 이용한 복합 시공 공법을 이용하였음. 이를 위해 RC구조물의 시공오차와 모듈의 제작오차 고려가 용이한 접합시스템을 개발하여 적용함
- 중고층 모듈 구조물의 외장 마감은 현장에서 양중하여 적층 후 lift형 가설장치를 이용해 현장에서 직접 작업이 이뤄지고 있음.
- 해외의 경우, 장스팬의 지붕 모듈을 현장에서 제작하여 양중함으로써, 지붕의 공기단축과 방수처리 등을 용이하게 함
- 영국 및 독일을 중심으로 한 유럽과 일본에서는 공장생산 기반의 공업화공법 개발이 활성화되어 다양한 용도로 적용되고 있음.

3. 연구개발내용	
□ 세부과제별 연구내용	○ 중고층형 모듈 시공 프로세스 최적화 기술 개발 - 중고층 모듈러 건축물의 현장시공(저층부 및 코어), 모듈공장 제작, 모듈 현장설치 공정 최적화 기술 개발 - 모듈러 건축 품질 및 시공성 향상을 위한 시방서 개발 - 횡력저항을 위한 코어/메가브레이스 및 모듈 설치 프로세스 개발 ○ 현장 양중계획 및 안전관리 기술 개발 - 코어공사 및 대형 모듈러 유닛 설치를 위한 양중 최적화 기술 개발 - 고층 모듈러 현장 설치 양중 및 고소작업 지침 개발 ○ 장비 및 인력운용 최적화 기술 개발 - 고층 모듈러 외장마감을 위한 무비계 lift형 가설장치 개발 - 모듈러 건축 규모, 골조유형 및 용도별 투입 장비 및 인력 최적화 ○ 현장설치 효율제고를 및 성능향상을 위한 접합 시스템 개발 - 현장시공 RC/SRC 시공오차 및 모듈 제작오차를 고려한 접합 공법 개발 - 중고층형 모듈 제작 및 적층 중 변위제어 기술 개발 - 현장제작 장스팬 모듈형 지붕시스템 적용 기술 개발 - 모듈간 시공오차 및 settlement고려가 가능한 Rainscreen형 외장시스템 개발 - Mock-up시공을 통한 접합부 시공성 평가
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 국내외의 다양한 모듈 제작사 및 건설사와의 기술 협력 ○ 국내외 건설사의 네트워크 활용
□ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색
5. 최종성과물	

□ 주요 최종성공물	○ (1)차년도 - 모듈러 건축 운송 및 현장설치 프로세스 분석 보고서 - 코어 및 모듈 조립 최적 공정표 ○ (2)차년도 - 중고층 모듈러 현장안전관리 주요인자 도출 보고서 - 대형 모듈러 유닛 최적 양중 시스템 - 중고층 외장 마감을 위한 작업자 양중 시스템 ○ (3)차년도 - 중고층 모듈러 건축 현장설치 공사 시방서 (안전관리 지침 포함) - 고층 모듈러 유닛 최적 양중 시스템 및 고소작업 지침서 - Rainscreen형 외장시스템 시제품 - 현장시공 코어-모듈간 접합부 시공성 평가용 Mock-up 시제품 - 현장설치 장비 및 인력운용 최적 모델 현장적용 보고서 ○ (4)차년도 - 현장시공 시공오차 및 제작오차를 고려한 접합 공법 ○ (5)차년도 - 중고층형 모듈 시공중 변위제어기술 - 현장제작 장스팬 모듈형 지붕시스템 ○ (6)차년도 - 모듈간 시공오차 및 침하고려가 가능한 Rainscreen형 외장시스템 - Mock-up시공을 통한 접합부 시공성 평가 보고서
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 도시지역 내 초고속 시공 및 최적화된 중고층 모듈러 건축물 보급 기술 제시 ○ RC/SRC 등과 복합 시공할 수 있는 시공프로세스 개발을 통해 여러 구조시스템과 혼용하여 중고층 및 다양한 크기 및 용도의 구조물에 적용할 수 있는 방안을 제시함 ○ 현장 작업시 효율성과 안전성이 확보된 양중 및 안전관리 기술로 작업환경 및 시공성을 향상
□ 기대효과	○ 효율적인 모듈러 건축 시스템 사용을 위해 중고층 및 대규모 건축물에 적극적으로 모듈러 건축이 적용 가능하도록 현장설치과정을 분석하여 시공프로세스를 최적화하는 기술을 개발

	함. 또한 중고층 모듈러 구조물 건설에 요구되는 모듈의 효율적인 양중 기술 개발과 작업자의 안전위험인자를 분석하여 모듈의 파손 방지 및 작업자 안정성을 확보함으로써 비용, 품질, 건설 근로 환경을 향상시킴.
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	○ 총 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2020. 07. (6년) - 1차년도 연구개발기간 : 2014. 07. ~ 2015. 07. (12개월) ○ 총 정부출연금 : 1,874백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 244백만원 이내
8. 기 타	
	○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함 ○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함 ※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함 ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음 ○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시 ○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시 ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

3-3 세부과제명	순환형 모듈러 건축 시스템 개발
1. 연구개발 목표	○ 일정기간 사용 후 해체 및 재설치가 가능한 순환형 모듈러 건축 시스템 구현을 위한 요소기술 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 국내 환경 측면의 필요성 - 인구 밀도가 높고 주거비의 지출의 많은 국내의 경우에 향후 소규모 주거의 수요가 폭발적으로 증가할 것으로 전망됨. 또한 1~2인 가구와 같은 소규모 주거의 수요 증가에 따라 유희부지를 이용한 다양한 방식의 모듈러 주택 보급이 늘어날 것으로 예상되며, 이에 따라 모듈러 건축의 이동 및 재사용에 대한 기술 확보가 필요함. - 도심지에 모듈러 공법을 이용한 소형 주거시설이 건축되는 경우 주차장 및 이동 동선의 확보를 위해 1층부를 필로티로 구성하는 경우가 많음. 이때 1층부 필로티는 기존 건축공법(RC 및 철골공법)으로 구현되게 되는데 이와 같은 하부구조가 모듈러 건축물의 재사용을 저하 요인이 되고 있음. - 폐기물을 대량으로 배출하는 소비용 사회의 구조적 문제와 건축물의 설비 및 구성재의 노후화에 대응하여 건축물의 성능향상, 양호한 재고 유지, 자재 재사용이 가능한 자원순환형 시스템이 필요. - 군시설, 학교시설과 같이 공간적, 시간적으로 탄력적인 수요대응이 요구되는 시설물의 경우 순환형 모듈러 건축을 통한 솔루션 제공 가능. 군시설의 경우 향후 국내외 상황변화에 따른 병력재배치 수요가 지속적으로 발생하게 되며 학교시설의 경우 신도시 개발 등의 과정에서 초기 및 중장기적으로 초등, 중등 교육에 대한 수요편차 발생 가능. ○ 국외 환경 측면의 필요성 - 공업화 주택선진국(유럽 및 북미)의 경우 영구주택과 임시주택(temporary housing)의 비중이 각각 50% 수준이며, 적정수준의 주거환경을 저렴한 가격으로 제공하는 공공임대주택 정책이 매우 중요한 현안임.
□ 기술동향	○ 국내기술동향 - 현재 군시설 및 기숙사 등에 적용되고 있는 공업화 주택시스

템의 재사용율은 50% 정도로 추정되고 있으나 향후 공공임대 주택 분야에서 이축 및 재사용을 고려한 공공임대주택의 경우 80% 수준의 재사용율 확보 필요.

- 재사용율 제고를 위해서는 모듈간 접합부 및 설비/배관 연결 등 초기 설계 및 시공단계부터 재사용에 대한 고려가 이루어져야 하나 사업성 및 사업기간 등의 문제로 현실적인 대안을 제시하짐 못하고 있음.
- 재사용을 고려한 기존 모듈러 건축물의 경우 임시건축물 수준의 한정된 내외장 재료가 적용되고 있으며 모듈간 접합부 등에서 단열, 기밀 성능에 문제가 발생하고 있음.
- 전체적인 시스템의 재사용율을 높이기 위해서는 기초 및 필로티 등의 하부구조에 개발이 병행되어야 함.

○ 국외기술동향

- 공업화 주택선진국(유럽 및 북미)의 경우 영구주택과 임시주택(temporary housing)의 비중이 각각 50% 수준이며, 특히 영국의 경우 재사용 및 재활용이 가능한 공업화 공법의 공공주택 적용이 많은 관심을 갖고 있음.
- 다양한 내외장재 적용기술을 보유하고 있어 재사용이 가능하면서도 심미적으로 우수한 외관 디자인 가능.

3. 연구개발내용

□ 세부과제별
연구내용

- 모듈러 건축 해체 및 재설치 프로세스 개발
 - 유닛 모듈 제품화를 위한 해체 및 재설치 매뉴얼 개발
 - 모듈 단위 재사용을 위한 해체 모듈 재생 프로세스 개발
- 재사용을 고려한 모듈간 접합시스템 개발
 - 이동 및 재사용 수준에 따른 모듈러 유닛의 사양 설정 (대상 시설: 주거시설, 교육시설, 판매시설)
 - 재사용을 위한 오픈형 유닛 개발
 - 기존 모듈러 건축물의 모듈간 접합시스템 분석
 - 해체를 고려한 모듈간 접합부 개발 및 설치, 해체 프로세스 개발
 - 개발접합부 성능검토
- 재사용성 제고를 위한 모듈러 건축 내외장 시스템 개발
 - 요구성능 수준별 내외장 및 마감 설계
 - 유닛 모듈 일체형 하지재 및 경량 외장시스템 개발
 - 마감재 접합부 상세개발 및 주거성능(단열, 차음) 확보방안 개발

	○ 해체 가능한 기초 및 하부구조 시스템 개발 - Unit 타입의 기초 및 주각시스템 사례조사 - PC 및 강재를 이용한 모듈러 건축 전용 기초, 주각시스템 개발 - 주차장 일체형 하부구조시스템 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 연차별 세부목표를 수립하고 핵심요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과계획을 수립 ○ 기존 국내외에서 적용되는 모듈러 건축 시스템의 내외장재 및 설비시스템에 대한 선행사례분석을 수행하고 재사용성을 개선하는 방향으로 연구 진행 ○ 개발된 설비시스템 및 내외장 시스템은 공장에서 모듈과 일체로 제작하여 공장제작율 및 향후 재사용성을 제고하는 방향으로 연구 추진 ○ 개발된 내외장 및 설비시스템을 부품화하여 공장제작 효율 제고를 위한 기초자료로 활용
□ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구를 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ (4)차년도 - 재사용성 제고를 위한 모듈간 수평, 수직접합부 특허 및 시제품 - 모듈러 건축용 기초시스템 특허 및 시제품 - 재사용 가능 내외장재 상세설계 도서 - 유닛 모듈 재사용을 위한 해체 및 재설치 프로세스 분석 보고서 ○ (5)차년도 - 재사용성 개선 경량 외장재 및 하지재 시제품 - 주차장 일체형 하부구조시스템 시제품

	- 재사용 모듈의 해체 및 재생 시방서 (재생 비용 포함) ○ (6)차년도 - 재사용성 개선 접합부 성능평가 성적서 - 기초시스템 성능평가 성적서 - 기초시스템 일체형 하부구조시스템 - 개발기술 적용 요소기술 단위 실증사업 운영보고서
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 재사용성 제고를 위한 골조시스템의 경우 시공 및 제작분야 전문가를 포함하여 연구진행 ○ 현행 제작 및 시공단계의 문제점을 도출하고 개발된 컴퍼넌트의 시공성 및 경제성을 검토하여 실용화 가능성 제고 ○ 내외장재 경우 모듈제작사 및 발주처의 발주방식을 충분히 검토하여 연구 진행
□ 기대효과	○ 모듈러 공법의 장점인 재사용성을 극대화하기 위해 재사용 가능한 접합부 및 내외장재 등의 컴퍼넌트를 개발하여 기존 모듈러 구조물을 이전 후 재설치가 가능하도록 재사용성을 향상 시킴. 이외에도 기존 모듈간 재조합을 통해 새로운 규모 및 용도의 건물로 구현이 가능하도록 함. 또한 모듈러 건축물의 구성에 필요한 기초시스템 및 저층부 필로티, 계단실과 같은 별도 구조를 재사용하는 경우 이전설치비용을 효과적으로 감축할 수 있으며(신규공사대비 50~60% 수준), 기존 건물 폐기 시 발생하는 건설계기물의 감소도 가능함.
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	○ 총 연구개발기간 : 2017. 07. ~ 2020. 07. (3년) - 1차년도 연구개발기간 : 해당 없음(4차년도 시작) ○ 총 정부출연금 : 926백만원 이내 - 1차년도 정부출연금 : 해당 없음(4차년도 시작)
8. 기 타	
	○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임 ○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - ※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
 - 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
 - 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라

과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용

※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

4 세부과제명	중고층 모듈러 건축 실증 사업 추진
1. 연구개발 목표	○ 개발 기술의 중고층 모듈 현장적용을 통한 사업화 성공가능성 제고 ○ 모듈화 설계, 공장제작, 현장설치, 유지관리를 포함하는 모듈러 건축 실증사업 운영을 통한 개발기술의 완성도 제고
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 모듈러 건축 실증 사업을 통한 연구단 개발기술의 검증 - 중고층형 모듈러 건축물은 모듈러 건축 기술의 총화이며 이는 중소기업 위주의 열악한 국내 모듈러 산업에서 단기간에 확보할 수 없는 기술이므로, 정부 차원의 지원과 기술 개발이 필요하며, 이를 통해 개발된 핵심기술을 실증사업을 통하여 검증하고 실용화하는 과정이 필요 - 연구단에서 개발된 기술을 실증 사업에 적용하여 각 기술의 현장 적용시 발생 가능한 문제점을 파악하고 보완체계를 수립해 나감으로써 각 세부과제별 기술의 완성도를 높여야함 ○ 중고층형 모듈러 건축의 설계-제작-시공-유지관리 기술의 실제 구현 - 당 연구단에서 개발하는 핵심기술은 건축산업의 공업화를 통해, 건설 기능인력의 노무비 상승으로 인한 건설원가 부담을 줄이고, 건축물의 탄력적 수요에 대응 가능할 뿐만 아니라, 성공적인 실증산업을 거칠 경우 해외진출 건설사업의 다각화 및 수익성 강화 등을 이루는 계기가 될 수 있을 것임 - 공사 실적의 유무에 의하여 기술력을 비교/평가하는 건설사업의 특수성을 고려할 때, 중고층형 모듈러 건축의 건설기술력 확보는 개발 기술들이 총체적으로 집약된 실제 실증 사업의 건설(설계-제작-시공-유지관리)을 통하여 실현시킬 수 있음 □ 기술동향 ○ 국내기술동향 - 기존 국내 모듈러 건축은 대부분 저층으로 중고층 관련 설계 기술 확보 및 12층 초과 고층시설에 필요한 최적의 횡력저항 시스템 기술 구축 및 주요구조부 3시간 내화구조 개발 필요 - 모듈러 공법의 특성을 이해하는 전문 건설인력의 부족으로 인한 품질관리가 어렵고, 과거 습식공법과 건식공법의 공정이 혼재되어 제조기간이 지연되고 있어 전체 공정의 최적화 필요

- 현재 국내 모듈러 공법의 경우, 외국기술과의 차별성이 없고 다양한 건축물에 적용하기 위한 제작 및 생산 분야의 기반기술이 구축되어 있지 않음.
- 국내의 모듈제작업체는 자체적인 생산공장을 설립한지 10년 미만으로, 체계적인 생산기술이 확보되어 있지 않음. 또한 대부분 스틸 프레임을 이용한 프레임식 모듈을 제작하고 있어 다양한 재료 및 구조형식을 고려한 모듈의 체계적인 생산기술은 부족한 편임.
- 재사용율 제고를 위해서는 모듈간 접합부 및 설비/배관 연결 등 초기 설계 및 시공단계부터 재사용에 대한 고려가 이루어져야 하나 사업성 및 사업기간 등의 문제로 현실적인 대안을 제시하지 못하고 있음.
- 중소기업위주로 구성되어 있는 모듈의 제작사와 대기업 위주로 구성되는 현장설치 시공사 사이의 업무표준 등이 전혀 마련되어 있지 않아 현장적용과정에서 다양한 문제점 발생 및 공기지연의 사유가 됨.

○ 국외기술동향

- 최적화된 공정으로 대량생산에 적합한 모듈 제작 기술을 보유하고 있음. 대량생산을 위해 제작프로세스의 최적화 이외에도 설비시스템 등의 개별 component 개발을 통해 제작효율을 높이고 있음.
- 영국의 경우 RC코어 + 모듈 복합구조를 활용한 24층 규모 모듈러 건축 실현하여 고층 모듈건축에 대한 구조적 안전성을 확보하고 있음.
- 미국의 경우 모듈러 건축의 구축에서 BIM 설계를 활용하여 설계·구조·설비 등에 활용하여 32층 이상 규모의 모듈러 건축 실현 및 적용 중이며, 2015년 이후 55층을 설계하여 적용할 예정임.
- 일본 정부는 2009년 ‘장기우량주택인정제도’를 시행하고, 인정받은 장기우량주택에 대해서 각종 세제혜택 및 저금리 융자를 실시하여 고품질 공업화주택 확산에 기여.
- LEED, CASBEE 등 국외의 성능인정제도의 경우 건축물의 리사이클 등 자원순환에 대한 평가 시행.
- 고층형 모듈러 건축이 활성화된 영국의 경우, 외장작업을 위해 비계가 필요없는 lift형 가설장치를 사용함

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용	○ 중고층 모듈러 건축 실증사업 - 중고층형 모듈러 건축 실증사업 발굴 (기숙사, 공동주택 등) - 실증사업 대응 모듈화 설계(적용 가능 기술 목록 작성) - 공장 제작 프로세스 수립 및 품질관리 - 현장 설치/시공 모니터링 - 적용 기술 성능 검증 및 기술개선효과 정량화 - 경제성 분석 및 홍보전략 수립
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 연차별 세부목표를 수립하고 핵심요소 기술개발 및 사업동향을 고려하여 연구추진전략, 세부일정, 성과계획을 수립 ○ 실증사업의 추진주체를 연구진 및 전문가로 포함하여 설계단계부터 개발기술의 현장적용에 대한 고려가 가능하도록 연구개발 진행 ○ 성공적인 실증사업 운용을 위해서 연구에 가장 적합한 개념의 대상지(사업)을 선정하여 추진(실증 사업은 기숙사 또는 공동주택을 용도로 하고, 원룸 또는 투룸으로 구성된 100세대 이상, 10층 이상 규모일 것)
□ 추진체계	○ 본 과제는 연구단 전체내용, 연구성과, 연구전략 등과의 유기적인 연구성을 확보하여야 하며, 이와 관련하여 본 과제 연구책임자는 연구단장 및 세부과제 연구책임자의 적극 협조하여야 함 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조 체계 구축 ○ 개발기술의 실증단지 구축이라는 연구특성을 감안하여 산학연공동연구 추진방안을 모색하되 사업자 및 기술수요자가 연구진에 포함되도록 연구진을 구성
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ (4)차년도 - 실증사업 적용 가능 기술 목록 - 실증사업 실시설계 도서 - 실증사업 공장 제작 단계별 도서 ○ (5)차년도 - 실증사업 공장 제작 프로세스 - 실증사업 현장 설치/시공 모니터링 보고서 ○ (6)차년도

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

- 실증사업의 결과물은 향후 국내외 시장에서 모듈러 공법의 기술신뢰도 확보에 중요한 자료로 활용 가능

□ 기대효과

- 모듈러 건축물 대상 인건비 산정기준 및 일위 대가 기준의 정립, 모듈러 건축물 계약 통합계약 발주시스템 개발을 통하여 합리적인 사업 환경기반 마련
- 단위모듈에 대한 성능인증제도 도입을 통해 유닛 모듈의 효과적인 품질관리가 가능
- 모듈러 건축물의 성능기반 내화설계를 통해 단위 모듈의 내화 공사를 최적화 하는 경우 단위 모듈의 제작원가를 절감 가능
- BIM을 통해 공장에서 생산되는 모듈 및 모듈의 구성부재를 관리하는 경우 자동차 등의 공산품과 같이 효과적인 공장제조를 기대할 수 있음.
- 본 기획에서 검토한 실증사업을 수행하는 경우 개발기술의 현장적용성을 높일 수 있으며 개발기술의 경제성 및 시공성을 미리 판단하여 기술의 완성도를 높일 수 있는 계기가 됨.

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2017. 07. ~ 2020. 07. (3년)
- 1차년도 연구개발기간 : 해당 없음(4차년도 시작)
- 총 정부출연금 : 9,500백만원 이내
- 1차년도 정부출연금 : 해당 없음(4차년도 시작)

8. 기 타

- 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
※ www.kaia.re.kr 열린정보, <http://rndgate.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구

계획에 포함

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발 계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음

- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 「분산공유형 건설연구 인프라 구축」 과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용
 - ※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

2절. 평가기준 설정

1. 평가항목

기준항목	세 부 항 목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점)
	성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)
연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성(5점)
	과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)
	연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획 (20점)	연구수행체계 적절성 및 연구진 전문성(5점)
	연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성 (40점)	개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)
	활용방안의 적절성 및 구체성(10점)
	개발기술의 실용성 및 사업성(10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적(5점)
	연구과제 관리 및 운영 능력(5점)

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

부합성 평가	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치

가. 연구개발 목표

- 모듈러 건축 기술개발을 통한 건설산업 경쟁력 강화라는 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종목표를 설정하여 제시.
- 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토교통부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시.

나. 연구개발 내용

- 모듈러 건축 기술개발과 실현을 위한 체계적이고 실천적인 과제 구성이 필요함.
- 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술개발 요청사항에 대하여 제안과제

의 적정성, 상향된 목표 제시여부 평가.

- 최종목표 달성을 위한 각 과제간 연계 여부 및 과제간 개발사항의 중복 여부 및 차별성, 적정성 평가
- 특히 이미 실용화되어 있는 기술수준에 대한 면밀한 조사를 통해 기존 기술수준의 개선방향을 제시하고 중복연구 및 후행연구를 회피하는 방안 제시가 필요함.

다. 추진전략 및 계획

- 연구개발 성과목표·지표체계, 실용성 검증 및 사업화 추진계획 등을 연구개발계획서에 필히 제시하며 이를 통해 향후 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용.
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함.
- 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진 판단
- 저출산·고령화 대응 주거복지 구현 기술개발의 성공적 수행을 위한 산, 학, 연의 기관구성의 적정성 및 연계성
- 과제의 단계별 추진사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안 수립 여부
- 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비의 적정하게 편성 여부
- 특히 본 연구과제는 연구개발결과에 대한 실증사업을 포함하는 연구과제로 실증사업단지 구축에 대한 구체적인 실행계획 수립여부

라. 개발기술의 실용성 및 경제성

- 기관선정의 우선순위는 모듈러 건축 기술의 상용화에 따른 시장점유율 및 부가가치 확대, 세계최고 수준의 기술경쟁력 확보 등으로 개발기술의 실용성 및 경제성에 초점을 두어 선정함.
- 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상정도, 기술선도국 대비 예상수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가 여부
- 연구기관 또는 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 및 사업화 방안이 성과지표의 구체적 항목으로 제시 여부
- 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술 여부
- 개발기술의 경제적 기대성과로서 투자 및 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시 여부

마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력

- 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음.
- 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제내에서 진행되는 과제 관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함.
- 연구책임자는 국토교통부에서 실시하는 해당분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시, 기술자문 및 적극적인 업무협조 역할을 수행해야 함.

2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

(1안) 일반적인 기준

- 대기업이 주관연구기관으로서
 - 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점
 - 중소기업이 참여하는 경우 : 2점
- 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우: 1점
- 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점

(2안) 연구단 수정 기준

1) 일반과제의 경우

- 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점
- 대기업이 주관연구기관인 경우 : 1점
- 기업 이외의 기관이 주관연구기관이며
 - 중소기업/참여기업이 1/2이상인 경우 : 2점
 - 중소기업이 과제에 참여한 경우 : 1점(단, 참여기업은 과제를 직접 수행하는 기관으로서 위탁기관 및 단순 참여기업은 제외한다.)

2) 연구단 과제의 경우

- 산,학,연이 모두 참여하며

- 세부 주관연구기관으로 산,학,연이 각각 구성된 경우 : 2점
- 세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우 : 1점
- 산,학 또는 산,연으로 구성되며
 - 중소기업이 세부 주관연구기관의 1/3 이상인 경우 : 2점
 - 중소기업이 세부 주관연구기관으로 구성된 경우 : 1점

나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

- 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)
 - 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관: 1.0점
 - 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

- 국토교통부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침 시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점

- 현재 개정 작업중에 있는 「국토교통부소관 연구개발사업 관리지침」이 신청서 접수전에 완료될 경우에 한하여 반영하되, 이 경우 가점 및 감점기준은 별도 공지 예정

* 『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정('11.3.28)』 제7조 4항 1호 및 [별표 1의3] 관련

마. 기타

- 기획과제에 대한 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점(기입 여부)
- 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시: 가점 1점
- 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자

가 신규과제를 신청할 경우: 가점 1점

- 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상): 3점 감점
- 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」 제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상): 3점 감점

별표 1. 연구개발 가능성 평가

평 가 항 목		점수(○표시)				
		아주 우수	우수	보통	미흡	불량
가) 연구개발의 필요성 (10)	①연구개발 대상기술의 중요성 및 필요성	5	4	3	2	1
	②국토해양 R&D정책과 연구내용과의 장기적 연계성	5	4	3	2	1
나) 연구개발의 목표 및 내용 (30)	①최종·연차별 목표 및 분야별 목표와의 적합성, 명확성, 창의성	10	8	6	4	2
	②성과목표 및 성과지표 설정의 명확성 및 타당성	10	8	6	4	2
	③RFP와의 적합성 ※자유공모과제의 경우 “연구개발내용의 완성도 및 실현가능성”평가항목의 배점을 10점 기준으로 변경(동 평가항목 삭제)	5	4	3	2	1
	④연구개발내용의 완성도 및 실현가능성	5	4	3	2	1
다) 연구개발추진 전략·체계 및 연구수행 방법 (20)	①추진전략 및 연차별 추진체계의 합리성	10	8	6	4	2
	②연구수행방법의 적합성	10	8	6	4	2
라) 연구성과 활용 가능성 (10)	①활용방안의 적절성 및 구체성	10	8	6	4	2
	②개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)	10	8	6	4	2
마) 연구수행 능력 (10)	①연구책임자의 연구수행·관리능력 및 관련분야 연구경험	5	4	3	2	1
	②참여연구인력의 적정성 및 전문성	5	4	3	2	1
바) 연구시설 확보 및 연구개발비 계상의 합리성 (10)	①연구장비·시설 확보 및 활용의 적합성	5	4	3	2	1
	②연구개발비 계상·집행 및 개발기간의 합리성	5	4	3	2	1
평 가 점 수		점				

별표 2. 가점 및 감점 기준

가감점 구분	내 용
연구수행 형태에 따 른 가점	○ 대기업이 주관연구기관으로서 - 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점 - 중소기업이 참여하는 경우 : 2점 ○ 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점 ○ 중소기업이 주관연구기관인 경우 : 2점
총 연구비 에 대한 연 구신청기관 의 연구비 부담비율에 따른 가점	○ 총 연구비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여 (단, 경쟁응모인 경우에 한함) - 신청기관 중 연구비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점 - 그 외 기관은 최대 연구비(현금) 부담비율을 기준으로 연구비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여 $\cdot \text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 현금 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 현금 부담비율}}$
연구개발과 제의 최종 평가 결과 등에 따른 가·감점	○ 연구개발과제의 최종평가 결과, 최우수등급(상대평가지 최상위 10%, 절대평가지 만점의 90% 이상)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 2점 가점 ○ 연구개발과제의 최종평가결과 최하위등급(상대평가지 최하위 10%, 절대평가지 만점의 60% 미만)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종 평가 후(연구개발참여제한에 해당되는 경우에는 참여제한 기간 만료 후) 2년간 2점 감점 ○ 연구개발과제의 최종평가결과 하위등급(상대평가지 차하위 20%, 절대평가지 만점의 70% 미만)인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우 최종평가 후 2년간 선정 평가점수의 1점 감점
추 적 평 가 결과에 따 른 가감점	○ 종전에 수행한 연구개발과제의 추적평가결과에 따라 다음의 기준을 적용하여 가감점 부여 - 추적평가 결과 만점의 90% 이상인 연구개발과제의 주관연구책임자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시: 추적평가 후 3년간 가점 2점 - 추적평가 결과 만점의 80% 이상 90% 미만인 연구개발과제의 주관연구책임자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시: 추적평가 후 3년간 가점 1점
기 타	○ 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15이상)실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 가점 1점 ○ 연구개발과제 선정 후 협약포기경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 3년간 3점 감점 ○ 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우, 향후 5년간 3점 감점 ○ 기술 혹은 연구개발 아이템 제안자의 제안의견이 채택된 경우, 1년 내에 해당 연구자가 연구책임자로 신규과제 신청 시 가점 2점 ○ 최근 2년 이내에 국토교통부장관으로부터 녹색인증 및 확인을 받은 실적이 있는 연구자 및 연구기관이 관련녹색기술로 신규과제 신청 시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 보안과제를 수행한 실적이 있는 연구자가 신규과제 연구책임자로 신청 시 가점 1점 ○ 최근 3년 이내에 조기성공 실적이 있는 연구자가 신규과제 연구책임자로 신청 시 가점 0.5점

참고문헌

1. 「주택법 시행령」 및 「주택건설기준 등에 관한 규정」 2009. 4. 21 개정안
2. 국토교통부, 임대주택 체계개편 연구, 국토교통부, 2005
3. 국토교통부. 공동주택의 표준화 시공지침 개발연구. 한국건설기술연구원. 1998.
4. 국토교통부. 주택설계의 표준화 기준설정 및 설계지침서 작성에 관한 연구. 1995.
5. 건축물 에너지절약 설계 기준 및 해설서, 국토교통부, 2003
6. 건축물의 표준화 체계에 관한 연구. 국토교통부, 1999
7. 고 철. 공공임대주택의 공급효과 및 공급확대 방안, 「주택·도시·공공성」 서울 : 박영사, 2000
8. 공동주택의 표준화시공지침 개발연구, 한국건설기술연구원, 2008
9. 김균태 외, 도시형생활주택을 위한 모듈러 주택 시공의 타당성 분석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.31 n.1(구조계), 2011. 04
10. 김균태 외, 생애주기비용 분석을 통한 유닛모듈러 공법의 경제성 평가, 대한건축학회 논문집 구조계 : v.27 n.12, 2011. 12
11. 김균태 외, 유닛모듈러 공법 개발의 경제적 타당성 예측모델 개발, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2011. 11
12. 김균태 외, 한국형 모듈러 주택 시공의 시나리오 개발, 한국건축시공학회 학술.기술 논문발표회 논문집 : v.11 n.1(통권 제20호) , 2011. 05
13. 김근용 외. 공공임대주택 배분체계 및 관리제도 개선방안 연구, 경기 : 국토연구원, 2004
14. 김도민 외, 모듈러공법의 국내 적용 활성화 방안에 대한 연구, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.1(통권 제22호), 2012. 05
15. 김도민 외, 모듈러공법의 국내 활성화 저해요인 분석에 대한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2, 2012. 10
16. 김도영 외, 모듈러 유닛의 입면 최적화를 위한 쾌적성 분석결과 가시화 환경, 대한 건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(계획계), 2012. 04
17. 김동수 외, 국내외 사례분석을 통한 모듈러 공법 활성화를 위한 기초 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2012. 11
18. 김미라, “공동주택단지의 환경친화적 리모델링에 관한 연구” 이화여대 석사논문, 2001
19. 김성환 외, 모듈러(Modular)유닛 제작공정의 생산성 향상에 대한 고찰, 전국 대학생 학술발표대회 논문집, 2010. 11
20. 김세훈. 공공부문의 고객지향성 확보를 위한 정책마케팅, 경기 : 한국학술정보(주),

21. 김우영 외, BIM과 IPD, 그리고 모듈러 공법, 한국건설관리학회, 2012. 10
22. 김정재, 이철호, 홍성걸, 조봉호, 김홍진, 모듈러공법 적용을 위한 신형상 냉간성형 철골보의 휨거동, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2006
23. 김정현 외, 모듈러 유닛에 의한 대학 기숙사 단위 생활공간의 평면 구성에 대한 고찰, 한국교육시설학회, 2009. 03
24. 김창한 외, 인필 모듈러 건설시스템의 이동장치 개발, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.2(통권 제23호), 2012. 11
25. 김창한 외, 인필 모듈러 건설시스템의 표준 시공프로세스 구축, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.2(통권 제23호), 2012. 11
26. 김태운 외, 모듈러 건축시스템의 주택적용 개선방안 제시, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(구조계), 2012. 04
27. 김태형 외, 강판 전단벽을 사용한 모듈러 시스템의 내진 성능 평가, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2, 2012. 10
28. 김행중 · 오정석. 공공임대주택의 효율적인 관리방안에 관한 소고, 한국지적학회지, 2008
29. 김형도 외, 모듈러 증축건축물의 구조해석에 관한 연구(I), 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.33 n.1, 2013. 04
30. 김형수 외, 공업화주택인정제도를 통한 모듈러주택의 개선방향 및 활성화 방안 연구, 한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.2(추계), 2012. 11
31. 김형준 외, 방화석고보드를 적용한 모듈러 보의 최적 내화성능 형상조건 도출을 위한 해석적 연구, 대한건축학회논문집 구조계 : v.25 n.07, 2009. 07
32. 김홍진 외, 실스케일 모듈러 구조물의 내진성능평가, 한국지진공학회 춘계학술발표회 논문집, 2011. 03
33. 김홍열 외, 병원형 모듈러블럭의 화재안전 성능평가를 위한 실물스케일 화재실험, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2008. 10
34. 김홍열 외, 화재하중을 고려한 병원형 모듈러블럭의 화재거동 및 구조체 변형에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집 구조계 : v.25 n.12, 2009. 12
35. 대한건축사협회, 표준화설계 가이드 북. 1997. 3.
36. 대한건축학회, 건축설비, 기문당, 2010
37. 대한건축학회, KBC2009 건축구조설계기준, 대한건축학회, 2009.
38. 대한주택공사, 대한주택공사 30년사, 대한주택공사, 1992
39. 박경록, 모듈러조 및 RC조의 에너지 소비량 및 CO₂ 배출량을 통한 환경성능평가, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.31 n.1(구조계), 2011. 04
40. 박광재 외, 통합발주체계(IPD) • 모듈러(Modular) • BIM 연계를 통한 건설 생산성 향

- 상 방안, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2012. 11
41. 박금성 외, 철골조 모듈러 시스템의 횡력저항 성능 평가, 대한건축학회논문집 구조계 : v.27 n.10, 2011. 10
 42. 박남천 외, 모듈러주택의 조립기능 개선에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2012. 11
 43. 박남천 외, 유닛모듈러 조립공구 개선을 위한 기능분석 연구, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.2(통권 제23호), 2012. 11
 44. 박송희, 모듈러 공법 특성 분석을 통한 모듈러 공법 수요 활성화 방안 수립, 전국 대학생 학술발표대회 논문집, 2011. 11
 45. 박수열 외, 유닛모듈 운송 방법의 개선방향 연구, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집 : v.12 n.2(통권 제23호), 2012. 11
 46. 박수열 외, 유닛모듈러 주택의 효율적인 조립 장비 개발 방향에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2012. 11
 47. 박지훈 외, 모듈러 유닛 구조물에 적용된 비렌탈형 조립보의 처짐, 대한건축학회논문집 구조계 : v.24 n.9, 2008. 09
 48. 배병운 외, 모듈러 공장생산 프로세스 개선을 위한 컨베이어시스템 적용 방안, 한국건설관리학회 논문집 : v.13 n.5, 2012. 09
 49. 부품 및 유닛 DB를 이용한 유닛 모듈러 주택의 설계자동화 연구, 임석호, 한국주거학회 논문집 v17, 2006.06
 50. 서울특별시, 2020 서울도시기본계획, 서울특별시, 2006
 51. 송영학 외, 국내 모듈러건축 및 제작사 현황조사 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.31 n.2(계획계), 2011. 10
 52. 송영학 외, 박스 유닛공법을 이용한 남극 대륙기지의 가설캠프 설계, 제작에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 : v.27 n.10, 2011. 10
 53. 송영학 외, 유닛 모듈러 설계를 이용한 임시주거 계획에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 : v.29 n.3, 2013.03
 54. 심성철 외, 12m × 3m 스틸 모듈러 시스템의 보-중간기둥 접합부 구조성능, 한국강구조학회 논문집 : v.20 n.6, 2008. 12
 55. 심성철, 이상현, 조봉호, 우성식, 최문식, 12m x 3m 스틸 모듈러 시스템의 보-중간기둥 접합부 구조성능, 한국강구조학회 논문집, 2009
 56. 염돈민. 저소득층 주거수준의 향상과 임대주택의 공급, 「주택정보」 서울: 한국주택사업협회, 1984
 57. 오정석, “공공임대주택 공급정책의 문제점과 향후 과제”, 「한국지적학회지」, 제25권 제2호, 2009, pp.163-177.
 58. 오정석. 서울시 주택공급정책의 개선방안에 관한 연구, 대한부동산학회, 2008

59. 왕우철 외, 모듈러공법을 적용한 주택의 계획특성에 관한 연구, 한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.2(추계), 2012. 11
60. 왕우철 외, 재난재해 임시주거의 구조 계획에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2, 2012. 10
61. 유영동, 고광호, 이연수, 모듈러 학교 건축물의 시범건립, 한국교육시설학회 춘계학술발표대회논문집, pp.683~695, 2003.
62. 윤승현 외, BIM 기반 재난 대비 임시주거시설 설계 시스템 개발에 관한 연구, 한국주거학회논문집 : v.24 n.1, 2013. 02
63. 이광복 외, 유닛 모듈러 공법의 효율성 확보를 위한 공장제작, 운반, 현장설치의 최적 공정 제안, 한국건설관리학회 논문집 : v.12 n.6, 2011. 11
64. 이상섭 외, 고층화 구현을 위한 유닛 모듈러 시스템 평가, 한국강구조학회 학술발표대회 논문집, 2012. 06
65. 이상섭 외, 층간소음 대응 유닛 모듈러 경량합성바닥 구조시스템, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(구조계), 2012. 04
66. 이어진 외, 복강판 합성 전단벽을 포함한 모듈러 구조물의 내진 거동, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2009. 10
67. 이어진 외, 복강판-모듈러 시스템의 반응수정계수, 한국지진공학회 춘계학술발표회 논문집, 2010. 03
68. 이영호 외, 유닛모듈러 건축물의 설계 초기 단계에서의 고려 사항, 한국건설관리학회 논문집 : v.13 n.6, 2012. 11
69. 이은진 외, 기존건축물의 수직증축을 위한 방안 비교, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.33 n.1, 2013. 04
70. 이재균 외, 모듈러 건축물을 위한 바닥판 시스템의 구조성능 실험, 대한건축학회논문집 구조계 : v.25 n.02, 2009. 02
71. 이재승 외, 방화석고보드를 적용한 MCO 보의 내화공법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 구조계 : v.24 n.11, 2008. 11
72. 이종찬 외, 사례연구를 통한 군 모듈러 독신간부숙소의 설계지침 연구, 대한건축학회논문집 계획계 : v.27 n.4, 2011. 04
73. 이주택, 주거환경만족도 요인구조분석에 관한 연구, 동국대학교 박사학위논문, 1994.
74. 이창재 외, 모듈러 건축의 경제성 분석 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2, 2012. 10
75. 이창재 외, 모듈러 기반 도시형 생활주택의 BIM 설계시스템 개발 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2, 2012. 10
76. 이창재 외, 모듈러 한옥 개발을 위한 Mock-up 프로세스 분석, 한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.1(춘계), 2012. 04

77. 이창재 외, 유닛모듈러 기반 도시형 생활주택의 BIM 모델링 프로세스 개발 연구, 한국생태환경건축학회 논문집 : v.12 n.6(통권 58호), 2012. 12
78. 이창재 외, 유닛모듈러 주택의 BIM 라이브러리 개발 연구, 한국주거학회논문집 : v.23 n.6, 2012. 12
79. 이창재 외, 유닛모듈러 한옥의 인식도 및 물리적 요소 만족도 분석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(계획계), 2012. 04
80. 이창재 외, 증축 리모델링을 위한 유닛모듈러 건축 설계 프로세스 개발에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.33 n.1, 2013. 04
81. 이창재 외, 한옥의 모듈러 공법 적용에 관한 연구, 한국주거학회논문집 : v.23 n.4, 2012. 08
82. 일본건축센터, 저층 건축물의 구조내력성능평정에 관한 기술규정(철강계).
83. 日本建築學會, 高力ボルト接合設計施工ガイドブック, 日本建築學會, pp.75, 2003
84. 日本建築學會. 建築工事標準仕様書同解説 JASS 1 一般工事. 1994.
85. 日本建築學會. 建築物の耐久計劃に關する考え方. 1988.
86. 임태모, “건축물 리모델링 활성화방안에 관한 연구” 중앙대 석사논문, 2000
87. 자연재해대책법 법률 제1894호, 법률 제 4993호
88. 자원순환형 철골조 유닛모듈러 주택개발 연구, 한국건설기술연구원, 2007
89. 장길수 외, 모듈러 공법의 제작과정에 대한 검토, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2, 2012. 10
90. 재난 및 안전 관리 기본법 법률 제7188호, 법률 제9932호
91. 財團法人 國土開發技術研究センター、省資源・省エネルギー型國土建設技術の開発, 建設省總合技術開發プロジェクト, 1994. 3.
92. 정성립 외, 경량형강을 사용한 모듈러 시스템 개발에 관한 연구, 한국공간구조학회 춘계학술발표회 논문집 : 제5권 제1호(통권 제5호), 2008. 05
93. 정성립 외, 해체•조립식 모듈러 철골조 건물의 시공성에 관한 연구, 한국공간구조학회, 2008. 08
94. 정성립 외, 해체•조립식 모듈러 철골조 기둥-보 접합부의 거동에 관한 실험적 연구, 한국공간구조학회, 2008. 02
95. 정영호 외, BIM기반 모듈러주택 설계를 위한 전략 및 기술도출에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2, 2012. 10
96. 정인수 외, 모듈러 주택의 양중방식 경제성분석에 관한 기초연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2012. 11
97. 정찬우 외, 모듈러를 활용한 증축 리모델링에 대한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.2, 2012. 10

98. 정충영외, 『SPSSWIN을 이용한 통계분석』, 서울 : 무역경영사, 1997.
99. 조봉호 외, 식스-시그마를 이용한 군 독신자 숙소용 모듈러 건축 시스템 개발, 한국 건설관리학회 논문집 : v.11 n.6, 2010. 11
100. 조봉호 외, 식스-시그마를 이용한 모듈러 건축물용 보부재 개발 방법론, 대한건축 학회논문집 구조계 : v.26 n.11, 2010. 11
101. 조봉호, 김갑득, 모듈러 학교 건축물의 구조적 특징, 한국교육시설학회 춘계학술발 표회 논문집, 2004
102. 조봉호, 김홍진, 박제우, 김덕기, 실스케일 모듈러 구조물의 내진성능 평가, 한국지 진공학회 춘계학술발표대회, 2011
103. 조봉호, 김홍진, 유영동, 모듈러 공법 적용 교육시설 증축에 관한 연구, 교육시설학 회 춘계학술발표대회, 2005
104. 조봉호, 김홍진, 하태휴, 고광호, 해외 수출용 모듈러 건축 시스템, 강구조학회지, 2010
105. 조봉호, 모듈러 건축물용 유닛의 운송 중 진동 특성, 소음진동(한국소음진동공학회 지), 2010
106. 조봉호, 모듈러 건축시스템을 이용한 그린 리노베이션, 그린빌딩, 2011
107. 조봉호, 박지훈, 안석현, 이상현, 모듈러 유닛 구조물에 적용된 비렌탈형 조립보의 처짐, 대한건축학회 논문집, 2008
108. 조봉호, 박지훈, 이상현, 모듈러 구조물의 사용성 향상을 위한 보 연결방안의 실험 적 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2007
109. 조봉호, 유영동, 김갑득, 모듈러 학교 건축물의 구조시스템, 대한건축학회추계학술 발표회논문집, pp. 529~532, 2003.
110. 조봉호, 이재균, 박지훈, 모듈러 건축물을 위한 바닥판 시스템의 구조성능 실험, 대 한건축학회 논문, 2009
111. 조봉호, 자유기고 : 모듈러 건축물용 유닛의 운송 중 진동 특성, 한국소음진동공학 회, 2010. 10
112. 조봉호, 차희성, 이재승, 식스-시그마를 이용한 모듈러 건축물용 보부재 개발 방법 론, 대한건축학회 논문집, 2010
113. 조봉호, 하태휴, 허성윤, 임상진, 모듈러 건축물의 구조시스템 및 적용 사례, 전산구 조공학, 2010
114. 조수연 외, BIM기반 재난 재해 모듈러 하우스 및 타운 설계 시스템 개발, 한국주 거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.1(춘계), 2012. 04
115. 조영주 외, 내화성능을 가진 모듈러 주택 외단열 공법의 단열성능 평가, 추계학술 발표대회 : 2012, 2012. 10
116. 주택도시연구원, 국민임대주택백서, 주택도시연구원, 2006

117. 지장훈 외, 모듈러 시스템을 활용한 무이주 리모델링 연구, 한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.2(추계), 2012. 11
118. 지장훈, 모듈러공법을 적용한 맞춤형 리모델링 활성화 방안 연구, 한국주거학회 학술발표대회 논문집 : 2012 v.1(춘계), 2012. 04
119. 지진재해대책법 법률 제9001호
120. 철골조 유닛모듈러 공법의 현장적용 및 기술 현황조사, 한국건설기술연구원, 2005
121. 최윤아, “공동주택 주거환경 요소의 중요도 가중치를 고려한 의사결정 지원 모델 개발”, 홍익대학교 대학원, 박사학위논문, 2007.
122. 친환경 유닛모듈러 주택의 공장 생산시스템에 관한 비교 연구, 임석호 외 2인, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 통권 11호, 2006.11
123. 통계청, 가계동향조사, 2009.
124. 통계청, 인구주택총조사보고서, 2005.
125. 한국건설기술연구원, 자원순환형 철골조 유닛 모듈라 주택 개발 연구, 국토교통부, 2004년도 건설핵심개발사업 최종보고서, 2007
126. 한국건설기술연구원, 지하 핵 대피시설 구축 방안 설정 연구, 국토교통부, 2008년도 연구보고서, 2008
127. 홍성걸 외, 모듈러 프레임의 횡하중 전달을 위한 연결 바닥 다이어프램의 구조 거동 특성, 한국지진공학회 춘계학술발표회 논문집, 2012. 03
128. 홍성엽 외, 모듈러 유닛 박스 구조부재 선정, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.32 n.1(구조계), 2012. 04
129. 홍성엽 외, FEM 적용한 유닛 모듈러 골조의 기둥-보 접합부 해석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : v.31 n.2(구조계), 2011. 10
130. R. Mark Lawson, Application of Modular Construction in High-Rise Buildings, JOURNAL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING, 2012
131. Andrew P. McCoy, Review of Factory Design for Modular Homebuilding: Equipping the Modular Factory for Success by Michael A. Mullens, JOURNAL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING, 2012
132. Laura H. Ikuma, Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 2011
133. H. Taghaddos a, A Simulation-Based Multi-Agent Approach for Scheduling Modular Construction, JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, 2012
134. Haitao Yu, Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation, JOURNAL OF MANAGEMENT IN ENGINEERING, 2013

135. Na Lu, Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Modular Construction: Benefits and Challenges, Construction Research Congress 2010, 2010
136. Bill Jeng, High Performance Modular Building: Inspiration from the Past, Technology from the present, Design for the Future, AEI 2011, 2011
137. Thomas M. Korman, Innovation and Improvements of Mechanical Electrical and Plumbing Systems for Modular Construction using Building Information Modeling, AEI 2011, 2011
138. Robert G. Driver, Modular Construction of Steel Plate Shear Walls for Low and Moderate Seismic Regions, Structures Congress 2011, 2011
139. Mansooreh MOGHADAM, Integrated BIM/Lean Base Production Line Schedule Model for Modular Construction Manufacturing, Construction Research Congress 2012, 2012
140. A. Alwisy, BIM Approach for Automated Drafting and Design for Modular Construction Manufacturing, JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, 2012
141. J. Olearczyk, 3D-Modeling For Crane Selection And Logistic For Modular Construction On-Site Assembly, JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, 2012
142. Dean DiGiovanni, High Performance Modular Building: Cost Effective Solutions for Design and Construction of a Sustainable Commercial Building, Structures Congress 2012, 2012
143. '해외도시개발사업 추진 전략 수립을 위한 기초조사, 건설산업정보센터, 2010'
144. '전문건설업 발전을 위한 공업화건축 활성화 방안, 대한건설정책연구원, 2011'
145. 통계청 건축물 통계, 국내건설수주동향조사, 주택건설실적통계, 도시재정비사업현황
146. 전국제해구조협회 주택피해 지원 현황
147. <http://www.relief.or.kr/>
148. 통계청 <http://kosis.kr/>
149. 대외경제협력기금 ODA 통계
150. KOICA 통계자료
151. 모듈러 건축 세미나 유웅상 소장님 자료 '학교시설 모듈러 공법 적용 방안'
152. 교육부 보도자료 '학급당 학생수 감축을 위한 실태조사 실시'
153. 기호일보, 2013. 6. 5 "학급당 학생수 OECD 수준 맞추려면 교실 늘려야"
154. Modular Building and the USGBC's LEED, version 3.0 2009 Building Rating System