



Off-Site Construction 기반
공동주택 생산시스템 혁신기술 개발
최종보고서

2020. 1. 21

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / (사)대한건축학회
공동연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

주 의 사 항

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

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 “Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술 개발”에 관한 연구과제의 보고서로 제출합니다.

2020. 1. 21.

주관연구기관명:
주관연구책임자:

(사)대한건축학회
안 병 욱

공동연구기관명:
공동연구책임자:

한국건설기술연구원
강 태 경

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연구 기 간	2018.12.01.~ 2019.11.30	단 계 구 분	1/1
연구 사업 명	국토교통연구기획사업				
연구 과제 명	최 상 위 과 제 명				
	단 위 과 제 명	Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술 개발			
연구 책임자	안병욱	총연구기간 참여 연구원수	총 : 14명 내부 : 7명 외부 : 7명	총연구비	정부 : 143,000천원 기업 : 천원 계 : 143,000천원
연구기관명 및 소속부서명	대한건축학회 한국건설기술연구원		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	106
<ul style="list-style-type: none"> • 본 기획연구의 핵심기술을 도출하기 위해 다음과 같이 연구를 수행함. • 1)국내·외 정책, 시장, 기술 및 인프라 동향 및 환경 분석, 2)핵심요소기술 도출, 연구개발과제 구성 및 추진전략 수립, 3)연구개발과제 기획, 4)핵심성과 및 타당성 검토. • 그 결과, 과제 제안요구서(RFP)를 도출하였으며, 도출된 핵심성과(기술)은 다음과 같음. <ol style="list-style-type: none"> 1. OSC 기반 PC 공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 최적 표준모델 및 표준모듈 최적화 - PC 접합부 설계 및 시공기준 개발 - OSC 기반 PC공동주택 주거성능 확보 및 생산성 향상 기술 개발 - 실증화 방안 기획 및 수행 2. OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산·시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - OSC 통합관리 플랫폼 기술 개발 - OSC공장 스마트 생산관리 기술 개발 - OSC 기반 PC 공동주택 스마트 시공관리 기술 개발 3. OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축 <ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC공동주택 확산 프레임워크 개발 - OSC 기반 PC 공동주택 공사발주 가이드 개발 - OSC 기반 PC 공동주택사업 종합성과평가 체계 개발 					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	공업화건축, 공동주택, 생산시스템, 건설관리, 주거성능			
	영 어	Off-site construction, Apartment housing, Production system, Construction management, Housing performance			

요약문

I. 제목

- Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술 개발 기획 최종보고서

II. 기술의 정의 및 필요성

□ 기술의 정의

- 건축생산방식은 전통적으로 원재료 및 생산자재의 대부분을 건축물의 부지로 운반하여 작업자와 장비에 의해 시공하는 현장생산방식에 의존하고 있음.
- 본 연구에서는 현장생산방식과 달리 공장에서 생산된 건축물의 부재를 부지로 운반하여 조립하는 off-site construction(OSC)에 초점을 맞춤.
- OSC는 현장생산방식(site-built construction)과 대비되는 개념으로 공장에서 부재를 생산 및 조립하는 prefabricated construction을 포함하며, 유사하게 유럽 등에서는 공업화 건축(industrialized construction)으로 정의됨.
- OSC는 비볼륨(non-volumetric) 부재(구조 프레임의 PC부재, 외장재, 내부 파티션, 덕트나 파이프라인 일부 등), 볼륨(volume) 부재(화장실, 기계실, 계단실 등), 모듈러 유닛(구조나 외피 등을 포함한 건물 전체나 부분을 형성하는 유닛)을 현장 외부에서 생산하여 현장에서 조립 설치하는 건축생산방식을 통칭함.
- Off-site construction 기반 공동주택 생산시스템과 관련된 기술의 정의는 아래와 같음.
 - ① 공동주택: 건축법 시행령 [별표 1]에 따른 공동주택
 - ② Off-site construction (OSC): 건축물의 부지가 아닌 공장 등의 장소에서 계획, 생산, 조립된 건축물 부재를 현장으로 운반하여 설치 및 시공 하는 방식으로 최종 목적물을 생산하는 건축방식
 - ③ 생산시스템: 기획, 설계, 시공, 유지보수 등의 건설생산 전 과정에 걸친 생산주체의 진입, 퇴출, 업무범위와 생산주체 간의 결합방식. 본 연구에서는 off-site construction 기반 공동주택 생산시스템 및 이에 수반되는 정책 및 제도, 기술표준, 생산효율화 기술개발에 중점을 둠.

□ 연구개발의 필요성

○ 건설산업 경쟁력 저하

- 국내 건설산업의 세계 경쟁력은 9위 수준으로 건축시공 분야(세계 7위)의 경쟁력은 높으나 설계 및 엔지니어링(13위) 경쟁력은 낮은 편임. 최근의 국제 경쟁 심화, 신규 기술 인력 유입 부족, 기능인력 저숙련화, 고임금 및 근로시간 단축 등의 산업환경 악화로 경쟁력이 더욱 하락하고 있음.
- 국내 주거 및 단지 건축분야는 최고기술 보유국 대비 82.1%로 성장기에서 성숙기로 변화하고 있으며, 최근 공동주택의 소음진동, 실내공기질, 결로, 누수 등 생활밀착형 문제 해결을 위한 연구개발이 수행되고 있음. 반면 주거 및 단지 건축분야의 최고기술 보유국인 일본은 OSC 기반 주택 시공기술을 개발하고, 다양한 형태의 모듈형 주택을 상품화하는 등 주거건축 분야 기술개발을 활발하게 추진 중임.

○ 건설 기능인력 수급의 불균형 심화

- 국내 건설현장 기능 인력의 수급 문제는 크게 공급(quantity)의 부족과 기능 수준(quality)의 저하라고 볼 수 있음. 이는 건설현장에 젊고 새로운 인력이 유입되지 않음으로써 발생한 것으로서 결국 기능 인력이 고령화되고 숙련공의 부족으로 인한 기능력 저하 문제가 발생되고 있음.
- 건설기능인력 중 55세 이상의 비중은 2017년 60.8%로 전 산업 평균인 52%를 훨씬 상회하고 있음. 한국고용정보원에 따르면 건설업의 청년층 고용 비중은 2016년 3.0%로 제조업의 19.6%에 비해 매우 낮은 수준이고 건축·토목계열 입학률은 4%로 점점 줄어들고 있으며 건설 기능인력의 평균연령이 50.7세로 고령화는 지속 가중되고 있는 실정이며, 외국인 근로자 수도 전체 근로자의 10% 수준이며 빠른 속도로 증가하고 있음. 이에 따른 기능인력의 저숙련화 문제가 대두되고 있음.

○ 노동 생산성 수준 저하

- 국내 건설산업의 주력시장인 시공분야도 선진국 대비 노동생산성이 50% 수준으로 개도국과의 기술격차가 좁혀질 경우 급격한 입지위축이 우려됨.
- 한국생산성본부의 부가가치 노동생산성지수에 따르면, 국내 건설업의 경우, 타 산업에 비해 매우 낮은 수준임. 건설업의 종업원 1인당 부가가치 증가율은 2010~2017년간 연평균 -3.5%로, 제조산업 평균 2.63%에 비해 매우 낮음.

○ 공동주택 품질저하 및 품질 균일성 확보 미비

- 국민 주거복지와 직결되는 공동주택 품질관련 하자분쟁 발생빈도는 2015년 4,381건, 2016년 4,042건, 2017년 4,227건으로 지속적으로 증가하고 있는 것으로 조사됨. 공동주택 하자 관련 민원의 주요 내용은 기능불량(20.7%), 결로(13.8%), 소음(9.7%), 균열(9.3%), 들뜸 및 탈락(8.4%), 오염 및 변색(7.4%) 등으로 건설품질과 관련된 원인들이 대다수였음. 조사된 통계는 아파트 하자 신고 접수 건수로 한정된 수치여서, 실제 공동주택의 품질하자 발생건수는 더 많을 것으로 예상됨. 이에 따라 공동주택 품질하자의 복합적인 원인 분석, 통합적 관리, 솔루션 공급을 통한 균일한 품질 확보가 필요함.

○ 첨단·혁신 기술 기반 플랫폼 구성 필요

- 세계 경제의 전반적인 저성장추세 속에서 새로운 성장동력 확보에 대한 필요성이 대두되면서 주요 국가들은 이를 해결할 하나의 메가 솔루션으로 4차 산업혁명을 선도하기 위한 정책적 역량을 집중하고 있음. UBS의 4차 산업혁명 준비도 순위, WEF의 Network Readiness Index, IMD의 세계 디지털 경쟁력 지수 등을 종합적으로 분석한 결과 한국은 4차 산업혁명 준비 수준이 19위로 낮게 평가됨.
- 건설산업에서도 인식의 전환이 이루어지고 있으며, 과거와 달리, ‘기획-설계-시공-유지관리’에 이르는 전체 가치사슬을 수직적으로 통합하거나, 설계와 시공을 묶어서 발주하거나, 시공업체가 설계단계에 개입하여 관련 사업자와 협력해서 프로젝트를 진행하는 발주방식이 널리 확산되고 있으며, 이에 맞춰 가치사슬의 ‘연결과 통합’에 입각한 건설 생산 방식과 공통의 플랫폼이 요구됨.

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경분석

□ 국내외 정책 동향

- 국토교통부는 2018년 주거종합계획 수립에 있어 다양한 주택의 공급을 위하여 생애단계별·소득수준별 맞춤형 주거지원의 확대, 주택시장의 안정적 관리, 살기 좋은 주거환경 조성 등을 포함한 총 5개 추진과제를 선정함. 중점 추진과제 중 ‘살기 좋은 주거환경 조성’을 위하여 미래형 주택 보급 계획을 수립하였는데, 그 중 공업화 주택의 제작비용 절감, 성능향상 등을 통해 주택 보급 확대의 기반을 마련하기 위한 계획 역시 수립함.

- 제5차 건설산업진흥기본계획과 제6차 건설기술진흥기본계획은 4차 산업혁명에 대응할 수 있는 기술기반 구축과 건설산업 체질 개선방안 마련을 목표로 하고 있으며, VR/AR 기술과 같이 건설시장을 선점할 수 있는 핵심기술의 성공적인 정착을 통해 건설산업 생태계 활성화를 목표로 하고 있음.
- 국내 공동주택 공급의 경우, 최근 맞춤형 주택에 대한 수요 및 관심의 증대로 정책의 방향이 맞춤형 주택공급으로 맞추어 지고 있으며, 인구노령화 및 장애인등 사회적 약자 배려 및 주거환경개선 방향으로 정책이 수립되고 있음. 주거복지로드맵을 통해 수요자 중심의 주거환경 개선 및 주거복지의 새로운 패러다임을 제시하고자 함.
- 미국, 일본, 독일 등 정부 또한 4차 산업혁명 기반기술을 신성장동력으로 선정하고 연구개발 및 기업 지원을 도모하고 있음.

□ 국내외 시장 동향

- 제조업과 같은 타 산업들의 변화가 건설 산업에 영향을 주고 관련 산업들이 건설 목적물을 구성하는 다양한 자재 생산이 가능해지면서부터 Off-Site Construction(OSC)이 활성화되기 시작함. 2000년대 이후 OSC는 신기술, 신소재, 공법개선 등을 통해 꾸준히 발전해 오고 있으며, 최근에는 2030년까지 부족한 주택건설 해결에 가장 적합한 기술로 고려되고 있음.
- 현재 국내에는 현재 국내에는 10개 내외의 PC 공장이 있으며, 연간 약 500,000m³의 콘크리트를 생산할 수 있으며, 생산되고 있는 건축용 부재는 기둥, 보, 벽체, 바닥판, 외벽 이 주를 이루고 있음. PC Slab, Wall PC, Wall+Rahmen PC, Rahmen PC, 지하주차장 PC화 및 기타(공동주택 계단실, 옥탑, 지붕 장식물 등) 공법이 OSC 기반 공동주택 시공에 사용되고 있음.
- 국내 건축 PC 시장규모는 2016년 기준 약 4,800억원 규모이며, 연간 성장률은 약 10%를 상회하고 있음. 2010년 기준 건축 PC 총매출은 약 2,800억원이었으며, 주요 적용대상은 공동주택 지하주차장, 물류센터, 창고, 반도체 공장임. PC 산업의 점유율은 전체 건설공사의 약 0.5% 수준임.
- WPI Economics의 최근 조사에 따르면, 영국 내 OSC의 비율을 25%로 높일 경우, 전체 건설 산업의 생산성을 3.6% 향상시킬 수 있다고 전망했으며, 중국의 한 연구에 따르면 OSC 건설 기법을 이용하며 중국 내 건설 프로젝트의 비용, 폐기물 및 환경 영향을 줄이면서 품질, 공기 단축 및 안전성을 향상시킬 수 있으며, 이러한 개선은 건설 산업에 전반에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 것으로 전망함.

- 국내에서도 기능인력 부족 및 저숙련화, 품질, 안전, 지속가능성, 건설생산혁신, 공업화 건축생산시스템, 주거성능 확보 등을 이유로 OSC 기반 건설 시장이 점점 확대될 것으로 예상함. 이에 따라 Off-Site에서의 사업관리, 물류, 마케팅 및 영업 등의 현장 외 건설 프로젝트, 현장 설치 관련 프로세스, 그리고 유지·보수·관리 관련 프로세스 기반 새로운 시장이 형성될 것으로 예측할 수 있음. 습식공사 현장 주변 민원 발생, 공사 현장 근로자 부족 및 경력자 고임금화로 현장 공사비 부담 가중, 무리한 현장 원가 절감으로 인한 건설 품질 저하, 안전사고 발생 위험, 도심지 레미콘 차량진입 제한 및 운행 규제 가속화 등의 이유로 국내 OSC 시장이 급속도로 성장할 것으로 예상됨.

□ 국내외 기술 동향

- ICT 기술 고도화에 의한 건축생산 프로세스의 스마트화와 AR/VR을 통한 시공 자동화 등 OSC 요소 기술에 대한 지속적인 기술개발이 진행되고 있음.
- 최근 연구 논문은 첨단 IT 기술을 접목한 공장제작 자동화 기술, 건축 생산 프로세스 혁신 기술, 스마트 SCM 관리 기술 등 OSC 관련 기술에 대한 논문과 특허 실적은 최근 까지 꾸준한 증가세를 보임.
- 기존 R&D의 주된 내용은 설계, 구조 중심의 신기술·신공법 개발에 치중하고 있어서 실제 건축 산업 전반으로의 확대적용을 통한 기술 확산이 제한적이었음. 또한, 건축 생산 프로세스의 고도화와 생산 체계 혁신에 관한 연구는 미미한 수준임.

IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

□ 연구개발과제 구성

세부과제	세세부 과제	주요 연구내용
1 세부: OSC 방식 PC공동주택 핵심 기반기술 개발 및 실증	1-1 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 표준모델 및 표준모듈 최적화	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC기반 PC구조 공동주택의 표준모델 및 모듈 개발 ❖ 모델별 표준모듈의 생산 및 현장설치 프로세스 최적화 ❖ OSC 표준모듈 BIM 라이브러리 구축
	1-2 세세부: PC 접합부 설계 및 시공기준 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 표준모듈 접합부의 설계기준 및 표준상세 개발 ❖ 표준모듈 접합부 성능향상을 위한 공법 개발 ❖ 표준모듈 시공기준 및 품질관리기준 개발
	1-3 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 주거성능 확보 및 생산성 향상 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 기술개발 ❖ 차음성능 최적화 바닥 및 벽체부위 기술개발 ❖ 생산성 향상을 위한 다양한 OSC 구성요소 활용기술 개발
	1-4 세세부: 실증화 방안 기획 및 수행	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 기반 PC 공동주택 핵심 기반기술 실증사업 수행 계획 수립 및 실행 ❖ 실증화 사업 전과정 모니터링 및 성과분석 계획 수립 및 실행 ❖ 실증화 사업 주거성능 모니터링 계획 수립 ❖ OSC 통합 플랫폼 및 핵심 요소기술 테스트베드 적용 및 검증
2 세부: OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산· 시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발	2-1 세세부: OSC 통합관리 플랫폼 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 통합관리 플랫폼 데이터 모델링 및 연계·통합 기술 개발 ❖ OSC부재 위치 트래킹 기술 개발 ❖ OSC 통합관리 플랫폼과 BIM 데이터 연계 기술 개발 ❖ 공장생산-물류-현장설치 통합 최적화 계획수립 기술 개발
	2-2 세세부: OSC공장 스마트 생산관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 생산성 실시간 모니터링 및 생산계획 조정 기술 개발 ❖ 스마트 생산 검측 및 품질관리 시스템 개발 ❖ 생산성 및 수요변화 가변성 제고를 위한 스마트 생산라인 구축계획 및 안전관리 시스템 개발 ❖ OSC부재 최적 물류 패키징 기술 개발
	2-3 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 스마트 시공관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 기반 PC 부재 현장설치 시, 안전 및 시공품질관리 기술 개발 ❖ OSC현장의 공정 모니터링 및 리스크 분석 기술 개발 ❖ OSC 기반 PC 공동주택의 주거성능 모니터링 기술 개발 ❖ 다양한 유형(Site, Off-site, Hybrid)의 프리패브 부재/부재생산 효율화 장비 개발
3 세부: OSC 기반 PC공동주택 확산 인프라 구축	3-1 세세부: OSC 기반 PC공동주택 확산 프레임워크 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 국내 PC 시장 Value Chain/Supply Chain 분석 및 OSC 기반 PC 공동주택 경제성 분석모델 개발 ❖ OSC 기반 PC 공동주택 활성화를 위한 정책 제안 ❖ OSC 생산공장 인증시스템 개발 ❖ OSC 기술인/기능인 교육훈련 시스템 구축
	3-2 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 공사발주 가이드 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 기반 PC 공동주택 확산을 위한 발주모델 제안 ❖ OSC 기반 PC 공동주택 공사비·공기 산정기준 개발
	3-3 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 사업 종합성과평가 체계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 기반 PC 공동주택사업 맞춤형 사업성과 평가지표 개발 ❖ 실증데이터기반 사업성과 평가체계 구축

□ 추진전략

- 공동주택 프로토타입 개발을 통한 실증사업 중심의 연구관리: 벽식, 기둥-보식 등 사업 특성에 적합한 OSC 기반 PC 공동주택의 유형별 프로토타입을 개발하고 이를 실현하기 위한 요소기술을 조기 개발, 검증하는 형태로 과제를 진행함. 개발되는 요소기술은 개별 검증, 요소기술이 적용되는 OSC 공동주택 유형별 Mock-up을 통한 기술 검증 및 보완 과정을 거쳐 실증에 적용되어 기술 완성도를 높이고 실증에 따른 위험을 줄이고자 함.
- 가상물리시스템(CPS) 개념 기반의 첨단 ICT 기술을 활용한 OSC 프로젝트 관리 선진화: 가상물리시스템 개념 기반의 OSC 기반 프로젝트 관리 플랫폼을 구축하고 이를 중심으로 공장생산/운송/설치·시공/유지관리의 공급사슬 전반에서 생성되는 데이터를 센서, 비전 등 첨단 ICT 기술을 활용하여 획득하고 인공지능, 시뮬레이션 등을 통해 실시간 의사결정을 지원함으로써 OSC 기반 프로젝트 관리 선진화를 도모함. OSC 플랫폼은 다양한 애플리케이션 간의 데이터교환을 위한 표준을 제공함으로써 향후 새로운 OSC 애플리케이션이 개발됨에 따라 더욱 효율적인 OSC 프로젝트 관리를 가능케 함.
- 부재 최적화 및 스마트 공장 생산관리를 통한 전체 공동주택 생산시스템 효율화: OSC 기반 프로젝트 성능은 설계 품질, 그리고 부재 생산의 효율 및 정밀도의 영향을 크게 받으나 현재 OSC 부재 설계 및 공장의 부재 생산관리 수준이 높지 않은 것으로 파악됨. 따라서 공장·현장 상황, 작업자 안전, 부재 운송 및 적재 등을 고려한 부재 최적화 기술과 OSC 공장에 적합한 스마트 생산관리 기법 등을 개발하고 보급에 집중함으로써 전체 OSC 기반 공동주택 생산시스템의 효율을 제고하고자 함.
- OSC 기반 PC 공동주택 생산 확대를 위한 관리체계 및 정책기반 구축: 본 과제의 목표인 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 혁신 및 확대를 이루기 위해서는 실증을 통한 성공사례를 만드는 것 뿐 아니라 장기간 지속되어 온 RC 중심의 전통적 건설생산시스템에 적합하게 구축되어 온 관리체계 및 정책기반을 OSC 생산시스템을 지원할 수 있는 방향으로 개선하려는 노력이 병행되어야 함. 따라서 OSC 기반 PC 공동주택 프로토타입을 중심으로 개발되는 모든 요소기술들에 대하여 적절한 관리체계 및 제도·정책 기반 구축을 병행함으로써 OSC 생산시스템 확산 및 요소기술 실현가능성을 제고함.

< 목 차 >

1장. 기술의 정의 및 필요성	1
1절. 기술의 정의 및 분류체계	1
1. 기술의 정의	1
2. 기술분류체계	2
2절. 연구개발의 배경 및 필요성	3
1. 건설산업 경쟁력 저하	3
2. 건설 기능인력 수급의 불균형 심화	3
3. 노동 생산성 수준 저하	4
4. 공동주택 품질저하 및 품질 균일성 확보 미비	5
5. 첨단·혁신 기술 기반 플랫폼 구성 필요	6
2장. 국내외 동향 및 환경 분석	8
1절. 국내외 정책동향 및 분석	8
1. 국내 정책 동향	8
2. 해외 정책 동향	10
3. 정책분석 시사점	11
2절. 국내외 시장현황 및 전망	12
1. 국내 공동주택 시장분석	12
2. 국내외 Off-Site Construction 시장 분석	13
3. 국내외 OSC 공장생산 기술 시장 분석	16
4. 국내외 관련 시장분석 시사점	17
3절. 국내외 기술동향 및 분석	17
1. OSC 공동주택 주거성능 관련 기술	17
2. OSC 공장생산기술	18
3. OSC 스마트 공장생산기술	20
4. OSC 스마트 현장조립 및 시공기술	21
5. OSC 스마트 관리기술	23

4절. 논문 및 특허 분석	25
1. 논문분석	25
2. 특허분석	29
3. 유사 기술 여부 및 현황 분석	32
4. 대상 기술의 기술성 및 사업성 분석	33
5절. 유사과제 분석 및 기존 기술(연구)와의 차별성	34
1. 유사과제 현황	35
2. 차별성 및 연계 추진방안	36
6절. 종합분석	38
1. 국내외 동향 및 환경 분석 요약	38
2. 최근 OSC 관련 기술 개발 트렌드 분석	39
3. OSC 연구 수행을 위한 SWOT 분석 실시	40
4. SWOT 분석을 통한 기술개발 전략 수립	42
3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략	43
1절. 비전 및 목표	43
2절. 연구개발 과제 구성	44
3절. 핵심요소기술(CTE) 선정	45
1. 핵심요소기술 도출	45
2. 핵심요소기술 선정	46
4절. 세부과제별 주요 내용	51
1. (1-1세부) OSC 기반 PC 공동주택 표준모델 및 표준모델 최적화	52
2. (1-2세부) PC 접합부 설계 및 시공기준 개발	54
3. (1-3세부) OSC기반 PC 공동주택 주거성능확보 및 생산성 향상 기술 개발	56
4. (1-4세부) 실증화 방안 기획 및 수행	58
5. (2-1세부) OSC 통합관리 플랫폼 기술 개발	60
6. (2-2세부) OSC공장 스마트 생산관리 기술 개발	62
7. (2-3세부) OSC 기반 PC 공동주택 스마트 시공관리 기술 개발	64
8. (3세부) OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축	68

5절. 과제추진전략	70
6절. 세부과제 간 연계관계	72
7절. 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵	73
4장. 사전타당성 검토	75
1절. 정책적 타당성 검토	75
1. 상위계획과의 부합성	75
2. 사업 추진의지	77
3. 국고지원의 적합성	77
4. 법·제도적 위협요인	78
2절. 기술적 타당성 검토	79
1. 기술수준 및 역량분석	79
5장. 인력투입 소요예산 산정	84
1절. 연구일정에 따른 인력투입 계획	84
1. 전체사업 인력투입 계획	84
2. 세부과제별 인력투입	85
2절. 소요예산 산정	86
1. 예산 산정 방법	86
2. 전체사업 소요예산	86
3. 예산항목 별 소요예산	87
4. 세부과제 별 소요예산	88
6장. 과제 제안요구서	90
1절. 과제 제안요구서 (RFP)	90
2절. 평가기준 설정	103

〈 표 목 차 〉

[표 1] 기술분류체계	2
[표 2] 산업별 55세 이상 취업자 비중(출처: 통계청-고령층 부가조사)	4
[표 3] 부가가치 노동생산성지수(전년동기대비 증가율)	5
[표 4] 4차 산업혁명 경쟁력 순위 현황(UBS(2016), WEF(2017), IMD(2017))	7
[표 5] OSC 관련 논문 검색 키워드	25
[표 6] OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 관련 유사 논문 현황	26
[표 7] OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련 유사 논문 현황	27
[표 8] OSC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 관련 유사 논문 현황	28
[표 9] OSC 관련 전체특허 검색 키워드	29
[표 10] OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 관련 특허 현황	30
[표 11] OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 핵심 특허 현황	31
[표 12] OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련 특허 현황	31
[표 13] OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 핵심 특허 현황	32
[표 14] OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 관련 국내 유사과제 현황	35
[표 15] OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련 국내 유사과제 현황	35
[표 16] OSC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 관련 국내 유사과제 현황	36
[표 17] 최근 OSC 관련 기술 개발 트렌드 분석	40
[표 18] 연구기획제안 당시 기획연구 목표와 주요 기획연구 내용	44
[표 19] 핵심요소기술 후보기술 리스트	46
[표 20] 1세부 핵심요소기술(CTE) 선정	47
[표 21] 2세부 핵심요소기술(CTE) 선정	48
[표 22] 3세부 핵심요소기술(CTE) 선정	49
[표 23] 핵심요소기술(CTE) 선정을 통한 연구개발과제 구성	50
[표 24] 세부과제별 주요 연구내용(최종연구개발과제)	51
[표 25] (1-1세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)	52
[표 26] (1-1세부) As-Is vs. To-Be	53
[표 27] (1-2세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)	54

[표 28] (1-2세부) As-Is vs. To-Be	55
[표 29] (1-3세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)	56
[표 30] (1-3세부) As-Is vs. To-Be	57
[표 31] (1-4세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)	58
[표 32] (1-4세부) As-Is vs. To-Be	59
[표 33] (2-1세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)	60
[표 34] (2-1세부) As-Is vs. To-Be	61
[표 35] (2-2세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)	62
[표 36] (2-2세부) As-Is vs. To-Be	64
[표 37] (2-3세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)	65
[표 38] (2-3세부) As-Is vs. To-Be	67
[표 39] (3세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)	68
[표 40] (3세부) As-Is vs. To-Be	69
[표 41] 상위계획과의 부합성	75
[표 42] Off-Site Construction 관련 기술 연관성(2016년, KISTEP)	79
[표 43] Off-Site Construction 관련 기초연구 및 응용-개발연구 기술 수준(2016년, KISTEP)	79
[표 44] Off-Site Construction 관련 연구주체별 기술 수준(2016년, KISTEP)	80
[표 45] Off-Site Construction 관련 최고국과의 기술 격차(2014, 2016년, KISTEP)	81
[표 46] Off-Site Construction 관련 기술의 기술수준 및 기술격차(2015년, KAIA)	82
[표 47] 연차별 전체투입 연구인력	83
[표 48] 상세투입 연구인력	83
[표 49] 세부과제별 인력투입 - 1세부	84
[표 50] 세부과제별 인력투입 - 2세부	84
[표 51] 세부과제별 인력투입 - 3세부	84
[표 52] 전체사업 소요예산	85
[표 53] 예산항목별 소요예산	86
[표 54] 세부과제별 소요예산 - 1세부	87
[표 55] 세부과제별 소요예산 - 2세부	87
[표 56] 세부과제별 소요예산 - 3세부	88

〈 그림 목 차 〉

[그림 1] 주거 및 단지 건축분야 기술격차 및 기술 수준	3
[그림 2] 건설업 노동생산성	4
[그림 3] 근로시간 단축 후 나타나는 문제점 (출처: 대한건설협회 조사 기반으로 재작성)	6
[그림 4] 공업화 주택의 구조안전성 확보 및 주거성능 향상을 위한 실증단지 (국토교통부, 2018)	9
[그림 5] 주택유형 비중변화추이	12
[그림 6] 전국 주택보급률 및 자가보유율 추이	12
[그림 7] 국내 건축 PC 슬래브 시장 규모	14
[그림 8] 중국 내 OSC 기반 건설 산업 개발을 위한 로드맵 및 전략 [Rui Jian et al. (2018)]	15
[그림 9] PC에 단열재를 부착하여 공장생산하는 고단열 복합 PC 외벽 시스템과 관련 시뮬레이션	18
[그림 10] 현대 모터스튜디오 고양 프로젝트 MTP공법 적용 사례	18
[그림 11] 한성 PC공장 설비	19
[그림 12] 삼표 P&C 여주공장 PC부재 생산 설비	19
[그림 13] Straits Construction Group의 Precast Concrete 부재 자동화 생산 공장 (싱가포르)	20
[그림 14] 커튼월 설치 자동화 기술	21
[그림 15] 마커와 카메라 구동 방식(좌), 시각화 예시(우) [제어로봇 시스템학회, 2015]	22
[그림 16] 범용 기동형 용접로봇과 T-iROBO Rebar 철근결속로봇	22
[그림 17] SAM(Semi-Automated Mason) (출처:Construction Robotics)	23
[그림 18] 모바일 애플리케이션 기반 공사 품질 점검 및 보고 (출처: FINALCAD, 2018)	23
[그림 19] ManufactOn사의 Supply Chain Manager	24
[그림 20] 연도별 논문 게재 현황 및 top 5 국가의 논문 점유율	25
[그림 21] 연도별, 국가별 특허출원 건수(2008~2018)	29
[그림 22] 연도별, 국가별 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 특허출원 현황	30
[그림 23] 연도별, 국가별 OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리기술 특허출원 현황	32
[그림 24] 기존 모듈러 공동주택 연구와 OSC 연구와의 차별성	37
[그림 25] 국내외 동향 및 환경 분석 요약	38
[그림 26] OSC 기술 개발 관련 Issue Tree	40
[그림 27] SWOT 분석을 통한 OSC 기술개발 전략 수립	41

[그림 28] 연구과제의 비전 및 목표	43
[그림 29] 연구 내용 구성	50
[그림 30] 세부과제 추진전략	71
[그림 31] 세부과제 간 연계관계	72
[그림 32] 과제별, 연차별 기술 및 성과로드맵	73

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의 및 분류체계

1. 기술의 정의

- 건축생산방식은 전통적으로 원재료 및 생산자재의 대부분을 건축물의 부지로 운반하여 작업자와 장비에 의해 시공하는 현장생산방식에 의존하고 있음.
- 본 연구에서는 현장생산방식과 달리 공장에서 생산된 건축물의 부재를 부지로 운반하여 조립하는 off-site construction(OSC)에 초점을 맞춤.
- OSC는 현장생산방식(site-built construction)과 대비되는 개념으로 공장에서 부재를 생산 및 조립하는 prefabricated construction을 포함하며, 유사하게 유럽 등에서는 공업화건축(industrialized construction)으로 정의됨.
- OSC는 비볼륨(non-volumetric) 부재(구조 프레임의 PC부재, 외장재, 내부 파티션, 덕트나 파이프라인 일부 등), 볼륨(volume) 부재(화장실, 기계실, 계단실 등), 모듈러 유닛(구조나 외피 등을 포함한 건물 전체나 부분을 형성하는 유닛)을 현장 외부에서 생산하여 현장에서 조립 설치하는 건축생산방식을 통칭함.
- Off-site construction 기반 공동주택 생산시스템과 관련된 기술의 정의는 아래와 같음.

① 공동주택: 건축법 시행령 [별표 1]에 따른 공동주택

② Off-site construction (OSC): 건축물의 부지가 아닌 공장 등의 장소에서 계획, 생산, 조립된 건축물 부재를 현장으로 운반하여 설치 및 시공 하는 방식으로 최종 목적물을 생산하는 건축방식

③ 생산시스템: 기획, 설계, 시공, 유지보수 등의 건설생산 전 과정에 걸친 생산주체의 진입, 퇴출, 업무범위와 생산주체 간의 결합방식. 본 연구에서는 off-site construction 기반 공동주택 생산시스템 및 이에 수반되는 정책 및 제도, 기술표준, 생산효율화 기술개발에 중점을 둠.

2. 기술분류체계

- Off-site construction 기반 공동주택 생산시스템 기술은 4개의 대분류, 8개의 중분류, 24개의 소분류로 정의됨.

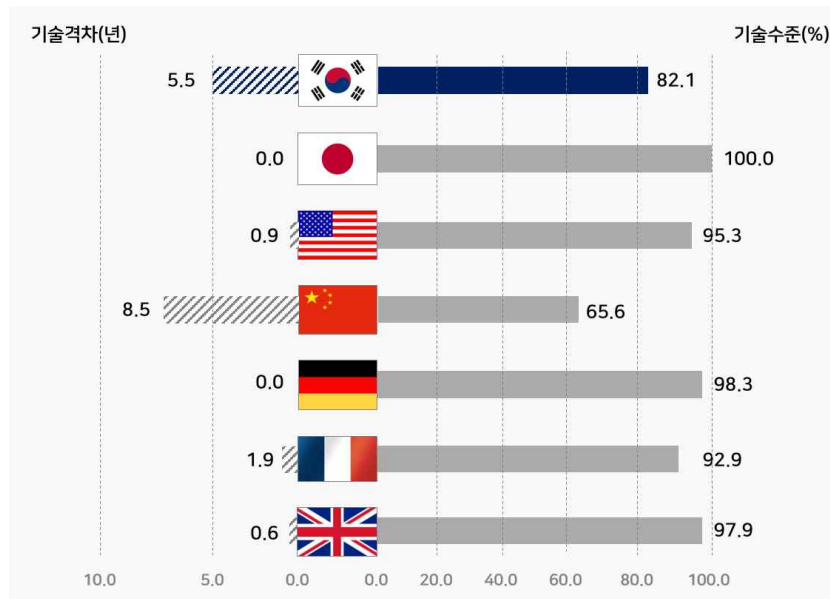
[표 1] 기술분류체계

대분류	중분류	소분류
OSC 공동주택 설계·엔지니어링 기술	OSC 공동주택 표준설계 모듈 최적화 기술	❖ OSC 표준 모듈 프로토타입
		❖ OSC 엔지니어링 표준 상세 기술
		❖ OSC 최적 표준 상세 기술 개발
	접합부 설계 및 시공기준	❖ 고성능 접합재료 및 고방수성능재료
		❖ OSC 설치/시공용 가설 및 안전 기술
		❖ 주거성능 확보를 위한 설치 및 시공 기술
OSC 공장생산 최적화 기술	최적 공장생산계획 기술	❖ 공장생산부재 최적 패키징 기술
		❖ 최적생산 및 조립을 위한 생산계획 기술
		❖ 설계품질 평가 시스템 기술
	스마트 공장생산관리 및 모니터링 기술	❖ 공장생산부재 품질모니터링 자동화 기술
		❖ BIM연계 자동생산 기술
		❖ 스마트 적재 및 작업공간 계획 기술
OSC 통합 플랫폼 기술	OSC 공급사슬 관리 플랫폼 기술	❖ Offsite-to-Site 데이터 기반 적시생산계획 수립 기술
		❖ 공급사슬 모니터링 및 제어를 위한 가상물리시스템 기술
		❖ 스마트 센서 기반 부재 트래킹 기술
	OSC 프로젝트 시뮬레이터 기술	❖ OSC 현장 4D 시뮬레이션 및 시각화 기술
		❖ OSC 현장 공정관리 최적화 기술
		❖ OSC 현장 양중계획 최적화 및 스마트 안전관리 기술
스마트 시공·관리 기술	스마트장비 모니터링/제어 기술	❖ OSC 현장 설치 스마트장비 모니터링 및 제어 기술
		❖ OSC 현장 설치 및 시공 자동화 기술
		❖ OSC 현장 설치 장비의 모바일 연계 기술
	스마트 센싱 기반 품질 결함 자동감지 기술	❖ 현장 설치 및 시공 품질 자동 확인 기술
		❖ 운송-설치 단계의 공장생산부재 손상감지 기술
		❖ AR/VR기반 현장시공 지원 기술

2절. 연구개발의 배경 및 필요성

1. 건설산업 경쟁력 저하

- 국내 건설산업의 세계 경쟁력은 9위 수준으로 건축시공 분야(세계 7위)의 경쟁력은 높으나 설계 및 엔지니어링(13위) 경쟁력은 낮은 편임. 최근의 국제 경쟁 심화, 신규 기술 인력 유입 부족, 기능인력 저숙련화, 고임금 및 근로시간 단축 등의 산업환경 악화로 경쟁력이 더욱 하락하고 있음.
- 특히 국내 주거 및 단지 건축분야는 최고기술 보유국 대비 82.1%로 성장기에서 성숙기로 변화하고 있으며, 최근 공동주택의 소음진동, 실내공기질, 결로, 누수 등 생활밀착형 문제 해결을 위한 연구개발이 수행되고 있음. 반면 주거 및 단지 건축분야의 최고기술 보유국인 일본은 OSC 기반 주택 시공기술을 개발하고, 다양한 형태의 모듈형 주택을 상품화하는 등 주거건축 분야 기술개발을 활발하게 추진 중임.



[그림 3] 주거 및 단지 건축분야 기술격차 및 기술 수준
(출처: 국토교통과학기술진흥원)

2. 건설 기능인력 수급의 불균형 심화

- 국내 건설현장 기능 인력의 수급 문제는 크게 공급(quantity)의 부족과 기능 수준(quality)의 저하라고 볼 수 있음. 이는 건설현장에 젊고 새로운 인력이 유입되지 않음으로써 발생한 것으로서 결국 기능 인력이 고령화되고 숙련공의 부족으로 인한 능력 저하 문제가 발생되고 있음.
- 건설기능인력 중 55세 이상의 비중은 2017년 60.8%로 전 산업 평균인 52%를 훨씬 상회하고 있음. 한국고용정보원에 따르면 건설업의 청년층 고용 비중은 2016년 3.0%로 제조

업의 19.6%에 비해 매우 낮은 수준이고 건축·토목계열 입학률은 4%로 점점 줄어들고 있으며 건설 기능인력의 평균연령이 50.7세로 고령화는 지속 가중되고 있는 실정이며, 외국인 근로자 수도 전체 근로자의 10% 수준이며 빠른 속도로 증가하고 있음. 이에 따른 기능인력의 저숙련화 문제가 대두되고 있음.

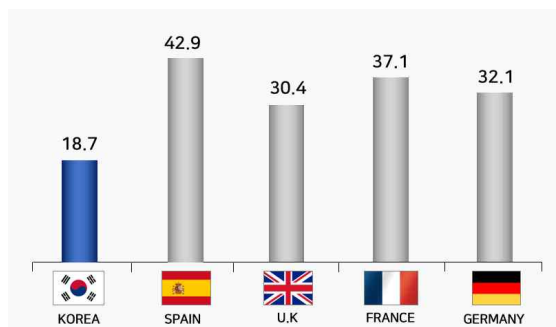
[표 2] 산업별 55세 이상 취업자 비중(출처: 통계청-고령층 부가조사)

산업별	2015.5			2016.5			2017.5		
	전체 취업자(A)	55세이상 취업자(B)	비중 (B/A)	전체 취업자(A)	55세 이상 취업자(B)	비중 (B/A)	전체 취업자(A)	55세이상 취업자(B)	비중 (B/A)
계	26,189	12,748	48.7	26,450	13,320	50.4	26,824	14,167	52.8
제조업	4,464	1,338	30.0	4,514	1,473	32.6	4,489	1,614	36.0
건설업	1,862	989	53.1	1,840	1,077	58.5	2,002	1,218	60.8

- 건설현장 기능인력 수급 불균형 문제에 대한 해결 방안으로써 건설인력관리센터의 설립 및 기능 인력의 경력관리제도, 병역특례제도의 활용, 산업차원의 사회복지 혜택기반 마련 등이 제시되고 있으나, 시대의 흐름과 기술 발전에 따른 미래 전망을 고려해볼 때 어느 정도 한계가 있는 것으로 판단됨. 따라서, 건축생산 체계의 스마트화, 프로세스 혁신을 통해 단순노무 개입을 최소화하여 건설 현장에서 요구되는 기능 인력에 대한 수요를 감소시킬 수 있는 노력이 반드시 수행되어야 할 것임.

3. 노동 생산성 수준 저하

- 국내 건설산업의 주력시장인 시공분야도 선진국 대비 노동생산성이 50% 수준으로 개도국과의 기술격차가 좁혀질 경우 급격한 입지위축이 우려됨.



[그림 4] 건설업 노동생산성
(선진국 대비, 단위:\$/시간, 2015)

- 글로벌 컨설팅업체 맥킨지 글로벌 연구소(MGI)의 글로벌 건설업 혁신보고서에 따르면, 한국 건설업의 노동시간당 부가가치는 13달러로 벨기에(48달러), 네덜란드(42달러), 영국(41달러), 스페인(41달러) 등 유럽 선진국의 3분의 1도 채 되지 않는 것으로 조사됨.

- 맥킨지는 건설업의 생산성이 다른 산업 평균 수준으로만 향상돼도 연간 45조원의 부가가치를 창출하는 효과가 있을 것으로 분석함. 규제 여건 재구성, 계약체계 변화를 통한 업계 역학구조 재편, 설계 및 엔지니어링 프로세스 개선, 구매 및 공급망 관리 개선, 현장 실행 개선, 디지털 기술 강화, 인적 역량 강화 등 7가지 방안을 제안함.
- 디지털 기술 강화로 인한 생산성 개선 효과는 14~15%에 이르며, 7대 영역에서의 개선을 모두 이룰 경우 생산성이 50~60% 증가할 것으로 예상하였으며, 건설업을 제조업식 대량생산 시스템으로 바꾸는 패러다임의 전환이 필요할 것으로 예측. 가능한 부문을 중심으로 표준화, 사전조립, 모듈화에 기반한 대량생산 체제 구축을 통한 생산성 향상 방안을 제시함.
- 한국생산성본부의 부가가치 노동생산성지수에 따르면, 국내 건설업의 경우, 타 산업에 비해 매우 낮은 수준임. 건설업의 종업원 1인당 부가가치 증가율은 2010~2017년간 연평균 -3.5%로, 제조산업 평균 2.63%에 비해 매우 낮음.

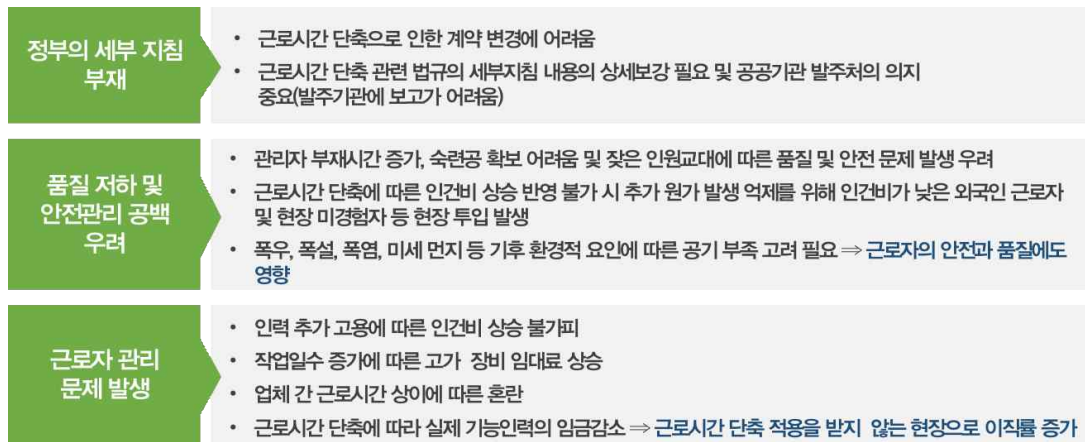
[표 3] 부가가치 노동생산성지수(전년동기대비 증가율)

산업별	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	평균
제조업	7.2	3.1	0.6	1.6	0.7	-1.5	3.2	6.1	2.625
건설업	-16.4	-11.2	-3.4	6.4	-3.1	-7.5	1.1	6.1	-3.5

* 부가가치생산성(Value added Labor Productivity) : 노동 1단위당 성과를 나타내는 지표로서 종업원 1인당 부가가치액.

4. 공동주택 품질저하 및 품질 균일성 확보 미비

- 고용노동부 장관이 고시한 건설공사 노무비율에서도 일반 건설공사는 총 공사금액의 100분의 27에 해당하는 금액이며, 하도급 건설공사는 하도급 금액의 100분의 30에 해당하는 금액으로 명시되어 있어 건설업에서 노무에 대한 의존도가 높음. 이는 건설이 표준화 된 생산체계를 갖추어지지 않은 산업구조를 갖고 있기 때문으로 분석되며, 이에 따라 산업 경쟁력 확보를 위해 안정적인 인력의 공급이 필수적임(국토교통부, 2013). 또한 노무자의 숙련도에 따라 품질의 편차를 보이고 있는 건설산업의 특수성을 고려해 볼 때 품질관리 방법의 향상을 위한 혁신 기술이 필요함.
- 2018년 7월 이후부터 주 52시간 근무제 도입이 300인 이상 기업과 공공기관을 대상으로 기업 규모에 따라 단계적으로 시행됨. 근로시간 단축으로 인해 관리자 근무 시간 감소와 숙련공 확보의 어려움 및 잦은 인원 교대로 인한 품질 저하 및 안전관리의 공백이 우려되고 있는 상황임. 특히 근로시간 단축으로 인한 인건비 상승에 따른 현장 미경험자 및 외국인 근로자 유입 증가가 발생할 가능성이 높음.



[그림 5] 근로시간 단축 후 나타나는 문제점
(출처: 대한건설협회 조사 기반으로 재작성)

- 국민 주거복지와 직결되는 공동주택 품질관련 하자분쟁 발생빈도는 2015년 4,381건, 2016년 4,042건, 2017년 4,227건으로 지속적으로 증가하고 있는 것으로 조사됨. 공동주택 하자 관련 민원의 주요 내용은 기능불량(20.7%), 결로(13.8%), 소음(9.7%), 균열(9.3%), 들뜸 및 탈락(8.4%), 오염 및 변색(7.4%) 등으로 건설품질과 관련된 원인들이 대다수였음. 조사된 통계는 아파트 하자 신고 접수 건수로 한정된 수치여서, 실제 공동주택의 품질하자 발생건수는 더 많을 것으로 예상됨. 이에 따라 공동주택 품질하자의 복합적인 원인 분석, 통합적 관리, 솔루션 공급을 통한 균일한 품질 확보가 필요함.

5. 첨단·혁신 기술 기반 플랫폼 구성 필요

- 세계 경제의 전반적인 저성장추세 속에서 새로운 성장동력 확보에 대한 필요성이 대두되면서 주요 국가들은 이를 해결할 하나의 메가 솔루션으로 4차 산업혁명을 선도하기 위한 정책적 역량을 집중하고 있음. UBS의 4차 산업혁명 준비도 순위, WEF의 Network Readiness Index, IMD의 세계 디지털 경쟁력 지수 등을 종합적으로 분석한 결과 한국은 4차 산업혁명 준비 수준이 19위로 낮게 평가됨.
- 독일 ‘인더스트리 4.0’의 성공적인 수행으로 선진국 정부에서는 산업정책의 중요성과 제조의 중요성을 인식하고 스마트 디지털 기술을 접목시켜 생산성 혁명을 추진하고 있음. 기존 선진국에서는 제품 기획이나 개발 및 마케팅과 같은 가치사슬의 부가가치가 높은 분야에 중점적으로 투자하였으나, 4차 산업혁명의 핵심기술을 활용하여 제조 분야를 혁신하고 전체 가치사슬을 재구성하는 방향으로 대응함.
- 건설산업 분야에서도 건설산업 구조 재편을 통한 건설 생산성 혁명을 추진 중에 있음 (영국의 Construction 2025 및 GSC 2016-20, 일본의 I-Construction, 싱가포르의 2차 건설생산성 로드맵 2020). 전통적 건축 생산기술에서 탈피하여 건축분야 4차 산업 신기술 (Off-Site Construction 기술, BIM/로봇/3D Printing/자동화기기 등의 Computer-Integrated Manufacturing(CIM) 기술, AR/VR/LiDAR 등의 컴퓨터 그래픽 기술) 도입으로 고부가가치 시장을 창출하고 있음.

- 건설산업에서도 인식의 전환이 이루어지고 있으며, 과거와 달리, ‘기획-설계-시공-유지 관리’에 이르는 전체 가치사슬을 수직적으로 통합하거나, 설계와 시공을 묶어서 발주하거나, 시공업체가 설계단계에 개입하여 관련 사업자와 협력해서 프로젝트를 진행하는 발주방식이 널리 확산되고 있으며, 이에 맞춰 가치사슬의 ‘연결과 통합’에 입각한 건설 생산 방식과 공통의 플랫폼이 요구됨.

[표 4] 4차 산업혁명 경쟁력 순위 현황(UBS(2016), WEF(2017), IMD(2017))

순위	국가명	UBS	WEF	IMD	평균	순위	국가명	UBS	WEF	IMD	평균
1	싱가폴	2	1	1	1.3	13	독일	13	15	17	15.0
2	핀란드	4	2	4	3.3	14	대만	16	19	12	15.7
3	미국	5	5	3	4.3	15	일본	12	10	27	16.3
4	네덜란드	3	6	6	5.0	16	호주	17	18	15	16.7
5	스위스	1	7	8	5.3	17	오스트리아	18	20	16	18.0
	스웨덴	11	3	2	5.3	18	이스라엘	21	21	13	18.3
7	노르웨이	8	4	10	7.3	19	한국	25	13	19	19.0
8	영국	6	8	11	8.3	20	아일랜드	14	25	21	20.0
	덴마크	9	11	5	8.3	21	벨기에	19	23	22	21.3
10	홍콩	7	12	7	8.7	22	프랑스	20	24	25	23.0
11	캐나다	15	14	9	12.7	23	말레이시아	22	31	24	25.7
12	뉴질랜드	10	17	14	13.7	24	포르투갈	23	30	33	28.7

2장. 국내외 동향 및 환경 분석

1절. 국내외 정책동향 및 분석

1. 국내 정책 동향

□ 「혁신 성장을 위한 사람 중심의 4차 산업 혁명 대응 계획 (‘18.06)」 중 주거 관련 대응전략

- 4차산업 혁명위원회에서 발표한 4차 산업혁명 대응계획은 디지털제조를 위한 스마트공장의 “생산 최적화” 단계로 고도화, 스마트하우스 고도화 등을 목표로 하고 있으며, ‘기술 + 데이터 + 인프라 + 확산 + 제도개선’ 등을 연계하는 패키지 기술을 강조함.
- 또한 기술경쟁력 확보를 위해 지능화 기술 R&D에 총 2.2조원을 투자할 계획을 발표하였는데, 주요 투자 내용으로는 LiDAR(Light Detection And Ranging) 등 9대 핵심부품 개발, 산업용 드론 집중육성, 융합기반 기술(로보틱스 플랫폼, VR·AR 융합 등)의 고도화 추진 등이 있음.
- 주거와 관련된 대응전략으로는 스마트 홈과 스마트 시티의 중간단계에서 실증으로 구현되는 스마트 커넥티드 타운 조성이 있으며, 이 타운에는 스마트 그리드, 제로에너지 빌딩, 교통시스템, 헬스케어 등 다양한 분야 기술을 융·복합하여 적용할 예정임.

□ 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(‘18.6)」 중 ‘공업화 건축’의 언급

- 국토교통 R&D 종합계획을 수립하는 과정에서 “4차산업혁명 대응 혁신성장동력 육성,” “기술융합을 통한 새로운 가치 창출” 등을 주요 지향점으로 설정하고, 건축 자동화/지능화/정보화, 공업화 건축, 건축생산시스템 혁신기술을 포함하는 고부가가치 건설기술 확보를 통한 새로운 건설산업 성장동력 창출 등의 내용을 강조하고 있음.

□ 과학기술정보통신부 2020년도 정부연구개발 투자방향 및 기준

- 혁신성장 대응을 위한 정부 주도의 투자 및 제도개선 추진을 통해 핵심기술 확보 및 민간투자 유인 및 확산을 지원하고자 하는 과학기술정보통신부의 2020년 정부연구개발 투자방향에 부합함.
- 본 과제는 정부연구개발 투자방향 중 4차 산업혁명 대응 및 혁신성장 성과 창출 가속화를 위한 스마트제조 분야의 스마트공장과 기후환경변화 대응을 통한 지속가능 사회 구현을 위한 안전한 생활환경 구축에 해당함.

□ 제6차 건설기술진흥기본계획, 제5차 건설산업진흥기본계획

- 「제6차 건설기술진흥기본계획 ('17.12)」에서는 노동생산성 40% 향상, 근로시간 20% 단축, 사망자 수 30% 감소를 궁극적으로 달성하기 위해 전반적인 건축 프로세스의 효율화, 스마트 건설기술을 통한 생산 혁신을 도모하였으며, 「제6차 건설산업진흥기본계획」 역시 건설산업의 체질 개선과 관련된 내용을 담보하고 있음 .
- 특히, VR/AR, AI, IoT 등을 접목한 융복합 기술을 통해 건설시장을 선점할 수 있는 핵심기술의 정착, 그리고 기술 위주의 경쟁을 바탕으로 한 제도 및 정책의 선진화와 기술 산업화를 통한 건설산업 생태계 활성화가 기본계획의 핵심임.

□ 「주거종합계획 (2018)」 중 공업화 주택 보급 확대 계획

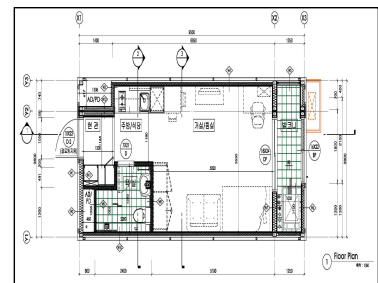
- 국토교통부는 2018년 주거종합계획 수립에 있어 다양한 주택의 공급을 위하여 생애단계별·소득수준별 맞춤형 주거지원의 확대, 주택시장의 안정적 관리, 살기 좋은 주거 환경 조성 등을 포함한 총 5개 추진과제를 선정함.
- 중점 추진과제 중 ‘살기 좋은 주거 환경 조성’ 을 위하여 미래형 주택 보급 계획을 수립하였는데, 그 중 공업화 주택의 제작비용 절감, 성능향상 등을 통해 주택 보급 확대의 기반을 마련하기 위한 계획 역시 수립함.



<가양동 실증단지 준공>



<천안두정 실증단지 조감도>



<공업화 주택 표준설계도서>

[그림 6] 공업화 주택의 구조안전성 확보 및 주거성능 향상을 위한 실증단지 (국토교통부, 2018)

□ 기타 주요 정책

- 우리나라의 연간 근로시간은 2016년 기준 2,052시간으로 OECD 국가 중 2위를 차지할 정도로 산업 불문하고 장시간 노동에 노출되어 있었음. 건설산업은 특히 노무 중심의 산업으로 인력의존도가 크며, 근로자의 노동력이 생산활동에 직결되어 있기 때문에 장시간 근로가 낮은 노동 생산성, 산업재해 등의 주요 요인으로 작용하였음.
 - 이에 따라 근로시간 단축 등 관련 근로기준법의 개정은 건설현장 내 노동 생산성 향상, 현장작업 최소화를 통한 안전사고 감축 등과 관련된 산업 차원의 요구에 긍정적 영향을 주며, 건축 생산시스템의 혁신에도 사회적 영향을 미침.
- 현재 남·북한 평화체제 구축과 북한의 대외 개방에 대한 관심이 고조되고 있으며, 북

한 지역 내 건설 인프라 개발에 대한 논의가 이루어지고 있는 현 시점에서 본 연구에서 제시되는 OSC 기반 공동주택 생산시스템이 적극 검토될 수 있을 것으로 기대됨.

- 북한에서는 현재 기후 특성, 중국의 조립식 건축 기술로부터의 영향 등으로 인해 이미 조립식 건축물이 보편화되었음에 따라 본 연구에서 제시하는 OSC 기반 공동주택 생산 시스템 혁신기술 적용이 원활하게 이루어질 수 있음.

2. 해외 정책 동향

□ 미국

- 미국의 경우에는 연방정부 차원에서 건설산업의 혁신을 위한 단일화된 정책을 제시하기 보다는 주 정부와 개별 발주기관 차원에서 공사기간 및 공사비 절감, 생산성 향상, 첨단 기술 및 자재의 적용 등의 노력을 지속적으로 기울이고 있음.
- 경제활성화 및 일자리 창출을 목표로 교통재정비법(Fixing America's Surface Transportation, 2015)에서 5년 간 3,050억 달러 규모의 인프라 투자 및 연관 사업 확대 계획을 발표함으로써 건설산업 발전을 위한 정부지원을 활성화하기 시작하였음.
- NITRD(Networking and Information Technology Research Development)와 같이 내륙법·제도를 기반으로 하는 R&D 프로그램을 통해서 4차 산업혁명과 관련성 높은 분야에 대한 R&D 프로젝트를 권고하고 있음.

□ 중국

- 중국은 2015년, 「중국제조 2025」를 통해 10대 중점산업분야에 대한 집중 육성계획 수립을 시작으로, 공업정보화부 등 3개 부처에서 국가 적층가공산업(3D 프린팅 기술) 발전추진계획을 발표하는 등, 정부와 부처가 국가 산업으로서 4차 산업혁명에 대비한 사업들을 지원하기 시작함.
- 2016년 10월에는 중국 국무원에서 건설 생산성 향상을 위하여 공장 제작을 기본으로 하는 ‘조립식 건축 발전에 관한 지도 의견’을 통해 향후 10년까지 중국 전역의 신축 건물 중 조립식(PC) 건축물 비중을 30%로 향상할 것을 요구함.

□ 일본

- 일본은 건설산업 혁신을 목표로 정보화시공, IoT, 로봇기술 등을 활용한 건설산업 생산성 향상을 도모하고, i-Construction 으로 대표되는 건설 생산성 혁명 프로젝트를 추진하였음 (~ '25년).
- 2016년 4월 일본의 국토교통성은 토공에서 조사, 측량, 설계, 시공, 검사 등의 프로세스에서 종이 도면을 전제로 한 기준을 변경하여 3차원 데이터를 활용하는 새로운 기준 및 지침(매뉴얼, 가이드라인 등)을 발표함으로써 ICT시공의 활성화에 기여함.

- 정부가 지원하는 38개 회사가 2000억 원 규모의 펀드 “VR Techno Japan” 을 조성하고, 문부과학성을 중심으로 대학의 R&D를 지원하는 대형프로젝트가 운영되는 등 활발한 지원이 이루어지고 있음.

□ 독일

- 국가적 차원에서 Siemens, Wittenstein AG, IOA 등 여러 제조업 분야의 기업들에서 사물인터넷(IOT), 사이버보안, 클라우드, 첨삭제조(AM), 증강현실, 빅데이터분석, 자율로봇, 시뮬레이션, 수평/수직적 시스템통합의 아홉 가지의 첨단기술들을 인더스트리 4.0의 핵심기술로 정의하고 이를 도입하고자 하는 시도를 보이고 있음.
- 기술 혁신을 위한 ‘하이테크 전략 2020’ 을 통해 사회 및 기술 동향에 초점을 맞춘 미래지향 연구 및 혁신 정책 모델을 수립함.

□ 영국

- 영국 정부에서 2013년 당시에는 ‘Construction 2025’ 라는 건설 생산성 향상 전략을 통해 사업비 및 총생애주기비용 절감, 공기단축, 온실가스 저감 등의 목표를 달성하고자 하였으며, 가장 최근에는 Infrastructure and Projects Authority (IPA)에서 ‘Government Construction Strategy 2016-2020 (건설전략 2016-2020)’ 을 통해 핵심 달성 목표 중 하나로 BIM 등과 같은 디지털 기술의 활용 확대를 설정하여 이를 달성하기 위한 주제별 세부 시행 계획 및 성과 평가를 위한 지표를 제시함.

3. 정책분석 시사점

□ 요약

- 2015년 중소기업청의 증강가상현실 기술개발 로드맵을 시작으로, 2016년 기재부, 미래부, 문체부, 산업부 등 관계부처 합동을 통한 산업육성계획, 2017년 국토교통부의 4차 산업혁명 대응전략 등 4차 산업혁명 기반기술 활용에 대한 정책적 지원이 활성화되기 시작하였음.
- 국내 공동주택 공급의 경우, 최근 맞춤형 주택에 대한 수요 및 관심의 증대로 정책의 방향이 맞춤형 주택공급으로 맞추어 지고 있으며, 인구노령화 및 장애인등 사회적 약자 배려 및 주거환경개선 방향으로 정책이 수립되고 있음. 주거복지로드맵을 통해 수요자 중심의 주거환경 개선 및 주거복지의 새로운 패러다임을 제시하고자 함.
- 제5차 건설산업진흥기본계획과 제6차 건설기술진흥기본계획은 4차 산업혁명에 대응할 수 있는 기술기반 구축과 건설산업 체질 개선방안 마련을 목표로 하고 있으며, VR/AR 기술과 같이 건설시장을 선점할 수 있는 핵심기술의 성공적인 정착을 통해 건설산업 생태계 활성화를 목표로 하고 있음.
- 미국, 일본, 독일 등 정부 또한 4차 산업혁명 기반기술을 신성장동력으로 선정하고 연구개발 및 기업 지원을 도모하고 있음.

□ 시사점

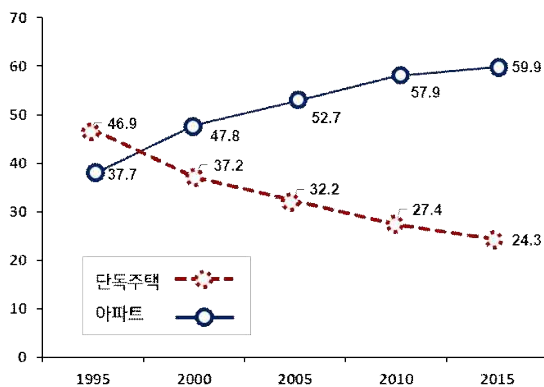
- 국내외 정책적 지원이 대체로 2010년 중반 즈음부터 이루어져 왔으며, 현재 성숙기에 진입한 건설시장의 성장 잠재력을 극대화하는 장기적인 건설분야 생산시스템 혁신 로드맵 수립 및 추진이 필요함.
- 기초기술 R&D 강화, 인력양성, 시범사업 전개, 성공사례 전파, 상용화 등 연구 사업화를 지원하는 공공서비스 인프라 구축이 필요함.

2절. 국내외 시장현황 및 전망

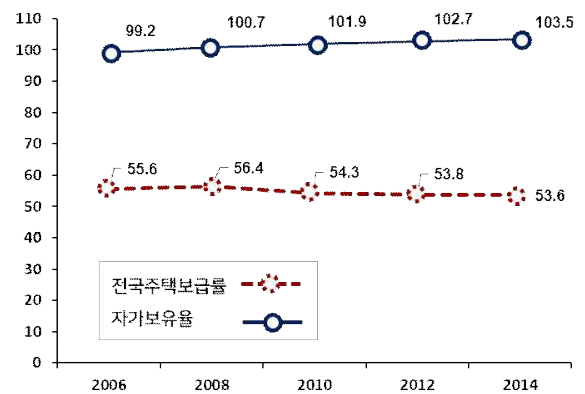
1. 국내 공동주택 시장분석

□ 시장 현황

- 공동주택은 아파트, 다세대, 연립주택, 기숙사 등 여러 세대가 건축물 내 여러 시설 등을 공유하며 생활하는 주거형태를 말함.
- 현재 우리나라 주거유형의 60% 이상이 아파트이고, 여기에 다세대, 연립주택, 기숙사 등을 포함하면 더욱 그 비율은 커지고 있어서, 공동주택에서의 삶의 만족도에 대한 공공적, 사회적 중요성이 커지고 있음
- 2008년 이후 전국 주택 보급률이 100%를 넘었지만, 아직 자가보유율은 50% 초반대로 내 집 마련에 대한 많은 수요가 존재하는바, 공동주택에 대한 높은 수요 또한 향후에도 지속될 것으로 예상됨.



[그림 7] 주택유형 비중변화추이
(출처: 통계청)



[그림 8] 전국 주택보급률 및 자가보유율 추이
(출처: 국토교통부)

□ 시장 전망

- GDP 대비 건설투자가 지속적으로 줄어들 것으로 예상됨. 특히 노후시설이 크게 증가하지만, 90년대 이후 준공된 아파트 등은 용적률이 높아 재건축이 어려워지면서 신축이나 재건축보다는 참여 설계를 통한 도심 재생, 노후시설 개보수 시장이 크게 높아지리라고 예상됨.
- 2015년부터 이어진 건설업 호황국면이 마무리되며, 건설수주 감소세는 점차 심화될 것으로 전망됨. 건설수주 감소의 주요 요인은 민간 건축부문의 부진이며, 비주거용 건축에 비해 주거용 건축 감소세가 클 것으로 전망됨.
- 건설 부문의 수요 감소는 경제 전체에 직·간접적으로 미치는 파급효과가 산업 가운데서도 상당히 크며, 고용에 있어서도 부정적인 영향을 미침. 따라서 적정수준의 SOC 투자가 절대적으로 요구됨.

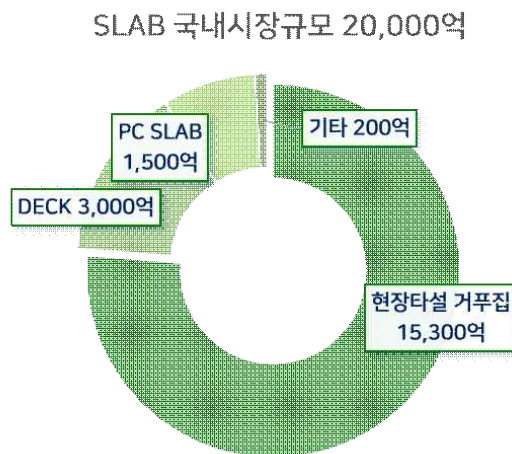
2. 국내외 Off-Site Construction 시장 분석

□ 시장 현황

- 제조업과 같은 타 산업들의 변화가 건설 산업에 영향을 주고 관련 산업들이 건설 목적물을 구성하는 다양한 자재 생산이 가능해지면서부터 Off-Site Construction(OSC)이 활성화되기 시작함. 2000년대 이후 OSC는 신기술, 신소재, 공법개선 등을 통해 꾸준히 발전해 오고 있으며, 최근에는 2030년까지 부족한 주택건설 해결에 가장 적합한 기술로 고려되고 있음.
- OSC 방식은 제조업이 가지고 있는 통합적인 공급사슬과 부재 생산방식, 공급업자 및 하도업자 등과 함께 설계부터 생산까지 통합된 체계로 목적물을 생산하는 방식을 채택하여 시간, 품질 등의 요구조건 부합에 용이함. 또한, 전통적인 건설방식의 경우 자재 낭비와 자재로 인한 폐기물이 40%이지만, OSC 방식의 경우 5% 미만으로 자재 낭비와 폐기물을 최소화할 수 있음.
- Precast Concrete(PC)는 건축물의 주요 콘크리트 부재(보, 기둥, 슬래브, 벽 등)를 공장에서 제작하고 현장으로 운반한 후 부재 접합에 의해 부재를 조립하여 구체를 완성하는 조립식 건축공법으로 대표적인 OSC 기반 시공 방법의 하나임. PC 공법은 장비화·기계화 시공을 통하여 현장 작업을 간편화하여 건축 생산성을 극대화한 철근콘크리트 구체 공사 기술의 대표적인 공업화 건축 공법으로, 공기 단축, 공사비의 절감, 품질 관리 용이, 내구성 증대, 대량생산에 따른 원가 절감 등의 장점이 있음.
- 국내에 처음으로 OSC 방식으로 공동주택이 지어진 것은 1963년 대한주택공사가 서울 강북구 수유동에 건설한 9개 동의 시험 주택이며, 다음 해인 1964년에는 서울 은평구 갈현동에 130세대의 조립식 주택이 건설되었음. 그 후 민간회사로는 처음으로 삼환까뮤가 1978년에 공법 도입과 함께 공장을 설립하고 중·대형 고층아파트를 OSC 공법으로 건설함. 1990년 초 당시 정부의 정책과 맞물려 18개의 PC 공장이 국내에 설립되었고 한

동안은 OSC 방식으로 아파트 건설이 활발하게 이루어졌음. 이러한 추세는 1990년대 중반까지 지속되다 공동주택의 초고층화로 인하여 국내 기준 또는 공법상의 문제로 시공 물량이 급격하게 줄어 대부분의 PC 공장이 문을 닫게 되었음.

- 1990년대 중반의 불황 이후 신공법의 개발과 생산시설에 대한 많은 투자가 이루어졌으며, 2000년 이후부터 현재까지 꾸준히 증가되고 있는 물량과 함께 점차 산업 환경이 개선되어가고 있음. 특히 최근 아파트 단지 내 지하주차장의 OSC 사업 물량이 큰 폭으로 증가되고 있으며, 재건축 단지 대부분의 지하주차장이 PC로 시공되고 있는 실정임.
- 현재 국내에는 현재 국내에는 10개 내외의 PC 공장이 있으며, 연간 약 500,000m³의 콘크리트를 생산할 수 있으며, 생산되고 있는 건축용 부재는 기둥, 보, 벽체, 바닥판, 외벽이 주를 이루고 있음. PC Slab, Wall PC, Wall+Rahmen PC, Rahmen PC, 지하주차장 PC화 및 기타(공동주택 계단실, 옥탑, 지붕 장식물 등) 공법이 OSC 기반 공동주택 시공에 사용되고 있음.
- 국내 건축 PC 시장규모는 2016년 기준 약 4,800억원 규모이며, 연간 성장률은 약 10%를 상회하고 있음. 2010년 기준 건축 PC 총매출은 약 2,800억원이었으며, 주요 적용대상은 공동주택 지하주차장, 물류센터, 창고, 반도체 공장임. PC 산업의 점유율은 전체 건설공사의 약 0.5% 수준임.



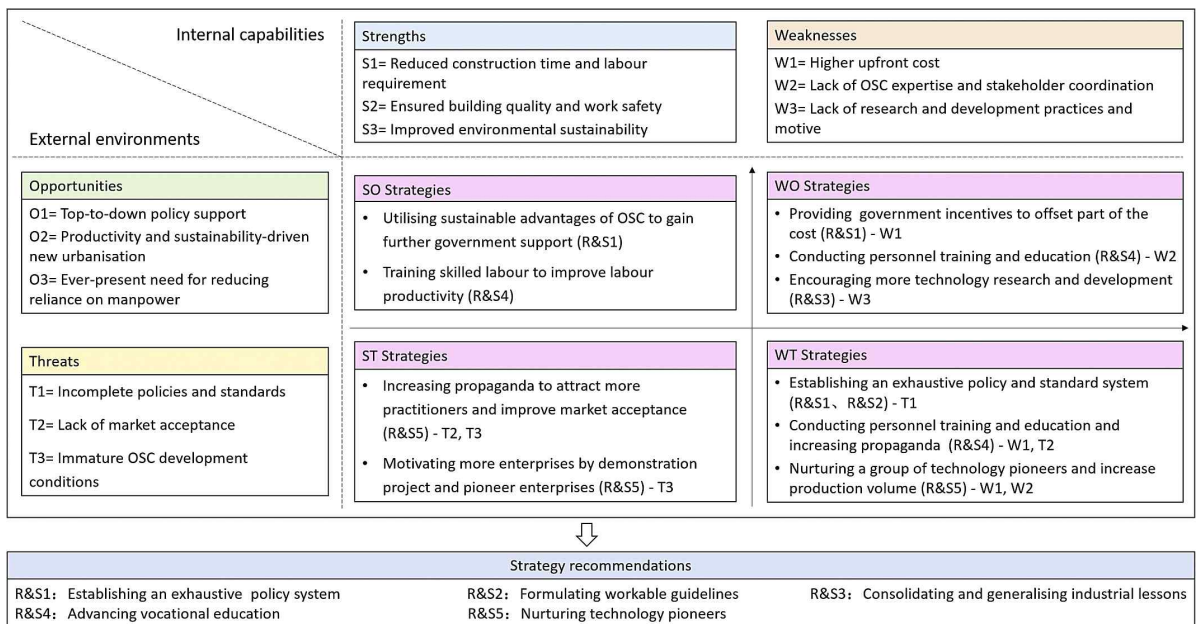
[그림 9] 국내 건축 PC 슬래브 시장 규모
(출처: 한국 PC 협회, 2014)

□ 시장 전망

- WPI Economics의 최근 조사에 따르면, 영국 내 OSC의 비율을 25%로 높일 경우, 전체 건설 산업의 생산성을 3.6% 향상시킬 수 있다고 전망함. 영국 내 건설 산업에서 OSC 비율을 25% 이상 유지하기 위하여 다음과 같이 3가지 방안을 제시함: (1) 건설 프로젝트에서 OSC 비율을 25% 이상으로 규제하는 정부의 협조 필요, (2) OSC 기반 건설 프로젝트에 인센티브 부여, (3) OSC 기술 전문 클러스터 육성 및 발전 계획 수립.
- 최근 중국의 한 연구에 따르면 OSC 건설 기법을 이용하며 중국 내 건설 프로젝트의 비용, 폐기물 및 환경 영향을 줄이면서 품질, 공기 단축 및 안전성을 향상시킬 수 있으며, 이러한 개선은 건설 산업에 전반에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 것으로 전망함. 또한,

중국 내 건설 산업의 확대를 촉진하기 위하여 현재 중국 건설 시장을 분석 후 아래와 같은 OSC 건설 기반 SWOT 분석, 로드맵, 및 전략을 도출함.

- 국내에서도 기능인력 부족 및 저숙련화, 품질, 안전, 지속가능성, 건설생산혁신, 공업화 건축생산시스템, 주거성능 확보 등을 이유로 OSC 기반 건설 시장이 점점 확대될 것으로 예상함. 이에 따라 Off-Site에서의 사업관리, 물류, 마케팅 및 영업 등의 현장 외 건설 프로젝트, 현장 설치 관련 프로세스, 그리고 유지·보수·관리 관련 프로세스 기반 새로운 시장이 형성될 것으로 예측할 수 있음. 습식공사 현장 주변 민원 발생, 공사 현장 근로자 부족 및 경력자 고임금화로 현장 공사비 부담 가중, 무리한 현장 원가 절감으로 인한 건설 품질 저하, 안전사고 발생 위험, 도심지 레미콘 차량진입 제한 및 운행규제 가속화 등의 이유로 국내 OSC 시장이 급속도로 성장할 것으로 예상됨.



[그림 10] 중국 내 OSC 기반 건설 산업 개발을 위한 로드맵 및 전략
[Rui Jian et al. (2018)]

- OSC의 한 형태인 PC 공법은 낮은 경제성 및 건물성능에 대한 우려로 건축프로젝트에 적용이 어려웠으나, 최근 제작 및 시공기술의 발달, 현장공급인력 부족, 안전 및 친환경에 대한 관심 증대 등의 요인에 따라 지속적 수요가 있을 것으로 판단됨.

3. 국내외 OSC 공장생산 기술 시장 분석

□ 시장 현황

- 건축에서의 공장 생산방식은 1930년대 항공기, 조선, 자동차 산업에서의 공장 대량 생산 및 패널 공법 등의 신공법을 적용하는 것으로 시작되었으며, 2차 세계대전 이후 주택 공급 부족 문제를 해결하기 위한 대량 공급의 방법으로 공장 생산 기법을 사용함.
- 1970년대 Mechanical Design Automation(MDA) 및 Computer Aided Design(CAD)이 도입되면서 공장 대량생산의 발판이 마련됨. 이후 Computer Numerical Control(CNC) 기계가 도입되면서 공장 대량생산의 효율이 크게 높아지며 더욱 발전하게 됨. 1970년대 3D Object Model 및 Building Information Modeling(BIM)가 처음 소개되었지만, 실제적으로는 1992년 이후 건설산업에 보급되기 시작함. 이후 BIM을 이용한 여러 장점이 부각되면서 OSC 기반 설계, 제작, 시공, 유지·관리에 많은 발전을 이루었음.
- 1990년대 CNC 기계의 발전과 가격이 저렴해지면서부터 OSC 기반 공장 생산 시스템에 적극 사용됨. 발전된 2D 및 CNC 기술은 공장의 자동화와 OSC 부재 생산의 품질을 확보하는데 중요한 역할을 하였으며, OSC 공장 생산 시스템 구축의 밑바탕이 됨. 특히, 최근 제4차 산업혁명으로 인한 급격히 발전된 ICT 기술과 인공지능 및 빅데이터 분석 등의 기술혁신과 산업분야 간 융합을 기반으로 공장 생산 시스템은 해마다 자동화·지능화를 거듭하고 있음.
- 국내에서는 중견기업 위주로 OSC 기반 공장 생산 시스템의 발전이 이어져가고 있음. 한성PC건설은 현장에서 시공되던 구조체를 공장에서 분할 제작 후 현장으로 운송해 조립하는 PC 공법 중 하나로 속빈형(Void Type) 바닥 슬래브의 자동생산방식을 도입하여 구조 성능을 향상함. 삼표P&C 여주공장의 경우 보, 기둥, 벽 등의 건축물 주요 부재를 생산하는 라인을 가동하고 있으며, 최근에는 청주공장에 자동화 생산프로세스를 구축함.
- 미국의 건설회사인 Katerra의 오프사이트 공장에서는 첨단 제조 라인 및 생산 시스템, 자원 계획 시스템, 제품 및 프로젝트 엔지니어링과의 통합 시스템 등을 갖춘 자동화 생산설비를 갖추고 있으며, 이를 통하여 작업 효율성을 크게 향상시킨 경험이 있음.
- 싱가포르 최대 건설 회사 중 하나인 Straits Construction Group은 2015년 OSC 부재를 생산하는 자동화 공장을 건설하여 벽·바닥·슬래브 패널 뿐만 아니라 주방 및 욕실 모듈을 생산할 수 있음. 이를 바탕으로 작업 생산성을 크게 향상시켰으며, 그 결과 48개의 주택을 60명의 인력으로 10일 이내에 건설할 수 있는 OSC 부재를 생산할 수 있음.

□ 시장 전망

- 최근 건설산업의 환경 변화와 더불어 공장 생산에 대한 수요가 증가하고 있으며, 각국에서는 이에 빠르게 대응하고 있음.
- OSC 기반 건설 공법이 경제성을 확보하기 위해서는 대량 생산이 가능한 대규모 현장이

전제되어야 하며, 추후 국내 공동주택에 OSC 공법이 보편화될 경우 대량생산으로 인한 경제적 이점을 충분히 확보 가능할 것으로 예상됨.

4. 국내외 관련 시장분석 시사점

- 우리나라의 높은 공동주택 보급률과 지속적인 공동주택 수요 전망에 따라, 공동주택에서의 삶의 만족도에 대한 공공적, 사회적 중요성이 커지고 있음. 하지만, 2015년부터 이어진 건설업 호황국면이 마무리되어, 건설수주의 감소세는 점차 심화될 것으로 전망됨.
- 건설 부문의 수요 감소는 경제 전체에 직·간접적으로 미치는 파급효과가 산업 가운데서도 상당히 크며, 고용에 있어서도 부정적인 영향을 미칠 수 있음. 따라서 국가 차원에서 건설산업 경쟁력 향상, 기능인력 확보, 건축 생산품질의 혁신적 향상, 지속가능성 확보 등의 당면 문제를 해결하기 위하여 건설 프로세스, 기술, 데이터, 인프라, 제도 등 전반을 아우르는 건축 생산시스템 혁신에 대한 투자와 기술 개발이 시급히 요구됨.
- 국가 차원에서 OSC 기반 공동주택 생산시스템 혁신 기술을 개발·선도하여, 건설산업 경쟁력 저하, 기능인력 부족 및 저숙련화를 방지하고, 주거품질, 국민 주거 복지를 향상시켜, 건설산업의 지속가능성을 확보해야 함.

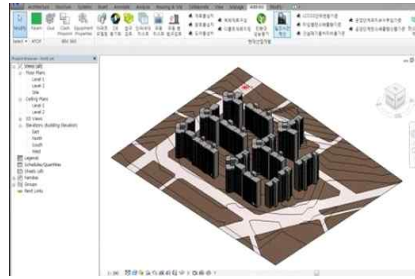
3절. 국내외 기술동향 및 분석

1. OSC 공동주택 주거성능 관련 기술

□ 고단열 복합 PC 외벽 시스템

(현대산업개발, 2015) 현대산업개발은 국내 최초로 PC와 단열재를 합치는 고단열 복합 PC 외벽 시스템을 개발하여 녹색기술 인증을 받았으며 본 기술을 능동형 자연채광 시스템, 친환경 통합 시뮬레이션 프로그램 등의 개발과 결합하여 보다 폭넓은 주거성능 확보 기술로 진화시키고 있음.

- 고단열 복합 PC 외벽 시스템은 기존 단열재와 두께는 동일하면서 단열성능은 40%이상 높으며 공장에서 사전 제작되어 생산 품질 및 공정관리에 강점이 있는 것으로 파악됨. OSC 기반의 공동주택 생산시에도 주거성능을 확보할 수 있는 기술의 하나로 패시브하우스의 외벽 단열성능을 만족시킬 수 있음.



[그림 11] PC에 단열재를 부착하여 공장생산하는 고단열 복합 PC 외벽 시스템과 관련 시물레이션

□ MTP 복합공중 모듈화 시공법

(현대건설, 2017) 현대건설은 ‘현대 모터스튜디오 고양 ‘과 ‘부천성모병원 ‘ 증축현장에 건축물의 복합요소들을 각각 모듈화해 생산공장에서 제작하는 기술인 MTP(Multi-Trade Prefabrication, 복합공중 모듈화 시공법) 공법을 적용함.

- 현대건설은 ‘현대 모터스튜디오 고양’ 프로젝트의 5층부터 8층에 설비, 전기, 소방 등의 복합설비를 모듈화시켜 공장에서 생산한 후 현장에서 조립하는 pre-fabrication 방식을 도입해 시공방식은 물론 공기 단축에도 혁신을 가져옴.
- 이 방식은 건축 구조물의 전기설비, 덕트설비 및 배관설비 등이 구비되는 복합 프레임 유닛을 손쉽게 슬래브에 설치할 수 있음.



[그림 12] 현대 모터스튜디오 고양 프로젝트 MTP공법 적용 사례

2. OSC 공장생산기술

□ 주택용 PC 시스템 및 All-PC 구현을 위한 PC공장 설비

(한성PC건설 HCS) 한성PC건설은 1971년 대한주택공사가 일본최대 건설기업인 타이세이건설과 합작해 설립한 회사로 우리나라 최초로 OSC 건축의 핵심요소인 PC공법을 선보인 PC제조 전문업체임.

- 한성PC건설에서는 건축물의 주요 PC부재(기둥, 보, 슬라브, 벽, 계단 등)를 공장 제작한 후 현장으로 운반, 조립하여 구체를 완성할 때 부재간 접합부에 현장 콘크리트를 타설

하는 일체화 공법을 주로 사용하고 있음

- 최근에는 美 PC 설계 엔지니어링 및 컨설팅 전문회사와 손잡고 주택용 PC 시스템 및 All-PC 건물 지하 및 지상 구조설계 기술 개발에 힘을 쏟고 있음.



[그림 13] 한성 PC공장 설비

□ PC공장 자동화 프로세스 도입

(삼표 P&C, 2018) 삼표피앤씨는 현재 청주, 여주, 제천, 포항에 4개의 PC, 파일공장을 갖추고 있으며, 물류센터, 주차빌딩, 반도체 공장 등 다양한 분야에 PC공법을 적용하고 있음.

- 삼표피앤씨는 건축과 토목분야의 부위별 PC부재를 생산하고 있으며, 최근에는 지상 50층 건물을 All PC로 신축할 수 있는 기술을 개발함. 여주공장의 경우 보, 기둥, 벽 등의 건축물 주요부재를 생산하는 라인을 가동하고 있으며, 청주공장에서는 자동화 생산프로세스가 구축됨.



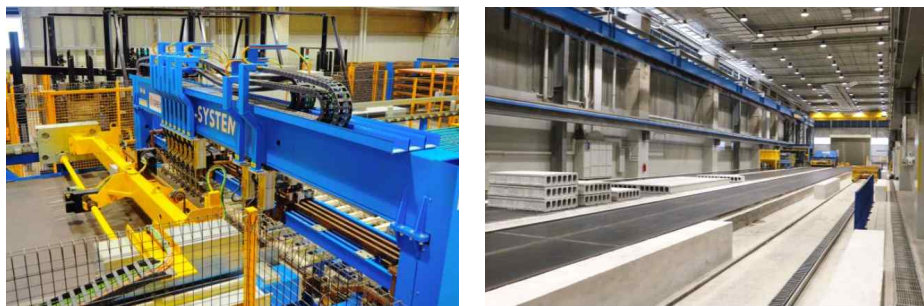
[그림 14] 삼표 P&C 여주공장 PC부재 생산 설비

3. OSC 스마트 공장생산기술

□ PC 부재 생산을 위한 자동화 공장

(Singapore, 2015) 싱가포르의 건설회사인 Straits Construction Group은 싱가포르 정부의 프리캐스트 콘크리트 사용을 늘리기 위한 정책에 맞춰 PC 자동화 생산 공장을 건설함. 공장은 PC부재 뿐 아니라 공장생산건축을 위한 주방과 욕실 등의 부재도 생산가능함. 공장생산 자동화는 작업자수 감소, 작업시간 단축 등의 효과를 가져옴.

- 싱가포르 최대 건설 회사 중 하나인 Straits Construction Group은 “out with time-consuming and labour-intensive traditional construction methods, in with maximum pre-fabrication” 이라는 슬로건 아래 2015년 프리캐스트 콘크리트 부재를 생산하는 자동화 공장을 건설함
- 공장은 싱가포르 정부의 프리캐스트 콘크리트의 사용을 늘리기 위한 노력의 일환으로 건설되었으며, 공장의 하드웨어와 소프트웨어 솔루션은 Progress group에서 개발하였으며, 자회사인 EBAWE Anlagentechnik가 전반적인 개념과 설치에 대한 주요 작업을 수행함
- 공장에서는 벽과 바닥 패널 뿐 아니라 프리스트레스 슬래브와 3D 주방 및 욕실 모듈을 생산할 수 있음.
- 공장의 건설은 작업 생산성을 크게 향상시켰으며, 그 결과 48개의 주택을 60명의 인력으로 10일 이내에 건설할 수 있는 프리캐스트 콘크리트 부재를 생산할 수 있음 (기존 건설현장 대비 작업자수 70%, 작업시간 50% 절감)
- 최근 건설산업의 환경변화와 더불어 공장생산에 대한 수요가 증가하고 있으며, 각국에서는 이에 빠르게 대응하고 있음
- 싱가포르의 PC생산공장 자동화는 현장작업 뿐 아니라 물론 공장생산 작업의 효율성을 크게 향상시켜 전반적인 산업 생산력을 향상시킴



[그림 15] Straits Construction Group의 Precast Concrete 부재 자동화 생산 공장 (싱가포르)

4. OSC 스마트 현장조립 및 시공기술

□ 커튼월 설치 자동화 기술

(친환경건축 연구센터, 2006) 커튼월 시공의 자동화를 위해 커튼월 시공시 필요한 로봇 컨트롤러의 디자인 컨셉을 도출하였음.

- 기존의 건설현장에서 사용되는 건설 로봇 및 자동화 시스템에 사용된 제어용 스위치의 적합성을 평가함.
- 현장용 로봇 컨트롤러의 디자인에 대하여 제어 방법, 오작동, 신체적 특성 모니터링 장치, 작업환경 등의 항목으로 구분하여 특성 및 기능 그리고 디자인 제안 요소를 도출하였음.

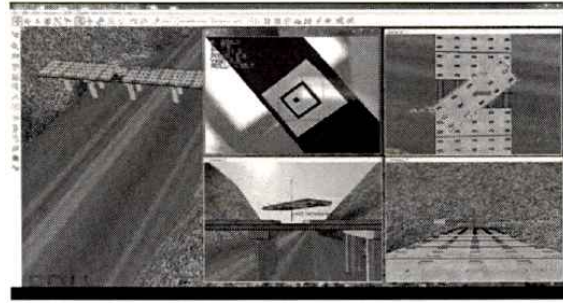
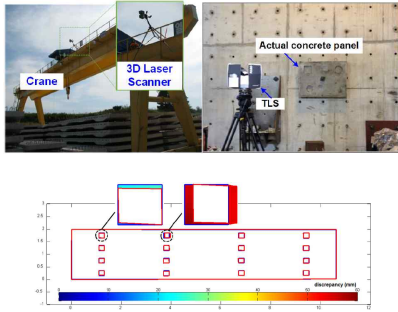


[그림 16] 커튼월 설치 자동화 기술

□ 현장 조립 정밀 시공 시각화 가이드 시스템

(한국과학기술원, 2017) PC부재의 지능화된 품질검사 및 관리를 위해, 3차원 레이저 스캐닝 및 BIM 기반의 품질검사 기법과 시스템을 개발함. 마커와 비전 센서를 활용 3D로 시각화하여 작업자에게 제공하는 시스템을 개발함.

- PC부재의 품질관리에 BIM과 연계한 지능형 데이터 관리 시스템의 요구에 대응하기 위하여, 치수 검사기법, 표면결함 검사기법, 레이저 스캐닝 및 BIM 기반의 지능형 품질관리 시스템을 개발함.
- 현장 조립 소요 시간을 줄이고 시공품질을 확보하기 위하여, 현장 조립 정밀 시공 시각화 가이드 시스템을 개발함.



[그림 17] 마커와 카메라 구동 방식(좌), 시각화 예시(우) [제어로봇 시스템학회, 2015]

□ 용접로봇 및 철근결속로봇

(가지마건설/다이세이건설, 2017.10.17) 가지마건설은 요코가와브릿지사와 공동으로 건축 공사에 대해 “범용 이동형 용접로봇”을 활용하는 기술을 개발함. 다이세이건설은 자동으로 철근을 결속하는 자율형 철근 결속 로봇 ‘T-iROBO Rebar’를 개발함.

- 용접로봇의 경우 용접 종료 후 외관 검사 및 초음파 탐상 검사에서 숙련 된 용접 기능공과 동등한 품질을 확보한 것으로 나타났으며, 외관의 품질은 동등 이상의 양호한 결과를 확인함.
- 자동화 철근 결속 로봇의 도입으로 약 20%의 인력절감이 가능하며, 결속 작업과 철근 가공이 동시에 진행될 수 있으므로 철근 공사 전체의 약 10~20%의 작업 효율 향상을 이룰 수 있을 것으로 추정함.



[그림 18] 범용 이동형 용접로봇(출처: 가지마건설)과 T-iROBO Rebar 철근결속로봇(출처: 다이세이건설)

□ 조적 자동화 로봇

(Construction Robotics, 2017) Construction Robotics社は 조적 자동화 로봇인 SAM(Semi-Automated Mason)을 개발함. 기존에 2,000~3,000개의 벽돌을 배치하는데 400~600시간이 걸리던 작업을 로봇을 활용한 경우 8시간이 소요됨.

- 컨베이어 벨트와 로봇팔을 사용하여 하루에 3,000개 이상의 벽돌을 배치하는 반자동화 로봇으로 인간과의 협업을 통해 작업을 진행함.

- 미국 Auburn 대학의 공연예술 센터 신축공사에 실제 투입하여, 기존에 사람이 하루에 300~400개의 벽돌을 쌓았던 작업을 3,000개 이상으로 향상시킴.



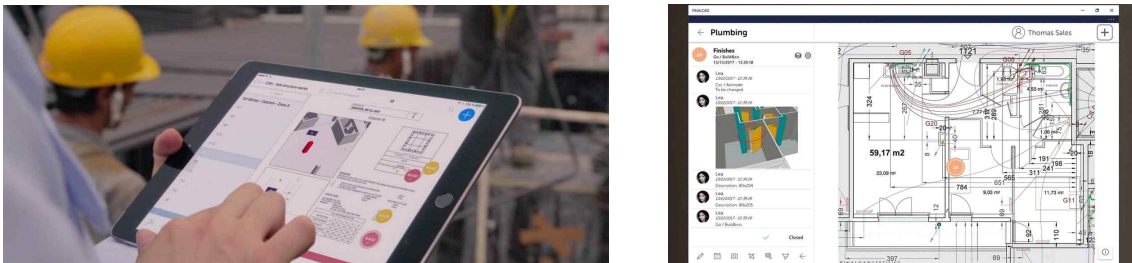
[그림 19] SAM(Semi-Automated Mason) (출처:Construction Robotics)

5. OSC 스마트 관리기술

□ 건설공사 공정 및 의사전달의 디지털화

(FINALCAD, 2018.7) 프랑스의 FINALCAD사는 iOS, android, Windows 기반 모바일 플랫폼을 개발하여 건설공사 공정 및 의사전달의 디지털화를 선도하고 있음. 현장 작업의 단순화 및 전체 공사 프로세스의 디지털화 및 표준화를 목표로 데이터 기반 모바일 애플리케이션을 꾸준히 개발 중임.

- 애플리케이션을 통하여 제품 상세확인 및 품질 검사 자동화가 가능하며, 이를 기반으로 시공 전 제품 및 요소들의 품질 적합 여부를 판단.
- 발견된 품질 및 결함 요소 데이터를 이용하여 건설 단계별 문제점 예측이 가능하며, 적절한 대처법을 제시함

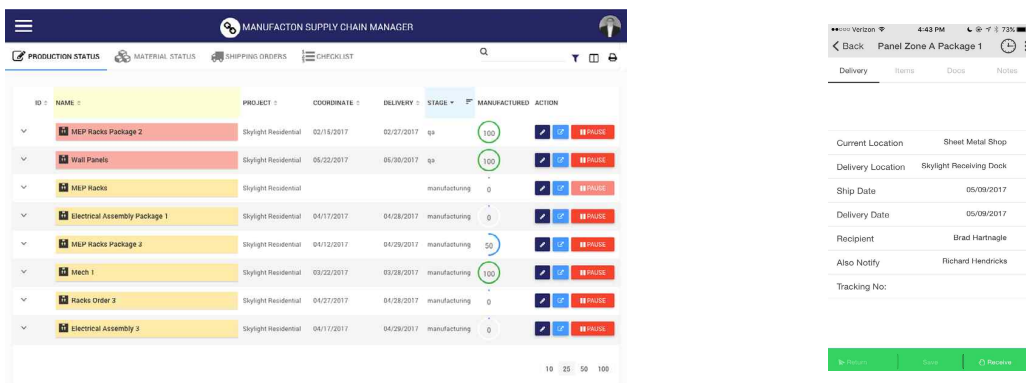


[그림 20] 모바일 애플리케이션 기반 공사 품질 점검 및 보고 (출처: FINALCAD, 2018)

□ OSC 공급사슬 관리 솔루션

(ManufactOn, 2014) 건설 스타트업 기업인 ManufactOn사는 “현장으로의 예측가능한 부재 운반,” “생산 현황 및 부재 준비의 투명화 및 가시화,” “병목현상 및 지연 발생 부분 발견” 을 중심으로 하는 OSC 공급사슬 관리 솔루션을 개발함.

- 프리패브 부재의 생산, 운반 등의 과정을 프로젝트, 공장, 회사 등의 단위로 시각화하여 보여줌으로써 의사결정을 지원하고 생산 과정의 투명화.
- QR 코드를 활용해 부재들의 현 위치, 설치 위치, 주요 일자, 수취인, 보고 라인 등의 정보를 저장하고 이를 효율적 프로젝트 관리에 활용.



[그림 21] ManufactOn사의 Supply Chain Manager

4절. 논문 및 특허 분석

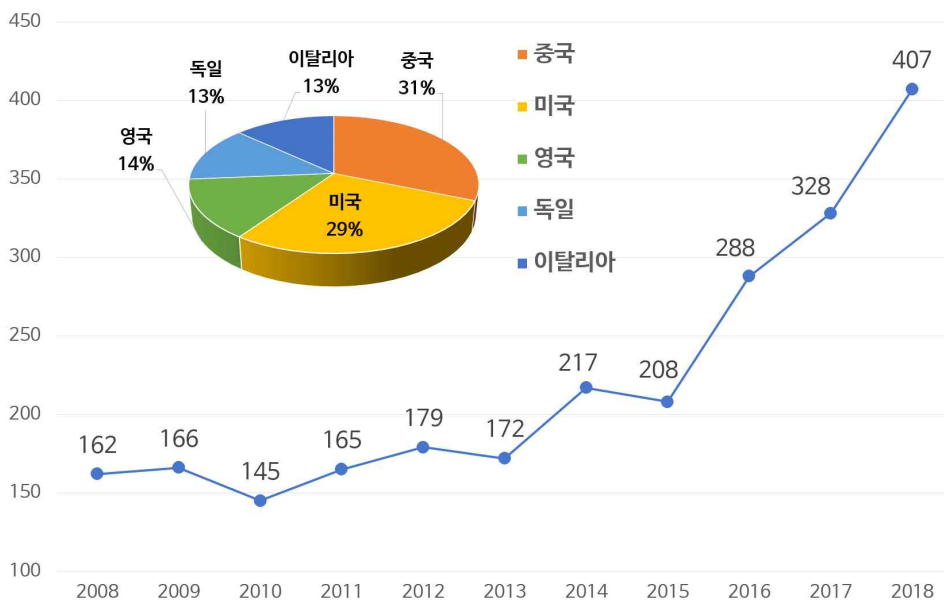
1. 논문분석

- 국내외 논문 전문 검색 DB(NDSL, Scopus)를 활용하여 최근 10년간 관련 논문 자료 (article & review paper)를 수집하였으며 abstract, keyword, title에 검색 키워드가 포함된 총 2,543건의 논문에 대해 Landscape 분석을 수행하고, 그중 핵심 연구논문은 구성 기술분류별로 나누어 정리하고 분석하였음.

[표 5] OSC 관련 논문 검색 키워드

구분	내용	
논문 DB 명	국가과학기술정보센터(NDSL)	
조사기간	2008년 1월 ~ 2018년 12월	
분석 내용	국가별, 연도별 논문 게재 추세	
키워드	국문	영문
	“프리캐스트 콘크리트 “	“precast concrete” & “building”
	“프리페브 건축”	“prefabricated construction” & “building”
	“모듈러 건축 “	“modular construction” & “building”
	“공업화 주택”	“off-site construction “ & “building”

- 연구논문 분석 결과 세계 97개국에서 지난 10년간 OSC 관련 연구를 꾸준히 수행하고 있는 것으로 분석되었으며, 총 2,543건의 논문 중 중국이 420건(31%), 미국이 382건(29%), 영국이 188건(14%), 독일이 177건(13%), 이탈리아가 177건(13%) 등 5개의 국가에서 전체 53%의 연구를 차지하는 것으로 분석되었음. 또한, 2015년 이후 논문 게재 편수가 급격히 증가하고 있음.



[그림 22] 연도별 논문 게재 현황 및 top 5 국가의 논문 점유율

□ OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 관련 유사 논문 현황

[표 6] OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 관련 유사 논문 현황

연도	논문제목	저자	내용
2018	An Internet of Things-enabled BIM platform for on-site assembly services in prefabricated construction	Clyde 외 4	IOT 기반의 BIM 플랫폼을 구축하여 prefab 시공 시 현장 조립의 효율을 지원하고 디지털화된 현장관리가 가능하도록 지원함
2017	프리캐스트 콘크리트 부재의 효율적 현장생산을 위한 프로세스 연구	나영주 김선국	기술적인 측면에서 PC부재의 현장생산 시 필요한 효율적 관리 프로세스를 제시
2016	프리캐스트 콘크리트 부재의 생산일정 계획을 위한 의사결정 지원시스템 개발	신나래 외 3인	프리캐스트 콘크리트 부재의 생산일정 계획을 용이하게 수립할 수 있도록 하는 프로세스 및 전산화 시스템을 개발
2016	PC부재 현장생산 프로세스 및 배치계획 기초연구	임지영 외 3인	프리캐스트 부재 현장생산 프로세스 및 배치계획 기초연구
2016	Performance of Modular Prefabricated Architecture: Case Study-Based Review and Future Pathways	Fred Edmond Boafo 외 2명	조립식 건축물의 수준을 명확하게 규명하고 모듈형 조립식의 성능을 조사. 내진성, 열적 거동, 에너지 소비 및 기존 조립식 건축물의 수명 주기를 분석해 다양한 사례를 분석한 기초 연구를 제공
2015	A framework for dimensional and surface quality assessment of precast concrete elements using BIM and 3D laser scanning	Min-Ko o Kim 외 3인	BIM 및 3D 레이저 스캐닝 기술을 사용하여 프리캐스트 콘크리트 요소의 치수 및 표면 품질 평가를 위한 체계적이고 실질적인 접근법을 제시
2014	The environmental performance of a reinforced precast concrete slab with void forming system	Hajduki ewicz, Magdalena	공간 형성 시스템을 갖춘 강화된 프리캐스트 콘크리트 슬라브의 환경 성능 평가에 중점을 둔 사례 연구를 제시
2014	Automated dimensional quality assessment of precast concrete panels using terrestrial laser scanning	Min-Ko o Kim 외 2인	지상과 레이저 스캐너 (TLS)를 사용하여 프리캐스트 콘크리트 패널의 크기와 품질을 측정하고 평가하는 완전 자동화된 비접촉 측정 기술을 제시
2013	내화성능을 가진 공업화 주택 벽체 외단열 유형에 따른 단열성능평가	조영주 김갑득 이정재	내화성능을 가지는 공업화 주택 벽체의 외단열 유형에 따른 단열성능을 검토하고, 결과를 정리하여 열관류율 및 결로 방지성능을 계산할 수 있도록 실내 벽체 최저온도에 대한 회귀방정식 및 지역별 벽체 최소 두께를 제안
2011	Design and Measured Behavior of a Hybrid Precast Concrete Wall Specimen for Seismic Regions	Brian J. Smith 외 2명	반복 횡하중에서 하이브리드 프리캐스트 콘크리트 벽체 샘플의 거동을 측정해 제시하고 실험 결과를 분석하여 내진 설계 제시
2009	Managing for sustainability: findings from four company case studies in the UK precast concrete industry	Ian Holton 외 2인	영국 프리캐스트 콘크리트 업계의 지속가능성 관리 방법을 조사, 4개의 사례 연구 결과를 제시
2009	Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete	Y.-S. Jeong 외 3인	프리캐스트 콘크리트의 BIM 정보 교환을 위해 적은 데이터 교환이지만 복잡한 건물 모델을 사용하여 상세한 벤치마크 테스트를 실시
2006	프리캐스트 콘크리트 복합화공법의 경제성 분석에 관한 연구	유대호 외 3인	프리캐스트 콘크리트 복합화공법이 시범적으로 적용되고 있는 시공현장을 선정하여 실제 공사비를 산출하고 이 현장을 재래식 RC공법으로 시공하였을 때의 가상의 공사비를 산출하여 비교 검토

□ OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련 유사 논문 현황

[표 7] OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련 유사 논문 현황

연도	논문제목	저자	내용
2019	DSM을 활용한 모듈러 건축 설계단계에서의 제작 및 시공 정보 반영 및 재시공 감소 방안	현호상 외 3인	모듈러 건축의 재시공 발생 원인 관리를 통한 DSM 기반의 제작/시공/운송 계획의 정보흐름 관계를 분석한 후 최적화된 재시공 방지 설계 프로세스 제안
2018	A Cyber-physical System of Diagnosing Electric Drives of Building Robots	A. Bulgakov 외	건설 현장에 활용되는 전자 구동 로봇의 기술적 상태를 진단하고 예측하기 위한 CPS시스템 개발에 관한 연구.
2018	모듈러건축의 외장재 모듈정합설계 및 시공	정준수 외 3인	모듈러 건축물의 외장재 설계 현황과 시공현황을 파악하여 모듈러 전용 외장재 설계/시공 및 설계 적용 방안 제안
2015	Integrated, automated and robotic process for building upgrading with prefabricated modules	Kepa Iturralde 외 1인	모듈의 맞춤화, 제조 및 설치 프로세스를 자동화하는 새로운 프로세스를 제안, 정확한 좌표 획득, 파라 메트릭 설계, 요소의 디지털 제조 및 로봇 조립 및 모듈 설치와 같은 시스템을 통합하고 연결.
2015	곤돌라형 공동주택 외벽 도장 자동화 로봇의 성능 및 경제성 분석 모델 개발	나은지	공동주택 외벽도장 자동화 로봇의 현장적용을 통한 생산성 도출 및 다각적 경제성 분석.
2015	레이저 스캐닝/BIM 기반 프리캐스트 콘크리트부재 품질검사	김민구 외 1인	PC 부재의 지능화된 품질검사 및 관리를 위해, 3차원 레이저 스캐닝 및 BIM 기반의 품질검사 기법과 그 시스템을 개발
2014	Localization and quantification of concrete spalling defects using terrestrial laser scanning	Min-Koo Kim et al.	PC 부재의 표면결함 검출을 위하여 3차원 레이저 스캐닝 기반의 품질검사 기법을 개발
2013	공동주택 외벽도장 자동화 로봇의 개발 및 현장 적용성, 기술적 타당성 분석	최승호	공동주택의 옥상 및 외벽 형태 등과 같은 대상 건축물의 일반적 특성을 도출하고 기술적 고려요소를 토대로 공동주택 외벽 도장작업 로봇의 프로토타입을 개발
2011	프리캐스트 교량의 효율적인 설계/시공관리를 위한 IT기술 적용방안	박세진 외 1인	PC 세그먼트 교량의 효율적인 설계 및 시공관리가 가능하도록 BIM 및 스마트센서 등의 IT기술 적용성에 관한 연구

□ OSC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 관련 유사 논문 현황

[표 8] OSC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 관련 유사 논문 현황

연도	논문제목	저자	내용
2018	Constraint Programming Approach to Optimizing Project Schedules under Material Logistics and Crew Availability Constraints	Liu J. 외 1인	자재 및 부재의 공급사슬관리가 복잡해진 OSC 프로젝트에서 공급사슬의 불확실성을 고려한 스케줄링 및 최적화 모델을 제안하고 케이스 스터디를 통해 적용성을 검토하였음.
2018	Optimization modeling of multi-skilled resources in prefabrication: Theorizing cost analysis of process integration in off-site construction	Arashpour M. 외 4인	OSC 프로젝트에서 다기능공을 활용하기 위한 비용을 정량적 모델로 구축하고, 호주의 실제 케이스 프로젝트를 바탕으로 생산 유연성을 향상시키기 위한 다기능공 활용 비용의 효과성을 분석하였음.
2018	Barriers to the transition towards off-site construction in China: An Interpretive structural modeling approach	Gan X. 외 4인	중국 건설시장에서 OSC의 확산을 막고 있는 요인들을 찾고 구조방정식을 활용해 요인들간의 관계를 정량적으로 도출하였음.
2017	공업화 주택의 공공주택 활용 가능성과 전망	이의영	공업화 주택의 특성을 분석하고 이에 따른 공동주택 적용시의 전망을 고찰함.
2017	Examining the drivers and states of organizational change for greater use of prefabrication in construction projects	Wong P.S.P. 외 2인	건설회사들의 OSC로 인한 변화된 환경에 대한 준비 정도를 반구조적 인터뷰를 통해 조사하고 OSC 건설환경에 대비해 어떤 대비를 하고 있는지 조사하였음.
2017	The impacts of industrialization on construction subcontractors: a resource based view	Goh E. 외 1인	건설 프로세스가 공업화가 전문건설업체들에 미치는 영향을 분석하고자 호주의 전문건설업체들과 인터뷰 연구를 진행하였음.
2017	KPIs for measuring performance of production systems for residential building: A production strategy perspective	Jonsson H. 외 1인	주거건물 생산시스템의 성능을 생산전략 관점에서 평가하기 위한 주요성능지표(KPI)를 제시하였음.
2017	Off-site construction optimization: Sequencing multiple job classes with time constraints	Arashpour M. 외 4인	다기능공의 활용이 OSC 프로젝트의 효율을 향상시킴과 동시에 병목을 형성한다는 점을 지적하고, 다기능공의 작업전환 시간을 최소화 하는 스케줄링을 달성하기 위한 수학적 모델을 제시하였음.
2004	현장 공정 커뮤니케이션을 통한 공장생산자재의 공급 및 생산관리 방안에 관한 연구	임형철 외 1인	4D-VR에 기반한 공정 가시화를 통해 건설 프로젝트의 공정관계자 간 의사소통 향상을 통해 공장생산자재의 공급 및 생산 관리 효율을 증대시키기 위한 방안을 제시함.
2003	고층공사 공장생산자재의 물류이동 가시화 시스템 개발 - 커튼월 자재의 물류이동 가시화 기법 적용을 중심으로	임형철 외 2인	린건설을 통한 JIT 생산을 가능하게 하기 위해 공장생산자재의 생산, 운반, 저장 등의 플로우를 가시화하는 연구를 수행함.

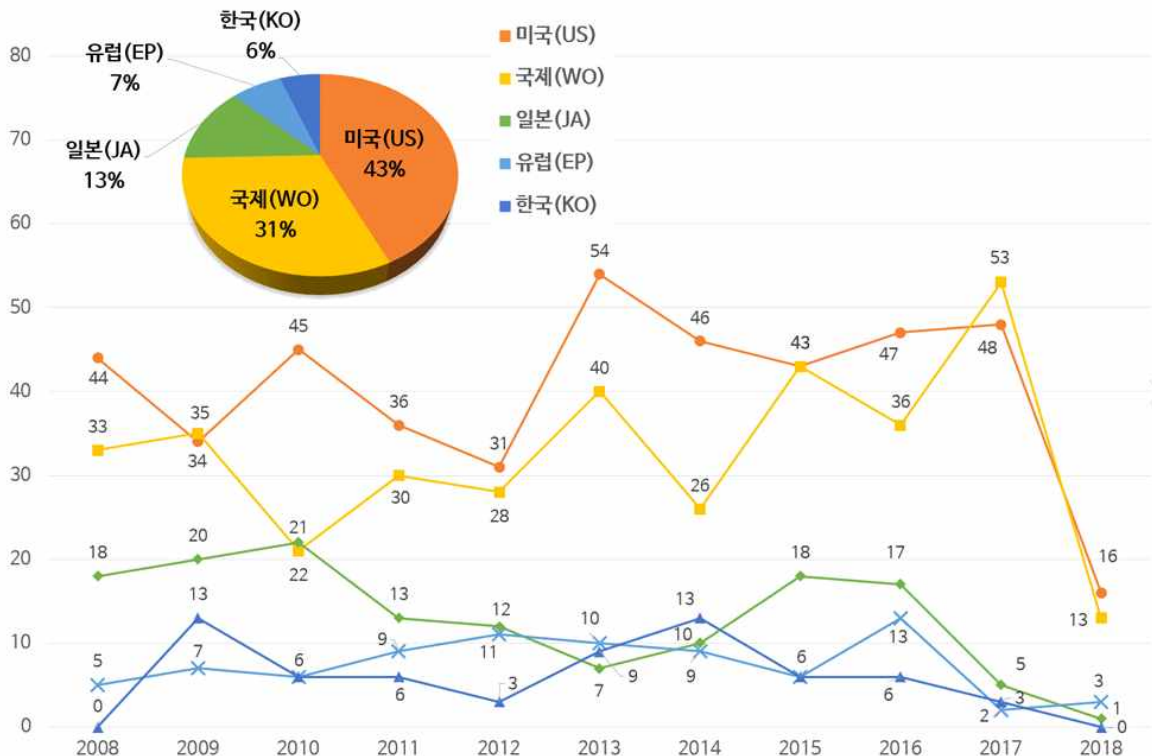
2. 특허분석

- 국내외 특허 전문 검색 DB(NDSL)를 활용하여 최근 10년간 관련 특허 자료를 수집, 총 1,136건의 특허 문서에 대해 Landscape 분석을 수행하였으며, 구성기술 1, 2에 따라 더 자세한 키워드로 분류하여 특허분석을 실시하고 그 중 핵심 특허는 별도로 정리하였음.

[표 9] OSC 관련 전체특허 검색 키워드

구분	내용	
특허 DB 명	국가과학기술정보센터(NDSL)	
조사기간	2008년 1월 ~ 2018년 12월	
분석 내용	국가별, 연도별 특허 출원추세	
키워드	국문	영문
	“프리캐스트 콘크리트 “	“precast concrete” & “building”
	“프리패브 건축”	“prefabricated construction” & “building”
	“모듈러 건축 “	“modular construction” & “building”
	“공업화 주택”	“off-site construction “ & “building”

- 전체 총 1,163건 중 미국(US)이 489건(43%), 국제(WO)가 358건(31%), 일본(JA)이 143건(13%) 유럽(EP)이 81건(7%) 한국(KO)이 65건(6%)의 특허출원 활동을 보임.
- 미국(US)과 국제특허(WO)의 경우 2010년 이후 2017년까지 특허출원 건수가 등락을 반복하였으며 2017년 이후 급격한 하락세를 보이며, 일본(JA), 유럽(EP), 한국(KO)의 경우 등락을 반복하다가 2015년 이후 하락세를 보임.



[그림 23] 연도별, 국가별 특허출원 건수(2008~2018)

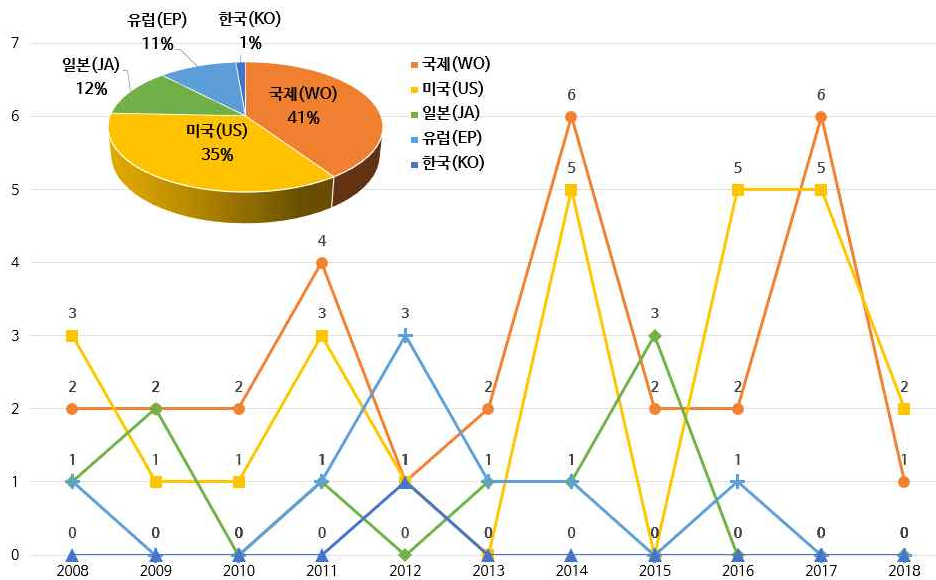
□ OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 관련 특허 현황

- 핵심 키워드인 “설계”, “엔지니어링”, “생산” 을 포함하는 키워드를 추가하여 구성 기술 1분야에 대한 국가별 상세 특허 트렌드를 분석하였음.

[표 10] OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 관련 특허 현황

구분	내용	
특허 DB 명	국가과학기술정보센터(NDSL)	
조사기간	2008년 1월 ~ 2018년 12월	
분석 내용	국가별, 연도별 특허 출원추세	
상세 키워드	국문	영문
	(“설계” or “엔지니어링” or “생산”) & (“프리캐스트 콘크리트” or “프리패브 건축” or “모듈러 건축” or “공업화 주택”)	(“design” or “engineering” or “manufacture”) & (“precast concrete” or “prefabricated construction” or “modular construction” or off-site construction “) & “building”

- 분석 결과 아래 그림 3과 같이 국제(WO) 및 미국(US)에서 전체 76% 특허를 차지하고 있으며 2014년과 2017년 큰 폭의 증가세를 보인 후 2018년 이후 특허가 급격히 줄어들.



[그림 24] 연도별, 국가별 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 특허출원 현황

- OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 핵심 특허 현황

[표 11] OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 핵심 특허 현황

연도	지식재산권명	출원인	출원국/출원번호
2018	Building design and construction using prefabricated components	Innovative Building Technologies, LLC	미국/US0975325
2017	Prefabricated structure construction method and prefabricated structure	KAJIMA CORP	일본/JP0000331
2013	3차원 레이저 스캐닝을 이용한 프리캐스트 콘크리트 형상 관리 장치 및 방법	한국과학기술원	한국/1020130120253
2013	Prefabricated element for a dwelling unit	David Damichey	미국/US8590215B2

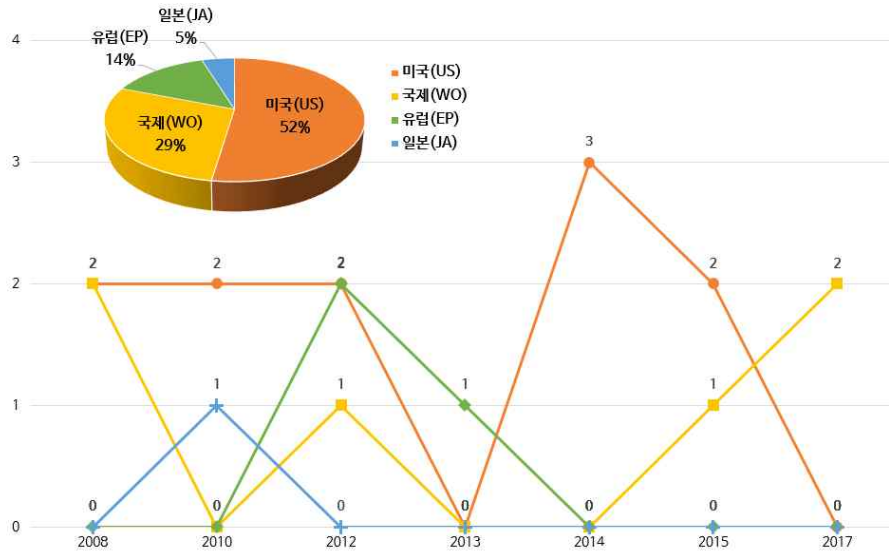
□ OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련 특허 현황

- 핵심 키워드인 “스마트”, “시공”, “관리”, “플랫폼”, “자동화” 을 포함하는 키워드를 추가하여 구성기술 1분야에 대한 국가별 상세 특허 트렌드를 분석하였음.

[표 12] OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련 특허 현황

구분	내용	
특허 DB 명	국가과학기술정보센터(NDSL)	
조사기간	2008년 1월 ~ 2018년 12월	
분석 내용	국가별, 연도별 특허 출원추세	
상세 키워드	국문	영문
	(“스마트” or “시공” or “관리” or “플랫폼” or “자동화”) & (“프리캐스트 콘크리트” or “프리패브 건축” or “모듈러 건축” or “공업화 주택”)	(“smart” or “construction” or “management” or “platform” or “automation”) & (“precast concrete” or “prefabricated construction” or “modular construction” or “off-site construction”) & “building”

- 분석 결과 총 17개의 특허 중 미국(US)에서 반수 이상 특허를 보유하고 있으며 2014년 이후로는 점차 줄어들고 있고 2018년에는 관련 특허가 출원되지 않았음.



[그림 25] 연도별, 국가별 OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리기술 특허출원 현황

- OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 핵심 특허 현황

[표 13] OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 핵심 특허 현황

연도	지식재산권명	출원인	출원국/출원번호
2018	Off-site manufactured construction module, method and building system	ERONEN LEIF	유럽/EP18165445
2016	Construction board installation robot	Integrated Construction Enterprises, Inc.	미국/15178563
2011	Precast concrete structures, precast tilt-up concrete structures and methods of making same	Romeo Ilarian Ciuperca	미국/US8555584B2
2009	Automated apparatus for constructing assemblies of building components	Williams Robotics Llc	유럽/09791963.3

3. 유사 기술 여부 및 현황 분석

□ OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 개발

- PC부재의 효율적인 현장생산을 위한 프로세스 개선, 의사결정 지원시스템 개발, 관리 최적화 모델 등의 연구가 이루어지고 있으며 IoT, BIM, Laser Scanning 등을 활용하여 부재의 효율적 관리, 품질측정 및 개선 등의 연구가 이루어짐.
- 현재 OSC 생산 시스템을 위한 공장 및 현장 연계(Off-site-to-Site)체계 구축 및 공급사슬 관련 연구는 해외에 집중해서 진행되고 있으며, 주로 생산 공장-현장 연계강화 및

생산체계 확산을 위한 의사소통, 다기능공 육성, 작업분류체계 등을 연구하고 있으나 설계 및 관리 최적화 연구는 미흡한 것으로 보임.

□ OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련

- 국내 OSC 기반 현장 설치 기술은 토목 분야, 특히 PC 교량 건설 관련 연구가 대부분을 차지하고 있으며, 또한 현장시공 생산성 향상을 위하여 센서 네트워크-3D 시각화-BIM 연동 기술개발이 시도되고 있음.
- 특히, 자동화 설치/시공 관련, 단일 공정 혹은 작업을 수행하는 자동화 장비가 연구되어 현장 적용성 실험 및 실용화 가능성을 진단하는 단계에 와 있음. 건설현장에서는 완전 자동화(Full Auto)보다는 인간과 협업하는 반자동화(Semi-Auto) 장비의 개발/상용화가 이루어지고 있음(예: 자재 운반 및 적재를 위한 AVG(Automated Guided Vehicle)). 그러나, OSC 통합관리 및 플랫폼 연구는 없으며 IoT와, ICT 기술등을 이용한 스마트 시공과 관리기술이 연구되고 있음.
- (OSC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 수행) 과거 OSC 공동주택에서 발생한 누수, 단열, 결로, 소음, 조인트결합, 내진성 등의 문제를 해결하기 위한 연구들이 수행되었으나 공동주택 사업의 활성화를 위한 사업모델, 실증은 부족함.

4. 대상 기술의 기술성 및 사업성 분석

□ OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 개발

- 한국 건설환경에 적합한 OSC 공동주택 설계, 생산, 시공 표준모델이 완성되고 고품질 OSC 부재를 효율적으로 생산, 관리 하는 ICT 기술이 개발될 경우 주거성능 확보와 공사비 절감, 공기 단축, 품질 향상, 사고 감소, 환경/폐기물 감소 등 여러 기술적 기대효과가 기대되는바, 상용화를 위한 적극적인 연구개발이 필요함.
- 최근 선진국을 중심으로 인건비 증가, 도심지 저소음 고속 시공, 건축물 품질 향상 등의 요구가 많아 건설환경의 변화 추세에 따라 향후 해외에서도 사업성이 큰 분야로 발전할 것임.

□ OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련

- 국내외 OSC 기반 스마트 현장 설치 및 관리기술의 경우에도 국내 공동주택 실정에 맞는 기술개발은 부족한 실정임. 국내 OSC 기반 현장시공의 주요 단점 중 하나는 PC 부재의 시공 오차 흡수 대책 마련이 곤란하다는 점이며, 이는 철저한 품질검사 기술 개발을 통하여 우선적으로 해결해야 함.
- 또한, 최적화된 OSC 프로젝트 관리를 위한 공급사슬 통합관리 플랫폼과 OSC 부재를 효율적으로 적재, 설치, 시공하는 스마트 자동화 시공, 관리기술의 개발로 공사비 절감, 공기 감소, 품질 향상, 공사비 절감 등이 이루어질 경우 국내외 공동주택 및 특수건축물 분야에도 사업성이 있을 것임.

□ OSC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업

- 통합적인 관점에서 Offsite-to-Site 연계를 강화하고, 공급사슬을 포괄적인 시각으로 관리하기 위한 연구가 시급하며, 관련 정책 및 제도, 교육 및 인력양성, 관련 기반기술 구축, 품질에 대한 지속적이고 체계적인 평가 및 개선 등 OSC 공동주택 생산체계 확산을 위한 다각적인 노력이 요구됨.
- 다양한 OSC 공동주택 주거성능 확보기술의 경우, 요소기술 개발 및 테스트는 활발히 적용되었으나, 실제 실증을 통한 전체적인 성능평가 및 기술적 보완이 추가로 필요하고 정책, 제도적인 개선안과 인증시스템, 전문 인력양성, 업무 매뉴얼 개발, OSC 성과 및 평가지표 등의 연구가 뒷받침되어야 할 것임.

5절. 유사과제 분석 및 기존 기술(연구)와의 차별성

1. 유사과제 현황

- 국가과학기술지식정보서비스(이하 NTIS)에 등록된 기존 연구과제에 대한 유사성 검토를 실시함. 본 기획과제의 키워드인 OSC 기술, 주거성능 확보, 생산성 향상, 프리패브 건축, 공동주택, 생산시스템 혁신 등으로 검색하였으나 중복 과제는 파악되지 않았음.
- 단, KAIA (국토교통과학기술진흥원) R&D 연구과제 중 철골 모듈러 공법과 프리캐스트 콘크리트 (PC) 요소기술 관련 연구 사례는 있으나, 기존 콘크리트 공사의 생산체계 혁신을 위한 OSC 기반 기술 플랫폼 - 설계 및 공장생산 최적화 - 실증사업을 아우르는 통합 연구 진행 사례는 없는 것으로 판단됨.

□ OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 관련 유사 과제 현황

- 검색범위 : ‘공동주택 설계 표준’ 및 ‘공동주택 공장생산’으로 검색한 결과 아래와 같은 3개의 유사 과제가 관련성이 있는 것으로 조사됨.
- 장수명 공동주택의 표준모델 개발 및 실용화 연구는 있으나, 습식공법을 기본으로 하고 있어 OSC 설계 표준모델 및 최적화 기술 개발과는 거리가 있음.
- 공동주택 주차장용 PC 포장 블록 공장 생산 및 철골 모듈러 공법의 공장 생산성 향상 관련 연구는 있지만, PC 기반 공동주택 건설 부재의 공장생산 및 관리 최적화 기술 개발 관련 연구는 없음.
- 접합부 설계 등의 PC 공법 요소기술과 스마트 팩토리 관련 연구는 많으나, 설계 표준화, 공장생산 OSC 부재의 생산관리, 모니터링, 및 최적 패키징 기술 등에 관한 연구는 미흡한 편임.
- 공동주택 주차장 블록 공장 생산 방식 관련 연구 개발 결과는 본 연구에 부분적으로 적용 가능할 것으로 기대되므로, 연구 결과를 본 과제에 연계하여 활용할 수 있도록 준비해야 할 필요 있음.

[표 14] OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 관련 국내 유사과제 현황

OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술				
No.	과제기간	부처명	사업명	과제명
1	2017-2018	중소기업기술 정보진흥원	중소기업상용화 기술개발	공동주택 그린(잔디화)주차장 기술개발
2	2015-2010	한국건설교통 기술평가원	첨단도시 개발사업	내구성 및 가변성을 가지는 장수명 공동주택 기술 개발
3	2013-2014	국토교통과학 기술진흥원	도시건축 연구사업	수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축

□ OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련 유사 과제 현황

- 검색범위 : ‘건설 플랫폼’ 및 ‘스마트 시공관리’ 로 검색한 결과 아래와 같은 6개의 유사 과제가 관련성이 있는 것으로 조사됨.
- BIM 기반 통합 건설관리 기술 및 플랫폼 시스템의 개발 및 상용화 관련 연구는 다수 존재하나, OSC 통합관리 및 플랫폼 관련 연구는 없음.
- 본 과제를 통하여 개발하고자 하는 기술은 OSC 공급사슬 통합 관리 플랫폼과 OSC 기반 스마트장비 모니터링 및 제어를 이용한 시공·관리 기술의 개발로, 유사 연구 사례는 있지만, 공법 및 대상이 상이하여 적합한 기술 개발이 요구됨.
- 적용 대상의 차이는 있지만, 무인영상취득 기술, 다중동시접속 Cloud 플랫폼 기술, BIM 기반 시각화 플랫폼 기술, 4D 가상건설 시뮬레이션 기술, 스마트 건설장비 통합 관제 기술에서 사용된 핵심 요소 기술은 본 과제에서 개발하고자 하는 구성기술의 일부분과 연계·활용 가능할 것으로 판단됨.

[표 15] OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 관련 국내 유사과제 현황

OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술				
No.	과제기간	부처명	사업명	과제명
1	2018-2020	국토교통과학 기술진흥원	국토교통기술 사업화지원	전주기 통합 건설관리와 선제적 도심지 재난재해 RESILIENCE 향상을 위한 5cm급 정밀분석 무인영상취득 기술 및 다중 동시접속 CLOUD 플랫폼 사업화 및 실용화
2	2017-2020	한국연구재단	개인기초연구	스마트 시설관리를 위한 GIS/BIM 모델을 이용한 공공데이터 시각화 플랫폼 개발
3	2016-2018	국토교통과학 기술진흥원	국토교통기술 사업화지원	스마트 3차원 건설공간정보(BIM/GIS) 핵심 플랫폼 솔루션화 및 사업화
4	2016-2018	정보통신기술 진흥센터	SW컴퓨팅산업원 천기술개발	(GCS)국제 표준 BIM 포맷 기반의 동적 4D 가상건설 시뮬레이션 시스템 개발
5	2015-2016	국토교통과학 기술진흥원	건설기술 연구사업	건설장비 통합 관제 기술 개발
6	2012-2015	한국연구재단	일반연구자지원	산업 플랜트 건설의 효율적 공정관리를 위한 스마트 공정관리 시스템 개발

□ OSC 기반 PC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 관련 유사 과제 현황

- 검색범위: ‘공동주택 활성화’ 및 ‘공동주택 실증’ 으로 검색한 결과 아래와 같은 4개의 유사 과제가 관련성이 있는 것으로 조사됨.
- 최근 공동주택 활성화 관련 연구는 장수명주택 모델의 개발 및 보급에 다소 집중되어 있으며, 2019년 장수명주택 관련 과제 종료 후 연구 결과를 본 과제에 선별 적용하여 연계 연구를 진행할 수 있을 것으로 기대됨.
- 다수의 주거환경 관련 연구 과제에서 실증사업을 수행하였으나, OSC 기반 PC 공동주택 실증 결과는 없는 것으로 파악됨.
- 적용대상은 상이하지만, 기존 연구과제에서 수행한 주택 보급 활성화를 위한 정책 및 제도 개발 과정은 본 과제에서 추진하고자 하는 바와 유사성이 있으므로, 결과를 과제 수행에 참조할 수 있을 것으로 기대됨.

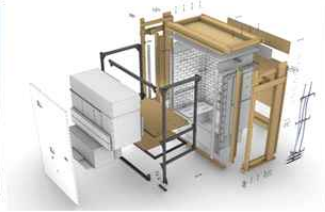
[표 16] OSC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 관련 국내 유사과제 현황

OSC 기반 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업				
No.	과제기간	부처명	사업명	과제명
1	2014-2019	국토교통과학기술진흥원	주거환경 연구사업	장수명주택 보급활성화를 위한 정책 및 제도개발
2	2014-2019	국토교통과학기술진흥원	주거환경 연구사업	운영비+장수명주택 보급활성화 기반구축
3	2014-2019	국토교통과학기술진흥원	주거환경 연구사업	장수명주택 실증단지 설계 및 구축
4	2006-2011	한국건설교통기술평가원	건설핵심기술 연구개발사업	저에너지 친환경 공동주택 기술개발

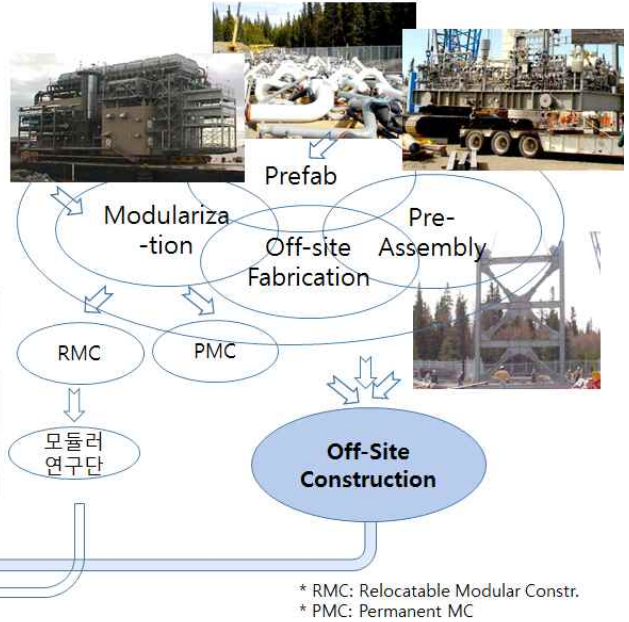
2. 차별성 및 연계 추진방안

- 본 기획과제의 구성기술은 (1) OSC 기반 PC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 개발, (2) OSC 통합관리 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 개발, (3) OSC 기반 PC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 등으로, 조사된 기존의 유사 과제와 비교하여 아래와 같은 차별성을 가짐.
 - OSC 기반 PC 공동주택 건설 생애주기 통합형 생산 및 관리체계 구축.
 - 첨단 ICT 및 스마트 생산기술을 활용한 공동주택 건설관리 선진화.
 - OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 적용 및 확산을 위한 정책 및 제도적 기반 구축
 - 주거성능 확보를 위한 OSC 기반 PC 공동주택 표준기술 개발 및 적용
- 특히, 유사성이 매우 강한 것으로 인식될 수 있는 현행 중고층 모듈러 기술 개발 연구와의 차별성은 다음의 그림과 같음.

모듈러 vs. OSC		
구분	모듈러 연구	OSC 연구
핵심 대상	<ul style="list-style-type: none"> 3D Volumetric 모듈 3차원 철골 적층 공법 개발 기술 성능 향상 	<ul style="list-style-type: none"> 건축 설계/시공 최적화 기술 건축산업 생산구조 혁신 ICT 융복합 기술 적용
목표	<ul style="list-style-type: none"> 3D Steel공법 개발 3D Volumic 모듈러 활성화 	<ul style="list-style-type: none"> 건축 생산체계 혁신 스마트 건설환경 조성 고부가가치 산업화
도전 요소	<ul style="list-style-type: none"> 성능(방화, 소음) 확보 건축/주택 생산체계 혁신 한계 	<ul style="list-style-type: none"> 중장기적 차원의 접근 단기적/가시적 차원 성과 도출



PPMOF
(Prefab, Preassembly, Modularization, Offsite Fabrication) (CII 2002)



[그림 26] 기존 모듈러 공동주택 연구와 OSC 연구와의 차별성

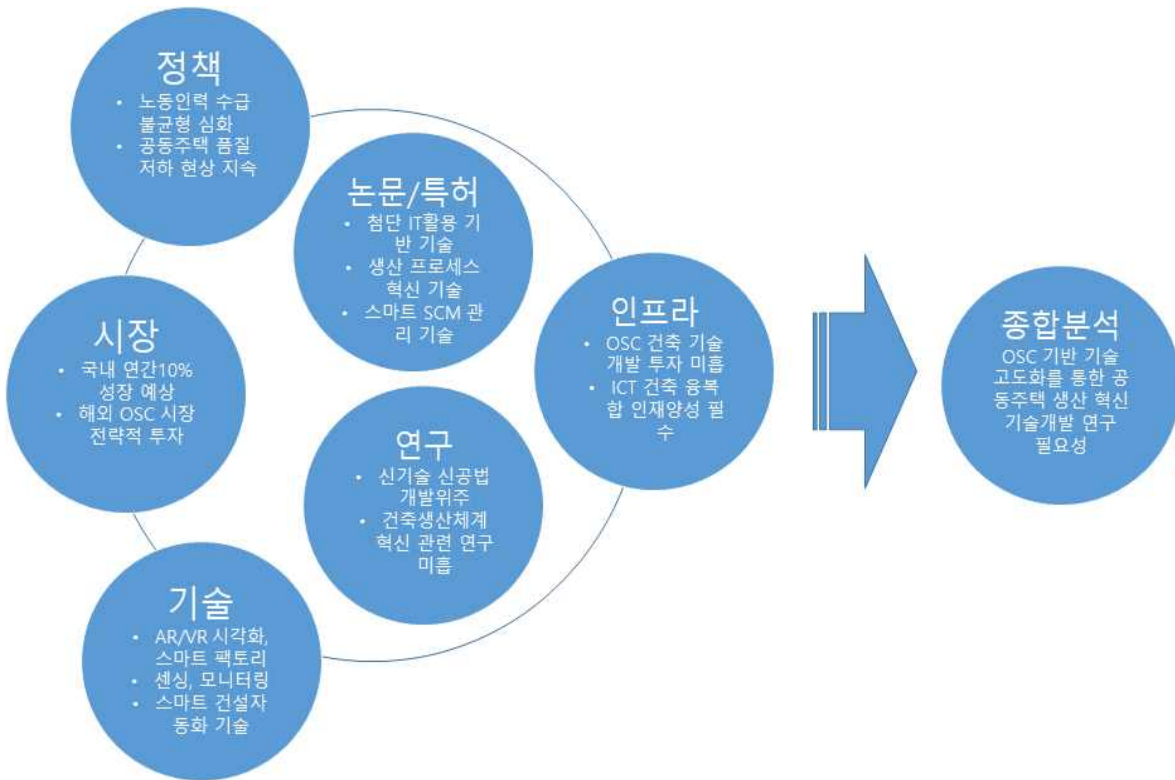
- 상기 그림 우측에서와 같이, OSC가 건설분야의 핵심 연구주체로서 자리매김하게 된 배경은 2000년대 초반 미국 건설산업연구원(이하 CII)의 PPMOF (Prefab, Preassembly, Modularization, Offsite Fabrication) 기술개발에 대한 투자에서 비롯됨.
 - 모듈러와 OSC 연구는 개념이 유사하여 쉽게 혼동되는 용어임. 현행 국토 R&D 사업 중 모듈러 공동주택 연구단에서 수행 중인 연구는 주로 RMC (Relocatable Modular Construction)에 기초한 3차원 철골 모듈 유닛 적층 기술 개발 공법이 초점임.
 - 본 OSC 기획 연구의 경우, 새로운 구조 형식이나 공법 개발 중심이 아닌, 공동주택 생산프로세스 혁신 기술의 개발이 중점임. 따라서, 다양한 재료, 공법, 모듈의 최적화를 통해 ICT 융복합 기술을 활용하여 건축 생산과정 전반을 모니터링 하고, 기반 기술을 확보하여 공동주택의 안정적인 보급과 품질확보를 통해 국가경제와 국민복지 향상에 기여하고자 함임.
- 조사된 기존 유사 과제를 바탕으로 아래와 같은 연계방안을 마련할 수 있을 것으로 기대됨.
- 공동주택 주차장 블록 공장 생산 방식 관련 연구 개발 결과는 본 연구에 부분적으로 연계·활용 가능할 것으로 간주됨.
 - 무인영상취득 기술, 다중동시접속 CLOUD 플랫폼 기술, BIM 기반 시각화 플랫폼 기술, 4D 가상건설 시뮬레이션 기술, 스마트 건설장비 통합 관제 기술에서 사용된 핵심 요소 기술은 본 과제에서 개발하고자 하는 구성기술의 일부분과 연계·활용 가능할 것으로 판단됨.

- 장수명주택 모델의 개발 및 보급 연구 결과를 본 과제에 선별 적용하여 연계 연구를 진행할 수 있을 것으로 기대됨.
- 장수명주택 보급 활성화를 위한 정책 및 제도 개발 과정은 본 과제에서 추진하고자 하는 바와 유사성이 있으므로, 결과를 과제 수행에 참조할 수 있을 것으로 기대됨.

6절. 종합분석

1. 국내외 동향 및 환경 분석 요약

- 앞서 살펴본, 정책, 시장, 기술과 기존 논문/특허, 기존 연구 과제, 연구 인프라 등을 요약하여 나타내면 아래의 그림과 같음.



[그림 27] 국내외 동향 및 환경 분석 요약

□ 정책적 관점

- 지속적인 주거환경 개선에 대한 요구와 더불어 기능인력 수급 불균형과 현장 노동 생산성 저하로 인해 주거의 안정적 공급 확대의 어려움에 직면함. 전세계적으로 어포더블 하우스(Affordable Housing) 공급 투자 확대 등 효과적인 정책 수립의 필요성이 부각됨.

□ 시장 관점

- 국내의 경우, PC산업 중심의 OSC 부분의 연간 평균성장률(CAGR)은 10%에 육박할 정도로 확대되고 있음에도 불구하고 시장 확대 여력은 부족한 실정임. 해외의 경우, OSC에 대한 건설 투자 규모가 늘고 있음. 특히, 영국의 경우, 최근 5년간 440억 파운드 (한화 66조 규모) 로 늘리는 등 국가 차원의 전략적인 투자가 이루어짐.

□ 기술관점

- ICT 기술 고도화에 의한 건축생산 프로세스의 스마트화와 AR/VR을 통한 시공 자동화 등 OSC 요소 기술에 대한 지속적인 기술개발이 진행되고 있음.

□ 논문/특허 관점

- 최근 연구 논문은 첨단 IT 기술을 접목한 공장제작 자동화 기술, 건축 생산 프로세스 혁신 기술, 스마트 SCM 관리 기술 등 OSC 관련 기술에 대한 논문과 특허 실적은 최근 까지 꾸준한 증가세를 보임.

□ 연구 관점

- 기존 국토교통 R&D의 주된 내용은 설계, 구조 중심의 신기술 · 신공법 개발에 치중하고 있어서 실제 건축 산업 전반으로의 확대적용을 통한 기술 확산이 제한적이었음. 또한, 건축 생산 프로세스의 고도화와 생산 체계 혁신에 관한 연구는 미미한 수준임.

□ 인프라 관점

- 건축 생산 프로세스 혁신을 통한 건축 Life Cycle 개선에 대한 연구 인프라는 매우 열악한 수준임. 4차 산업혁명 시대에 걸맞는 ICT-건축 융복합 기술 개발을 통한 인재 양성이 시급함.

2. 최근 OSC 관련 기술 개발 트렌드 분석

- 최신 OSC 관련 기존 문헌 등의 고찰을 통해 기술의 트렌드 분석을 실시한 결과, OSC 관련 기술은 (1) OSC 기반 설계-엔지니어링 분야, (2) OSC 생산 및 현장 조립·설치 기술 분야, (3) PLC 기반 플랫폼 관리 기술 분야로 크게 구분됨을 알 수 있음.
- 다음의 표는 최근 OSC 관련 기술 개발 트렌드를 3개의 분야로 나누어 분석 한 것으로 현재 개발된 기술의 변천 추이와 연구 방향성 등을 판단해 볼수 있음.

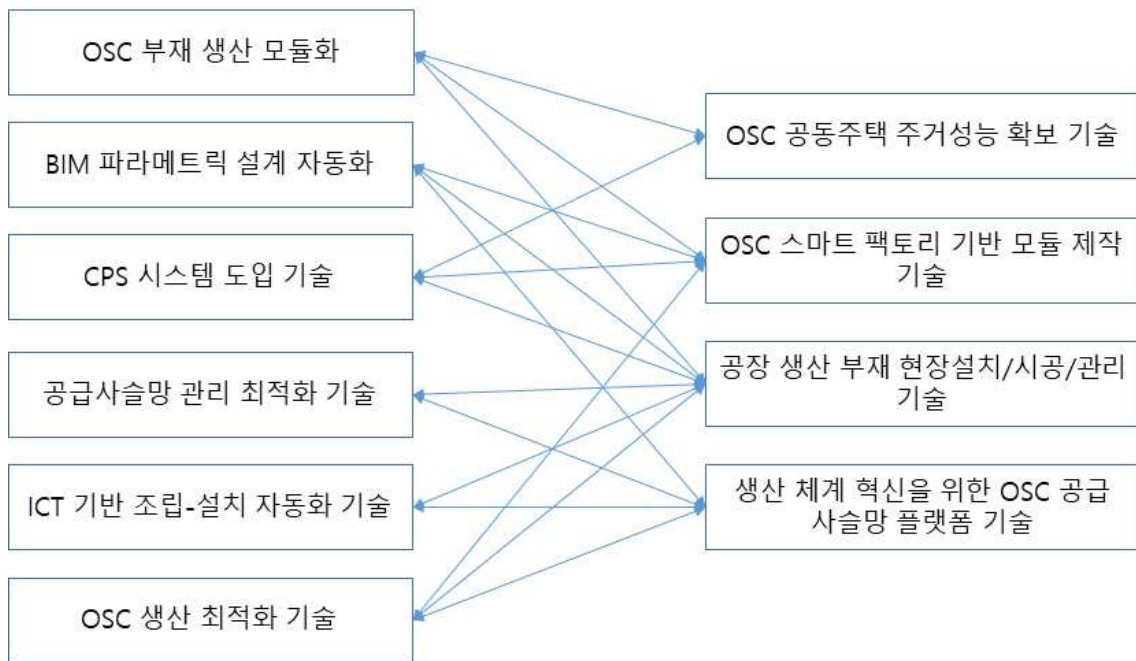
[표 17] 최근 OSC 관련 기술 개발 트렌드 분석

분야	~2014년	2015년	2016년	2017년	2018년
OSC 설계-엔지니어링	모듈 부재 성능 향상 기술	BIM 및 스캐닝 기술의 도입	OSC 부재 생산 및 배치 계획 최적화	OSC 생산라인 자동화 기술	최적 표준 설계 모듈화 기술
OSC 현장 조립 및 시공	ICT 기반 품질 관리	로봇화에 의한 자동화 기술	3D/BIM 파라메트릭 설계 기술	ICT 기반 설치 조립 자동화 기술	CPS 시스템 적용 기술
OSC 플랫폼 기반 관리	JIT 기술 도입 방안 정립	가상 시뮬레이션 적용 기반 기술	태스크 기반 커뮤니케이션 향상 기술	OSC 기반 생산 효율성 향상	공급사슬망관리 최적화 기술

- 위와 같이 도출된 OSC 관련 기술개발 트렌드 분석을 통해 현 기획 단계에서의 기술 니즈를 파악한 결과, (1) OSC 공동주택 주거성능 확보 기술 (2) OSC 스마트 팩토리 기반 부재 제작 기술 (3) 공장 생산 부재 설치/시공/관리 기술 (4) 생산체계 혁신을 위한 공급망 플랫폼 기술 등 크게 4가지의 Issue 기술이 도출되었음.

최근 OSC 관련 메가트렌드 기술

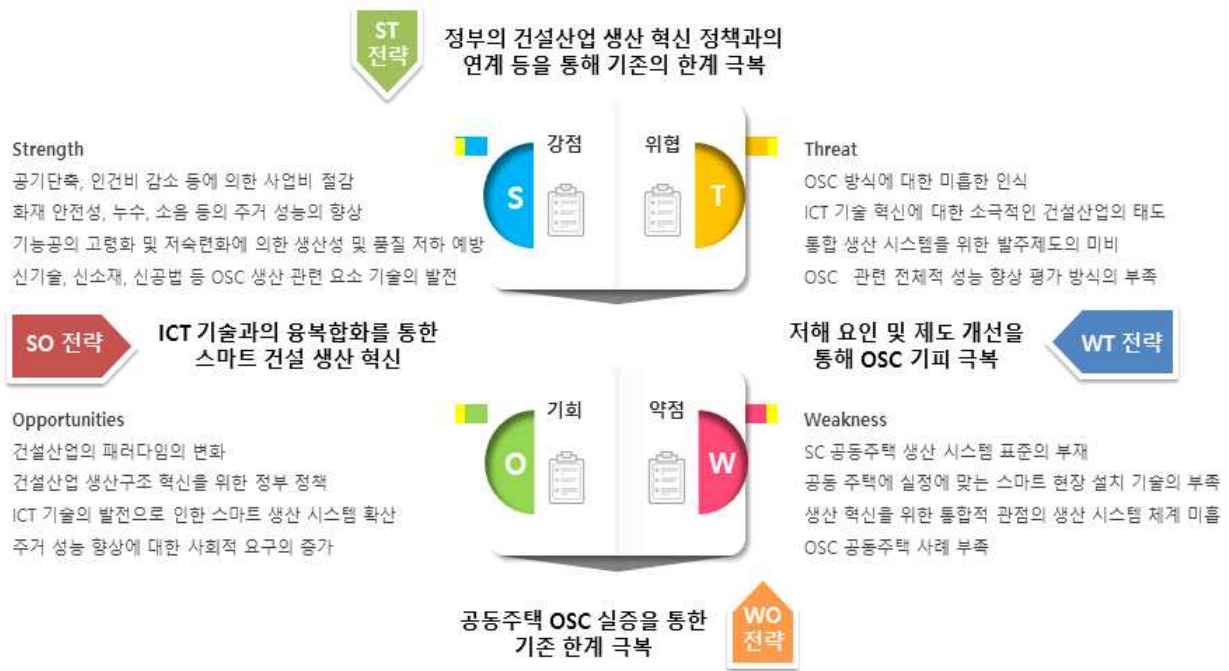
본 기획 연구 ISSUE 기술



[그림 28] OSC 기술 개발 관련 Issue Tree

3. OSC 연구 수행을 위한 SWOT 분석 실시

- 국내외 연구 및 환경 동향 분석을 통해, Issue 기술 중심의 OSC 연구를 효과적으로 수행하기 위한 기술개발 전략 수립이 필요하였으며, 아래의 그림과 같이 SWOT 분석을 실시함.



[그림 29] SWOT 분석을 통한 OSC 기술개발 전략 수립

- 강점 요인 (Strength)

- 공기단축, 인건비 감소 등에 의한 사업비 절감
- 화재 안전성, 누수, 소음 등의 주거 성능의 향상
- 기능공의 고령화 및 저숙련화에 의한 생산성 및 품질 저하 예방
- 신기술, 신소재, 신공법 등 OSC 생산 관련 요소 기술의 발전

- 약점 요인 (Weakness)

- OSC 기반 공동주택 생산 시스템 표준의 부재
- 공동 주택에 실정에 맞는 스마트 현장 설치 기술의 부족
- 생산 혁신을 위한 통합적 관점의 생산 시스템 체계 미흡
- OSC 기반 공동주택 사례 부족

- 기회 요인 (Opportunity)

- 건설산업의 패러다임의 변화
- 건설산업 생산구조 혁신을 위한 정부 정책
- ICT 기술의 발전으로 인한 스마트 생산 시스템 확산
- 주거 성능 향상에 대한 사회적 요구의 증가

- 위협 요인 (Threat)

- OSC 기반 건축생산방식에 대한 미흡한 인식
- ICT 기술 혁신에 대한 소극적인 건설산업의 태도
- 통합 생산 시스템을 위한 발주제도의 미비
- OSC 관련 전체적 성능 향상 평가 방식의 부족

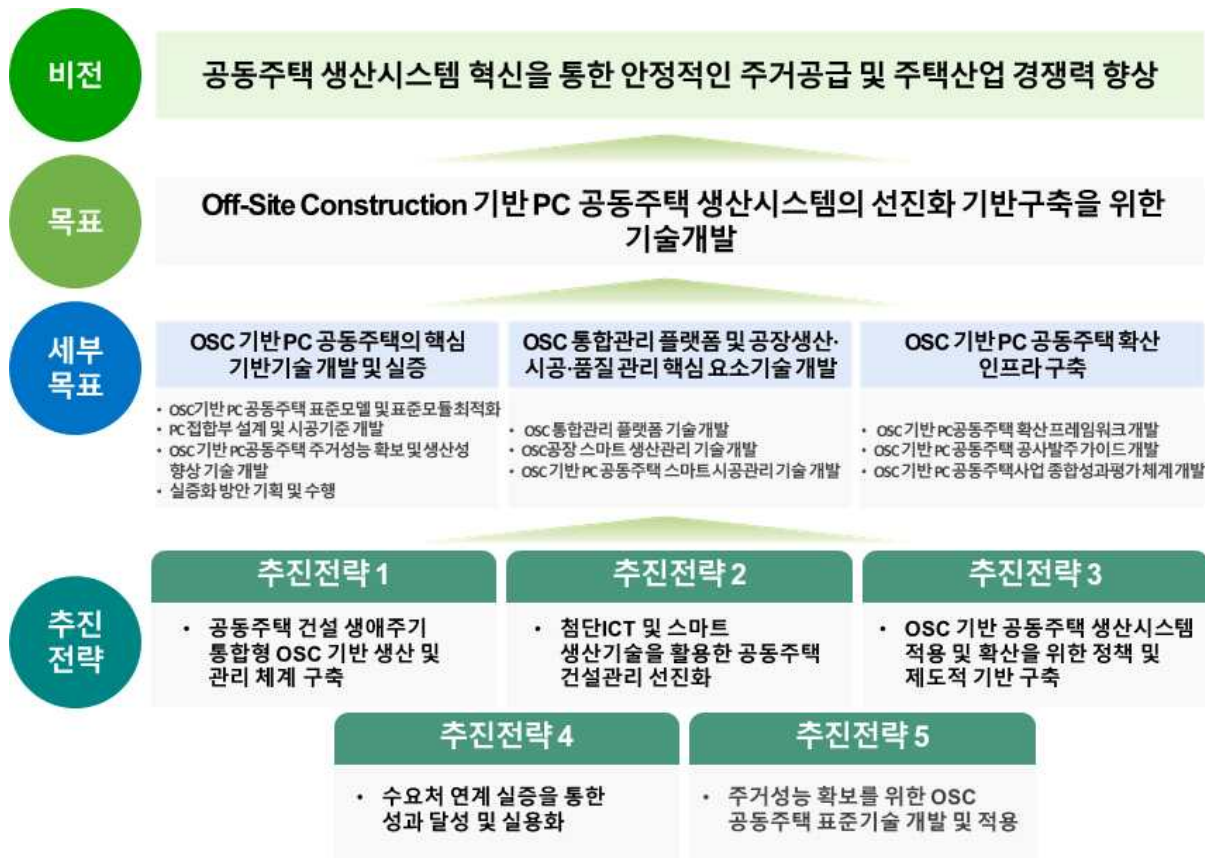
4. SWOT 분석을 통한 기술개발 전략 수립

- SWOT 분석내용을 바탕으로 OSC 기술 개발을 위한 4개 핵심 전략을 ST/SO/WT/WO 중심으로 나누어 정리하면 다음과 같음.
 - **ST 전략:** 정부의 건설산업 생산 혁신 정책과의 연계 등을 통해 기존의 한계 극복
 - **SO 전략:** ICT 기술과의 융복합화를 통한 스마트 건설 생산 혁신
 - **WT 전략:** 저해 요인 및 제도 개선을 통해 OSC 인식 개선
 - **WO 전략:** OSC 기반 공동주택 실증화 사업을 통한 기존 한계 극복

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

- 본 과제의 비전은 공동주택 생산시스템 혁신을 통한 안정적인 주거공급 및 주택산업 경쟁력 향상임.
- 본 과제의 최종목표는 off-site construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술 개발 및 실증에 있음.
- 앞서 설명한 바와 같이 본 기획과제에서 분석한 주요 과업은 1) OSC 기반 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 개발, 2) OSC 통합관리 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 개발, 3) OSC 기반 PC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 수행임.
- 그러나 현 단계에서는 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 혁신의 가능성을 확인하고, 장기적인 로드맵을 바탕으로 OSC생산 활성화 방안을 수립하기 위해, 기술개발-정책·제도-실증 큰 세 가지의 축으로 다음과 같이 세부 목표를 최종 확정함.
- 즉, 최종목표를 달성하기 위한 세부목표는 (1) OSC 기반 PC 공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증, (2) OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산·시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발, (3) OSC 기반 PC 공동주택 확산 을 위한 정책, 제도 개선 방안 도출로 구성됨.



[그림 30] 연구과제의 비전 및 목표

- 세부목표를 달성하기 위한 11개의 핵심 연구과제를 아래와 같이 도출함.

- OSC 기반 PC 공동주택 표준모델 및 표준모듈 최적화
- PC 접합부 설계 및 시공기준 개발
- OSC 기반 PC공동주택 주거성능 확보 및 생산성 향상 기술 개발
- 실증화 방안 기획 및 수행
- OSC 통합관리 플랫폼 기술 개발
- OSC공장 스마트 생산관리 기술 개발
- OSC현장 스마트시공 및 관리 기술 개발
- OSC 기반 PC 공동주택 스마트 시공관리 기술 개발
- OSC 기반 PC공동주택 확산 프레임워크 개발
- OSC 기반 PC 공동주택 공사발주 가이드 개발
- OSC 기반 PC 공동주택사업 종합성과평가 체계 개발

2절. 연구개발 과제 구성

- 2장 국내외 동향 및 환경 분석을 통해 도출한 기술트렌드, 특허 및 정책 동향, SWOT 분석 등을 기반으로 대한건축학회 건축생산시스템혁신 특별위원회를 비롯한 공동주택 생산시스템 및 기술 관련 연구진·전문가들에게 기술자문을 구해 “연구개발 후보기술”을 선정하고 최종적으로 자문위원과 기획연구진 간의 회의를 통해 “최종연구개발 과제”를 도출함.
- 최초 기획연구 제안시 주요 연구내용은 주거성능 확보를 위한 OSC 기반 PC 공동주택 표준 기술, OSC 기반 스마트 공장생산시스템, OSC 공급사슬 최적화 및 스마트 현장설치 기술, OSC 기반 PC 공동주택 생산체계 확산방안, 그리고 OSC 기반 PC 공동주택 실증 및 평가로 구성되어 있음.

[표 18] 연구기획제안 당시 기획연구 목표와 주요 기획연구 내용

연구목표	주요 연구내용
주거성능 확보를 위한 OSC 기반 PC 공동주택 표준 기술	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 주거성능 향상을 위한 공장생산부재 엔지니어링 기술 개발 ❖ OSC 기반 PC 공동주택 표준 시공기술 개발
OSC 기반 스마트 공장생산시스템	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 스마트 워크패키징 및 설계최적화 기술 개발 ❖ 공장생산 효율성 향상을 위한 지능형 생산 기술 개발 ❖ 공장생산 프로세스 스마트 관리 기술 개발
OSC 공급사슬 최적화 및 스마트 현장설치 기술	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 공장생산부재 현장설치를 위한 스마트 장비 개발 ❖ OSC 기반 스마트 현장 설치 및 시공기술 개발 ❖ OSC 현장 프로세스 모니터링 및 최적 관리 기술 개발 ❖ Offsite-to-Site 데이터 기반 공급사슬 관리 기술 개발
OSC 기반 PC 공동주택 생산체계 확산방안	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 적용을 위한 정책 및 제도 ❖ OSC 기반 PC 공동주택 확산을 위한 기술기반 구축 ❖ OSC 참여자 양성 및 교육 프로그램 개발
OSC 기반 PC 공동주택 실증 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 성과 평가 지표 개발 및 측정 시스템 개발 ❖ 실증을 위한 공동주택 부지 선정 및 설계 작성 ❖ 통합 실증 테스트베드 실행 및 평가

- 최초 기획연구 제안 시 주요 기획연구 내용 검증을 위하여 전문가 및 연구진과의 회의를 진행하였으며, 1) 제시한 비전 및 연구목표와 제안된 기획연구의 내용이 부합하는지, 2) 과제 구성 시 세부과제 간 연구내용의 균형이 맞는지, 3) 세부과제 간 효율적인 연계가 가능한지 (연구내용 연계 및 과제간 중복성 회피) 등에 대한 의견을 종합하여 새로운 연구개발과제 구성안이 아래와 같이 도출됨:

연구목표 1: OSC 방식 PC 공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증

- 한국 건설환경에 적합한 OSC 기반 PC 공동주택의 설계, 생산, 시공을 위한 표준 모델을 제시하고 실증사업을 통한 주거성능 모니터링 및 검증을 통해 직간접적 생산효율성 향상, 주거성능 확보에 기여

연구목표 2: OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산·시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발

- 최적화된 OSC 프로젝트 관리를 위한 가상물리시스템(CPS) 기반의 공급사슬 통합관리 플랫폼을 구축하고, 고품질 OSC 부재들을 효율적으로 생산, 현장 운반하는 ICT 기술의 개발, 현장 반입되는 OSC 부재들을 효율적으로 적재, 설치, 시공하는 스마트 기술 개발로 주거성능 확보, 공사비 절감, 공기 감소, 품질 향상, 안전사고 감소, 환경/폐기물 감소에 기여

연구목표 3: OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축

- OSC기반생산시스템을 통한 공동주택 보급 활성화를 위한 교육, 육성, 정책, 제도 등 사회 전반에 걸친 개선 방안을 수립, OSC 공동주택 생산시스템 활성화에 기여

3절. 핵심요소기술(CTE) 선정

1. 핵심요소기술 도출

- 핵심요소기술(CTE: Critical Technology Elements)은 과제의 성패를 좌우하는 중요한 기술로서 개발 기술이 완성되기 위하여 충족되어야 할 필수 기술을 의미함
- 본 “OSC 기반 공동주택 생산시스템 구축 및 선진화 기술 개발” 기획과제에서 도출한 49개 핵심요소기술 후보기술(연구개발 후보기술)을 3가지 연구목표에 맞춰 아래 표와 같이 재구성하였으며, 1세부 후보기술 18개, 2세부 후보기술 22개, 3세부 후보기술 9개로 구성되어 있음.

[표 19] 핵심요소기술 후보기술 리스트

연구목표	핵심요소기술 후보기술
<p>OSC 방식 PC 공동주택 핵심 기반기술 개발 및 실증</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 후보 1: OSC기반 PC구조 공동주택의 표준모델 개발 ❖ 후보 2: OSC 표준모듈 BIM 라이브러리 구축 ❖ 후보 3: 모델별 표준모듈의 생산 및 현장설치 프로세스 최적화 ❖ 후보 4: OSC 기반 PC 공동주택 공중분류체계 개발 ❖ 후보 5: OSC 프로젝트 다기능공 배치 및 활용 프로세스 개발 ❖ 후보 6: 표준모델별 생산·시공 전략 및 사용자 매뉴얼 개발 ❖ 후보 7: 표준모듈 접합부의 설계기준 및 표준상세 개발 ❖ 후보 8: PC 부재 접합부 품질기준 및 품질측정기준 개발 ❖ 후보 9: 표준모듈 접합부 성능향상을 위한 공법개발 ❖ 후보 10: 표준모듈 시공기준 및 품질관리기준 개발 ❖ 후보 11: 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 기술개발 ❖ 후보 12: OSC 최적화 창호시스템 기술 개발 ❖ 후보 13: 차음성능 최적화 바닥 및 벽체 기술개발 ❖ 후보 14: 조립식 바닥 (온수)난방 시스템 최적화 및 실증 ❖ 후보 15: 실증사업용 OSC 기반 PC 공동주택 설계 ❖ 후보 16: OSC 부재 및 합성품(component) 적용기술 ❖ 후보 17: OSC 기반 PC 공동주택 실증사업 계획수립 및 기술, 제도, 성능 검증 ❖ 후보 18: 실증사업수행 평가 및 성과관리시스템 개발
<p>OSC 통합관리 플랫폼 및 공장 생산·시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 후보 19: OSC 통합관리 플랫폼 구축 및 데이터연계·통합기술 개발 ❖ 후보 20: OSC부재 위치 및 상태 실시간 트래킹 기술 개발 ❖ 후보 21: OSC 통합관리 플랫폼과 BIM 데이터 연계 기술 개발 ❖ 후보 22: 소음, 진동, 미세먼지 등 생산환경 자동감지 시스템 개발 ❖ 후보 23: 공장 작업자의 스마트 안전보건관리 기술 개발 ❖ 후보 24: 공장생산 및 물류 계획 수립 자동화 기술 개발 ❖ 후보 25: 현장설치 공정 및 원가계획 수립 자동화 기술 개발 ❖ 후보 26: 현장계획(조닝, 레이아웃, 장비계획, 가설계획) 수립 자동화 기술 개발 ❖ 후보 27: 생산성 실시간 모니터링 및 생산계획 조정 기술 개발 ❖ 후보 28: BIM 연계 OSC 부재 자동제작 기술 개발 ❖ 후보 29: OSC 생산공장 내 스마트 적재 및 작업공간 플래닝 기술 개발 ❖ 후보 30: 스마트 생산 검측 및 품질관리 시스템 개발 ❖ 후보 31: OSC 부재 최적 물류 패키징 기술 개발 ❖ 후보 32: OSC 부재 설치/시공용 가설 및 안전관리 기술 개발 ❖ 후보 33: 시뮬레이션 기반 리스크 예측 및 분석 시스템 개발 ❖ 후보 34: 시공품질 향상을 위한 자동인식/트래킹 기술기반 지능 시공관리 기술개발 ❖ 후보 35: OSC 부재 정밀시공을 위한 스마트 센싱기반 실시간 현장품질 및 검측 기술개발 ❖ 후보 36: 현장 작업 저감형 반조립 OSC부재 설치효율화 장비 개발 ❖ 후보 37: 스마트 센싱 기반 공장 생산 부재 품질 점검 기술 개발 ❖ 후보 38: OSC 부재 현장 반입 부재 품질 자동 확인 및 리포팅 시스템 개발 ❖ 후보 39: 지능형 센싱 기반 OSC 부재 품질 결함 예측 시스템 개발 ❖ 후보 40: OSC 기반 공동주택 주거성능 모니터링 기술 개발
<p>OSC 기반 PC 공동주택 확산을 위한 정책, 제도 개선 방안 도출</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 후보 41: OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 정책·제도 개선안 도출 ❖ 후보 42: OSC 확산에 따른 기능인력 구성 변화 및 다기능공 양성·활용 방안 개발 ❖ 후보 43: OSC 기반 PC 공동주택 적정 공사비 및 공기산정 기준 도출 ❖ 후보 44: OSC 기반 PC 공동주택 발주 가이드 개발 ❖ 후보 45: OSC 기반 PC 공동주택 주거성능 모니터링 기술 개발 ❖ 후보 46: OSC 인력 약성을 위한 교과 커리큘럼 개발 ❖ 후보 47: OSC 생산공장 인증시스템 개발 ❖ 후보 48: OSC 교육훈련 프로그램 개발 ❖ 후보 49: OSC 기반 생산시스템 참여자용 업무 매뉴얼 개발

2. 핵심요소기술 선정

□ (1세부) OSC 방식 PC 공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증

- 18개 연구개발 후보기술 중 11개 최종연구개발과제를 선정하였음.

[표 20] 1세부 핵심요소기술(CTE) 선정

체크리스트	후보 1	후보 2	후보 3	후보 4	후보 5	후보 6	후보 7	후보 8	후보 9	후보 10	비고
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○	○	○		○	○	○	○	○	○	만드시 충족
2. 해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?											
3. 해당기술이 새롭거나 독창적인가?	○	○									하나 이상 충족
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?											
핵심요소기술(CTE) 선정 여부	○	○	○	×	×	○	○	×	○	○	
체크리스트	후보 11	후보 12	후보 13	후보 14	후보 15	후보 16	후보 17	후보 18	비고		
1. 이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	○		○	○		○	○	○	만드시 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?											
핵심요소기술(CTE) 선정 여부	○	×	○	○	×	○	○	○			

□ (2세부) OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산·시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발

- 22개 연구개발 후보기술 중 17개 최종연구개발과제를 선정하였음

[표 21] 2세부 핵심요소기술(CTE) 선정

체크리스트	후보 19	후보 20	후보 21	후보 22	후보 23	후보 24	후보 25	후보 26	후보 27	후보 28	후보 29	비고
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?	○											
핵심요소기술(CTE) 선정 여부	○	○	○	×	×	○	○	○	○	×	×	
체크리스트	후보 30	후보 31	후보 32	후보 33	후보 34	후보 35	후보 36	후보 37	후보 38	후보 39	후보 40	비고
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?						○			○	○		
핵심요소기술(CTE) 선정 여부	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○		

□ (3세부) OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축

- 9개 연구개발 후보기술 중 5개 최종연구개발과제를 선정하였음.

[표 22] 3세부 핵심요소기술(CTE) 선정

체크리스트	후 보 38	후 보 39	후 보 40	후 보 41	후 보 42	후 보 43	후 보 44	후 보 45	후 보 46	비고
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?										
핵심요소기술(CTE) 선정 여부	○	×	○	○	×	×	○	○	×	

□ 선정된 핵심요소기술(CTE)을 통한 과제 구성

- 본 기획연구진은 앞서 제시된 비전과 연구목표를 이용하여 3개 분야 (OSC 기반 PC 공동주택 설계·엔지니어링 표준 모델 및 공장생산 최적화 기술 개발 및 실증, OSC 통합 관리 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 개발, OSC 기반 PC 공동주택 활성화 방안 수립) 49개의 후보기술과 35개의 핵심요소기술(CTE)을 기반으로 연구개발 과제를 재구성 하였음.
- 이후 연구기간 및 예산을 고려하여 지속적인 핵심요소기술에 대한 검토 및 자문과을 진행하였음. 그 결과 연구목표 3개 분야를 3개 세부과제로 확정하였으며 11개의 연구 내용으로 그룹핑하여 세부과제 내부에 구성하였음. 그룹핑 되는 연구 내용은 세세부과제로 지정하여 관리하는 것으로 하며, 아래 표와 같음.

[표 23] 핵심요소기술(CTE) 선정을 통한 연구개발과제 구성

연구과제명	연구 내용
OSC 기반 PC 공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증	OSC 기반 PC 공동주택 표준모델 및 표준모듈 최적화
	PC 접합부 설계 및 시공기준 개발
	OSC 기반 PC공동주택 주거성능 확보 및 생산성 향상 기술 개발
	실증화 방안 기획 및 수행
OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산·시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발	OSC 통합관리 플랫폼 기술 개발
	OSC공장 스마트 생산관리 기술 개발
	OSC 기반 PC 공동주택 스마트 시공관리 기술 개발
OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축	OSC 기반 PC공동주택 확산 프레임워크 개발
	OSC 기반 PC 공동주택 공사발주 가이드 개발
	OSC 기반 PC 공동주택사업 종합성과평가 체계 개발

- 연구 내용 간 연계는 아래 그림과 같음.



[그림 31] 연구 내용 구성

4절. 세부과제별 주요 내용 및 추진 전략

- 본 연구는 OSC 기반 공동주택 생산시스템 구축 및 선진화 기술 개발을 위하여 3세부의 총 11개 세세부 과제로 구성하였으며, 주요 연구내용은 다음과 같음.

[표 24] 세부과제별 주요 연구내용(최종연구개발과제)

세부과제	세세부 과제	주요 연구내용
1 세부: OSC 방식 PC공동주택 핵심 기반기술 개발 및 실증	1-1 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 표준모델 및 표준모듈 최적화	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC기반 PC구조 공동주택의 표준모델 및 모듈 개발 ❖ 모델별 표준모듈의 생산 및 현장설치 프로세스 최적화 ❖ OSC 표준모듈 BIM 라이브러리 구축
	1-2 세세부: PC 접합부 설계 및 시공기준 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 표준모듈 접합부의 설계기준 및 표준상세 개발 ❖ 표준모듈 접합부 성능향상을 위한 공법 개발 ❖ 표준모듈 시공기준 및 품질관리기준 개발
	1-3 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 주거성능 확보 및 생산성 향상 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 기술개발 ❖ 차음성능 최적화 바닥 및 벽체부위 기술개발 ❖ 생산성 향상을 위한 다양한 OSC 구성요소 활용기술 개발
	1-4 세세부: 실증화 방안 기획 및 수행	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 기반 PC 공동주택 핵심 기반기술 실증사업 수행 계획 수립 및 실행 ❖ 실증화 사업 전과정 모니터링 및 성과분석 계획 수립 및 실행 ❖ 실증화 사업 주거성능 모니터링 계획 수립 ❖ OSC 통합 플랫폼 및 핵심 요소기술 테스트베드 적용 및 검증
2 세부: OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산· 시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발	2-1 세세부: OSC 통합관리 플랫폼 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 통합관리 플랫폼 데이터 모델링 및 연계·통합 기술 개발 ❖ OSC부재 위치 트래킹 기술 개발 ❖ OSC 통합관리 플랫폼과 BIM 데이터 연계 기술 개발 ❖ 공장생산-물류-현장설치 통합 최적화 계획수립 기술 개발
	2-2 세세부: OSC공장 스마트 생산관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 생산성 실시간 모니터링 및 생산계획 조정 기술 개발 ❖ 스마트 생산 검측 및 품질관리 시스템 개발 ❖ 생산성 및 수요변화 가변성 제고를 위한 스마트 생산라인 구축계획 및 안전관리 시스템 개발 ❖ OSC부재 최적 물류 패키징 기술 개발
	2-3 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 스마트 시공관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 기반 PC 부재 현장설치 시, 안전 및 시공품질관리 기술 개발 ❖ OSC현장의 공정 모니터링 및 리스크 분석 기술 개발 ❖ OSC 기반 PC 공동주택의 주거성능 모니터링 기술 개발 ❖ 다양한 유형(Site, Off-site, Hybrid)의 프리패브 부재/부재생산 효율화 장비 개발
3 세부: OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축	3-1 세세부: OSC 기반 PC공동주택 확산 프레임워크 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 국내 PC 시장 Value Chain/Supply Chain 분석 및 OSC 기반 PC 공동주택 경제성 분석모델 개발 ❖ OSC 기반 PC 공동주택 활성화를 위한 정책 제안 ❖ OSC 생산공장 인증시스템 개발 ❖ OSC 기술인/기능인 교육훈련 시스템 구축
	3-2 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 공사발주 가이드 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 기반 PC 공동주택 확산을 위한 발주모델 제안 ❖ OSC 기반 PC 공동주택 공사비·공기 산정기준 개발
	3-3 세세부: OSC 기반 PC 공동주택 사업 중합성과평가 체계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ❖ OSC 기반 PC 공동주택사업 맞춤형 사업성과 평가지표 개발 ❖ 실증데이터기반 사업성과 평가체계 구축

1. (1-1세부) OSC 방식 PC 공동주택 표준모델 및 표준모듈 최적화

가. 기술개발 정의

- OSC 기반 PC 공동주택 최적 모듈 개발: OSC 기반 PC 공동주택의 구성 형식 ①벽식 프로토타입, ②기둥-보식 중 적절한 프로토타입을 개발하고, 개발된 프로토타입의 최적 모듈 구성(구조체모듈, 마감모듈, 설비모듈 등) 시나리오를 통해 OSC 표준모델의 설계기준을 개발함. 이러한 최적 모듈의 통합정보관리를 위해 프로토타입별 BIM 라이브러리를 구축함.
- 표준모델의 생산 및 시공기술 개발: OSC 기반 PC 공동주택의 구성 형식별 표준모델의 공장생산을 위한 생산관리 기술, 공장생산 및 조립 기본 프로세스, 현장설치 프로세스, 표준적인 안전 및 품질관리 요소와 방법, 그리고 효율성 제고를 위한 기능공 운용 전략을 수립함

나. 기술개발 목표

[표 25] (1-1세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)

개발기술	현재 기술수준	5년 후 기술수준
<ul style="list-style-type: none"> OSC기반 PC 공동주택(Non Volumetric)표준모델 	- 최적 모듈 없음	- 최적 모듈 기반 OSC화 가능수준 최대 50% 달성 (전체 공정 대비 공장생산 작업 비율)
<ul style="list-style-type: none"> 표준모델별 모듈생산 및 현장설치 표준프로세스 	- 표준 프로세스 없음	- PC 공동주택 표준모델에 따른 해당 구조체 모듈의 공장생산 및 현장설치 표준프로세스 제시
<ul style="list-style-type: none"> 표준모델 BIM 라이브러리 	- 표준모델 BIM 라이브러리 없음	- 표준모델 구현을 위한 라이브러리 활용 수준 100%

다. 기술개발 내용 및 추진전략

- 기존연구, 참고문헌 고찰, 기술동향 분석, 전문가 자문 및 협의, 사례수집 및 분석을 통해 표준화 수준이 높은 기본 모듈 구성 방법에 대해 분석하고, 최적 모듈 조합 전략을 수립함
- LH공사, SH공사 등 공동주택 대량 공급사의 공동주택 표준형 모델 분석을 통한 유형별 모듈화 방안을 도출함
- 공장생산과 현장조립 과정을 검토하여 품질 및 안전, 공기 및 공정 등을 고려한 최적 모듈화 방안을 구축하고, 이를 바탕으로 공장생산 및 현장조립 프로세스를 표준화하기

위한 전략을 수립하며, 이에 따른 표준작업분류와 작업별 기능공 및 장비 운용 전략을 수립함

- 공급사슬 프로세스 상의 각종 예상문제 및 잠재 리스크 요인 분석을 통해 OSC 전체 시스템의 최적화를 위한 모듈화 방안 추진

라. 성과물

- OSC 기반 PC구조 공동주택의 표준모델
- 표준모델의 생산 및 현장설치 표준프로세스
- 단위객체 BIM 라이브러리 구축 및 활용 매뉴얼

마. As-is, To-be

[표 26] (1-1세부) As-Is vs. To-Be

개발기술	As-Is	To Be
<ul style="list-style-type: none"> OSC기반 PC 공동주택(Non Volumetric)표준모델 	<ul style="list-style-type: none"> 표준모델 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 구성 형식별 프로토타입 확보 프로토타입별 최적 모듈구성 방안(표준모델) 확보 OSC 기반 PC 공동주택의 핵심 구성요소 표준화를 통해 PC 공동주택의 확산 기반 제공
<ul style="list-style-type: none"> 표준모델별 모듈생산 및 현장설치 표준프로세스 	<ul style="list-style-type: none"> 표준모델 및 프로세스 부재에 따른 개별사업별 단편적 관리 수준 	<ul style="list-style-type: none"> 벽식, 기둥-보식의 PC 기반 공동주택 표준모델에 따른 해당 구조체 모듈의 공장생산 및 현장설치 표준프로세스 제시 구조체 외에 건축 내외장 마감, 설비영역을 포함하는 OSC 기반 PC 공동주택 표준모델별 프로토타입 모듈의 공장생산 및 현장설치 표준 프로세스 제시
<ul style="list-style-type: none"> 표준모델 BIM 라이브러리 	<ul style="list-style-type: none"> 표준모델 부재에 따른 BIM 라이브러리 구축 미비 	<ul style="list-style-type: none"> 표준모델 BIM 라이브러리 확보 통합정보관리 효율성 향상 시뮬레이터 개발 등 타 연구개발의 핵심 정보요소 기반 구축

2. (1-2세부) PC 접합부 설계 및 시공기준 개발

가. 기술개발 정의

- 접합부 처리 기술: OSC 기반 공동주택의 부재설치 시 공장생산 부재 간 맞는 부분은, 특히 PC 공법 등에서는 접합부 처리의 어려움이 누수, 진동, 소음, 내진, 단열 등 주거성능 문제를 가져오는 핵심적인 요인임. 따라서 OSC 기반 PC 공동주택에서의 공장생산부재 접합부 처리 기술은 접합부의 품질을 높여 누수, 진동, 소음, 내진, 단열 등 주거성능 확보를 도모할 수 있는 기술로 정의할 수 있음.
- 접합부 설계 및 시공기준: OSC 기반 PC 공동주택에서 누수, 진동, 소음, 내진, 단열 등 주거성능 확보를 위해서는 접합부 설계에 대한 가이드라인 및 접합부 연결시스템 등의 시공 기술 개발이 필수적이며, 접합부 품질의 일관성 확보를 위해 접합 상세의 표준화, 접합부 작업 프로세스의 체계화, 접합부 품질기준 및 품질측정기준의 개발이 필요함.

나. 기술개발 목표

[표 27] (1-2세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)

개발기술	현재 기술수준	5년 후 기술수준
<ul style="list-style-type: none"> ▪ PC 부재 접합부 설계기준 및 성능확보 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - PC 부재 접합부에 대한 명확한 설계 기준 및 성능확보기술 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - 현행 대비 한 성능 10% 향상을 도모하는 설계기준 수립 (방수, 진동, 소음, 내진, 단열 등 주거성능을 고려) - PC 부재 접합부 성능측정 일관성 90% 이상
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 접합부 성능확보를 위한 구법 및 재료 	<ul style="list-style-type: none"> - PC 부재 접합부 설계품질 대비 시공 품질 70% 	<ul style="list-style-type: none"> - PC 부재 접합부 설계품질 대비 시공 품질 90%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ PC 부재 접합부 표준 작업 프로세스 및 매뉴얼 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 부재 접합부에 대한 체계화된 작업 프로세스 및 매뉴얼 부재 - OSC 부재 접합부 간 품질 일관성 70% 	<ul style="list-style-type: none"> - PC 부재 접합부에 대한 체계화된 작업 프로세스 및 매뉴얼 정립 - PC 부재 접합부 간 품질 일관성 90%

다. 기술개발 내용 및 추진전략

- PC 부재 접합부 설계기준 및 성능확보 기술 개발: 방수, 진동, 소음, 내진, 단열 등 주거성능을 고려한 설계기준 및 성능확보 기술에 대한 연구결과와 현황을 조사하고, 다양한 OSC 부재 접합부 유형에 대해 설계기준 및 성능기준을 수립함. 또한 실증을 통해 개발한 기준에 대한 적합성을 테스트함.
- 접합부 성능확보를 위한 구법 및 재료개발: 접합부 연결시스템, 단열 커넥터, 방수설계

상세/시스템 등을 아우르는 OSC 부재 접합부 시공 기술(시공상세/시방/절차 등 포함)을 개발하고, 접합부 작업 최소화를 위한 접합부 시공 간소화 공법을 제안.

- PC 부재 접합부 표준 작업 프로세스 및 매뉴얼 개발: PC 부재 접합부 품질의 일관성을 확보하기 위해 접합 상세와 체계적인 작업 방법을 개발함.

라. 성과물

- PC 부재 접합부 설계기준 및 성능확보 기술
- 접합부 성능확보를 위한 구법 및 재료
- PC 부재 접합부 표준 작업 작업프로세스 및 작업 매뉴얼

마. As-is, To-be

[표 28] (1-2세부) As-Is vs. To-Be

개발기술	As-Is	To Be
<ul style="list-style-type: none"> ▪ PC 부재 접합부 설계기준 및 성능확보 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - PC 부재 접합부에 대한 명확한 설계 기준 및 성능확보기술/측정기준 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - PC 부재 접합부에 대해 누수, 진동, 소음, 내진, 단열 등 주거성능을 고려한 설계기준 및 성능확보기술확보/측정기준 체계화
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 접합부 성능확보를 위한 구법 및 재료 	<ul style="list-style-type: none"> - RC 구조설계 컨셉에 따른 기준을 동일하게 적용하며, PC 설계 및 시공상세 개발 미진 - 구조접합부에 열손실로 인한 결로 하자 발생 및 방수 설계상세 개발 미진 - 기존 RC공법과 동일한 구조성능을 확보하기 위하여 PC부재의 접합은 현장 용접을 탈피할 수 없음 	<ul style="list-style-type: none"> - RC와 동일한 품질성능을 확보하면서 PC의 시공성과 경제성 확보가 가능한 상세 개발 - 구조접합부의 열관류율, 구조하중경로, 빙수 모두를 고려한 시공기술 개발, 제작, 실험을 통해 품질성능 확인 및 확보 - 현장 작업 최소화를 위해 접합부 시공 간소화 공법 제시
<ul style="list-style-type: none"> ▪ PC 부재 접합부 표준 작업 프로세스 및 매뉴얼 	<ul style="list-style-type: none"> - PC 공동주택 적용을 위해 참고 및 기준이 될 만한 보편적인 설계 및 작업관련 자료가 없음 - PC 부재 접합부에 대한 체계화된 작업 프로세스 및 매뉴얼이 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - 구조형식별(벽식/라멘조) PC 공동주택에 적합한 관련 접합 상세 마련 - PC 부재 접합부에 대한 체계화된 작업 프로세스 및 매뉴얼 확보

3. (1-3세부) OSC 기반 PC 공동주택 주거성능 확보 및 생산성 향상 기술개발

가. 기술개발 정의

- 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 기술개발: 기존 벽식 공동주택 대비 OSC 기반 PC 공동주택은 외피 구성 자체가 달라지고, 다양한 건식부재 적용으로 외피 내 부재 간 조인트가 다수 발생하며, 각 부재간 조인트에서는 열전도율 높은 앵커링 자재 다수 사용됨. 이로 인해 외피에서의 단열, 기밀성능 저하되어 에너지성능에 악영향 미칠 수 있고, 외피 내 열교가 다수 발생하여 결로방지 성능에 악영향 미칠 수 있음. 따라서 에너지 및 결로방지 성능 최적화 외피 기술개발 필요.
- 차음성능 최적화 바닥 및 벽체 기술: 기존 벽식 공동주택 대비 OSC 기반 PC 공동주택은 바닥, 벽체 등 구조체 구성 자체가 달라지고, 다양한 건식부재 적용으로 부재 간 조인트가 다수 발생함. 이로 인해 바닥 및 벽체 등 구조체 차음성능 저하될 수 있음. 따라서 차음성능 최적화 바닥 및 벽체 기술개발 필요.
- OSC 구성요소 활용 기술: 구조부재는 물론 다양한 OSC 구성요소(내외장 벽체, Unit Bath Room, 설비시스템 등) 중 OSC 기반 PC 공동주택에서의 활용도가 높을 아이템을 발굴하여 적용 수 있는 기술개발이 필요

나. 기술개발 목표

[표 29] (1-3세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)

개발기술	현재 기술수준	5년 후 기술수준
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 사례 부족 및 일반적인 외피 유형 부재 - 에너지 및 결로방지성능 평가사례 많지 않고 최적화 수행 안 됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 설계기술 및 성능데이터 확보 - 제도적 요구 성능기준 만족 및 기존 벽식 공동주택 대비 동등이상 성능
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 차음성능 최적화 바닥 및 벽체 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 사례 부족 및 일반적인 골조 유형 부재 - 차음성능 평가사례 많지 않고 최적화 수행 안 됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 차음성능 최적화 바닥 및 벽체 설계 기술 및 성능데이터 확보 - 제도적 요구 성능기준 만족 및 기존 벽식 공동주택 대비 동등이상 성능

다. 기술개발 내용 및 추진전략

- 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 기술개발: 외피 설계 대안 설정, 부재 단위 에너지 및 결로방지성능 평가, 건물 단위 에너지성능 평가, 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 설계안 도출, 실증 모니터링 및 보완, 설계/시공 가이드 작성
- 차음성능 최적화 바닥 및 벽체 기술: 바닥 및 벽체 설계 대안 설정, 차음성능 평가, 차

음성능 최적화 바닥 및 벽체 설계안 도출, 실증 모니터링 및 보완, 설계/시공 가이드 작성

라. 성과물

- 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 기술 및 실증
- 차음성능 최적화 바닥 및 벽체 기술 및 실증
- PC 공동주택 활용 OSC 구성요소(내외장 벽체, Unit Bath Room, 설비시스템 등) 개발 및 실증

마. As-is, To-be

[표 30] (1-3세부) As-Is vs. To-Be

개발기술	As-Is	To Be
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 사례 부족 및 일반적인 외피 유형 부재 - 에너지 및 결로방지성능 평가사례 많지 않고 최적화 수행 안 됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 대안별 성능 평가를 통한 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 설계안 확보 및 실증을 통한 검증 - 표준적 설계/시공 가이드 확보
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 차음성능 최적화 바닥 및 벽체 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 사례 부족 및 일반적인 골조 유형 부재 - 차음성능 평가사례 많지 않고 최적화 수행 안 됨 	<ul style="list-style-type: none"> - 대안별 성능 평가를 통한 차음성능 최적화 바닥 및 벽체 설계안 확보 및 실증을 통한 검증 - 표준적 설계/시공 가이드 확보

4. (1-4세부) 실증화 방안 기획 및 수행

가. 기술개발 정의

- 본 연구 실증사업의 목표는 창출된 연구성과가 실제 공동주택에 활용화 함에 있어서 간극을 채우고 미비한 부분을 보완하는 역할을 수행하는 것으로, 실제 프로젝트에서 요구되는 사항을 체계화함으로써 연구성과물의 지속적인 발전과 확산을 지원할 수 있을 것으로 기대됨
- 현 상황에서 미비한 부분이나 더욱 강화해야 할 요소에 대한 증거기반 분석결과를 활용한 대안제시를 통하여 향후 후속연구의 전략적 방향성과 사전 고려사항을 도출하는데 기여할 것으로 예상됨.

나. 기술개발 목표

[표 31] (1-4세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)

개발기술	현재 기술수준	5년 후 기술수준
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실증사업용 OSC기반 PC 공동주택 설계 	<ul style="list-style-type: none"> - BIM설계 라이브러리 구축 N/A - OSC 기반 생산비중 N/A 	<ul style="list-style-type: none"> - BIM설계 라이브러리 구축 50% - OSC 기반 생산비중 50%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC기반 PC공동주택 실증화 사업 수행 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 생산성 평가 지표 N/A - 거주자 평가지표 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 생산성 평가 지표 개발 - 주요 주거성능에 대한 거주자 평가지표 개발

다. 기술개발 내용 및 추진전략

- 실증사업을 수행하기 위한 적합한 사업을 선별하고, 도출된 연구성과의 유형 및 완성도에 따라 차별화된 맞춤형 실증사업 패키지를 구성하는 것이 필요함. 실증사업의 규모(단지, 단일동)는 물론 volumetric, panelized 등의 OSC 생산유형 및 prefabrication 적용 대상물의 특성을 감안한 실증사업 계획을 수립하여야 함.
- 사업 인허가, 산업규제 등 실증사업 수행에 전제되는 조건 등을 파악하여야 하며, 실증사업에 참여하고자 하는 기관들의 동기부여를 높일 수 있는 제도적 지원 계획 및 발주제도 마련이 필요함.

라. 성과물

- 실증사업 추진 계획서
- 용도별-생산방식별 실증사업 발주지침서
- 주택성능 평가기준 및 지표개발

마. As-is, To-be

[표 32] (1-4세부) As-Is vs. To-Be

개발기술	As-Is	To Be
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실증사업용 OSC기반 PC 공동주택 설계 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 생산유형별 표준화 미비 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 생산유형별 표준모듈화 제시
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC기반 PC공동주택 실증화 사업 수행 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 생산체계 품질관리체계 및 기준 부재 - OSC 기반 PC 공동주택 운영관리 평가지표 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 생산체계 품질관리체계 및 기준 제공 - OSC 기반 PC 공동주택 운영관리 평가지표 도출 - OSC기반 PC 공동주택 생산유형별 사업성 분석

5. (2-1세부) OSC 통합관리 플랫폼 기술 개발

가. 기술개발 정의

- OSC 통합관리 플랫폼 기술은 OSC 부재의 설계, 생산, 운송 및 시공을 포함하는 모든 단계에서 발생하는 정보를 실시간으로 수집 및 관리하고 이를 통합적으로 분석하여 의사결정 및 업무에 활용하여 OSC 생산과정을 효율성을 높이기 위한 기술임.
- OSC 통합관리 플랫폼은 공장생산부재 모듈 프로토타입 및 표준 상세 기술이 반영된 BIM 정보를 기반으로 다수의 생산 공장, 운송과정, 시공 현장에서 분산적으로 발생하는 정보를 다양한 센서를 활용하여 실시간으로 수집 및 관리하고, 이를 빅데이터 및 인공지능 등으로 분석하여 각 단계에 필요한 의사결정을 즉각적으로 피드백함.
- OSC 통합관리 플랫폼의 실시간 피드백은 CPPMS(Cyber-Physical Production & Management Systems) 기술을 활용하여 생산, 운송 및 시공 단계에 적용됨. 피드백은 공장생산 단계에 반영되어 실시간으로 생산계획, 품질관리, 운송경로 수립 등에 적용되며, 운송 및 시공 단계에서는 실시간 부재 위치 트래킹, 시공계획 수립, 재고관리, 공정 관리 등에 적용됨.

나. 기술개발 목표

[표 33] (2-1세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)

개발기술	현재 기술수준	5년 후 기술수준
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 공급사슬 모니터링·제어 가상물리시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 공장생산 모니터링 자동화 기술 수준 20% (일 단위 모니터링) - 운송 및 시공 모니터링 자동화 기술 수준 20% - 공장생산 스마트 제어 기술 수준 10% - 운송 및 시공 스마트 제어 기술 수준 10% - 공급사슬 통합 관리 기술 수준 15% 	<ul style="list-style-type: none"> - 공장생산 모니터링 자동화 기술 수준 60% (실시간 모니터링) - 운송 및 시공 모니터링 자동화 기술 수준 60% (실시간 모니터링) - 공장생산 스마트 제어 기술 수준 50% (실시간 제어) - 운송 및 시공 스마트 제어 기술 수준 50% (실시간 제어) - 공급사슬 통합 관리 기술 수준 50%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트 부재 운송경로 최적화 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 부재 운송경로 계획 기술 수준 10% - 운송경로 최적화 기술 수준 10% 	<ul style="list-style-type: none"> - 부재 운송경로 계획 기술 수준 50% (자동 경로 계획 기술) - 운송경로 최적화 기술 수준 50%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공장생산부재 위치 실시간 트래킹 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 부재 실시간 위치 트래킹 기술 수준 10% - 부재 운송 통합 관리 기술 수준 20% 	<ul style="list-style-type: none"> - 부재 실시간 위치 트래킹 기술 수준 80% - 부재 운송 통합 관리 기술 수준 50%

다. 기술개발 내용 및 추진전략

- OSC 공급사슬 모니터링·제어 가상물리시스템 개발을 위해 공장생산 단계에서의 모니터링 자동화 기술과 스마트 제어 기술을 개발하고, 운송 및 시공 단계에서의 모니터링 자동화 기술과 스마트 제어 기술을 개발함. 또한, 공장생산과 운송 및 시공 단계의 생산 및 관리를 통합할 수 있는 OSC공급사슬 통합 관리 기술을 개발함.
- 스마트 부재 운송경로 최적화 기술 개발을 위해 부재 운송경로 계획 기술과 운송경로 최적화 기술을 개발함. 공장생산부재 위치 실시간 트래킹 기술 개발을 위해 부재 실시간 위치 트래킹 기술과 부재 운송 통합 관리 기술을 개발함. 또한 생산 계획 수립 자동화 기술개발을 포함함

라. 성과물

- OSC 공급사슬 모니터링·제어 가상물리시스템
- 스마트 부재 운송경로 최적화 기술
- 공장생산부재 위치 실시간 트래킹 기술
- 생산계획 수립 자동화 기술

마. As-is, To-be

[표 34] (2-1세부) As-Is vs. To-Be

개발기술	As-Is	To Be
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 공급사슬 모니터링·제어 가상물리시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 공장생산 과정에 대한 관리는 일단위로 수작업을 통해 이루어짐 - 운송 과정에 대한 관리는 수작업으로 이루어짐 - 시공 단계에서의 관리는 기초적인 센서를 활용하여 이루어짐 - OSC의 공급사슬 관리는 각 단계별로 이루어짐 	<ul style="list-style-type: none"> - 센서를 통해 공장생산 과정에 대한 실시간 정보를 수집하여, 이를 분석하여 스마트 제어를 수행함 - 운송 및 시공 단계에 대한 실시간 모니터링이 이루어지며, 이를 활용한 의사결정 및 작업이 진행됨 - OSC 공급사슬에 대한 실시간 데이터 분석 기반의 통합적인 관리가 수행됨
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트 부재 운송경로 최적화 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 공장생산 부재의 운송경로 계획은 경험에 의해 이루어짐 	<ul style="list-style-type: none"> - 공장생산 현황, 현장 시공 현황, 운송여건 등에 대한 데이터 분석을 통하여 최적 운송경로 계획이 수립됨
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공장생산부재 위치 실시간 트래킹 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 부재 운송 과정에서의 위치확인 및 관리는 수작업으로 이루어짐 	<ul style="list-style-type: none"> - 센서를 활용한 부재 실시간 위치 트래킹을 통한 부재 운송 통합 관리가 이루어짐

6. (2-2세부) OSC공장 스마트 생산관리 기술 개발

가. 기술개발 정의

- 스마트 생산관리: 공장에서 수집된 수많은 데이터를 분석하고 의사결정하는 데이터 기반의 공장 운영(Data Driven Operation) 체계를 갖추으로써 생산현장에서 발생하는 현상, 장애, 품질 불량 등의 원인을 알아내고 해결할 수 있게 되는 것이며, 협의의 개념으로 첨단ICT를 제조 현장에 접목하여 최소 비용과 시간으로 제품을 생산하는 지능화된 공장을 구현하는 것임.
- 스마트 공장생산의 주요 솔루션: 생산 모니터링, 지능형 생산관리, 최적 생산, 품질 향상, 낭비의 절감 등을 아우르며, 현재 OSC부재 생산체계에서 시급한 과제인 운송부피 절감, 품질 검측 및 운송 중 부재 파손 모니터링까지 포함하는 지능화 된 생산관리시스템
- “스마트 생산관리 기술 개발”의 범위: (1) 3D 정보 기반 공장생산부재 최적 패키징 기술 개발, (2) 부재 제작 생산성 모니터링 및 예측 기술 개발, (3) 스마트스캐닝/BIM 기반 부재 품질 검측 기술 개발, (4) 운송 중 부재 파손 모니터링 기술 개발, (5) 부재별 생산성·품질 정보 기반 생산관리 시스템 개발

나. 기술개발 목표

[표 35] (2-2세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)

개발기술	현재 기술수준	5년 후 기술수준
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부재 제작 생산성 모니터링 및 예측기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 공장생산 모니터링 자동화 기술 수준 20% - 완전한 실시간 모니터링은 구현되지 않고 있음 (일단위 모니터링) 	<ul style="list-style-type: none"> - 공장생산 모니터링 자동화 기술 수준 60% - 실시간 생산성 모니터링 구현 (분단위)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트스캐닝/BIM 기반 부재 품질 검측 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 수동장비 및 검측으로 불량부재 탐지율은 탐지 시간과 비례하여 탐지율 정량화가 어려움 - 부재 품질 검측 자동화 수준 20% 	<ul style="list-style-type: none"> - 실시간 탐지 기준 불량부재 탐지율 90% 이상 - 부재 품질 검측 자동화 수준 60% (실시간 탐지 가능)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부재별 생산성·품질 정보 기반 생산관리 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 현재 높은 수준의 생산성을 보이거나 공장 규모에 따라 상이 - 공장생산 스마트 모니터링 및 제어 기술 수준 10% 	<ul style="list-style-type: none"> - 현행 비 공장생산부재 생산성 20% 향상 - 공장생산 스마트 모니터링 및 제어 기술 수준 50% (실시간 모니터링 및 제어)

다. 기술개발 내용 및 추진전략

- **3D 정보 기반 공장생산부재 최적 패키징 기술 개발:** BIM 모델을 활용하여 OSC 공장생산 및 현장 설치 일정과 야적 공간을 고려하여 부재묶음 단위를 설정하고, 운송 부피를 고려하여 최적패키징하는 기술을 개발함
- **부재 제작 생산성 모니터링 및 예측 기술 개발:** IoT 센서 및 데이터 분석을 통해 공장생산 과정에서의 생산성 및 비용 등을 모니터링하고 예측하는 기술이며, RFID, 딥러닝 영상분석 기반의 실시간 모니터링, 디지털 트윈 플랫폼 기반의 생산성 모니터링-분석 및 예측 가능하도록 기술 개발 수행.
- **스마트스캐닝/BIM 기반 부재 품질 검측 기술 개발:** 고정 IoT 및 핸드 헬드 스캐너, AR 기술 등을 사용하여 제작 과정에서 제품의 치수를 측정하고 품질을 검사하는 시스템 구축
- **부재별 생산성·품질 정보 기반 생산관리 시스템 개발:** 생산성, 품질 등에 대한 모니터링 정보를 기반으로 공장 생산체계를 개선할 수 있는 관리시스템을 구축하며, Offsite-to-Site 데이터 기반 적시생산계획 수립기술, 생산환경 변화감지 및 개선기술 (소음, 진동, 미세먼지 등) 등이 유기적으로 연계되는 플랫폼 기술 개발

라. 성과물

- 공장 및 현장 제약요소를 고려한 공장생산부재 최적 패키징 기술
- 스마트 센서를 활용한 공장 생산성 실시간 모니터링 시스템
- 스마트스캐닝, BIM 등을 활용한 부재 품질 검측 기술
- BIM연계 공장생산부재 물량산출 및 생산프로세스 자동화 프로그램
- 부재 이상(운송 중 파괴, 불량 등)으로 부품 재생산 시 자동생산 프로그램과 연계기술
- Offsite-to-Site 데이터 기반 적시생산 프로그램
- 공장생산 자동화(불량부재 및 이벤트가 고려된)를 통한 공기 예측모델 개발

[표 36] (2-2세부) As-Is vs. To-Be

개발기술	As-Is	To Be
<ul style="list-style-type: none"> 부재 제작 생산성 모니터링 및 예측기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 생산성 분석이 현실적으로 어려우며, 생산라인의 문제 발생 시 파악 및 개선에 큰 시간 소모 	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 생산정보 공유 인공지능시스템과 지능형 센서 기반의 생산관리 실현 이벤트 및 이슈 사항이 반영된 공장생산 자동화를 통하여 공기 예측 가능
<ul style="list-style-type: none"> 스마트스캐닝/BIM 기반 부재 품질 검측 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수동장비 및 검측으로 수일 이상 소요 되는 경우가 빈번 	<ul style="list-style-type: none"> 자동시공 및 검측으로 추가적인 품질검측 일정을 최소화하고, 생산, 출하, 운송 과정 중 품질검측 가능
<ul style="list-style-type: none"> 부재별 생산성·품질 정보 기반 생산관리 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 현재 다수의 PC 공장은 자동화 생산 시스템 갖추고 있으나, 주로 자동화된 설비 위주이며, 생산관리의 자동화, 지능화는 구현되지 못하고 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 팩토리 개념을 적용, 센서와 제어시스템을 통해 자동화를 넘어 지능화 생산을 구현 부재 이상(운행 중 파괴, 불량 등) 시 자동화 생산 프로그램과 연계하여 실시간 대응 가능 설비 이상유무나 생산환경 변화 등을 사전 확인 가능

7. (2-3세부) OSC 기반 PC 공동주택 스마트 시공관리 기술 개발

가. 기술개발 정의

- OSC현장 스마트시공 및 관리 기술 개발은 현장작업에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 철근공사 등을 공장 생산하기 위한 ‘인방보 등 철근 선조립 자동화 장비’의 개발과 본 장비로 조립된 철근부재 및 공장생산 부재를 현장에서 정밀하게 설치할 수 있도록 ‘스마트 현장설치 장비 개발 및 모니터링/제어기술’ 등을 포함함.
- OSC현장 스마트시공 및 관리 기술 개발은 OSC 공법을 효과적으로 건설현장에 실용화하기 위해 철근 가공 조립에 드는 노동력과 가공 원가를 저감하고 정밀한 시공을 통해 철골 시공의 품질을 향상 시키기 위한 기술임. 철근 조립 자동화 장비는 철근 배근 불량 및 피복두께 부족, 품질 저하 문제를 해결하며 정밀 현장시공 기술은 기능공의 숙련도와 상관없이 정밀하고 안전한 시공이 가능하게 함.
- ‘철근 선조립 자동화 장비’의 경우 해외 EGV(오스트리아), TJK(중국), schnell(이탈리아) 등에서 개발되어 활용되고 있으나 국내 기업은 독자적인 기술력을 보유하지 못하고 있으므로 연구개발을 통해 자동화 장비의 국산화를 목표로 하며, ‘스마트 현장설치 장비 개발 및 모니터링/제어기술’의 경우 선조립 철근 및 대형 공장생산 부재의 현장설치 자동화 시스템을 확보하여 현장작업의 능률과 정밀도, 안전성을 확보하는 것이 목표임.

- 공장(생산 단계 이후)에서, 설계 단계에서 생성된 OSC 부재의 삼차원 정보와 3D 스캐닝을 이용한 부재의 정확한 치수 확인, 접합부 등에 요구되는 연결 장치의 불량여부 판별, 이미지 프로세싱을 이용한 균열 등의 표면 결함 검측, 센서를 이용한 콘크리트의 강도 및 양생 히스토리 정밀분석 및 관리가 가능한 기술의 개발이 요구됨.
- 현장(설치 단계 이전)에서, BIM 모델기반 OSC 부재의 삼차원 정보와 휴대용 3D 스캐닝 및 혼합현실 시각화 기술을 융합하여 부재의 치수 확인, 이미지 프로세싱을 이용한 표면 결함 및 부재의 변형/파손여부 판별 등을 실시간 분석, 점검 및 관리 가능한 기술의 개발이 요구됨.

나. 기술개발 목표

[표 37] (2-3세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)

개발기술	현재 기술수준	5년 후 기술수준
<ul style="list-style-type: none"> OSC 구조부재 생산용 철근 선조립 자동화 장비 	<ul style="list-style-type: none"> OSC 구조부재(선조립 철근) 공장생산 자동화율 10% 철근 선조립 자동화 장비 국산화율 10% 현장 철근 변형 및 조립 시 연결 불량 발생 수준 5% 현장 용접 모재 손상 및 주근 간격 정밀도 관리 오차 수준 5% 	<ul style="list-style-type: none"> OSC 구조부재(선조립 철근) 공장생산 자동화율 70% 코일 철근 선조립 자동화 장비 국산화율 60% 현장 철근 변형 및 조립 시 연결 불량 발생 수준 1% 현장 용접 모재 손상 및 주근 간격 정밀도 관리 오차 수준 3%
<ul style="list-style-type: none"> 스마트 현장설치 장비 및 모바일 디바이스 기반 모니터링 및 제어 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 대형 및 선조립 부재 설치시 인력에 의존한 설치 OSC기반 조립/설치 모니터링 및 제어 기술 개발 초기 단계 표준화된 현장설치/조립 장비 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 이미지 센싱 및 레이저 등을 활용한 현장설리 정밀도 향상 OSC기반 조립/설치 모니터링 및 제어 기술 개발 상용화 단계 양중장비 엔드 디바이스 등의 개발을 통한 OSC 특화 기술력 확보 AI·IoT 센서를 통한 현장설치/조립 장비의 자동화기술 확보
<ul style="list-style-type: none"> 스마트 센싱 기반 OSC 부재 품질 현장점검 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 거치형 시스템(공장-생산 단계 이후)을 이용한 정밀 측정 시 품질 오차 1-2cm 이내 오차 측정 휴대용 시스템(현장-설치 단계 이전) 이용 시 품질 오차 5cm 이내 오차 측정 일반 크기의 구조 부재 (보, 기둥, 벽체 등) 개당 측정 소요시간 20분 임베디드 센서 적용률 10% 	<ul style="list-style-type: none"> 거치형 시스템(공장-생산 단계 이후)을 이용한 정밀 측정 시 품질 오차 1cm 이내 오차 측정 휴대용 시스템(현장-설치 단계 이전) 이용 시 품질 오차 2cm 이내 오차 측정 일반 크기의 구조 부재 (보, 기둥, 벽체 등) 개당 측정 소요시간 10분 임베디드 센서 적용률 50%

다. 기술개발 내용 및 추진전략

- 인방보 등 복잡구조물 철근 선조립 자동화 장비의 개발을 위해 조립 시스템의 Layout을 크게 ‘Cutting Part’, ‘Feeding Part’, ‘Welding Part’ 으로 구분하여 개발하고자 함. Cutting Part에서는 자투리 철근을 최소화하도록 설계된 최적화 소프트웨어가 철근 주문량과 길이 등을 계산하여 필요량을 절단하므로 raw material의 공급사슬관리 모델이 선행되어 개발되어야 함. 절단 후에는 철근을 ‘Tagging’ 하여 저장하고 Feeding Part로 넘기므로 철근 운반 및 저장과 공급을 위한 동선과 야적공간 관리 모듈을 개발함.
- Feeding Part에서는 Cutting Part에서 절단된 철근을 공급받아 Welding Part로 공급하기 전에 철근의 방향과 용도를 분류하고 투입된 철근을 정렬하고 가공 부위를 표시하는 기계 장비를 개발함. Feeding Part에서 분류가 끝난 후 정렬 장치를 거쳐 Welding Part로 철근을 자동으로 운반하는 기계도 개발함.
- Welding Part에서는 공급된 Cross Bar, Line Bar 등의 각 교점을 철근의 용도에 따라 정확한 규격과 간격에 맞춰 용접하는 기계가 개발되어야 함. 용접 방식도 이산화탄소, 용접, 아크 산소, 전기 등의 방법 중 현장의 요구상황에 맞게 자동으로 선정되는 알고리즘을 개발함. 또한, 자동화 장비를 통해 조립된 선조립 철근의 품질을 자동으로 검사하여 품질관리 모듈로 전송하는 센싱 기술을 개발함
- 스마트 현장설치 장비 개발과 모니터링 및 제어기술은 현장의 안전성을 확보하기 위해 AI, IoT 기반의 관제가 자율 주행과 시공을 주도하며 현장(설치 단계)에서 운용되는 수직·수평 운송장비 및 자재 설치를 위한 양중장비 등에 대한 가동 현황을 실시간으로 모니터링하고 효율적으로 운용하기 위한 제어 기술을 개발함.
- 특히 스마트 현장설치 장비의 경우 레이저와 이미지 센싱 기술이 포함된 자동화 지원 디바이스를 개발하며, 조립 시공 시 부재 위치와 수직도를 정밀하게 측정하고 새로운 장비를 활용하여 조립 시공(양중, 제어, 접합 등)을 자동화하는 기술을 개발함.
- Point Cloud(3D 스캐닝)와 치수정보(설계 단계) 비교 측정 기술, Image Stitching 및 균열, 파손 감지 기술, 무선, 무전원 Embedded Temperature Sensing, Embedded Vibration Sensing 기술, 혼합현실기반 데이터 시각화 및 측정 기술개발, 클라우드기반 하자 리포팅 기술개발
- 현재 3D 스캐닝 장치 및 관련 소프트웨어, 이미지 프로세싱 소프트웨어, 온도 및 진동 센서, 혼합현실 HMD 장치 등은 개발이 완료되어 상용화되어있는 제품이 존재함. 따라서 기계개발 시스템 및 서비스를 최대한 활용하여 중복 시스템 개발에 소요되는 노력과 시간을 최소화함.

라. 성과물

- 인방보 등 주요 복잡부재 철근 선조립 자동화 국산 장비
- 철근 선조립 자동화 장비 운영 최적화 기술

- 모바일 기반 장비 모니터링 및 제어 기술
- 레이저를 이용한 OSC 부재 수직도 측정장치
- 와이어 및 센서 기반의 대형 부재 위치조정 시스템
- 실시간 시공 및 품질관리 컨트롤 소프트웨어
- OSC 부재 품질 공장 및 현장 점검 시스템 기술 실증

마. As-is, To-be

[표 38] (2-3세부) As-Is vs. To-Be

개발기술	As-Is	To Be
<ul style="list-style-type: none"> OSC 구조부재 생산용 철근 선조립 자동화 장비 	<ul style="list-style-type: none"> - 철근 조립 과정이 전문 조립 인력에 의해 수작업을 통해 이루어짐 - 철근 조립 인력 투입량이 큼 - 복잡 형상 가공이 어렵고 안전성과 효율성이 낮음 - 선조립 철근 운반 시 길이의 한계가 있음 - 자투리 철근의 발생이 많음 - 철근 가공 정밀도가 떨어짐 	<ul style="list-style-type: none"> - 철근 조립 과정이 자동화 기계를 통해 이루어짐 - 조립 인력 투입이 적음 - 복잡 형상 가공이 용이하고 가공 효율 높음 - 철근 운반 시 길이의 제한이 없음 - 자투리 철근이 발생하지 않음 - 철근 가공 정밀도가 우수함
<ul style="list-style-type: none"> 스마트 현장설치 장비 및 모바일 디바이스 기반 모니터링 및 제어 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 부재 설치시 수직도 측정에 측량 추 이용함 - 트랜싯을 이용할 경우 2방향으로부터 측정이 필요 - 건설기계 운전자가 육안 관측하고, 개별 기계를 수동 조작 - 운전자 숙련도 부족, 장비 간 연계미흡으로 과다투입 안전사고 발생 - 안전지침에 따라 안전 관리자가 현장 투입 장비를 점검 	<ul style="list-style-type: none"> - 레이저 및 이미지 프로세싱 장비를 통해 일관되고 정밀한 측정이 가능 - 자동화 건설기계가 AI의 관제에 따라 자율 주행·시공 - 작업 최적화로 생산성 향상, 인적 위험요인 최소화로 안전성 향상 - 스마트 센서를 통해 장비 현황과 안전을 모니터링하며 위험지역 접근 경고, 장비 근로자 충돌 경고 등 예측형 사고 예방.
<ul style="list-style-type: none"> 스마트 센싱 기반 OSC 부재 품질 현장점검 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 3D 스캐닝 기반 역설계 기술로 치수 정보 비교 측정 가능하나, 고가의 장비 및 소프트웨어를 사용하여야 하며, 시간이 오래 걸림. - Image Processing 기술 기반 균열 측정 가능하나, 설계 데이터와 연동하여 변형 및 파손 자동 측정은 불가능. - 무선, 무전원 온도 및 진동 센서가 상용화되어 있으나, 센서로부터 얻은 데이터를 이용하여 콘크리트의 요구 성능, 양생 히스토리, 운송 중 과도한 충격 여부 등의 자동 판별은 불가능. 	<ul style="list-style-type: none"> - 정밀한 진단이 요구되는 공장 생산 단계, 신속한 진단이 요구되는 현장 조립 단계에 적합한 3D 스캐닝 기반 치수정보 비교 시스템 개발. - 거치형 시스템을 이용한 정밀 측정 시 1cm 이내 오차 측정. 휴대용 시스템을 이용한 신속 측정 시 일반 크기의 구조 부재 (보, 기둥, 벽체 등) 개당 10분 이내 측정. - 설계 데이터 및 BIM 정보와 연동하여 Vision 기반 파손 자동 판단. 육안으로 분별 가능한 파손 수준 자동 측정.

8. (3세부) OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축

가. 기술개발 정의

- OSC 기반 PC 공동주택 생산체계 제도적 기반 마련 : 기존의 건설현장 생산 방식의 건설생산 시스템을 OSC 기반으로 전환하기 위해 현행의 공사 발주방식 및 입찰·계약제도, 하자담보기간, 품질보증체계 등에서의 진입장벽을 해소하여 OSC 방식이 확산될 수 있도록 정책, 제도를 개선하는 것이 목표임
- OSC 기반 PC 공동주택 확산을 위한 기술기반 구축 : 현행 설계 및 시공기준과, 공사비 산정방식에서 OSC 방식을 위한 세부기준을 마련
- OSC 생산공장 품질인증 시스템 개발 : 현재의 공업화 주택 인정제도는 인정의 범위 및 항목 등에 대한 적정성 검토가 요구되며, 인정서의 발급 및 유지 측면에서 효율성이 떨어지고, 다양한 OSC 방식을 활용하는 데에 한계가 있음. 국내의 시장에서의 호환성을 갖는 방식으로 OSC 부재 및 PC 생산공장의 품질인증 시스템을 개발할 필요가 있음
- OSC 참여자 양성 및 교육 플랫폼 개발 : OSC 공법의 품질 확보를 위해서는 PC 부재의 생산 및 관리에 참여하는 건설기능인력과 건설기술자의 전문화가 필요함. 외국의 경우 자격인증제도를 확립하여 전문교육과 실무경험 취득 후 일정 시험을 통과하도록 하고 있음.

나. 기술개발 목표

[표 39] (3세부) 기술개발 목표 (현재 기술수준 대비 5년 후)

개발기술	현재 기술수준	5년 후 기술수준
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 기반 PC 공동주택 생산체계 제도적 기반 마련 	<ul style="list-style-type: none"> - 선진국에서 정책적으로 장려되고 있는 OSC 기반 건설시스템의 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 생산기술 전반의 수준 제고를 위한 backbone 구축
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 기반 PC 공동주택 확산을 위한 기술기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 프리캐스트 콘크리트 부재제작 및 조립공사 표준시방서(1995년)와 프리캐스트 콘크리트 조립식 건축구조기준(1992)은 고시 이후 현재까지 개정이 없어, PC 공법을 위한 부재의 설계 및 제작순서, 매립부품의 설치, 공장 검사, 조립 허용오차 등 세부기준 미비 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 최신동향이 반영된 설계 및 시공기준, 공사비 산정기준, 공기 산정기준 보급
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 품질인증 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 공업화 주택 인정제도 운영중이나, 인정 범위 및 항목 등의 현실성 부족하다는 지적 있고, 품질보증 효과에 한계 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - Supply Chain, Value Chain을 고려하여 최적의 PC 부재 및 생산공장 품질인증 시스템 도입
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 참여자 양성 및 교육플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 현장생산 중심의 건설기술자 및 기능인력 양성을 위한 교육훈련 시행 중 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 건설기술자 및 기능인력 양성을 위한 교육훈련 플랫폼 제안

다. 기술개발 내용 및 추진전략

- 미국, 영국, 일본, 싱가포르 등 외국 정부에서 추진하고 있는 OSC 활성화 정책 및 제도 벤치마킹하고, 국내 산업계(종합건설/전문건설/PC업체/설계사 등)의 의견수렴하여 국내 여건에 적합한 OSC 정책 및 제도 설계
- 유럽 및 일본의 OSC 관련 표준화 동향 고찰하고, 타 세부과제에서 제시된 표준 설계 관련 기준화를 지원하여 국내 설계 및 시공 가이드 개발
- 국내 공장인증제도와 ISO/KS 표준의 현황 조사를 기반으로, 해외 품질인증 시스템과의 호환성을 고려하여 PC 부재 및 공장인증 시스템 개발
- 유럽, 일본, 미국에서 추진하고 있는 자격인증제도 및 교육 프로그램 벤치마킹하고, 국내 기존 교육 프로그램 및 교육제도의 현황 분석을 기반으로 OSC 전문가 양성 교육 프로그램 개발

라. 성과물

- OSC기반 PC 공동주택 생산시스템 활성화 정책·제도(발주, 입찰계약, 인센티브제 등)
- OSC 기반 설계 및 시공, 공사비 산정 가이드
- OSC 생산공장 품질인증 시스템(공장인증제 포함)
- OSC 참여자 교육 프로그램

마. As-is, To-be

[표 40] (3세부) As-Is vs. To-Be

개발기술	As-Is	To Be
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 기반 PC 공동주택 생산체계 제도적 기반 마련 	<ul style="list-style-type: none"> - 현장 생산방식 위주의 건설공사 발주제도 (분리발주, 업종, 공법선정, 하자담보, 인센티브 등)와 입찰계약제도(입찰참가자격, 실적관리, 등) - OSC 활성화 관련 정책적 유인책 미비 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 생산체계를 뒷받침 할 수 있는 발주방식 및 입찰계약 시스템 도입 - OSC 기반 PC 공동주택 활성화
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 기반 PC 공동주택 확산을 위한 기술기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC관련 기준 및 시방서는 90년대 이후 미개정, PC 공법을 위한 부재의 설계 및 제작순서, 매립부품의 설치, 공장검사, 조립 허용오차 등 세부기준 미비 	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 확산 위한 설계 및 시공, 공사비 산정 기준 등 정비
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 품질인증 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 공업화 주택 인정제도 운영 중이나, 인정범위 및 항목 등의 현실성 부족하다는 지적 있고, 품질보증 효과에 한계 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - PC 부재 및 공장의 품질인증 시스템 개발
<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 참여자 양성 및 교육플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 현장생산 방식 중심의 건설기능인력 양성 및 교육 체계 - OSC 방식에 필요한 숙련공 양성 및 교육 부재 	<ul style="list-style-type: none"> - PC 부재 설계 최적화 및 공장생산, 현장관리 등에 대한 전문교육 프로그램 개발 - OSC 경험 및 지식의 축적, 공유를 위한 교육플랫폼 개발

5절. 과제추진전략

- 세부 연구목표 및 연구내용의 세부요소기술을 선정하여 다음과 같은 추진 전략을 도출함:

① 공동주택 프로토타입 개발을 통한 실증사업 중심의 연구관리, ② 가상물리시스템(CPS) 개념 기반의 첨단 ICT 기술을 활용한 OSC 프로젝트 관리 선진화, ③ 부재 최적화 및 스마트 공장 생산관리를 통한 전체 공동주택 생산시스템 효율화, ④ OSC 기반 공동주택 생산 확대를 위한 관리체계 및 정책기반 구축

- ① 공동주택 프로토타입 개발을 통한 실증사업 중심의 연구관리:

벽식, 기둥-보식 등 다양한 OSC 기반 PC 공동주택 유형별 프로토타입을 개발하고 이를 실현하기 위한 요소기술을 조기 개발, 검증하는 형태로 과제를 진행함. 개발되는 요소기술은 개별 검증, 요소기술이 적용되는 OSC 기반 PC 공동주택 유형별 Mock-up을 통한 기술 검증 및 보완 과정을 거쳐 실증에 적용되어 기술 완성도를 높이고 실증에 따른 위험을 줄이고자 함.

- ② 가상물리시스템(CPS) 개념 기반의 첨단 ICT 기술을 활용한 OSC 프로젝트 관리 선진화:

가상물리시스템 개념 기반의 OSC 프로젝트 관리 플랫폼을 구축하고 이를 중심으로 공장생산/운송/설치·시공/유지관리의 공급사슬 전반에서 생성되는 데이터를 센서, 비전 등 첨단 ICT 기술을 활용하여 획득하고 인공지능, 시뮬레이션 등을 통해 실시간 의사결정을 지원함으로써 OSC 프로젝트 관리 선진화를 도모함. OSC 통합관리 플랫폼은 다양한 애플리케이션 간의 데이터교환을 위한 표준을 제공함으로써 향후 새로운 OSC 통합관리 애플리케이션이 개발됨에 따라 더욱 효율적인 OSC 프로젝트 관리를 가능케 함.

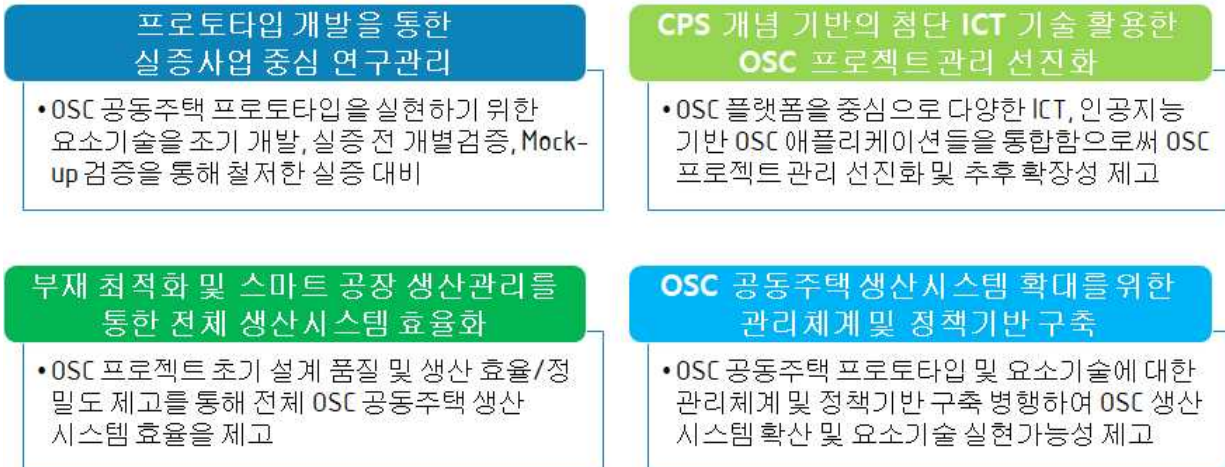
- ③ 부재 최적화 및 스마트 공장 생산관리를 통한 전체 공동주택 생산시스템 효율화:

OSC 프로젝트 성능은 설계 품질, 그리고 부재 생산의 효율 및 정밀도의 영향을 크게 받으나 현재 OSC 부재 설계 및 공장의 부재 생산관리 수준이 높지 않은 것으로 파악됨. 따라서 공장·현장 상황, 작업자 안전, 부재 운송 및 적재 등을 고려한 부재 최적화 기술과 OSC 공장에 적합한 스마트 생산관리 기법 등을 개발하고 보급에 집중함으로써 전체 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템의 효율을 제고하고자 함.

- ④ OSC 기반 PC 공동주택 생산 확대를 위한 관리체계 및 정책기반 구축:

본 과제의 목표인 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 혁신 및 확대를 이루기 위해서는 실증을 통한 성공사례를 만드는 것 뿐 아니라 장기간 지속되어 온 RC 중심의 전통적 건설생산시스템에 적합하게 구축되어 온 관리체계 및 정책기반을 OSC 생산시스템을 지원할 수 있는 방향으로 개선하려는 노력이 병행되어야 함. 따라서 OSC 기반 PC 공동주택 프로토타입을 중심으로 개발되는 모든 요소기술들에 대하여 적절한 관리체계 및 제도·정책 기반 구축을 병행함으로써 OSC 생산시스템 확

산 및 요소기술 실현가능성을 제고함.



[그림 32] 세부과제 추진전략

6절. 세부과제 간 연계관계

- 1세부는 “OSC 방식 PC 공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증”으로써, 공동주택의 표준화 된 공장생산부재의 설계·엔지니어링 모듈 및 기준 개발과 주거성능확보기술 개발을 수행하며, OSC 기반 PC 공동주택생산 실증사업을 통해 공동주택 생산시스템 혁신을 견인하고자 함.
- 2세부는 “OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산·시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발”로 OSC 통합관리 플랫폼을 기반으로 공장생산관리 및 모니터링, 부재의 운송관리와 현장설치·시공 품질 확보 및 효율화를 도모하며, 스마트 장비 모니터링/제어 기술, 공동주택 성능 및 시공품질 확보 기술 개발 등 요소기술 개발로 구성되어 있음.
- 3세부는 “OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축”으로, OSC 기반 PC 공동주택 확산인프라 구축과 이를 위한 관련 정책 및 제도 개선방안 도출 등을 포함함.
- 종합적으로 2세부에서 공장생산, 운송·현장시공에 초점을 맞춰 수행하는 요소기술 개발은 같은 세부에서 구축하는 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 혁신을 위한 OSC 통합관리 플랫폼과 유기적으로 연계되며, 본 개발 기술에 대한 1세부의 실증사업 및 3세부의 정책·제도 개선 방안을 통해 새로운 공동주택 생산시스템 혁신기술의 평가 및 확산을 도모함.



[그림 33] 세부과제 간 연계 관계

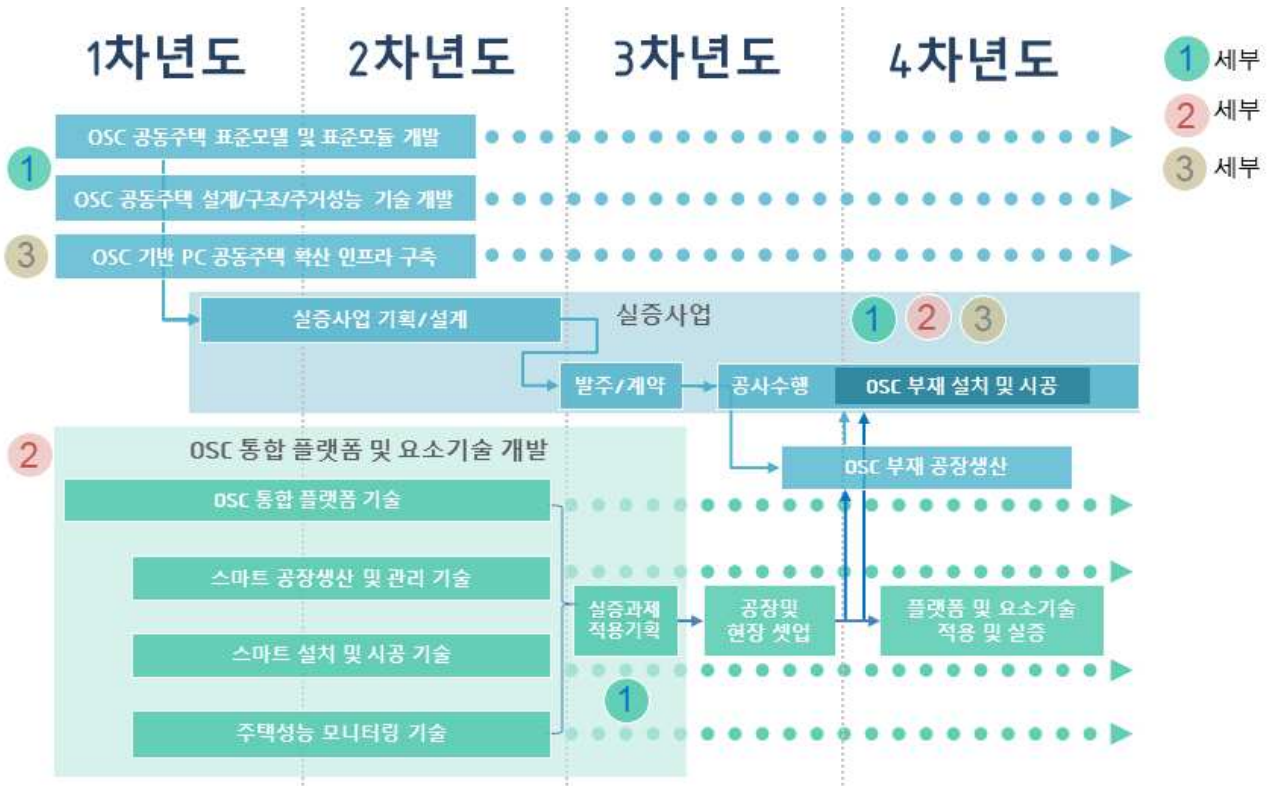
7절. 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

- 국가 R&D 연구를 통해 향후 OSC 기반 공동주택 생산시스템 혁신을 효과적으로 견인하기 위해서는 적절한 중장기 단계별 목표설정과 전략수립이 필요하며 그 내용은 아래와 같음. 본 과제는 1차 단계인 ‘산업적·기술적 기반 구축’에 해당함.

	산업적·기술적 기반 구축 (2020-2024)	혁신 및 기술 고도화 (2024-2029)	성숙 및 기술 선도화 (2029-2034)
목표	OSC 생산시스템 구축을 위한 산업적·기술적 기반 마련	OSC의 확산 및 기술 고도화를 통한 산업 경쟁력 및 지속가능성 향상	OSC 생산시스템의 성숙 및 기술 선도화를 통한 국제 경쟁력 확보
기술수준	<ul style="list-style-type: none"> 주요 구조부 및 일부 내외장 유닛시스템 OSC 방식 생산 및 시공 (OSC화 비율 40%) 부재 표준 엔지니어링 모듈 설계 프로토타입 반자동화 OSC 생산공장 OSC 통합관리 플랫폼 기반 건설관리 스마트 시공 및 품질확보 	<ul style="list-style-type: none"> 구조부, 비구조 요소, 다수의 내외장 유닛시스템 및 설비배관 OSC 방식 생산 및 시공 (OSC화 비율 60%) 표준화 부재 기반 설계 및 생산 인공지능 기반 설계 및 엔지니어링 OSC 스마트팩토리 기반 구축 지능형 OSC 통합관리 플랫폼 기반 건설관리 인공지능 기반 시공 및 품질확보 자동화 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 구조부, 비구조 요소, 대부분의 내외장 유닛시스템, 설비배관 OSC 방식 생산 및 시공 (OSC화 비율 70%) 표준화 부재 설계 및 생산 산업 전반에 적용 인공지능 기반 설계 및 엔지니어링 기술 선도 OSC 스마트팩토리 기술 선도 OSC 통합 플랫폼 기반 건설관리 기술 선도 로봇 자동 시공 및 품질확보 기술
단계별 개발 기술	<ul style="list-style-type: none"> OSC 엔지니어링 표준 모듈 개발 OSC 설계 프로토타입 구축 OSC 공장 스마트 생산관리 기술 개발 OSC 통합관리 플랫폼 개발 OSC 스마트 시공 및 품질확보 기술 개발 OSC 활성화 정책 및 제도 개선 방안 수립 	<ul style="list-style-type: none"> OSC 설계 및 엔지니어링 표준 구축 인공지능 기반 OSC 설계 및 엔지니어링 기술 개발 OSC 스마트팩토리 기술 개발 데이터 주도 지능형 OSC 통합관리 플랫폼 개발 인공지능 기반 시공 및 품질확보 자동화 기술 개발 정책·제도 확산 및 OSC 생태계 고도성장 	<ul style="list-style-type: none"> OSC 설계 및 엔지니어링 표준 국제화 인공지능 기반 OSC 설계 및 엔지니어링 기술 고도화 스마트팩토리 고도화(Human-Robot Collaborative 생산) 기술 개발 데이터 주도 지능형 OSC 통합 플랫폼 개발 고도화 로봇 자동 시공 및 품질확보 기술
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> 현장생산 수준의 주거성능 확보 생산효율성 40% 향상 <ul style="list-style-type: none"> 작업인력 20% 감소 공사기간 10% 단축 	<ul style="list-style-type: none"> 생산효율성 70% 향상 <ul style="list-style-type: none"> 작업인력 30% 감소 공사기간 15% 단축 	<ul style="list-style-type: none"> 생산효율성 110% 향상 <ul style="list-style-type: none"> 작업인력 40% 감소 공사기간 20% 단축

[그림 34] OSC기반 공동주택 생산시스템 혁신 중장기 로드맵

- 본 과제에 과제별, 연차별 기술 및 성과로드맵은 아래와 같음.



[그림 35] 과제별, 연차별 기술 및 성과로드맵

4장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성 검토

1. 상위계획과의 부합성

- 본 연구사업은 Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신 기술개발을 통해 안정적인 주거공급 및 주택산업 경쟁력을 향상하기 위한 것으로, 주택정책, 건설기술·산업정책, R&D 정책을 키워드로 하는 아래 상위 계획과 부합성을 검토.
 - 주택정책 : 제2차 장기주거 종합계획
 - 건설기술·산업 정책 : 건설기술진흥기본계획, 건설산업진흥기본계획
 - R&D 정책, 기타 : 4차 산업혁명 대응계획, 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획

- 국토교통부의 「제2차 장기주거종합계획('13~' 22) 수정계획」의 정책방향에 부합
 - 장기주거 종합계획에서 제시하고 있는 5개 정책 방향 중 「5. 미래에 대비하는 주거환경 조성 및 주택관리」 관련 3개 추진과제 중 「주택 품질 향상, 미래형 주택 공급 및 주거 서비스 개선」과 부합 : 장수명 주택, 모듈러 주택 기술 개발을 위한 R&D를 추진하고 임대주택으로 활용하는 등 보급 기반 조성.
 - 궁극적으로 양질의 공공분양/임대주택을 신속히 공급하고자 하는 취지 측면에서 「서민이 안심하고 사는 주거 환경 조성」 등 국정과제의 취지에도 부합.

- 과학기술정보통신부 2020년도 정부연구개발 투자방향 및 기준에 부합
 - 혁신성장 대응을 위한 정부 주도의 투자 및 제도개선 추진을 통해 핵심기술 확보 및 민간투자 유인 및 확산을 지원하고자 하는 과학기술정보통신부의 2020년 정부연구개발 투자방향에 부합함.
 - 본 과제는 정부연구개발 투자방향 중 4차 산업혁명 대응 및 혁신성장 성과 창출 가속화를 위한 스마트제조 분야의 스마트공장과 기후환경변화 대응을 통한 지속가능 사회 구현을 위한 안전한 생활환경 구축에 해당함.

- 건설 기술 및 산업 정책 관련 중·장기 계획인 「건설기술진흥기본계획」과 「건설산업진흥기본계획」의 취지 및 내용에 부합
 - 「제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022)」에서는 노동생산성 40% 향상, 사망자 수 30% 감소, 건설 ENG. 근로시간 20% 단축 등을 주요 목표로 설정하고 있으며, 「전략 1. 4차 산업혁명에 대응하는 기술개발·신산업 육성」 관련 「4차 스마트 건설기술을 통한 생산

성 향상], 「분야간 융복합을 통한 경쟁력 강화」 등의 내용에 부합.

- 「제5차 건설산업진흥기본계획(2018~2022)」에서는 3개 목표 20개 과제를 제시하고 있으며, 「목표 3 중장기 성장동력 확보」 관련 추진과제 중 공장형 시공이 적시되어 있는 「⑰ 핵심 건설기술 개발을 통한 생산성 향상」의 내용에 부합.

- 과기정통부 등 관계부처 합동으로 대통령 직속 4차산업혁명위원회와 함께 발표한 「혁신 성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획」과 부합

- OSC 공동주택 설계·엔지니어링 표준 모델 및 공장생산 최적화 기술개발은 「1. 지능화 혁신프로젝트 추진」-「01. 지능화 기반산업 혁신」-「2 제조업 디지털 혁신」-「스마트공장 고도화」와 부합 : 생산이력 추적관리 등 기초적인 스마트공장 수준을 고도화하여 생산성 향상 및 경쟁력 제고.
- OSC 통합 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 개발은 「1. 지능화 혁신프로젝트 추진」-「02. 사회문제 해결 기반 삶의 질 제고 및 신성장 촉진」-「1 스마트시티」-「스마트건설」과 부합 : 건설생산성 40% 향상, 근무조건 개선, 근로자 안전확보를 통한 건설산업 체질개선을 목표로, 3차원 가상설계·시공, 모듈화 자동시공, 건설장비간 통신·제어 및 협업 시스템 등 첨단공장형 설계·시공체계 전환 및 건설장비 지능화 촉진기술 개발.

- 국토교통부의 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)」에 부합

- OSC 설계 및 공장생산 표준화·최적화 기술개발은 「전략 2. 기술융합을 통한 새로운 가치 창출」-「1 융합기술을 통한 건설지능화 실현」과 부합 : VR/AR 콘텐츠로 변환 가능한 BIM 기술 등을 통해 설계검토·검증 프로세스 혁신, 엔지니어링 요소 최적화 뿐 아니라 각 프로젝트별 경험지식 디지털화 기술개발을 통해 예산배분, 사업 기획, 조달 관리 등에 사용할 수 있는 건설통합관리 플랫폼으로 단계적 확장.

[표 41] 상위계획과의 부합성

계획명	부합도
제2차 장기주거 종합계획(국토부)	높음
2020년도 정부연구개발 투자방향 및 기준 (과학기술정보통신부)	높음
제6차 건설기술 진흥 기본계획(국토부)	높음
제5차 건설산업 진흥 기본계획(국토부)	보통
사람중심의 4차 산업혁명 대응계획(관계부처합동, 4차산업혁명위원회)	높음
제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(국토부)	높음

2. 사업 추진의지

- 청년, 저소득층 주거복지가 사회문제가 되고 있는 상황에서 공동주택 생산시스템의 효율을 제고할 수 있는 연구개발 사업의 추진의지는 확고함.
 - 무주택 서민, 실수요자를 위한 주택 100만호 공급계획을 골자로 하는 국토교통부의 「주거복지 로드맵」 상 공공 분양주택 15만호 보급 목표 등의 효과적인 달성을 뒷받침할 수 있는 기술적 기반 구축을 위해 필요함.
- 도심지 건설공사의 환경문제, 기능인력 노령화, 4차 산업혁명 등 시대상에 비추어 주택 생산시스템을 Site에서 Off-Site로 전환 불가피함.
 - 표준화되고 안정적인 Off-Site 자동생산 환경을 구현하여 품질향상, 원가절감, 공기단축 뿐 아니라 추락 등 안전사고 감소와 노동생산성 향상을 기대할 수 있고 불법 외국인 근로자로 인한 사회문제 해소, 4차 산업혁명 기술과 융복합을 통한 체질개선 등 다양한 기대
 - 앞서 살펴본 「건설기술진흥기본계획」과 「건설산업진흥기본계획」 등 상위계획에서도 국토부의 의지를 확인할 수 있음.

3. 국고지원의 적합성

- 본 사업에 대해 국고지원이 필요한 이유는 공공 건설공사 시장규모가 전체의 약 30%로 생산성 향상의 핵심 수혜자가 국가이며, 건설현장은 원도급사 뿐만 아니라 다수의 하도급사, 공급업체, 일용직 근로자가 참여하는 만큼 단위 기업이 모든 참여자의 기술력을 향상시키는 것은 곤란하므로 국가R&D 및 실증의 체계적인 접근이 필요함.
 - 국내는 건설산업의 불황, 생산체계 표준화 및 품질관리 방안 부재 등으로 '90년대 후반 이후 기술개발 투자 및 관련 시장 형성이 미흡함.
 - OSC 활성화를 위해서는 설계 및 엔지니어링 표준, 생산부재의 표준화 등과 같은 산업 생태계 구축이 전제되어야하므로 선도적인 정부 투자가 필요함.
- 외국의 경우 OSC를 설계-엔지니어링-시공/건자재 산업이 현업을 통해 고부가가치 산업으로 전환하는 key로 인식, 건설산업 현대화 정책의 하나로 OSC를 추진하고 있음.
 - 영국 정부는 '16 ~ '25년 기간에 OSC 방식의 주택보급을 포함한 OSC 관련 R&D에 1,050억 유로 규모의 예산을 투입하고 있어, 우리나라도 정부가 빅 픽처를 가지고 추진하는 것이 필요함.
 - 싱가포르 건설청은 약 8억SGD 규모의 건설생산성펀드(CPCF)를 조성하여 민간기업에 기술개발·도입, 인력 개발, 역량 개발 등 가치사슬의 통합을 위해 4억5천만SGD(3672억원) 투입
 - 본 사업에서 기획하고 있는 OSC는 막대한 초기 투자비용, 가격구조의 변화, 장기 투자 회수 기간에 따른 리스크 증대, 생산부재의 표준화와 같은 산업 생태계 구축이 전제되

어야 하므로 선도적인 정부의 투자가 필요.

- 본 사업 기획은 공동주택의 생산시스템을 현장 중심에서 공장생산 방식으로 전환하여 건설현장의 안전사고 발생을 감소시키고, 건설폐기물 및 비산먼지/소음 발생을 저감시키면서 구조물의 품질확보 및 공사기간을 단축하는 데 목적이 있음
 - 건설산업의 보수적 특성상 신기술의 적용에 소극적이며 기술개발에 대한 리스크가 크기 때문에 국가 차원에서 실증이 완료된 기술의 개발 및 보급을 주도하는 것이 포함.

4. 법·제도적 위협요인

- 본 사업 기획은 주택법 제53조(공업화주택의 건설 촉진)에 부합하는 사업으로 미래의 공동주택 공급에 적합한 모델이므로, 기타 법적·제도적 제약이 될 요인은 없을 것으로 판단함.

2절. 기술적 타당성 검토

1. 기술수준 및 역량분석

- 기술수준 분석을 위하여 120개 국가 전략기술¹⁾, 113개 국토교통관련 기술수준²⁾에 대하여 관련 기술들을 선별하여 분석하였음.
- 120개 국가전략기술의 10대 분야 중 Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 관련이 있는 3개 분야 10개 기술이 분석에 사용됨.
 - 기술수준 평가는 과학기술기본법 제14조 및 동법 시행령 제24조에 따라 국가 핵심기술에 대한 기술수준을 매 2년 주기로 평가함.
 - 제3차 과학기술기본계획 상 120개 국가전략기술에 대하여 주요 5개국과의 기술수준 및 격차를 비교함.
 - 10개 전략기술에 대하여 국내 기술 수준, 연구주체별 기술수준, 기술별 최고 기술 보유국, 기술격차의 항목을 조사함.
 - 전자정보통신 분야(4)의 “차세대 유무선 통신 네트워크기술(5G)”, “지식기반 빅데이터 활용기술”, “데이터 분산처리 시스템기술”, “융합서비스 플랫폼 기술” 을 관련 기술로 설정함.
 - 기계제조공정 분야(2)의 “서비스 로봇기술”, “생산시스템 생산성 향상기술” 을 관련 기술로 설정함.
 - 건설교통분야(4)의 “지능형 건물제어기술”, “슈퍼 건설재료 및 자재기술”, “서비스 로봇기술(건설)”, “지능형 물류체계기술” 을 관련 기술로 설정함.
- 2015년 국토교통 기술 관련 9개 대분류, 32개, 중분류, 113개 소분류 중 Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 관련이 있는 2개 대분류, 5개 중분류, 14개 소분류 기술이 분석에 사용됨
 - 주거 및 단지 건축(2)의 “주거건축”, “단지건축” 항목을 관련 기술로 설정함.
 - 첨단/융복합건축(1)의 “ICT 융복합건축” 항목을 관련 기술로 설정함.
 - 건축물 성능향상(6)의 “건축물 리모델링”, “건축물 구조/안전/보안성능”, “건축물 유지관리”, “건축물 설계/시공성능”, “건축물 에너지 성능”, “건축 재료성능” 항목을 관련 기술로 설정함.
 - 운송(1)의 “육상운송” 항목을 관련 기술로 설정함.
 - 운송지원시스템(4)의 “보관”, “하역”, “포장”, “물류정보” 항목을 관련 기술로 설정함.
 - 14개 기술 분야에 대하여 국내 기술 수준, 기술별 최고기술 보유국, 기술격차를 분석함.

1) 2016년 기술수준 평가, KISTEP, 2017

2) 2015 국토교통기술수준분석(기술수준조사 보고서), 2015

□ 국가전략기술

[표 42] Off-Site Construction 관련 기술 연관성 (2016년, KISTEP)

분야	기술	연관성
전자정보·통신 분야	차세대 유무선 통신 네트워크기술(5G)	낮음
	지식기반 빅데이터 활용기술	낮음
	데이터 분산처리 시스템기술	낮음
	융합서비스 플랫폼 기술	보통
기계·제조·공정 분야	서비스 로봇기술	보통
	생산시스템 생산성 향상기술	높음
건설·교통분야	지능형 건물제어기술	보통
	슈퍼 건설재료 및 자재기술	높음
	서비스 로봇기술(건설)	높음
	지능형 물류체계기술	높음

- KISTEP에서 발표하는 국가전략기술의 기술수준평가 결과를 활용하여 Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 연관성이 있는 기술을 선정함.

- Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술은 건축물의 부지가 아닌 공장 등의 장소에서 계획, 생산, 조립된 건축물 부재를 현장으로 운반하여 설치 및 시공하는 건축방식으로 기획, 설계, 시공, 유지보수 등의 건설생산 전 과정에 걸친 생산주체의 진입, 퇴출, 업무범위와 생산주체 간의 결합방식을 포함하는 기술로 정의함.
- 직접적으로 Off-Site Construction 기반 기술과 관련된 기술로는 제조 분야의 생산시스템 생산성 향상기술, 건설 분야의 슈퍼 건설재료 및 자재 기술, 서비스 로봇기술(건설), 지능형 물류체계기술에 높은 연관성이 있다고 판단함.

[표 43] Off-Site Construction 관련 기초연구 및 응용개발연구 기술 수준 (2016년, KISTEP)

분야	기술	기초연구수준	응용·개발연구 수준	기술수준
전자정보·통신 분야	차세대 유무선 통신 네트워크기술(5G)	82.2	87.9	85.1
	지식기반 빅데이터 활용기술	75.0	79.6	77.3
	데이터 분산처리 시스템기술	78.6	81.1	79.9
	융합서비스 플랫폼 기술	84.5	88.3	86.4
기계·제조·공정 분야	서비스 로봇기술	79.5	80.0	79.8
	생산시스템 생산성 향상기술	81.3	82.7	82.0
건설·교통분야	지능형 건물제어기술	74.9	82.8	78.9
	슈퍼 건설재료 및 자재기술	81.0	84.5	82.8
	서비스 로봇기술(건설)	71.7	76.3	74.0
	지능형 물류체계기술	90.2	71.4	80.8
평균		79.9	81.5	80.7

- Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 관련된 10개 연관기술의 국내 기술수준은 평균 80.7 수준으로 선도 그룹에 속하는 것으로 분석됨
 - 10개 전략기술 중 최고 기술수준은 86.4, 최저 기술수준은 74.0이며, 평균적으로 기초 연구는 79.9, 응용개발연구는 81.5의 수준을 보임.
- 10개 전략기술 중 가장 높은 기술 수준을 보이는 분야는 “융합서비스 플랫폼 기술” 로 최고 기술 대비 86.4의 기술수준을 보유하고 있으며, 기초연구 및 응용개발 부분에서도 높은 수준을 보임.
- 10개 전략기술 중 가장 낮은 기술 수준을 보이는 분야는 “서비스 로봇기술(건설)” 로 최고기술 대비 80.7의 기술수준을 보유하고 있으며, 기초연구 및 응용개발 부분에서도 가장 낮은 수준을 보임.
 - Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 연관성이 가장 높다고 판단되는 4개 기술 그룹은 74.0~82.8의 기술수준을 보임.
 - “생산시스템 생산성 향상기술” 과 “슈퍼 건설재료 및 자재기술” 의 기술수준은 각각 82.0, 82.8로 기초 연구, 응용개발연구 모두 높은 선도 그룹에 속함.
 - “지능형 물류체계기술” 의 경우 기초연구수준은 90.2의 기술수준으로 상당히 높은 반면, 응용개발 부분에서는 71.4의 기술수준으로 낮게 나타남.
 - “서비스 로봇기술(건설)” 의 기술수준은 74.0으로 낮은 추격 그룹에 속함.

[표 44] Off-Site Construction 관련 연구주체별 기술 수준(2016년, KISTEP)

분야	기술	대기업	중소기업	연구계	학계
전자·정보·통신 분야	차세대 유무선 통신 네트워크기술(5G)	85.9	79.5	85.9	80.9
	지식기반 빅데이터 활용기술	78.4	75.4	77.8	77.6
	데이터 분산처리 시스템기술	84.6	75.1	82.9	83.0
	융합서비스 플랫폼 기술	80.0	74.7	80.7	77.0
기계·제조·공정 분야	서비스 로봇기술	77.2	73.3	79.8	80.0
	생산시스템 생산성 향상기술	84.1	77.3	79.7	79.4
건설·교통분야	지능형 건물제어기술	82.2	74.4	78.2	76.9
	슈퍼 건설재료 및 자재기술	85.3	72.0	87.7	80.5
	서비스 로봇기술(건설)	72.7	63.3	76.2	73.3
	지능형 물류체계기술	74.4	67.6	77.2	72.6
	평균	80.5	73.3	80.6	78.1

- Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 관련된 10개 연관기술의 연구주체별 기술수준은 73.3~80.6 수준이며, 연구계에서 가장 높은 수준을 보임.
 - 연구주체별 기술수준은 연구계가 가장 높은 수치를 보였으며, 대기업, 학계, 중소기업 순으로 중소기업의 기술 수준이 가장 낮게 나타남.
 - 80.0 이상의 기술 수준으로 선도그룹에 속한 분야가 연구계에서는 4개, 대기업에서는 6개로 연구계에서 보다 대기업의 선도그룹에 속한 기술 분야 개수가 더 많은 것으로 조사됨.
 - 국내 기술수준이 가장 높은 “융합서비스 플랫폼 기술” 에서 대기업과 연구계의 경우 선도그룹인 반면, 중소기업과 학계의 경우 추격그룹으로 다소 기술수준 격차가 나타남.
 - 반면 국내 기술수준이 가장 낮은 “서비스 로봇기술(건설)” 은 연구계가 조금 높긴 하나 모든 연구주체가 낮은 기술수준을 나타냄.

[표 45] Off-Site Construction 관련 최고국과의 기술 격차(2014, 2016년, KISTEP)

분야	기술	2014	2016	증감 (2016-2014)	최고국 (2016)
전자·정보·통신 분야	차세대 유무선 통신 네트워크기술(5G)	1.9	1.9	0.0	미국
	지식기반 빅데이터 활용기술	3.4	3.3	-0.1	미국
	데이터 분산처리 시스템기술	2.3	2.5	0.2	미국
	융합서비스 플랫폼 기술	2.7	2.3	-0.4	미국
기계·제조·공정 분야	서비스 로봇기술	3.8	4.0	0.2	미국
	생산시스템 생산성 향상기술	3.0	3.0	0.0	일본
건설·교통 분야	지능형 건물제어기술	3.1	3.7	0.6	미국
	슈퍼 건설재료 및 자재기술	4.6	4.6	0.0	일본
	서비스 로봇기술(건설)	4.2	4.9	0.7	일본
	지능형 물류체계기술	3.3	3.2	-0.1	미국
평균		3.2	3.3	0.1	-

- Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 관련된 10개 연관기술의 최고기술수준 보유 국가는 미국이 7곳, 일본이 3곳으로 나타났으며, 한국은 2014년 평균 3.2년에서 2016년 3.3년으로 기술격차가 소폭 증가하였음.

- 기술격차는 2014년 기준 1.9~4.6에서 2016년 기준 1.9~4.9년으로 격차의 차이가 소폭 증가한 것으로 나타남.
 - 국내 기술수준이 가장 높은 “융합서비스 플랫폼 기술”의 기술격차는 2014년 2.7년에서 2016년 2.3년으로 0.4년 감소하였으며, 10개 기술 분야 중 가장 기술격차가 낮음.
 - 국내 기술수준이 가장 낮은 “서비스 로봇기술(건설)”의 기술격차는 2014년 4.2년에서 2016년 4.6년으로 가장 크게 격차가 벌어졌으며, 가장 높은 기술격차를 보이는 분야임.
- Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 연관성이 가장 높다고 판단되는 기술 그룹은 2014년 3.0~4.6년에서 2016년 3.0~4.9년으로 기술격차가 증가하였음.
 - “생산시스템 생산성 향상기술”, “지능형 물류체계기술”은 2016년 기준 기술격차가 각각 3.0년, 3.2년으로 나타났으며, “지능형 물류체계기술은 2014년에 비해 0.1년 기술격차가 좁혀 지며 추격하고 있는 기술로 나타남.
 - ” 슈퍼 건설재료 및 자재기술 “, ” 서비스 로봇기술(건설) “은 2016년 기준 기술격차가 각각 4.6, 4.9년으로 나타나 기술격차가 큰 것으로 나타났으며, 특히, ” 서비스 로봇기술(건설) “의 경우 2014년에 비해 0.7년 기술격차가 증가하며 기술격차가 점차 커지며 뒤처지고 있음.

□ 국토교통 기술수준분석

[표 46] Off-Site Construction 관련 기술의 기술수준 및 기술격차(2015년, KAIA)

대분류	중분류	소분류	최고국	기술수준(%)	기술격차(년)
건축	주거 및 단지 건축	주거건축	미국	83.4	5.5
		단지건축	일본	78.9	6.6
	첨단/융복합건축	ICT 융복합 건축	미국	73.5	4.9
	건축물 성능향상	건축물 리모델링	영국	72.5	5.0
		건축물 구조/안전/보안성능	미국	72.8	5.8
		건축물 유지관리	일본	72.4	6.3
		건축물 설계/시공성능	미국	74.0	4.8
		건축물 에너지 성능	독일	75.3	5.4
		건축 재료성능	미국	68.0	6.4
물류	운송	육상운송	미국	79.9	4.9
	운송지원시스템	보관	미국	82.1	3.8
		하역	미국	82.5	3.2
		포장	미국	79.5	3.9
		물류정보	미국	80.0	3.9
평균			-	76.8	5.0

- KAIA 국토교통과학기술진흥원에서 발표하는 2015년 국토교통 기술수준 조사 결과를 활용하여 Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 연관성이 있는 기술을 선정함.

- 국토교통 관련 9개 대분류, 32개 중분류, 113개 소분류 중 Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 연관성이 높다고 판단되는 14개 기술을 선정함.
 - “주거건축”, “단지건축”, “ICT 융복합 건축”, “건축물 리모델링”, “건축물 구조/안전/보안성능”, “건축물 유지관리”, “건축물 설계/시공성능”, “건축물 에너지 성능”, “건축재료성능”, “육상운송”, “보관”, “하역”, “포장”, “물류정보”의 14개 기술에 대하여 기술 수준분석을 진행함.
 - Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술과 연관성이 있는 기술들의 기술수준은 평균 76.8 수준이며, 기술격차는 평균 5.0년으로 나타남
 - 가장 높은 기술 수준을 보이는 분야는 “주거건축” 분야로 83.4의 기술수준과 5.5년의 기술격차를 보임.
 - 가장 낮은 기술 수준을 보이는 분야는 “건축 재료성능” 분야로 68.0의 기술수준과 6.4년의 기술격차를 보임.
 - 가장 낮은 기술격차를 보인 기술은 “하역” 분야이며, 가장 높은 기술격차를 보인 기술은 “단지건축” 분야임.
- Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술 관련 최고기술수준 보유 국가는 미국 10곳, 일본 2곳, 영국 1곳, 독일 1곳으로 조사됨.

5장. 인력투입 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력투입 계획

1. 전체사업 인력투입 계획

- 본 연구의 참여인원은 연구비에 비례하여 연구인원 비율을 배분하였으며, 연구비에서 연구인력의 비용은 25% 내외로 산정하였음.
- 연구와 기술인력은 본 과제 참여기관에 따라 달라질 수 있으므로, 본 기획과제에서는 따로 구분하지 않았음.

연차별 전체투입 연구인력

[표 47] 연차별 전체투입 연구인력

(단위:명)

분류	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
총괄	32	72	96	96	296
1세부과제	12	26	34	34	106
2세부과제	11	27	36	36	110
3세부과제	9	19	26	26	80

상세투입 연구인력

[표 48] 상세투입 연구인력

(단위:명)

분류	총개발인력(명)					비고 (%)
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
책임연구원	7	16	21	21	65	22.0%
연구원	7	14	18	18	57	19.3%
연구보조원	8	18	24	24	74	25.0%
보조원	10	24	33	33	100	33.7%
합계	32	72	96	96	296	100.0%

2. 세부과제별 인력투입

□ 1세부과제: OSC 방식 PC 공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증

[표 49] 세부과제별 인력투입 - 1세부

(단위:명)

분류		총개발인력(명)				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
계	책임연구원	3	7	9	9	28
	연구원	3	6	8	8	25
	연구보조원	3	6	8	8	25
	보조원	3	7	9	9	28

□ 2세부과제: OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산·시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발

[표 50] 세부과제별 인력투입 - 2세부

(단위:명)

분류		총개발인력(명)				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
계	책임연구원	2	5	7	7	21
	연구원	2	5	6	6	19
	연구보조원	3	7	9	9	28
	보조원	4	10	14	14	42

□ 3세부과제: OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축

[표 51] 세부과제별 인력투입 - 3세부

(단위:명)

분류		총개발인력(명)				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
계	책임연구원	2	4	5	5	16
	연구원	2	3	4	4	13
	연구보조원	2	5	7	7	21
	보조원	3	7	10	10	30

2절. 소요예산 산정

1. 예산 산정 방법

- 세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모를 확정함.
- 인건비는 ‘2019년 학술연구용역 인건비 기준단가’ 를 기준으로 작성함.
- 항목별 예산은 ‘국토교통부소관 연구개발사업 운영규정’ 의 별표 2 연구개발비 비목별 계상기준 ‘을 작성기준으로 활용함.

2. 전체사업 소요예산

- 본 연구개발과제 최종목표 달성에 필요한 세부과제 연구개발 내용을 수행하기 위해 소요되는 연구개발예산을 추정하여 전체 연구개발 기간 내에서 연도별로 제시하였음.
- 또한, 총 개발 비용에 대한 예상 기업부담금을 제시함 (총 개발비용에 대한 민간부담 비율은 ‘국토교통부소관 연구개발사업 운영규정’ 에 근거하여 25%로 가정).

[표 52] 전체사업 소요예산

(단위:백만원)

세부항목		1세부과제	2세부과제	3세부과제	합계
1차년도	정부	644	504	452	1,600
	민간	215	168	151	533
	계	859	672	603	2,133
2차년도	정부	1,600	1,500	1,350	4,450
	민간	533	500	450	1,483
	계	2,133	2,000	1,800	5,933
3차년도	정부	2,100	1,850	850	4,800
	민간	700	617	283	1,600
	계	2,800	2,467	1,133	6,400
4차년도	정부	2,050	1,950	750	4,750
	민간	683	650	250	1,583
	계	2,733	2,600	1,000	6,333
계	정부	6,394	5,804	3,402	15,600
	민간	2,131	1,935	1,134	5,200
	계	8,525	7,739	4,536	20,800

3. 예산항목 별 소요예산

- 인건비는 ‘2019년 학술연구용역 인건비 기준단가’를 기준으로 작성하였으며, 항목별 예산은 ‘국토교통부소관 연구개발사업 운영규정’의 별표 2 연구개발비 비목별 계상기준 ‘을’ 작성기준으로 활용함.
- 또한, 민간부담금의 세부 내역은 현 시점에서 결정되지 않은 바, 예산 항목별 소요예산은 정부출연금을 기준으로 산정하였음.

[표 53] 예산항목별 소요예산

(단위:백만원)

예산항목	세부항목	예산항목					비율 (%)
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
인건비	책임연구원	86	239	261	258	844	5.4%
	연구원	134	372	405	401	1,312	8.4%
	연구보조원 (박사과정)	110	310	329	326	1,074	6.9%
	보조원 (석사과정)	105	300	311	308	1,024	6.6%
	소계	437	1,220	1,305	1,292	4,254	27.3%
직접비	연구장비/재료비	720	1,994	2,169	2,145	7,028	45.0%
	연구활동비	112	312	336	333	1,092	7.0%
	연구과제추진비	69	192	206	204	670	4.3%
	연구수당	61	170	182	180	592	3.8%
	소계	962	2,667	2,892	2,861	9,382	60.1%
간접비		202	563	603	597	1,964	12.6%
합계		1,600	4,450	4,800	4,750	15,600	100.00%

4. 세부과제 별 소요예산

□ 1세부과제: OSC 방식 PC 공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증

[표 54] 세부과제별 소요예산 - 1세부

(단위:백만원)

예산항목	세부항목	예산항목					비율 (%)
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
인건비	책임연구원	39	96	126	123	384	6.0%
	연구원	58	144	189	185	575	9.0%
	연구보조원(박사과정)	39	96	126	123	384	6.0%
	보조원(석사과정)	29	72	95	92	288	4.5%
	소계	164	408	536	523	1,630	25.5%
직접비	연구장비/재료비	309	768	1,008	984	3,069	48.0%
	연구활동비	45	112	147	144	448	7.0%
	연구과제추진비	26	64	84	82	256	4.0%
	연구수당	23	56	74	72	224	3.5%
	소계	403	1,000	1,313	1,281	3,996	62.5%
간접비	77	192	252	246	767	12.0%	
합계	644	1,600	2,100	2,050	6,394	100.0%	

□ 2세부과제: OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산·시공·품질 관리 핵심 요소기술 개발

[표 55] 세부과제별 소요예산 - 2세부

(단위:백만원)

예산항목	세부항목	예산항목					비율 (%)
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
인건비	책임연구원	25	75	93	98	290	5.0%
	연구원	40	120	148	156	464	8.0%
	연구보조원(박사과정)	38	113	139	146	435	7.5%
	보조원(석사과정)	40	120	148	156	464	8.0%
	소계	144	428	527	556	1,654	28.5%
직접비	연구장비/재료비	217	645	796	839	2,496	43.0%
	연구활동비	35	105	130	137	406	7.0%
	연구과제추진비	23	68	83	88	261	4.5%
	연구수당	20	60	74	78	232	4.0%
	소계	295	878	1,082	1,141	3,395	58.5%
간접비	66	195	241	254	755	13.0%	
합계	504	1,500	1,850	1,950	5,804	100.0%	

□ 3세부과제: OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축

[표 56] 세부과제별 소요예산 - 3세부

(단위:백만원)

예산항목	세부항목	예산항목					비율 (%)
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계	
인건비	책임연구원	23	68	43	38	170	5.0%
	연구원	36	108	68	60	272	8.0%
	연구보조원(박사과정)	34	101	64	56	255	7.5%
	보조원(석사과정)	36	108	68	60	272	8.0%
	소계	129	385	242	214	970	28.5%
직접비	연구장비/재료비	194	581	366	323	1,463	43.0%
	연구활동비	32	95	60	53	238	7.0%
	연구과제추진비	20	61	38	34	153	4.5%
	연구수당	18	54	34	30	136	4.0%
	소계	264	790	497	439	1,990	58.5%
간접비	59	176	111	98	442	13.0%	
합계		452	1,350	850	750	3,402	100.0%

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	Off-Site Construction 기반 PC 공동주택 혁신기술 개발
1. 연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ Off-Site Construction(OSC) 기반 PC 공동주택 생산시스템 혁신을 위한 선진화 기반 구축 및 핵심 요소기술 개발 - 대상 부위(골조, 적용 OSC 부재 등) 기존 대비 작업인력 20% 감소, 공사기간 10% 단축을 통한 생산효율성 향상 - 현장생산 방식 수준의 주거성능(누수, 에너지, 소음 등) 확보 - OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 확산을 위한 기술적·정책적 인프라 구축
2. 연구 필요성 및 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> □ 연구개발 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 건설산업 대외경쟁력 지속적으로 하락, 건설생산 패러다임 혁신이 필요한 시점임 - 국내 건설산업의 글로벌 경쟁력 순위 하락 추세 지속 <ul style="list-style-type: none"> ※ 국내 건설산업 글로벌 경쟁력 6위(2016년)→9위(2017년)→12위(2018년)로 매년 3단계씩 하락 (건설기술연구원) - 건설산업 노동생산성 지속적으로 감소하고 있으며, 경쟁국 대비 매우 낮은 수준 <ul style="list-style-type: none"> ※ 건설산업의 노동시간당 부가가치는 스페인 대비 44%, 프랑스 대비 50%, 영국 대비 62% 수준이며, 연평균 3.5% 감소하는 추세임 (McKinsey & Company) - Off-Site Construction(OSC) 기반 건설생산시스템 구축을 통한 건설생산 패러다임의 혁신 필요 <ul style="list-style-type: none"> ※ OSC는 건축시설물이 설치될 부지 이외의 장소에서 부재(Element), 부품(Part), 선조립 부분(Pre-assembly), 유닛(Volumetric Unit) 등을 생산 후 현장에 운반하여 설치 및 시공하는 건설방식 ※ OSC의 범위는 건축시설물의 주요 구조부, 비구조 요소, 기계, 전기, 설비 등의 모든 부분을 포함

※ 미국, 중국, 영국, 일본, 싱가포르 등 대부분의 국가에서 OSC 비율을 높이는 정책도입과 시장활성화에 적극적

○ OSC 분야 기술개발을 통한 건설산업 효율성 향상 및 급성장 중인 미래 시장 확보

- 기능인력 중심의 현장생산방식에서 첨단기술 중심의 공장생산방식으로 전환하여 부가가치 향상 가능

※ 공장생산-물류-현장설치의 OSC Supply Chain을 구축하고 스마트 팩토리, 스마트 물류, 스마트 현장을 구현하여 건설산업 효율성 향상 가능

- 설계 및 엔지니어링, 생산, 시공의 표준화·모듈화·스마트화를 통해 원가 절감, 공기단축, 품질향상 기대

※ OSC 방식을 도입해 건설사업비 7% 절감효과를 얻을 수 있을 것으로 예상 (KPMG, 2016)

※ OSC 프로젝트의 66%가 공기단축, 65%가 공사비절감, 34%가 안전사고감축 효과 (Mcgraw-Hill Construction, 2011)

- 현행 건설생산방식의 70% 이상이 공장생산 되는 부재 및 부품으로 대체될 수 있을 것으로 예상 (KPMG, 2016)

○ OSC기반 생산체계 중 PC 부재의 경우, 다양한 구조방식(기둥-보, 벽체, 유닛 모듈러)이 가능하여 설계확장성 담보가 용이함

- 최근 반도체 공장, 물류창고, 공동주택 지하주차장 구조체 등 활용비중이 현저하게 증가하여 PC부재 공급 수요가 급증하고 있음

- 강화된 설계기준(내진, 내화, 단열, 소음 등) 충족을 위한 다양한 대안제시 가능

- 시공 부속 자재, 조인트 연결부위 신재료 개발 등과 같은 연관 산업 활성화 견인

○ 건설산업 환경변화로 인해 증대하는 안정적인 공동주택 공급 리스크 대책 마련 시급

- 건설 근로환경 변화에 따른 공사비 및 공기 증가 우려 증대

※ 52시간 근무제, 레미콘 8.5제 등으로 인한 공사비 증가 및 공기 증가 (총공사비 평균 4.3%, 최대 14.5% 증가 예상, 건설산업연구원)

- 건설기능인력 유입 부족 및 저숙련화에 대한 근본적인 대책 필요

※ 건설기능인력 중 55세 이상의 비중이 53%(2015년)→58%(2016년)→60.8%(2017년)로 빠르게 증가

※ ‘숙련 기능공의 부족’이 ‘건설경기 하강’, ‘경험 있는 현장 감독의 부족’보다도 압도적으로 미래 건설산업의 가장 큰 리스크로 선정됨 (미국 Associated General Contractors of America)

※ 기능인력 수급 부족을 상당 부분 외국인 근로자로 대체하고 있으며, 과거 저임금 단순 숙련 공종에 집중되었으나 점차 고임금 숙련 공종으로 확산되고 있음. 이러한 현상은 향후 급격한 노무비 상승을 야기할 수 있는 바, 국내 기능인력 육성안 마련시 동반 고려 필요 (건설산업연구원, 2019)

- 공동주택 품질저하 및 품질 균일성 확보 미비

※ 공동주택 품질관련 하자분쟁 발생빈도 4,381건(2015년)→4,042건(2016년)→4,227건(2017년)으로 지속적인 증가

- 건설안전 문제에 대한 획기적인 대책 마련 필요

※ 건설재해자수 연간 1만 8천여 명, 건설안전사고로 인한 경제적 손실 연간 4.28조원

- 재래식 시공현장에서 발생하는 공사분진 및 진동, 소음의 현저한 감소로 민원발생 우려 저하

○ 스마트+OSC, 건설 선진국들의 산업혁신을 위한 기술개발 방향

- OSC를 통한 건설혁신 및 관련 분야 미래 시장 선점을 위한 국제 경쟁 치열

※ 싱가포르 BCA에서는 2차 건설생산성 로드맵에서 OSC 기술의 확산을 목표 중 하나로 내세웠으며, 유럽 CIB에서도 OSC 연구 로드맵을 세우고 이를 추진 중

※ 미국, 유럽, 일본, 중국 등 대부분의 건설 선진국에서 OSC는 건설생산시스템의 하나로 사용되고 있음

- 건설 선진국들의 첨단건설기술 분야 기술개발 확산

※ 영국은 Construction 2025, 일본은 i-Construction, 싱가폴은 2차 건설생산성 로드맵을 수립하고 전통적 건축 생산기술에서 탈피하여 BIM, 로봇, 3D 프린팅, 건설자동화 기술, 가상/증강현실/LIDAR 등의 컴퓨터 그래픽 기술 등을 적극적으로 도입하여 고부가가치 시장을 창출하는 것을 목표로 세움

※ 현장생산방식의 특성상 건설자동화의 도입에는 한계가 존재, OSC 방식의 제어가능한 공장, 물류, 현장을 연계하는 스마트 건설시스템 개발이 효율적

○ 안정적인 주택공급 및 건설산업 선진화 정책에 부합

- 안정적인 주택공급은 정부 주거정책의 핵심

- ※ ‘서민이 안심하고 사는 주거 환경 조성’은 100대 국정과제 중 하나이며, 국토교통부의 장기주거종합계획 안정적인 주택 수급 관리 및 주택품질 향상이 주요 목표
- 정부가 추진하는 ‘건설산업 혁신방안’, ‘스마트 건설기술 로드맵’의 목적인 건설산업 경쟁력 향상에 부합

○ 국가 지원의 타당성 및 효율성

- 공동주택 생산시스템 패러다임 전환을 통한 안정적 공동주택 공급
- 공공기술 기반 사업
 - ※ 각종 설계 및 시공기준이 동반 개발되어야 함, 특정 민간영역에서 독점할 수 없는 분야, 계약제도 및 공공조달제도와 병행하여 진행
- 부가가치가 높은 양질의 일자리 창출
 - ※ 기술인, 기능인력의 직업안정성 및 만족도 재고, 공동주택 생산시스템의 혁신을 통한 부가가치가 높은 양질의 일자리 창출
- 통일시대를 대비한 주택공급방식 확보
 - ※ 북한지역 SOC개발과 주택공급 사업 준비 필요성 대두, 대규모 이주민 발생 시 대비 고속 대량 주거공급 체계 확보 필요
- ‘2020년도 정부연구개발’정책방향에 부합
 - ※ 4차 산업혁명 대응 및 혁신성장 성과 창출 가속화 (지능화 혁신 지원-스마트제조-스마트공장)

□ 기술동향

○ 국내 기술동향

- 최근 OSC 공동주택 주거성능 확보기술의 경우에 부분적인 요소기술 개발 및 테스트는 일부 수행되었으나, 제한적 소재 및 구조방식(volumetric)에 국한되었음. 이에 OSC 생산방식에서 큰 비중을 차지하는 PC부재 및 다양한 구조(기둥/보식, 벽식 등)에 대하여 실증을 통한 종합적인 성능평가 및 기술적 보완이 필요한 것으로 사료됨
- PC부재의 효율적인 생산을 위한 방법들이 제안되고 있으나, OSC 기반 PC 공동주택 생산혁신 및 활성화를 위해 공장생산 효율화, 스마트 관리 등에 대한 연구의 적극적인 추진이 요구됨
- 국내외 OSC 기반 PC 공동주택을 위한 현장 설치 및 관리기술의 경우 국내 맞는 실증화 기술개발은 부족한 실정임. OSC 기반 현장시공의 주요 단점 중 하나는 PC 부재의 시공 오차 흡수 대책 마련이 곤란하다는 점이며, 이는 철저한 품질확보 기술 개발을 통하여 우선적으로 해결해야 함. 또한 생산성 향상, 품질 향상, 안전 개선 등의 목표를 달성코자, OSC의

스마트화 지능화를 통해 건설현장의 특수성을 고려하고 공중간 범용성이 확보되며 건설생산성을 높이기 위한 핵심기술 확보와 장비 경쟁력 강화를 위한 개발·상용화가 필요함

- 통합적인 관점에서 Offsite-to-site 연계를 강화하고, 공급사슬을 포괄적인 시각으로 관리하기 위한 연구가 시급하며, 관련 정책 및 제도, 교육 및 인력양성, 관련 기반기술 구축, 품질에 대한 지속적이고 체계적인 평가 및 개선 등 OSC 기반 PC 공동주택 생산체계 확산을 위한 다각적인 노력이 요구됨

○ 국외 기술동향

- 미국의 경우에는 연방정부 차원에서 건설산업의 혁신을 위한 단일화된 정책을 제시하기 보다는 주 정부와 개별 발주기관 차원에서 공사기간 및 공사비 절감, 생산성 향상, 첨단기술 및 자재의 적용 등의 노력을 지속적으로 기울이고 있음
- 경제활성화 및 일자리 창출을 목표로 교통재정비법(Fixing America's Surface Transportation, 2015)에서 인프라에 5년 간 3,050억 달러 규모의 인프라 투자 및 연관 사업 확대 계획을 발표함으로써 건설산업 발전을 위한 정부지원을 활성화하기 시작하였음
- NITRD(Networking and Information Technology Research Development)와 같이 법·제도를 기반으로 하는 R&D 프로그램을 통해서 4차 산업혁명과 관련성 높은 분야에 대한 R&D 프로젝트를 권고하고 있음
- 중국은 2015년, 「중국제조 2025」를 통해 10대 중점산업분야에 대한 집중 육성계획 수립을 시작으로, 정부와 부처가 국가 산업으로서 4차 산업혁명에 대비한 사업들을 지원하기 시작함
- 2016년 10월에는 중국 국무원에서 건설 생산성 향상을 위하여 공장 제작을 기본으로 하는 '조립식 건축 발전에 관한 지도 의견'을 통해 향후 10년까지 중국 전역의 신축 건물 중 OSC기반 건축물 비중을 30%로 향상할 것을 요구함

- 일본은 건설산업 혁신을 목표로 정보화시공, IoT, 로봇기술 등을 활용한 건설산업 생산성 향상을 도모하고, i-Construction 으로 대표되는 건설 생산성 혁명 프로젝트를 추진하였음
- 2016년 4월 일본의 국토교통성은 토공에서 조사, 측량, 설계, 시공, 검사 등의 프로세스에서 종이 도면을 전제로 한 기준을 변경하여 3차원 데이터를 활용하는 새로운 기준 및 지침(매뉴얼, 가이드라인 등)을 발표함으로써 ICT시공의 활성화에 기여함
- 독일은 국가적 차원에서 Siemens, Wittenstein AG, IOA 등 여러 제조업 분야의 기업들에서 사물인터넷(IOT), 사이버보안, 클라우드, 첨삭제조(AM), 증강현실, 빅데이터분석, 자율로봇, 시뮬레이션, 수평/수직적 시스템통합의 아홉 가지의 첨단기술들을 인더스트리 4.0의 핵심기술로 정의하고 이를 도입하고자 하는 시도를 보이고 있음
- 영국 정부에서 2013년 당시에는 ‘Construction 2025’라는 건설 생산성 향상 전략을 통해 사업비 및 총생애주기비용 절감, 공기단축, 온실가스 저감 등의 목표를 달성하고자 하였으며, 가장 최근에는 Infrastructure and Projects Authority (IPA)에서 ‘Government Construction Strategy 2016-2020 (건설전략 2016-2020)’을 통해 핵심 달성 목표 중 하나로 BIM 등과 같은 디지털 기술의 활용 확대를 설정하여 이를 달성하기 위한 주제별 세부 시행 계획 및 성과 평가를 위한 지표를 제시함

3. 연구내용

(1세부) OSC 방식 PC 공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증

- OSC 기반 PC 공동주택 최적 표준모델 및 표준모듈 최적화
 - OSC기반 PC구조 공동주택의 표준모델 및 모듈 개발
 - 모델별 표준모듈의 생산 및 현장설치 프로세스 최적화
 - OSC 표준모듈 BIM 라이브러리 구축
- PC 접합부 설계 및 시공기준 개발
 - 표준모듈 접합부의 설계기준 및 표준상세 개발

- 표준모듈 접합부 성능향상을 위한 공법 개발
- 표준모듈 시공기준 및 품질관리기준 개발
- OSC 기반 PC공동주택 주거성능 확보 및 생산성 향상 기술 개발
 - 에너지 및 결로방지성능 최적화 외피 기술개발
 - 차음성능 최적화 바닥 및 벽체부위 기술개발
 - 생산성 향상을 위한 다양한 OSC 구성요소 활용기술 개발
- 실증화 방안 기획 및 수행
 - OSC 기반 PC 공동주택 핵심 기반기술 실증사업 수행 계획 수립 및 실행
 - 실증화 사업 전과정 모니터링 및 성과분석 계획 수립 및 실행
 - 실증화 사업 주거성능 모니터링 계획 수립
 - OSC 통합 플랫폼 및 핵심 요소기술 테스트베드 적용 및 검증

(2세부) OSC 통합관리 플랫폼 및 공장생산·시공·품질 관리 핵심 요소 기술 개발

- OSC 통합관리 플랫폼 기술 개발
 - OSC 통합관리 플랫폼 데이터 모델링 및 연계·통합 기술 개발
 - OSC부재 위치 트래킹 기술 개발
 - OSC 통합관리 플랫폼과 BIM 데이터 연계 기술 개발
 - 공장생산-물류-현장설치 통합 최적화 계획수립 기술 개발
- OSC공장 스마트 생산관리 기술 개발
 - 생산성 실시간 모니터링 및 생산계획 조정 기술 개발
 - 스마트 생산 검측 및 품질관리 시스템 개발
 - 생산성 및 수요변화 가변성 제고를 위한 스마트 생산라인 구축계획 및 안전관리 시스템 개발
 - OSC부재 최적 물류 패키징 기술 개발
- OSC 기반 PC 공동주택 스마트 시공관리 기술 개발
 - OSC 기반 PC 부재 현장설치 시, 안전 및 시공품질관리 기술 개발
 - OSC현장의 공정 모니터링 및 리스크 분석 기술 개발
 - OSC 기반 PC 공동주택의 주거성능 모니터링 기술 개발
 - 다양한 유형(Site, Off-site, Hybrid)의 프리패브 부재/부재생산 효율화 장비 개발

(3세부) OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축

- OSC 기반 PC공동주택 확산 프레임워크 개발
 - 국내 PC 시장 Value Chain/Supply Chain 분석 및 OSC 기반 PC 공동주택 경제성 분석모델 개발
 - OSC 기반 PC 공동주택 활성화를 위한 정책 제안
 - OSC 생산공장 인증시스템 개발
 - OSC 기술인/기능인 교육훈련 시스템 구축
- OSC 기반 PC 공동주택 공사발주 가이드 개발
 - OSC 기반 PC 공동주택 확산을 위한 발주모델 제안
 - OSC 기반 PC 공동주택 공사비·공기 산정기준 개발
- OSC 기반 PC 공동주택사업 종합성과평가 체계 개발
 - OSC 기반 PC 공동주택사업 맞춤형 사업성과 평가지표 개발
 - 실증데이터기반 사업성과 평가체계 구축

4. 연구 추진방법

□ 추진전략

- 세부 연구목표 및 연구내용의 세부요소기술을 선정, 실행함에 있어 다음과 같은 과제 수행 추진전략을 제안함
 - 벽식, 기동-보식 등 다양한 OSC 기반 PC 공동주택 유형을 감안하여 적절한 프로토타입을 개발하고 이를 실현하기 위한 요소기술을 조기 개발, 검증하는 형태로 과제를 진행함. 개발되는 요소기술은 개별 검증, 요소기술이 적용되는 OSC 기반 PC 공동주택 유형별 Mock-up을 통한 기술 검증 및 보완 과정을 거쳐 실증에 적용되어 기술 완성도를 높이고 실증에 따른 위험을 줄이고자 함
 - 가상물리시스템 개념 기반의 OSC 프로젝트 통합관리 플랫폼을 구축하고 이를 중심으로 공장생산/운송/설치·시공관리의 공급사슬 전반에서 생성되는 데이터를 센서, 비전 등 첨단 ICT 기술을 활용하여 획득하고 인공지능, 시뮬레이션 등을 통해 효율적 의사결정을 지원함으로써 OSC 프로젝트 관리 선진화를 도모함. OSC 통합관리 플랫폼은 다양한 애플리케이션 간의 데이터교환을 위한 표준을 제공함으로써 향후 새로운 OSC 관리 애플리케이션이 개발됨에 따라 더욱 효율적인 OSC 프로젝트 관리를 가능케 함
 - OSC 프로젝트 성능은 설계 품질, 그리고 부재 생산의 효율 및 정밀도의 영향을 크게 받으나 현재 부재 설계 및 공장의 부재

생산관리 수준이 높지 않은 것으로 파악됨. 따라서 공장·현장 상황, 작업자 안전, 부재 운송 및 적재 등을 고려한 부재 최적화 기술과 다양한 OSC 부재 생산공장에 적합한 스마트 생산관리 기법 등을 개발하고 보급에 집중함으로써 전체 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템의 효율을 제고하고자 함

- 본 과제의 목표인 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템의 혁신을 위한 기반구축 및 핵심 요소기술 개발 달성을 위해서는 실증을 통한 성공사례를 만드는 것 뿐 아니라 장기간 지속되어 온 RC 중심의 전통적 건설생산시스템에 적합하게 구축되어 온 관리체계 및 정책기반을 OSC 생산시스템을 지원할 수 있는 방향으로 개선하려는 노력이 병행되어야 함. 따라서 OSC 기반 PC 공동주택 프로토타입을 중심으로 개발되는 모든 요소기술들에 대하여 적절한 관리체계 및 제도·정책 기반 구축을 병행함으로써 OSC 생산시스템 확산 및 요소기술 실현가능성을 제고함
- 연구성과 도출의 기간, 예산, 적정성을 고려하여 주어진 조건내에서 실현 가능한 실증화 전략 및 방안을 제시하여야 함
 - 각 연구성과 특성을 고려하여 실증사업, 부분적 테스트베드, Mock-up 등을 적절하게 활용한 실증화 전략 및 방안 제시가 필요함
 - ※ 개발기술의 실증을 위해 구체적인 실증대상을 선정하고, 적용기술과 실증전략 모형을 구체적으로 수립하는 것이 필요
 - ※ 실증전 관계기관과의 실증 시뮬레이션(프리콘, 빌더빌리티 체크 등)에 기반한 실증계획서를 작성하여 실증화 사업의 리스크 경감 필요
- 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시
 - 핵심기술 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵을 제시할 것
 - 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과평가 방법을 명시할 것
 - 연구 목표를 가급적 정량적으로 제시
- 연구내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과 평가지표(안) 제시
 - ※ 단계별/연차별 성과 평가 지표(안)는 향후 단계/중간 평가시 참고 예정
- 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구 개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진
 - 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의

협력방안 또는 공동 활용방안 등 제시

- 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시
 - 연구 성과물을 수요자 중심으로 구분하여 관리할 수 있도록 명시 (정부/지자체/설계사/시공사/설비업체/건축주/감리자/대국민/대학/연구기관 등)
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 객관적 방안 제시
 - 연구성과의 보급으로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시
 - 제시한 성과지표가 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능
- ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 추진체계
 - 본 과제는 산·학·연 공동연구를 기본원칙으로 하되, 실용화를 목적으로 추진하는 연구과제이므로 건축물 설계, 시공 및 IT 관련 기업 등이 적극적으로 참여할 수 있도록 컨소시엄 구성
 - ※ PC 생산업체, 다양한 OSC 부재 생산업체 등 OSC 기반 PC 공동주택 생산과 관련된 유관조직 및 기관과의 융합 연구 협의체 구성 필요
 - 과제 내 컨소시엄 구성 시 주관연구기관은 과제 시작시점부터 종료까지 동일기관이 연구를 수행하여야 하며, 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양할 것
 - ※ 연구기관 구성시 합리적으로 구성하여야 하며 연구내용 및 역할이 중복된다고 판단될 경우 선정평가 및 협약체결 시 조정될 수 있음
 - 본 과제는 기획이 완료된 과제이므로 현황조사, 사례조사, 문헌조사, 국내외 기술동향조사 등 조사 연구는 2개월 이내로 제한
 - 단, 과제특성상 현황조사 등이 필요한 경우에는 신청기관에서 조사 내용, 조사기간, 소요예산에 대한 타당한 사유를 연구개발계획서상에 명확히 제시하기 바람

5. 최종성과물

- 세부과제별 최종성과물
 - (1세부) OSC 방식 PC공동주택의 핵심 기반기술 개발 및 실증
 - OSC 기반 PC구조 공동주택의 표준모델
 - 표준모듈의 생산 및 현장설치 표준프로세스
 - 단위객체 BIM 라이브러리 구축 및 활용 매뉴얼
 - PC 표준모듈 접합부 설계기준 및 표준상세

- PC 표준모듈 접합부 성능향상을 위한 신공법
- PC 표준모듈 시공기준 및 품질관리기준
- PC 공동주택 활용성 제고를 위한 다양한 OSC 구성부재 설계안 및 활용 매뉴얼

○ (2세부) OSC 통합관리 플랫폼 및 핵심 요소기술 개발

- OSC 공급사슬 통합관리 플랫폼 및 공장-현장 데이터 연계통합 시스템
- 공장생산-물류-현장설치 통합 최적화 시스템
- OSC공장 스마트 생산라인 구축계획 및 안전관리 시스템 개발
- 스마트 센싱기반 OSC 정밀시공 및 현장품질 검측 시스템
- 현장 작업 저감형 프리패브 OSC부재 및 부재생산 효율화 장비
- OSC 공정모니터링 및 리스크 분석 시스템
- OSC 기반 PC 공동주택 주거성능 모니터링 시스템

○ (3세부) OSC 기반 PC 공동주택 확산 인프라 구축

- OSC 기반 PC 공동주택 활성화를 위한 정책 제안서
- OSC 기반 PC 공동주택 공사발주 가이드
- OSC 기반 PC 공동주택 경제성(공사비·공기 등) 산정 기준 및 평가 모델
- OSC 생산공장 인증제도 및 OSC 참여자 교육훈련 프로그램
- OSC 기반 PC 공동주택사업 성과데이터 수집체계 및 종합성과평가 활용 매뉴얼

6. 활용방안 및 기대효과

- 활용방안 ○ (발주기관) OSC 기반의 PC공동주택 사업의 기술적·제도적 기반을 활용하여 사업추진이 용이해지며, 향후 예상되는 현장생산방식의 한계점을 극복할 수 있는 대안으로 OSC 방식을 채택할 수 있어 전반적인 사업의 효율성을 높일 수 있음

- (설계 및 엔지니어링사) 표준모듈 및 표준설계 등을 활용하여 OSC 기반의 PC 공동주택에 대한 효율적 설계 및 엔지니어링 업무가 가능해지며, 제작 및 시공과의 업무연계가 원활해 짐
- (제작사) 표준모듈 및 표준설계 기반의 설계를 바탕으로 제작이 이루어져 생산의 효율성이 높아지며, OSC 플랫폼 및 요소기술의 활용으로 생산, 비용, 품질 등의 관리 효율성을 높일 수 있음
- (시공사) OSC 플랫폼 및 요소기술의 활용으로 현장설치 및 시공의 효율성을 높일 수 있음

□ 기대효과

- 공장생산부재(Prefabricated Component) 구조물의 특성상 접합부위의 누수, 진동, 소음 등의 문제로 인해 지금까지는 대규모 공동주택에 OSC 기반의 생산시스템을 도입하는데 한계가 존재했음. 본 프로젝트는 품질이 담보된 표준화된 접합부 상세와 고성능 접합재료 등을 활용하여 공장생산부재 접합부의 정밀 시공 및 현장 설치·시공 기술에 대한 화재안전성, 누수, 소음 등의 주거성능이 확보된 PC 표준 모듈의 프로토타입을 개발하고자 함. 이는 국내 공동주택의 OSC 생산시스템 기술 저변을 확대하고 관련 기술의 상용화를 가능하게 할 것으로 기대됨
- CIM, BIM, 모바일 디바이스, 센서 등과 같은 컴퓨팅, ICT기술을 도입하여 건설현장과 생산공장의 품질, 공정, 원가관리를 자동화함으로써 건설 ICT 융·복합 기술 활성화에 기여할 수 있음.
- 또한 본 연구에서 개발하는 생산공장 및 현장의 모니터링·제어 기술, 자동화 시뮬레이션 및 O2O(Offsite-to-Onsite) 데이터 기반 분석 시스템 등은 건설 ICT 제반 기술의 확대를 위한 기초자료로 활용되어 타 연구로의 파급효과가 높을 것으로 기대됨
- 시공기술 위주의 기술개발이 아닌 Off-site와 On-site를 연계하고 각 단계별 프로세스 및 관리 방식을 지능화·최적화하는 연구를 통해 미래 사회가 요구하는 ‘융합·통섭형’ 인재를 양성하는 데 기여할 수 있음
- 특히, OSC 생산프로세스에서 양산되는 다양한 데이터를 수집하고 분석하여 가치 있는 정보들을 생산하는 과정을 통해 4차 산업혁명에 걸맞는 소프트 스킬을 갖춘 융합형 인재를 양성할 수 있음
- 스마트 센서를 활용하여 현장 관리방식뿐만 아니라 공장생산-운송-현장설치에 이르는 생산프로세스 전반의 기술 및 관리방식을 지능화, 고도화함으로써 건설 시공 및 관리기술, 건설 정보화 기술, 건설 자동화 기술 등의 발전에 혁신적인 기여를 할

것으로 기대됨.

- 특히, 현장 시공 중심의 기존 건설 프로세스를 공장 생산 및 현장 설치 프로세스로 전환할 수 있는 실질적인 대안을 제시하고, 실증사업을 수행함으로써 향후 건설 생산체계를 혁신적으로 개선하는 의미 있는 시도가 될 것으로 기대함
- OSC 기반의 생산시스템으로의 전환을 통해 현장 시공 중심의 건설 프로젝트에서 문제가 되었던 Non-Value Added 프로세스 및 자원 낭비요소를 최소화시키고, 현장 작업 중 발생하는 불필요한 온실가스, 미세먼지, 소음 등을 저감시킬 수 있을 것으로 기대함
- 또한 우수 기술인력 확보에 어려움을 겪고 있는 최근 건설산업이 당면한 문제를 해결하고, 다기능공 중심의 현장 설치 방식이 보편화됨에 따라 기능인력의 고령화, 저숙련화 등으로 인한 기존의 품질저하 및 안전사고 문제를 해결할 수 있음
- OSC 기반의 생산시스템에서는 공장생산 업체의 역량 및 품질관리에 대한 의존도가 높아짐에 따라 기존의 시공사 중심의 건설산업 제도 및 구조적 문제가 갖고 있던 병폐와 하도급업체와의 수직적 구조를 해소하는 긍정적 변화가 일 것으로 기대함
- OSC 기반의 공동주택 생산시스템의 정착 및 확산을 위한 법적, 제도적 장치와 생산공장 인증제도가 마련될 경우 국내 공동주택의 OSC 생산체계 보급이 확대되고, 나아가 관련 전·후방 산업의 내수진작 효과가 발생할 것으로 기대함

7. 연구기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 2020.04 ~ 2023.12 (3년9월)
 - 1차년도 연구개발기간 : 2020.04. ~ 2020.12 (9개월)
- 총 정부출연금 : 14,982백만원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 1,537백만원 이내
 - ※ 정부출연금은 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
 - ※ 기업참여시 민간부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 출연금 등의 지급, 사용 및 관리에 관한 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
 - ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능
 - ※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수

8. 기 타

2절. 평가기준 설정

1. 평가항목 및 배점

기준항목	세부평가항목	배점
연구진의 기술개발 업적 (10점) ※ 주관, 협동, 공동연구기관만 해당	세부연구내용에 관한 국내외 논문 건수	10점
	세부연구내용에 관한 국내외 특허등록 및 건설 신기술 인증 건수	
연구진의 주요 실적 (10점) ※ 주관, 협동, 공동연구기관만 해당	세부연구내용 관련 유사 실무프로젝트 수행실적 건수	10점
	세부연구내용 관련 국가 연구개발사업 수행 건수	
연구단 구성의 적정성 (10점) ※ 주관, 협동, 공동연구기관만 해당	주관, 협동, 공동연구 책임자의 적정성	5점
	산업체 참여비율의 적정성	5점
연구제안의 충실도 (30점)	기획결과의 반영 및 RFP 부합성	10점
	계획수립을 위한 조사 분석의 충실도	
	연구범위 및 목표설정의 타당성	10점
	성과목표·지표 설정의 명확성 및 적정성	
과제평가, 관리 및 운영의 효율성	10점	
추진전략의 구체성 (30점)	연구수행, 지원체계 및 인프라 구축의 합리성	15점
	산학연 네트워크 구성 및 국내외 전문가 활용의 구체성	
	목표달성을 위한 과제추진계획의 적정성 ※ 인력, 일정, 비용에 대한 계획	
	추진전략의 차별성	15점
	연구결과의 활용 계획의 구체성	
실증화 사업 계획의 구체성		
연구책임자의 수행역량 (10점)	연구책임자의 연구수행체계 관리능력, 전문성 및 주요업적	10점
	연구책임자의 공모과제 관련 국가연구개발사업 수행실적	
부합성 평가	<ul style="list-style-type: none"> 평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정 시 탈락 조치 	
중복성 평가	<ul style="list-style-type: none"> 평가위원 과반 수 이상이 기수행되었거나, 수행 중인 과제와 중복 되는 것으로 판정 시 탈락 조치 	

※ 총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

가. 정량지표에 대한 등위 선정을 위한 환산식

□ 연구진의 기술개발 업적

○ 공모과제 관련 국내외 논문 건수

- 최근 5년간 국내 등재지 이상 및 국외 SCI 및 SCI-E 저널에 수록된 논문만 포함
- 반드시 증빙서류 제출

○ 공모과제 관련 국내외 특허 출원·등록 및 건설신기술 인증 건수

- 최근 5년간 실적만 포함
- 반드시 증빙서류 제출

$$\frac{\sum \text{해당 연구단 과제 관련 국내외(논문+특허출원/등록+건설기술인증)건수}}{\sum \text{경쟁 연구단 과제 관련 국내외(논문+특허출원/등록+건설신기술인증)최다건수}} \times 100$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

□ 연구진의 주요 실적

○ 공모과제 관련 실무프로젝트 실적 건수

- 반드시 증빙서류 제출
- 최근 10년간 공모과제 관련 설계/엔지니어링 1억원 이상, 시공 100억원 이상의 실무프로젝트만 해당

○ 공모과제 관련 국가 연구개발과제 수행 건수

- 반드시 증빙서류 제출
- 최근 10년간 공모과제 관련 연평균 50,000천원 이상의 정부출연 연구개발과제만 해당

$$\frac{\sum \text{해당 연구단의 세부연구내용 관련(실무프로젝트 실적+국가연구개발과제수행)건수}}{\sum \text{경쟁 연구단중 세부연구내용 관련(실무프로젝트 실적+국가연구개발과제수행)최다건수}} \times 100$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

□ 연구컨소시엄 구성의 적정성

○ 주관, 협동, 공동연구 책임자의 적정성

- 공모과제 관련 연구의 주관, 협동, 공동연구 책임연구자 수: 컨소시엄의 주관, 협동, 공동연구 책임자가 공모과제와 관련된 연구에 대하여 주관, 협동 또는 공동연구의 연구책임자를 역임한 자

$$\frac{\sum \text{해당 연구단의 공모과제관련 연구의 주관, 협동, 공동연구 책임자 수}}{\sum \text{경쟁 연구단의 공모과제관련 연구의 주관, 협동, 공동연구 책임자 최대 수}} \times 100$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

○ 산업체 참여비율의 적정성

- MAX(a, b)는 a, b중 큰 값을 나타냄

$$\left(\frac{\text{해당 연구단의 대기업 참여비율}}{\text{MAX}(30\%, \text{경쟁 연구단 중 최대 대기업 참여비율})} \right) \times 100 \times 0.4$$

$$\left(\frac{\text{해당 연구단의 중소기업 참여비율}}{\text{MAX}(30\%, \text{경쟁 연구단 중 최대 중소기업 참여비율})} \right) \times 100 \times 0.6$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

※ 연구진의 기술개발 업적(10점), 연구진의 주요실적(10점) 그리고 주관, 협동, 공동연구 책임자의 적정성(5점), 산업체 참여비율의 적정성(5점)에 대한 취득 점수는 상대평가에 의한 등위를 점수로 환산함

$$\frac{(\text{과제 계획서 제출 연구단 총수} - \text{등위}) + 1}{\text{과제 계획서 제출 연구단 총수}} \times \text{배점}$$

- 백분율은 소수점 셋째자리에서 반올림함

예)

등위	배점	취득 점수	
1	5	$\frac{(4-1)+1}{4} \times 5$	5
2		$\frac{(4-2)+1}{4} \times 5$	3.75
3		$\frac{(4-3)+1}{4} \times 5$	2.5
4		$\frac{(4-4)+1}{4} \times 5$	1.25

2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

(1) 연구단 수정 기준

□ 연구단 과제의 경우

○ 연구기관으로 산, 학, 연이 모두 참여하고

- 세부 주관연구기관으로 산, 학, 연이 각각 구성된 경우 : 2점

- 세부 주관연구기관으로 중소기업이 구성된 경우 : 1점

○ 세부과제에 중소기업이 참여하고

- 중소기업이 세부과제 연구기관의 1/3 이상인 경우 : 2점

- 중소기업이 세부과제 연구기관의 1/3 미만인 경우 : 1점

나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

○ 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관별로 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) 부담 비율에 따른 가점 부여

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

다. 추적평가결과에 따른 가점

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

라. 기타

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