

국토교통연구기획사업 최종보고서

공동주택의
고층 단지화
및
생산성
제고를
위한
OSC
고도화
기술개발

보완기획
최종
보고서
2024

국
토
교
통
부
국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원

공동주택의 고층·단지화 및 생산성 제고를 위한 OSC 고도화 기술개발

2024. 05.

- 과제1. PC 공동주택의 고성능, 고층화, 표준화 핵심기술 개발 및 실증
- 과제2. 모듈러 건축산업 활성화를 위한 내화성능 및 주거 품질 향상 핵심기술 개발

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

* 본 기획보고서는

연구개발계획 수립의 참고자료로 활용하되,

제안시 제출하는 연구개발계획서의 연구개발 최종

목표, 성과목표, 기술개발내용, 예산 등

상세내용은 반드시 공고시 게재되는 RFP를

따라야 함을 알려드립니다.

과제1.

**PC 공동주택의 고성능,
고층화, 표준화 핵심기술 개발
및 실증**

< 요약 문 >

사업명	국도교통연구기획사업			총괄연구개발 식별번호	-		
내역사업명	PC공동주택의 고층·단지화를 위한 OSC 고도화 기술개발 기획			연구개발과제번호	RS-2022-00155469		
국가과학기술 표준분류	1순위 건설시공관리기술	50%	2순위 건축시공기술	30%	3순위 시공 자동화기술	20%	
총괄연구개발명	PC공동주택의 고층·단지화를 위한 OSC 고도화 기술개발 기획						
연구개발 과제명	1세부	PC공동주택의 고층·단지화를 위한 OSC 고도화 기술개발 기획					
전체 연구개발기간	2022. 05. 11 - 2023. 05. 10 (1 년 개월)						
총 연구개발비	총 120,000 천원 (정부지원연구개발비 : 120,000 천원, 기관부담연구개발비 : 0천원, 지방자치단체 : 0천원, 그 외 지원금 : 0 천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[<input checked="" type="checkbox"/>]			기술성숙도	착수시점 기준(-) 종료시점 목표(-)		
연구개발과제 유형	-						
연구개발과제 특성	-						
연구 개발 목표 및 내용	최종 목표	<input type="checkbox"/> PC 공동주택의 고효율 대량공급을 위한 고성능·고층화 핵심분야 개발 - PC 공동주택의 고효율 대량공급을 위한 고성능(연결부 기밀성·수밀성, 단열성능/차음성능, 시공정밀도), 고층화(20층 이상) 핵심분야 개발 * (목표) RC 공법 대비 현장공기 15% 단축, 관련공종 현장인력 50% 감축, 골조공사비 10% 절감 * (대표 성과물) 20층 이상, 중대평 평면을 갖는 실증단지 2개동 이상					
	전체 내용	<input type="checkbox"/> 본 과제의 비전 o OSC 기반 PC공동주택 생산시스템의 생산성 제고 및 보급화를 통한 주거복지 향상 및 건설산업 고도화 <input type="checkbox"/> 본 과제의 추진전략 o OSC 기반 PC공동주택의 고층·고성능화 및 생산성 향상을 위한 관련 기술개발 연구와 실증 연구 병행 - 20층 이상, 2개동 이상의 PC 공동주택 실증사업 수행을 통해 고층·고성능 OSC 공동주택의 효율적 대량공급을 구현할 수 있는 핵심분야 개발 및 현장 적용성 검증 <input type="checkbox"/> 본 과제의 필요성 o 전통적인 현장중심 체계의 한계를 극복하기 위한 OSC (Off-Site Construction) 기반 생산시스템 확대 필요 - PC 주택의 제작비용 절감 및 주거성능의 향상을 통해 주택보급 확대의 기반을 마련하고 건설기술 역량 확보를 위해 디지털 전환 가속화 필요 o 90년대 중반 이후 중단되었던 PC구조 공동주택의 보급 활성화를 위한 고층·단지화 기술개발 필요 - OSC 생산방식은 프로젝트 설계·시공·유지관리 측면에서 현장중심 건설생산시스템과 제조업의 융합으로, 건설산업 전반에 걸쳐 업무프로세스, 요소기술, 데이터 활용 인프라 등에 대한 포괄적 검토 필요					

		<ul style="list-style-type: none"> □ 핵심 · 구성기술 개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> ○ PC 공동주택 고층화 · 고성능화를 위한 설계, 안전 향상 및 주거성능 확보 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - DfMA, 표준모듈 등 생산 · 시공단계를 고려한 BIM 기반 통합 설계 기술개발 - 고층 PC 건축물 층고절감 및 안전 향상을 위한 구조시스템 기술 개발 - 고성능 공동주택 구현을 위한 외벽패널 설계, 바닥 소음 저감 기술 개발 ○ 고층 PC 건축물의 생산성 향상을 위한 부재 생산 및 시공 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획 · 관리 기술(고층 양중, 부재별 다빈도 작업, 가설, 조립 공정 등) 개발 - 대량생산을 위한 몰드 운영계획 및 시공 품질 기반 공장-현장 통합관리 기술 개발 ○ 고층 · 고성능 PC 공동주택 단지화 실증단지 구축 및 활성화 방안 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 중대형 평면, 고층 PC 공동주택 실증단지 구축(20층 이상, 2개동 이상) - 법 · 제도 개선(안) 마련 및 다각화된 사업화 모델 개발
<p style="text-align: center;">연구개발성과 활용방안 및 기대효과</p>		<ul style="list-style-type: none"> □ 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> ○ 현장적용 <ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택 설계모듈 · 모델 · 공법 및 구조설계지침을 적용하여 높은 생산성과 우수한 품질의 PC구조 공동주택 공급 - OSC 통합 플랫폼을 적용하여 최적화된 프로젝트 성과 도출 - 데이터 기반 스마트 현장관리 시스템을 적용하여 공정, 안전 및 품질 향상 - 공기·공사비 산정 기준을 설계 및 시공 전반에 적용 ○ 실용화·제품화 <ul style="list-style-type: none"> - OSC 컴포넌트의 설계-생산시스템 통합 구축을 통한 제품화 - 통합관리 플랫폼 및 공정/안전/품질관리 패키지 등 소프트웨어 관련 시스템 제품화 - 데이터 기반 스마트 현장관리 기술 실용화 □ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 생산공장 및 현장의 모니터링·제어 기술, 자동화 시뮬레이션 및 데이터 기반 분석 시스템 등은 ICT 기반 건설기술의 발전을 위한 원천기술로 활용되어 타 연구로의 확대 가능 ○ 산업 혁신 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 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. ○ 경제·사회적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - OSC 생산시스템으로의 전환을 통해 Non-Value Added 프로세스 및 자원 낭비요소를 최소화시키고, 현장 작업 중 발생하는 불필요한 온실가스, 미세먼지, 소음 등을 저감시킬 수 있을 것으로 예상됨. - 다기능공 중심의 현장 설치 방식이 보편화됨에 따라 기능인력의 고령화, 저숙련화 등으로 인한 품질저하 및 안전사고 문제의 해결 방안 마련 ○ 제도 개선 측면 <ul style="list-style-type: none"> - 고층 · 고성능 PC 공동주택의 정착 및 확산을 위한 법적, 제도적 장치와 생산공장 인증제도가 마련될 경우, 국내 공동주택의 OSC 생산체계 보급이 확대되고 관련 전·후방 산업의 내수진작 효과가 발생할 것으로 기대함.

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음											
연구개발성과의 등 록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합 물	신품종	
	-	-	-	-	-	-	-	생명 정보	생물 자원		-	정보
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장 비명		규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장 소)	ZEUS 등록 번호		
	-	-		-	-	-	-	-	-	-		
국문핵심어 (5개 이내)	고층 PC공동주택			고성능 주거환경		고효율 생산		정밀 시공		한국형 OSC		
영문핵심어 (5개 이내)	High-rise PC residential building			High residential Performance		High production efficiency		Precise construction		K-OSC		

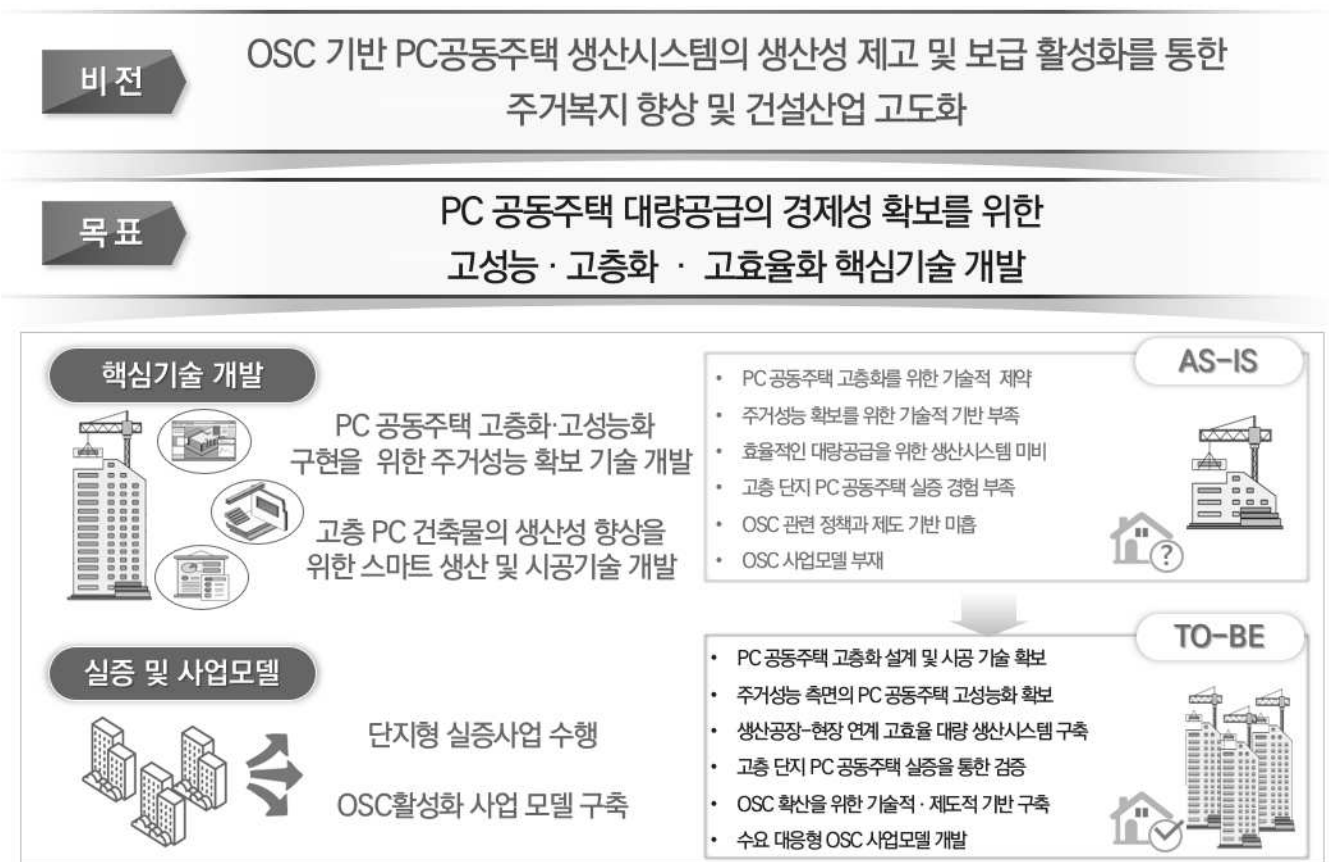
[목차]

I. 기획연구과제의 개요	1
1. 비전 및 목표	1
2. 연구개발 과제구성	2
II. 기획연구과제의 수행과정 및 수행내용	5
1. 기획연구의 추진 경과	5
2. 기획연구 추진체계	6
III. 기획연구과제의 수행 결과	9
1. 기술의 정의 및 범위	9
2. 연구추진 배경 및 필요성	10
3. 국내외 동향 및 환경 분석	21
4. 연구개발과제 구성 및 추진전략	53
5. 사전타당성 검토	103
6. 인력투입 소요예산 산정	110
7. 과제 제안요구서(RFP)	112
별첨자료	
1. 전략계획서	120

I. 기획연구과제의 개요

1. 비전 및 목표

- 기획연구 결과에 따른 본연구의 비전은 “OSC기반 공동주택 생산시스템의 생산성 제고 및 보급 활성화를 통한 주거복지 향상 및 건설산업 고도화”로 설정함. 전체 주거형태 중 60% 이상의 비중을 차지하는 공동주택에 Off-Site Construction 기반 생산시스템을 효과적으로 구축함으로써 공기, 원가, 품질 등의 주요 성과지표를 향상하고, 신 유망분야의 기술개발을 통한 신규시장 진출, 양질의 일자리 창출, 지속가능성 발전 등의 건설산업 경쟁력 향상을 이룰 수 있을 것으로 기대됨.
- 제시된 비전을 달성하기 위해 “PC 공동주택 대량공급의 경제성 확보를 위한 고성능·고층화·고효율화 핵심분야 개발”을 연구개발 과제의 최종 목표로 제시함. 기능인력 부족 및 저숙련화, 품질저하, 낮은 생산성 등 기존의 현장 중심의 공동주택 생산시스템의 한계점을 극복하고, 안전사고 절감, 산업의 효율화 및 첨단화, 지속가능성 발전 등 다양한 사회·산업적인 수요에 부응하기 위한 방안으로 본 연구 목표를 제시함.



[그림 1] 연구의 비전, 목표 및 개요

2. 연구개발 과제구성

(1) 과제구성 개요

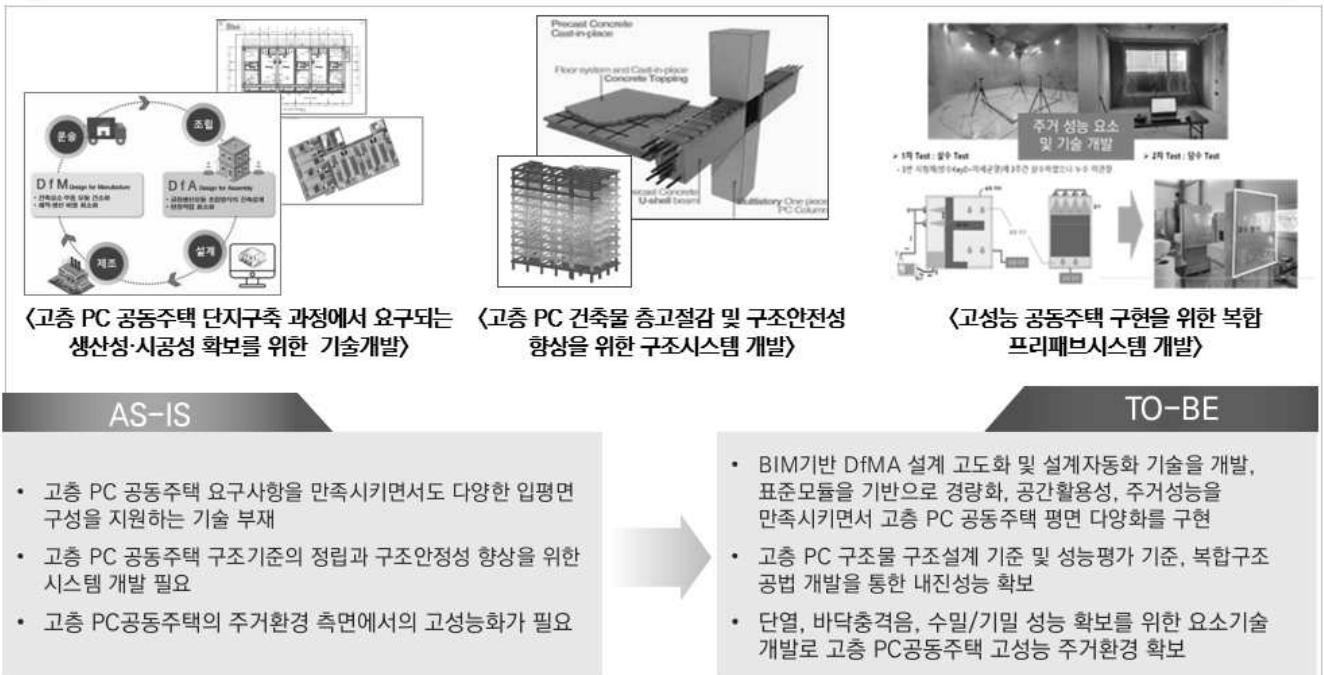
- PC 공동주택의 고품질 주거성을 확보하고, 고층화 및 고효율 생산시스템구축에 기반한 단지규모 실증사업 수행에 요구되는 설계, 엔지니어링, 시공 및 유지관리 기술 개발
 - * 고성능화: 고도의 주거성능(단열, 층간소음 등) 확보, 시공정밀도 확보를 통한 접합부 기밀성·수밀성 확보 기술
 - * 고층화: 현행 구조설계기준 15층 이하 제한 극복하는 설계/엔지니어링/시공 기술 및 고층부 급속시공 구현 기술
 - * 고효율화: 효율적인 대량공급 생산시스템 (설계, 공장 제작, 시공 및 유지관리) 구축을 통한 경제성 확보

(2) 사업 세부내용

○ (핵심분야 1) PC 공동주택 고층화·고성능화 구현을 위한 핵심 설계기술과 구조안전성 및 주거성능 확보 기술개발

- (목표) PC 공동주택의 고층화를 구현하기 위한 설계·엔지니어링 및 표준시공기술을 개발함. 구조안정성 및 주거성능 향상과 함께 다양한 입평면 구성을 지원하는 설계자동화, 고층 PC 공동주택 주거성능의 고성능화를 구현하기 위한 설계 및 프리패브화 시스템을 개발
- (구성기술) DfMA, 표준모듈 등 생산·시공단계를 고려한 BIM 기반 통합 설계기술 개발, 고층 PC 건축물 층고절감 및 안전 향상을 위한 구조시스템 기술 개발, 고성능 공동주택 구현을 위한 외벽패널 설계, 바닥 소음 저감 기술 개발
- (구성기술 1-1) 고층 PC 공동주택 단지구축 과정에서 요구되는 생산성·시공성 확보를 위한 BIM 기반 통합 설계기술 개발
 - ① PC표준모듈 기반 입평면 다양화 구현을 위한 설계최적화 기술 개발
 - ② BIM 기반 DfMA 설계고도화 지원시스템 개발
 - ③ 시공성 및 유지관리 용이성 확보를 위한 MEP 유닛시스템 개발
- (구성기술 1-2) 고층 PC 건축물 층고절감 및 구조안전성 향상을 위한 구조시스템 개발
 - ① 고층 PC구조물 내진성능 확보를 위한 구조설계기준 및 성능평가기준 개발
 - ② 층고절감을 위한 복합구조 시스템 개발
 - ③ 고층부 코어시스템 모듈화 및 공동주택 최적 PC slab 공법 개발
- (구성기술 1-3) 고성능 공동주택 구현을 위한 복합 프리패브시스템 개발
 - ① 단열성능 및 시공성 향상을 위한 외벽패널 시스템 개발
 - ② 바닥충격음 감쇄 고성능 바닥시스템 공법 개발
 - ③ 접합부 수밀/기밀 성능확보를 위한 시공상세 및 건축재료 개발

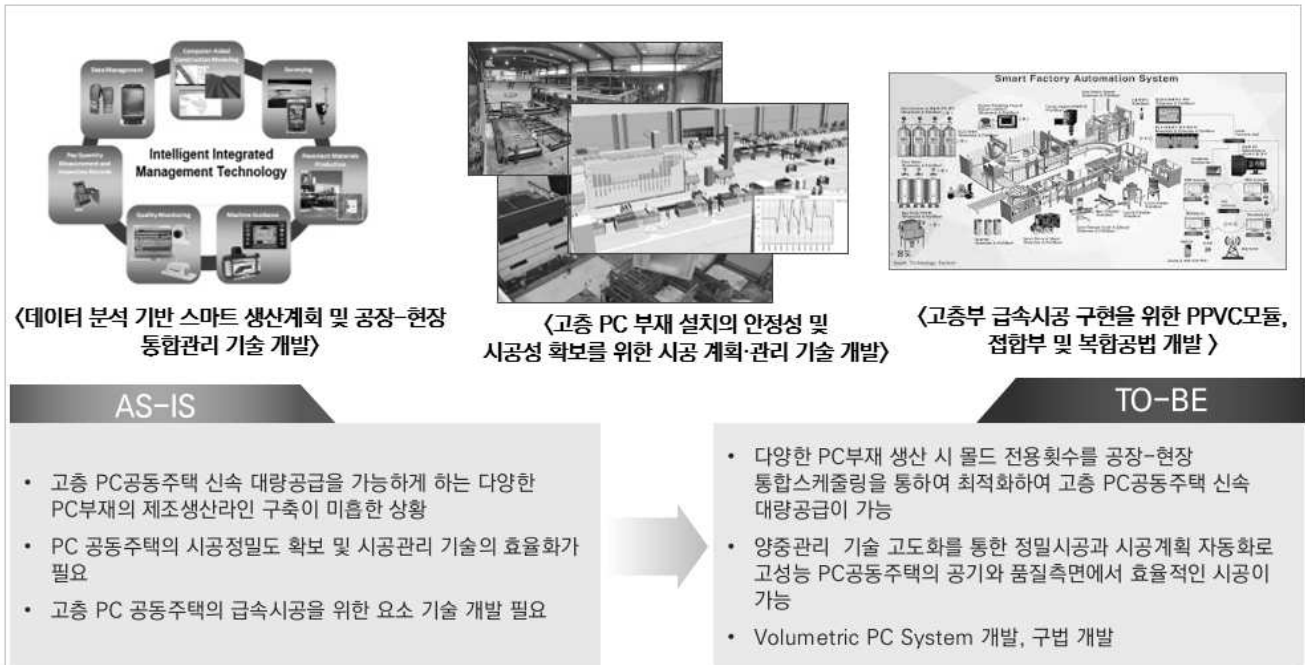
[핵심분야 1] PC 공동주택 고층화·고성능화 구현을 위한 핵심 설계기술과 구조안전성 및 주거성능 확보 기술개발



[그림 2] 핵심분야 1의 개요

- (핵심분야 2) 고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발
 - (목표) PC 부재들의 대량공급을 효율적으로 지원하는 스마트 제조생산라인 구축과 고층부 접합부 시공성 및 정밀도 확보 기술개발
 - (구성기술) 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획·관리 기술(고층 양중, 부재별 다빈도 작업, 가설, 조립 공정 등) 개발, 대량생산을 위한 생산라인 운영계획 및 데이터 기반 공장-현장 통합관리 기술개발
 - (구성기술 2-1) 데이터 분석 기반 스마트 생산계획 및 공장-현장 통합관리 기술 개발
 - ① 공장-현장 통합생산관리 구현을 위한 몰드운영계획 최적화 시스템 개발
 - ② 디지털트윈 시뮬레이션 기반 PC 생산-시공 통합관리 기술 개발
 - ③ 스마트 제조회장 구축을 위한 AI기반 이상징후 탐지 기술 개발
 - (구성기술 2-2) 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획·관리 기술 개발
 - ① 고성능 검측기기를 정밀시공 확보 기술 개발
 - ② 고소작업 안전성 확보를 위한 MG/MC (Machine Guide/ Machine Control) 기반 양중계획 수립 및 통합 운영관리 기술 개발
 - ③ 고층 PC 현장설치 맞춤형 스마트 안전관리 기술 개발
 - (구성기술 2-3) 고층부 급속시공 구현을 위한 PPVC(Prefabricated Pre-finished Volumetric Construction) 모듈, 접합부 및 복합공법 개발
 - ① 공기단축 및 품질제고를 위한 Hybrid PBU(Prefabricated Bathroom Unit) 시스템 개발
 - ② 시공성 향상을 위한 접합부 설계 및 시공기술 개발
 - ③ 고층부 급속시공 구현을 위한 복합공법 개발

[핵심분야 2] 고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발



[그림 3] 핵심분야 2의 구성기술 개요

○ (핵심분야 3) 고층·고성능 PC 공동주택 단지형 실증사업 수행 및 OSC 활성화 사업모델 개발

- (목표) 대단위 OSC 실증단지를 구축하기 위한 단지조성 기본 방향 및 표준모델 기반 사업계획을 수립하고, OSC 건축 활성화를 위한 제도정책 및 국내외 시장맞춤형 사업모델을 발굴함
- (구성기술) 중대형 평면, 고층 PC 공동주택 실증단지 구축, 법·제도 개선(안) 마련 및 다각화된 사업화 모델 개발
- (구성기술 3-1) 다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축
 - ① 고층·고성능 PC 공동주택 단지화 실증사업 계획 수립 및 수행
 - ② 거주후성능평가(POE)기반 전생애주기 유지관리모델 개발
 - ③ 데이터기반 생산성 측정·분석·제어를 통한 OSC 종합사업평가 시스템 개발
- (구성기술 3-2) OSC 활성화를 위한 법·제도 개선(안) 마련 및 다각화된 OSC 사업화 모델 개발
 - ① 국내외 시장맞춤형 K-OSC 사업모델 발굴
 - ② OSC 기반 PC 공동주택 공급망 강화를 위한 관련 인증제도
 - ③ OSC 기술인력 양성 및 교육프로그램 개발

[핵심분야 3] 고층·고성능 PC 공동주택 단지형 실증사업 수행 및 OSC 활성화 사업모델 개발



[그림 4] 핵심분야 3의 개요

II. 기획연구과제의 수행 과정 및 수행내용

1. 기획연구의 추진 경과

- '22.02 : 국토교통분야 미래 신성장동력 창출 및 국민의 삶의 질을 향상을 위해 「2022년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획」에 따라 '22년도 신규 사업 추진
- '22.04 ~05 : 기획연구 착수 및 대내외 환경 분석 및 기획 목표/방향성(안) 설정
- '22.06 : 연구기획위원회 구성 및 1차 기획위원회 개최
 - 기획목표 방향성 논의 및 산·학·연 전문가 수요조사 방법
- '22.07 : 핵심분야 선정을 위한 산·학·연 전문가 대상 PC업계 간담회 실시
 - 핵심분야 도출을 위한 분야별 전문가 자문회의 실시
 - 참석자: 연구기획위원회, 국토부, KAIA, 덕산지에스, 동서PCC, 동진PC, 삼표피앤씨 등 40명
- '22.08~22.09 : 연구기획위원회에서 기술수요조사를 통해 과제 도출 방안 등의 기획 수행
 - 국제 OSC 심포지엄 개최 : 국토부, KAIA, 시공사, PC사 등 300여명 참석
 - 실증사업기획위원회를 중심으로 분야별 다양한 기관에서 자유형식의 기술수요조사 실시
- '22.10~22.12 : 연구기획위원회 개최
 - 기술수요조사 결과를 바탕으로 구성기술 선정 평가 및 세부 기술/계획안 도출
- '23.01 : 실증사업기획위원회 개최
 - 선행과제(OSC기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발) 연구성과 종합검토 및 연계방안 검토
- '23.01~23.03 : 연구기획위원회 개최
 - 국회 정책토론회(엄태영 의원) : “건설산업 OSC 활성화방안 토론회” 개최, 참석인원 50명
 - 선행과제 연구성과 및 신규 도출과제 연계를 통한 고도화 방안 도출
- '23.06 : OSC 기술성과 발표 및 토론회
 - PC 실증에 적용 예정인 기술성과 등을 공유하고 신규 과제 기술 분야 토론
- '24.1 : PC 공동주택 현장 시연회 및 PC 업계 간담회 개최



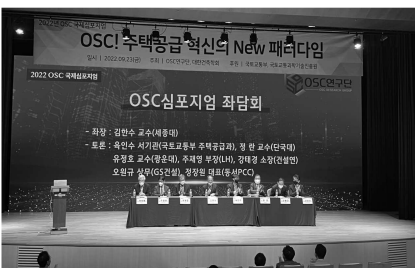
< '22.07.19 PC업계 간담회 >



< '23.02.20 국회 정책 토론회 >



< '23.11.28 PC 현장 시연회 >



< '22.09.30 OSC 심포지엄 >



< '22.10.05 연구기획위원회 >

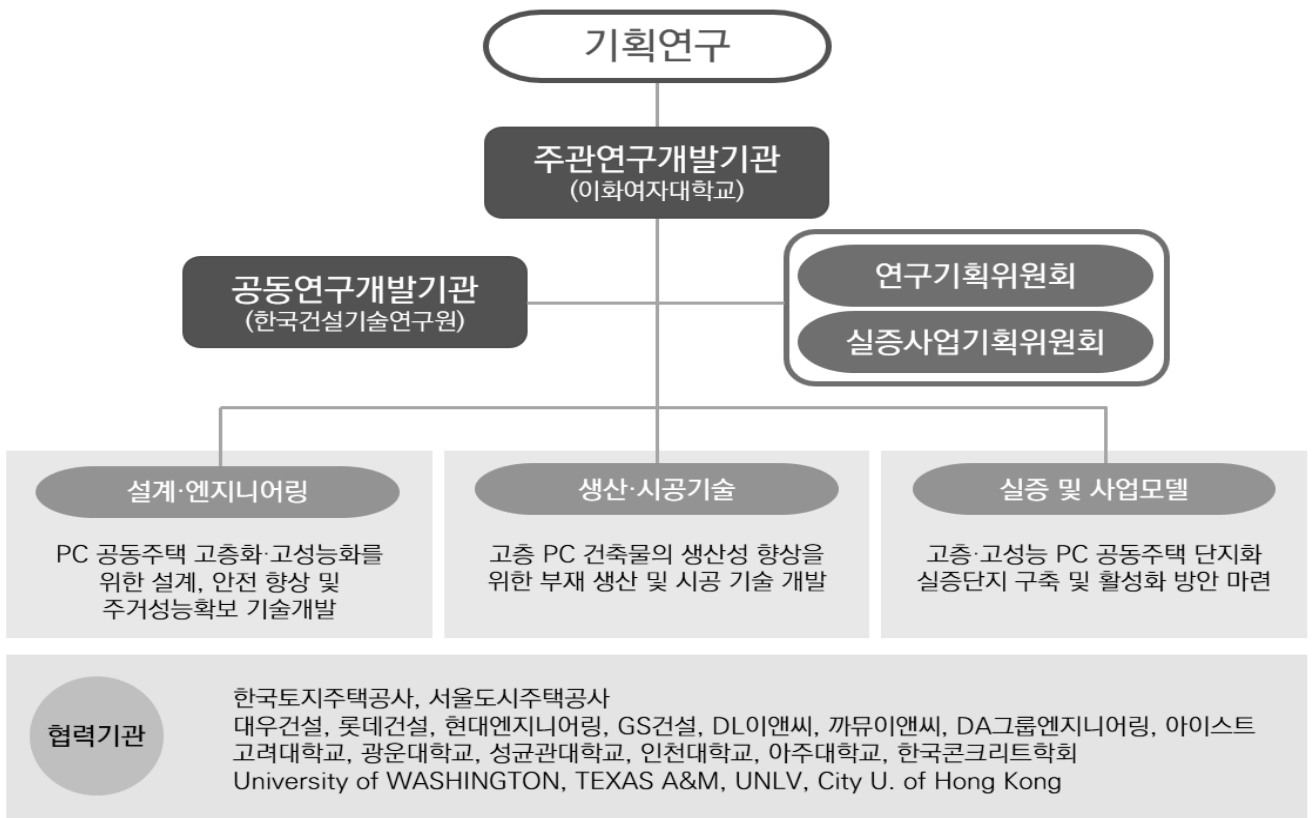


< '23.06.29 기술 성과 토론회 >

○ 연구과제 기획추진 일정표

		1년차 (22.5~23.5)												보완 (23.8~23.12)				
구분	세부 연구개발내용	수행일정(개월)												수행일정(개월)				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
사업 추진 계획	기획연구 착수	■																
	대내외 환경분석		■	■														
	기획목표/방향성 설정			■														
	연구기획위원회 개최				■			■				■						
	PC업계 간담회 개최					■					■							
	기술 수요조사 실시						■	■										
	세부 기술/계획안 도출				(1차)				(2차)									
	실증사업 위원회 개최 (기존사업 성과 종합검토)			■			■				■							
보고서 작성	기획보고서 작성											■	■					
	기획보고서 수정보안/제출																	
보완 기획	핵심 구성기술 보완													■	■	■		
	보완기획보고서 작성																■	■

2. 기획연구 추진체계



- 주관기관 : 이화여자대학교 산학협력단 (총괄책임자 이준성)
 - 이화여자대학교 연구진은 건설산업 관리 분야에 대한 고도화된 전문성과 및 풍부한 산업 실무경험(공동주택 및 고층철골조 프로젝트 현장)을 바탕으로 건설사업관리 분야에서 건설생산성 제고를 위한 다양한 이론적 연구 및 요소기술을 보유하고 있음
 - 건설생산체계 혁신 및 건축 생산성 제고를 주제로 다양한 과제수행 및 학술적 성과를 발표하였을 뿐 아니라, 『Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신 기술 개발』 과제의 총괄 임무를 수행하고 있음.

- 공동기관 : 한국건설기술연구원 (공동책임자 강태경)
 - 한국건설기술연구원은 국내 최대 건설분야 종합 연구기관으로, 건축, 토목, ICT 융합 등 건설기술 전반의 연구개발과 건설산업 혁신 활동을 병행하고 있음. 「제6차 건설기술진흥기본계획」을 수립한 경험이 있는 건설정책 연구소 중심으로 수행

- 연구기획위원회
 - “PC 공동주택 대량공급의 경제성 확보를 위한 고성능·고층화·고효율화 핵심분야 개발” 과제에서 중점적으로 추진되어야 하는 핵심 3개분야(설계·엔지니어링, 생산제조·조립시공, 제도정책 및 사업모델 발굴)에서 각 구성기술들을 선정하고 이에 대한 세부계획(안)을 마련
 - (핵심 구성기술 후보 도출) 주요 동향 분석 및 성과 분석 결과, 기술수요 조사 결과 등에 따른 세부기술별 핵심분야와 그에 따른 구성기술 후보 도출
 - (핵심·구성기술 선정) 도출된 세부기술별 핵심분야에 대한 기술수요기관의 주요 이슈, 기존 기술과의 중복성, 기술의 실현가능성, 기술개발 목표의 적합성, 정부투자의 적정성, 기술의 경제성 등을 검토하여 핵심분야 및 구성기술 선정
 - (전문적 기획 수행) 추진 과제(기술)에 대한 전문적 지식을 바탕으로 사업별 세부과제 및 핵심분야의 개발 상세기획내용(목표, 연차별 연구내용, 소요기간 및 예산, 최종 성과물, 활용방안, 기대효과, 성과지표 등) 작성
 - (세부계획(안) 마련) 상세기획 작성에 필요한 전문적 자료의 질적·양적 수준을 제고하고, 기획위원 간 의견 수렴 및 작성 내용의 종합을 통해 객관적이고 체계적인 상세 기획(안)을 도출

구분	성명	소속	직위/직책	기관분류	비고
1	이범식	한국토지주택공사	연구위원	연	핵심분야1
2	유정호	광운대학교	교수	학	핵심분야1
3	하태훈	대우건설	수석연구원	산	핵심분야1
4	차희성	아주대학교	교수	학	핵심분야1
5	권순욱	성균관대학교	교수	학	핵심분야1
6	조태용	DA종합건축사사무소	전무	산	핵심분야1
7	이진섭	삼표 P&C	상무	학	핵심분야1
8	조훈희	고려대학교	교수	학	핵심분야2
9	김진영	아주대학교	교수	학	핵심분야2
10	김태완	인천대학교	교수	학	핵심분야2
11	김종명	GS건설	책임연구원	산	핵심분야2
12	강창훈	현대엔지니어링	실장	산	핵심분야2
13	이재만	롯데건설	책임연구원	산	핵심분야3
14	김형근	서울주택도시공사	실장	연	핵심분야3
15	김진성	서울주택도시공사	수석연구원	연	핵심분야3
16	구정모	디엘이앤씨	팀장	산	핵심분야3

○ 실증사업기획위원회

- 기존 선행과제의 실증사업의 전 분야(공기, 공사비, 안전, 품질, 주거 성능 등)에 대한 객관적 검토
- 실증사업의 객관성 확보, 사업 성과물의 문제점, 이슈사항 등 논의
- 선행과제에서 진행된 PC공동주택 실증사업에 대한 성과 및 개선사항을 분석

구분	성명	소속	직위/직책	비고
1	이준성	이화여자대학교	교수	-
2	이범식	한국토지주택공사	연구위원	-
3	강태경	한국건설기술연구원	소장	-
4	김형근	서울주택도시공사	실장	-

○ 연구 협력기관

- 본 기획연구의 특성 상 건설관리, OSC, 건설정보 인프라 등 다양한 분야의 전문성이 효율적으로 발휘되어야 함. 본 기획연구에서는 주관/공동 등 직접 참여 연구진 외 각 영역의 산업체 또는 공공기관과의 적극적인 연구협력 체계를 구축하고 전문성 높은 아이디어 및 의견 등을 수렴함.
- 현장중심, 산업 중심의 기술개발 계획을 위해 산업 최고 수준의 기술을 보유한 기업들과 연구 협력체를 구성함

[표 1] 협력기관 목록

구분	협력기관
실증기관	 
협력기관 (산업계)	       
협력기관 (학계)	       
국외 협력기관	   

III. 기획연구과제의 수행 결과





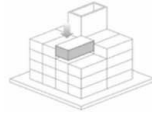

1. 기술의 정의 및 범위

1.1 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.
 - 공동주택: 건축법 시행령에 따른 공동주택
 - 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
 - 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.

1.2 OSC 분류 및 본 연구 대상

- OSC 생산방식은 주요 구조부 자재, 부재결합방식 및 프리패브화 정도에 따라 아래 그림과 같이 분류함.
- 본 연구에서는 주 자재로는 Precast Concrete(PC)를 활용하고 있으며, 부재결합방식은 기둥-보 방식과 벽식판넬 방식을 주로 대상으로 하고 있음.

Off-Site Construction			
	OSC란, 신속하고 효율적인 시공을 지원하기 위해 건축물이 설치된 부지 이외의 장소에서 부재(Element), 부품(Part), 선조립 부분(Pre-assembly), 유닛(Unit) 등을 생산 후 현장에 운반하여 설치 및 시공하는 방식		
Material 소재에 따른 구분			
	Precast Concrete	목재	강재
Structure 구조에 따른 구분			
	라멘	벽식	박스 (적층, 인필 등)
Assembly 조립도 따른 구분	부재 (element) (기둥, 보, 슬래브, 벽체 등)	부품 (component/part) (창호, 복합판넬, 설비시스템 등)	유닛 (unit) (모듈러, UBR 등)

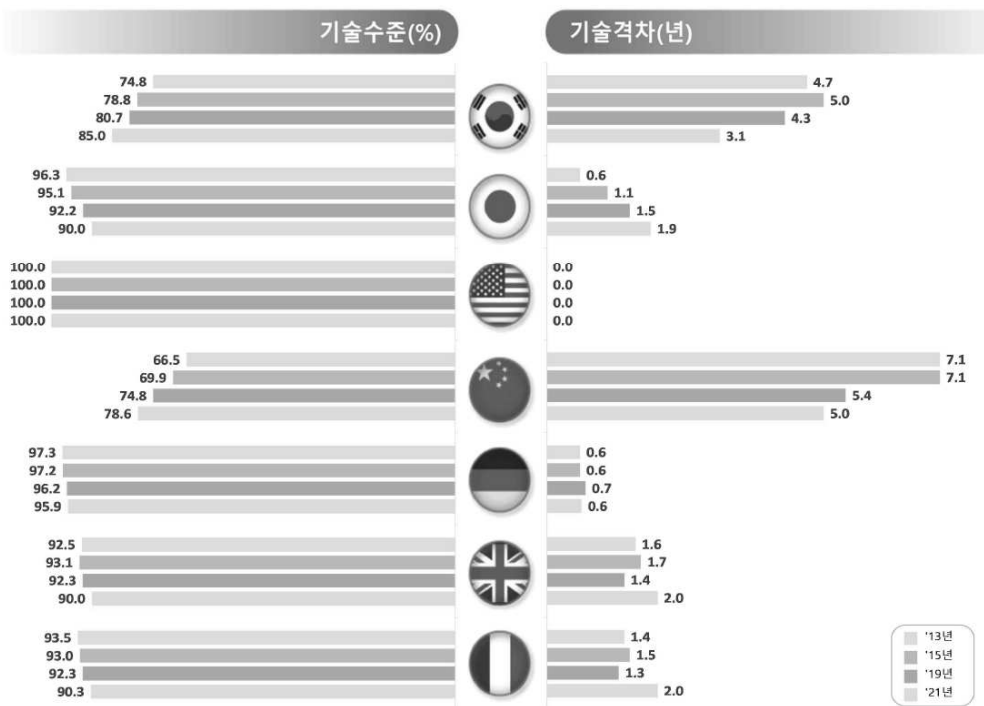
[그림 5] OSC 분류 및 본 연구 대상

2. 연구추진 배경 및 필요성

2.1 연구추진 배경

(1) 건설산업 경쟁력 저하

- 한국건설기술연구원의 글로벌 경쟁력 평가에 따른 국내 글로벌 건설 경쟁력 순위는 2014년 8위에서 2016년 6위까지 상승하였다가 2018년 12위로 하락하였음. 2017~2018년 구간에서 연평균건설시장성장률(CAGR)이 조사대상 20개국 중 최하위를 기록한 것이 해외수주 부진(시공부문 해외 매출 비중 15위, 설계부문 해외 매출 비중 17위)과 맞물려 종합순위 하락으로 이어짐.¹⁾ 최근 국제 경쟁 심화, 신규 기술인력 유입 부족, 기능인력 저숙련화, 고임금 및 근로시간 단축 등 전반적인 산업환경의 악화로 그 순위가 더욱 하락할 우려가 있음.
- 특히 2021년 최고기술 보유국 대비 국내 건축분야 기술수준 및 격차는 각각 80.0%, 3.3년으로, 2019년 대비 기술수준은 3.8%p 향상되었으며 기술격차는 1.5년 축소됨. 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 6] 건축분야 기술수준 및 격차
(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.
- 건설기능인력²⁾ 중 50대 이상의 비중은 2022년 62.2%로 전 산업 평균인 30.8%를 훨씬 상회하고 있음. 한국고용정보원에 따르면 건설업의 20대 이하 청년층 고용 비중은 2022년 6.9%로 매우 낮은 수준이고 건설현장 평균 진입연령은 37.0세임. 건설기능인력의 평균연령이 53.1세로 고령화는 지속 가중되고 있는

1) KICT INSIGHT vol.6 건설산업 글로벌 경쟁력 평가의 시사점 및 정책과제 (한국건설기술연구원, 2019)

2) 건설기능인력은 건설현장에서 육체노동에 종사하는 '기능원 및 관련기능 종사자', '장치기계조작 및조립종사자', '단순노무 종사자' 등 합한 개념임.

실정이며, 외국인 근로자 수도 전체 근로자의 11% 수준이며 빠른 속도로 증가하고 있음. 이에 따른 기능 인력의 저숙련화 문제가 대두되고 있음.

[표 2] 산업별 50대 이상 취업자 비중 (출처: 통계청, 건설근로자공제회)

산업별	2022			2021			2020		
	전체 취업자(A)	50대이상취업자(B)	비중(B/A)	전체 취업자(A)	50대이상취업자(B)	비중(B/A)	전체 취업자(A)	50대이상취업자(B)	비중(B/A)
계	28,485	8,772	30.8	2,111	8,276	30.0	26,930	7,895	29.3
제조업	4,504	1,026	22.8	4,397	924	21.0	4,377	9.50	21.7
건설업	2,096	1,148	54.8	2,109	1,129	53.5	2,069	-	-
건설기능인력	1,494	930	62.2	1,534	914	59.6	1,524	910	59.7

(단위: 천명, %)

- 건설현장 기능인력 수급 불균형 문제에 대한 해결 방안으로서 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, 건축생산체계의 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

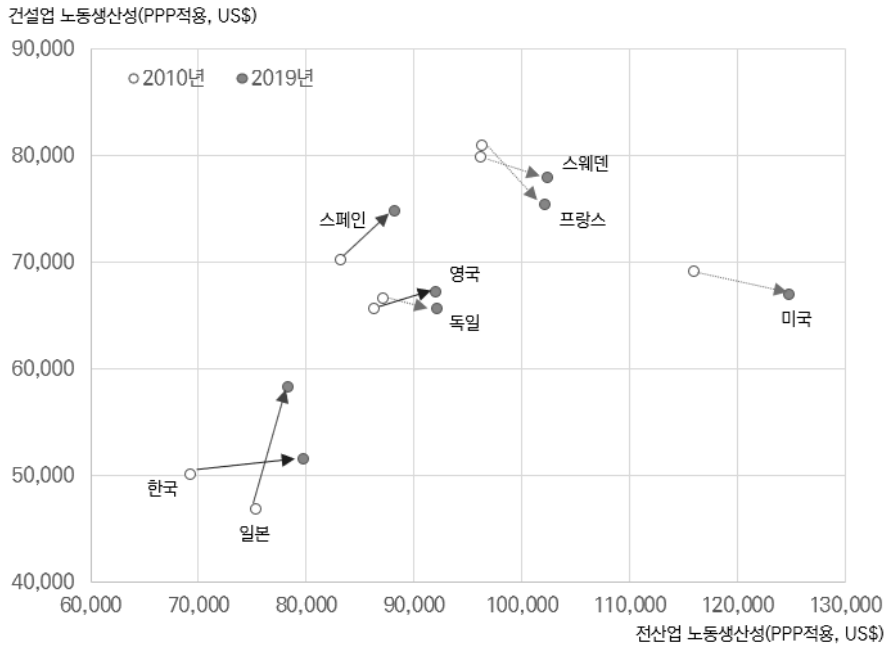
- 국내 건설산업의 주력시장인 시공분야도 선진국 대비 노동생산성이 50% 수준으로 개도국과의 기술격차가 좁혀질 경우 급격한 입지위축이 우려됨.
- 한국생산성본부의 부가가치 노동생산성지수에 따르면, 국내 건설업의 경우, 타 산업에 비해 매우 낮은 수준임. 건설업의 종업원 1인당 부가가치 증가율은 2015~2022년간 연평균 -4.1%로, 제조산업 평균 1.6%에 비해 매우 낮음.

[표 3] 부가가치 노동생산성지수(전년동기대비 증가율)

산업별	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	평균
제조업	-1.3	2.0	3.1	1.3	0.3	-1.0	7.9	0.6	1.6
건설업	-5.7	-0.4	1.8	-5.0	-5.7	-15.2	-2.1	-0.4	-4.1

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

- 2021년 한국건설산업연구원의 '한국 건설산업 생산성 분석'에 따르면, OECD 35개 국가 중 우리나라 건설산업의 노동생산성 순위는 2010년 22위(5만 214 US달러)에서 2019년 26위(2019년 5만 1,603 US달러)로 하락함. 동기간 우리나라 전산업의 노동생산성은 2010년 23위(6만 9,227 US달러)에서 2019년 22위(7만 9,660 US달러)로 한 단계 상승했으며, 이는 제조업의 노동생산성 향상에 따른 결과로 분석됨.
- 글로벌 건설시장에서 점유율이 높고 우수한 건설기술을 보유한 미국, 영국 등 주요 선진국과 우리나라의 노동생산성 변화를 분석한 결과, 우리나라 건설산업의 노동생산성은 여전히 주요 선진국 수준에 미치지 못함. 특히 OECD 국가 간 비교에서 순위가 하락하고 있는 점을 고려할 때 앞으로 국내 건설산업 생산성 향상을 위한 적극적인 노력이 필요함.



[그림 7] 주요 국가 건설산업 및 전산업 노동생산성 변화
(출처: 한국생산성본부, 2021 노동생산성 국제비교)

- 건설산업 생산성 향상을 도모하려면 개별 스마트 건설기술의 개발보다는 생산체계의 정형화/표준화를 통한 건설 생산방식 전반의 혁신이 이루어져야 함. 기존의 비정형/비표준적인 건설산업 환경에 대응 가능한 기술 분야는 현장을 공장화하는 로봇릭스/건설자동화 공법, 설계와 건설 부재의 표준화, 업무 프로세스의 표준화 등이 있음.³⁾

(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. 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.
- 최근 5년간 '국토교통부 하자심사 분쟁조정위원회'에 접수된 하자신고 건수는 총 24,285건으로 2017년 4,089건, 2018년 3,818건, 2019년 4,290건, 2020년 4,402건, 특히 2021년에는 7,686건으로 급격히 증가한 것으로 나타남. 같은 기간 신고접수 된 하자 유형은 크게 균열과 기능불량, 결로, 들뜸 및 탈락, 결로, 누수 등이었으며 이중 균열이 총 9,805건으로 가장 많았고 이어 기능불량 8,722건, 들뜸 및 탈락 6,980건, 결로 6,347건, 누수 3,057건 순으로 집계되는 등 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.

3) 건설동향브리핑 제934호 (한국건설산업연구원, 2023.12.01.)

(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 핵심 기술을 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-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.

2.2 연구추진 필요성

(1) 건설산업 환경 변화에 따른 고도화된 OSC 시스템 구축의 필요성

○ 코로나19 팬데믹으로 인한 변화

- 코로나19는 전 세계적으로 경기 침체, 실업 증가, 소득 양극화 등과 같은 문제점을 야기하였으며, 건설업계 역시 코로나19로 인해 공사 중단 및 지연, 인력 부족, 투자 및 수주 감소 등의 어려움을 경험.
- 특히 건설산업은 노동집약적이고 현장 의존적인 산업이기 때문에 대면접촉이 많아 코로나19로 인한 팬데믹 상황에서 타 산업보다 많은 영향을 받았음. 이에 건설업계는 비대면·탈현장을 위한 생산 및 작업 방식의 변화를 본격적으로 모색하고 있음.
- 코로나19는 디지털 기반의 산업구조 변화를 통해 건설산업의 혁신을 추진하고자 하는 기존의 움직임을 가속화시킴.

○ 현장 중심의 생산체계 탈피 및 OSC의 확산

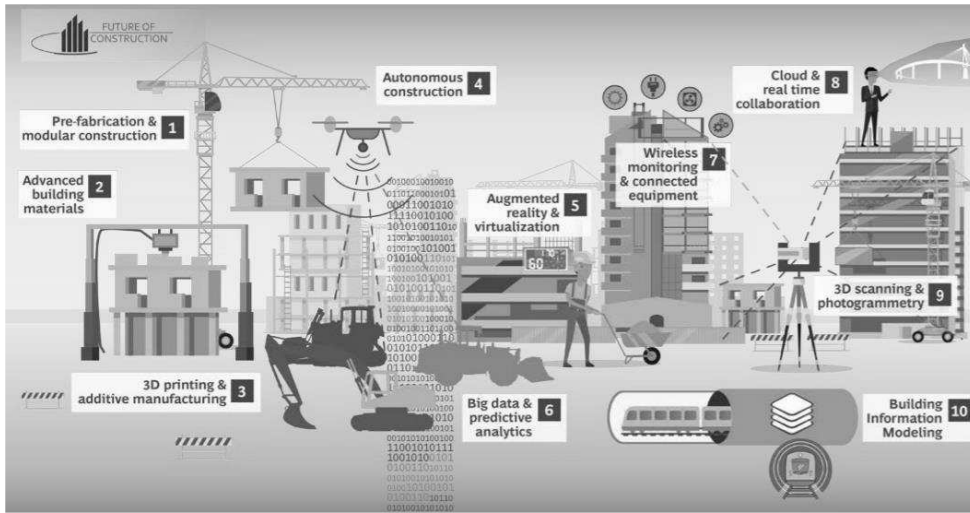
- 최근 건설업계에서는 건설인력 부족, 기후변화 등의 이유로 현장 중심의 생산체계를 공장생산 방식으로 전환하려는 움직임이 있음.
- 건설현장에 신규 인력은 유입되지 않고 기존 인력은 고령화되어 건설기능인력 부족 및 기능인력의 저숙련화 등의 문제가 심각해지고 있음. 이에 따라 건설현장 작업 시 단순노무 개입을 최소화하여 기능인력에 대한 수요를 감소시킬 방안이 필요함.
- 기후변화로 인한 폭염, 폭우 등은 현장 작업 일수에 영향을 주며, 옥외작업을 주로 수행하는 건설작업자의 건강에도 큰 영향을 미침. 또한 기후변화는 현장 변동성을 증가시켜 공기 증가, 공사비 상승, 품질 저하 등의 문제를 발생시키기 때문에 이에 대한 대응책이 필요함.
- 이처럼 건설산업의 전통적인 생산체계는 여러 한계에 직면해 있으며, 전 세계적으로 현장 중심 생산체계의 탈피를 위해 OSC 방식을 채택하고 건설산업 전반으로의 적용 및 확대를 위해 노력하고 있음.

○ 건설산업의 생산성 제고

- 한국건설산업연구원의 2023년 12월 건설동향브리핑에 따르면, 다른 산업의 노동생산성은 꾸준히 증가하고 있는 반면 국내 건설산업의 노동생산성은 2017년 이후 지속적으로 하락하고 있음.⁴⁾ 건설산업 부문 기능인력의 고령화 등으로 인한 숙련공 감소와 외국인 노동 인력 증가, 생산체계의 비효율 등으로 인해 2017년 대비 2022년 노동생산성 지수는 27.6% 하락함.
- 노동생산성 지수의 하락이 공사단가 등 공사비의 하락에 따른 착시현상인지 검토하기 위해 건설공사비지수를 살펴봄. 그 결과 같은 시기에 건설공사비지수는 36.4% 상승⁵⁾한 것으로 나타나며 건설산업의 노동생산성 지수가 하락한 원인은 건설산업의 생산체계 자체의 문제인 것으로 분석됨. 타 산업의 노동생산성은 증가한 반면, 건설산업은 감소하는 추세로서 건설산업 생산체계 전반의 문제 해결방안 모색이 시급함.
- 한편, 맥킨지 글로벌 연구소(MGI)에 따르면 산업의 생산성 증가율은 디지털화 수준과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타남. 따라서 건설산업의 저생산성을 극복하기 위해서는 디지털 전환이 필수적이며 다양한 스마트 건설기술을 활용하여 산업 전반에 디지털 혁신을 이루어야 함.
- 2018년 세계경제포럼(World Economic Forum)에서는 건설 분야의 생산성 향상을 위한 10가지 디지털 기술을 제시하였음. 또한 국내 건설기업에서 선정한 향후 건설산업에 우선 적용될 스마트 건설기술로 'PC 및 프리패브 등 모듈러 공법'과 '지능형 건설장비 및 로봇틱스'가 꼽혔음.

4) '노동생산성지수', 한국생산성본부, 시간당 노동생산성 지수로서, 2020년의 노동생산성지수가 100임.

5) 2017년 12월 건설공사비지수 108.9, 2022년 12월 건설공사비지수 148.6, 한국건설기술연구원



[그림 8] 건설 분야 생산성 향상을 위한 10가지 디지털 기술
(출처: World Economic Forum)

- 디지털 기술 강화를 위해서는 건설업을 제조업식 대량생산 시스템으로의 전환이 요구됨. 이에 따라 부재 표준화, 사전조립, 모듈화 등을 통한 대량생산 체제 구축 방안이 제시되어야 함. 즉 건설현장 '적응방식'과 '공장화 방식'으로부터 출발하는 탐다운 형태의 기술개발 체계를 적용할 필요가 있음. 따라서 OSC나 모듈러와 같은 공장 제작 및 현장 설치 방식 체계를 적극적으로 도입한다면 건설현장의 대량생산 체제의 구축과 더불어 다양한 외부 요인에 따른 리스크를 배제할 수 있음.

○ 건설현장 안전관리 중요성 증대

- 건설업은 산업재해가 가장 많이 발생하는 업종 중 하나로, 재해율 감소는 건설산업의 지속적인 과제임. 특히 국내에서는 2021년 '중대재해 처벌 등에 관한 법률'이 제정되면서 건설산업 안전관리의 중요성이 더욱 강조되고 있으며, 2024년부터는 50인 미만의 사업장에도 확대 적용 예정임.
- 탈현장화의 확산은 현장에서 수행되는 작업과 노동력을 감소시킬 수 있으므로 건설현장에서 안전사고 발생 가능성이 줄어듦. 또한 최근에는 다양한 스마트 기술을 활용한 건설현장 안전관리 시스템이 개발되어 현장에 적용되는 추세임.

○ OSC는 현장 기반 건설산업에서 만연한 저생산성, 노동력 부족, 높은 사고율 등에 대한 해결책으로 주목받고 있으며, OSC 시스템 구축 및 확산에 대한 요구가 커지고 있음.

- OSC 방식은 현장 생산방식과 달리 표준화되고 통제된 환경에서 부재를 생산하기 때문에 외부 요인의 영향을 최소화할 수 있고, 공기, 공사비, 품질, 안전 및 생산성 측면에서 이점이 있음.

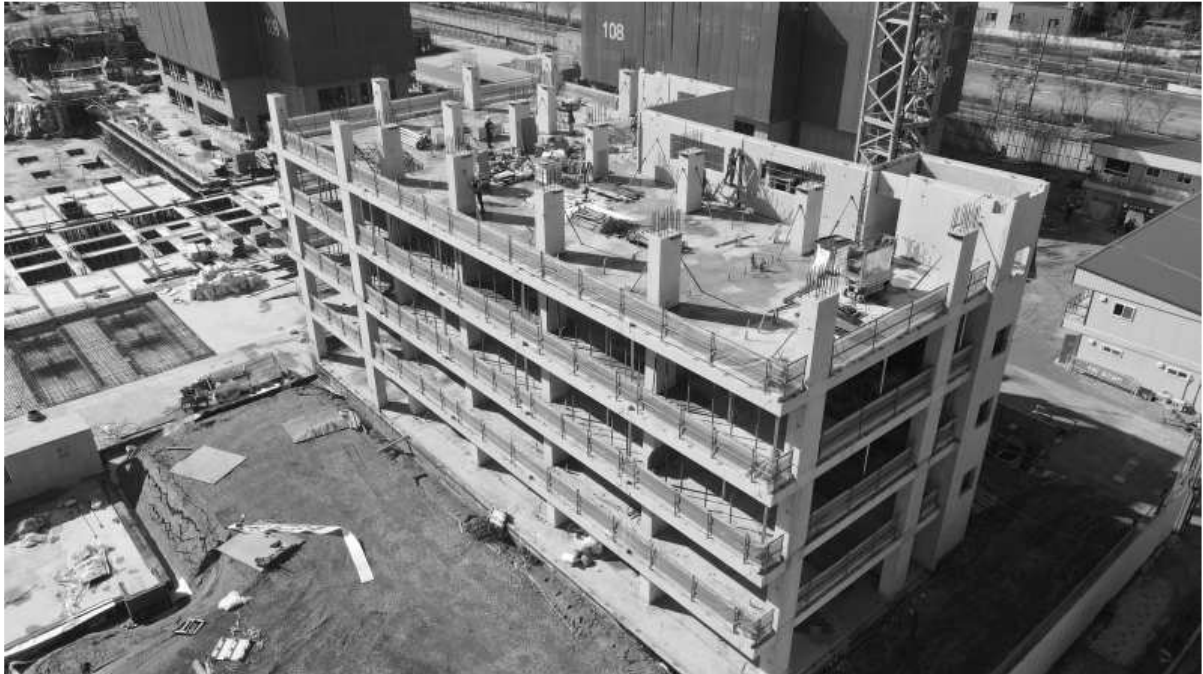
(2) 고층·단지형 PC 공동주택 실증사업을 통한 OSC 시스템 실효성 입증의 필요성

○ 선행 PC 공동주택 실증사업의 한계 극복

- PC 공법은 1960년대 국내에 처음으로 도입되어 1990년대 초반까지 지속적으로 발전함. 1991년 PC 공동주택의 보급 및 확대 정책이 있었으나, 기술력 부족으로 인한 품질 문제 등으로 인해 중단된 이후 활성화되지 못하고 있었음.
- 그러나 최근 건설산업의 현장 중심 생산체계의 한계를 극복하기 위한 해결책으로 재차 OSC 방식이 주목받으면서 실증사업을 포함한 관련 R&D 과제가 수행되었고, 실증사업을 통해 OSC 방식을 이용한 PC 공동주택 공급의 실현 가능성을 확인한 바 있음.
- LH는 김포한강(16m², 지상 4층, 146세대, 2020년 12월 준공)과 아산탕정(37m², 지상 7층, 36세대,

2022년 7월 준공)에 각각 벽식과 라멘식으로 PC 공동주택 자체 시범사업을 시행함.

- 하지만 시범사업의 규모가 중저층으로 한정되었고 대상 공종이 골조공사에 국한되었다는 한계가 있었으며, 그 적용 범위 또한 제한적이어서 단지 규모까지 활용되지 못하였음. 이러한 한계로 인해 사업수행단계 측면에서 OSC 생산방식의 전체적 검증이 이루어지지 못하였으며, 전통적인 RC 방식과의 실질적 비교도 어려움.



[그림 9] 평택 고덕 PC 아파트 현장 (선행과제 실증사업)

- OSC 생산시스템 및 PC 공동주택의 보급 및 확산을 위한 기반 조성
 - OSC 생산시스템기반 공동주택의 보급 및 확대를 위해서는 사업성과와 성능 측면에서 타당성을 뒷받침할 수 있는 객관적 입증이 요구됨. 예를 들어 공기, 공사비, 안전, 품질, 주거성능 등에 대한 객관적 검토가 이루어져야 함.
 - PC 공동주택의 실질적 보급 및 확산을 위한 연구개발 및 실증사업은 OSC 생산시스템 생태계를 먼저 구축하고 해당 기반 위에서 수행되어야 함. 기존 실증사업의 경우 OSC 기술을 부분적으로만 적용하였기 때문에 OSC 생산시스템이 사업 전반에 적용되었을 때만큼의 기대효과를 얻지 못하였음.
- 기존 실증사업의 한계를 극복하고 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템의 검증하고, 그 성과를 보급 확산하기 위해서는 PC 공동주택의 고층·단지화 실증사업 수행이 절대적으로 필요함.

(3) 설계·시공·유지관리 측면에서의 실질적 성과 달성방안 제시의 필요성

- 기술융합을 통한 OSC 핵심분야 고도화 및 스마트 관리기술 표준화의 필요성
 - OSC는 건설업의 현장중심 생산시스템과 제조업의 대량생산 시스템의 융합임. 건설산업 전반에 걸쳐 OSC 방식을 도입하고 산업적 성과로 이어지기 위해서는 업무 프로세스, 요소기술, 데이터 활용 인프라, 산업제도 등에 대한 포괄적인 변화가 이루어져야 함.
 - OSC 생산시스템의 핵심분야의 경우 효과적인 성과를 달성하기 위해서는 기술 간 상호 융합이 필수적으로

이루어져야 하며 표준화를 통해 관리를 용이하게 하여야 함. 이러한 과정을 통해 기술융합의 시너지 효과가 날 것으로 기대되며 부가가치 역시 창출될 것으로 예상됨.

○ 설계단계에서의 추가연구 필요성

- 기존 PC 공동주택 시범사업(그림 9)은 RC 구조로 설계 완료된 단지의 1개동만을 차후에 PC 부재로 변경하는 전환설계로 진행함. 해당 사업은 PC 부재의 제작 및 조립의 효율성을 사전에 고려한 설계가 이루어지지 못한 채 수행되었다는 점에서 생산성 향상에 한계가 존재함.
- 기존 현장생산방식과 OSC 방식의 생산성 비교를 위해서는 설계부터 시공, 유지관리 단계에 이르기까지 생산시스템의 모든 주기를 고려하여 사업을 수행하여야 함.
- 기존 연구에서 단위세대 구성요소에 국한된 부재설계 표준화를 전체 단지규모 차원에서 부재유형을 최소화할 수 있는 표준화로 확장해서 수행해야 함

○ 시공단계에서의 추가연구 필요성




- 미래 건설시스템 및 주택을 위한 시공단계 요소기술은 오랜 기간 동안 개발되어 왔고 시범적으로 적용되었으나, 아직 기존의 건설생산시스템을 대체할 만한 수준에는 이르지 못하고 있음.
- 요소기술 개발의 경우 특정 공종에 국한되어 이루어지는 경우가 많고, PC 공동주택 실증 및 시범사업의 경우 현재까지 대부분 소규모로 수행되었기 때문에 실질적인 시공 기술의 효과성을 검증하기에 어려움이 있었음.
- 따라서 현재까지 개발된 시공단계의 요소기술들을 적정 규모 이상의 실증사업에 적용하여 시공표준화에 기반한 주거성능 확보, 공간의 다양화, 대량 공급 등의 다양한 측면에서 평가할 필요가 있음.

○ 유지관리단계에서의 추가연구 필요성

- 현재까지 수행된 실증사업의 가장 큰 한계 중 하나는 OSC 기술에 대한 지속적 모니터링과 거주자 사후평가(POE)에 기반한 유지관리 단계에서의 관리기술 부재라고 할 수 있음.
- OSC 기반의 PC 공동주택 유지관리 시스템 체계를 구축하기 위해서는 지속적인 평가관리 데이터가 필수적이며, 이를 설계 및 시공단계와 연계할 수 있는 방안을 고려하여 본 과제 연구내용에 반영하고자 함.

○ OSC기반 생산시스템의 실질적 성과를 달성하기 위해서는 설계, 시공, 유지관리 단계에 이르기까지 전(全) 과정을 통합관리 할 수 있는 기술개발이 필요함.

PC공동주택의 고층·단지화를 위한 OSC 고도화 기술개발

<p>I</p> 	<p>건설산업 환경 변화 대응</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전통적인 현장중심 생산체계의 한계 → 디지털 생산혁신 • 고질적인 건설산업 저생산성 → 제조업 생산방식 도입 • 안전관리 중요성 증대 → 현장내 위험작업 축소 • 스마트건설 활성화 → 산업고도화 견인
<p>II</p> 	<p>OSC 시스템 확산을 위한 실효성 입증</p> <ul style="list-style-type: none"> • OSC 확산을 위해서는 PC공동주택 고층·단지화 구축 필요 • 선행 실증사업 성과분석을 통한 객관적 사업성과지표 제시 필요 • OSC 생산시스템 생태계 구축 및 활성화
<p>III</p> 	<p>설계·시공·유지관리 전과정 통합관리</p> <ul style="list-style-type: none"> • OSC 핵심 기술 고도화 및 표준화 • 선행 실증사업 연계 POE에 기반한 유지관리 시스템 구축 • 설계·시공·유지관리의 건축물 생애주기 통합 관리

[그림 10] 과제추진 필요성

2.3 사업추진 근거 및 정부지원의 타당성

(1) 사업추진 근거

○ 제7차 건설기술진흥기본계획(2023.12), 제6차 건설산업진흥기본계획(2023.12)

- 「제7차 건설기술진흥기본계획(‘23.12)」의 비전은 “첨단기술 확산을 통해 다시 도약하는 건설산업”이며, 5대 추진방향 중 “디지털 전환을 통한 스마트 건설 확산”의 주요 추진과제에 “생산시스템 자동화·모듈화”가 포함되어 있고, “OSC 기반 건설산업 제조화”를 위한 제도정비, 공공발주 확대, 인센티브 부여, 성장기반 마련, 인식 개선 등 세부과제를 제시하고 있음.

- 「제6차 건설산업진흥기본계획(‘23.12)」의 비전은 “건설산업 혁신기반 구축을 통해 지속가능한 성장동력 확보”이며, 3대 목표 중 “신성장 동력 확보”의 중점과제 “스마트건설 활성화” 추진방안에 “생산시스템의 자동화·모듈화”가 포함되어 있고, 세부 추진과제에 OSC 기준반영, OSC 핵심기술 고도화(기술개발 지원 포함), 시장활성화 등 OSC 시장확대를 위한 세부과제를 제시한 바 있음.

- 이처럼 국토부는 건설기술과 건설산업 선진화에 있어 OSC가 중요한 키워드이고 관련 R&D의 필요성을 충분히 인지하고 있으며, 관련 중·장기 계획을 통해 정부의 인식을 분명히 하고 있음.

○ 과학기술정보통신부 2020년도 정부연구개발 투자방향 및 기준

- 혁신성장 대응을 위한 정부 주도의 투자 및 제도개선 추진을 통해 핵심분야 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.

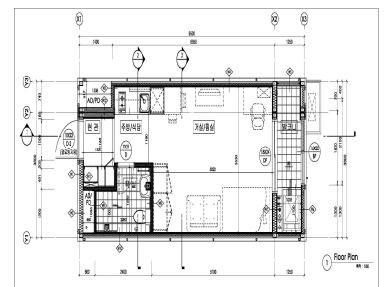
- 「혁신 성장을 위한 사람 중심의 4차 산업 혁명 대응 계획 (‘18.06)」 중 주거 관련 대응전략
 - 4차 산업 혁명위원회에서 발표한 4차 산업혁명 대응계획은 디지털제조를 위한 스마트공장의 “생산 최적화” 단계로 고도화, 스마트하우스 고도화 등을 목표로 하고 있으며, ‘기술 + 데이터 + 인프라 + 확산 + 제도 개선’ 등을 연계하는 패키지 기술을 강조함.
 - 또한 기술경쟁력 확보를 위해 지능화 기술 R&D에 총 2.2조원을 투자할 계획을 발표하였는데, 주요 투자 내용으로는 LiDAR(Light Detection And Ranging) 등 9대 핵심부품 개발, 산업용 드론 집중육성, 융합 기반 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 “4차 산업혁명 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.
- 「제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(‘23.9)」에 PC 등 OSC 기술개발을 통한 건설 프로세스 제조업화 명시
 - 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획의 비전은 “기술혁신을 통한 공간과 이동의 패러다임 대전환”이며, 12개 기술과제 중 “스마트 디지털 건설”의 기술전략트리에 “건설 프로세스의 제조업화”가 포함되어 있고 PC 공동주택 등 OSC 기술개발 추진 등의 추진방향을 명시하고 있음.
- 「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 11] 공업화 주택의 구조안전성 확보 및 주거성능 향상을 위한 실증단지 (국토교통부, 2018)

- 기타 주요 정책
 - 우리나라의 연간 근로시간은 2,052시간으로 OECD 국가 중 2위를 차지할 정도로 산업 불문하고 장시간 노동에 노출되어 있었음. 건설산업은 특히 노무 중심의 산업으로 인력의존도가 크며, 근로자의 노동력이 생산 활동에 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.

- 2021년 '중대재해 처벌 등에 관한 법률'이 제정되면서 건설산업 안전관리의 중요성이 더욱 강조되고 있으며, 2024년부터는 50인 미만의 사업장에도 확대 적용 예정임.

(2) 정부지원의 타당성

- 본 연구는 OSC 기반 PC 공동주택의 고층·단지화 실현을 통해 국가의 주택공급망 안정화에 기여하고 OSC 고도화 기술개발을 통해 전반적인 건설생산체계 혁신을 견인할 것으로 기대됨. 결과적으로 OSC기반 공동주택 생산시스템이 건설산업의 저생산성, 노동력 부족, 높은 사고율 등에 대한 해결책으로서 작동하기 위해서는 다음과 같은 측면에서 국가지원이 요구됨.

■ 정책적 측면

- 정부는 「중대재해 처벌 등에 관한 법률 (‘22.1)」, 「제7차 건설기술진흥기본계획 (‘23.12)」, 「제6차 건설산업진흥기본계획 (‘23.12)」, 「제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(‘23.9)」 등 안전 관계 법령과 중장기 계획에 안전 향상과 생산성 제고를 중요한 정책 방향으로 제시하고 있으며, OSC를 통한 건설산업 및 프로세스 제조화는 안전 향상 및 생산성 제고에 있어 중요한 추진과제로 명시되어 있음.
- 최근 국가 정책들은 기술혁신, 산업 인프라·생태계 조성, 제도개선 등을 연계하는 패키지 지원 방식의 연구 및 기술개발 투자를 도모하고 있음. 따라서 본 연구에서 제시하는 OSC기반 공동주택 생산시스템 혁신기술 역시 기술개발과 더불어 OSC 생태계·인프라 조성, 건축물 생애주기 관리 등 산업의 전반적인 이슈를 다루는 연구의 패키지화가 요구됨.
- 또한 실제 건설생산을 담당하는 2차 생산 중소/중견 기업에 대한 정책적 지원을 통해 양질의 일자리를 창출하고, 국가경제를 활성화할 수 있는 기반의 조성이 필요함.

■ 경제·사회적 측면

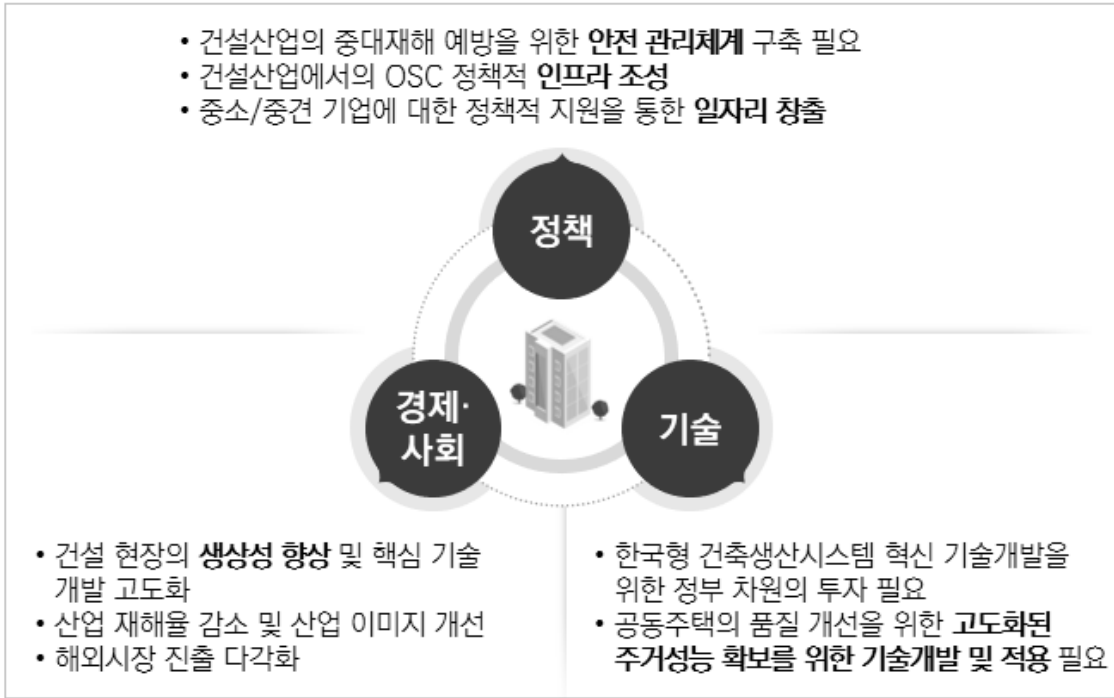
- 건축 생산시스템의 혁신을 위한 선제적 투자를 통해 건설 현장의 생산성을 향상시킬 수 있는 핵심분야를 개발하고, 개별적인 공동주택 사업뿐만 아니라 건설산업 전반의 경제적 측면에서도 도움이 될 수 있는 생산시스템 방안을 모색할 수 있음.
- 첨단 융합기술을 기반으로 한 건설기술의 적용은 현장 중심 생산체계에서 벗어나 제조업과 같은 안정성을 도모할 수 있으며, 건설기술 고도화를 통해 저생산성, 기능인력 부족 및 낮은 신규 인력 유입률, 높은 재해율과 같은 기존 건설산업의 문제점을 해결할 수 있음.
- 결과적으로 현재 부정적인 건설산업의 이미지를 개선할 수 있을 것이며, 유능 인력 및 청년층 유입 활성화로 이어질 수 있음. 나아가 생산구조의 혁신, 일자리 혁신 등 산업 전반에 긍정적 결과를 가져올 것으로 예상됨.
- 또한 최근 네옴시티 건설계획과 우크라이나 사태 등으로 인한 OSC 해외시장 확대가 예상되고 있어, 축적된 OSC건설 역량을 통한 해외건설 수주 활성화가 기대됨.

■ 기술적 측면

- 과거 국내 건설산업은 선진국 추격형 모델을 바탕으로 하였으나, 쿼텀 점프를 위해서는 한국형 모델을 개발하는 것이 필요하며 이를 위한 정부 차원의 기술개발 투자가 필요함. 민간기업 차원에서 관련 기술개발이

개별 기업별로 진행되고 있지만, OSC기반 건축생산시스템의 경우 기업 수준에서 건설산업의 전반적인 시스템을 다루는 데에 한계가 있으므로 정부 차원의 지원이 선행되어야 함.

- 뿐만 아니라 로봇, 드론, 3D 프린팅 등 타 분야의 원천기술을 건설 분야에 효과적으로 적용하기 위해서는 정부의 산업 규제 완화 및 정책 지원이 필요함. 스마트 건설기술의 확산은 건설산업의 확대에도 긍정적 역할을 할 것임.
- 국내 건설분야에서 중요한 비중을 차지하고 있는 공동주택의 경우 품질 저하에 대한 민원이 점차 증가하고 있음. 민원의 주요 내용은 누수 발생, 바닥 균열, 타일 들뜸, 창문 여닫힘 문제, 결로 현상, 보일러 고장 등과 같은 건설 품질과 관련된 원인이 대다수였음. 따라서 공동주택의 품질을 개선하기 위한 해결책으로써 고도화된 기술개발 및 적용이 필요함.



[그림 12] 기획연구과제의 정부 지원 필요성

(3) 산업부문별 기대효과

- 본 연구 수행을 통해 기대되는 건설산업의 생산성 제고 및 산업고도화가 생성할 산업부문별 효과는 다음과 같음.

■ 설계·엔지니어링 부문

- OSC 프로젝트를 수행함에 있어 축적된 사례가 빈약하고, 관련 설계기준 및 평가지침이 불명확한 현 상황에서 참조할 수 있는 기초정보를 제공받을 수 있음.
- 기획 및 설계단계에서의 업무협업이 중요한 OSC 사업의 특성 상, BIM을 기반으로 한 설계정보 환류체계가 정착될 수 있을 것으로 기대됨. 과거 기본적인 디자인 대안 검토와 도면추출에 국한된 한계를 극복하고 설계 진행 과정에서 축적된 다양한 유형의 정보 취득 및 활용을 통해 다각화된 분석업무(법규 검토, 친환경 분석, 에너지 분석 등)가 활성화될 것으로 기대됨
- 특히 15층 이하로 제한되고 있는 현 PC 구조기준의 한계를 극복할 수 있는 구조설계기준과 성능평가기준을 제시하여, 고층화 프로젝트가 활성화될 수 있는 기반을 제공
- 건축설계, 구조엔지니어링 분야는 물론 전기와 설비분야의 OSC 설계 표준화 모델을 제공하여 설계단계에서의 협업이 원활할 수 있도록 지원

■ 제조 부문

- 공장품질관리 체계 확립을 통한 생산부재 특성, 제작난이도, 공법 등에 따른 수준별 관리를 이행하는데 필요한 기준을 제시하여, 과거와 같은 품질관리 실패에 따른 산업퇴출 사태를 미연에 방지
- 몰드매트릭스 설계, 공장-현장 통합일정관리 등의 업무에 활용가능한 사업관리시스템을 개발, 활용하여 진정한 제조기반 건설생산체계의 기반을 마련

■ 시공 부문

- 최근 더욱 심각해지는 기술인력 부족과 레미콘 등 건설자재 품질관리에 어려움을 겪고 있는 시공사들은 표준화된 공장생산 체계의 확산을 통해 균일한 품질관리 확보가 용이
- 대부분의 현장은 기후변화에 따른 폭우, 폭염 등으로 공사불능 일수가 현저하게 증가되어 공기관리에 애로가 많은 바, 공장생산을 통해 보다 신뢰성 높은 프로젝트 공기관리가 가능
- 고층 OSC 공동주택 경험이 부족한 기업들에게 실제 사업 수행 시 참조할 수 있는 연결부 공법, 시공관리 지침, 안전관리 요소 등을 제공하여, 산업전반으로의 확산 견인
- 저탄소 지속가능한 발전이 화두로 떠오르는 현 시점에서 순환경제 구축, 현장발생 분진 및 소음 절감, 현장 중대재해 발생예방 등을 통해 ESG에 취약한 건설업의 산업이미지를 개선할 것으로 기대

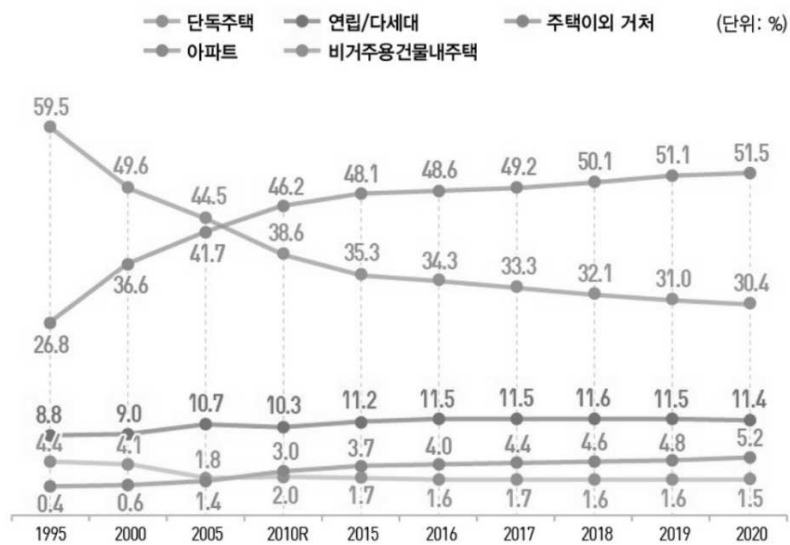
3. 국내외 동향 및 환경 분석

(1) 시장동향 및 분석

■ 공동주택 시장분석

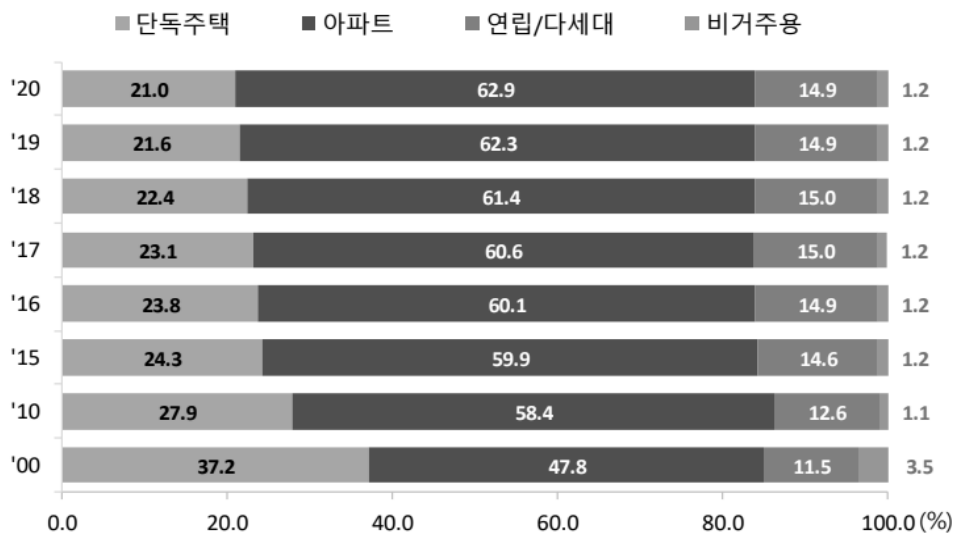
○ 시장 현황

- 국토교통부의 2020년 인구주택총조사에 따르면 아파트에 거주하는 가구가 51.5%, 연립/다세대 주택에 거주하는 가구가 11.4%로 공동주택에 사는 가구가 63%에 이르고 있음.
- 우리나라 주택유형별 재고 추이에 따르면 아파트가 62.9%, 연립/다세대 주택이 14.9%로 공동주택이 78%를 차지하며 그 비율이 점차 증가하고 있음. 이러한 추세에 따라 공동주택의 사회적 중요성이 커지고 있음.
- 2008년 이후 전국 주택 보급률이 100%를 초과했음에도 불구하고 자가보유율은 60.6%로 내 집 마련에 대한 많은 요구가 존재하고 있으며 이에 따라 공동주택에 대한 높은 수요 또한 지속될 것으로 예상됨.



[그림 13] 연도별 거처종류별 거주가구 변화

(출처 : 국토교통부 인구주택총조사 결과)



[그림 14] 연도별 주택의 종류 추이

(출처 : 국토교통부 인구주택총조사 결과)

○ 시장 전망

- 2023년 건설수주는 2~8월까지 7개월 연속으로 감소세 지속됨. 1~8월 공공수주는 33.1조원(전년 동기대비 -4.1%), 민간수주는 81.1조원(전년 동기대비 -30.5%)으로 파악되어, 2023년에는 공공과 민간 모두 건설수주가 부진하였음. 2024년 국내 건설수주는 1.5% 감소한 187.3조원으로 전망됨(공공 +4.6%, 민간 -4.05). 공종별로는 토목이 0.3% 증가, 주택과 비주택 건축이 각각 0.8%, 3.8% 감소해 부진할 전망이다. (출처: 한국건설산업연구원 2024 건설/부동산 경기 전망 세미나 자료)
- 건설투자는 2020년 하반기부터 연속으로 감소세가 지속되었으나, 2023년에는 전년 대비 1.5% 증가한 261.6조원으로 나타남. 2023년에 건설투자가 회복된 이유는 건축공사가 증가하고 미분양 주택이 감소했기 때문인 것으로 분석됨. 2024년 국내 건설투자는 전년 대비 0.3% 감소할 전망이다. 다만 플랜트 공사 진행과 정부 공사가 증가한 영향으로 토목투자가 플러스(+) 반등하여 전체 침체 폭이 완화될 것으로 예상됨. (출처: 한국건설산업연구원 2024 건설/부동산 경기 전망 세미나 자료)
- 2024년 건설투자 침체로 인한 취업자 수 및 경제 위축이 예상됨에 따라, SOC 예산 증액과 대형 공공 토목사업 활성화를 통한 건설 경기부양이 필요함. 더불어 2022~2023년 건축 착공의 급감에 따른 장기적 주택 공급 불안이 야기될 우려가 있으므로 안정적 주택 공급을 위한 유인책 마련, 주택 공사를 위한 토지 확보, 지방 미분양 주택 수요 지원 및 임대주택 전환 유도를 통해 주택 경기회복을 도모해야 함. (출처: 한국건설산업연구원 2024 건설/부동산 경기 전망 세미나 자료)

■ Off-Site Construction 시장 분석

○ OSC 시장 현황

- OSC 방식은 자재 폐기물이 40%에 달하는 전통적인 건설방식과 달리 폐기물이 5% 미만으로 낭비를 최소화할 수 있음. 또한, 제조업이 가지고 있는 통합적인 공급사슬과 부재 생산방식을 채택하여 시간, 품질 등의 요구조건을 충족시킬 수 있음.
- 건축에서의 공장 생산방식은 1800년대 구조부재를 사전에 제작하고 조립하는 시스템을 사용하면서 시작되었으며, 20세기가 되기 전에는 통합시스템 부족, 대량생산 능력 부족 등의 이유로 활용되지 못함. 20세기 1차 세계대전 이후 대규모 주택 보급 필요에 따라 다시 시장이 부흥함.
- 1970년대 Mechanical Design Automation(MDA) 및 Computer Aided Design(CAD), Computer Numerical Control(CNC) 기계가 도입되면서 공장 대량생산이 가능해짐. 이후 BIM(Building Information Modeling)을 이용한 장점이 소개되면서 OSC를 기반으로 한 프로젝트가 발전하기 시작함.
- 1990년대 CNC 등 기계의 가격이 저렴해지면서 OSC 기반 공장 생산 시스템에 적극 사용되었으며, 기계를 사용함으로써 부재 생산의 균일한 품질을 확보할 수 있게 됨. 최근에는 급격히 발전된 ICT, 인공 지능, 빅데이터 분석 등 타 분야와의 융합을 기반으로 공장 생산 시스템은 지속적으로 자동화·지능화되고 있음.
- 미국의 설계 엔지니어링 회사인 SLI(Sustainable Living Innovation)은 OSC(Off-Site Construction) 전반의 효율성 향상을 위해 모듈을 생산하는 사전제작기업을 자회사로서 두고 있음. 이 외에도 많은 건설회사들이 OSC 효율성 향상 전략으로서 수직계열화를 택하고 있음.
- 싱가포르 최대 건설 회사인 Straits Construction Group은 2015년 벽 및 슬라브 패널뿐 아니라 주방 및 욕실 모듈까지 생산할 수 있는 OSC 부재 생산 자동화 공장을 건설함. 공장을 기반으로 한 생산성 향상의 결과 48개의 주택을 60명의 인력으로 10일 이내에 건설 가능한 수준의 OSC 부재 생산이 가능한 시스템을 갖추게 됨.
- 국내에서도 제조업방식 접목을 통해 다양한 건축 자재 생산이 가능해지면서부터 OSC가 활성화되기 시작함. 약 30년 전에는 대표적 OSC인 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete, 이하 PC)의 조립식 주택 층수 제한에 따라 OSC 시장이 쇠퇴하는 듯 했지만 대규모 건물 증축 증가로 시장 규모가 지속적으로 증가하였으며 최근 들어 부족한 주택건설 해결에 가장 적합한 기술로 고려되고 있음.

- 현재는 비용절감 및 효율 극대화를 위해 대형사 위주로 사업진출과 개발이 활발히 이루어지고 있음. 2021년 GS건설은 연간 100,000m³의 PC를 생산할 수 있는 공장 운영을 시작했으며, 2020년 현대건설은 OSC 기술을 중심으로 스마트 건설 역량 강화방안을 발표함.

○ 프리캐스트 콘크리트 시장 현황

- 프리캐스트 콘크리트(PC)는 건축물의 주요 콘크리트 부재(보, 기둥, 슬래브, 벽 등)를 공장에서 제작, 운반한 후 현장에서 부재를 조립하는 건축공법으로 대표적인 OSC 기반 시공 방법임. PC 공법은 장비화·기계화 시공을 통하여 현장 작업을 간편화하여 건축 생산성을 극대화하기 때문에 공기가 단축되고 대량생산에 따른 공사비 및 원가의 절감 등이 가능함.
- 국내에서는 1963년 대한주택공사의 시험주택과 1964년 은평구 갈현동 조립식 주택을 시작으로 PC 방식으로 공동주택이 지어짐. 그 후 민간회사 삼한까뮤에서 공장을 설립하고 중·대형 고층아파트를 PC 공법으로 건설함. 1990년 초 18개의 PC 공장이 국내에 설립되며 PC 아파트 건설이 활발하게 이루어졌으나, PC 공동주택의 시공품질 문제로 인해 시공 물량이 급격하게 줄어 대부분의 PC 공장이 운영을 중단함.
- 1990년대 중반의 불황 이후 PC 공법과 관련 생산시설 측면에서 많은 투자가 재개되었으며, 2000년 이후부터 OSC 및 PC 관련 산업 환경이 꾸준히 개선되고 있음. 최근 재건축 단지 대부분의 지하주차장이 PC로 시공되며 아파트 단지 내 지하주차장 시공을 위한 PC부재 활용 물량이 큰 폭으로 증가하고 있음.
- 2010년 기준 건축 PC 총매출은 약 2,800억 원이었으며, PC 산업의 점유율은 전체 건설공사의 약 0.5% 수준이었음. 국내 건축 PC 시장 규모는 2021년 현재 약 1조 원 규모로 추정되고 있으며, 연간 성장률은 약 15% 수준으로 분석되고 있음.
- 국내에서는 중견기업이 OSC 기반 PC공장 생산 시스템의 시장을 선도하고 있음. 한성PC건설은 과거 넓은 규모 주택의 물량을 담당하며 생긴 노하우를 토대로 45만m³의 PC를 생산하는 설비를 갖추. 또한, PC 공법 중 하나로 속빈형(Void Type) 바닥 슬래브의 자동생산방식을 도입함. 삼표 피앤씨는 4개의 PC공장을 운영하며 연간 25만m³의 PC제품생산이 가능한 설비를 확보함.
- 최근에는 대기업에서도 친환경으로 나아가는 사회변화에 대응하기 위해 PC 산업에 투자를 하고 있음. GS건설에서는 연간 10만m³의 제품을 생산할 수 있는 PC공장을 2021년부터 가동하였고, 한화건설에서는 공동주택의 지하주차장에 내진성능을 갖춘 PC를 시범 적용함. 이 외에도 PC주문량이 많아짐에 따라 공급이 수요를 따라가지 못해 다수의 기업에서 PC공장 부지를 확보하기 위해 TF팀을 꾸리는 등 경쟁이 치열한 실정임.
- 해외의 경우, 유럽, 중국, 일본, 미국 등을 중심으로 대규모 시장이 형성되어 있음. 일본의 프리패브 주택은 전체 주택 시장의 34%에 달하며, 중국은 30층 규모의 호텔을 15일 만에, 57층 규모의 건물을 19일만에 시공한 사례가 있음.

○ 시장 전망

- 국내 OSC 시장은 2020년 이후 1.7조원에서 3.4조원의 시장을 형성할 것으로 전망됨. 주요 선진국의 OSC 건축시장을 보면, 미국시장은 약 5.5조원, 영국은 4.2조원, 일본은 6.5조원에 달할 것으로 추산함.
- 국내의 경우 OSC 관련 건설 시장이 급성장함에 따라 지속적으로 수요가 확대될 것이며, 5년 내로 심각한 품귀현상이 있을 것으로 예상함. 이에 따라 Off-Site에서의 사업관리와 현장관리 프로세스를 기반으로 한 새로운 시장이 형성될 것임. 현장 주변 민원 발생, 현장 공급인력 부족, 건설 품질 저하, 건설안전 및 친환경에 대한 관심 증대 등의 이유로 국내 OSC 시장이 급속도로 성장할 것으로 예상됨. 특히, 현재 중저층 건물과 플랜트에 머물러있는 OSC 방식이 생산 및 설치기술의 지속적 발전으로 공동주택 등 다양한 영역에서 활용되어 건설산업의 혁신을 위한 핵심이 될 것으로 기대됨.
- Allied Market Research (2021)에 따르면, 2020년 기준으로 글로벌 OSC 시장 규모는 약 157조원으로 분석되고, 2030년에는 약 285조원에 이를 것으로 전망되며 (출처: Allied Market Research, 2021), 이

에 따라 OSC 공장생산 및 통합관리 기술 또한 지속적으로 발전할 것으로 예상됨.

- Mckinsey & Company는 OSC가 특히 설계, 공급사슬, 현장시공 영역에 크게 기여할 수 있을 것으로 분석하고 그 결과 건설산업의 누적 생산성이 60%까지 향상 가능하다고 전망함. 특히 아파트에 대한 분석 결과 현장준비 작업의 간소화 부분에서 2~5%, 현장 투입인력 감소로 10~25%, 설계변경 감소로 5~8%에 이르는 비용절감이 가능하다고 분석함.
- WPI Economics의 조사에 따르면, 영국 내 OSC의 비율을 25%로 높일 경우, 전체 건설산업의 생산성을 3.6% 향상시킬 수 있다고 전망함. 이를 위해 영국 내 건설 산업에서 OSC 비율을 25% 이상 유지하기 위한 방안으로 건설산업에서 OSC 일정 비율 유지, OSC 건설 프로젝트에 인센티브 부여, OSC 전문 클러스터 육성 관련 정책을 제안함.
- 중국 학계는 OSC 건설 기법을 사용할 시 중국 내 공사비와 환경 영향을 줄이면서 품질 및 안전성을 확보할 수 있으며, 이것은 건설 산업에 전반에 긍정적인 영향을 줄 것으로 전망함.
- 미국의 글로벌 리서치기업 Markets&Markets는 글로벌 PC시장 규모가 2020년 1,306억 달러(약 154조 원)에서 2025년 1,741억 달러(약 205조원)까지 연평균 5.9% 성장할 것으로 전망하였으며, 미국의 컨설팅 전문회사 BCG는 PC 건설방식이 건설폐기물을 기존의 절반까지 줄일 수 있을 것으로 예상함.

○ 시장분석 시사점

- 우리나라는 높은 공동주택 보급률과 상대적으로 낮은 자가보유율로 인하여 공동주택에 대한 높은 수요가 지속될 것으로 예상되며, 공동주택에서의 삶의 만족도에 대한 중요성이 커지고 있음. 이에 따라 건설 수주는 호황을 누리지만, 자재비 상승 등의 영향으로 투자는 부진함.
- 건설 부문은 고용 및 국가경제 전체에 직·간접적으로 미치는 파급효과가 매우 큰 산업임. 따라서 국가 차원에서 건설산업의 품질, 지속가능성 향상을 통한 경쟁력 향상을 위하여 데이터, 인프라 등 건설 프로세스 전반을 아우르는 건축 생산시스템 혁신에 대한 투자가 시급히 요구됨.
- 국제적으로 OSC 시장이 매우 가파르게 성장할 것으로 예상되고, 선진국들은 이미 OSC 산업에 많은 투자를 하고 있는 상황이므로 우리나라도 OSC 기반 공동주택 생산시스템 기술 고도화를 선도하여 건설산업 경쟁력을 증진하고 주거품질 및 국민 주거 복지를 향상시킬 필요가 있음.
- 대량 생산 적용이 가능한 적정 규모 이상의 공급이 확보되면, OSC 공법은 충분한 경제성을 가짐. 향후 국내 공동주택 건설에 OSC 공법이 보편화될 경우 대량생산으로 인한 경제적 이점 확보가 가능할 것으로 예상됨.

(2) 관련 기술동향

■ OSC 공동주택 고층·단지화를 위한 구조체 설계 핵심 요소기술 개발 관련

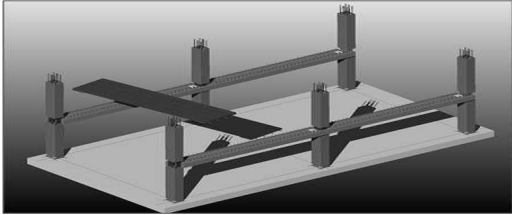
- OSC 공동주택 고층·단지화를 위한 구조체 설계 핵심 요소기술 개발 관련 동향은 아래와 같은 내용에 참조할 수 있는 사례를 중심으로 조사함.
 - PC 내진성능 확보를 위한 구조설계기준 및 성능평가지침 관련
 - 기둥, 보, 슬라브, 벽체, 기둥-보 혼합구조 등 기본모듈의 설계 표준화를 통해 다양한 표준모듈 확보 및 접합기술 개발 관련
 - 경량화, 공간 활용성, 성능 증대를 위한 MEP 시스템 개발 관련
 - 설계지원 도구

(한국콘크리트학회) 프리캐스트 콘크리트 공법은 1963년 대한주택공사(현 LH)에서 최초로 시공한 이후 1990년대 중반까지 아파트 건설에 적용되었으나, 건축 구조물의 고층화로 인한 기준 및 공법 등의 제약에 따른 한계로 적용 범위가 축소됨. 이후 2006년 프리캐스트 콘크리트 위원회 발족과 함께 국내외 프리캐스트 콘크리트에 대한 관련 기준 평가 및 연구 수행, 프리캐스트 콘크리트구조 설계기준을 마련함. 한편 2022년 국내 PC 산업의 점진적 활성화 및 공동주택에의 적용을 염두에 두고, 이를 다시 최신 버전으로 개정함.

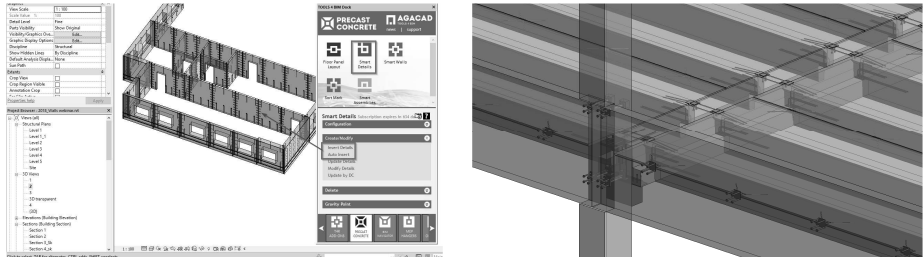
기술 설명

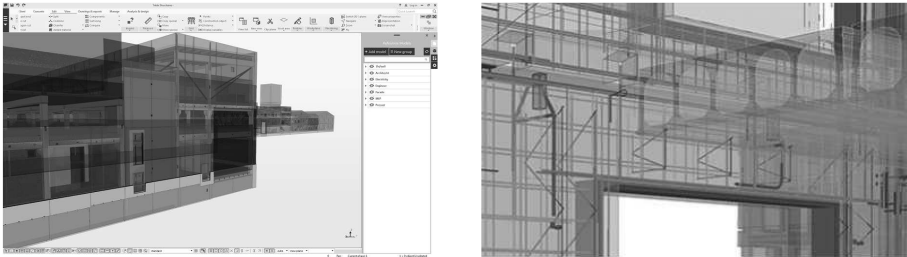
- 콘크리트구조 설계기준은 보-기둥 및 벽식 PC 구조를 두루 다루고 있으며, 전반적인 PC 구조 부재 및 접합부의 설계와 더불어 내진설계를 반영하고 있음
- 해당 설계기준 PC 부재의 설계를 비롯하여 이를 관리하기 위한 매입물, 제품의 구분과 표시, 운반과 저장 및 설치, 제품의 강도 평가와 같이 성능 확보 및 평가를 위한 지침 또한 포함함
- 최근 건설환경의 급격한 변화, 현장의 인력난과 품질 향상 요구에 대응하기 위해 유지관리가 용이한 표준화, 표준구조 모듈 도입, OSC 공법 및 건식공법 도입 등의 건설시스템 구축에 적용될 수 있음

관련 그림

기술명	PC구조 부재모듈 및 단위구조모듈 개발
기술 설명	<p>PC공법은 접합부를 제외한 전 부재를 PC화한 ALL PC공법도 적용되고 있지만, 최근 국내에서는 주로 현장타설(R.C), 철골, DECK, 대형합판거푸집 공법 등을 병행하여 상호 장점을 극대화하는 복합화 공법이 주류를 이루고 있으며, 특히 단위 부재 또는 단위구조부위의 개발에 주력하고 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> • PC복합화 건축물은 주요 PC부재(기둥, 보, 슬래브, 벽, 계단 등)를 공장 제작한 후 현장으로 운반, 조립하여 구체를 완성하는 건식공법으로, 구조성능을 확보할 수 있는 부재의 단면형태, 단위구조의 조합 등의 기술개발이 진행되고 있음.
관련 그림	

기술명	MEP 복합공종 모듈화 시스템
기술 설명	<p>(현대건설) ‘현대 모터스튜디오 고양’과 ‘부천성모병원’ 증축현장에서 건축물의 복합요소들을 각각 모듈화해 생산공장에서 제작하는 기술인 MTP(Multi-Trade Prefabrication, 복합공종 모듈화 시공법) 시스템을 적용함.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ‘현대 모터스튜디오 고양’ 프로젝트의 5층부터 8층에 설비, 전기, 소방 등의 복합설비를 모듈화시켜 공장에서 생산한 후 현장에서 조립하는 pre-fabrication 방식을 도입함. • 시공방식은 물론 공기 또한 단축됨. 이 방식은 건축 구조물의 전기설비, 덕트설비 및 배관설비 등이 구비되는 복합 프레임 유닛을 손쉽게 슬래브에 설치할 수 있음.
관련 그림	



기술명	BIM기반 구조객체 자동 PC화 소프트웨어 활용
기술 설명	<p>(AGACAD) 대표적 BIM 설계도구 Revit의 개발사인 美 Autodesk社의 공인 개발사 중 하나인 AGACAD社에서는 Revit에 추가 설치되어 기둥, 보, 벽체, 슬래브 등의 구조객체를 자동으로 PC부재화 해주는 보조 프로그램(Add-on)을 개발함.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 일반적인 RC구조와 동일한 방식으로 BIM객체를 작성한 후 사전에 상세하게 입력된 PC부재 생산정보에 따라 벽과 슬래브 등을 자동으로 분할하거나, PC부재 간에 적절한 접합 부재를 삽입해 주는 기능 제공 • PC부재의 철근 배근, 제작도 생성 등과 같이 설계단계 뿐만 아니라 생산단계에서도 활용 가능한 기능 제공 • Tekla Structure에서 가능한 구조해석 기능 등이 부재하여 구조 측면에서의 전문성은 떨어지지만 설계단계에서 주로 사용하는 BIM 설계도구인 Revit에 추가 설치되어 사용됨으로써 Revit의 모든 기능을 그대로 사용할 수 있어 설계/생산 단계 간의 연계성을 보다 높일 수 있음.
관련 그림	 <p>The image shows the AGACAD software interface on the left, which includes a list of precast concrete elements and their properties. In the center is a 3D wireframe model of a building structure. On the right is a detailed 3D rendering of a precast concrete joint, showing the connection between a column and a beam.</p>


기술명	PC구조 상세설계 및 제작 소프트웨어 활용
기술 설명	<p>(Trimble) 대표적 구조 소프트웨어 Tekla Structure에 기존의 RC, 철골 이외에 PC구조설계 기능도 추가하여 제공</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tekla Structure는 PC구조의 설계단계에서부터 제작상세 입력, 생산/시공 관리 등의 기능 등을 제공하여 워크플로우 전반에 효율을 높여줌. • 생산관리시스템(ERP), 철근 가공장비 등과도 연동되어 재료의 낭비나 제작 오류를 최소화하여 전체 비용절감 효과 가져다줌. • Trimble Korea는 국내 연우피씨엔지니어링과 손잡고 BIM 애플리케이션과 모듈을 공동 개발하기로 하는 등 국내 PC분야 활성화에 노력 • 다만, 구조분야에만 적용 가능하므로 건축마감, MEP 부재 작성을 위한 해당 BIM 소프트웨어를 함께 사용할 필요 있음.
관련 그림	 <p>The image shows the Tekla Structure software interface on the left, displaying a 3D model of a building structure. On the right is a detailed 3D rendering of a precast concrete structure, showing the connection between a column and a beam.</p>

■ 고층·단지형 OSC 공동주택 스마트 생산 기술 기획


○ 스마트 생산라인 구축 및 생산기술 고도화 관련은 아래와 같은 내용에 참조할 수 있는 사례를 중심으로 조사함.


- 품질/안전 확보를 위한 공장생산 표준화/자동화/최적화 기술 개발
- 생산성 향상을 위한 설계/생산/시공 통합관리 기술 개발
- 시공정밀도, 시공성 개선을 위한 고성능 자재 및 공법 개발
- OSC 단위모듈 제작 및 설치 생산성 제고를 위한 복합자재/제품 개발(건식바닥패널, 중공PC슬라브, 복합판넬 등 재료/자재 개발을 통한 건설 신산업 및 고용 확대)


기술명	자동화 생산공장 기반 PC 품질 확보
기술 설명	<p>(Straits Construction Group) 싱가포르 정부의 프리캐스트 콘크리트 사용 확대 정책에 맞추어 PC 자동화 생산 공장을 건설함. 해당 공장은 PC 부재뿐만 아니라 공장생산 건축을 위한 주방과 욕실 등의 부재도 생산 가능함. 공장생산 자동화는 작업자 수 감소, 작업 시간 단축 등의 효과를 가져옴</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 • 해당 공장은 싱가포르 정부가 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 뿐만이 아니라 프리스트레스 슬래브와 3D Unit 주방 및 욕실 모듈을 생산할 수 있음 • 공장생산은 작업 생산성을 크게 향상시켰으며, 그 결과 48개의 주택을 60명의 인력으로 10일 이내에 건설할 수 있는 프리캐스트 콘크리트 부재를 생산할 수 있음 (기존 건설현장 대비 작업자 수 70%, 작업시간 50% 절감) • 최근 건설산업의 환경변화와 더불어 공장생산에 대한 수요가 증가하고 있으며, 각국에서는 이에 빠르게 대응하고 있음 • 싱가포르의 PC생산공장 자동화는 현장작업 뿐 아니라 공장생산 작업의 효율성을 크게 향상시켜 전반적인 산업 생산력 및 PC 품질을 향상시킴
관련 그림	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">[Straits Construction Group의 PC 부재 자동화 생산 공장 (싱가포르)]</p>


기술명	고층 모듈러 주택 구조 안전성 확보 및 스마트 건설 기술 활용을 통한 균일한 공장 제작과 현장 품질 관리
기술 설명	<p>(현대엔지니어링) 구조 안전성이 확보된 강재 모듈러 기반의 고층대상 구조 설계 및 스마트 건설 기술을 활용하여 정밀하고 균일한 공장 제작과 현장 품질 관리를 수행, 기존 공공주택 대비 동등 수준 이상의 주거성능을 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> 기존 국내 모듈러 주택은 6층 이하 저층에 한정되었으나, 현대엔지니어링이 13층 높이의 국내 최고층 모듈러 주택인 '용인영덕 A2블록 경기행복주택' 사업 수행 구조 안전성이 확보되면 구조설계 및 스마트 건설 기술을 활용한 정밀한 공장 제작과 현장 품질 관리 및 효율성을 극대화한 단위 가구 계획을 통하여 기존 공공주택 대비 동등 수준 이상의 주거 성능을 확보
관련 그림	 <p>[용인영덕 A2블록 경기행복주택 사업]</p>

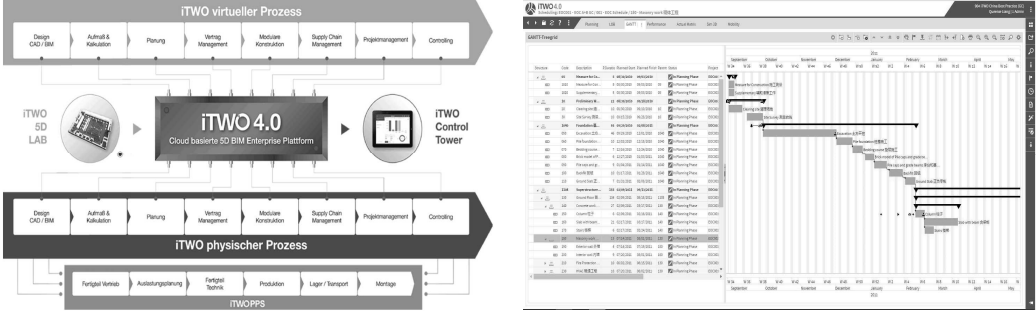
기술명	RFID태그를 활용한 PC부재 생산 및 품질관리 시스템
기술 설명	<p>(롯데건설) RFID 태그를 활용한 PC부재 이력관리 및 품질 검증 시 App활용한 시스템 개발 (업무 정확도 향상 및 생산성 향상 요소기술)</p>
관련 그림	 <p>공정 품질 검증 (사진 촬영)</p> <p>RFID Tag 체크</p> <p>생산 품질 검증 전용 App.</p> <p>현장반입 자동 체크</p> <p>+ 매입철을 검사, 콘크리트검사, 탈형강도 검사, 외관검사 등 총 6개 항목</p> <p>운송차량 통과시 자동 체크</p>


기술명	주택용 PC 시스템 및 All-PC 구현을 위한 PC공장 설비
기술 설명	<p>(가지마건설/다이세이건설) 가지마건설은 코가와브릿지사와 공동으로 건축 공사에 대해 "범용 이동형 용접로봇"을 활용하는 기술을 개발함. 다이세이건설은 자동으로 철근을 결속하는 자율형 철근 결속 로봇 'T-iROBO Rebar'를 개발함.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 건축물의 주요 PC부재(기둥, 보, 슬래브, 벽, 계단 등)를 공장 제작한 후 현장으로 운반, 조립하여 구체를 완성할 때 부재간 접합부에 현장 콘크리트를 타설하는 일체화 공법을 주로 사용하고 있음 • 최근에는 美 PC 설계 엔지니어링 및 컨설팅 전문회사와 손잡고 주택용 PC 시스템과 All-PC 건물 지하 및 지상 구조설계 기술 개발에 힘을 쏟고 있음.
관련 그림	

기술명	와이어 메쉬 용접용 철근 선조립 자동화 장비
기술 설명	<p>(Schnell/EVG) 선조립 장비 'Perform'은 30~40년이 지나도 내구성을 유지하면서, 빠른 생산속도와 절단 용이성을 보유하여 높은 품질의 선조립 철근을 생산함</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schnell 은 1500x1500mm의 대형 규격으로 제작이 가능하며, 빠른 속도로 선조립 철근을 생산 가능하도록 설계됨 • EVG의 철근 선 조립 자동화 장비는 타사의 제품에 비해 대형 · 고급화되어 있어, 빠른 속도로 와이어 메쉬의 대량 생산이 가능함
관련 그림	

기술명	RPMS(Real-time Precast-concrete Management System)
기술 설명	<p>(롯데건설) 프리캐스트 콘크리트(PC) 공사의 관리업무를 디지털화하고 업무 효율성을 향상시킬 목적으로 PC 공사관리 업무용 플랫폼 RPMS (Real-time Precast-concrete Management System)를 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 조닝계획(공정순서 계획): BIM모델을 이용해 공정순서별로 구획된 구간을 시각적으로 보여주고, 공정순서의 변화 혹은 특정 부재의 Zone 변경 등을 수월하게 할 수 있도록 관련 기능을 제공함. 또한, 각 Zone 구역별 시공 일자를 기록하면 자동으로 공정표가 완성되고, 공정표의 바 부분을 선택/이동하는 경우, 해당 Zone의 시공 일자도 자동으로 변경됨. • 부재 반입 요청: 현장 관리자가 부재 생산을 요청할 수 있는 메뉴를 제공함. • 부재 상태 업데이트: 부재의 설계부터 생산, 설치 완료에 이르기까지 일련의 기간을 의미하는 부재의 생애 주기에 따라 각 부재의 현재 상태를 시각적으로 지원함. • 시공 기성 물량의 산정: 공사 기간을 설정하면 자동으로 시공된 물량을 산출하고, 양식화된 서류를 자동으로 출력하는 기능을 제공함.
관련 그림	 <p>그림 8. 크레인을 이용한 프리캐스트 부재 인양 검토</p>




기술명	OSC 통합물류관리 플랫폼
기술 설명	<p>(로이테크윈) 통합물류플랫폼(생산관리, 재고관리, 발주관리, 반출관리, 운송관리, 시공관리) 단위모듈 구현</p>
관련 그림	<p>✓ Mobile 및 Web 기반의 전체 공급망 실시간 대시보드 기능 당일업무처리, 생산리드타임, 재고자산회전율 등 관리</p>  <p>6</p>


기술명	OSC 기반 통합관리 플랫폼 기술
기술 설명	<p>(iTWO) 설계단계의 3D BIM 모델과 시공단계의 공정 및 원가관리를 통합적으로 관리할 수 있는 플랫폼 iTWO 4.0을 개발하여, 설계~물류 관리 및 디지털화된 공정계획을 실현한 클라우드 기반의 통합된 디지털 플랫폼.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 설계 최적화, 공사비용의 합리적인 산출, 시각화된 일정관리 및 관련업무 관리, 시공단계별 현황과 가상 시뮬레이션의 결합 • 협력사 관리 및 협업 체계 구축 지원하는 스마트 공급사슬 관리 시스템
관련 그림	 <p>The diagram illustrates the iTWO 4.0 architecture. It shows a central 'iTWO 4.0 Cloud based 5D BIM Enterprise Platform' connected to 'iTWO 5D LAB' and 'iTWO Control Tower'. The platform is supported by 'iTWO virtueller Prozess' (Design CAD/BIM, Approval & Collaboration, Planning, Hiring Management, Material Collaboration, Supply Chain Management, Project Management, Controlling) and 'iTWO physischer Prozess' (Fertigstellung, Auslieferung, Fertigung, Produktion, Lager/Transport, Montage). A screenshot of the iTWO 4.0 software interface shows a detailed project schedule and resource allocation chart.</p>

기술명	Supply Chain Manager
기술 설명	<p>(ManufactOn) 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.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 프리패브 부재의 생산, 운반 등의 과정을 프로젝트, 공장, 회사 등의 단위별로 시각화하여 보여줌으로써 의사결정을 지원하고 생산과정을 투명화함. • QR코드를 활용해 부재들의 현 위치, 설치 위치, 주요 일자, 수취인, 보고 라인 등의 정보를 저장하고 이를 효율적인 프로젝트 관리에 활용.
관련 그림	 <p>The image shows the ManufactOn Supply Chain Manager interface. On the left, a laptop displays a dashboard with various data points and charts. On the right, a smartphone displays a detailed view of a supply chain process, including a 3D model of a building structure and a list of materials with their respective status and location.</p>

■ 고층·단지형 OSC 공동주택 최적 시공 요소 기술 및 현장관리 기술개발 관련

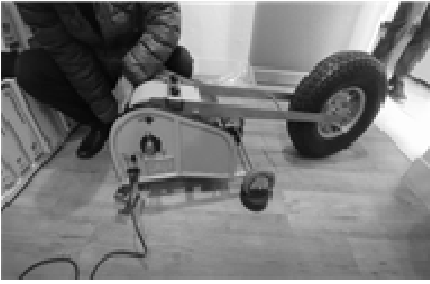
- OSC 공동주택 시공 생산성 및 품질 제고를 확보하기 요소기술 및 관리기술 동향은 아래와 같은 내용에 참조할 수 있는 사례를 중심으로 조사함.
 - OSC 공동주택 하자(소음, 결로, 누수 등) 최소화 조립기술 개발
 - OSC 맞춤형 최적 장비운영 기술 개발
 - 스마트 건설기술(스마트 시공장비, AI, 가상/증강현실 기술 등)을 활용한 접합부 품질검측기술 개발
 - 부재 운반, 조립 등 최적 현장관리 기술 개발
 - Pre-finished and Pre-equipped 모듈(복합판넬, Pre-fabricated Bathroom Unit 등)의 설계 및 시공 기술 개발


기술명	주택용 PC 시스템 접합부 균열 및 누수 제어기술
기술 설명	<ul style="list-style-type: none"> • 독일은 제2차 세계대전 이후 현재 하프슬래브의 원형인 Gitter Trager를 사용하였으며, 1960년대 Solid타입의 슬래브와 벽체를 적용. 덴마크, 핀란드 등 북유럽 국가의 경우 기후 특성상 공업화건축이 발달하였으며 공동주택의 경우 상당수 PC구조를 활용하고 있음. 많은 경험에도 불구하고 해외의 경우에도 건물 내외부의 접합부 등에서 발생하는 누수와 같은 하자를 방지하기 위한 노력이 진행됨. • 국내의 PC 공동주택은 1955년 행촌동 1단계 시범주택사업부터 시작하였으며 1963년 대한주택공사는 수유리에 PC벽체를 적용한 시험주택을 건설하였으나 누수 및 결로 문제로 실패함. 이후 90년대 다수 건설사에서 벽식 PC공동주택을 시공하였으나 접합부 균열 및 누수 등 하자로 최근까지 공동주택 시장에서 배제됨. • 접합부에서 기인하는 균열 및 누수는 국내외에서 다수 발생하고 있으며 이를 제어할 수 있는 구조적/재료적 통합기술 개발 필요. 기술개발의 구분은 강우 등 외부에서 유입되어 발생할 수 있는 경우와 화장실, 주방 등 주거부 내부에서 발생가능한 누수를 억제할 수 있는 방안으로 구분.
관련 그림	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>[국내 균열/누수사례]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[해외 누수사례 1]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[해외 누수사례 2]</p> </div> </div>

기술명	지하주차장 PC 시스템 접합부 균열 및 누수 제어기술
기술 설명	<ul style="list-style-type: none"> • 해외의 주차장 PC시스템은 주로 지상부에 위치하며 라멘조로 구성되고 모듈상 3대 이상 주차하는 장스팬 시스템이 주로 적용됨. 슬래브는 Pretension 기술이 포함된 더블티 또는 Hollow Core Slab 등이 활용되고 있음. 주로 지상부에 배치되어 강우 시 균열면 등을 따라 누수발생 사례는 있으나 누수자체가 크게 문제되는 경우는 크지 않음. • 국내 주차장에 PC시스템 활용도가 급격하게 증가되고 있으며, 국내현실상 주로 지하에 위치함. 이에 따라 흠과 만나는 면이 지하외벽 및 주차장 지붕 등 광범위하며 PC기둥-보 접합부 및 슬래브 판판 접합부 등 부재간 접합위치에서 균열 및 누수 사례가 다수 발생하고 있음. 지붕층의 경우 방수시스템을 통한 누수제어가 이루어지나 지하외벽 측은 누수 가능성이 높음. • 지하주차장 PC시스템의 누수 제어를 위하여 지하외벽의 판판 접합부, 층간 조인트 및 보-기둥 접합부 등에 대한 구조적/재료적 통합기술 필요
관련 그림	

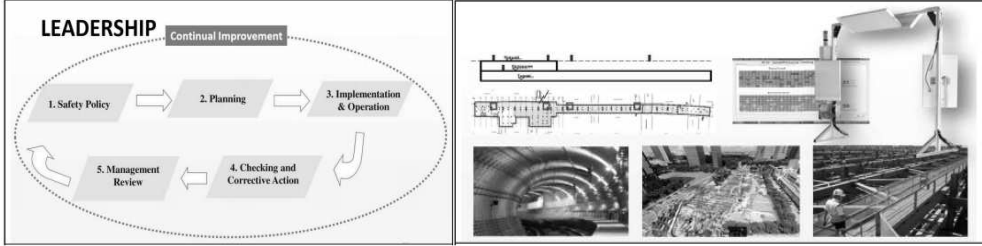
기술명	구조용 열교차단재(Schöck Isokorb)
기술 설명	<p>(Schöck) 슬래브-외벽 접합부(내단열), 캔틸레버 부위(외단열)와 같이 단열재가 불연속 되는 곳에 적용할 수 있는 열교차단재를 개발함. 이는 열손실을 차단할 수 있는 단열성능 뿐만 아니라 구조적으로 하중을 지지할 수 있도록 내하중 성능까지 갖추고 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> • 국내에서는 Schöck Korea를 통해 제품을 공급받을 수 있으며, 단열방식(내단열, 외단열 등), 공사방식(습식, 건식), 재료(콘크리트, 스틸 등) 등 다양한 상황에 맞춰 적용 가능한 형태로 생산되고 있음
관련 그림	

기술명	고단열 복합 PC 외벽 시스템
기술 설명	<p>(현대산업개발) 국내 최초로 PC와 단열재를 결합한 고단열 복합 PC 외벽 시스템을 개발해 녹색기술 인증을 받음. 해당 기술은 능동형 자연채광 시스템, 친환경 통합 시뮬레이션 프로그램 등과 결합하여 주거성능 확보가 가능함</p> <ul style="list-style-type: none"> 고단열 복합 PC 외벽 시스템은 기존 단열재와 두께는 동일하면서 단열성능은 40% 이상 향상 공장에서 사전 제작되어 생산 품질 및 공정관리에 강점이 있음 OSC 기반의 공동주택 생산시에도 주거성능을 확보할 수 있는 기술의 하나로 패시브하우스의 외벽 단열성능을 만족시킬 수 있음
관련 그림	

기술명	모듈러 부재에 대한 생활소음 성능분석 및 저감기술
기술 설명	<p>(포스코 A&C) 국내 최초로 레고블럭처럼 조립하여 단시간 내에 건축하는 ‘모듈러(Modular) 주택’을 제작, 시공함. 가양동 모듈러 실증단지에 적용한 모듈러 주택은 공사기간의 획기적 단축과 공장 자동화 생산 등으로 건설현장의 고령화·인력부족·임금상승 등의 문제를 해결하는데 도움이 될 것이라는 전망.</p> <ul style="list-style-type: none"> 모듈러 주택은 배관, 욕실, 주방기구 등의 주택 구성품 70% 이상을 공장에서 생산 및 선조립한 후 현장에서 최종적으로 조립/설치하는 공법 기존 국내 모듈러 기술의 문제점이던 차음성·내화성·기밀성을 해결하고자 하였으며, 기동·보의 용접 접합부 상세를 상당부분 개선하였음 철골구조의 진동문제를 해결하는 소음차단 바닥구조를 개발하여 경량충격음 1등급, 중량충격음 4등급을 확보
관련 그림	

기술명	MG/MC (머신가이던스/머신컨트롤)
기술 설명	<p>(GS건설) 국내 중장비 제조사에서 양산한 자동화굴착기를 GS건설 현장에서 실증하며 생산성과 품질 향상 정도를 확인하고 개선사항을 도출하는 등 자동화굴착기 보급/확산을 위한 실증기술을 개발함. 토공사에서 10~30%의 생산성 향상, 7~11%의 공사비 절감, 15~18%의 작업효율 향상 등에 기여할 수 있으며, 안전 및 품질 확보 또한 기대됨.</p> <ul style="list-style-type: none"> • MG (Machine Guidance)는 기계 조작을 보조하는 정보를 제공해 작업자의 조작성 및 시공 정밀도를 향상시키는 기술을 의미하며, MC (Machine Control)는 기계 일부를 자동제어로 움직여 시공효율 및 정밀도를 높이는 기술을 의미함. • 기계 장비에 부착된 센서와 모니터를 통해 작업자를 보조할 수 있고, 장비 기울기 센서로 움직임을 인지하고 GPS의 위치정보 확인을 통해 중장비 제어를 고도화 함으로써, 작업품질 안정화, 공정 효율화 및 단순화가 가능한 정보화 시공을 기대할 수 있음.
관련 그림	

기술명	스마트 센서 기반 타워크레인 모니터링 기술
기술 설명	<p>(Musma) 무스마의 크레인 충돌방지 시스템 "M-CAS"는 자체 개발한 크레인 모션 측정 기술과 충돌감지 알고리즘을 통하여 크레인의 움직임을 감지하고 충돌 위험 시 운전자에게 즉각 알람을 전송하고 위험 상황을 관리자가 모니터를 통해 인지하고 대응할 수 있도록 하며 크레인에서 계측된 데이터를 실시간으로 수집하고 분석하여 업무 효율성 향상에 기여함</p> <ul style="list-style-type: none"> • AANDERAA의 MIPEG 2000은 크레인에 장착되는 각도 센서와 함께 부하 및 전복 모멘트센서로 구성되며 마이크로 컴퓨터는 센서 데이터를 계산하고 디스플레이를 통해 운전자에게 크레인 작동에 대한 선명한 이미지를 제공함
관련 그림	

기술명	PC 부재 현장시공 안전관리 매뉴얼
기술 설명	<p>(싱가포르) “Construction Phase 안전관리 시스템”에서는 시공 현장의 안전관리 점수를 위험성 평가, 안전감사, bizSAFE 등을 통해 평가하여 사고를 사전 예방함</p> <ul style="list-style-type: none"> 가설구조물 및 중장비 실시간 계측을 통한 안전관리를 수행하며, 개인안전관리를 위한 웨어러블 플랫폼을 개발하여 BBS(Behavior Based Safety) 스마트 안전관리 통합 솔루션을 제공함
관련 그림	 <p>The image contains two main parts. On the left is a circular diagram titled 'LEADERSHIP' with 'Continual Improvement' at the top. The cycle consists of five steps: 1. Safety Policy, 2. Planning, 3. Implementation & Operation, 4. Checking and Corrective Action, and 5. Management Review. Arrows indicate a clockwise flow between these steps. On the right is a collage of four images: a worker in safety gear, a tunnel interior, a construction site with heavy machinery, and a construction site with a large structure.</p>

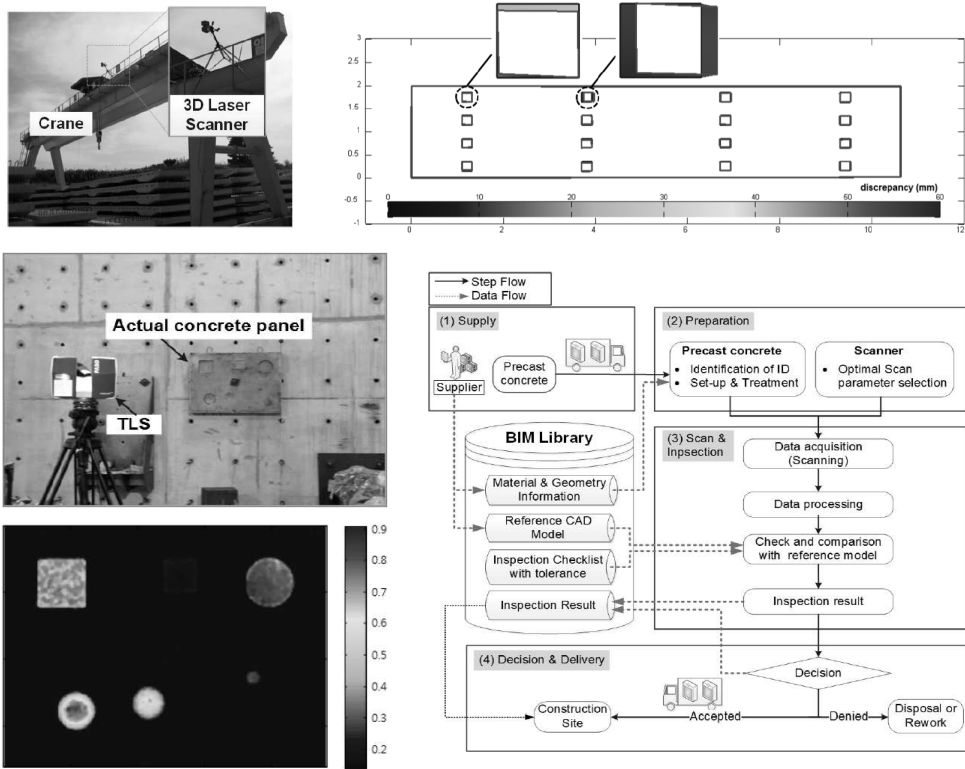
기술명 레이저 스캐닝 및 BIM 기반 PC 부재 품질검사

기술 설명

(한국과학기술연구원) PC 부재의 지능화된 품질검사 및 관리를 위해, 3차원 레이저 스캐닝 및 BIM 기반의 품질검사 기법과 그 시스템을 개발함



- PC 부재 품질관리에 BIM과 연계한 지능형 데이터 관리 시스템의 요구에 대응하기 위하여, 치수 검사기법, 표면결함 검사기법, 레이저 스캐닝 및 BIM 기반의 지능형 품질관리 시스템을 개발함
- 현재 PC 부재 품질검사는 대부분 인력에 의존하고 있어 시간 및 비용이 많이 소요되고 있음
- PC 부재의 지능화된 품질검사 및 관리와 이로 인한 공기단축을 위하여 3차원 레이저 스캐닝 기법과 BIM 을 결합한 품질검사 시스템을 개발할 필요가 있음



관련 그림



[치수 품질검사(상), 표면결함 검출(좌하), BIM 기반 품질검사 체계도(우하)
(한국BIM학회 정기학술대회 논문집, 2015)]

기술명	3D 기반 적재 최적화 시뮬레이션 솔루션 Cello Loading Optimizer
기술 설명	<p>(삼성SDS) 일반 물류 적재를 위한 Cello Loading Optimizer는 최신의 알고리즘으로 안전성과 효율성을 고려하여 가장 효율적인 방법으로 적재 최적화를 수행하는 도구임.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Loading Optimizer를 도입하기 전에는 팔렛과 트럭 적재에 단순한 방법을 사용했지만, 오늘날의 복잡한 경영 환경에 적용하기 힘들 뿐만 아니라 잘못된 적재 방법으로 인해 팔렛을 재작업하는 경우가 빈번하게 발생함. • 3D 스캐너로 출하할 제품의 크기와 중량을 측정하고, 해당 수치는 자동으로 실시간 데이터베이스에 입력됨. • 이를 통하여 여러 요소를 고려하여 다양한 적재 시나리오를 생성하며, 각각의 시나리오 점수를 산정하여 최적의 적재 시나리오를 선정함. • 최적의 적재 시나리오는 모니터에 표시되며, 작업자들은 단계별로 이를 시행함. • 트럭과 컨테이너 적재 또한 솔루션에서 도출된 최적 시나리오를 바탕으로 수행하여 공간활용을 최대화하고 제품 손상을 줄일 수 있으며, 배송에 필요한 최적 트럭 대수를 알 수 있음. • 이를 통해 일일 필요 트럭 수요를 정확히 예측할 수 있으며, 창고 운영의 생산성과 효율성이 높아짐에 따라 고객 만족도가 높아지고 물류비용이 감소함.
관련 그림	

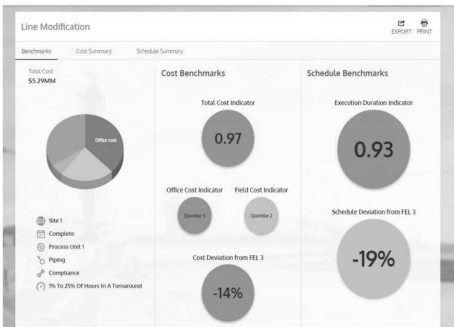

기술명	하이브리드 PC 벽체를 활용한 건식 공동주택 옥탑 개발
기술 설명	<p>(대우건설/포스코건설) 대우건설과 포스코 건설에서는 철골골조와 건식 내외장재를 활용한 건식조립식 옥탑을 개발하여 공동주택에 시험 적용</p> <ul style="list-style-type: none"> • 기존의 재래식 현장 타설 위주의 공동 주택 옥탑 시공 방식은 기준층 대비 3~4배 이상의 공사 기간이 소요됨. • 최근 국내 대기업 시공사를 중심으로 공사기간 단축 및 현장 작업 최소화를 위한 PC방식, 강재 모듈러를 활용한 건식조립식 옥탑층 시공 방법이 개발되고 있음.
관련 그림	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>[기존 옥탑 시공 방식]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[건식 조립식 옥탑 시공]⁶)</p> </div> </div>

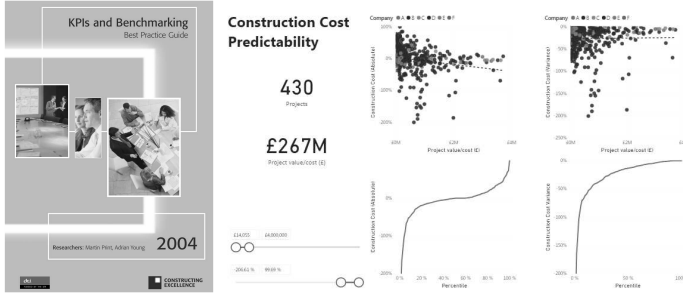
기술명	PC박스를 활용한 시스템 욕실
기술 설명	<p>(Bathsystems) 경량콘크리트, 경량철골 기반의 시스템 욕실과 주방 등의 상품을 전문 생산하여 싱가포르, 유럽 및 미국 등에 공급</p> <ul style="list-style-type: none"> • 싱가포르에서는 정부 정책의 일환으로 프리패브 욕실에 대한 의무 적용 비율이 높아지고 있으며, Bathsystem社와 같은 다수의 전문 제작사에 의해서 PC 또는 강재를 활용한 PBU (Prefabricated Bath Unit)가 공급되고 있음. • 국내에서는 주로 FRP 소재의 건식 시스템 욕실이 공공 임대 또는 오피스텔에 활용되고 있으나 사용 만족도가 높지 않은 수준 임.
관련 그림	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>

6) 철골 모듈러 옥탑 옥탑 시공 (대우건설, 2019)

■ OSC기반 고층·단지형 PC 공동주택 사업모델 고도화 및 유지관리 모델 기획 관련

- 실증을 통한 OSC기반 고층·단지형 PC공동주택 사업모델 고도화 및 장기적 유지관리 모델 기획 관련 내용은 아래와 같은 내용에 참조할 수 있는 사례를 중심으로 조사함.
 - 고층·단지형 PC 공동주택 실증시공(테스트베드) 및 성과검증 방안 제시
 - 고층·단지형 PC 공동주택 활성화를 위한 정책 및 제도 개선 방안 마련
 - OSC 공동주택 생산기술 표준화 및 공급관련 인증제도 구축 방안 제시
 - OSC 공동주택 공급 전과정(설계, 생산, 시공) 종합관리 및 생애주기 모니터링 시스템 구축

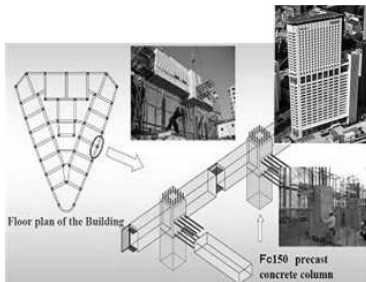
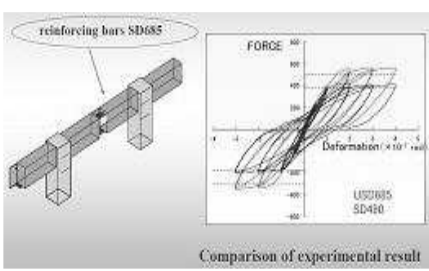

기술명	실증 데이터 기반 프로젝트 성과 진단 및 평가 시스템
기술 설명	<p>(IPA) 핵심 성과지표 체계 및 성과평가 툴킷을 통해 맞춤형 프로젝트 성과 예측과 진단 서비스를 제공, 프로젝트의 핵심 성과 데이터 분석 알고리즘을 개발하여 프로젝트의 성과예측 및 모니터링이 가능한 기술을 개발.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 실증 데이터에 기반한 성과평가시스템은 건설사업의 생산성 제고에 필요한 베스트 프랙티스의 개발이 가능할 뿐만 아니라, 벤치마킹을 통해 산업적 확산에 기여할 수 있음. • 국내 건설 프로젝트 벤치마킹 시스템은 극히 초보적인 수준에 불과하며 최근 국토부 사후평가 의무화 제도 도입 등으로 성과 평가를 위한 진단 및 평가 시스템 구축의 중요성이 커지고 있는 상황임.
관련 그림	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">[프로젝트 성과평가 시스템 사례: IPA(좌), CII(우)]</p>

기술명	건설 프로젝트 맞춤형 핵심 성과 지표 툴킷
기술 설명	<p>(BRE/CE) 건설 프로젝트 생산성 제고를 위한 목적으로 핵심성과지수 (KPI)를 개발하여 지속적으로 관리, 최근 SmartSite KPIs 라는 도구를 개발하여 개별 프로젝트 벤치마킹 및 컨설팅 용도로 활용.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 비용, 공사기간, 사업성, 소비자 만족도, 수익성 등 다양한 핵심성과 지표를 발굴하고, 이를 효과적으로 모니터링 함으로써 향후 프로젝트의 성과를 향상시킬 수 있는 도구임. • 핵심성과지표의 개발은 activity 단위, project 단위, industry 단위로 다양한 관점에서 관리되어야 하며, 향후 프로젝트의 성과를 사전에 예측하고 데이터에 기반한 성과측정을 통해 건설산업 전반의 생산성을 향상시키는 역할을 수행할 수 있음. • 특히, OSC기반 PC 공동주택에 특화된 핵심성과지표를 개발하여, 제작, 운송, 시공, 유지관리 단계 등 전 주기에서 파악될 수 있는 지표와 핵심성과를 개발하여, 기존 On-Site 기술과의 비교 분석이 가능함.
관련 그림	 <p>The figure displays the cover of the 'KPIs and Benchmarking Best Practice Guide' (2004) and a 'Construction Cost Predictability' analysis. The analysis includes two scatter plots comparing 'Construction Cost Variance' against 'Project value (£)' for a company and an industry, and two corresponding cumulative distribution function (CDF) curves showing the percentage of projects within a certain cost variance range.</p> <p>[영국 BRE/CE 심성과지표 및 벤치마킹 사례]</p>

기술명	PC공동주택 활성화 정책과제 분석	
기술 설명	<p>(OSC 연구단/한국건설기술연구원) 공공부분의 선도적인 노력, 협업 강화를 유도하는 정책방향, 적정공사비와 품질확보를 위한 제도적 토대 기반의 PC 활성화 추진 등의 시사점을 확보함. PC공동주택 활성화를 위해 해당 과제가 얼마나 필요하고 얼마나 효과적인 것인지에 대한 심층 조사를 통해 정책 수요를 발굴하고 강화 혹은 개선의 방향성을 제안할 수 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> 공동주택 부문에 OSC 기반 PC 적용을 활성화하기 위한 정책과제를 분석하고 전문가 심층 면접조사(FGI: Focused Group Interview)를 실시하여 정책 방향을 도출함. 과거 정책 벤치마칭을 통해 PC 공동주택 물량제공, 자금지원, 세제지원, 발주 방식 개선, 전문인력 양성 등의 정책과제를 도출하고 건축 PC 관련 업계의 현직 임원급 전문가를 중심으로 FGI를 실시하여 현재 시점에서의 정책 필요성(Necessity) 및 효과성(Effectiveness)을 조사함. 	
관련 그림	<p>The figure consists of five charts. Four are scatter plots with 'Necessity' on the y-axis and 'Effectiveness' on the x-axis, both ranging from -3 to 3. The tasks are: Priority supply of Land, Business Area Improvement, Business Assignment, and Manpower Training. Each plot contains several data points labeled with letters (A-F). The fifth chart is a radar chart comparing 'Necessity' (dashed line) and 'Effectiveness' (solid line) across seven categories: Business Assignment, Priority supply of Land, Floor area ratio Preferential, Financial Support, Tax Support, Business Area Improvement, and Improvement of Delivery System. The radar chart has concentric rings from 0 to 3.</p>	

기술명	PC구조 공동주택 공사비 산정기준 (OSC 연구단/한국건설기술연구원)																																																																																																						
기술 설명	<ul style="list-style-type: none"> • PC 부재 공장 제작 프로세스, 자원(인력, 장비, 자재) 투입 구조 및 생산성 • PC 부재 현장 설치·시공 프로세스, 자원(인력, 장비, 자재) 투입 구조 및 생산성 • PC 제작 및 설치 관련 세부 작업별 표준품셈 등 공사비 산정기준 																																																																																																						
관련 그림	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>1-1 철골 가공 조립(공장생산)</p> <p>1-1-1 기본철골공수('08, '13년 보완)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>강재 총사용량(t)</th> <th>60 미만</th> <th>60 이상</th> <th>100 이상</th> <th>300 이상</th> <th>1,000 이상</th> <th>2,000 이상</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>기본 철골 공수 (인·일 / t)</td> <td>2.48</td> <td>2.31</td> <td>2.20</td> <td>1.97</td> <td>1.75</td> <td>1.63</td> </tr> </tbody> </table> <p>비 고 - 권용립부재(Built up) 제작을 기준으로 한 공수로서 평형강부재(Rolled shape) 제작의 경우는 기본 철골공수×0.71로 산정한다.</p> <p>[주] ① 기본철골공수에는 비계 및 보조공이 포함되었다. ② 공장제작에 따른 계경비는 기본철골공수의 60%이며, 기본철골공수에 포함되지 않았다. ③ 산재보일러·기타경미·간접노후미·일반리미·이온 등은 공장제작에 따른 계경비에 포함되지 않았다. ④ 용접품은 별도 계상한다.</p> <p>1-1-2 철골공수 산정방법</p> <p>철골공수=기본철골공수×작업난이도</p> <p><작업난이도></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>구조종별</th> <th>조립공장, 창고 등으로 가공부재공수가 적은 구조</th> <th>사투형사 등 표준라멘구조</th> <th>기타 가공부재 공수가 많은 구조</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>난 이 도</td> <td>0.8~0.95</td> <td>1.0</td> <td>1.05~1.2</td> </tr> </tbody> </table> <p><소요 부재계량></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>재 료</th> <th>단위</th> <th>권용립부재</th> <th>평형강부재</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>산 소</td> <td>m²</td> <td>7.0</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>아 세 띠 렌</td> <td>kg</td> <td>3.5</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>서 비 스 볼 트</td> <td>본</td> <td>2.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>보 조 강 재</td> <td>kg</td> <td>6.0</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 철골제작에서 용접을 제외한 철골가공 조립과정에서 소요되는 부재계량이며, 현장 철골 세우기는 별도 계상함. * 서비스 볼트는 일반 볼트이며 규격은 설계에 따라 계상함.</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>1-2 철골 세우기</p> <p>1-2-1 현장 세우기('08, '18년 보완)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th rowspan="2">규격</th> <th rowspan="2">단위</th> <th colspan="4">수량 (ton당)</th> <th rowspan="2">비 고</th> </tr> <tr> <th>6층 미만</th> <th>20층 미만</th> <th>30층 미만</th> <th>40층 미만</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>철 골 공</td> <td>인</td> <td></td> <td>0.33</td> <td>0.44</td> <td>0.52</td> <td>0.59</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td>비 계 공</td> <td>인</td> <td></td> <td>0.14</td> <td>0.18</td> <td>0.22</td> <td>0.24</td> <td>0.27</td> </tr> <tr> <td>특 별 인 부</td> <td>인</td> <td></td> <td>0.07</td> <td>0.09</td> <td>0.11</td> <td>0.12</td> <td>0.14</td> </tr> </tbody> </table> <p>[주] ① 본 품은 가공이 완료된 상태의 철골을 현장에 설치하는 기준이다. ② 본 품은 철골 세우기, 가조임 및 변형잡기를 포함한다. ③ 타워크레인의 가설·이동·해체에 소요되는 품은 별도 계상한다. ④ 자재의 진출입이 어렵고, 작업공간이 협소한 현장(도심지 등)에서는 본 품의 20%를 할증하여 적용 할 수 있다. ⑤ 재료량은 다음을 참고하여 적용한다.</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>규격</th> <th>단위</th> <th>수 량</th> <th>비 고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>보 통 볼 트</td> <td>가조임</td> <td>본</td> <td>20.0</td> <td>손실 4%</td> </tr> </tbody> </table> <p>⑥ 현장세우기 보정 * 인장소요량=표면단가×K1(보정계수 K1=a×b×c×d) a. m당 강재사용량에 따른 보정치 <표'a-1> <표'a-2> b. 강재중사용량에 따른 보정치 <표'b-1> <표'b-2> c. 건물 높이에 따른 보정치 <표'c> d. 스칸형굴면적(굴면積)에 따른 보정치 <표'd> * 발간소, 공항터미널 등과 같은 특수구조물과 50층 이상(또는 150M 이상)의 초고층건물 현장세우기는 별도 계상할 수 있다. <표'a-1> m당 강재사용에 따른 보정치(6층 미만인 경우)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>강재사용량 (kg)</th> <th>50 미만</th> <th>50이상 55미만</th> <th>55이상 60미만</th> <th>60이상 65미만</th> <th>65이상 70미만</th> <th>70이상 80미만</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>보정치(a)</td> <td>1.3</td> <td>1.26</td> <td>1.22</td> <td>1.18</td> <td>1.14</td> <td>1.1</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	강재 총사용량(t)	60 미만	60 이상	100 이상	300 이상	1,000 이상	2,000 이상	기본 철골 공수 (인·일 / t)	2.48	2.31	2.20	1.97	1.75	1.63	구조종별	조립공장, 창고 등으로 가공부재공수가 적은 구조	사투형사 등 표준라멘구조	기타 가공부재 공수가 많은 구조	난 이 도	0.8~0.95	1.0	1.05~1.2	재 료	단위	권용립부재	평형강부재	산 소	m ²	7.0	3.5	아 세 띠 렌	kg	3.5	1.7	서 비 스 볼 트	본	2.0	1.0	보 조 강 재	kg	6.0	2.0	구분	규격	단위	수량 (ton당)				비 고	6층 미만	20층 미만	30층 미만	40층 미만	철 골 공	인		0.33	0.44	0.52	0.59	0.65	비 계 공	인		0.14	0.18	0.22	0.24	0.27	특 별 인 부	인		0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	구분	규격	단위	수 량	비 고	보 통 볼 트	가조임	본	20.0	손실 4%	강재사용량 (kg)	50 미만	50이상 55미만	55이상 60미만	60이상 65미만	65이상 70미만	70이상 80미만	보정치(a)	1.3	1.26	1.22	1.18	1.14	1.1
강재 총사용량(t)	60 미만	60 이상	100 이상	300 이상	1,000 이상	2,000 이상																																																																																																	
기본 철골 공수 (인·일 / t)	2.48	2.31	2.20	1.97	1.75	1.63																																																																																																	
구조종별	조립공장, 창고 등으로 가공부재공수가 적은 구조	사투형사 등 표준라멘구조	기타 가공부재 공수가 많은 구조																																																																																																				
난 이 도	0.8~0.95	1.0	1.05~1.2																																																																																																				
재 료	단위	권용립부재	평형강부재																																																																																																				
산 소	m ²	7.0	3.5																																																																																																				
아 세 띠 렌	kg	3.5	1.7																																																																																																				
서 비 스 볼 트	본	2.0	1.0																																																																																																				
보 조 강 재	kg	6.0	2.0																																																																																																				
구분	규격	단위	수량 (ton당)				비 고																																																																																																
			6층 미만	20층 미만	30층 미만	40층 미만																																																																																																	
철 골 공	인		0.33	0.44	0.52	0.59	0.65																																																																																																
비 계 공	인		0.14	0.18	0.22	0.24	0.27																																																																																																
특 별 인 부	인		0.07	0.09	0.11	0.12	0.14																																																																																																
구분	규격	단위	수 량	비 고																																																																																																			
보 통 볼 트	가조임	본	20.0	손실 4%																																																																																																			
강재사용량 (kg)	50 미만	50이상 55미만	55이상 60미만	60이상 65미만	65이상 70미만	70이상 80미만																																																																																																	
보정치(a)	1.3	1.26	1.22	1.18	1.14	1.1																																																																																																	



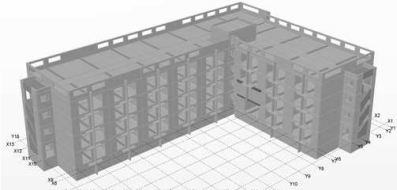
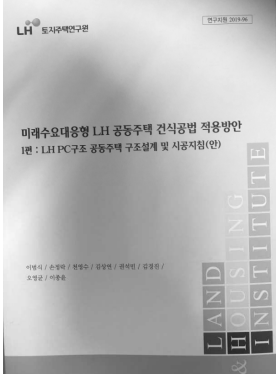
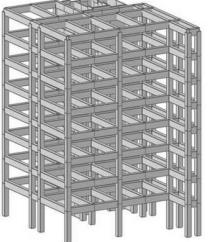
기술명	OSC 기반 PC 공동주택 인증시스템 (OSC 연구단/까뮤이앤씨)
기술 설명	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 철강구조물공장 인증제도, 미국(AISC) 및 일본(JSA, JSFA)의 인증제도 벤치마킹 • PC공장 인증 절차와 세부 인증 기준 및 제도개선 방안
관련 그림	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p><개정안></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>제 호 (Certi. No.)</p> <p style="text-align: center;">공장인증서 (FACTORY CERTIFICATE)</p> <p>1. 회사명 : (Company Name) 2. 대표자 : (President's Name) 3. 법인등록번호 : (Company Reg. No.) 4. 공장소재지 : (Factory Address) 5. 분야 : (Specialty) 6. 등급 : (Class) 7. 유효기간 : (Validity Period)</p> <p>「건설기술관리법」 제24조의3의 규정에 의하여 위의 철강구조물 제작공장의 등급을 인증합니다. (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs certifies that the factory named above has been approved to manufacture steel structures in accordance with provision of the Construction Technology Management Act, Article 24-3)</p> <p style="text-align: right;">년 월 일 (Date of Issue)</p> <p style="text-align: right;">Minister Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs Republic of Korea</p> <p style="text-align: right;">국토해양부장관 [인]</p> </div> <p style="text-align: center;">[공장인증서 개정안]</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p style="text-align: center;">[공장인증 업무 흐름도]</p> </div> </div>

기술명	일본 PC구조 공동주택 적용 및 기술개발 현황
기술 설명	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 건설환경과 유사한 일본의 경우, 70년대 이후 공기단축을 통한 건설공사 생산성 향상, 구조체 고품질 및 고내구성 향상 등의 목적으로 주요 건설사별 고성능 구조재료와 PS공법 등과 연계한 부재 최적화 등의 기법을 도입한 다양한 종류의 PC공법을 개발하여 실용화하고 있음 • 다이세이건설에서 2007년 준공한 지상 47층(869세대)의 공동주택인 캐피탈 마크타워의 경우, 설계강도 30~150MPa의 고강도콘크리트와 항복강도 685MPa, SD785인 주근과 전단보강근을 사용한 복합공법을 적용. 부재분할은 접합부를 중심으로 양쪽 보와 기둥의 상 하단까지 분할하여 조립하였음. 접합부 기둥의 일체화, PC보 접합부의 일체화를 위하여 자체 개발한 특수물탈을 사용하여 충전하고 일체성과 구조성능을 규명하기 위한 실험을 수행하여, 개발 공법의 우수성을 입증함. • UR에서 요코하마 쓰루미역 인근의 공동주택, 상업시설, 보육원 등의 복합용도의 건물(지상 31층, 110m)의 경우, 발코니, 기둥, 보, 벽체, 슬래브 등을 대상으로 타사와 차별화된 PC공법을 적용하여 생산성과 품질확보를 위하여 노력함. 일본 PC공법 특징은 다음과 같음. <ul style="list-style-type: none"> - 접합부 중심 다층 분할공법 적용 - 공동주택 구조체 복합공법 전면 적용 - 공기단축 효과 극대화 (기본 4일/층) - 건설사별 특화공법 개발 및 적용 활성화 - 고강도재료, 선조립공법, PS 적용
관련 그림	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) 복합공법 개요</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b) 복합공법 구조성능평가 결과</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">[T사의 공동주택 복합공법 7]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) 구조물 현황</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b) 복합공법 적용 현황</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">[UR의 복합용도 구조물 8]</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(UR의 복합용도 구조물 9)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[PC커튼월 적용현황(동경도청사,91) 10]</p> </div> </div>

7) 다이세이건설, “다이세이건설의 선진콘크리트기술” 자료 및 Akasaka Yagenzaka Project 소개 책자

8) UR 都市機構, 쓰루미역 재개발현장 자료, 2009

9) 카지마건설 공법소개자료, 2018

기술명	국내 PC구조 공동주택 적용 및 기술개발 현황
기술 설명	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 PC구조 공동주택은 71년 대한주택공사 자회사로 설립된 한성프리헵브(주)가 저층 PC구조 공동주택을, 78년 (주)삼한까무가 중고층 15층 아파트를 공급하며 PC구조 공동주택이 태동. • 80년대 후반 200만호 주택건설 정책에 따른 건설현장의 인력난과 인건비 상승, 자재난 등의 이유로 단기간 대량의 주택을 공급함에 있어 해결책으로 PC구조 공동주택이 본격적으로 공급하게 되어 PC공법의 전성기를 이끌었음. • 90년대 중반이후에는 시공품질 등의 문제로 PC공법 사용이 급격히 감소되어 최근까지도 주택에 도입되지 않았으나, 공동주택 지하주차장에는 민간건설사와 PC사를 중심으로 공법개발과 병행하여 지속적으로 적용함. 또한 반도체공장, 플랜트, 경기장, 물류시스템, 대규모 상가 등의 구조물의 구조부재와 옥상조형물 등 비구조부재 등을 대상으로 다양한 유형의 PC공법이 확산되고 있는 상황임. • 최근 건설현장 인력난, 시공품질 저하와 주 52시간근무제, 레미콘 8.5제 등의 제도 도입에 따른 건설환경의 변화에 대응하기 위하여 공공기관과 민간건설업체를 중심으로 주택에도 PC공법을 적용하기 위한 다양한 시도가 활발히 추진되고 있음 • 2019년 벽산건설은 성남도촌 블록형단독주택의 건설에 PC공법을 적용하였음. LH는 2019년 PC공동주택 공급을 위한 기반구축의 일환으로 “미래수요대응형 LH 공동주택 건식공법 적용방안”연구를 수행하고 “LH PC구조 공동주택 구조설계 및 시공지침(안)”을 수립하여, LH에서 공급하는 김포한강지구 벽식공동주택, 아산탕정 라멘조공동주택의 설계 및 시공에 활용함. 또한 LH는 90년대 중반이후 공급된 PC공동주택 약 8,200여 호를 관리중임.
관련 그림	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>[공동주택 PC구조 지하주차장]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[LH가 관리중인 PC 공동주택(분당)]</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>[LH 벽식PC 공동주택(김포한강)]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[LH PC구조 공동주택 구조설계 및 시공지침(안)]</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>[LH 라멘식 PC공동주택(아산탕정)]</p> </div>

■ 관련 기술동향 요약 및 시사점

- (국내) 주요 공공 발주기관 및 대형 건설사를 중심으로 OSC 시스템 및 PC 부재를 활용한 시공 및 관리기술 개발이 활발하게 수행되고 있음. 민간에서는 자체적인 PC 생산공장 확보 및 연계화를 추진, OSC 공동주택 고층·단지화, PC 기본모듈 표준화 기술, 스마트 생산라인 구축 및 현장조립 기술 고도화, OSC 공동주택 통합플랫폼 구축, 실증 사업모델 고도화 및 다변화와 관련한 다양한 기술들이 개발 중에 있음.
 - “OSC기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발 연구단”에서는 효율적인 OSC 기반 PC구조 공동주택 건설을 위한 설계·시공과 부재생산 및 현장설치 기술 뿐만 아니라 품질 및 안전 관리 기술 등을 개발하여 PC 공동주택의 활용 가능성을 확인함
 - 한성PC건설은 구조체를 공장에서 분할 제작 후 현장으로 운송해 조립하는 PC 공법 중 하나로 속빈형 바닥 슬래브의 자동생산방식을 도입해 현장 시공 대비 높은 구조 성능을 확보함. 삼표P&C는 여주공장에 보, 기둥, 벽 등의 건축물 주요 부재 생산 라인을, 청주공장에는 자동화 생산라인을 구축함.
 - 롯데건설은 RFID 태그를 활용한 PC부재 생산 및 품질관리 시스템 및 PC 시공자 관리업무의 디지털화 및 업무 효율성 향상을 위한 업무용 플랫폼 RPMS를 개발하여 OSC 공동주택의 생산성 제고를 위한 부재 생산관리 뿐만 아니라 지속적 품질 확보를 위한 시스템을 구축함.
 - 현대엔지니어링은 용인영덕 경기행복주택 실증사업(지하1층/지상13층) 사업을 수행하여 구조 안전성과 내화 성능이 확보된 13층 높이의 강재모듈러를 조립, 시공 하였음.
- (해외) 인공지능, 빅데이터, ICT기술 등의 신기술 융합을 통하여 자동화·지능화된 OSC 통합관리 및 스마트 공장생산 시스템뿐만 아니라 시스템 욕실, 주방과 같은 PC 부재 활용 또한 활발하게 이루어지고 있음
 - AGACAD社は 기둥, 보, 벽체, 슬래브 등의 구조객체를 자동으로 PC 부재화 해주는 프로그램을 개발했으며, Trimble社は PC구조의 설계단계에서부터 제작상세 입력, 생산/시공 관리 등의 기능 등을 제공하는 PC 구조 상세설계 제작 소프트웨어를 개발하여 워크플로우 전반에 효율을 높임.
 - iTWO社は 설계단계의 3D BIM 모델과 시공단계의 공정 및 원가관리 등을 통합적으로 관리할 수 있는 OSC 기반 통합관리 플랫폼 기술을 개발하여 설계부터 물류 관리까지 디지털화된 공정계획을 기반으로 한 통합된 디지털 플랫폼을 구축했음., ManufactOn社は 현장으로의 예측가능한 부재 운반, 생산 현황 및 부재 준비의 투명화 및 가시화, 병목현상 및 지연 발생 부분 발견을 중심으로 OSC 공급사슬 관리 솔루션을 개발함.
 - 싱가포르 Bathsystems社は PC와 강재를 활용한 PBU (Prefabricated Bath Unit)와 같은 시스템 욕실 및 주방 등 다양한 상품을 전문 생산하여 자국은 물론, 유럽 및 미국 등에 제공. Straits Construction Group 또한 싱가포르 정부의 프리캐스트 콘크리트 사용 확대 정책에 맞추어 PC 자동화 생산 공장을 구축.

(3) 관련 연구논문 및 특허 동향

■ 국내외 관련 연구논문 현황

○ OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산기술 연구동향

- 단열, 내화, 결로 등의 과거 OSC 공동주택의 문제를 해결하기 위한 연구가 이루어지고 있음. PC 부재의 효율적인 현장 생산을 위한 프로세스 개선, 의사결정 지원시스템 개발, BIM, 레이저 스캐닝(laser scanning), 디지털 트윈(digital twin) 등의 스마트 건설기술 연구가 이루어지고 있음. OSC 공동주택 설계·엔지니어링 및 공장생산 기술에 대한 우수한 연구 성과들이 도출되었으며, 이러한 요소기술은 OSC 공동주택 주거성능 확보 및 향상에 큰 도움이 됨.
- OSC 공동주택 주거성능 확보 기술 및 OSC 공동주택 활성화를 위한 의사결정 시스템, 스마트 건설기술 등에 대한 연구가 진행되고 있지만, 대단위 단지규모 실증을 통한 전체적인 성능평가 및 기술적 보완이 추가적으로 필요한 것으로 사료됨.

[표 4] OSC 설계,엔지니어링,공장생산기술 연구동향

연도	논문제목	저자	내용
2023	Digital Twin에 기반한 프리캐스트 콘크리트 공장 최적화 연구	문재상 외 2인	가상공간에서 PC 공장 생산공정 구현 가능한 3D 디지털 트윈 구축을 통해 공장 레이아웃에 따른 효율성과 안전성 검토 및 작업자와 설비의 구성에 따른 생산성 시뮬레이션을 수행함으로써 PC 공장의 작업 효율성 및 안전성 향상을 위한 디지털 트윈의 활용 가능성 분석
2022	Integrated BIM and DfMA parametric and algorithmic design based collaboration for supporting client engagement within offsite construction	Bakhsi 외 4인	BIM 기반의 DfMA 접근법과 맞춤화를 통합하여 고성능 PC 건물(PBs)의 설계 과정에서 최적의 발주자 참여를 위한 상호 보완적 단계로 구성된 프리패브리케이션 정보 모델(PIM) 기반의 전략 제공
2022	모듈러 공동주택의 BIM 기반 통합설계에 관한 연구	이창용, 이명식	공동주택 모듈러 설계와 건축 성능 향상을 위한 BIM 통합 설계 모델 개발 및 적용
2021	스마트 건설의 최신 트렌드와 건설산업의 대응전략	권순옥	스마트 건설 기술 적용 동향 및 전략을 제시
2020	OSC 기반 3D Infill 내장형 PC 모듈러 주택 연구 소개	임석호 외 4인	OSC 기반 3D Infill 내장형 PC 모듈러 주택 연구
2018	An Internet of Things-enabled BIM platform for on-site assembly services in prefabricated construction	Clyde 외 4인	IoT 기반의 BIM 플랫폼을 구축하여 prefab 시공 시 현장 조립의 효율을 지원하고 디지털화된 현장관리가 가능하도록 지원
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 기초 연구
2013	내화성능을 가진 공업화 주택 벽체 외단열 유형에 따른 단열성능평가	조영주 외 2인	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
2016	Performance of Modular Prefabricated Architecture: Case Study-Based Review and Future Pathways	Fred Edmond Boaf 외 2인	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-Koo 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	Hajdukiewicz, 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-Koo Kim 외 2인	지상파 레이저 스캐너 (TLS)를 사용하여 프리 캐스트 콘크리트 패널의 크기와 품질을 측정하고 평가하는 완전 자동화된 비접촉 측정 기술을 제시

○ OSC 플랫폼 및 스마트 시공·관리 기술 연구동향

- OSC 기반 PC 부재의 지능화된 품질검사 및 효율적인 관리를 위한 시스템 개발이 시도되고 있음. 스마트 시공·관리 기술을 적용한 OSC 기반 건설 프로젝트 통합개발 시스템을 구축하는 연구가 이루어지고 있음.
- OSC 기반 PC 부재의 품질검사 및 효율적인 생산을 위한 지능화된 시스템, OSC기반 건설 프로젝트 통합 개발 시스템에 대한 연구가 진행되고 있으나, 실증을 통한 시스템 점검 및 기술적 보완이 추가적으로 필요한 것으로 사료됨. OSC 기반 스마트 현장 설치 및 관리 기술의 경우 국내 공동주택 실정에 맞는 기술개발에 대한 연구가 지속적으로 추진되어야 함.

[표 5] OSC 플랫폼 및 시공관리 기술 연구 동향

연도	논문제목	저자	내용
2023	OSC 공법 도입 활성화를 위한 공사정보 관리 3D Visualization Tool 개발 - PC 공사 적용 현장을 중심으로 -	배수진, 차희성	BIM을 활용하여 PC공법을 중심으로 제작 공장-PC 현장 사이의 제작, 양생, 출하, 야적, 조립 과정에서 발생하는 정보 전달 체계를 구축함으로써 PC 현장 중심의 공사관리 시스템 개발
2022	Off-Site Construction 프로젝트 관리시스템 개발 및 적용 - PC공사를 중심으로 -	장예은 외 2인	OSC 프로젝트의 관리적 특성을 결정하는 공장생산-운송-현장설치의 생산과정과 방식을 중심으로 OSC 프로젝트 관리시스템 개발의 요구사항 도출, 설계 및 구현하고 이의 현장 적용효과 분석
2022	Damage detection for prefabricated building modules during transportation	Valineja-dshoubi 외 2인	운송 과정에서 프리패브 건물 모듈에서 발생할 수 있는 손상 감지를 위한 데이터 기반 모니터링 시스템 개발
2021	OSC(Off-Site Construction)기반 PC공법의 시공 프로세스 도출	전영훈 외 2인	문헌고찰을 통한 OSC기반 PC공법의 시공 프로세스 도출
2021	오프사이트건설(Off-site Construction) 운반 시스템을 위한 핵심기능 도출 및 시스템 기능 전개도 개발	이강호 외 4인	OSC 프로젝트 수행을 위한 부재 운반시스템 기능 전개도 개발
2020	OSC기반 건설 프로젝트 통합관리 플랫폼	이재만 외 2인	5D-BIM 개념을 적용하여, OSC기반 건설 프로젝트 통합관리 플랫폼 연구
2020	모듈러 주택의 건설 프로세스 및 공사기간 산정방법	손정락 김진원	모듈러 주택의 건설 프로세스 및 공사기간 산정방법 제시
2020	프리캐스트 콘크리트 모듈러 건축	이상섭 외 2인	PC 모듈러 건축에 관한 사례를 중심으로 장·단점, 제작 및 접합 기술 등을 분석
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.

2017	공업화 주택의 공공주택 활용 가능성과 전망	이의영	공업화 주택의 특성을 분석하고 이에 따른 공동주택 적용시의 전망을 고찰함.
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, 손훈	PC 부재의 지능화된 품질검사 및 관리를 위해, 3차원 레이저 스캐닝 및 BIM 기반의 품질검사 기법과 그 시스템을 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, 심창수, 김영진	PC 세그먼트 교량의 효율적인 설계 및 시공관리가 가능하도록 BIM 및 스마트센서 등의 IT기술 적용성에 관한 연구
2015	Integrated, automated and robotic process for building upgrading with prefabricated modules	Kepaltur-alde 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.
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

○ OSC 공동주택 활성화 방안 수립 및 실증사업 연구동향

- 공동주택 OSC방식 적용 확산을 위한 의사결정 시스템 개발이 이루어지고 있으며, OSC기반 공동주택을 대상으로 경제성을 분석하여 OSC 공동주택 활성화를 위한 연구가 이루어지고 있음. 현재 OSC 생산 시스템을 위한 공장 및 현장 연계(Off-Site-to-Onsite) 체계 구축 및 공급사슬 관련 연구는 해외에 집중해서 진행되고 있으며, 주로 OSC 연계 강화 및 생산체계 확산을 위한 의사소통, 다기능공 육성, 작업분류체계 등 세부 요소에 초점을 맞춤.
- OSC 공동주택과 관련된 정책 및 제도, 교육 및 인력양성, 관련 기반 기술 구축, 품질관리에 대한 연구의 적극적인 추진이 요구됨. OSC 공동주택 생산체계 확산을 위한 통합적인 노력이 필요하며, 실증을 통한 품질 평가 및 개선이 추가적으로 필요한 것으로 사료됨.

[표 6] OSC 활성화 및 실증사업 연구동향

연도	논문제목	저자	내용
2022	건축 프로젝트 특성을 고려한 초기 단계에서의 Off-Site Construction 공법 도입 여부 의사 결정 시스템 개발 - 공동주택 골조공사 중심으로 -	이성호 외 2인	프로젝트 특성을 고려한 초기 단계에서의 OSC 공법의 효율적인 도입을 위한 의사 결정 시스템 개발
2021	공동주택 OSC공법 적용 확산을 위한 공사비 분야 경제성 개선 요인 분석 - PC 부재 설계, 제작, 운송, 시공을 중심으로 -	윤원건 외 3인	공동주택 OSC공법 적용 확산을 위한 공사비 분야 경제성 개선 요인 분석
2021	OSC기반 PC공동주택 현장 생산성 저하요인	김기호 외 5인	LH에서 공급하고 있는 OSC기반 PC공동주택을 대상으로 PC부재 조립 프로세스 및 생산성 저하 요인 분석
2021	공동주택 Off Site Construction 활성화 정책 방향	강태경	PC 공동주택을 중심으로 건설산업의 "탈현장" 이슈를 제도,정책 관점에서 분석
2020	OSC(Off-Site Construction)기반 PC(Precast Concrete)구조공동주택 핵심성과지표 개발을 위한 기초 연구	이성호, 차희성	OSC기반 PC구조(이하 OSC-PC) 공동주택의 종합성과를 효과적으로 분석하고, 지속적인 DB화를 위한 맞춤형 핵심 성과 지표 체계를 제안하여 보급 및 확산과 지속적인 사후 성과 관리를 위한 핵심 성과 지표 체계를 개발하기 위한 연구

2017	공업화 주택의 공동주택 활용 가능성과 전망	이의영	공업화 주택의 특성을 분석하고 이에 따른 공동주택 적용시의 전망을 고찰
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 검토
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 분석
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 도출
2017	Examining the drivers and states of organizational change for greater use of prefabrication in construction projects	Wong P.S.P. 외 2인	OSC로 인해 변화된 건설환경에 대한 건설회사들의 준비 정도를 반구조적 인터뷰를 통해 조사
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 진행
2017	Off-site construction optimization: Sequencing multiple job classes with time constraints	Arashpour M. 외 4인	다기능공의 활용이 OSC 프로젝트의 효율을 향상 시킬과 동시에 병목을 형성한다는 점을 지적하고, 다기능공의 작업전환 시간을 최소화 하는 스케줄링을 달성하기 위한 수학적 모델을 제시

■ 국내외 관련 특허 분석

- OSC 기반 공동주택 활성화를 위해 프리캐스트 콘크리트, 프리패브리케이션 공법 등을 이용한 건축물 시공 방법에 관한 특허가 다수 있으며, 국외의 경우 프리캐스트 콘크리트, 프리패브리케이션 공법, Tilt-up 공법 등을 이용한 건축물 시공 방법에 관한 특허가 있음. 프리캐스트 콘크리트 패널 연결구조에 관한 특허도 확인되었으나, OSC 기반 공동주택을 대상으로 한 특허는 부족함.

[표기] OSC 관련 국내외 특허

연도	지식재산권명	출원인/등록인	출원국/등록출원번호
2022	콘크리트 벽체 시공을 위한 이중 하프 프리캐스트 벽체	대우건설	한국/10-244459-00000
2022	디지털기반 OSC부재 공정관리 시스템	롯데건설, 연우피씨엔지니어링	한국/10-2396160
2022	품질관리가 가능한 OSC부재 관리 시스템	롯데건설, 연우피씨엔지니어링	한국/10-239616
2021	강관을 이용한 PC중공슬래브 제작방법 및 이에 의해 제작된 PC중공슬래브	(주)까뮤이앤씨	한국/10-2253012
2021	RFID태그를 활용한 PC부재 생산 및 품질관리 시스템	롯데건설	한국/10-2266553
2021	부재관리를 위한 RFID태그 및 이를 이용한 부재관리 시스템	롯데건설	한국/10-2259311

2016	공업화 초고층타워 빌딩과 공업화 공용주택 초고층 콘도 아파트	임춘만	한국/1020160091193
2015	프리패브리케이션(Prefabrication) 공법에 의해 시공되는 건축구조물의 천정구조	현대건설주식회사	한국/1020150109951
2015	중고층 모듈러 건축물용 코아구조물 및 그 시공방법	한국건설기술연구원	한국/1020150149215
2020	Residential building prefabricated balcony construction method	Anhui Zhuong Prefabricated Building Research Institute Co., Ltd.	중국/202010311349.2
2018	High performance, reinforced insulated precast concrete and tilt-up concrete structures and methods of making same	Romeo Ilarian Ciuperca	미국/15990759
2016	Construction board installation robot	Integrated Construction Enterprises, Inc.	미국/15178563

■ 관련 연구과제 현황

- OSC 기반 프리캐스트 건축물의 시공 기술 및 유지 관리에 관한 연구가 진행되었으며, 건설 자동화를 위한 지능화, 모듈화 기술에 관한 연구가 존재함.
- OSC 생산체계 관련해서는, 모듈러 기반 실증단지 구축 및 생산성 향상기술 관련 대형연구사업이 수행된 바 있으며, 최근에는 공동주택을 대상으로 한 OSC 기반 생산시스템 혁신기술개발 및 실증 연구가 진행중임.
- OSC의 산업 전반 확산을 위해서는 OSC 기반 공동주택 고층화, 단지화 및 이를 위한 대량생산시스템 핵심 요소 기술의 고도화와 관련된 과제 수행이 필요함.

[표8] OSC 관련 연구사업 목록

수행 연도	연구제목	연구 책임자	소속	사업명	지원 기관
2021	PC 건축물의 전주기 연쇄붕괴방지 기술 및 설계방법 개발	강수민	송실대학교	집단연구지원	과학기술 정보통신부
2020	Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발	이준성	이화여자 대학교	OSC기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발사업	국토교통부
2018	빅데이터를 활용 지능형 프리캐스트 구조물 안전/유지관리 기술 개발	박창진	씨제이인스트 루먼트 주식회사	중소기업 네트워크형사업	중소기업청
2018	ICT융합 지능형 프리캐스트 구조물 유지관리 기술 개발	박창진	씨제이인스트 루먼트 주식회사	도약기술 개발사업	중소기업청
2018	지능화 건설자동화 연구센터	이동은	경북대학교	집단연구 지원사업	과학기술 정보통신부
2018	생태건축시스템 모듈화/시공 기술 개발	이종석	(주)휴다임 건축사 사무소	도시건축 연구사업	국토교통부
2016	건식/기계식 조립 방식의 프리캐스트 콘크리트 기반 구조물용 프레임 개발	홍원기	경희대학교	도약기술 개발사업	중소기업청
2014	오일샌드 육상플랜트 모듈제작 및	최문규	(주)비츠로	플랜트	국토교통부

	시공기술 개발		넥스텍	연구사업	
2014	모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술	배규웅	한국건설 기술연구원	주거환경 연구사업	국토교통부
2013	수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축	임석호	한국건설 기술연구원	주거환경 연구사업	국토교통부
2011	고성능 재료기술을 반영한 프리캐스트 및 프리스트레스트 콘크리트의 성능향상 기술 개발 및 표준화	정하선	(사) 한국콘크리트 학회	건설교통기술 촉진연구사업	국토해양부
2010	가변성 확보를 위한 건축 프리패브 공법 적용에 관한 연구	김경래	아주대학교	기본연구 지원사업	교육과학기술부

(4) 정책동향

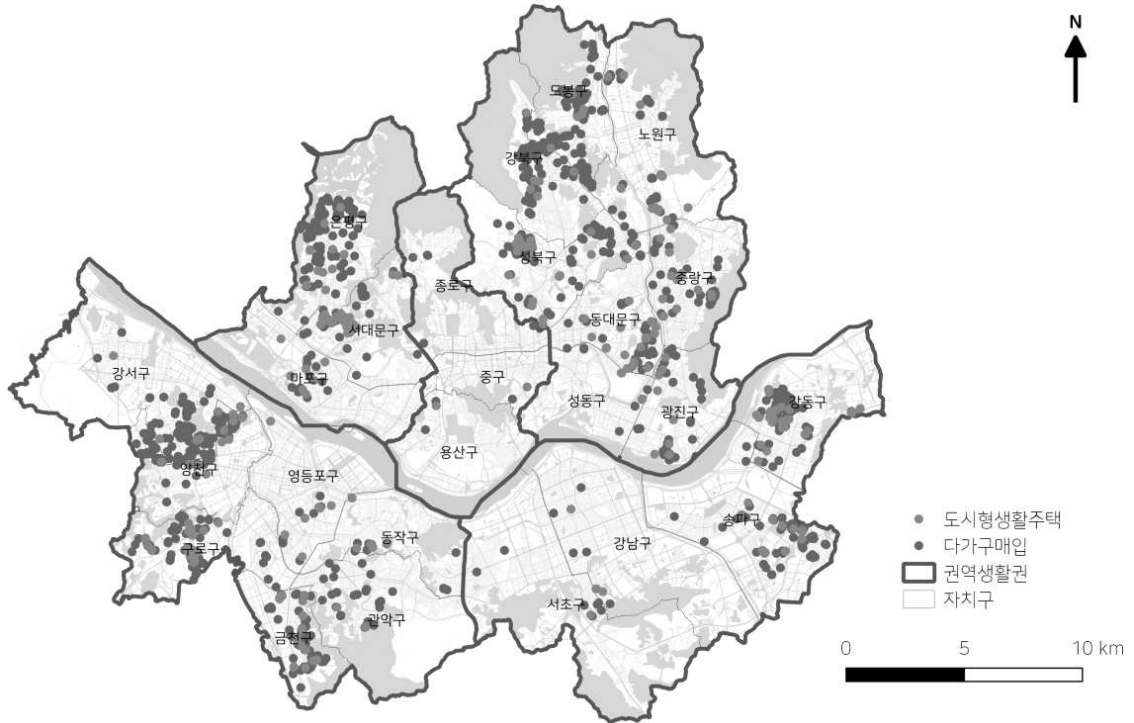
■ 정책 분석

○ 국내 정책 현황

- '2023년 발표된 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획의 비전은 “기술혁신을 통한 공간과 이동의 패러다임 대전환”이며, 12개 기술과제 중 “스마트 디지털 건설”의 기술전략트리에 “건설 프로세스의 제조업화”가 포함되어 있고 PC 공동주택 등 OSC 기술개발 추진 등의 추진방향을 명시함.
- 「제7차 건설기술진흥기본계획(‘23.12)」의 비전은 “첨단기술 확산을 통해 다시 도약하는 건설산업”이며, 5대 추진방향 중 “디지털 전환을 통한 스마트 건설 확산”의 주요 추진과제에 “생산시스템 자동화·모듈화”가 포함되어 있고, “OSC 기반 건설산업 제조화”를 위한 제도정비, 공공발주 확대, 인센티브 부여, 성장기반 마련, 인식 개선 등 세부과제를 제시하고 있음.
- 「제6차 건설산업진흥기본계획(‘23.12)」의 비전은 “건설산업 혁신기반 구축을 통해 지속가능한 성장동력 확보”이며, 3대 목표 중 “신성장 동력 확보”의 중점과제 “스마트건설 활성화” 추진방안에 “생산시스템의 자동화·모듈화”가 포함되어 있고, 세부 추진과제에 OSC 기준반영, OSC 핵심기술 고도화(기술개발 지원 포함), 시장활성화 등 OSC 시장확대를 위한 세부과제를 제시함.
- 2022년 1월부터 ‘중대재해처벌법’이 시행됨에 따라 실질적인 중대재해 예방을 위해 사업주·기업의 경영책임자 등이 안전보건 확보의무를 가지고 안전·보건관리체계를 적절하게 구축하여 이행되도록 하는 등의 책임이 요구됨.
- 국토교통부는 2018년 다양한 주택 공급을 위하여 생애단계별·소득수준별 맞춤형 주거지원의 확대, 주택시장의 안정적 관리, 살기 좋은 주거 환경 조성 등의 내용을 포함한 총 5개 추진과제를 선정하였음. 또한 중점 추진과제 중 ‘살기 좋은 주거 환경 조성’을 위하여 미래형 주택 보급 계획을 수립하였고, 그 중 공업화 주택의 제작비용 절감, 성능향상 등을 통해 주택 보급 확대의 기반을 마련하기 위한 계획을 수립함.
- 2017년 정부에서 수립한 ‘4차 산업혁명 대응계획’에서는 지능화 혁신 프로젝트 추진, 성장동력 기술력 확보, 산업 인프라·생태계 조성, 미래사회 변화 대응 등을 주요 비전으로 삼고, 산업, 사회 각 부문별로 지능화로 인한 경제적 파급효과가 큰 분야를 도출하여 중점 추진분야를 선정하였음. 이에 따라 건설산업은 사회문제 해결 기반, 삶의 질 제고 및 신성장을 촉진하기 위해 첨단 스마트시티 조성 국가 시범사업 실시 및 데이터 기반 도시운영체계를 구현하고 스마트 도시재생 뉴딜을 추진함. 또한 3D 가상설계·시공, 건설장비 간 통신·협업시스템 등을 개발하고 500억 이상 도로사업의 BIM 적용 의무화를 추진하고 있음.
- 매입임대주택사업의 규모는 연간 약 5000호로 사업비는 연간 약 1조 3000억 이상임. 서울시의 경우 가용택지 부족으로 건설형 공공임대주택 공급이 어려워 민간사업자를 활용한 매입임대주택 사업의 확대를 도모함. 기존 RC공사를 활용한 건설방식으로는 충분한 공공임대주택 공급이 어려워, 이에 서울주택도시공사는 2019년 10월부터 모듈러주택에 대한 매입허용을 결정하였음. 그러나 국내 모듈러주택은 강재모듈러 위주

로 원룸형 중심의 공급에 특화되어 있어, 효율성과 생산성을 고려한 보-기동식 PC구조방식을 이용한 OSC 주택의 공급이 현실적 대안으로 부각됨.

- 서울시의 경우 가용택지 부족과 공공임대주택 확대를 해결하기 위해 주차장, 노후청사 등 저이용 유휴부지 복합개발 사업에 모듈러주택의 도입을 추진하고 있으며, 약 1000세대의 도로 위 공공주택을 공급하는 신내4지구 북부간선도로 입체화사업의 기술적 해결을 위해 OSC방식인 모듈러주택을 적용하여 사업을 진행 중임.



[그림 20] 서울시 권역별 매입임대주택 공급현황(~2018)

(출처: 서울주택도시공사 내부자료)

○ 해외 정책 현황

- 미국의 경우 연방정부 차원에서 단일화된 정책을 제시하기보다 주정부와 개별 발주기관 차원에서 공사기간 및 공사비 절감, 생산성 향상, 첨단 기술 및 자재의 적용 등 노력을 지속적으로 기울이고 있음. 경제활성화 및 일자리 창출을 목표로 교통재정비법(Fixing America's Surface Transportation, 2015)에서 5년간 3,050억 달러 규모의 인프라 투자 및 연관 사업 확대 계획을 발표함으로써 건설 산업을 위한 정부지원을 활성화하기 시작하였음. 또한, NITRD(Networking and Information Technology Research Development)와 같이 내륙 법·제도를 기반으로 하는 R&D 프로그램을 통해서 4차 산업혁명과 관련성 높은 분야에 대한 R&D 프로젝트를 권고하고 있음.
- 중국의 경우 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 산업으로써 4차 산업혁명에 대비한 사업들을 지원하기 시작함. 2016년에는 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) 건축물의 비중을 30%로 향상할 것을 요구함.
- 일본의 경우 2025년까지 건설 생산성 혁명 프로젝트를 진행중이며, 이는 건설산업 혁신을 목표로 정보화시공, IoT, 로봇기술 등을 활용한 건설산업 생산성 향상을 도모함. 또한 일본의 국토교통성은 토공에서의 조사, 측량, 설계, 시공, 검사 등의 프로세스에서 종이 도면 위주의 기준을 변경하여 3차원 데이터를 활용하는 새로운 기준 및 지침을 발표함으로써 ICT 시공의 활성화에 기여함. 더불어, 정부가 지원하는 38개의 회사가 2000억원 규모의 펀드 "VR Techno Japan"을 조성하고, 문부과학성을 중심으로 대학의 R&D를 지원하는 대형 프로젝트가 운영되는 등 활발한 지원이 이루어지고 있음.

- 독일의 경우 국가적 차원에서 Siemens, Wittenstein AG, IOA 등 여러 제조업 분야의 기업들에서 사물인터넷(IoT), 사이버보안, 클라우드, 적층제조(AM), 증강현실, 빅데이터분석, 자율로봇, 시뮬레이션, 수평/수직적 시스템통합의 아홉 가지의 첨단기술들을 인더스트리 4.0의 핵심분야로 정의하고 이를 도입하고자 하는 시도를 보이고 있으며, 기술 혁신을 위한 '하이테크 전략 2020'을 통해 사회 및 기술 동향에 초점을 맞춘 미래지향 연구 및 혁신 정책 모델을 수립함.
- 영국의 경우 정부에서 2013년 당시 'Construction 2025'라는 건설 생산성 향상 전략을 통해 사업비 및 총생애주기비용 절감, 공기단축, 온실가스 저감 등의 목표를 달성하고자 하였으며, 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.

■ 정책 분석 시사점

- 우리나라의 경우 4차 산업혁명 시대에 발맞추어 경쟁력을 갖추기 위해 VR/AR, AI, BIM, IoT 등 활용한 융복합 기술을 통해 건설 산업의 발전을 도모하고 있음. 따라서 급변하는 기술 발전 속도를 뒷받침해줄 수 있는 OSC 기반의 근본적인 생산체계의 변화와 관련 제도 및 정책적 지원 방안이 요구됨.
- 인구가 밀집 되어 있는 수도권외의 경우 공공임대주택 사업에서의 택지 부족이 가장 중요한 문제점 중 하나 인 바, 이를 해결하기 위해 OSC 기반 PC공동주택의 고층화 및 단지화 구축을 통해 폭넓은 보급 확산이 필요함.
- 주요 해외 사례를 보면, 정부 주도하에 민간기업이 참여하는 대형 프로젝트 수행을 통해 건설산업 전반의 혁신을 달성하고자 하는 시도가 계속되고 있으며, 국내에서도 이와 같은 저변 확대를 위해서는 핵심 요소기술 개발과 더불어 인프라 투자 또한 활발하게 이루어질 필요성이 있음.

4. 연구개발과제 구성 및 추진전략

4.1 연구개발과제의 기관구성, 추진전략 및 방법

(1) 기관구성 및 기관별 연구개발 목표

■ 연구기관 구성

- 기획연구 수행조직 구성은 선행과제 「Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신 기술개발」 연구수행 주관기관인 이화여자대학교 산학협력단을 비롯하여 공공 발주기관, 공공 연구기관, 학계(대학 및 유관 학회), 설계·엔지니어링 업체, PC공급업체, 대형 건설사 등 국내 OSC 연구를 선도하고 있는 주요 기관들과 협력체계를 구축하고 있음.
- 선행 「Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신 기술개발」연구단의 주관기관 수행 경험을 바탕으로 다수의 산학연 기관들이 참여하여 효과적 기획연구를 수행함
- 수요조사, 기술수준분석, 연구기획, 테스트베드 계획 등의 기획연구 과정에 선행 과제에서 실증사업을 수행한 한국토지주택공사(LH), 서울주택도시공사(SH)가 참여
- OSC 기반 PC 공동주택 생산과정의 성과목표와 기술개발의 성능확보를 위해 국가기준 및 표준화 제정 관련 연구 경험이 풍부한 한국건설기술연구원과 한국콘크리트학회 및 관련 대학 연구진으로 구성
- 효과적 생산시스템 혁신 및 실용적 제반 기술 개발을 위해 실질적인 기술활용 기관이자 OSC관련 연구수행 경험을 보유하고 있는 선도 기업(대우건설, DL이앤씨, 롯데건설, GS건설, 현대엔지니어링, 까뮤이앤씨, 연우PC엔지니어링, DA그룹엔지니어링 종합건축사사무소, 아이스트 구조 등)과의 연구 협업

■ 기관별 연구개발 목표와 주요 내용

연구기관	연구개발 목표와 주요 내용
[주관연구기관] 이화여자대학교 산학협력단	<p>(목표) PC공동주택 생산시스템 전 과정에 걸쳐 품질과 효율 향상, 사용자 만족도 개선과 관련한 현황분석 및 개선방안 도출</p> <ul style="list-style-type: none"> - OSC 공동주택 표준기술, OSC 기반 자동화 생산기술, 스마트 현장조립 및 관리기술, OSC 플랫폼 등 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 요소기술의 통합적 이해를 바탕으로, 관련 요소기술 분야의 현황 분석, 공동주택 사업관리 분야에서 제시되는 요구사항의 기술적 실현가능성 분석, 그리고 요구사항의 구현방안 제시 - OSC 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술 개발방안 수립 및 적용가능 기술의 풀(pool) 구성 - 연구개발 결과의 단계별 적용 및 테스트베드 시행을 고려한 연구개발 상세계획 수립
[공동연구기관] 한국건설기술연구원	<p>(목표) 고층·단지형 PC공동주택 OSC 생산시스템 보급확산을 위한 정책 및 제도적 개선안 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> - 미래지향적 공동주택 생산 환경을 고려한 OSC 공동주택 생산혁신 및 보급 플랫폼 기술 정의 - OSC 기반 생산시스템 관련 기술 확산을 위한 전문가 양성 및 교육 플랫폼 기술 정의 - 다양한 유형의 공동주택별 OSC 기반 공동주택 생산시스템 확산시나리오 정립

<p>[협력연구기관/ 공공 발주기관] 한국토지주택공사, 서울주택도시공사</p>	<p>(목표) 선행 실증사업 성과분석에 기초한 실효성 높은 실증사업 기획 및 프로젝트 유형별 사업화 모델 발굴</p> <ul style="list-style-type: none"> - OSC 공동주택 생산시스템 품질향상을 위한 주요 하자분석 및 요소 기술 활용을 통한 대응방안 도출 - 미래지향적 OSC 공동주택 생산시스템 환경을 고려한 공동주택 설계 -시공-사용 시나리오 정립 - 테스트베드 시행을 고려한 연구성과 활용계획 수립 	
<p>[협력연구기관/업계] 대우건설, DL이앤씨, 롯데건설, GS건설, 현대엔지니어링, 까뮤이앤씨, 연우PC엔지니어링, DA, 아이스트</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 산업환경 및 기술수준을 감안, 고층·단지형 PC공동주택 보급 확산을 위해 필수적인 핵심분야를 도출하고 실용화 방안에 대한 의견 제시 - 기술가치 평가, 사업화 가능성 점검을 통한 개발대상 기술과제 도출 및 상세계획 수립 - 기술수요조사 및 과제도출 과정에서 각 업역 별 현황 공유 - 도출된 과제들에 대한 우선순위 결정에 있어 국내 산업 현황 및 역량을 감안하여 시급한 영역 도출 	
<p>학계</p>	<p>국내</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 기술 수준 및 표준화 현황 분석에 입각한 실증화 전략 수립 - OSC 기반 PC공동주택 구축에 있어 스마트건설 도입 방안 검토 및 핵심분야 분야 도출 - 설계기준 및 품질관리 기준 표준화 방안 검토
	<p>해외</p>	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 관련 해외 기술개발 및 인프라 (기업, 연구소, 대학, 인력) 현황 분석 - 해외 OSC 프로젝트 우수사례 성공요인 분석

PC공동주택의 고층·단지화를 위한 OSC 고도화 기술개발

주관연구기관		<ul style="list-style-type: none"> • 고층·단지화 PC 공동주택을 구현을 위한 혁신기술 개발방안 수립 • OSC 생산시스템 기술 저변 확대 및 상용화 방안 마련 	
 이화여자대학교 연구책임자 이준성			
공동연구기관	한국건설기술연구원	협력기관	한국토지주택공사/서울주택공사
 공동연구책임자 강태경			
<ul style="list-style-type: none"> • OSC 관련 제도정책 및 인증 개선안 마련 • OSC 전문가 양성 및 교육 플랫폼 기술 정의 		<ul style="list-style-type: none"> • OSC 생산시스템 기반 공동주택 실증 및 평가 	
연구기획위원회			
산업계 (국내)	   		
	   		
학계 (국내)	  		
	  		
국외 기관	   		

[그림 21] 연구 수행 조직

(2) 단계별 각 연구수행기관 연구개발 목표 및 수행내용

	목표 및 내용	기관	주요 성과물
1단계 (선행실증 사업성과 및 동향조사)	<ul style="list-style-type: none"> 산업전반 환경 및 동향 분석과 더불어 선행 실증사업 성과분석을 통해 도출된 쟁점과 요구에 기반하여 사업의 목적 및 개념, 기술 정의 및 기술개발 범위 제시 	이화여대/ LH, SH/ 연구기획위원회	동향분석 보고서/ 선행사업분석 보고서
	<ul style="list-style-type: none"> OSC 기반 PC 공동주택 구축과 관련한 국내외 기술개발 동향을 분석하여 향후 연구개발 방향성과 단계적 발전전략 수립에 기초정보를 제공 	이화여대/ 연구기획위원회	
	<ul style="list-style-type: none"> 과학기술부문 상위계획과 국토교통 관련 정부 정책과의 관련성 및 연계성을 분석하고, 미래 쟁점 및 요구, 정부정책과의 부합성 등을 토대로 문제 해결을 위한 사업추진방향 및 기술대안의 타당성 제시 	이화여대/ 한국건설기술연구원	
2단계 (기술수요 조사 및 과제도출)	<ul style="list-style-type: none"> OSC 기반 PC 공동주택 관련 글로벌 트렌드 분석 및 주변 환경변화 분석을 토대로 하여 미래 이슈를 도출하고, 해결을 위한 기술적 니즈와 대안 제시 	이화여대/ LH, SH	기술수요 조사 보고서/ 비전및목표· 과제구성표· 중복성 검토 결과
	<ul style="list-style-type: none"> 기술개발사업 비전, 목표 및 전략 설정 - 비전 및 목표 제시를 통한 기술개발 전략 수립 	이화여대/ 연구기획위원회	
	<ul style="list-style-type: none"> 연구 상세목표 설정 및 핵심과제 도출 - 상세목표 및 연구범위 설정 및 핵심과제 도출 	이화여대/ 연구기획위원회/ LH, SH	
	<ul style="list-style-type: none"> 연구개발 후보과제별 과제카드 작성 		
3단계 (우선순위 결정 및 로드맵 작성)	<ul style="list-style-type: none"> 연구개발 후보과제 우선순위 도출 - 후보과제 도출 및 과제별 추진체계 설정 	이화여대/ 연구기획위원회/ LH, SH	요소기술별 우선순위/ 로드맵 (요소기술 분류체계도)/ 타당성분석 보고서
	<ul style="list-style-type: none"> 핵심 요소기술 로드맵 제시 및 상세 연구추진계획 수립 - 세부과제 연차별·단계별 기술개발 로드맵 및 성과 로드맵 		
	<ul style="list-style-type: none"> 사전타당성 검토 - 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 연구개발 추진상의 위험요인과 대응 방안 등에 대한 검토 		
4단계 (세부 실행계획 및 실용화 방안 수립)	<ul style="list-style-type: none"> 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립 - 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계 방안 수립 - 컨소시엄(필요시) 형태 등 최적 연구추진체계 제안 	이화여대	성과목표 및 예산배분/ 실용화 및 사업화방안/ 기획과제 RFP
	<ul style="list-style-type: none"> 성과물 활용방안 및 실용화 추진방안 제시 	이화여대/ LH, SH	
	<ul style="list-style-type: none"> 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정 - 단계별 평가를 위한 성과목표·지표·마일스톤의 설정, 평가방법 및 기준 설정 	이화여대	
	<ul style="list-style-type: none"> 「제4차 국가연구개발 성과평가 기본계획(‘21~’25)」에 따른 사업평가를 위해 ‘전략계획서’ 작성된 예산규모에 따라 사업 기획내용을 반영하여 작성 	이화여대/ 한국건설기술연구원	

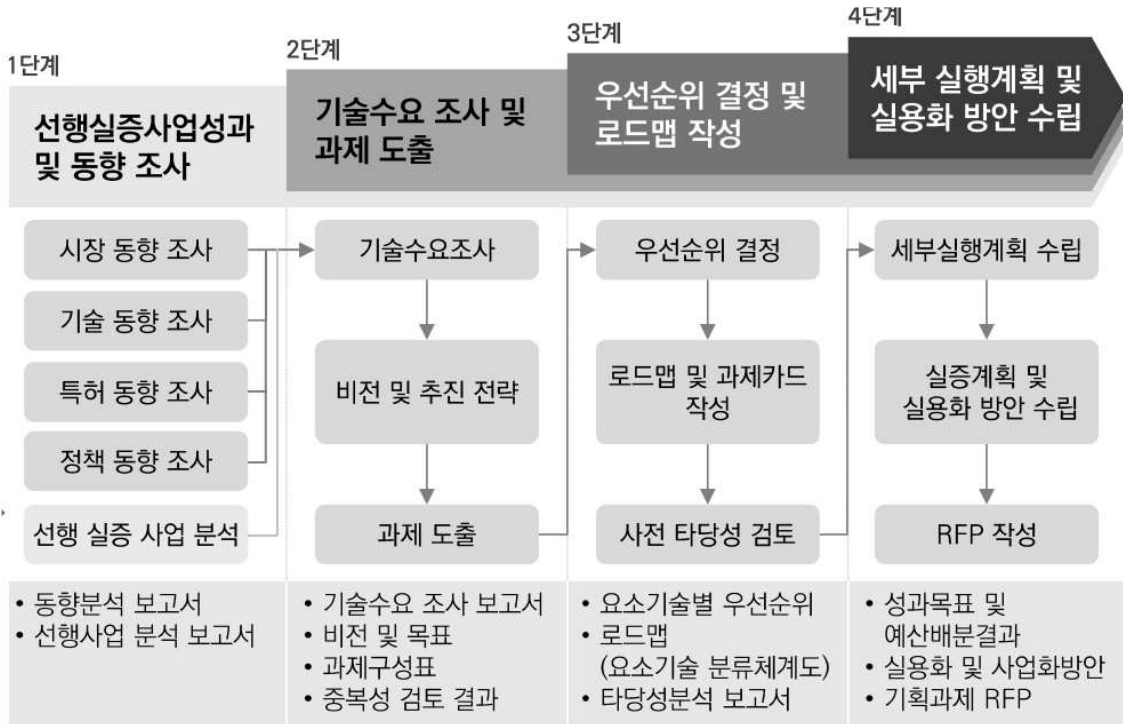
(3) 연구개발과제 수행일정 및 주요 결과물

1차 기획 (2022.5~2023.5)														보완 (2023.8~2023.12)					주요 결과물
연번	세부 연구개발내용	수행일정(개월)												수행일정(개월)					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
1	기술/특허/시장/정책 동향 조사	■	■	■															동향조사보고서
2	선행 실증사업 성과분석	■	■	■	■	■													발전로드맵
3	기술수요조사 및 과제도출			■	■	■	■	■											기술수요조사보고서 과제구성표
4	우선순위 결정 및 로드맵 작성						■	■	■	■									타당성분석보고서
5	세부실행계획 및 실용화 방안									■	■	■	■						세부예산계획서
6	전략기획서/RFP 및 최종보고서											■	■						전략기획서 RFP 최종보고서
7	보안 기획 수행													■	■	■	■	■	수정전략기획서 수정RFP 수정최종보고서

(4) 연구개발과제의 추진전략 및 방법 개요

■ 연구 추진체계도

- 국토교통과학기술진흥원에서 기획연구사업의 체계적인 수행을 위해 제정한 “건설교통기술연구개발사업 기획매뉴얼 규정”을 준수하여, 본 연구는 ① 선행 실증사업 성과분석 및 국내외 동향 조사, ② 기술수요조사 및 과제 도출, ③ 우선순위 결정 및 로드맵 작성, ④ 세부실행계획 및 실용화 방안 수립의 총 4단계로 연구 추진체계를 구성함.



[그림 22] 연구기획 프로세스

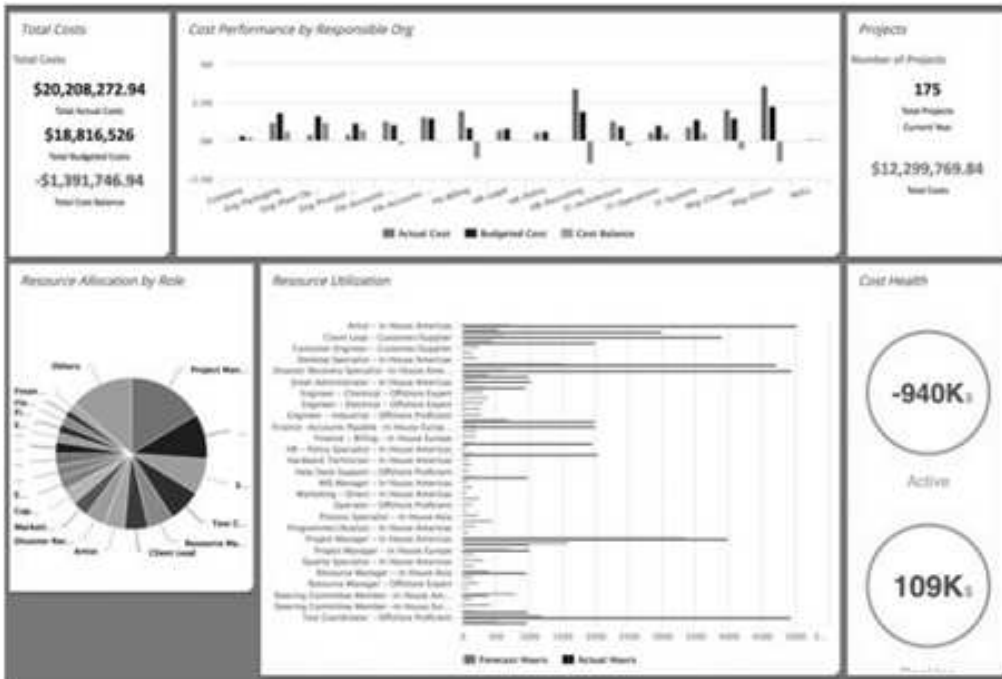
- 본 기획연구는 다양한 참여주체가 협업하는 융합 기술개발 연구이므로 PC생산 전문기관, 스마트팩토리 전문기관, 첨단 ICT 전문기관, 건설기준 제정기관, 해외연구기관 소속의 각계 각층의 전문가로 구성되는 ‘연구기획위원회’를 운영하여, 산업표준 수립 및 기준제정을 위한 다양한 산업의견을 수렴하였음
 - 특히 OSC 기반 PC 공동주택 생산 전범위(OSC 공동주택 표준모델 · 자동화 생산기술 · 스마트 현장조립 · OSC 플랫폼)가 기획연구의 범위에 해당하므로 프로세스 각 단계별 맞춤형 연구기획위원회를 구성함.
 - 그 외, 체계적이고 객관적인 기술가치 평가 및 사업화 가능성 분석을 위해, 전문기관을 ‘연구기획위원회’에 포함함
- 본 기획연구는 OSC 기반 PC공동주택 고층화 및 단지화를 위해 생산시스템 혁신기술개발 연구성과를 고도화하여 관련 기술의 확산을 도모하는 연구이므로 국내외 동향조사 단계에서 선행사업에 대한 심층분석을 수행함.
 - 특히 선행 사업의 개발기술을 분석하고 개발기술이 건설산업 전반에 확산될 수 있도록 각 선행기술의 고도화 전략을 수립함
 - 선행 사업 실증사업에서 수행된 PC공동주택에 대한 장기적인 성과 모니터링 전략 수립함.

(5) 연구개발과제의 단계별 목표 및 내용

가. [1단계] 선행실증사업성과 및 동향 조사

■ 시장 동향 조사

- 국내 공동주택 분야 특징 및 동향, 건설 생산성 및 품질 이슈, 첨단 건설기술 동향, PC산업 동향, OSC를 포함한 스마트건설 관련기술 동향 등을 다각도로 살펴봄으로써 심층적 사전분석 실시함.
- 국제기구 및 국내외 거시경제/건설 전문기관에서 발간하는 각종 데이터와 보고서 및 연구자료 분석을 통해 관련 시장동향 파악함.
 - 국내 공동주택 분야 특징 및 동향, 건설 생산성 및 품질이슈 분석: 건설교통 관련 온라인 DB인 과학기술 정보통합서비스(NDSL), 국토해양지식시스템, SH도시연구원, 건축도시연구정보센터, 한국시설안전공단, (사)한국복합건축기술협회(AHS), 한국건설관리학회, 한국CM협회, 한국FM학회 등 활용
 - 첨단 건설기술 동향 분석: NPCA(National Precast Concrete Associate), PCI(Precast Concrete Institute), 세계지식포럼의 Shaping the Future of Construction 지식공유플랫폼, Construction Intelligence Center의 Trends & Innovations - Wearable Technologies 섹션, ENR의 FutureTech 섹션, McKinsey&Company의 관련 자료 등 활용
 - ICT 기술 동향 분석: 한국전자통신연구원, 정보통신기술진흥센터, Digi-Capital, 카운터포인트리서치, 골드만삭스, LG경제연구원, 현대경제연구원, 포스코경영연구원, 각종 IB 리서치 자료 등 활용
- OSC 생산 관련 전문가 및 연구개발 종사자와의 면담 등을 통한 시장동향 분석함.
 - OSC 선행사업 수행 연구진을 중심으로 선행사업 추진 당시와 비교하여 시장동향의 변화를 파악함.



[그림 23] 시장동향 분석 예시

■ 기술 동향 조사

- 학계에서 연구개발되고 있는 기술과 업계에서 실제 활용되고 있는 첨단 기술의 조사를 통해 학계-업계 간 균형 잡힌 기술 동향 분석 수행함.
 - 학술논문 및 주요 학회의 연구결과 분석, 건설교통 온라인 DB 활용, 정보분석시스템 Landscape를 활용한 동향 분석, 국내외 핵심 건축기술의 적용사례 분석 등으로 수행함.

- SCOPUS, Web of Science 등을 통해 제공되는 학술논문 및 주요 학회의 연구결과를 통해 국외 주요 기관의 원천기술에 대한 정보 수집
 - 수집된 데이터는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원이 제공하는 정보분석시스템 Landscape를 통해 분석이 가능함. 관련 기술에 대한 국가·기관별 논문 수, 내용, 개발 주체 등의 파악
 - 대우건설, DL이앤씨, 롯데건설, GS건설, 현대엔지니어링, 한성PC, 삼표피앤씨, 까뮤이앤씨, 동서피씨, 연우구조, 나우설비 등 국내 주요 건설관련 기업의 기술개발 및 활용 동향 조사
 - 국내 건축사업 기술개발 현황은 건설교통 온라인 DB인 과학기술정보통합서비스(NDSL), 국토교통과학기술진흥원의 건설신기술정보마당 및 국토교통 R&D 포털을 활용하여 조사
- 본 연구진은 국내외 선행 연구 분석 및 프로젝트 사례 분석 등을 통해 선진/첨단 건설기술의 개발 및 적용 현황에 대한 분석을 수행할 예정임.
- 선행사업 수행 연구진과 연계하여 선행연구 사업에서 발생한 기술개발 성과를 심층 분석함



[그림 24] 기술동향 분석 예시

■ 특허 동향 조사

- OSC 및 PC 키워드와 Building, 공동주택 키워드의 조합을 통한 특허검색 및 분석 수행
 - 국내외 특허전문 검색 DB(NDSL)를 활용한 최근 5년간(필요시 10년간) 관련 특허 자료를 수집하여 Landscape 등을 이용하여 분석함
 - 스마트 현장조립 등을 고려하여 특허 검색 시에는 Smart, 주거성과 Building 분야의 이용한 관리 기술에 대한 범위까지 확장하여 동향분석을 실시함
- 특허동향의 조사범위 설정 및 분석은 건설교통기술연구개발사업 기획 매뉴얼(국토교통과학기술진흥원)에 제시된 내용을 기반으로 수행함

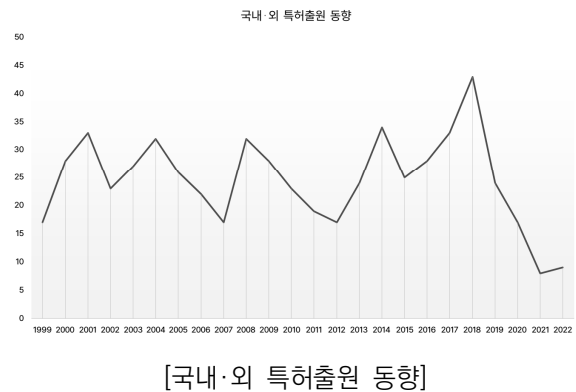
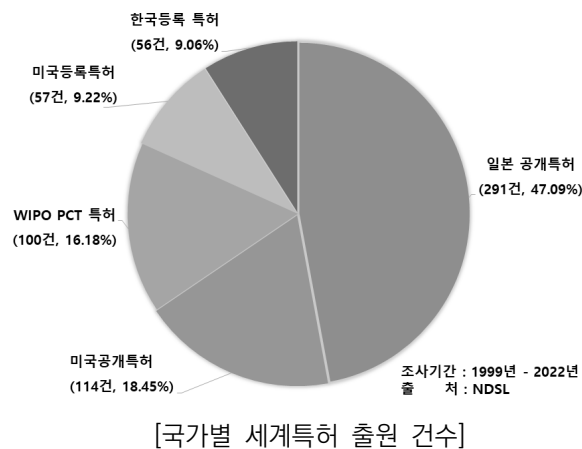
※ 특허동향 분석 예시 (예비분석)

건물분야의 OSC 관련된 국내외 기술동향 분석을 위하여 국가과학기술정보센터(NDSL) 검색엔진에서 국내 및 국제 특허분석을 수행하였으며, 검색어는 ‘Building’ and (‘Off-site Construction ’or‘ Precast Concrete’)를 적용

☞ 관련 특허의 경우 지난 20년간 지속적으로 매해 20건 정도의 특허출원이 이루어졌으며, 2008년, 2014년, 2018년 등 특정 시기에 급증한 것으로 조사되었음. 또한, 관련 국내외 연구가 수행될 경우 관련 특허의 지속적인 출원이 이루어질 것으로 기대됨

* 특허 출원 기간을 5개의 구간범례로 나누어 특허 포트폴리오 분석을 수행한 결과, ‘지난 20년간 지속적으로 특허 출원이 이루어지고 있으며, 특허수명주기 상 발전기에 해당하며 향후 지속적으로 특허 출원이 이루어질 것임을 알 수 있음

☞ 타 국가 대비 일본의 특허건수가 가장 큰 비중(291건, 47.09%)을 차지하는 것으로 나타남. 다음으로는 미국이 많은 특허 비중(171건, 27.67%)을 차지하였음. 그러나 국내의 경우 타 국가 대비 기술개발이 미비한 것으로 나타남. 향후 다양한 연구개발이 수행된다면 국내 특허 출원 역시 점차 증가할 것으로 예상됨



■ 정책 동향 조사

- 국내 정책 동향 분석은 관련계획 및 제도, 정부 차원의 추진 전략 등의 항목을 대상으로 관련 문헌 및 관계 기관과의 인터뷰, 기존 자료 분석 등을 통해 수행함.
 - 공동주택 현황 및 관련 정책 동향: LH토지주택연구원, SH도시연구원, 건축도시공간연구소, 한국건설산업연구원 등의 전문가 및 전문자료 활용
 - 국토교통부 신산업 육성 정책, 건설산업진흥기본계획, 건설기술진흥기본계획 등 분석
 - OSC 및 ICT 기술 정책동향: MOU 기관 등의 전문가 및 전문자료 활용
- 국외 정책 동향: 관련 문헌 및 자료조사, 기존 논문, 관련 보고서 등에 제시된 OSC 및 ICT 등 관련 조사 수행, 해외 전문가 네트워크 활용

■ 선행 실증사업 성과 분석

- 선행과제인 “OSC 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발” 연구성과 조사 수행
 - 선행과제 연구진 참여, 자문, 협력연구 등 유기적인 연계를 통해 연구성과로 도출된 연구성과 심층분석 (OSC기반 PC구조 공동주택의 표준설계 모듈/모델, 구조설계 기준, 시공기준, 주거성능 확보기술, 스마트 공장생산관리 및 현장설치 기술, 통합관리 플랫폼 기술, PC 공동주택 공사비 산정기준 등)
 - 선행과제에서 진행된 PC 공동주택 실증사업에 대한 성과 및 개선 사항을 분석하고자 하며, 이를 위해 실증사업 수행기관인 LH 및 SH와 유기적으로 협업함.



[그림 25] 선행 연구 사업의 실증 단지 추진내용

나. [2단계] 기술수요조사 및 과제도출

■ 기술수요조사

- 객관적이고 포괄적인 기술 분석을 위해서는 설문조사 방식의 기술수요조사가 필요함. 기술수요조사는 주요 연구기관 및 대학, 산업체 등의 각 핵심 분야별 전문가를 대상으로 수행하며, 본 기획연구를 위해 협약을 체결한 공공기관, 전문단체 및 전문기업을 수요조사 창구로 활용하며, 동시에 기술도출을 위한 전문가로 활용함
 - OSC 기반 공동주택 생산시스템 고도화 기술에 관한 현재와 미래의 기술수요조사를 실시하여, 공동주택 건설 선진화를 위한 기술트리를 작성하고, 이 기술트리를 토대로 구체적인 기술 분석을 진행함
 - 기술수요조사에 포함될 주요 내용은 다음과 같음
 - 제안하고자 하는 기술의 명칭
 - 기술개발의 필요성
 - 과제 규모(연구기간, 연구비, 소요인력 등)
 - 개발 기술의 대상 시장(용도, 수출용 여부 등)
 - 기술의 세부 구성 및 주요 연구개발내용
 - 관련 선진기술(보유 국가, 보유 기관, 주요 내용)
 - 기타
 - 기술개발의 최종목표
 - 기술개발의 기대효과
- Market (Customer) Driven 기획을 위주로 하되, 미래지향적 첨단기술관련 분야는 Technology Driven 기획도 같이 수행함.



[그림 26] 기술수요조사 방법

- 선행 연구 실증사업과의 연계성 및 차별성 확보를 위해 선행 사업 연구진의 연구기관을 대상으로 현재 수

행과제의 연구성과 내용과 수준을 조사하고, 선행연구에서 도출된 한계를 극복하기 위한 후속연구계획안을 조사하여 기술수요조사에 반영함

<연구성과 평가 및 후속연구 계획안>

1. 수행과제 연구성과

연구 아이템	PC부재 생산공장의 스마트 안전관리시스템				
연구개발 목표	PC부재 생산공장 안전관리 지원 개발 및 스마트 안전관리 시스템 구현을 통한 작업자 안전사고 발생가능성의 최소화 및 안전한 작업 환경 구축				
연구개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> PC부재 생산공장 안전관리 지원분석 및 중요 관리항목 도출 영상센서 등 스마트 센서 기반의 PC공장 통합 모니터링 기술 개발 (추진기능이 탑재된 Edge 카메라와 작송용제 걸지기술을 활용하여 광범위한 공장상황 모니터링) 영상 센서 기반의 이상상황 감지 및 분석기술 개발 (동작비율 활용한 PC부재 양중 및 하역작업에 초점) 스마트 이상상황 분석 기반의 자동 안전경정 시스템 개발 				
성과물 유형	시스템(), 공법(), 재료·자재(), 소프트웨어(), 장비·장치(), 제도·정책(), 기타()				
성과활용 방안	1. 실증사업 적용 () 2. 실용화 준비단계 () 3. 기타 ()				
정량적 기대효과 및 산출근거	<table border="1"> <thead> <tr> <th>As-Is</th> <th>To-Be</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> PC 부재 생산에 특화된 중요 안전관리 항목 체계화 관련 연구결과 부족 안전관리자의 숙련에 의해 판단되는 인력 중심의 생산환경 모니터링 방식 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> PC부재 생산공장에 초점을 맞춰 안전모니터링이 필요한 중요 관리 항목을 30개 이상 도출 PC 부재 생산공장에 특화된 통합모니터링 기술 및 이상상황 감지기술을 활용하여 장비와 작업자 발생할 수 있는 상황에 대해 수직화 중요안전관리항목 중 10% 이상 항목에 대해 실시간 위험도 모니터링 수행가능 </td> </tr> </tbody> </table>	As-Is	To-Be	<ul style="list-style-type: none"> PC 부재 생산에 특화된 중요 안전관리 항목 체계화 관련 연구결과 부족 안전관리자의 숙련에 의해 판단되는 인력 중심의 생산환경 모니터링 방식 	<ul style="list-style-type: none"> PC부재 생산공장에 초점을 맞춰 안전모니터링이 필요한 중요 관리 항목을 30개 이상 도출 PC 부재 생산공장에 특화된 통합모니터링 기술 및 이상상황 감지기술을 활용하여 장비와 작업자 발생할 수 있는 상황에 대해 수직화 중요안전관리항목 중 10% 이상 항목에 대해 실시간 위험도 모니터링 수행가능
As-Is	To-Be				
<ul style="list-style-type: none"> PC 부재 생산에 특화된 중요 안전관리 항목 체계화 관련 연구결과 부족 안전관리자의 숙련에 의해 판단되는 인력 중심의 생산환경 모니터링 방식 	<ul style="list-style-type: none"> PC부재 생산공장에 초점을 맞춰 안전모니터링이 필요한 중요 관리 항목을 30개 이상 도출 PC 부재 생산공장에 특화된 통합모니터링 기술 및 이상상황 감지기술을 활용하여 장비와 작업자 발생할 수 있는 상황에 대해 수직화 중요안전관리항목 중 10% 이상 항목에 대해 실시간 위험도 모니터링 수행가능 				

2. 후속연구 계획안

연구 아이템	PC부재 생산공장의 작업자 안전을 위한 스마트 안전관리시스템 고도화				
연구개발 목표	기존 스마트 안전관리시스템이 다루지 못하는 작업자의 위험한 행동에 대한 모니터링 시스템 및 작업의 보안관리체계 구축				
제안 배경	<p>1. 원과제 연계 및 고도화 () 2. 신규 아이템 ()</p> <ul style="list-style-type: none"> 건설분야에서 수많은 스마트 안전관리시스템이 별의 연구되고 있으며, 주로 장비·부재·작업자 간의 근접도 분석 등에 초점을 맞춘 경우가 많은 수평과제에서 PC부재 생산공장 용사자를 대상으로 불안전 행동, 작업자의 위험한 행동에 대한 사전관리자가 시공현황을 확인하였을 (예시: 경안전을 받는 행동 등) 또한 외국인 근로자가 증가함에 따라, 작업자의 불안정한 행동에 대한 관리와 제재의 필요성이 더욱 중요되고 있음 최근 중대재해처벌법 등의 논의가 진행됨에 따라, 아주 중요 위험요소도 파악하고자 체계적인 안전관리 필요성이 더욱 강조되고 있음 작업자의 안전사고 뿐 아니라 작업현황에 따라 발생하기 쉬운 질병(예: 열관련 질환 등)에 대한 사전 대비 또한 중요함. PC부재 생산공장의 경우 건설현장보다 작업자의 집중성이 적어 상대적으로 장기적으로 근무하는 작업자의 건강보전관리 또한 중요함 이상임. 또한 연구수행을 통한 체계적인 작업자 안전 및 건강보전관리의 추진을 통해 높은 기술인력이 많은 산업 종사를 가리는 사회적 분위기를 전환하는 데 큰 도움이 될 것으로 기대됨. 				
성과물 유형	시스템(), 공법(), 재료·자재(), 소프트웨어(), 장비·장치(), 제도·정책(), 기타()				
실증사업 성과활용 방안	<table border="1"> <thead> <tr> <th>공동주택</th> <th>일반건물 (해당하는 경우)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>중장기형 연구이기 때문에 공동주택 및 일반건물에 모두 활용가능</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	공동주택	일반건물 (해당하는 경우)	중장기형 연구이기 때문에 공동주택 및 일반건물에 모두 활용가능	
공동주택	일반건물 (해당하는 경우)				
중장기형 연구이기 때문에 공동주택 및 일반건물에 모두 활용가능					
연구개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> 영상기반 작업자의 움직임 인식 및 모니터링 기술 개발 작업자 움직임 분석을 통한 위험행동 추론 및 알림 기술 개발 웨어블 센싱기술을 활용한 작업자의 신체적 부하 측정 및 작업환경에 대한 열화 평가기술 개발 개발기술의 공장 실증 				
정량적 기대효과 및 산출근거	<table border="1"> <thead> <tr> <th>As-Is</th> <th>To-Be</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> 중요안전관리항목 중 10% 이상 항목에 대해 실시간 위험도 모니터링 수행가능 작업자의 위험행동 발생가능성에 대한 사전 추론기술의 구축 작업자 보건관리에 대한 체계적인 발발 부재 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 중요안전관리항목 중 30% 이상 항목에 대해 실시간 위험도 모니터링 수행가능 작업자의 행동과정을 지속적으로 모니터링하여 위험한 행동용 추론기술의 구축 작업자 보건관리에 대한 체계적인 발발 부재 스마트기술을 활용한 작업자 보건관리 체계 확보 </td> </tr> </tbody> </table>	As-Is	To-Be	<ul style="list-style-type: none"> 중요안전관리항목 중 10% 이상 항목에 대해 실시간 위험도 모니터링 수행가능 작업자의 위험행동 발생가능성에 대한 사전 추론기술의 구축 작업자 보건관리에 대한 체계적인 발발 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 중요안전관리항목 중 30% 이상 항목에 대해 실시간 위험도 모니터링 수행가능 작업자의 행동과정을 지속적으로 모니터링하여 위험한 행동용 추론기술의 구축 작업자 보건관리에 대한 체계적인 발발 부재 스마트기술을 활용한 작업자 보건관리 체계 확보
As-Is	To-Be				
<ul style="list-style-type: none"> 중요안전관리항목 중 10% 이상 항목에 대해 실시간 위험도 모니터링 수행가능 작업자의 위험행동 발생가능성에 대한 사전 추론기술의 구축 작업자 보건관리에 대한 체계적인 발발 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 중요안전관리항목 중 30% 이상 항목에 대해 실시간 위험도 모니터링 수행가능 작업자의 행동과정을 지속적으로 모니터링하여 위험한 행동용 추론기술의 구축 작업자 보건관리에 대한 체계적인 발발 부재 스마트기술을 활용한 작업자 보건관리 체계 확보 				

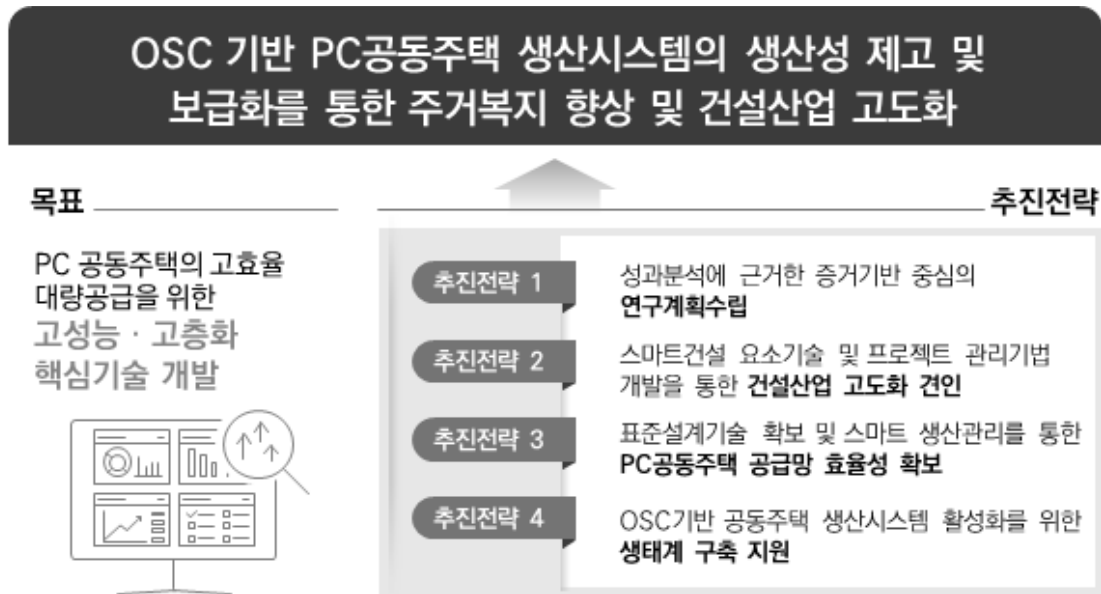
[그림 27] 선행 연구 사업 대상 연구성과 평가 및 후속연구 수요조사 예시

■ 비전 및 추진전략 설정

- 국내외 동향분석 결과, 기술수요조사 결과, 선행사업 조사결과 등과 이를 통해 도출된 시사점을 반영하여 OSC 공동주택 건설관리 선진화를 위한 기술개발 기획연구의 비전 및 추진전략을 설정할 계획함.
- 연구의 비전 및 추진전략은 외부환경(기회요인, 위협요인)과 내부환경(강점요인, 약점요인)의 변화를 고려하여 전략을 도출할 수 있는 SWOT 분석 등을 통해 설정함
 - OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 관련 요소기술 각각에 대한 SWOT 분석을 실시 후, 그 정보를 바탕으로 OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 관련 요소기술을 적용하는 것에 대한 SWOT 분석을 실시함.
 - 비전은 본 연구의 추진을 통해 달성하고자 하는 최종 지향점을 의미하며, 목표는 비전 달성을 위한 핵심요소임
 - 중점 추진전략과 주요 도출과제는 연구의 비전과 목표를 달성하기 위해 수행하는 실질적인 행동으로, 본 기획연구에 따른 본 연구는 다음과 같은 4대 추진전략에 근거하여 연구계획 및 주요과제를 도출하고자 함.
 - ① 선행 실증사업 성과분석에 근거한 증거기반 중심의 연구계획수립,
 - ② 스마트건설 요소기술 및 프로젝트 관리기법 개발을 통한 건설산업 고도화 견인,
 - ③ 표준설계기술 확보 및 스마트 생산관리를 통한 PC공동주택 공급망 효율성 확보,
 - ④ OSC 기반 PC 공동주택 생산시스템 활성화를 위한 생태계 구축 지원
- 비전 및 추진 전략은 관련 전문 분야별 자문을 통해 검토하여, 실현가능한 비전 및 추진전략을 수립함

■ 과제도출

- 연구과제 도출은 주요과제(안)을 선정하고, 중복성 검토를 통해 최종과제를 도출함



[그림 28] 비전 및 목표, 추진전략 수립 예비 수행

○ 주요과제(안) 선정

- 주요과제(안)는 선정 과정과 그 결과를 객관화할 수 있는 평가선정 기준을 제시할 계획임. 이를 통해 OSC 공동주택 생산시스템 선진화 및 고도화를 위한 핵심분야와 정책/경제/사회/기술적 요구사항의 상관관계를 정량적으로 분석함
- 연구진과 선행 사업 연구진을 포함한 분야별 자문단(공공기관, 전문단체, 전문기업, 전문가 등)과의 브레인 스토밍 및 역브레인스토밍, 유사과제 보고서 분석, 전문기관인 국토교통과학기술진흥원 등과의 면담 등을 통해 각 중점 추진 분야별 기술니즈를 만족시킬 수 있는 주요과제(안)을 도출함
- 또한, 과제안의 도출시 기술적 시급성, 실현가능성, 파급효과, 정책연계성 등을 종합적으로 검토하여 실효성 있는 주요과제(안)을 도출함
- 도출된 과제 pool에 대해 연구진의 내부 협의, 자문단 및 전문기관의 검토의견을 반영하여 최종적인 주요 과제(안)을 선정함

○ 중복성 검토

- 도출된 과제 pool에 대한 중복성 검토는 다음과 같은 방안으로 수행함

[표 9] 과제 pool에 대한 중복성 검토 방안

구 분	검토방안
건설교통기술연구개발사업 중복성 검토	<ul style="list-style-type: none"> - 국토교통과학기술진흥원 연구관리시스템(ctpass.re.kr)의 연구중복성 키워드 검색 - 키워드 : 목표 및 개요, 주요내용, 연구성과 활용방안, 핵심어 등
정부출연연구기관 수행과제 중복성 검토	<ul style="list-style-type: none"> - 정부출연연구기관 홈페이지의 과제 pool 검색 - 관련 정부출연연구기관에 본 연구의 중복성 검토 의뢰
타 부처 연구개발과제 중복성 검토	<ul style="list-style-type: none"> - 국가과학기술지식정보서비스(ntis.go.kr) 등 타 정부부처의 홈페이지를 통해 본 연구과제의 중복성 검토

출처 : 건설교통기술연구개발사업 기획 매뉴얼, 국토교통과학기술진흥원

○ 최종 주요과제 도출 및 지표(안) 설정

- 위와 같은 절차를 기반으로 연구진의 내부의견 협의를 통해 중점추진분야별 최종 주요과제를 도출하며, 각 과제가 전체 기획연구 성과의 비전과 목표, 성과목표 등과 일관성이 있도록 초기 지표(안)을 설정하고 이를 기술로드맵 작성 등 다음 단계에서 확정함

다. [3단계] 우선순위 결정 및 과제수행 기술로드맵 작성

■ 우선순위 결정

- 과제 추진기준은 시급성, 미래지향성, 실현가능성, 파급효과, 정책연계성 등을 평가항목으로 설정하며, 평가항목에 근거하여 각 항목의 가중치를 설정함
- 각 주요과제의 우선순위 도출에 필요한 평가값은 관련 전문가(기획연구를 위해 협력 MOU를 체결한 다양한 공공기관, 전문단체, 전문기업 등의 전문가)를 대상으로 설문조사를 통해 수집, 각 평가항목의 가중치와 평가값을 고려하여 최종 합계를 도출함
- 우선순위 조사는 각 과제의 성격에 맞는 전문단체 및 기업 등의 전문가 집단을 통해 수행되며, 데이터 수집 시 포트폴리오와 과제추진 기준의 평가항목 가중치 선정에 참여하였던 대상자는 제외함
- 주요과제의 우선순위 선정은 연구의 효율성을 제고할 수 있는 전략수립에 기초자료로 활용함

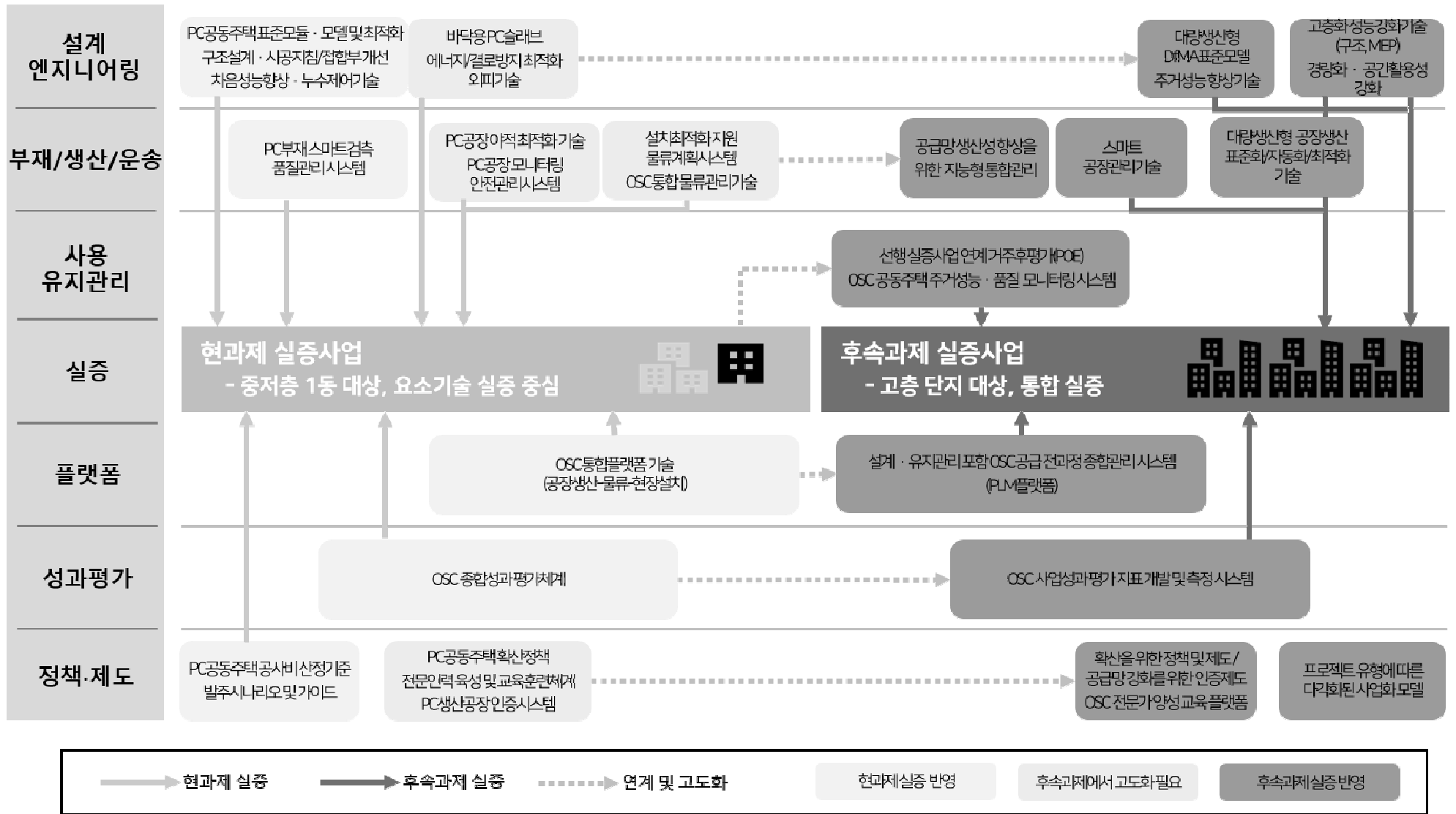
■ 과제수행 기술로드맵 및 과제카드 작성 방법

- 기술개발 시나리오에 따른 기술로드맵 작성은 주요과제와 관련한 세부기술들의 현 수준을 파악하고, 이를 확보하기 위한 계획을 수립함
 - 기술로드맵을 통해 연구수행 절차의 선후행 관계를 효과적으로 파악할 수 있으며, 또한 향후 적정연구비 및 필요예산을 추정할 수 있는 도구로 활용함
- 3~4년 내에 기술 개발이 가능한 기술들에 대해서는 테스트 및 연구과제 종료 후 실질적인 실용화가 가능하도록 로드맵을 작성함
- 기술로드맵 작성에 참여한 연구진, 연구기획위원회, 관리기관의 역할은 다음 표와 같음

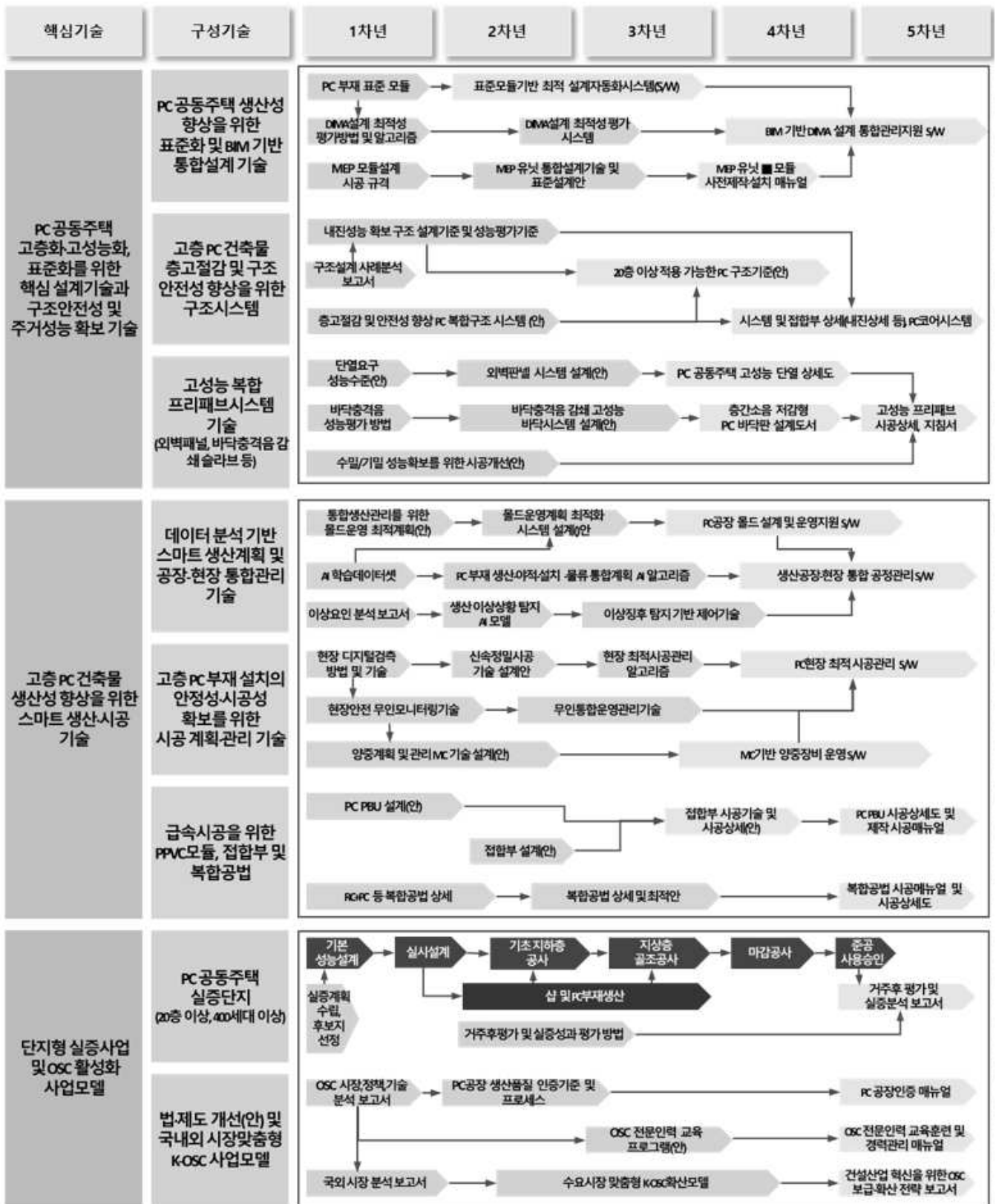
[표 10] 기술로드맵 작성 시 참여주체별 역할 구분

참여주체 분류	역할
연구진	- 관련 기술자료 제공, 기존 분석 자료 제공 - 기술분야 및 전략프로젝트 간 가중치 조사
연구기획위원회	- 기술간 인과관계, 기술개발 시작시점 및 종료시점 등 도출 - 가중치 조사 결과 검토
정부부처 또는 관리기관	- 우선순위 조사 결과 및 예산배분(안) 검토

출처 : 건설교통기술연구개발사업 기획 매뉴얼, 국토교통과학기술진흥원



[그림 29] 과제 수행 기술로드맵



[그림 30] 연구개발기술연계도

○ 기술로드맵 작성 완료 후, 연구개발 후보과제별 과제카드 도출함.

- 과제카드는 연구개발목표, 기술개발 및 산업/시장 동향, 기존기술 활용방안, 기술개발 필요성, 주요 연구내용, 정부지원 타당성, 기술 확보 전략, 과제규모, 최종성과물 및 활용방안 등의 내용이 포함됨

[표 11] 후보과제별 과제카드 작성양식

<input type="checkbox"/> 과제명						
<input type="checkbox"/> 과제성격구분						
녹색기술	기초/원천기술	공공기술	융복합기술	창의/독창성	안전	
<input type="checkbox"/> 필요성 및 연구개발 현황 수준						
필요성						
연구개발 현황 및 수준						
<input type="checkbox"/> 연구개발 목표 및 내용						
최종목표						
연차별목표	1차연도					
	2차연도					
	3차연도					
	4차연도					
	5차연도					
연구내용						
<input type="checkbox"/> 예산 (단위: 백만 원)						
구분	1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	합계
정부						
민간(추정)						
합계						
<input type="checkbox"/> 기대효과(사회적, 경제적, 기술적 효과)						

■ 사전 타당성 검토

- 본 연구의 사전 타당성 검토는 정책적, 기술적, 경제적, 실용적 측면에서 수행하였으며, 이에 대한 세부적인 내용은 다음 표와 같음

[표 12] 본 연구의 사전타당성 검토

구분	검토 내용	검토 방법
정책적 타당성	- 국가 전략적 중요성 - 상위계획과의 부합성 - 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안 등에 대한 검토	- 기술개발의 위험도, 파급 효과 등을 고려한 정부지원/정책적 타당성 분석
기술적 타당성	- 기존 연구개발과의 중복성 - 기술개발 계획의 우수성 - 기술수준 및 개발 성공 가능성에 대한 검토	- 기술개발의 규모, 목표 및 수행계획, 예산 등의 측면에서 기술적 타당성 검토 수행
경제적 타당성	- 경제성 분석 - 경제/사회적 파급효과, 과학기술적 파급 효과 등에 대한 검토 - 경기침체, R&D 기여도 등의 변수를 고려한 시나리오 분석을 통해 경제적 타당성 검토	- 추진 사업들의 경제적 타당성 검토를 위해 비용편익분석(Cost-Benefit Analysis) 수행
사회 환경적 타당성	- 개발기술의 수용 가능성 분석 - 개발기술의 현장 적용 가능성 분석	- 관련자 면담, 설문 등을 통한 기술의 수용 준비도 및 인식 분석 - 법/제도 등 분석을 통한 환경적 타당성 분석

- 정책적 타당성: LH공사, SH공사, 한국건설산업연구원, 대한건설정책연구원 등 공공기관의 전문가 집단을 활용
- 기술적 타당성: DA그룹엔지니어링종합건축사사무소, 연우PC엔지니어링, 아이스트구조, 한성PC, 삼표피앤씨, 까뮤이앤씨 등 관련 분야의 전문업체를 활용
- 경제적/사회환경적 타당성 (실용적 타당성): 관련 분야의 전문업체 뿐만 아니라, 대형 종합건설업체(대우건설, DL이앤씨, 롯데건설, GS건설, 현대엔지니어링 등) 및 해외 연구기관 등을 활용. 실용적 타당성 검토의 객관성 확보를 위해 기술가치평가 및 사업화 가능성 평가를 수행함.

라. [4단계] 세부실행계획 및 실용화 방안 도출

■ 세부실행계획

○ 세부실행계획은 앞서 수립한 로드맵을 바탕으로 수립되며, 확실한 성과도출을 위하여, 우선 ①성과목표를 설정하고, 성과목표 달성을 위한 ②인력투입 및 예산 배분계획을 수립함

① 성과목표 설정

- 성과목표는 반드시 정량적으로 설정함.
- 과제별 성과 목표는 과제 종료 시 달성하고자 하는 결과를 계량적으로 제시하도록 하고, 단계별 테스트 또는 통합 테스트베드 적용을 통해 해당 성과목표가 달성되었음을 확인.
- 이러한 성과 목표 달성 여부를 검증하기 위해 현재상태(As-is)에 대한 계량화를 연구개발 초기에 실시하도록 계획.

② 인력투입 및 소요 예산계획 수립

- 본 연구진은 후보과제별 과제카드의 내용을 근거로 과제 수행에 필요한 직급별, 기술분야별, 전공별 등의 기준에 따라 인력투입계획을 수립하고, 단위과제 기준으로 연차별 예산산출 근거를 작성함
- 인력투입 계획은 기존 유사 과제들의 평균 연구인력 구성 내역을 참조하여 수립할 예정이며, 기획된 연구에 가장 최적화된 연구 추진체계 등도 종합적으로 검토함
- 또한 과제별 소요 예산은 전문기관과의 협의를 통해 소요예산의 적정성 검토 및 조정을 수행함

프로그 그램	추진 과제	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	합계	비율	연간 투자	비율		
A	1	11,000	13,000	18,200	15,800	13,500	12,200	10,700	8,700	7,900	7,200	118,200	11.82%	154,000	25.67%		
	2	2,500	3,500	4,600	5,300	6,100	6,100	6,500	6,500	6,500	6,900	52,600	5.26%	22,000	3.67%		
	3	2,300															
B	4	1,000															
	5	2,700															
	6	1,600															
C	7																
	8																
	9																
소계	47,500																
		프로그램		추진과제		총소요액		비율		정부투자액		비율		민간투자액		비율	
		A		1	272,200	17.01%	118,200	11.82%	154,000	25.67%							
		A		2	74,600	4.66%	52,600	5.26%	22,000	3.67%							
		A		3	97,100	6.07%	50,100	5.01%	47,000	7.83%							
		B		4	82,400	5.15%	48,400	4.84%	34,000	5.67%							
		B		5	68,900	4.31%	47,900	4.79%	21,000	3.50%							
		B		6	74,800	4.68%	46,800	4.68%	28,000	4.67%							
		C		7	89,700	5.61%	81,700	8.17%	8,000	1.33%							
		C		8	158,900	9.93%	86,900	8.69%	72,000	12.00%							
		C		9	166,100	10.38%	104,100	10.41%	62,000	10.33%							
		소계			1,150,000	71.88%	700,000	70.00%	450,000	75.00%							

[그림 31] 연차별/분야별 투자 소요예산 계획 및 자원분담 계획 예시

■ 실증계획 및 실용화 방안

○ 본 기획연구에서는 「PC공동주택의 고층·단지화를 위한 Off-Site Construction 고도화 기술개발」을 위한 기술의 검증 및 실용화를 위한 테스트베드 운영 등 다양한 성과 활용방안을 제시함

○ 성과분석 및 검증방안 제시

- 대상 프로젝트 규모 및 요구 성능수준 도출: 연구 성과를 가장 효율적으로 반영할 수 있는 적절한 규모 및 환경조건을 설정하고 이에 필요한 요구수준을 정량적으로 제시
- 추진체계 및 수행자 요구조건 도출 : 사업주체, 협력기관 등 사업 추진체계와 일정을 도출하고 수행자의 요구조건을 조사하여 사업 추진 시 이해관계자들의 적극적인 협조를 유도

○ 구체적인 실증계획(안) 수립

- 실증기반 연구수행 및 산업 적용성이 높은 연구성과 달성을 위해 세부 연구추진계획과 별도로 구체적인 실증추진계획을 수립, Field Lab 전략 및 Living Lab 전략으로 구분하여 추진.

[표 13] 실증 추진계획

구분	추진계획(안)	상세계획(안)
Field Lab 전략	<ul style="list-style-type: none"> - 단지 규모의 고층 PC 공동주택을 대상으로 실증전략을 수립 - OSC 기반의 건축생산시스템과 첨단 ICT기술의 접목을 통해 PC 공동주택 공급 전체프로세스(설계-공장생산-운반-시공)에 걸친 생산혁신 가능성 제시 	<ul style="list-style-type: none"> - 선행 연구 사업 성과와 연계하여 표준모듈 기반 설계 및 엔지니어링, 생산 및 시공기술 고도화 추진 - 고도화된 기술을 고층·단지형 PC 공동주택 실증단지에 적용하여 OSC 생산방식이 갖는 효과성 극대화를 도모 - 각 기술별 실증사업에 적용 가능한 아이템 발굴 및 적용 지원 - 수요처 주도 실증사업을 통해 개발기술의 적용성 검증전략을 수립 - 수요처가 기획연구부터 연구진 또는 연구기획위원회에 참여할 수 있도록 하여 구체적인 실증 추진계획 수립
Living Lab 전략	<ul style="list-style-type: none"> - OSC 기반 PC 공동주택의 장기 모니터링 방안을 도출 - 선행 PC 공동주택 실증사업을 대상으로 한 주거성능 및 성과평가 전략 수립 - 디지털트윈 기반의 정보 플랫폼 구축 및 외부 시스템과의 연계를 통한 주거환경의 지속 모니터링 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 선행사업 연구진과 연계하여 선행사업의 실증사업 PC 적용 동(1개동)이 Living Lab으로 활용될 수 있도록 추진 - 유지관리 단계에서 지속적 모니터링을 통해 축적되는 데이터의 체계적 분석을 통해 장기적 관점에서 데이터 기반 유지관리 지능화 및 빅데이터 시스템 구축 - IoT, 스마트센서 등 ICT 첨단기술을 통한 공동주택 관리 점검기술을 기획단계부터 반영하여 점검 용이성/관리성/체계성 확보



Field Lab (고층 5개동 이상의 단지규모로 추진)



Living Lab (선행사업 실증주택 연계)

[그림 32] 실증사업 추진 특성화 전략

○ 실용화 가능성 점검

- RFP 작성 시 구체적 실용화 가능성 검토 방안을 계획함
- 연구기획위원회 및 사업화 전문기관과의 협업을 통해 검토대상 과제에 대한 사업화 가능성 점검함

○ 실증단지 구축 계획(안)

추진계획	1차년도				2차년도				3차년도				4차년도				5차년도			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
실증단지 기획설계	사업성검토, 실증단지선정																			
기본계획 수립				사업업체 선정 및 실시설계																
사업계획 신청							인허가 승인													
사업계약 및 착공								사업승인 /착공												
기초/지하층 공사									터파기 및 지하층 공사											
PC생산									PC 자재 생산											
PC골조 공사													PC구조체 공사							
마감공사																	전기/설비/실외 등			
준공																				준공

■ RFP 작성

- RFP 작성은 기획연구의 최종단계로, RFP의 세부내용 뿐 아니라 사업단(혹은 연구단)의 구성 및 자격 등 연구단 선정을 위한 평가기준(안)이 같이 제시함
- 우선 주요과제별 RFP에는 세부과제별로 연구개발목표, 기술개발 및 산업/시장동향, 주요 연구내용, 기술개발 필요성, 정부지원 타당성, 최종 성과물, 연구개발과제의 규모 및 기대효과 등이 포함됨.
- 본 기획연구에서는 보다 우수한 연구 수행능력과 합리적 수행체계를 갖춘 과제 수행기관 선정에 기여할 수 있도록 과제성격에 적합한 평가항목(안)을 제시할 계획이며, 세부적인 사항은 전문기관과의 협의를 통해 선정함
 - 주요 평가범위는 연구진의 연구수행능력, 과제성격에 적합한 연구진 구성 여부, 기획결과 반영 및 RFP 부합성, 제안 내용의 충실도, 고층·단지화 PC 공동주택 확산을 위한 고도화된 Off-site Construction 기반 공동주택 생산시스템 요소기술 분야 발전 수준을 고려한 제안내용의 구현가능성, 추진전략 및 추진체계의 합리성 등으로 구성함
 - 이러한 과제 수행기관의 평가범위 및 평가방법의 구체적 개발에는 관련 공공기관, 전문단체 및 전문기업의 전문가들이 포함된 ‘연구기획위원회’의 의견을 충분히 반영함

(5) 기획연구 품질향상을 위한 차별화 방안

■ 공동주택 생산 단계별 주요 참여자들과 선행사업 연구진들의 연구참여

- 본 연구팀은 선행사업 수행을 통해, 설계·엔지니어링, 공장생산, 현장설치, 유지관리 전체 과정의 주요 참여자들이 참여하는 협의체를 구성하여 지속적으로 OSC 발전방향을 논의하고 있으며, 본 협의체를 확장하여 연구기획위원회로 연계하여 향후 OSC기반 PC 공동주택 생산시스템의 고도화 및 확산이 가능하도록 연구 기획을 추진함



[그림 33] OSC 발전을 위한 협의체 구성 및 활동 예시

■ 선행연구사업과 유기적 연계 및 차별화 발전전략 수립

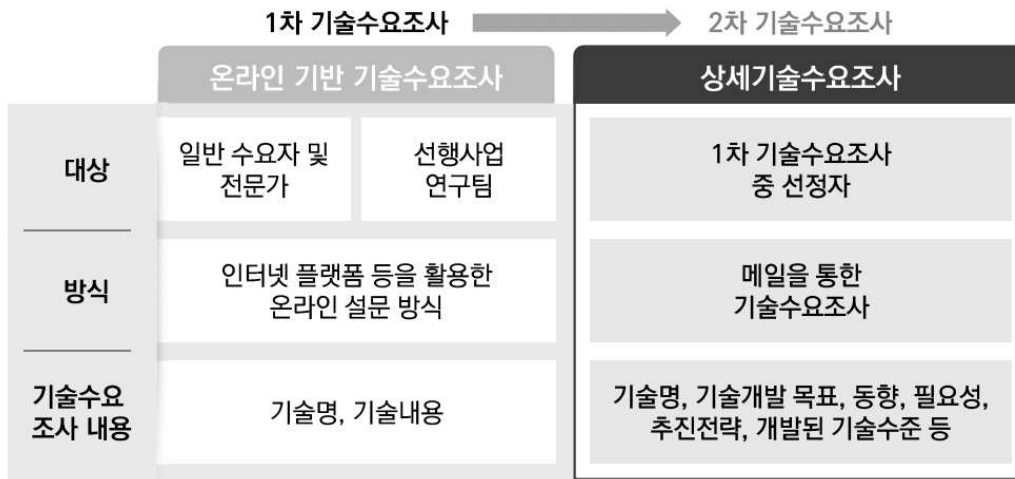
- 본 기획연구의 연구진은 선행사업인 「Off-site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발」을 수행한 연구팀이 연구수행 주체 및 ‘연구기획위원회’ 전문가로 참여.
- 따라서 선행연구사업의 성과를 단계별로 평가하고 구체적인 개선방안 및 발전전략을 수립함
- 또한, 장기적으로 OSC기반 공동주택 생산시스템의 확산을 위한 로드맵을 제시하고 로드맵에 기초하여 연구 수행계획을 수립함

	기존방식	OSC 1단계	OSC 2단계
범위	시범사업 비표준모델 • 1개동	OSC PC기본모델 • 1개동 + 지하주차장	OSC PC고층·단지화 모델 • 전체 단지 + 지하주차장 (외벽포함)
핵심기술	• PC구조체 : 벽체, 기둥 보, Half 슬라브	• PC표준모델/설계 : 세대기준 • 통합플랫폼 구축 : 공장-현장통합관리, 데이터기반 관리 • 주거성능 확보	• PC표준모델/설계 : 단지규모 대량생산 고려, MEP 시스템 • 통합플랫폼 구축 : 설계/제조/시공/유지관리 통합화 • 주거성능 평가(POE) 및 전생애주기 유지관리모델 구축 • 스마트건설 적용 확대 • 인증제도/교육프로그램
비용	• 비교가능, 실적데이터 미비	• 기존 대비 약 10% 추정	• 기존 대비 동일 수준
평가	• 상동	• 기존대비 동일수준	• 기존 대비 85% 목표
	한계점 기존RC 방식 설계 후, 부재 PC화 전환설계 수행 → OSC 효과 없음	한계점 실증규모(중저층, 동수) 및 범위(구조체 위주) 한계, 사후 성능평가 및 유지관리 부재	

[그림 34] OSC기반 공동주택 생산시스템의 단계별 확산 로드맵 제시

■ 선행사업성과 연계 및 자유공모 형식을 조합한 과제도출 과정

- 첫 번째 단계는 기술명, 주요내용, 핵심아이디어 등으로 구성된 설문지를 통해 1차 기술수요조사를 진행하며, 연구기획위원회 및 선행사업 연구진 등을 대상으로 한 심도 있는 기술수요조사 뿐 아니라, 온라인/오프라인 설문조사 등을 통해 일반 수요자 및 사업관리자들을 대상으로 폭넓은 기술수요조사를 실시하여 선행과제의 한계를 극복할 수 있는 차별화된 요소기술을 발굴
- 두 번째 단계는 1차 기술수요조사를 통해 수집된 기술을 분석하여 유망 기술로 분류되는 내용에 대하여 실시하며, 2차 기술수요조사에서는 좀 더 자세한 내용을 확보하기 위하여 국토교통과학기술진흥원에서 활용하는 기술수요조사양식을 활용



[그림 35] 선행과제와 차별화된 신규과제 도출 방안

4.2 연구개발과제 구성 및 핵심분야 개발 내용

(1) 연구개발과제의 최종 목표 및 구성

■ 최종목표

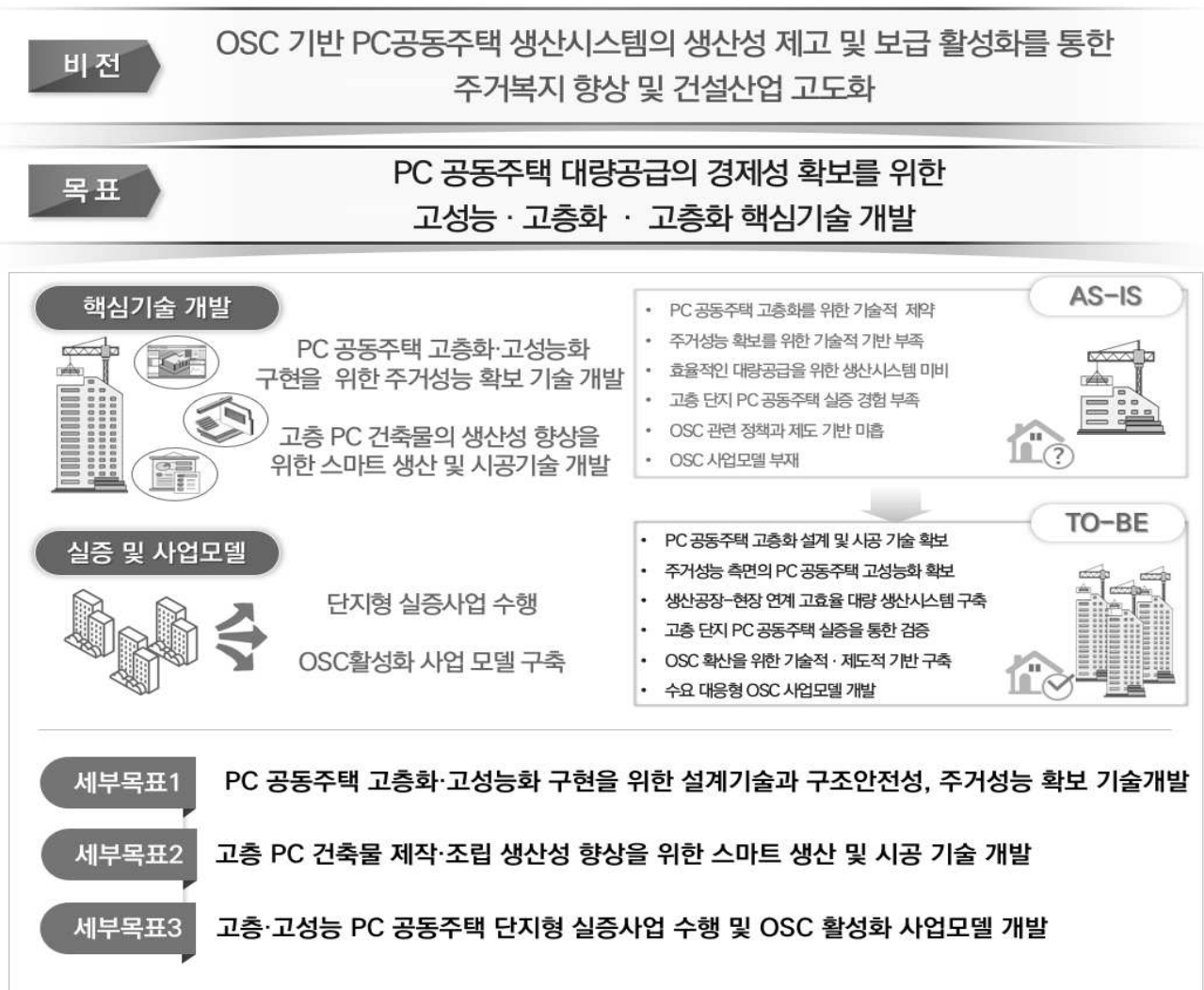
○ 본 연구는 PC공동주택의 고층·단지화 구현을 위한 Off-Site Construction 고도화 기술개발의 성공적 수행을 위한 기획연구로서 정책적/기술적/경제적 타당성에 입각한 연구개발 상세계획 수립이 수반되어야 하며, 연구개발 종료 시 달성하고자 하는 최종목표는 아래와 같음

- (최종목표) PC 공동주택 대량공급의 경제성 확보를 위한 고성능·고층화·고효율화 핵심분야 개발

○ 본 기획연구의 최종 목표를 성공적으로 달성하기 위해서는 향후 본과제에서 요구되는 성과와 연계할 필요가 있다고 판단되며, 향후 본 과제에서의 수행시 필요할 것으로 예상되는 연구개발과제 핵심분야를 아래와 같이 3개 주요 영역으로 정리함.

- ① PC 공동주택 고층화·고성능화를 위한 설계, 안전 향상 및 주거성능 확보 기술 개발
- ② 고층 PC 건축물의 생산성 향상을 위한 부재 생산 및 시공 기술 개발
- ③ 고층·고성능 PC 공동주택 단지화 실증단지 구축 및 활성화 방안 마련

(2) 연구개발과제 핵심분야 개발 내용



[그림 36] 기획과제 개요

No.	세부과제	과제 추천 기준					합계
		시급성 (0.3)	미래지향성 (0.2)	실현가능성 (0.2)	파급효과 (0.2)	정책연계성 (0.1)	
1-1	PC부재 표준모듈 조함을 활용한단지내 다양한세대 입평면 구현을 위한 설계 최적화기술 개발	4	4	5	5	4	4.4
1-2	BIM기반 DRMA설계 통합관리 지원시스템개발	4	5	5	5	4	4.6
1-3	고층 PC구조물 내진성능 확보를 위한 구조 설계기준 및 성능평가기준 개발	5	4	5	5	5	4.8
1-4	층고절감을 위한 복합구조 시스템개발	3	5	4	4	4	3.9
1-5	고층부코어시스템 모듈화 및 PC화공법 개발	3	4	4	4	4	3.7
1-6	시공성 및 유지관리 용이성 확보를 위한 MEP유닛 통합설계기술 개발	4	5	4	4	4	4.2
1-7	단열성능 및 시공성 향상을 위한 외벽패널 시스템 개발	4	4	5	5	4	4.4
1-8	바닥충격음 감소 고성능 바닥시스템 공법 개발	4	4	5	5	4	4.4
1-9	수밀/기밀 성능 확보를 위한 시공상세 및 재료 개발	5	4	5	5	4	4.7
2-1	공장·현장 통합생산관리 구현을 위한 몰드운영계획 최적화시스템 개발	4	5	4	5	4	4.4
2-2	공기단축을 위한 접합부 설계 및 시공기술 개발	4	5	4	5	4	4.4
2-3	디지털트윈 시뮬레이션 기반 PC 생산-시공 통합관리 기술 개발	4	5	4	4	4	4.2
2-4	품질제고 및 공기단축을 위한 PC PBU(Prefabricated Bathroom Unit) 시스템 개발	3	4	5	4	4	3.9
2-5	고성능 검측기기(레이저스캐너 등)를 활용한 3차원 정밀시공 확보기술 개발	3	5	4	4	4	3.9
2-6	고소작업 안전성 확보를 위한 MC(Machine Control) 기반 양중계획 수립 및 통합운영관리 기술 개발	4	5	5	4	4	4.4
3-1	고층·고성능 PC 공동주택 단지화실증사업 계획수립 및 수행	4	4	5	4	5	4.3
3-2	거주후성능평가(POE) 기반 전생애주기 유지관리 모델 개발	3	4	5	4	4	3.9
3-3	국내외 시장맞춤형 K-OSC 사업 모델 발굴	4	5	4	5	5	4.5
3-4	OSC 기반 PC 산업생태계 구축을 위한 품질관리 시스템 구축	4	4	4	5	5	4.3
3-5	PC 관련 기술인력 양성 프로그램 개발	5	5	4	5	5	4.8

[그림 37] 주요과제의 우선순위 도출

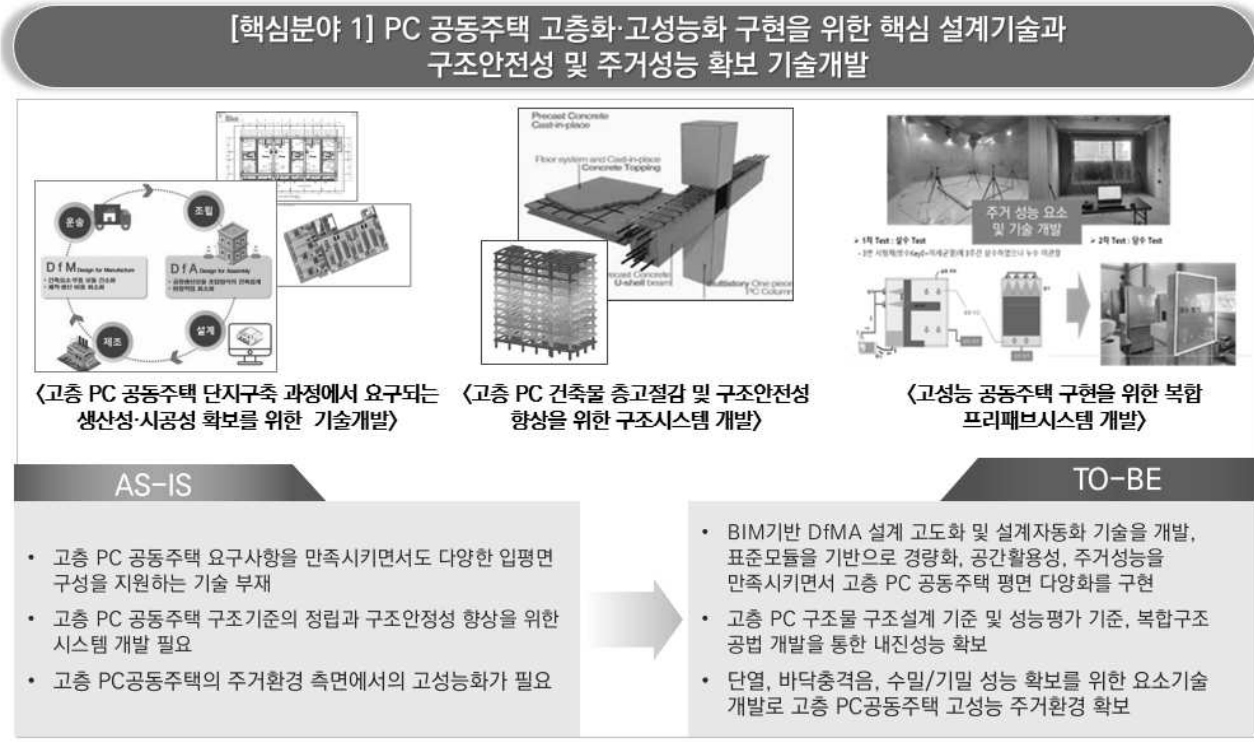
1) (핵심분야 1) PC 공동주택 고층화·고성능화 구현을 위한 핵심 설계기술과 구조안전성 및 주거성능 제고 기술 개발

■ 목표

- PC 공동주택의 고층화를 구현하기 위한 설계·엔지니어링 및 표준시공기술을 개발함. 구조안전성 및 주거성능 향상과 함께 다양한 입평면 구성을 지원하는 설계자동화, 고층 PC 공동주택 주거성능의 고성능화를 구현하기 위한 설계 및 프리패브화 시스템을 개발

■ 구성기술 개요

- (구성기술 1-1) 고층 PC 공동주택 단지구축 과정에서 요구되는 생산성·시공성 확보를 위한 BIM 기반 통합 설계 기술개발
 - ① PC표준모듈 기반 입평면 다양화 구현을 위한 설계최적화 기술 개발
 - ② BIM 기반 DfMA 설계고도화 지원시스템 개발
 - ③ 시공성 및 유지관리 용이성 확보를 위한 MEP 유닛 시스템 개발
- (구성기술 1-2) 고층 PC 건축물 층고절감 및 구조안전성 향상을 위한 구조시스템 개발
 - ① 고층 PC구조물 내진성능 확보를 위한 구조설계기준 및 성능평가기준 개발
 - ② 층고절감을 위한 복합구조 시스템 개발
 - ③ 고층부 코어시스템 모듈화 및 공동주택 최적 PC slab 공법 개발
- (구성기술 1-3) 고성능 공동주택 구현을 위한 복합 프리패브시스템 개발
 - ① 단열성능 및 시공성 향상을 위한 외벽판넬 시스템 개발
 - ② 바닥충격음 감쇄 고성능 바닥시스템 공법 개발
 - ③ 접합부 수밀/기밀 성능확보를 위한 시공상세 및 건축재료 개발



[그림 38] 핵심분야 1의 개요

■ 세부개발 내용

(구성기술 1-1) 고층 PC 공동주택 단지구축 과정에서 요구되는
생산성·시공성 확보를 위한 BIM 기반 통합 설계 기술개발

연구 방향	한계점	기술개발방향
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기존 방식의 설계 후 PC로 전환하는 설계 진행 시 활용 가능한 PC설계 라이브러리가 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 표준모듈 기반 PC 부재별 라이브러리 구축 (BIM 연계)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 표준모듈 PC 부재 조합에 따른 다양한 입평면 구성 방법론 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공동주택 입평면 다양성 확보를 위한 표준모듈 PC 부재의 입체적 조합 방법론 및 규칙 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사람에 의존하는 제작 및 생산계획 수립 방식은 주요 변수의 변경에 따른 실시간 예측이 불가능하여, 설계단계에서 전체 프로젝트 계획 수립 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 설계단계에서 OSC 제작 공정 및 생산계획을 실시간으로 시뮬레이션하는 기술 확보
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 건설 생산성 향상을 위해 설계단계에서부터 BIM 모델에 시공지식을 적용할 수 있는 기술 개발이 미흡 ■ MEP 분리발주 및 별도 작업에 따라, 공정 간섭 및 지연발생 등 시공성 저하 	<ul style="list-style-type: none"> ■ BIM 기반 OSC 생산체계의 생산성 분석기술 개발 ■ MEP 모듈화 및 사전제작화를 통한 생산성 향상
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 RC 방식 설계 완료 후 PC로의 전환설계 과정의 불합리성 개선 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 PC 공동주택 설계 과정은 표준화된 PC를 전제로 진행되지 않고, 기존 RC 방식으로 설계를 진행한 후 PC로 전환하기 위한 '전환설계' 과정을 거치고 있음. - 전환설계 방식의 문제점은 첫째, PC 부재 표준화가 미비하여 프로젝트 별 상이한 PC 부재가 요구됨. 둘째, 낮은 수준의 표준화로는 PC 부재 생산과정의 효율성 확보가 불가능. 셋째, PC 부재 생산의 저생산성은 PC 기반의 OSC화의 가치를 심각하게 훼손. - 프로젝트 별 상이한 PC 부재의 사용은 결합부 상세나 및 결합공법의 표준화를 불가능하게 하여, 기술축적 및 품질확보를 저해. ○ 표준모듈 PC 부재 기반 설계지원 기술 개발의 필요성 <ul style="list-style-type: none"> - 표준모듈 PC 부재 기반의 설계와 시공은, 결합부 상세 및 방법의 표준화로 품질확보가 용이하며, 접합재료의 표준화도 가능. - 표준모듈 PC 부재 기반 설계를 통해서도 공동주택 입·평면 다양성 확보라는 소비자 수요를 충족시킬 수 있어야 함. 따라서 표준모듈 PC 부재의 다양성 확보와 함께 이들의 다양한 조합 가능성을 지원해야 함. ○ BIM 연계를 통한 OSC-DfMA 설계 최적성 평가의 효율성 향상 필요 <ul style="list-style-type: none"> - OSC 선도국에서는 설계안에 대해 공장생산 현장조립수준 또는 노동력절감지수와 건설 생산성 향상 정도에 대해 평가하고 있지만 기술자가 도면을 검토하는 수준임. BIM과 DfMA를 연계하여 평가 과정의 효율성을 향상시킬 필요가 있음. - 관리자에 의존하는 공정 및 생산계획 수립의 한계를 보완하기 위해 최신 인공지능 기술을 도입이 필요함. 강화학습 기반 생산계획 기술은 사람이 수행하기 힘든 다수의 가상 시뮬레이션을 통해 최적해를 도출하기 때문에 생산조건이나 현장반입요건 변경에 대응하여 실시간 계획 시뮬레이션이 가능 ○ 시공성 향상을 위한 MEP 모듈화 기술의 필요성 <ul style="list-style-type: none"> - MEP 공사는 공동주택 건설공사 직접공사비의 25%~30% 정도 차지하는 비중이 큰 공종임에도 불구하고, 모듈화 및 사전제작·설치 등을 통한 생산성 향상 노력 미비. - MEP 공사의 공정은 준공 시점까지 이어지는 특성이 있으므로 실질적 공기단축 효과를 달성하기 위해서는 MEP 공사의 공기단축이 반드시 수반되어야 함. 	

**(구성기술 1-1) 고층 PC 공동주택 단지구축 과정에서 요구되는
생산성·시공성 확보를 위한 BIM 기반 통합 설계 기술개발**

- PC 표준모듈 기반 입평면 다양화 구현을 위한 설계자동화 기술 개발
- BIM기반 DfMA 설계고도화 지원시스템 개발
- 시공성 및 유리관리 용이성을 위한 MEP 유닛 통합설계기술 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 표준모듈 PC 부재 기반 설계방법 개발 - BIM기반 OSC-DfMA 설계 최적성 평가 알고리즘 개발 - DfMA 기반 MEP 모듈 설계 및 시공프로세스 규격화 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 표준모듈 PC 부재의 조합을 통한 입·평면 설계방법 개발 - BIM기반 DfMA 설계 최적성 평가체계 개발 - MEP 부재 타입 및 속성별 설계 기준 정립 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설계방법 설명서 ▪ OSC-DfMA 설계최적성 평가 알고리즘 설명서 ▪ MEP 모듈 설계방법 설명서
2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - BIM기반 OSC-DfMA 설계 최적성 평가시스템(S/W) 개발 - MEP 모듈 사전제작·설치기술 개발 및 장비 concept 도출 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 현장작업 최소화를 위한 표준모듈 간 접합 상세 및 프로세스 개발 - BIM기반 OSC-DfMA 설계 최적성 평가시스템(S/W) 기능 정의 및 UI 설계 - MEP 모듈 설계방법 적용 및 적정성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 접합 상세 및 프로세스, 접합부 품질관리 설명서 ▪ MEP 모듈 사전제작·설치 매뉴얼 ▪ 시작품 ▪ 시작품 매뉴얼
2027	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 표준모듈 PC 부재 조합규칙(룰베이스) 기반 설계지원 시스템 개발 - MEP 모듈 설계 표준화 제작 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 표준모듈 조합규칙 룰베이스 구축 - MEP설치 자동화 장비 활용계획 및 방침 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 라이브러리 ▪ 조합방식 및 규칙 설명서 ▪ MEP모듈 표준설계(안) ▪ 관련 특허
2028	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - OSC-DfMA 생산계획 지원시스템(S/W) 개발 - PBU-MEP 통합 Wet-Area 모듈화 기술 개발 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 설계지원 도구 기능 정의 및 UI 설계 - MEP-PBU 모듈 결합의 적합성 분석 및 시공성 검토기술 개발 - 시범 적용을 통한 MEP설치 장비 개선 및 관련기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시작품설계서 ▪ 시작품 및 매뉴얼 ▪ MEP-PBU 결합 모듈 사전제작·설치 매뉴얼
2029	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 개발도구 실증 현장 적용 및 보완 - MEP 모듈설계 표준화 및 자동화장비 운영매뉴얼 정립 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 시제품 실증 및 보완 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 표준모듈기반 설계자동화시스템(S/W) ▪ OSC-DfMA 최적성 평가 시스템(S/W) ▪ 현장실증 결과보고서
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 표준모듈 PC 부재 기반 설계지원 시스템 ▪ BIM 기반 OSC-DfMA 설계 최적성 평가시스템 ▪ MEP 모듈화 설계방법 및 적정성 평가 기술 ▪ MEP 모듈 사전 제작·설치 기술 	

**(구성기술 1-1) 고층 PC 공동주택 단지구축 과정에서 요구되는
생산성·시공성 확보를 위한 BIM 기반 통합 설계 기술개발**

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
표준모듈 PC부재 기반 설계방법의 활용성	-	-	70%
BIM기반 DfMA 설계 최적성 평가의 범위	-	-	80%
DfMA 기반 MEP 모듈 설계방법의 활용성	-	-	60%
사전제작·설치 MEP 수평/수직 모듈의 품질	-	-	80%

연구목표

- 개발 기술의 활용성과 사용자 만족도를 통한 목표달성 여부 평가
 - 1) 기존 공동주택 입평면 형상의 70% 이상을 표준모듈 PC 부재 기반 설계방법으로 재현 가능
 - 2) 평가항목의 80% 이상을 인력 투입 없는 자동화 가능한 기술개발
 - 3) 기존 공동주택 MEP 요소의 60% 이상을 DfMA 기반 MEP 모듈 설계방법으로 재현 가능
 - 4) 기존 공동주택 MEP 공종의 품질관리에 사용되는 품질검측 체크리스트를 활용하여 점검 시 80% 이상의 품질점검 통과율 달성

- 개발 기술의 신뢰성 제고 확보방안
 - 설계방법의 사용성, 정확성 등에 대한 전문기관(대한건축학회 등)의 자문의견을 반영
 - 개발 시스템의 사용성, 정확성, 안정성 등에 대한 사용자 피드백을 기반으로 시스템 업그레이드 시행

(구성기술 1-1) 고층 PC 공동주택 단지구축 과정에서 요구되는
생산성·시공성 확보를 위한 BIM 기반 통합 설계 기술개발

최종
성과물

- 표준모듈 PC 부재 기반 설계지원 시스템
 - 표준모듈 PC 부재 기반 설계방법
 - 표준모듈 기반 PC 부재별 라이브러리
- BIM기반 OSC-DfMA 설계 최적성 평가시스템
 - DfMA 최적성 평가 항목 및 알고리즘
 - DfMA 기반 설계 평가시스템
- MEP 모듈화 설계방법 및 적정성 평가 기술
 - 각종 MEP 부재 모듈화 설계 방법
 - DfMA 기반 모듈화 설계 적정성 평가 기술
- MEP 모듈의 사전 제작·설치 기술
 - MEP 수평/수직 모듈 사전 제작·설치기술
 - PBU-MEP 통합 Wet-Area 모듈화 기술

(구성기술 1-2) 고층 PC 건축물 충고절감 및 안전 향상을 위한 구조시스템 기술 개발

	한계점	기술개발방향
<p style="text-align: center;">연구 방향</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 현재 국내 벽식구조 PC 공동주택의 경우 관련 92년 제정된 설계기준에 의거, 15층 이하로만 공급되어 왔음. ■ 국가 구조설계기준이 지속적으로 개정되었으나 이를 반영하지 못하고, 현재 국내 주택시장의 주된 층수인 25층 전후 규모와 비교하여 관련 PC설계기준은 현실성이 매우 떨어짐. ■ PC공동주택 공급활성화를 위하여 PC설계기준 개정이 절실히 요구됨. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 고층 PC공동주택의 공급여건과 최신 설계조건을 고려한 PC구조설계기준 제정. ■ 국내 PC설계기준의 근간이 된 미국 PC구조 설계기준과의 상이함(구조형식별 최대 높이(층수), 내진설계 각종 계수 등)에 대한 적정성 평가와 설계기준 반영.
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 고층 PC 공동주택의 공급 활성화를 위한 다양한 평형(소형, 중형, 대형)의 PC구조 공동주택 구조시스템 표준모델 개발 필요 ■ 고층 PC 공동주택의 안전성과 생산성을 제고할 수 있는 평형별 구조시스템에 기반한 주요 공법 개발 필요. ■ 또한 건축구조기준의 개정과 연계하여 고층 PC 공동주택의 안전성 확보를 위해서는 고층 PC 공동주택 대상 해석기법 수립 및 비선형해석과 성능기반설계 등의 도입이 필요하나 관련연구 및 실험실증이 미비 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 최신 구조설계기준의 설계조건을 만족하는 다양한 평형(소형, 중형, 대형)의 고층 PC 공동주택 구조시스템 개발. ■ 고층 PC 공동주택 구조시스템을 구성하는 구조 및 비구조부재 대상 구조안전성, 생산성과 품질 성능 향상을 기대할 수 있는 PC공법 개발 ■ 최신 구조기준과 연계하여 고층 PC 공동주택 대상 표준해석기법 수립과 비선형해석과 성능기반설계를 위한 지침(가이드라인) 수립.
	<ul style="list-style-type: none"> ■ PC 공동주택은 90년대 중반 이후 신축공급이 중단되어 관련 기술개발이 이루어지지 않음. 따라서 PC 공동주택의 경쟁력 제고를 위해서는 변화된 주거환경에 대한 수요자의 요구를 충족시킬 수 있고, 생산성과 고품질 주거성을 담보하는 우수한 PC 공법 개발이 필수적임. ■ 대부분 PC 구조물 관련 사고는 조립 설치과정 등 구조적 일체화 전에 발생하며, 고층화될수록 위험 증가가 예상되므로 이에 대한 대책 마련 필요. ■ 고층화에 따른 증가하중(축력, 횡하중)으로 인한 연쇄붕괴의 가능성이 증가하여 이의 방지방안 수립 필요. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ PC 공동주택의 사업성 제고를 위하여 OSC 1 단계 연구성과를 반영하여 평형별(소형, 중형, 대형) 표준모델 구축과 연계한 공기단축, 충고저감 등을 위한 다양한 복합구조 공법 개발. ■ 최신 구조기준을 충족하는 각종 PC접합부 상세를 개발하고, 개발 접합부의 상세검증과 구조성능평가법 개발 ■ PC 공동주택의 현장인력 투입 및 현장작업 시간을 최소화하고, 더불어 횡력 저항을 확보할 수 있는 최적화된 PC 코어시스템 개발 ■ 양중, 조립, 양생 단계 및 완성 PC구조물 안전성 평가기법 및 보강방안 수립 ■ 연쇄붕괴를 방지할 수 있는 다양한 부위의 PC 접합부 상세를 개발하고 구조안전성평가를 통해 검증
<p style="text-align: center;">연구 필요성</p>	<p>○ 고층 PC구조 공급을 위한 PC구조설계기준 개정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 국내 PC구조는 92년 건설부가 제정한 “프리캐스트 콘크리트 조립식건축 구조설계기준 및 해설”에 주로 근거하여 설계 중임. 국내 구조물의 구조설계를 위한 건축구조기준(KBC, Korea Building Code)은 2005년 4월 고시된 이후 2009년 지진하중, 2016년 성능기반내진설계 등이 도입되는 등 수차례 개정되었음. 그러나 현행 PC 구조기준은 92년도 제정된 이후 21년 초 일부 조항만 개정되어 건축구조기준의 내진설계 등 구조물의 안전과 직결된 주요 사항에 대해서는 반영하지 못하고 있음. - 또한 국내에서 공급되는 공동주택의 주된 층수가 20~25층 내외임을 고려하면 92년도에 제정된 PC 구조설계기준에서 제한하고 있는 15층 제한은 현실성이 없으며 PC 공동주택의 확산을 저해하고 있음. - 따라서 고층 PC구조 공동주택의 안전성 제고, 공급확대를 위해 현재 국내 공동주택 주택공급 실태와 	

(구성기술 1-2) 고층 PC 건축물 충고절감 및 안전 향상을 위한 구조시스템 기술 개발

<p>연구 필요성</p>	<p>고층 PC공동주택의 설계조건을 고려한 PC설계기준 개정 필수적임.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고층 PC 구조설계기준의 개정 관련 주요 연구내용은 다음 수준에 머물고 있음. <ul style="list-style-type: none"> · 국내 PC구조설계기준의 근간이 되고 있는 미국 PCI 기준과 상이한 구조형식별 · (벽식, 보-기둥구조) 보통, 중간, 특수구조의 높이(층수)제한 값에 대한 평가 · (구조해석과 실험 등) 고층 PC구조시스템의 내진설계 시 사용하는 각종 계수의 적정성 평가 - 국내외 최신 연구동향 조사분석, 구조해석과 구조성능평가 등의 연구결과를 종합 하여 최신 건축구조 기준에 부합하는 PC구조설계지침 제정 <p>○ 구조안전성 및 생산성 향상을 견인하는 고층 PC 공동주택 구조시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고층 PC 공동주택 구조시스템 개발 방향 <ul style="list-style-type: none"> · 국내 공동주택 공급 비중이 높은 층수인 25층 전후의 벽식, 보-기둥구조 대상 · 구조적인 안전성과 생산성 제고를 목표로 최신 건축구조기준을 만족, 향상된 주거수요변화에 유연한 - 대응이 가능한 장스팬구조 도입, PC구조 특성을 반영한 횡변위 제어구조 개발 및 적용 <ul style="list-style-type: none"> · 고층 PC 공동주택의 구조시스템 개발은 PC공동주택의 최적화에 필요한 구조, 비구조부재의 PC공법, 합성구조공법 도입 등 공법개발과 연계하여 추진 - 고층 PC공동주택 구조해석, 비선형해석 및 성능기반설계방안 수립 <ul style="list-style-type: none"> · 개정된 건축구조기준을 만족하는 고층 PC 공동주택의 구조해석법, 비선형해석 및 성능기반설계법 수립 <p>○ 고층 PC공동주택 생산성, 안전 및 품질향상을 위한 PC공법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고층 PC공동주택의 구조안전성, 구조계획 효율성과 시공성 제고를 목표로 <ul style="list-style-type: none"> · 횡력을 효과적으로 제어할 수 있는 PC코어시스템 개발, 다양한 주거수요에 유연한 대응이 가능한 장스팬 PC 공법 개발. 슬래브, 보-기둥 대상 충고저감 PC 공법 개발 등 수행 · 고층화에 따른 증가된 중력하중과 횡하중을 감안한 슬래브-벽체, 벽체-벽체, 골조부재의 다양한 수직, 수평 PC 접합부 상세 개발과 PC구조설계기준에서 요구하는 접합부 구조성능평가법 개발 필요 - PC부재 양중, 조립과 일체화전 안전성 확보 및 연쇄붕괴 방지 상세 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 대부분의 PC공사 안전사고는 조립 완료 후 구조적으로 일체화되기 전에 발생하며, 고층화될수록 위험이 증가하므로, 고층 PC 공동주택의 일체화 이전 시공단 계별 구조안전성 확보를 위한 지침 개발. · 고층화로 PC부재에 작용하는 하중의 증가로 인한 연쇄붕괴의 가능성 증가함. 증가된 축력과 횡하중에 저항하기 위해서는 개선된 배근상세 적용을 통한 연쇄 붕괴방지를 위한 구조일체성 확보기술 필요함. · 고층 PC구조물 연쇄붕괴저항 메카니즘 평가를 위한 해석 프로그램 개발 필요. - 연구개발된 PC공법은 구조성능평가 등을 통한 성능 검증 후 관련 시방과 표준 상세 등 수립하고 특허 등 지식재산권 등록 추진
<p>연구내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고층 PC구조물 내진성능 확보를 위한 구조 설계기준 및 성능평가기준 개발 ○ 충고절감을 위한 복합구조 시스템 개발 ○ 고층부 코어시스템 모듈화 및 PC화 공법 개발

(구성기술 1-2) 고층 PC 건축물 층고절감 및 안전 향상을 위한 구조시스템 기술 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC 기준 국내외 최신 연구성과 및 향후 연구개발방향 등 수립 - PC 공동주택의 설계·구조 핵심분야 파악 - 양중, 조립, 양생, 완성단계 설계기술 조사결과 및 향후 연구개발방향 도출 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - PC 설계기준 국내외 최신연구동향 및 국내외 PC 공동주택 사례 조사 - 고층 PC 공동주택 개발을 위한 설계 및 구조 핵심분야 파악 - 양중, 조립, 양생, 완성단계 설계사례 조사 및 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고층 PC 공동주택 해외 사례 분석보고서 ▪ 양중, 조립, 양생, 완성 단계 구조설계 사례분석
2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC설계기준 수립을 위한 벽식구조 높이(층수)제한 방안 - 고층 벽식 PC 구조시스템 개발 - PC코어시스템 개발 - PC부재 조립과정 중 안전성 확보방안 - 고층 PC공동주택 비선형해석 기반구축 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - PC구조 내진성능확보를 위한 구조설계사항 실험 및 분석(1) : 벽식 - 고층 벽식 PC구조 구조시스템 개발 - 구조안전성, 시공효율성 개선을 위한 PC코어공법 개발 - 시공단계별 PC구조물 안전성평가 기법개발 - 고층 PC공동주택 비선형해석 사례분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 벽식 PC구조 높이(층수)제한기준(안) ▪ 고층 벽식 PC구조시스템 ▪ PC코어시스템 및 특허 ▪ PC부재 조립과정 중 안전성 확보방안 가이드라인 ▪ 고층 PC공동주택 선형 및 비선형 해석사례 비교분석
2027	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC설계기준 수립을 위한 벽식구조 높이(층수)제한 방안 - 고층 보-기둥 PC공동주택 구조시스템 - 장스팬 PC공법 개발 - 연쇄붕괴 방지형 PC상세 개발 - PC공동주택 성능기반설계 기반 구축 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - PC구조 내진성능확보를 위한 구조설계사항 실험 및 분석(2) : 보-기둥 - 고층 라멘구조 PC공동주택 구조시스템 개발 - 장스팬 PC공법 개발 - 연쇄붕괴방형 PC 접합상세 개발 - PC공동주택 성능기반설계 사례 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 보-기둥PC구조 높이(층수)제한기준(안) ▪ 고층 보-기둥구조 PC시스템 ▪ 장스팬 PC공법과 특허 ▪ 연쇄붕괴 방지용 PC 접합상세 및 특허 ▪ 고층 PC공동주택 규모별 성능기반설계 사례분석
2028	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC 내진계수 제안 - 고층 PC구조 접합부 개발 - PC 접합부 구조성능평가기법 개발 및 성능기반설계 사례집 발간 - 층고저감 PC공법 개발 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - PC 내진계수 적합성 평가 - 고층PC구조 접합부 제안 및 평가 - 층고저감용 PC공법 제안 및 평가 - 건식접합부 구조성능평가기법 개발 및 성능기반설계 사례집 발간 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PC 내진계수 ▪ PC 구조 부재별 요소별 접합부 개발 ▪ 고층 PC공동주택 비선형 해석 및 성능기반설계 사례집

연구내용

(구성기술 1-2) 고층 PC 건축물 층고절감 및 안전 향상을 위한 구조시스템 기술 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2029	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 고층 PC공동주택 구조설계기준(안) 및 일체성확보 지침 - 고층 PC구조시스템(벽식, 보-기둥) - 구조안전성, 생산성 및 품질향상 PC공법 및 매뉴얼 - PC 구조해석법 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 고층 PC공동주택 구조설계기준(안) 종합 수립 - 고층 PC공동주택(벽식, 보-기둥) 제안 및 해석법 제안 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고층 PC공동주택의 설계조건을 고려한 구조설계기준 개발 ▪ 개발 기술에 대한 Pilot 구조해석 및 설계 ▪ 구조안전성, 생산성 및 품질향상 PC공법 매뉴얼
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고층 PC 구조설계 기준 및 평가지침 ▪ 고층 PC구조 공동주택 표준모델 및 구조해석법 ▪ 고층 PC구조 생산성, 안전성, 품질향상이 기대되는 다양한 PC 공법과 관련 매뉴얼 	

성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
PC 공동주택 층고	3.3M*	-	와이드거더 사용을 통해 2.9M**로 층고 감소
PC 코어	비내력 PC 코어	비내력 PC 코어	내력 PC 코어
기계식 접합	KDS 14***	ACI 318	국내 법적 요구 성능 수준 만족

* 평택고덕 LH 실증주택 층고: 일반적인 거더 깊이가 600mm이고, 설비공간 (400mm), 반자높이 (2,300mm) 확보를 위해 최소 층고 3,300mm 필요

** 와이드 거더 공법 적용을 통한 층고 감소: 와이드거더 500mm 이하 사용하고, 층고 저감 설계 기법을 통한 층고 13% 감소

*** KDS 14 20 80 4.1.6 특수모멘트골조와 특수철근콘크리트 구조벽체의 기계식 이음 요구 성능: 유형 1 기계식 이음, 유형 2 기계식 이음(ACI 318-19 동등)

연구목표

- 1) 고층 PC 공동주택의 구조설계기준 수립
 - 25층 전후 고층 PC공동주택(벽식, 보-기둥)의 설계조건을 고려한 PC구조설계 지침 수립
 - 벽식, 보-기둥구조별 보통·중간·특수·구조의 높이(층고) 제한값 수립
 - 고층 PC 공동주택의 내진설계를 위한 관련 계수 수립
 - 고층 PC 공동주택의 구조성능평가법과 일체성 확보방안 수립
- 2) 고층 PC공동주택 구조시스템
 - 25층 전후 소형(84Type 이하)·중형(84Type)·대형(84Type 이상) 평형의 벽식, 보-기둥구조 PC공동주택 구조시스템 개발.
 - 고층 PC공동주택의 횡변위 제어시스템 개발
 - 고층 PC공동주택 구조해석, 비선형해석 및 성능기반설계 매뉴얼 수립

(구성기술 1-2) 고층 PC 건축물 층고절감 및 안전 향상을 위한 구조시스템 기술 개발

<p align="center">연구목표</p>	<p>3) 고층 PC공동주택 생산성, 안전 및 품질향상을 위한 PC 공법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고층 PC공동주택용 PC공법(코아시스템, 장스팬구조, 층고저감 공법 등) 개발 - 고층 PC공동주택의 슬래브-벽체, 벽체-벽체, 보-기둥, 기둥-기둥 등 PC구조부재의 다양한 수직, 수평 PC 접합부 상세 개발 - PC부재 시공 중 안전성 확보방안과 연쇄붕괴 방지를 위한 접합부 상세 개발 및 매뉴얼 수립
<p align="center">최종 성과물</p>	<p>1) 고층 PC 구조설계 구조설계 기준 및 평가 지침</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고층 PC공동주택 구조설계 지침 및 PC 설계 예제집 <p>2) 고층 PC구조 공동주택 최적 구조시스템 및 구조해석법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 구조안전성, 생산성 향상이 기대되는 25층 전후 소형(84Type 이하) · 중형(84Type) · 대형(84Type이상) 평형의 벽식, 보-기둥구조 PC공동주택 구조시스템 개발. - 고층 PC구조시스템 구조해석 및 비선형해석과 성능설계 지침 및 설계예제집 <p>3) 고층 PC구조 생산성, 안전성, 품질향상이 기대되는 다양한 PC 공법</p> <ul style="list-style-type: none"> - PC코아시스템, 장스팬, 층고저감 PC공법과 시방 - PC부재 다양한 수직, 수평접합부 상세 - PC부재 시공과정 안전성확보방안 - PC부재 연쇄붕괴방지 상세 및 시방

(구성기술 1-3) 고성능 공동주택 구현을 위한 복합 프리패브시스템 개발

연구 방향	한계점	기술개발방향
	<ul style="list-style-type: none"> 현장 적용성, 시공 용이성 등을 고려하지 않은 단순한 시뮬레이션 기반의 단열과 바닥충격음 성능 개선 관련 연구 다수 존재 	<ul style="list-style-type: none"> 연구개발성과를 실제 공동주택 현장에서 바로 활용할 수 있도록 현장 적용성 등에 대한 종합적인 검토를 바탕으로 단열 및 바닥충격음 성능 향상 공법 제안
	<ul style="list-style-type: none"> PC 공동주택의 기밀/수밀 성능을 저하하는 복합적인 열화환경에 대한 분석 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 PC 공동주택의 기밀/수밀층에 적용가능한 재료 및 공법 현황 분석을 바탕으로 개선 방안 도출
<ul style="list-style-type: none"> 객관적인 검증이 이루어지지 않은 공법, 자재 등에 대한 적정성 판단 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 목업테스트 및 실증 등을 통해 연구개발성과의 성능 목표 달성 여부 및 타당성 검증 수행 	

연구 필요성	<p>○ 기존 RC 공동주택 대비 PC 공동주택의 주거환경(열, 음환경 등) 개선 가능성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존의 RC 공동주택(벽식, 라멘식)은 대부분 내단열로 시공하며, 이는 필연적으로 외벽-바닥 접합부에서 열교가 발생하여 동절기 상당한 열손실을 유발함 - PC 공동주택의 경우 벽식 구조는 샌드위치 외벽패널 적용, 라멘식 구조는 커튼월 시공 등을 통해 외벽-바닥 접합부의 열교 감소 가능성이 크며, 이를 통한 에너지 절약, 결로발생 저감 등의 열성능 개선 효과를 기대할 수 있음 - 중간소음에 취약한 기존 벽식 RC 공동주택 대비 PC 공동주택은 중공 슬라브(Hollow core slab), 복합 구조 슬라브(Half PC slab) 등을 활용하여 다양한 형태의 바닥시스템 적용이 가능함. 각 유형에 대한 음환경 성능 개선 효과 검증 및 최적화를 통해 활용방안 모색이 가능. - PC 공법은 부재, 부품 등을 미리 생산하고 현장에서 조립, 시공하므로 외벽 접합부, 외벽-바닥 접합부, 지붕슬라브 접합부 등 다수의 접합부위 발생이 수반되는 바, 해당 부위별 적정 기밀/수밀 성능 확보를 위한 시공상세 및 재료 개발이 필수적임. 이와 같은 연구개발을 통해 기밀화 및 누수 방지, 나아가 종합적인 주거환경성능개선 및 에너지 절약 효과를 달성할 수 있음 - 이처럼 PC 공동주택의 다양한 주거환경 성능 향상 가능성에도 불구하고 국내는 적용 사례 및 관련 연구가 미흡한 실정임 <p>○ PC 공동주택의 인식개선 및 보급 확대를 위해서는 고성능 주거환경 확보가 필수적임</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2008년 이후 전국 기준 주택보급률 100%를 넘어섰으며(국가통계포털(KOSIS), https://kosis.kr), 그 이후 주거환경 개선 등 주택의 질적성능 향상에 대한 사회적 요구는 지속적으로 증가 되고 있음 - 이와 같은 상황에서 PC 공동주택에 대한 인식개선 및 보급 확대를 위해서는 고성능 주거환경 확보를 위한 종합적이고 다각적인 분석 및 솔루션 도출이 시급함
--------	---

(구성기술 1-3) 고성능 공동주택 구현을 위한 복합 프리패브시스템 개발

- 단열성능 및 시공성 향상을 위한 외벽패널 시스템 개발
- 바닥충격음 감쇄 고성능 바닥시스템 공법 개발
- 접합부 기밀/수밀 성능확보를 위한 시공상세 및 재료 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 공법/재료 개발 방향 설정 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 외벽 단열성능 현황 분석 - 바닥충격음 현황 조사 - 기밀/수밀층 적용 재료 및 공법 분석 - 요구 성능 수준 및 개발 방향 설정 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PC 공동주택 단열성능 현황 분석 ▪ PC 공동주택 바닥충격음 현황분석 보고서 ▪ PC 공동주택 기밀/수밀성능 현황분석 보고서
2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 대안별 성능 평가 및 공법/재료 설계 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 시뮬레이션, 실측, 목업 등을 통한 단열성능 개선 및 바닥충격음 저감을 위한 대안별 성능 평가 - 기밀/수밀 시공 개선안 평가 및 재료 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ '단열성능 관련 시험성적서 ▪ 바닥충격음 관련 시험성적서
2027	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 시공법 및 시제품 도출 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 단열성능 및 시공성 향상을 위한 외벽패널 공법 도출 - 바닥충격음 감쇄 고성능 바닥시스템 공법 도출 - 기밀/수밀 성능 확보를 위한 시공상세 및 시제품 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 특허 ▪ PC 공동주택 단열성능 개선 시공상세 ▪ PC 공동주택 바닥충격음 개선 시공상세 ▪ PC 공동주택 기밀/수밀성능 개선 시공상세 ▪ 시제품
2028	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 실증 적용 및 성능 모니터링 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 개발 공법/재료 적용 및 성능 모니터링 - 재료 시공 및 관리 매뉴얼 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시공 및 관리 매뉴얼
2029	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 성능 모니터링 분석을 통한 타당성 검증 및 공법/재료 보완 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 실증을 통한 개발 공법/재료의 성능 평가 및 분석, 타당성 검증 - 개선 필요사항 보완 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 특허 ▪ PC 공동주택 단열성능 성능분석 보고서 ▪ PC 공동주택 바닥충격음 성능분석 보고서 ▪ PC 공동주택 기밀/수밀성능 성능분석 보고서
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PC 접합부위별 단열성능 및 시공성 제고를 위한 외벽패널 공법 ▪ 바닥충격음 감쇄 고성능 바닥시스템 공법 ▪ PC 공동주택의 다양한 접합부위에 대해 기밀화 및 누수방지 기술 ▪ 접합부위별 적정 기밀/수밀 시공상세 및 재료 	

(구성기술 1-3) 고성능 공동주택 구현을 위한 복합 프리패브시스템 개발

연구목표	성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
		국내	해외	
	단열성능 (열관류율, W/m ² K)	0.17 ¹⁾	0.15 ²⁾	국내 법적 요구성능 수준 만족(열관류율) 기존안 대비 5% 이상 향상 (열교 영향 반영한 유효 열관류율)
	결로방지성능 (TDR)	0.26 ³⁾	0.25 ⁴⁾	국내 법적 요구성능 수준 만족
	바닥충격음 (dB)	중량충격음 49 ⁵⁾ 경량충격음 49	경량충격음 53 ⁶⁾ 중량충격음 없음	국내 법적 요구성능 수준 만족
연구목표	1) 건축물의 에너지절약 설계기준(국토교통부고시 제2022-52호) [별표 1] 중부2지역, 거실의 외벽, 외기에 직접 면하는 경우(공동주택) 기준 2) 독일 Passive House 외벽 기준(https://passivehouse.com) 3) 공동주택 결로 방지를 위한 설계기준(국토교통부고시 제2016-835호) [별표 1] 지역II 지역, 벽체접합부 기준 4) 영국 IP 1/06 Assessing the effects of thermal bridging at junctions and around openings, 주거건물 창 기준 5) 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 검사기준(국토교통부고시 제2022-868호) [별표 1] 경량충격음 및 중량충격음 4급 기준 6) 국토교통부, 공동주택 바닥충격음 차단성능 사후 확인제도 도입방안, 2020.06, 덴마크, 독일, 핀란드, 스위스 기준			
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ PC 접합부위별 단열성능 및 시공성 제고를 위한 외벽패널 공법 ○ 슬라브시스템 유형별(중공 슬라브, Half PC slab 등) 바닥충격음 감소 고성능 바닥시스템 공법 ○ PC 공동주택의 다양한 접합부위에 대해 기밀화 및 누수방지 기술 ○ 주거성능 개선 및 에너지 절약 효과를 도모할 수 있는 부위별 적정 기밀/수밀 시공상세 및 재료 			

2) (핵심분야 2) 고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발

■ 목표

- PC 부재들의 대량공급을 효율적으로 지원하는 스마트 제조생산라인 구축과 고층부 접합부 시공성 및 정밀도 확보 기술개발

■ 구성기술 개요

- (구성기술 2-1) 데이터 분석 기반 스마트 생산계획 및 공장-현장 통합관리 기술 개발

- ① 공장-현장 통합생산관리 구현을 위한 몰드운영계획 최적화 시스템 개발
- ② 디지털트윈 시뮬레이션 기반 PC 생산-시공 통합관리 기술 개발
- ③ 스마트 제조회장 구축을 위한 AI기반 이상징후 탐지 기술 개발

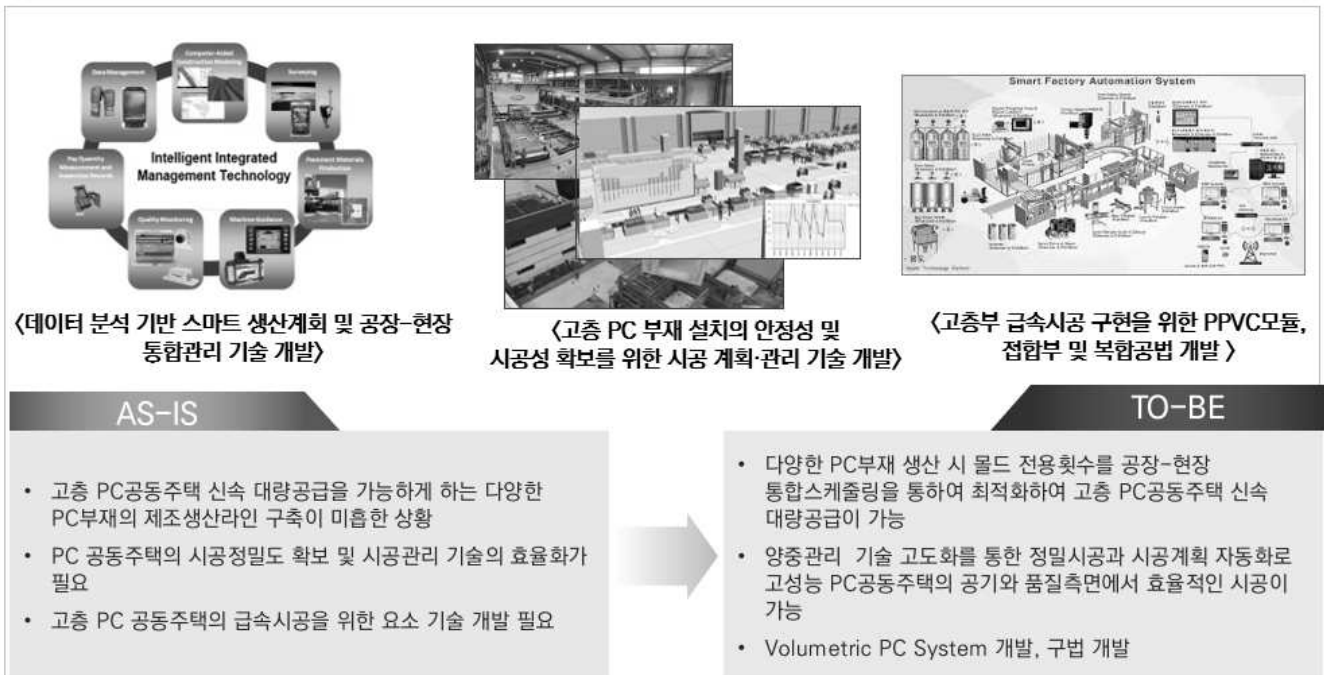
- (구성기술 2-2) 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획·관리 기술 개발

- ① 고성능 검측기기를 정밀시공 확보 기술 개발
- ② 고소작업 안전성 확보를 위한 MG/MC (Machine Guide/ Machine Control) 기반 양중계획 수립 및 통합 운영관리 기술 개발
- ③ 고층 PC 현장설치 맞춤형 스마트 안전관리 기술 개발

- (구성기술 2-3) 고층부 급속시공 구현을 위한 PPVC(Prefabricated Pre-finished Volumetric Construction) 모듈, 접합부 및 복합공법 개발

- ① 공기단축 및 품질제고를 위한 Hybrid PBU(Prefabricated Bathroom Unit) 시스템 개발
- ② 시공성 향상을 위한 접합부 설계 및 시공기술 개발
- ③ 고층부 급속시공 구현을 위한 복합공법 개발

[핵심분야 2] 고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발



[그림 39] 핵심분야 2의 구성기술 개요

■ 세부개발 내용

(구성기술 2-1) 데이터 분석 기반 스마트 생산계획 및 공장-현장 통합관리 기술 개발

연구 방향	한계점	기술개발방향
	<ul style="list-style-type: none"> PC 생산비용 중 몰드 제작에 소요되는 비용은 비중이 가장 높은 요소이지만, 몰드의 제작 수량, 리빌딩 및 재사용 등에 대한 명확한 가이드와 기준이 없고, 체계적인 몰드운영계획이 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> 생산 대상 PC 부재의 형상, 철근, 철물 등에 대한 제원, 규격, 속성 요소를 설계데이터로부터 추출하고, 생산 부재에 반영할 몰드의 정의와 제작, 회전율 등 유지관리 요소를 반영한 몰드 업무 가이드 및 운영계획 최적화 지원
	<ul style="list-style-type: none"> 기존에는 PC부재 생산-시공을 연계하는 스마트한 통합관리 기술이 부재, 또한 PC 부재 품질관리 시 작업자 육안 및 경험에 의존하여 PC부재 검측 작업이 수행되며, PC 부재 설치 진척도에 대한 정량화된 관리 시스템 부재 	<ul style="list-style-type: none"> PC 부재 설치 및 공정현황 정보 실시간 시각화 기술이 필요하며, 장비에 설치된 카메라를 통해 인양부재의 부재번호를 특정(Vision AI)하고 설치 여부 정보를 자동으로 플랫폼으로 송신, 플랫폼 내 설치 진척도에 대한 업데이트가 자동으로 진행
<ul style="list-style-type: none"> PC 부재 대량생산과정에서 설비이상, 안전위험 등을 선제적으로 예측하고 대응하기 위한 방법이 정립되어 있지 않아 관련 이상상황 발생시 안정적인 부재 생산에 차질이 생길 수 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> 센싱, 영상장치 등을 활용하여 설비이상이나 안전위험, 내외부 환경, 품질 문제 등과 관련된 이상징후를 사전에 감지하여 알림 및 사전대응을 지원하는 스마트 제조환경 구축 	
	<p>연구 필요성</p>	

(구성기술 2-1) 데이터 분석 기반 스마트 생산계획 및 공장-현장 통합관리 기술 개발

- 공장-현장 통합생산관리 구현을 위한 몰드운영계획 최적화 시스템 개발
- 디지털트윈 시뮬레이션 기반 PC 생산-시공 통합관리 기술 개발
- 스마트 제조회장 구축을 위한 시 기반 이상징후 탐지 기술 개발

연구내용

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 몰드활용 계획을 반영한 PC 생산관리 시스템 개발 방안 수립 및 설계기획 - 생산공장/현장 통합관리 요소분석 - PC 생산과정에서의 이상요인 분석 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - PC 생산관리 시스템 분석 및 개선 프로세스 도출 - 디지털정보 기반 시공계획 입출력 정보 및 제약사항 검토 - 설비, 환경, 품질, 안전 등 측면에서의 운영제약요인이나 이상상황 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시스템 개발 기획서 ▪ PC공장 현황 조사서
2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 몰드제작 비용/전용계획 기반 몰드 활용계획 수립 - 생산관리 시스템 기능 프로세스 설계 기획 - 이상상황 탐지기술 기획 및 데이터 수집 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 시스템 전체 프로세스 도출 - 프로세스 기능 및 데이터 흐름 설계기획 - 디지털정보 기반 시공계획 자동화 기술 설계 및 원천데이터 수집 - 이상상황 탐지를 위한 정상데이터 분석 및 학습 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기능별 프로세스 기획서 ▪ 관련 특허 출원 ▪ 학습데이터세트
2027	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 몰드통합설계 시스템 프로토타입 시제품 구현 - 생산공장/현장 통합관리 시스템 lab 테스트 - 공장 이상상황 탐지 기술 개발 및 테스트 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 개발 시스템 모형 시제품 구현 제작 - 디지털정보 기반 시공계획 자동화 기술 개발 - 센서, 영상 등 다양한 데이터장치 연동 AI 기반의 이상성 탐지 알고리즘 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시제품 개발 기획서 ▪ 통합관리 시스템 및 이상상황 탐지기술 핵심 알고리즘 ▪ 관련 특허 출원
2028	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 몰드통합설계 시스템 현장 적용 - 통합생산관리 시스템 및 이상성 탐지 시스템 구현 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 생산관리 시스템 클라이언트 구현 - 생산관리 데이터베이스 서버 구축 - 디지털정보 기반 시공계획 자동화 시스템 lab 테스트 - 센서 및 영상기반 이상징후 탐지 시스템 구현 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시스템 개발 기획서 ▪ 관련 특허 출원
2029	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 시스템 실증 및 보완 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 시스템 실증 운용 테스트 - 실증 결과 반영 시스템 개선 반영 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실행프로그램 및 매뉴얼 ▪ 현장 실증 보완 내역서
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 몰드매트릭스 설계자동화 프로그램 ▪ 디지털정보기반 공장시공 통합관리 알고리즘 ▪ 스마트 제조회장을 위한 이상징후 탐지 기술 	

(구성기술 2-1) 데이터 분석 기반 스마트 생산계획 및 공장-현장 통합관리 기술 개발

연구목표	성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
		국내	해외 ¹⁾	
	현장 플랫폼 데이터 연계 BIM 모델 데이터 입력 자동화 프로세스	OSC 현장 플랫폼 데이터베이스 ²⁾	-	기존 OSC 플랫폼 데이터베이스 연 계하는 데이터 공유 구현
	제조생산 능력 반영 몰드 매트릭스 자동 화 프로세스 ³⁾	없음	-	생산라인 배치 능력 및 몰드 반영 생산일정계획 생성/갱신 자동화
	시공계획 수립 소요 시간 및 정확도	시간단위 계획	분단위 계획 (일본)	소요 시간 90% 단축 계획 오류 90% 절감
	디지털 트윈의 현실 재현도	95% 이상	95% 이상 ⁴⁾	95% 이상
	이상징후 탐지 성능 ⁵⁾	90% 내외 (설비고장 기준)	90% 내외 (설비고장 기준)	95% 내외
	1) 해외 기술 또는 유사 기술 사례 확인 불가로 기술 수준 파악 불가 2) “Off-Site Construction 기반 공동주택 생산시스템 혁신기술개발 사업”의 “OSC 플랫폼 BIM 데이터 연계 기술 개발 및 플랫폼 구현”(연우피씨엔지니어링) 3) 몰드매트릭스 자동화 사례 파악 불가 4) 디지털 트윈 내 시뮬레이션 결과의 어려움 (출처: Louise Wright and Stuart Davidson. (2020). How to tell the difference between a model and a digital twin. Advanced Modeling and Simulation in Engineering Sciences. 7(13). 1-13. https://ames-journal.springeropen.com/articles/10.1186/s40323-020-00147-4) 5) 이상성 탐지 성능을 주로 Area Under the Receiver Operating Characteristics (AUROC)와 같은 성능지표로 판단			
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 몰드매트릭스 설계자동화 기반 PC 생산관리 클라이언트/데이터베이스 서버 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - 현재의 PC 생산관리 시스템은 웹기반의 ERP 시스템으로 활용하고 있음. 설계 및 시공정보 를 생산 담당자가 수기로 파악하고 입력하므로, 부재 정보 입력 및 현장 시공 변경 정보의 갱신 등의 과정에서 비효율성 발생 - 생산적이고 효율적인 생산관리 시스템을 제공하기 위해서는 BIM 기반 정보를 활용하여, 설 계정보의 자동화 입력이 가능하고, OSC 통합플랫폼의 데이터베이스의 공동활용을 통해 현 장 시공정보의 실시간 연동이 필요 - 몰드활용을 고려한 생산 일정계획과 생산라인의 규모 및 배치를 감안한 부재 생산능력, 재 고 및 야적관리 연계로 상세한 생산일정관리가 가능하게 되며, 시스템에서 도출한 결과정보 를 바탕으로 최적화된 생산관리가 가능 ○ 디지털데이터 기반 PC생산-시공 통합관리 기술 <ul style="list-style-type: none"> - OSC 생산체계에서 공장생산 및 현장설치 계획을 동기화 관리함으로써 공장생산-물류-현 장설치로 연계되는 공급사슬의 효율성을 최적화 ○ 스마트 제조회경을 위한 이상징후 탐지 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 센서, 영상 등 최소 2개 이상의 인풋 데이터 종류를 기반으로 안전, 환경, 품질, 설비 중 2개이상 분야에 대한 이상징후 탐지 기술 개발을 통해 스마트 제조회경 구축을 도모 			

(구성기술 2-2) 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획·관리 기술 개발

연구 방향	한계점	기술개발방향
연구 방향	<ul style="list-style-type: none"> 고층 PC 공동주택 고성능화를 위해 설계 및 시공과정에서의 정밀도가 필수적이나 관련 기술 개발이 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> 스마트건설기술을 활용하여 시공정밀도를 확보할 수 있는 3차원 설계검토 및 시공관리 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> PC부재의 인양, 설치작업 일정과 이에 따른 부재 반입 시점이 설치업체의 경험에 의존하여 부정확하고, 바람, 부재 형태 등을 고려한 양중계획 수립 기술 부재로 양중시간 및 양중작업 안전성 검토가 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 기반의 정밀한 PC부재 인양 계획 수립 기술, 동적 시뮬레이션 기반 양중계획 자동 생성 및 작업 안전성 확보 기술
	<ul style="list-style-type: none"> 작업시 신호수/안전관리 담당자가 관측할 수 없는 사각영역이 존재하며, 관측자와 목표물 간 거리로 인해 중량물과 장비와의 충돌/간섭에 대한 사전 인지가 어려움. 이를 해결하기 위한 연구는 많으나 ICT기반 스마트 안전관리 기술 적용사례가 부족 	<ul style="list-style-type: none"> 장비에 부착된 스마트센서를 활용, 기설치 구조물과 장비와의 간섭/충돌에 대한 조기경고 및 제어작동. 또한 현장 전체 측면에서 스마트센서, 레이저측정 장비, 데이터기반 추론 등을 통해 중요 안전관리항목에 대한 실시간 모니터링을 강화하고, 스마트기술을 활용한 작업자 안전관리 체계 확립
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고성능 PC 공동주택을 위해 설계 및 시공과정에서의 정밀도 확보를 통한 품질관리 필요 <ul style="list-style-type: none"> - PC 공동주택의 경우 부재 설치 시 허용오차를 초과하면 시공 품질 및 성능저하, 재작업 등으로 인한 공기지연 문제가 발생. 고층화될수록 시공 오차가 누적되어 고층부 품질 문제가 가중될 수 있음. 이러한 문제를 해결하기 위해 정밀검측, 3차원 설계검토, 검측 데이터 관리기술 등 시공정밀도를 확보할 수 있는 기술개발이 필요. ○ PC 공동주택의 고층화에 따른 양중장비 운용 기술 중요성 증대 및 설치 최적계획 시스템 개발 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 고중량 및 다양한 형태의 PC부재의 안전하고 효율적인 인양은 PC 공동주택 고층시공의 핵심 기술임 - 기존 장비제원 중심의 양중장비 운용 시뮬레이션 연구가 있지만 PC부재 특성이 반영된 활용 시스템이 필요하고 양중 안전성 검토 및 확보 기술 개발 필요 - 고층 단지 환경에서 MG/MC (Machine Guide/ Machine Control) 기반 양중장비 통합운용관리 기술 개발이 필요 ○ 안전한 고층 설치작업을 지원하는 안전관리 기술이 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 구조물의 복잡화/대형화 추세에 따른 PC부재의 크기/중량이 커지고, 운용 장비의 스펙 또한 대형화되고 있는 추세이며, 주택구조물의 경우 공간/스팬이 짧고 많은 부재로 형성되어 있어 장비-구조물간의 충돌/간섭에 대한 위험성을 내포 - 최신 센서 기술을 활용해 복잡한 구조물과 장비와의 충돌/간섭에 대해 관리자에게 사전공지하고 장비의 조작 중지가 가능한 시스템 개발 필요 	
연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고성능 검측기기를 정밀시공 확보 기술 개발 ○ 고소작업 안전성 확보를 위한 MG/MC (Machine Guide/ Machine Control) 기반 양중계획 수립 및 통합 운영관리 기술 개발 ○ 고층 PC 현장설치 맞춤형 스마트 안전관리 기술 개발 	

(구성기술 2-2) 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획·관리 기술 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC 공동주택 시공정밀도 및 시공효율성 확보 기술 개발 기획 - OSC 공정에 MC기술 활용을 위한 수요 조사 - 고층 OSC 안전관리 요소 도출 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 3차원 설계검토 및 시공관리 기술 벤치마크 분석 및 기술 요구사항 검토 - PC부재 양중 동적 시뮬레이션 기술 개발 - 고층 OSC 안전관리 요구사항 분석 및 안전관리 항목 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술동향보고서 ▪ MC기술 활용한 PC 부재 설치용 장비 자동화 운용 개념 설계도 ▪ 현장 위험 요소 및 위험 등급 분류 기준 정 의서
2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC 공동주택 시공정밀도 및 시공효율성 확보 기술 기반 구축 - PC부재 양중 시뮬레이션 모듈 개발 - AI 및 Multi-Sensor 기반 스마트 안전관리 고도화 기술 개발 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 스마트건설기술 활용 설계검토 및 시공관리 기술 설계 - MC기술을 활용한 자동화 방안 수립 - 장비-부재-작업자 모니터링 및 관계 추론, 위험도 분석기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 특허 출원 ▪ 시스템 모듈 코드
2027	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC 공동주택 시공정밀도 및 시공효율성 확보 요소 기술 개발 - OSC 장비 조작용 MC 모듈 개발 - 현장 안전관리 관련정보 실시간 공유시스템 개발 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 스마트건설기술 활용 설계검토 및 시공관리 기술 개발 - 충돌/간섭 인지시 자동 조작용 모듈 개발 - PC 부재 설치 및 공정현황 정보에 실시간 안전정보 연계 및 시각화 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시스템 모듈 코드 ▪ 관련 특허 출원 ▪ 시스템(자동화 모듈)시작품
2028	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC 공동주택 시공정밀도 및 시공효율성 확보 요소기술 시작품화 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 스마트건설기술 활용 설계검토 및 시공관리 lab 테스트 - 충돌인지시 알람 기능 및 장비 운용 정지 단위 기능 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 특허 출원 ▪ 시작품 매뉴얼
2029	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC 공동주택 시공정밀도 및 시공효율성 확보 기술 실증 및 개선 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 관련기술의 현장실증단지 적용 - 사용성 검증 및 평가결과를 통한 기술보완 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트건설기술 기반 MC활용 가이드
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트건설기술 활용 설계검토 지침 및 시스템 ▪ 스마트건설기술 활용 시공관리 매뉴얼 및 시스템 ▪ 공기단축 및 안전한 고층 설치작업을 지원하는 부재양중 및 설치 최적계획 시스템 ▪ MC 기술을 활용한 OSC부재 설치용 장비 자동화 모듈 ▪ 장비-부재-작업자 통합 안전 모니터링 기술 및 안전관리 관련정보 실시간 공유시스템 	

(구성기술 2-2) 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획·관리 기술 개발

	성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
		국내	해외	
연구목표	동일 형상 PC 부재 설치 기간 및 비용	-	-	부재 설치 기간 20% 단축 부재 설치 비용 10% 절감
	AI와 비전을 활용한 객체 설치 간격 검증	최대 오차 10%	최대 오차 8%	최대 오차 8%
	MC 기술을 활용한 센싱 기반 충돌 감지 모듈	건설 중장비 충돌 감지 방지 시스템	일반 차량에 적용된 사례 다수	자유도 4방향 (r,θ,x,y,z,xy) 이동/설치 가능한 정밀제어 이렉터 로봇 개발
	AI 기반 건설 현장 안전모니터링을 위한 객체 인식 정확도	90% ¹⁾	95.2% ²⁾	92%
1) 딥러닝 알고리즘을 이용한 건설현장 이미지 분류 (출처: Gil, Daeyoung & Lee, Ghang & Jeon, Kahyun. (2018). Classification of Images from Construction Sites Using a Deep-Learning Algorithm. 10.22260/ISARC2018/0024.) 2) 건설 현장 객체 데이터셋을 활용한 딥러닝 이미지 분류 (출처: Rui Duan, Hui Deng, Mao Tian, Yichuan Deng, Jiarui Lin (2022). 'SODA: Site Object Detection dAtaset for Deep Learning in Construction', arXiv:2202.09554v1,2022. https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.09554)				
최종 성과물	○ 스마트건설기술 활용 설계검토 및 시공관리 기술			
	- 스마트건설기술 기반 설계검토 지침 및 시스템			
	- 스마트건설기술 기반 시공관리 매뉴얼 및 시스템			
	○ 안전한 고층 설치작업을 지원하는 부재 양중 및 설치 최적계획 시스템			
- PC부재 양중 시뮬레이션 모듈, PC부재 설치일정 생성 모듈, 작업자 개별 작업 지시사항 생성 모듈로 구성				
- 현재 고층 설치작업의 핵심인 부재 양중과 설치 작업계획이 경험 기반으로 수립되어 실제 오차가 크고 임기응변식 작업 진행으로 작업 효율성 및 안전성을 담보할 수 없음. 문제개선을 위해서는 데이터 기반의 양중 및 설치 최적계획 시스템 개발 및 적용이 PC 공동주택 고층시공 최적화 구현에 필수적임				
○ PC 인양 장비 및 구조물간 충돌방지 제어 기술 및 스마트 안전관리 어플리케이션				
- 구조물과 장비 간에 부착된 센서를 통해 충돌을 사전감지하여 운전자/작업자에게 경고				
- 충돌 인지 시 장비를 강제로 제어할 수 있는 능동형 장비 제어 시스템				
- PC 구조물 공사 현장 적용을 통해 실증 사례 축적 및 성과 검증				
- 작업자 및 공중 위험도 정보 표출				

(구성기술 2-3) 고층부 급속시공 구현을 위한 PPVC(Prefabricated Pre-finished Volumetric Construction) 모듈, 접합부 및 복합공법 개발

	한계점	기술개발방향									
연구 방향	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고층 PC 공동주택 건축을 위해 다양한 유형 PC 부재들의 생산, 운송, 설치에 따른 효율성 감소 ▪ 구조기준 충족 중심의 접합부 상세가 일반화되어 있어, 시공성 반영에 따른 공기단축 노력이 부족 ▪ 고층부 설치 시 생산성과 품질 저하문제가 발생하며 여러 제약사항을 고려한 공법이 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고층 PC 공동주택 시공시 공기단축 및 연결부 품질 제고를 위한 Volumetric PC 시스템 개발 및 실증 ▪ PC부재의 공장생산 효율성, 현장시공성 및 작업안전성을 담보하는 접합연결부 상세와 시공기술 개발 ▪ 고층 PC 공동주택 생산성 및 품질확보를 위한 부재와 모듈을 고려한 복합공법 개발 									
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고층 PC 공동주택의 급속시공을 위해 대량 PC 부재의 생산, 운송, 설치 과정에서의 효율성 향상이 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 구성 부재들은 공장에서 일체화하여 선조립하는 경우 양중 횡수 감축과 더불어 연결부 품질 또한 확보할 수 있음. - 여러 제약 요건 상 모든 부재나 부위를 Volumetric 시스템화하기는 어려우나, 사전조립의 용이성과 효율성, 운송 제약사항, 현장에서의 양중 및 설치 여건 등을 고려하여 최적의 Volumetric PC 시스템이 설계 및 제작될 필요가 있어 PPVC(Prefabricated Pre-finished Volumetric Construction) 모듈과 같은 관련 분야에 대한 연구개발이 필요 - 특히 PC PBU(Prefabricated Bathroom Unit)의 경우 그 활용도가 높은 것으로 분석, 개발 및 적용에 따른 효과를 실증을 통해 확인할 필요가 있음 ○ 고층 PC 공동주택 공기단축 및 안전시공을 위한 접합부 설계 및 시공기술 필요 <ul style="list-style-type: none"> - PC부재 고층 설치작업의 안전성과 공기단축을 확보하기 위한 접합부 연결상세와 시공기술이 필요하며 실증을 통한 시공성 검증이 필요 ○ 다양한 제약사항에서 고층 PC 공동주택의 급속시공을 도모할 수 있는 공법 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 시공 효율성과 성능을 극대화할 수 있도록 RC와 PC, PC 부재와 모듈 등을 상황에 맞게 복합적으로 활용하는 복합공법 개발 필요성이 증대되고 있으며 실증을 통한 검증 필요 										
연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공기단축 및 품질제고를 위한 PC PBU(Prefabricated Bathroom Unit) 시스템 개발 ○ 시공성 향상을 위한 접합부 설계 및 시공기술 개발 ○ 고층부 급속시공 구현을 위한 복합공법 개발 <table border="1" data-bbox="287 1680 1495 2112" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">연도</th> <th style="width: 70%;">연구목표 및 연구내용</th> <th style="width: 20%;">주요 성과물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">2025</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PPVC 모듈, 복합공법, 접합부 설계-시공 기술동향 조사 및 개발 기획 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - PPVC 시스템 요구 및 제약사항 검토 - 다양한 접합부 설계 및 시공 기술 요구 및 제약사항 검토 - RC+PC 등 다양한 복합공법 동향 조사 </td> <td align="center"> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술동향보고서 </td> </tr> <tr> <td align="center">2026</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC PBU, RC+PC 접합부 설계안 개발, 복합공법 기획 </td> <td align="center"> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 특허 출원 ▪ PC PBU 설계안 </td> </tr> </tbody> </table>		연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물	2025	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PPVC 모듈, 복합공법, 접합부 설계-시공 기술동향 조사 및 개발 기획 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - PPVC 시스템 요구 및 제약사항 검토 - 다양한 접합부 설계 및 시공 기술 요구 및 제약사항 검토 - RC+PC 등 다양한 복합공법 동향 조사 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술동향보고서 	2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC PBU, RC+PC 접합부 설계안 개발, 복합공법 기획 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 특허 출원 ▪ PC PBU 설계안
연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물									
2025	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PPVC 모듈, 복합공법, 접합부 설계-시공 기술동향 조사 및 개발 기획 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - PPVC 시스템 요구 및 제약사항 검토 - 다양한 접합부 설계 및 시공 기술 요구 및 제약사항 검토 - RC+PC 등 다양한 복합공법 동향 조사 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술동향보고서 									
2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - PC PBU, RC+PC 접합부 설계안 개발, 복합공법 기획 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 특허 출원 ▪ PC PBU 설계안 									

(구성기술 2-3) 고층부 급속시공 구현을 위한 PPVC(Prefabricated Pre-finished Volumetric Construction) 모듈, 접합부 및 복합공법 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구내용) - PC PBU 모듈 - RC+PC 접합부 설계안 개발 및 검토 - RC+PC 등 복합공법 아이디어 도출 및 목표성능 설정 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 접합부 설계안 ▪ 복합공법(안)
2027	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) - PC PBU, RC+PC 접합부 시공기술 개발 개발, 복합공법 상세 ▪ (연구내용) - PC PBU 모듈 시공 - RC+PC 접합부 시공기술 개발 및 테스트 - RC+PC 등 복합공법 상세 및 실내실험 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 특허 출원 ▪ PC PBU 시제품 ▪ 접합부 시공기술안 ▪ 복합공법(상세)
2028	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) - 시스템 공법 테스트 및 시제품화 ▪ (연구내용) - PC PBU 모듈 시공 lab 테스트 - RC+PC 접합부 기술 검증 - RC+PC 등 복합공법 현장시험 및 최적안 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 특허 출원 ▪ 접합부 시공상세도 ▪ 복합공법(최적안)
2029	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) - 시스템, 공법 실증 및 개선 ▪ (연구내용) - 관련기술의 현장실증단지 적용 - 사용성 검증 및 평가결과를 통한 기술보완 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PC PBU 시공상세도 및 제작매뉴얼 ▪ 접합부 시공 매뉴얼 ▪ 복합공법 시공매뉴얼
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PC PBU 시제품, 시공제작도 및 시방서 ▪ 시공품질 및 시공성 제고를 위한 접합부 시공상세도 ▪ RC+PC 등 복합공법 	

연구목표	성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
		국내	해외	
	PC PBU 모듈 공동주택 활용도	도입단계	100% (싱가포르)	100%
	PC+PC 대비 RC+PC 접합부 시공시간	4배	-	3배

최종 성과물	○ 공기단축을 위한 PC PBU 시스템과 실증결과
	- PC PBU 시제품, 제작도 및 시방서
	○ 공기단축 지원 접합부 설계안 및 시공기술
	- 설계, 공법 및 SW가 결합된 형태로 공기단축을 위한 RC+PC 접합부 설계 및 시공기술
	○ RC+PC 등 복합공법
	- RC+PC 등 복합공법 및 시공매뉴얼, 품질관리 매뉴얼

3) (핵심분야 3) 고층·고성능 PC 공동주택 단지형 실증사업 수행 및 OSC 활성화 사업 모델 개발

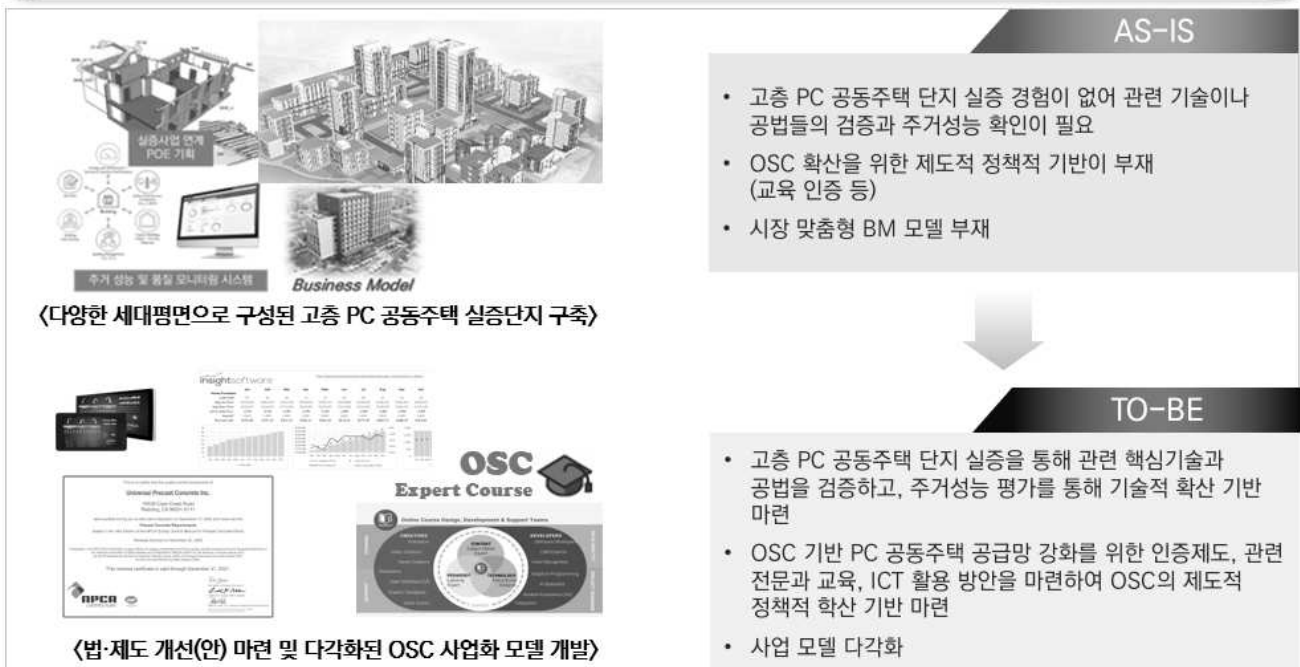
■ 목표

- 대단위 OSC 실증단지를 구축하기 위한 단지조성 기본 방향 및 표준모델 기반 사업계획을 수립하고, OSC 건축 활성화를 위한 제도정책 및 국내외 시장맞춤형 사업모델을 발굴함

■ 구성기술 개요

- (구성기술 3-1) 다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축
 - ① 고층·고성능 PC 공동주택 단지화 실증사업 계획 수립 및 수행
 - ② 거주후성능평가(POE)기반 전생애주기 유지관리모델 개발
 - ③ 데이터기반 생산성 측정·분석·제어를 통한 OSC 종합사업평가 시스템 개발
- (구성기술 3-2) OSC 활성화를 위한 법·제도 개선(안) 마련 및 다각화된 OSC 사업화 모델 개발
 - ① 국내외 시장맞춤형 K-OSC 사업모델 발굴
 - ② OSC 기반 PC 공동주택 공급망 강화를 위한 관련 인증제도
 - ③ OSC 기술인력양성 및 교육프로그램 개발

[핵심분야 3] 고층·고성능 PC 공동주택 단지형 실증사업 수행 및 OSC 활성화 사업모델 개발



[그림 40] 핵심분야 3의 구성기술 개요

■ 세부개발 내용

(구성기술 3-1) 다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축							
연구 방향	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">한계점</th> <th style="text-align: center;">기술개발방향</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ 정부의 250만호 주택공급 목표를 달성하기 위해서는 전통적인 현장중심의 RC공법만으로는 수행하기 어려운 산업 여건 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ 프로젝트 기반이 아닌 제품기반의 건설생산프로세스로 변화시켜, 설계단계부터 생산성을 높일 수 있는 건설방식으로 개선 </td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ '90년대 PC주택 대규모 공급이후 신규공급 단지의 중단, 최근 지하주차장, 물류센터 등 제한적인 사업추진 여건 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ 과거의 PC주택은 벽식 위주의 건설방식이었고, 현재의 공동주택에는 보-기둥식 PC위주의 주택으로 전환, 차별화 전략 ■ 최근 물류센터, 지하주차장 등에서 확대된 PC 제작 생산 여건을 활용하여, 비주거 위주의 모델에서 주거부분까지로 확대 </td> </tr> </tbody> </table>	한계점	기술개발방향	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정부의 250만호 주택공급 목표를 달성하기 위해서는 전통적인 현장중심의 RC공법만으로는 수행하기 어려운 산업 여건 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 프로젝트 기반이 아닌 제품기반의 건설생산프로세스로 변화시켜, 설계단계부터 생산성을 높일 수 있는 건설방식으로 개선 	<ul style="list-style-type: none"> ■ '90년대 PC주택 대규모 공급이후 신규공급 단지의 중단, 최근 지하주차장, 물류센터 등 제한적인 사업추진 여건 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 과거의 PC주택은 벽식 위주의 건설방식이었고, 현재의 공동주택에는 보-기둥식 PC위주의 주택으로 전환, 차별화 전략 ■ 최근 물류센터, 지하주차장 등에서 확대된 PC 제작 생산 여건을 활용하여, 비주거 위주의 모델에서 주거부분까지로 확대
한계점	기술개발방향						
<ul style="list-style-type: none"> ■ 정부의 250만호 주택공급 목표를 달성하기 위해서는 전통적인 현장중심의 RC공법만으로는 수행하기 어려운 산업 여건 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 프로젝트 기반이 아닌 제품기반의 건설생산프로세스로 변화시켜, 설계단계부터 생산성을 높일 수 있는 건설방식으로 개선 						
<ul style="list-style-type: none"> ■ '90년대 PC주택 대규모 공급이후 신규공급 단지의 중단, 최근 지하주차장, 물류센터 등 제한적인 사업추진 여건 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 과거의 PC주택은 벽식 위주의 건설방식이었고, 현재의 공동주택에는 보-기둥식 PC위주의 주택으로 전환, 차별화 전략 ■ 최근 물류센터, 지하주차장 등에서 확대된 PC 제작 생산 여건을 활용하여, 비주거 위주의 모델에서 주거부분까지로 확대 						
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 건설업계는 건설인력난, 안전관리 강화, 도심지 건설공사 민원 등으로 향후 대규모 주택공급 목표를 달성하기 위해서는 기존 RC생산방식의 한계를 보완할 수 있는 새로운 사업 방식 확대 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 정부의 250만호, 서울의 노후 공공주택 재건축 등 지속적인 확대가 예상되고 있어 주택시장 대응, 기후환경, 건설산업 등의 환경적 제약이 적은 효율적 건설방식에 대한 수요가 높아지는 상황임 ○ 기존 LH, SH에서 수행된 PC공동주택 시범사업의 경우, 전환설계를 통해 1개동에 대한 부분적인 PC적용에 국한되어, 시공가능성 여부만 확인했을 뿐 생산 효율성은 검증되지 못함. 특히 도심의 경우 고층화, 고품질화에 대한 수요가 증가되고 있어, 기존 RC 생산방식의 품질수준을 넘어서는 주택의 고성능화를 구현하기 위한 핵심분야 개발이 필요하고, 이를 적용하기 위한 적용/검증 단계의 연구와 실증사업이 필요함 <ul style="list-style-type: none"> - 서울의 경우 향후 공급되는 공공주택의 경우 고층화, 고급화를 목표로 “백년주택” 주택설계 기준을 제시하였으며, 품질개선과 생산성 향상을 위해 효율적인 PC화가 필요한 상황임 - RC와 차별화될 수 있는 디자인 특화(성능 및 디자인 강화 외피 등) PC 필요 ○ 신규 공급 이후 지속가능성 차원에서 유지관리까지 용이한 공급방식이 필요한 상황으로 20~30년의 생애주기에 맞추어 수선이 용이한 유지관리 기법과 모델 개발 필요 						

(구성기술 3-1) 다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축

- 고층·고성능 PC공동주택 단지화 실증사업 계획수립 및 수행
- 거주후성능평가(POE) 기반 전생애주기 유지관리모델 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 실증단지 기본계획 수립 및 적용기술 검토 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 민간/공공 공동주택 개발 여건 및 수요 분석 - 실증단지 실행 세부 목표 확정 - 실증단지 구축 적용기술 검토 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실증단지 기본계획서
2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 실증사업 적용기술 확정 및 실행계획 확정 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 실증단지 기술 확정에 따른 상세계획 수립 - 주택건설사업계획 신청/완료 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실증단지 실행계획서 ▪ 실증단지 계획도서 ▪ OSC작업장 안전관리정책제안서
2027	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 고층화/고급화 PC실증단지 제작/생산성 검증 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 공사착공, 생산효율화 계획수립 - 고층화/고급화 실증단지 생산시스템 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주택건설사업계획 승인서 ▪ 공사 착공
2028	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 고층화/고급화 PC실증단지 현장적용 - 실증단지 POE수행계획 수립 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - PC제작 시공, 주택단지 준공 - 실증단지 성능평가 실험 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실증단지 성과물
2029	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 실증단지 성과 평가 및 사업화 모델 개발 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 실증단지 평가지표별 성능평가 - 생애주기 기반 PC공동주택 유지관리 매뉴얼 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실증단지 평가보고서 ▪ 사업모델 개발보고서
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고층PC 공동주택 실증단지 사업 ▪ PC공동주택 유지관리 모델 제시 	

연구내용

(구성기술 3-1) 다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축

연구목표	성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
		국내	해외	
	고층 PC구조 적용 공동주택 실증단지 준공 ¹⁾	11층	40~60층	20층 이상 2개동 이상
국내외 시장 맞춤형 K-OSC 사업모델 개발	-	-	장소기반형 모델, 수요계층 기반형 모델 각각 제시	

1) 실증단지의 기준은 주상복합을 포함한 단지형 공동주택으로 설정

최종 성과물
<ul style="list-style-type: none"> ○ 보-기동식 PC구조 적용 고층 공동주택 단지 준공 <ul style="list-style-type: none"> - 규모 : 고효율의 대량생산 시스템이 적용될 수 있는 최소규모 이상 기술 적용 (최적규모: 20층 이상, 2개동 이상의 주거단지, 최소 200세대 이상 적용 1개 단지) ○ 고층 PC적용 실증단지 설계도서 1식 ○ 실증단지 구축 백서(기획에서 준공까지 건설 전과정, 거주 후 성능평가 수행 결과) ○ PC 공동주택 유지관리 모델

(구성기술 3-2) OSC 활성화를 위한 법·제도 개선(안) 마련 및 다각화된 OSC 사업화 모델 개발

연구 방향	한계점	기술개발방향
	<ul style="list-style-type: none"> 적정 몰드 전용횡수 확보 등을 위한 공공부문의 시장 확대(Boom-up) 없이는 OSC 기반 PC 공동주택 활성화에 한계 	<ul style="list-style-type: none"> 건축 PC 시장규모 및 공급역량 등을 고려한 중장기 PC 공동주택 공급 및 인센티브 정책 개발을 통해 시장 붐업 기반 조성
	<ul style="list-style-type: none"> 주택법에 PC 구조에 관한 인정제도가 있으나 사문화되어 있고 PC 부재 품질에 관한 최소한의 규제 부재 	<ul style="list-style-type: none"> PC 공장인증 등 PC 공동주택 품질 확보를 위한 최소한의 규제기반 구축
	<ul style="list-style-type: none"> 현장타설 중심의 산업구조 및 지식 축적으로 PC공동주택의 설계, 제작, 운반, 시공 등의 전문인력 부재 	<ul style="list-style-type: none"> PC 공동주택 전문 분야별 인력 수요분석 및 전문성 제고를 위한 교육훈련 기반 구축
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 스마트건설활성화 방안(국토부, '22.7.20)에서 제시하고 있는 3개 추진과제 (건설산업 디지털화, 생산시스템 선진화, 스마트건설산업 육성) 중 생산시스템 선진화 관련 주요과제로 “탈현장건설(OSC) 활성화”가 제시되어 있으나, 공동주택 PC 관련 정책 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 대책에서 OSC 유형 중 건축부문은 모듈러를 중심으로, PC는 교량, 옹벽, 방음벽 등 토목부문이 중심 ○ OSC 기반 PC 공동주택 확산을 위해서는 시장 붐업(Boom-up)을 위한 공공부문의 공급 계획, 산업의 참여를 유도할 수 있는 인센티브, 사업 수행체계 및 공급망 효율 제고, 품질 및 안전 확보를 위한 최소한의 규제, 제반 기준, 인재양성 등을 위한 정책 지원 필요 ○ 국내는 물론 해외의 경우도, 건설인력 공급문제와 숙련도, 현장 생산성의 문제가 가장 큰 이슈로 부각되고 있으므로, 국제경쟁력을 보유한 국내 공동주택건설 기술에 상응하는 OSC기반 PC공동주택 기술도 국내외 시장 여건에 맞춘 K-OSC 사업모델을 개발, 제시할 필요가 있음. 	

(구성기술 3-2) OSC 활성화를 위한 법·제도 개선(안) 마련 및 다각화된 OSC 사업화 모델 개발

- 국내외 시장맞춤형 K-OSC 사업모델 발굴
- OSC 기반 PC 공동주택 공급망 강화를 위한 관련 인증제도 개발
- PC관련 기술인력양성 프로그램 개발

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
2025	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 OSC 시장현황 및 영향요인 분석 - OSC 관련 국내 전문인력 현황 파악 및 단계별 육성계획 도출 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 국내 PC 시장규모 전망을 위한 실적 데이터 확보 및 기초통계 구축 방안 - PC 인증 방향 국내 선호도 조사 - OSC 품질인증 및 전문인력 수요 조사 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 기초통계 보고서 ▪ 설문조사 보고서
2026	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - OSC 중장기 시장전망 기반의 전문인력 수급전망 및 품질인증 체계 개발 - PC 생산공장 인증기준 수립 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 국내 PC 시장규모 중장기 전망 및 연차별 적정 공급 목표 분석 - PC 생산공장 품질관리 프로세스 구축 및 심사항목 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술 문서/보고서
2027	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - OSC 중장기 전문인력 교육 프로그램 개발 - PC 공장인증제도 실효성 검토 및 개선 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - OSC 건설기술인력 수급전망 및 교육 프로그램 개발 - PC 품질관리 가이드라인 작성 및 품질관리 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기술 문서/보고서 ▪ OSC 전문인력 교육 프로그램 (안)
2028	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - 다각화된 K-OSC 모델 활용매뉴얼 개발 - PC 공장인증제도 시범적용을 위한 기반정립 - OSC인력양성 지원을 위한 관련제도 정비 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 시장 여건 분석, K-OSC 유형 개발 - 전문인력 유인 및 육성제도 개선방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수요시장 맞춤형 K-OSC확산 모델
2029	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (연구목표) <ul style="list-style-type: none"> - K-OSC 모델 보급 및 해외 사업 적용성 검토 - OSC 보급·확산을 위한 전문인력 육성, 공장인증제도 도입 및 운영 ▪ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - K-OSC 유형(장소기반형, 수요층기반형)별 모델 제안 - OSC 전문인력 교육훈련 및 경력관리 플랫폼 개발 - OSC 보급·확산 위한 공장인증 매뉴얼 개발 및 단계별 확대 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ OSC 보급·확산 위한 PC 공장인증 매뉴얼 ▪ OSC 전문인력 교육훈련 및 경력관리 매뉴얼 ▪ 건설산업 혁신을 위한 OSC 보급·확산 전략
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내외 시장 맞춤형 K-OSC 사업모델 제시: 장소기반형, 수요계층기반형 ▪ PC 공동주택 및 건물 품질 확보를 위한 공장심사 절차서 ▪ OSC 보급·확산을 위한 PC 공장인증 매뉴얼 ▪ OSC 전문인력 교육 프로그램 및 경력관리 매뉴얼 	

(구성기술 3-2) OSC 활성화를 위한 법·제도 개선(안) 마련 및 다각화된 OSC 사업화 모델 개발

연구목표	성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
		국내	해외	
	OSC 기반 PC 공동주택 시장 붐업 정책 방안의 적정성	50% (필요성, 방향 제안·검토)	100% (지원정책 운영)	정부 방침을 정하는 것을 개발 목표로 하며 해외의 90% 수준 (정부주도 지원정책을 운영 중인 중국, 싱가포르 등을 100%로 설정)
	PC 인증제도 시행기준의 적정성	50% (필요성, 방향 제안·검토)	100% (PC공장 인증 운영)	정부와 산업계 주도의 인증시스템 정착을 위한 방침설정을 목표로 하며 해외의 90% 수준 (민간 PC 인증 시스템이 운영되고 있는 미국, 일본 등을 100%로 설정)
	PC 전문인력 교육 및 관리시스템 구축방안의 적정성	50% (필요성, 방향 제안·검토)	100% (교육훈련 시스템 운영)	정부와 산업계가 교육훈련시스템 구축관련 방침을 설정을 목표로 하며 해외의 90% 수준 (협회 중심으로 PC 전문인력 관리시스템을 운영하고 있는 일본 수준을 100%로 설정)

최종 성과물
<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 시장맞춤형 K-OSC 사업모델 <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 유형의 민간/공공사업을 수행하기 위해서는 수요자 및 시장 상황에 적합한 사업모델 구축이 필요 - 해외의 경우 30층 이상 고층 PC 공동주택 사례가 다수 존재하고, 복합화 건물 구축도 활발하게 진행되고 있음 - PC 복합화/고층화 사업 효율을 고려한 대상사업 선정 기준수립 및 사업타당성 평가 - 주요 기반시설에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 공법 개발 ○ OSC 기반 PC 공동주택 시장 붐업(Boom-up) 정책방안 <ul style="list-style-type: none"> - 건축 PC 시장규모 및 공급역량 등을 고려한 중장기 PC 공동주택 보급·확산전략 및 인센티브 정책 방안 ○ PC 인증제도 시행 기준 <ul style="list-style-type: none"> - PC 공동주택 및 건물 품질 확보를 위한 공장심사 절차서 - OSC 제작공장 인증 테스트 사례 보고서 - OSC 보급·확산을 위한 PC 공장인증 매뉴얼 ○ PC 전문인력 교육 및 관리 플랫폼 <ul style="list-style-type: none"> - OSC 전문인력 교육 프로그램, - OSC 전문인력 교육훈련 및 경력관리 매뉴얼

(3) 연구개발과제 최종 성과물

○ 본 연구개발과제를 통해 도출될 것으로 예상되는 최종 성과물의 유형을 핵심분야 및 구성기술별로 정리하면 아래 표와 같음

[표 14] 핵심/구성기술별 연구성과물 유형

핵심분야	구성기술	연구 성과물	유형
(핵심분야 1) PC 공동주택 고층화·고성능화 구현을 위한 핵 심 설계기술과 구조안전성 및 주거성능 제고 기술 개발	(1-1) 고층 PC 공 동주택 단지구축 과정에서 요구되는 생산성·시공성 확 보를 위한 BIM 기 반 통합 설계 기술 개발	표준모듈 PC 부재 기반 설계지원 시스템	S/W
		BIM 기반 OSC-DfMA 설계 최적성 평가시스템	평가지침서, S/W
		MEP 모듈화 설계방법 및 적정성 평가 기술	설계지침서
		MEP 모듈 사전 제작·설치 기술	시방서
	(1-2) 고층 PC 건 축물 층고절감 및 구조안전성 향상을 위한 구조시스템 개발	고층 PC 구조설계 기준 및 평가지침	설계기준, 평가지침서
		고층 PC구조 공동주택 표준모델 및 구조해석법	도면, 지침서
		고층 PC구조 생산성, 안전성, 품질향상이 기대되는 다양 한 PC 공법과 관련 매뉴얼	시방서
	(1-3) 고성능 공동 주택 구현을 위한 복합 프리패브시스 템 개발	PC 접합부위별 단열성능 및 시공성 제고를 위한 외벽 패널 공법	시방서, 도면
		바닥충격음 감쇄 고성능 바닥시스템 공법	시방서, 도면
		PC 공동주택의 다양한 접합부위에 대해 기밀화 및 누수방지 기술	시방서, 도면
		접합부위별 적정 기밀/수밀 시공상세 및 재료	시방서, 도면

(핵심분야 2) 고층 PC 건축 물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생 산 및 시공 기 술 개발	(구성기술 2-1) 대 량생산을 위한 생 산라인 운영계획 및 데이터 기반 공 장-현장 통합관리 기술 개발	스마트건설기술 활용 설계검토 지침 및 시스템	지침서, S/W	
	(구성기술 2-2) 고 층 PC 부재 설치 의 안정성 및 시공 성 확보를 위한 시 공 계획·관리 기술 (고층 양중, 부재별 다빈도 작업, 가설, 조립 공정 등) 개 발	디지털정보기반 공장시공 통합관리 알고리즘	지침서, S/W	
		시공품질 및 시공성 제고를 위한 접합부 시공상 세도	시방서, 도면	
		MG/MC 기술을 활용한 OSC부재 설치용 장비 자 동화 모듈	S/W	
	(구성기술 2-3)고 층부 급속시공 구 현을 위한 PC volumetric unit, 시공성 제고 접합 부 및 다양한 복합 공법 개발	Volumetric PC 시제품 시공제작도 및 시방서	시방서, 도면, 시제품	
		공기단축 및 안전한 고층 설치작업 지원 부재 양 중/설치 최적계획 시스템	지침서, S/W	
		CPS 및 XR 기반 안전관리 관련정보 실시간 공유 시스템 및 협업 플랫폼	S/W	
	(핵심분야 3) 고층·고 성능 PC 공동주택 단지형 실증사 업 수행 및 OSC 활성화 사업모델 개발	(구성기술 3-1) 다 양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축	고층PC 공동주택 실증단지 사업	실증사업
			PC공동주택 유지관리 모델 제시	지침서
		(구성기술 3-2) OSC 활성화를 위 한 법·제도 개선 (안) 마련 및 다각 화된 OSC 사업화 모델 개발	국내외 시장 맞춤형 K-OSC 사업모델 제시: 장소기반 형, 수요계층기반형	지침서
PC 공동주택 및 건물 품질 확보를 위한 공장심사 절차서			평가지침서	
OSC 보급·확산을 위한 PC 공장인증 매뉴얼			평가지침서	
OSC 전문인력 교육 프로그램 및 경력관리 매뉴얼	지침서			

5. 사전타당성 검토

5.1 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
- 과학기술정보통신부 2020년도 정부연구개발 투자방향 및 기준에 부합
 - 혁신성장 대응을 위한 정부 주도의 투자 및 제도개선 추진을 통해 핵심분야 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
 - 「제7차 건설기술진흥기본계획(2023~2027)」의 비전은 “첨단기술 확산을 통해 다시 도약하는 건설산업”이며, 5대 추진방향 중 “디지털 전환을 통한 스마트 건설 확산”의 주요 추진과제에 “생산시스템 자동화·모듈화”가 포함되어 있고, “OSC 기반 건설산업 제조화”를 위한 제도정비, 공공발주 확대, 인센티브 부여, 성장기반 마련, 인식개선 등 세부과제 내용에 부합.
 - 「제6차 건설산업진흥기본계획(23.12)」의 비전은 “건설산업 혁신기반 구축을 통해 지속가능한 성장동력 확보”이며, 3대 목표 중 “신성장 동력 확보”의 중점과제 “스마트건설 활성화” 추진방안에 “생산시스템의 자동화·모듈화”가 포함되어 있고, 세부 추진과제에 OSC 기준반영, OSC 핵심기술 고도화(기술개발 지원 포함), 시장활성화 등 OSC 시장확대를 위한 세부과제 내용에 부합.
- 과기정통부 등 관계부처 합동으로 대통령 직속 4차산업혁명위원회와 함께 발표한 「혁신성장을 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 「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 주

거 환경 조성」 등 국정과제의 취지에도 부합.

- 국토교통부의 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)」에 부합
 - OSC 설계 및 공장생산 표준화·최적화 기술개발은 「전략 2. 기술융합을 통한 새로운 가치 창출」-「1」 융합 기술을 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, 조달관리 등에 사용할 수 있는 건설통합관리 플랫폼으로 단계적 확장.

[표 15] 상위계획과의 부합성

계획명	부합도
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
제2차 장기주거 종합계획(국토부)	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 Site 에서 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 산업생태계 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 투자회수 기간에 따른 리스크 증대, 생산부재의 표준화와 같은 산업 생태계 구축이 전제되어야 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 필요함.

4) 법·제도적 위험요인

- 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.

5.2 기술적 타당성 검토

1) 기술수준 및 역량분석

- 기술수준 분석을 위하여 120개 국가 전략기술¹¹⁾, 113개 국토교통관련 기술수준¹²⁾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 핵심분야에 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.
 - 전자·정보·통신 분야(4)의 “차세대 유무선 통신 네트워크기술(5G)”, “지식기반 빅데이터 활용기술”, “데이터 분산처리 시스템기술”, “융합서비스 플랫폼 기술”을 관련 기술로 설정함.
 - 기계·제조·공정 분야(2)의 “서비스 로봇기술”, “생산시스템 생산성 향상기술”을 관련 기술로 설정함.
 - 건설·교통분야(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.

11) 2016년 기술수준 평가, KISTEP, 2017

12) 2015 국토교통기술수준분석(기술수준조사 보고서), 2015

- 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.

2) 국가전략기술

[표 16] Off-Site Construction 관련 기술 연관성(KISTEP)

분야	기술	연관성
전자·정보·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 현장에서 운반하여 설치 및 시공 하는 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 17] Off-Site Construction 관련 기초연구 및 응용·개발연구 기술 수준(KISTEP)

분야	기술	기초연구수준	응용·개발연구수준	기술수준
전자·정보·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 기초연구는 79.9, 응용·개발연구는 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 응용·개발 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 기초연구, 응용·개발연구 모두 높은 선도 그룹에 속함.
 - 지능형 물류체계기술”의 경우 기초연구수준은 90.2의 기술수준으로 상당히 높은 반면, 응용·개발 부분에서는 71.4의 기술수준으로 낮게 나타남.
 - 서비스 로봇기술(건설)”의 기술수준은 74.0으로 낮은 추격 그룹에 속함.

[표 18] Off-Site Construction 관련 연구주체별 기술 수준(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·교통분 야	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 19] 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 기술 격차가 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 물류체계기술”은 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.

3) 국토교통 기술수준분석

[표 20] Off-Site Construction 관련 기술의 기술수준 및 기술격차

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
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 기술 격차를 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.

6. 인력투입 소요예산 산정

6.1 총사업비

○ 5년간('25~29년) 간 총 200억원 규모로 핵심기술 3개, 구성기술 8개로 선정

(단위 : 백만원)

핵심기술	구성기술	연구비 (실증사업비)
PC 공동주택 고층화·고성 능화 구현을 위한 핵심 설 계기술과 구조안전성 및 주 거성능 제고 기술 개발	고층 PC 공동주택 단지구축 과정에서 요구되는 생산성·시공성 확보를 위한 BIM 기반 통합 설계기술 개발	1,700
	실증단지 DfMA 설계 지원·검토	(800)
	고층 PC 건축물 층고절감 및 구조안전성 향상을 위한 구조시스 템 개발	1,200
	와이드거더 등 복합공법 실증사업 반영	(300)
	고성능(단열, 기밀 등) 외벽판넬 시스템 개발	700
	고성능 외벽판넬 생산 및 정밀 시공	(2,000)
	바닥충격음 감쇄슬래브 개발 및 검증	600
	고성능 PC슬래브 및 합성보 시공	(1,700)
	소 계	4,200 (4,800)
고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발	데이터 분석 기반 스마트 생산계획 및 공장-현장 통합관리 기술 개발	1,000
	BIM 기반 시스템 개발 및 현장검증	(500)
	고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계 획·관리 기술 개발	1,000
	PC 내진벽체(코어) 제작 및 시공	(1,500)
	고층부 급속시공 구현을 위한 PPVC모듈, 접합부 및 복합공법 개발	1,200
	PBU 모듈 제작 및 시공	(1,300)
	소 계	3,200 (3,300)
고층·고성능 PC 공동주택 단지형 실증사업 수행 및 OSC 활성화 사업모델 개발	다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축 및 다각화된 K-OSC 사업화 모델 개발	2,100
	실증단지 기술지원 관리	(900)
	OSC 활성화를 위한 법·제도 개선(안) 및 인력양성 프로그램 개 발	1,500
	소 계	3,600 (900)
총사업비 (연구비 + 실증사업비) (실증사업비)		20,000 (9,000)

6.2 핵심 기술별 소요 예산

(단위 : 백만원)

핵심기술	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
PC 공동주택 고층화·고성능화 구현을 위한 핵심 설계기술과 구조안전성 및 주거성능 제고 기술 개발	1,500	1,800	2,000	2,000	1,700	9,000
고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발	1,000	1,000	1,800	1,700	1,000	6,500
고층·고성능 PC 공동주택 단지형 실증사업 수행 및 OSC 활성화 사업모델 개발	1,000	1,000	1,000	1,000	500	4,500
합 계	3,500	3,800	4,800	4,700	3,200	20,000

6.3 예산항목 별 소요예산

○ 총 사업비 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	1,200	1,220	1,920	1,530	1,130	7,000
직접비	1,950	2,200	2,400	2,700	1,750	11,000
간접비	350	380	480	470	320	2,000
합 계	3,500	3,800	4,800	4,700	3,200	20,000

6.4 소요인력

- 본 연구의 참여인원은 연구비에 비례하여 연구인원 비율을 배분하였으며, 연구비에서 연구인력의 비용은 30% 내외로 산정하였음.
- 연구와 기술인력은 본 과제 참여기관에 따라 달라질 수 있으므로, 본 기획과제에서는 따로 구분하지 않음.
- '22 국토교통 R&D 연구비 산정 가이드라인에 명시되어 있는 인건비 산정을 위하여, 투입 연구 인력은 책임연구원을 기준으로 산정하였으며, 산정된 투입인원수를 기반으로 참여기간, 인건비계상율 등을 고려한 Man-Month 를 산출하고 인건비 단가를 적용하여 인건비 산정
- 연차별 전체투입 연구인력

분류	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
핵심분야1	10	14	14	14	5	56
핵심분야2	15	13	19	19	7	73
핵심분야3	8	13	14	14	14	63

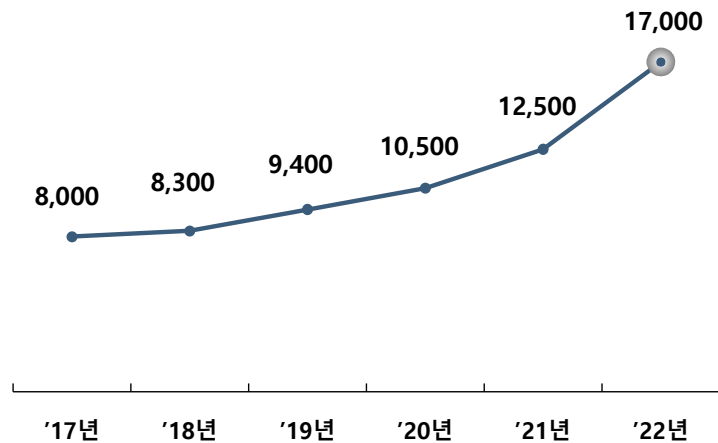
7. 과제 제안요구서

7.1 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	PC공동주택의 고층·단지화를 위한 OSC 고도화 기술개발 기획
1.연구목표	
	<p>○ PC 공동주택의 고효율 대량공급을 위한 고성능·고층화 핵심분야 개발</p> <p>- 중저층(13층 이하)에 머무르고 있는 OSC 공동주택의 기술적, 제도적 한계를 극복하고, 민간에서의 자발적 투자를 통한 OSC 기반 마련 및 시장 확대를 위한 고층화, 고품질화, 생산 자동화·최적화 기술개발 및 실증</p>
2.연구 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발 필요성	<p>○ 전통적인 현장중심 체계의 한계를 극복하기 위한 OSC (Off-Site Construction) 기반 생산시스템 확대 필요</p> <p>- 공업화 주택의 제작비용 절감 및 주거성능의 향상을 통해 주택보급 확대의 기반을 마련하고 건설기술역량 확보를 위해 디지털 전환 가속화 필요</p> <p>* 2018년 국토교통부에서 수립한 주거종합계획의 5대 중점추진 과제인 “살기 좋은 주거환경 조성” 및 제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022)에서 목표하는 “국가 차원 기술역량 제고 달성을 위한 다양한 R&D 수행 및 신산업 육성”</p> <p>- 「건설 자동화/지능화/정보화, 공업화 건축, 건축생산시스템 혁신기술을 포함하는 고부가가치 건설기술 확보 및 산업 성장동력 창출 필요</p> <p>* 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(‘18.6)의 “4차산업혁명 대응 혁신 성장동력 육성”, “기술융합을 통한 새로운 가치 창출”</p> <p>○ 90년대 중반 이후 중단되었던 PC구조 공동주택의 보급 활성화를 위한 고층·단지화 기술개발 필요</p> <p>- PC공동주택의 실질적 보급 및 확산을 위해서는 일반적인 공동주택 규모인 20층 이상에 대한 OSC 건설 생산시스템 및 설계/시공기술 필요</p> <p>- OSC는 프로젝트 설계·시공·유지관리 측면에서 현장중심 건설생산시스템과 제조업의 융합으로, 건설산업 전반에 걸쳐 업무프로세스, 요소기술*, 데이터 활용 인프라, 산업제도** 등에 대한 포괄적 검토 필요</p> <p>* 설계, 표준화, 생산, 구조, 양중, 장비 등 개발 필요</p> <p>* PC공동주택 설계기준은 “프리캐스트 콘크리트 조립식 건축 구조설계기준 및 해설(1992.4. 건설부)”이후 개정되지 않아 16층 이상 규모의 설계 기준 마련 필요</p> <p>- 선행 실증사업에 대한 거주자 사후 평가 및 유지관리 시스템 체계 구축을 통한 지속적인 평가관리 필요</p>
□ 기술 동향	<p>○ 인공지능, 빅데이터, ICT기술 등의 신기술 융합을 통하여 자동화·지능화된 OSC 통합관리 및 스마트 공장생산 시스템뿐만 아니라 시스템 욕실, 주방과 같은 PC 부재 활용 또한 활발하게 이루어지고 있음.</p> <p>- 싱가포르의 경우 세대 유닛을 PC박스로 공장생산하여 적층하는 공법을 PPVC(Prefabricated Prefinished Volumetric Construction)로 명명하여 정</p>

부 주도하에 추진하고 있으며, 최근 40층 규모의 PC공동주택을 건설. BCA(Building & Construction Authority)는 건설생산성 제고와 현장인력 감축을 위해 시공성 검토 및 평가를 제도화하고, 공공토지매매 프로그램에도 반영.

- 일본의 경우에는 고급 고층(40~60층) 공동주택에 PC가 광범위하게 활용되고 있으며, 정부와 PC협회의 협업을 통해 일본산업 특성에 적합한 공법과 품질관리기준을 정착화.
- 주요 선진국의 OSC 건축시장을 보면, 미국시장은 약 5.5조원, 영국은 4.2조원, 일본은 6.5조원에 달할 것으로 추산함. Allied Market Research (2021)에 따르면, 2020년 기준으로 글로벌 OSC시장 규모는 약 157조원으로 분석되고, 2030년에는 약 285조원에 이를 것으로 전망되며 (출처: Allied Market Research, 2021), 이에 따라 OSC 공장생산 및 통합관리 기술 또한 지속적으로 발전할 것으로 예상됨
- 국내에서도 제조업방식 접목을 통해 다양한 건축 자재 생산이 가능해지면서부터 OSC가 활성화되기 시작2021년 GS건설은 연간 100,000m³의 PC를 생산할 수 있는 공장 운영을 시작했으며, 2020년 현대건설은 OSC 기술을 중심으로 스마트 건설 역량 강화방안을 발표함.
- 국내 PC시장은 2017년 기준 8,000억 원 규모로 평가되었고, 연평균 15% 수준으로 지속적인 증가세를 나타냄. 2022년 업계추산으로 1조 7천억 원에 이르는 것으로 집계되어 5년 사이 2배 이상으로 확대됨.
- 다만 이와 같은 시장성장은 주로 물류창고, 반도체공장과 같은 골조구조체 건설에 의존하고 있는 바, 높은 주거성능 기준을 충족시켜야하는 공동주택부문에서 그 실효성이 입증되어야 건설산업 전반에 제조업기반 건설방식인 OSC가 활성화될 수 있을 것으로 분석됨.



[그림 1] 국내 PC시장(건축) 연간 매출현황 (단위 : 억원)

3.연구 내용

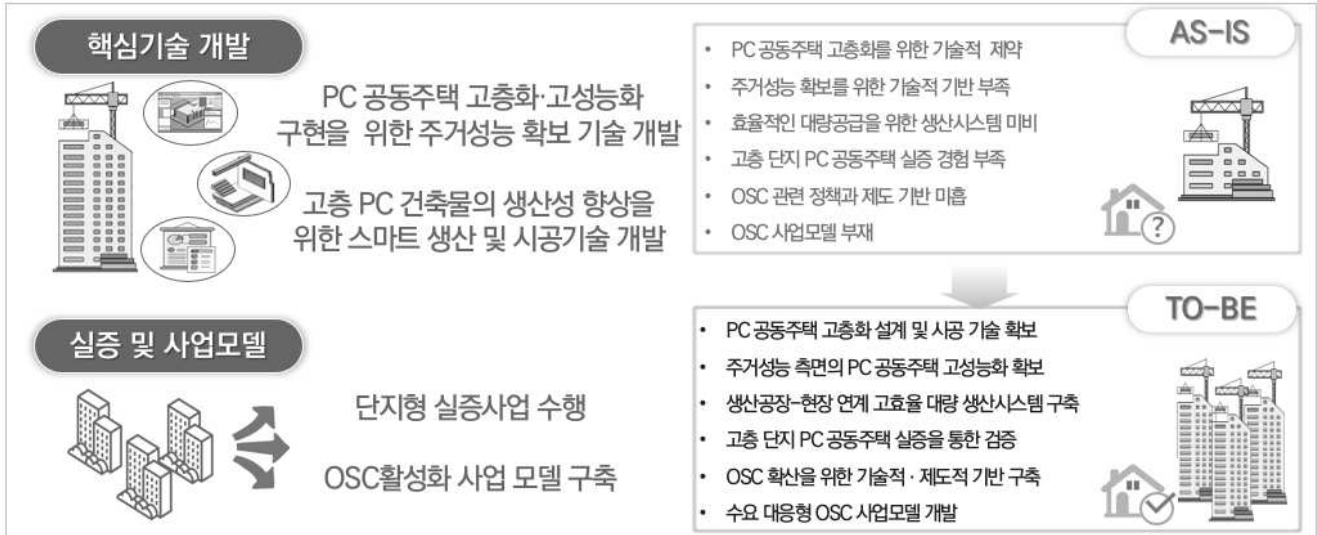
- PC 공동주택의 고품질 주거성능을 확보하고, 고층화 및 고효율 생산시스템구축에 기반한 단지규모 실증사업 수행에 요구되는 설계, 엔지니어링, 시공 및 유지관리 기술 개발
 - * 고성능화: 연결부 기밀성·수밀성 확보, 단열성능/차음성능 제고, 시공정밀도 확보
 - * 고층화: 현행 구조설계기준 15층 이하 제한 극복하는 설계/엔지니어링/시공 기술
 - * 고효율화: 효율적인 대량공급 생산시스템 (설계, 공장, 시공 및 유지관리) 구축

비전

OSC 기반 PC공동주택 생산시스템의 생산성 제고 및 보급 활성화를 통한
주거복지 향상 및 건설산업 고도화

목표

PC 공동주택 대량공급의 경제성 확보를 위한
고성능·고층화·고층화 핵심기술 개발



〈 OSC기반 공동주택 생산시스템 구축을 통한 주거복지 향상 및 건설산업 고도화 〉

(핵심분야 1) PC 공동주택 고층화·고성능화 구현을 위한 핵심 설계기술과 구조안전성 및 주거성능 제고 기술 개발

(과제개요)

PC 공동주택의 고층화를 구현하기 위한 설계·엔지니어링 및 표준시공기술을 개발함. 구조안정성 및 주거성능 향상과 함께 다양한 입평면 구성을 지원하는 설계자동화, 고층 PC 공동주택 주거성능의 고성능화를 구현하기 위한 설계 및 프리패브화 시스템을 개발

(구성기술 1-1) 고층 PC 공동주택 단지구축 과정에서 요구되는 생산성·시공성 확보를 위한 BIM 기반 통합 설계 기술개발

- ① PC표준모듈 기반 입평면 다양화 구현을 위한 설계최적화 기술 개발
- ② BIM 기반 DfMA 설계고도화 지원시스템 개발
- ③ 시공성 및 유지관리 용이성 확보를 위한 MEP 유닛 시스템 개발

(구성기술 1-2) 고층 PC 건축물 층고절감 및 구조안전성 향상을 위한 구조시스템 개발

- ① 고층 PC구조물 내진성능 확보를 위한 구조설계기준 및 성능평가기준 개발
- ② 층고절감을 위한 복합구조 시스템 개발
- ③ 고층부 코어시스템 모듈화 및 공동주택 최적 PC slab 공법 개발

(구성기술 1-3) 고성능 공동주택 구현을 위한 복합 프리패브시스템 개발

- ① 단열성능 및 시공성 향상을 위한 외벽판넬 시스템 개발
- ② 바닥충격음 감쇄 고성능 바닥시스템 공법 개발

③ 접합부 수밀/기밀 성능확보를 위한 시공상세 및 건축재료 개발

(핵심분야 2) 고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발

(과제개요)

고품질 OSC 부재들의 대량공급을 효율적으로 지원하는 제조생산라인 구축과 고층 및 연결부위 시공정밀도 확보를 견인하는 기술개발

(구성기술 2-1) 데이터 분석 기반 스마트 생산계획 및 공장-현장 통합관리 기술 개발

- ① 공장-현장 통합생산관리 구현을 위한 몰드운영계획 최적화 시스템 개발
- ② 디지털트윈 시뮬레이션 기반 PC 생산-시공 통합관리 기술 개발
- ③ 스마트 제조환경 구축을 위한 AI기반 이상징후 탐지 기술 개발

(구성기술 2-2) 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획·관리 기술 개발

- ① 고성능 검측기기를 정밀시공 확보 기술 개발
- ② 고소작업 안전성 확보를 위한 MG/MC (Machine Guide/ Machine Control) 기반 양중계획 수립 및 통합 운영관리 기술 개발
- ③ 고층 PC 현장설치 맞춤형 스마트 안전관리 기술 개발

(구성기술 2-3) 고층부 급속시공 구현을 위한 PPVC(Prefabricated Pre-finished Volumetric Construction) 모듈, 접합부 및 복합공법 개발

- ① 공기단축 및 품질제고를 위한 PC PBU(Prefabricated Bathroom Unit) 시스템 개발
- ② 시공성 향상을 위한 접합부 설계 및 시공기술 개발
- ③ 고층부 급속시공 구현을 위한 복합공법 개발

(핵심분야 3) 고층·고성능 PC 공동주택 단지형 실증사업 수행 및 OSC 활성화 사업모델 개발

(과제개요)

실증단지를 구축하기 위한 실증단지 기본 방향 및 실증모델 수립하고, 중고층 PC 공동주택 거주성능 평가 및 유지관리 모델 개발하여 PC 건축 활성화 전략 수립함

(구성기술 3-1) 다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축

- ① 고층·고성능 PC 공동주택 단지화 실증사업 계획 수립 및 수행
- ② 거주후성능평가(POE)기반 전생애주기 유지관리모델 개발
- ③ 데이터기반 생산성 측정·분석·제어를 통한 OSC 종합사업평가 시스템 개발

(구성기술 3-2) 다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축

- ① 고층·고성능 PC 공동주택 단지화 실증사업 계획 수립 및 수행
- ② 거주후성능평가(POE)기반 전생애주기 유지관리모델 개발
- ③ 데이터기반 생산성 측정·분석·제어를 통한 OSC 종합사업평가 시스템 개발

4.연구 추진 방법

□ 추진전략

- 국내외 동향조사, 사업 추진전략 및 추진체계, 중점지원분야 도출 등을 위하여 산업계, 학계, 연구기관, 공공기관 등 다양한 기술분야 별 전문가 중심으로 구성된 총괄기획위원회, 기술분과위원회 및 자문위원회를 구성하여야 함
- 본 사업 연구성과의 실용화 제고를 위해 개발기술 수요기관(정부·공공·민간 등) 전문가 포함 - 수요처 의견수렴 체계 마련 및 필수 협조기관 운영·활용 계획 포함
 - * 주택 관련 업무 수행 기관(정부, 지자체, 건설사, 설계사, 생산기업, LH공사, SH공사 등)
- 연구개발사업 성과 적용을 위한 실증 계획(실증 유형, 규모, 범위, 예상 적용 기술 등)을 명확하게 수립하고 기획보고서에 내용 추가
- 연구내용, 개발기술, 성과물 간연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과 평가 지표(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 연구개발 결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진
 - 타부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 공동 활용방안 등 제시
 - 특히, 설계·시공 기준 및 설계상세도, 시공예시도는 국내 현황조사뿐만 아니라 국외 사례 조사를 통해 구체적인 연계방안을 포함하여 연구계획에 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, 유지관리 및IT 관련 기업이 적극적으로 참여할 수 있도록 컨소시엄 구성
- 주택성능을 만족할 수 있는 건축구성 및 환경 연구를 기반으로 유관조직 및 기관과의 융합 연구 협의체 구성
- 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 구성 시 합리적으로 구성하여야 하며 연구내용 및 역할이 중복된다고 판단될 경우 선정평가 및 협약체결 시 조정될 수 있음
- 개발기술의 실증에 대한 추진계획(실증대상지 선정, 실증규모, 실증방법, 일정 등)은 연구추진과정에서 국토교통부, 전문기관과 협의를 통해 추진
 - 개발기술의 실증은 주관연구기관에서 총괄하여 추진

5. 최종 성과물

□ 세부과제별 최종성과물

- (핵심분야 1) PC 공동주택 고층화·고성능화 구현을 위한 핵심 설계기술과 구조안전성 및 주거성능 제고 기술 개발
 - (구성기술 1-1) 고층 PC 공동주택 단지구축 과정에서 요구되는 생산성·시공성 확보를 위한 BIM 기반 통합 설계 기술개발
 - BIM 기반 OSC-DfMA 설계 최적성 평가시스템
 - MEP 모듈 사전 제작·설치 기술 및 자동화 장비 시제품
 - 표준모듈 PC 부재 기반 설계방법 및 설계지원 시스템 개발
 - (구성기술 1-2) 고층 PC 건축물 층고절감 및 구조안전성 향상을 위한 구조시스템 개발
 - 고층 PC 구조설계 기준 및 평가지침
 - 고층 PC공동주택 최적구조시스템 개발
 - 고층 PC공동주택 생산성, 안전 및 품질향상을 위한 PC 공법 개발
 - (구성기술 1-3) 고성능 공동주택 구현을 위한 복합 프리패브시스템 개발
 - 접합부위별 단열성능 및 시공성 제고를 위한 외벽패널 공법
 - 슬라브시스템 유형별(중공 슬라브, Half PC slab 등) 바닥충격음 감쇄 고성능 바닥시스템 공법
 - PC 공동주택의 다양한 접합부위에 대해 기밀화 및 누수 방지 기술
- (핵심분야 2) 고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발
 - (구성기술 2-1) 데이터 분석 기반 스마트 생산계획 및 공장-현장 통합관리 기술 개발
 - AR 활용 3차원 설계검토 및 시공관리 기술 개발
 - 안전한 고층 설치작업을 지원하는 부재 양중 및 설치 최적계획 시스템
 - MC기술을 활용한 센서 기반 PC 인양 장비 및 구조물간 충돌방지 제어 기술
 - (구성기술 2-2) 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획·관리 기술 개발
 - 몰드매트릭스 설계자동화 PC 생산관리 클라이언트/ 시스템 데이터베이스 서버 시스템
 - 공기단축 지원 접합부 설계안 및 시공기술
 - (구성기술 2-3) 고층부 급속시공 구현을 위한 PC volumetric unit, 시공성 제고 접합부 및 다양한 복합공법 개발
- (핵심분야 3) 고층부 급속시공 구현을 위한 PPVC(Prefabricated Pre-finished Volumetric Construction) 모듈, 접합부 및 복합공법 개발
 - (구성기술 3-1) 다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축
 - 고층PC 공동주택 실증단지
 - PC공동주택 유지관리 모델
 - 국내외 시장 맞춤형 K-OSC 사업모델 : 장소기반형, 수요계층기반형
 - (구성기술 3-2) 다양한 세대평면으로 구성된 고층 PC 공동주택 실증단지 구축
 - OSC 기반 PC 공동주택 시장 붐업(Boom-up) 정책방안
 - PC 인증제도 시행 기준 마련(공장심사 절차서, PC 공장인증 매뉴얼)
 - PC 전문인력 교육 및 관리 플랫폼 마련(전문인력 교육 프로그램)

6. 활용방안 및 기대효과

- 현장적용
 - OSC 기반 PC 공동주택 설계모듈 · 모델 · 공법 및 구조설계지침을 적용하여 높은 생산성과 우수한 품질의 PC구조 공동주택 공급
 - OSC 통합 플랫폼을 적용하여 최적화된 프로젝트 성과 도출
 - 데이터 기반 스마트 현장관리 시스템을 적용하여 공정, 안전 및 품질 향상
 - 공기·공사비 산정 기준을 설계 및 시공 전반에 적용
- 활용방안
 - 실용화·제품화
 - OSC 컴포넌트의 설계-생산시스템 통합 구축을 통한 제품화
 - 플랫폼 및 공정/안전/품질관리 패키지 등 소프트웨어와 관련 시스템 제품화
 - 데이터 기반 스마트 현장관리 기술 실용화
 - 미래원천기술 확보
 - OSC PC 건축물 에너지, 결로 취약부위 성능향상을 위한 핵심분야 확보
 - OSC 플랫폼 분야 기술개발을 통한 글로벌 경쟁력 확보

- 정책적 기대 효과
 - 생산공장 및 현장의 모니터링·제어 기술, 자동화 시뮬레이션 및 데이터 기반 분석 시스템 등은 ICT 기반 건설기술의 발전을 위한 기초자료로 활용되어 타 연구로의 확대 가능
- 과학기술적 기대효과
 - AR/VR, 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 생산 체계를 혁신적으로 개선하는 의미 있는 시도가 될 것으로 기대함.
- 경제·사회적 기대효과
 - OSC 기반의 생산시스템으로의 전환을 통해 Non-Value Added 프로세스 및 자원 낭비요소를 최소화시키고, 현장 작업 중 발생하는 불필요한 온실가스, 미세먼지, 소음 등을 저감시킬 수 있을 것으로 예상됨.
 - 다기능공 중심의 현장 설치 방식이 보편화됨에 따라 기능인력의 고령화, 저숙련화 등으로 인한 품질저하 및 안전사고 문제의 해결 방안 마련
- 제도 개선 측면
 - OSC 기반의 공동주택 생산시스템의 정착 및 확산을 위한 법적, 제도적 장치와 생산 공장 인증제도가 마련될 경우 국내 공동주택의 OSC 생산체계 보급이 확대되고, 나아가 관련 전·후방 산업의 내수진작 효과가 발생할 것으로 기대함.
- 기대효과

7. 연구기관 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2025.04 ~ 2029.12.31 (4년 9개월)
 - 1차년도 연구개발기간 : 2025.04.~2025.12. (9 개월)
 - 2차년도 연구개발기간 : 2026.01.~2026.12. (12 개월)
 - 3차년도 연구개발기간 : 2027.01.~2027.12. (12 개월)
 - 4차년도 연구개발기간 : 2028.01.~2028.12. (12 개월)
 - 5차년도 연구개발기간 : 2029.01.~2029.12. (12 개월)
- 총 정부출연금 : 20,000백만원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 3,500백만원 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. 기타

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

이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
- ※ 과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진 시역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발 결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도 기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구 계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 추진할 과제의 기술성숙도(TRL) 범위를 설정 및 제안하고 전문기관 및 연구단과 협의 하여 확정

2024년도

국가연구개발사업
전략계획서

국 토 교 통 부

사업명: PC 공동주택의 고층화·고품질화, 생산 자동화·최적화 기술개발 및 실증

1. 사업개요

① 사업명

사업명	단위사업	PC 공동주택의 고층화·고품질화, 생산 자동화·최적화 기술개발 및 실증
	세부사업	PC 공동주택의 고층화·고품질화, 생산 자동화·최적화 기술개발 및 실증
	내역사업	PC 공동주택의 고층화·고품질화, 생산 자동화·최적화 기술개발 및 실증

② 사업목적

사업목적	중저층(13층 이하)에 머무르고 있는 OSC 공동주택의 기술적, 제도적 한계를 극복하고, 민간에서의 자발적 투자를 통한 OSC 기반 마련 및 시장 확대를 위한 고층화, 고품질화, 생산 자동화·최적화 기술개발 및 실증
------	--

③ 사업추진경위

추진 근거	법적 근거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 「과학기술기본법」 제11조(국가연구개발사업의 추진) ○ 「국토교통과학기술육성법」 제4조(종합계획의 수립·시행) 및 제8조(연구개발사업의 추진) ○ 「건설기술진흥법」 제7조(건설기술 연구개발 사업), 제9조(공동연구·개발 등) ○ 「건설기술진흥법 시행령」 제23조(건설기술 연구·개발사업의 협약 체결 대상 기관 등)
	상위계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ (국정과제('22.5)) 건설산업 혁신을 위한 대표 수단으로 BIM, OSC 확산 제시 <ul style="list-style-type: none"> * [28] 국토교통산업의 미래 전략산업화(BIM, OSC 확산으로 산업의 고부가가치화 추진) ○ (스마트 건설 활성화 방안('22.7)) OSC 기반 건축물의 공공발주 확대, 제도 정비 등 현장에서 공장 중심으로의 생산시스템 선진화 적극 추진 <ul style="list-style-type: none"> * 추진과제 ②(생산시스템 선진화) ②제조업 기반 탈현장 건설(OSC) 활성화 ①시장초기 붐업을 위한 공공발주 확대 內, '23년 1천호 발주 및 점진적 확대 ○ (국민 주거안정 실현방안('22.8, 관계부처 합동) 가변형 주택 인증 대상 확대, 공기단축이 가능한 모듈러 주택 활성화 계획 등 고품질 OSC 주택 확대를 위한 지원 강조(모듈러 주택 인센티브 관련 주택법 개정안은 현재 발의된 상태) <ul style="list-style-type: none"> * 추진과제 ④(주택품질 확보) [2] 공간 활용 용이성 확보 ○ (제7차 건설기술진흥기본계획(안)('22.11)) 생산시스템의 자동화·모듈화, BIM 정착 등 디지털 전환을 통한 스마트건설 실현을 제시 <ul style="list-style-type: none"> * ①디지털 전환을 통한 스마트건설 실현 ①BIM 도입으로 건설 초과정 디지털화, ②생산시스템의 자동화·모듈화(OSC 활성화를 위한 발주제도 개선, 품질관리 방안 마련, 발주물량 확대 등) * (목표) 생산성지수 향상(94.5('21)→110 이상('30)), 건설사고 사망자수 50% 감소

4] 사업 현황

사업구분	계속사업 <input checked="" type="checkbox"/> 기한사업 <input type="checkbox"/>		
사업추진방식	상향식 <input checked="" type="checkbox"/> 혼합식 <input type="checkbox"/> 하향식 <input type="checkbox"/>		
사업유형			
다부처 여부	해당없음	참여부처 (다부처사업)	해당없음
사업기간	'25년~'29년(5년)	총사업비	180억원(국고지원 기준)
사업규모		지원대상	출연(연), 대학, 연구소, 기업 등
지원형태	출연	지원조건	정부출연 및 민간매칭
사업시행주체	국토교통부(전문기관 : 국토교통과학기술진흥원)		
예비타당성 통과여부	해당사항 없음		

5] 사업추진체계 및 전략

	수행주체	역할 세부내용
사업수행주체	국토교통부	○ 사업정책 총괄, 연도별 시행계획 수립 및 성과평가
	국토교통과학기술위원회	○ 예산 투자방향, 종합계획 및 시행계획 등 심의
	운영위원회	○ 사업의 중요사항에 대한 심의 및 조정, 확정
	국토교통과학기술진흥원	○ 기술수요조사 및 예측, 사업 기획·관리·평가 등
	연구과제 평가단	○ 연구과제 선정·중간·최종평가
	연구기관	○ 연구과제 수행, 성과 및 활용실적 보고
사업추진전략	추진전략	
	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 추진전략핵심분야의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 ○ 핵심분야 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영)을 제시할 것 ○ 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과평가 방법을 명시할 것 <input type="checkbox"/> 연구내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과 평가지표(안) 제시 <ul style="list-style-type: none"> ※ 단계별/연차별 성과 평가 지표(안)는 향후 단계/중간 평가시 참고 예정 <input type="checkbox"/> 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진 <ul style="list-style-type: none"> ○ 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 공동 활용방안 등 제시 ○ 특히, 설계·시공 기준 및 설계상세도, 시공예시도는 국내 현황조사뿐만 아니라 국외 사례조사를 통해 구체적인 연계방안을 포함하여 연구계획에 제시 <input type="checkbox"/> 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시 <ul style="list-style-type: none"> ○ 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 	

R&D 전주기 사업관리 계획							
	<p>□ 본 과제는 산·학·연 공동연구를 기본원칙으로 하되, 실용화를 목적으로 추진하는 연구과제이므로 건축물 설계, 시공, 유지관리 및 IT 관련 기업이 적극적으로 참여할 수 있도록 컨소시엄 구성</p> <p>□ 주택성능을 만족할 수 있는 건축구성 및 환경 연구를 기반으로 유관조직 및 기관과의 융합 연구 협의체 구성</p> <p>□ 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</p> <p>※ 연구기관 구성시 합리적으로 구성하여야 하며 연구내용 및 역할이 중복된다고 판단될 경우 선정평가 및 협약체결 시 조정될 수 있음</p> <p>□ 개발기술의 실증에 대한 추진계획(실증대상지 선정, 실증규모, 실증방법, 일정 등)은 연구추진과정에서 국토교통부, 전문기관과 협의를 통해 추진</p> <p>○ 개발기술의 실증은 주관연구기관에서 총괄하여 추진</p>						
위험요인 및 극복방안	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">위험요인</th> <th style="width: 50%;">극복방안</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>실증단지 인허가의 지연 혹은 설계, 시공업체 선정 지연에 따른 전체 사업일정이 계획에 맞추어 진행되지 못할 우려가 있음</td> <td>발주기관과 협의하여 가급적 연구사업 초기단계에 실증단지를 선정한 후, 해당 사업을 대상으로 관련 연구가 진행되어야 함.</td> </tr> <tr> <td>선행 실증사업 평가 데이터 취득이 충분히 수행되지 못할 우려가 있음</td> <td>선행 사업에서 실증사업을 수행한 기관들과 후속사업을 통한 연구성과 검증의 필요성을 충분히 설득하여, 후속사업 참여 합의 도출</td> </tr> </tbody> </table>	위험요인	극복방안	실증단지 인허가의 지연 혹은 설계, 시공업체 선정 지연에 따른 전체 사업일정이 계획에 맞추어 진행되지 못할 우려가 있음	발주기관과 협의하여 가급적 연구사업 초기단계에 실증단지를 선정한 후, 해당 사업을 대상으로 관련 연구가 진행되어야 함.	선행 실증사업 평가 데이터 취득이 충분히 수행되지 못할 우려가 있음	선행 사업에서 실증사업을 수행한 기관들과 후속사업을 통한 연구성과 검증의 필요성을 충분히 설득하여, 후속사업 참여 합의 도출
	위험요인	극복방안					
실증단지 인허가의 지연 혹은 설계, 시공업체 선정 지연에 따른 전체 사업일정이 계획에 맞추어 진행되지 못할 우려가 있음	발주기관과 협의하여 가급적 연구사업 초기단계에 실증단지를 선정한 후, 해당 사업을 대상으로 관련 연구가 진행되어야 함.						
선행 실증사업 평가 데이터 취득이 충분히 수행되지 못할 우려가 있음	선행 사업에서 실증사업을 수행한 기관들과 후속사업을 통한 연구성과 검증의 필요성을 충분히 설득하여, 후속사업 참여 합의 도출						
수혜자	종합건설사 및 전문건설업체, PC공급사, 설계사무소, 구조설계사무소, IT·스마트·ICT 기업, 주택 수요자						

⑥ 사업기대효과

과학기술적 기대효과	○ AR/VR, 스마트 센서를 활용하여 현장 관리방식뿐만 아니라 공장생산-운송-현장설치에 이르는 생산 프로세스 전반의 기술 및 관리방식을 지능화, 고도화함으로써 건설 시공 및 관리기술, 건설 정보화 기술, 건설 자동화 기술 등의 발전에 혁신적인 기여
사회경제적 기대효과	○ OSC 기반의 생산시스템으로의 전환을 통해 Non-Value Added 프로세스 및 자원 낭비요소를 최소화시키고, 현장 작업 중 발생하는 불필요한 온실가스, 미세먼지, 소음 등을 저감시킬 수 있을 것으로 예상

7 사업 내용

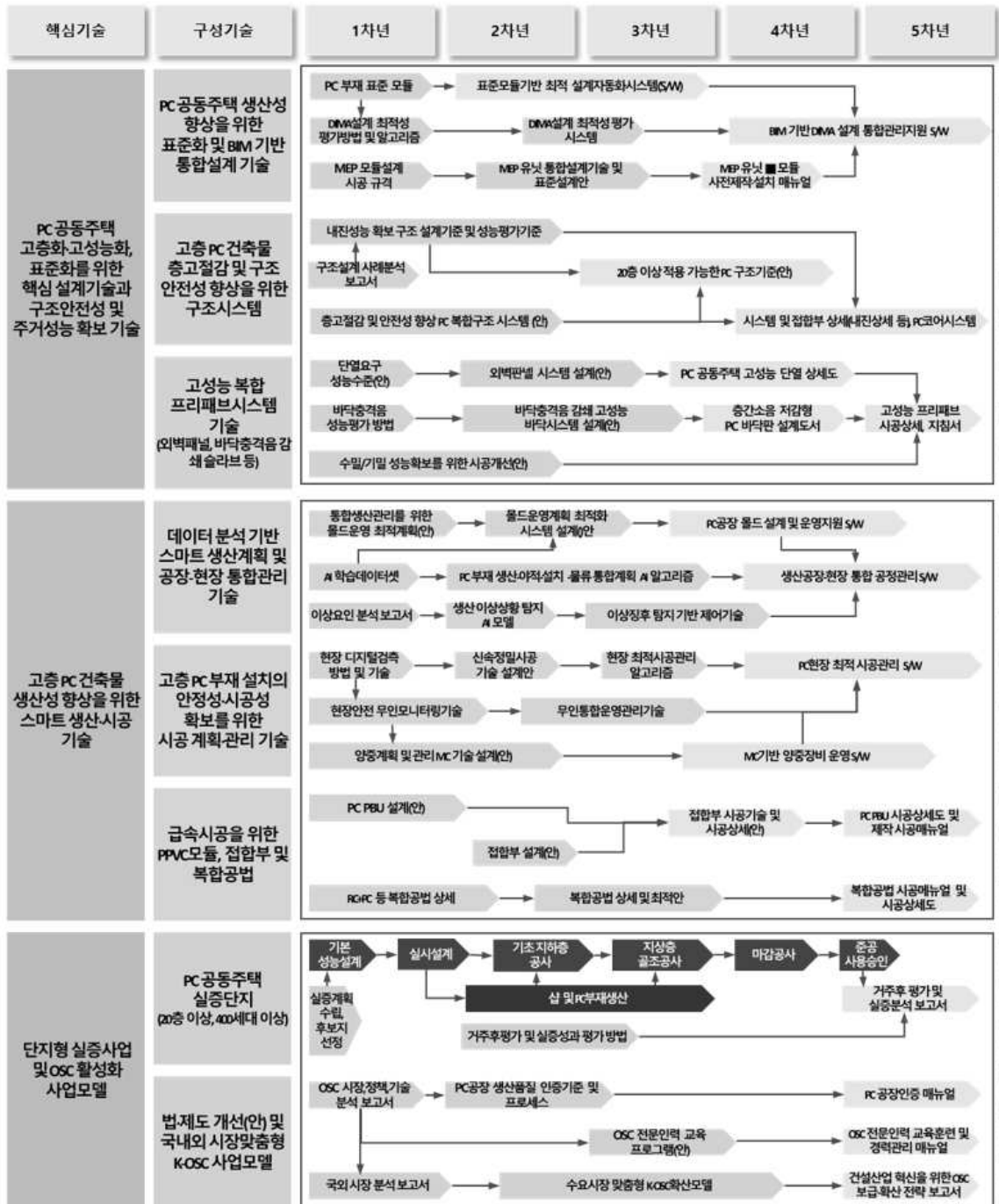
		(2025년 신규사업)						
		(백만원)						
예산 규모	구분	Y년도 예산	Y+1년 도 예산	Y+2년 도 예산	Y+3년 도 예산	Y+4년 도 예산		
		PC 공동주택의 대량공급 경제성 확보를 위한 고성능·고층화·고효율화 핵심분야 개발	20,000	3,500	3,800	4,800	4,700	3,200
		PC 공동주택 고층화·고성능화 구현을 위한 핵심 설계기술과 구조안전성 및 주거성능 제고 기술 개발	9,000	1,500	1,800	2,000	2,000	1,700
		고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발	6,500	1,000	1,000	1,800	1,700	1,000
		고층·고성능 PC 공동주택 단지형 실증사업 수행 및 OSC 활성화 사업모델 개발	4,500	1,000	1,000	1,000	1,000	500

내역사업	주요내용
PC 공동주택 고층화·고성능화 구현을 위한 핵심 설계기술과 구조안전성 및 주거성능 제고 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고층 PC 건축물 총고절감 및 안전 향상을 위한 구조시스템 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - PC표준모듈 기반 입평면 다양화 구현을 위한 설계최적화 기술 개발 - BIM 기반 DfMA 설계고도화 지원시스템 개발 - 시공성 및 유지관리 용이성 확보를 위한 MEP유닛 통합설계기술 개발 ○ 고층 PC 건축물 총고절감 및 안전 향상을 위한 구조시스템 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 고층 PC구조물 내진성능 확보를 위한 구조설계기준 및 성능평가기준 개발 - 총고절감을 위한 복합구조 시스템 개발 - 고층부 코어시스템 모듈화 및 PC화 공법 개발 ○ 고성능 공동주택 구현을 위한 외벽패널 설계, 바닥 소음 저감 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 단열성능 및 시공성 향상을 위한 외벽패널 시스템 개발 - 바닥충격음 감쇄 고성능 바닥시스템 공법 개발 - 접합부 수밀/기밀 성능확보를 위한 시공상세 및 건축재료 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 데이터 분석 기반 스마트 생산계획 및 공장-현장 통합관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 공장-현장 통합생산관리 구현을 위한 물드운영계획 최적화 시스템 개발 - 디지털트윈 시뮬레이션 기반 PC 생산-시공 통합관리 기술 개발 - 스마트 제조환경 구축을 위한 AI기반 이상징후 탐지 기술 개발 ○ 고층 PC 부재 설치의 안정성 및 시공성 확보를 위한 시공 계획·관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 고성능 검측기기를 정밀시공 확보 기술 개발 - 고소작업 안전성 확보를 위한 MG/MC (Machine Guide/ Machine Control) 기반 양중계획 수립 및 통합 운영관리 기술 개발 - 고층 PC 현장설치 맞춤형 스마트 안전관리 기술 개발 ○ 고층부 급속시공 구현을 위한 PPVC(Prefabricated Pre-finished Volumetric Construction) 모듈, 접합부 및 복합공법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 공기단축 및 품질제고를 위한 PC PBU(Prefabricated Bathroom Unit) 시스템 개발 - 시공성 향상을 위한 접합부 설계 및 시공기술 개발 - 고층부 급속시공 구현을 위한 복합공법 개발
고층 PC 건축물 제작·조립 생산성 향상을 위한 스마트 생산 및 시공 기술 개발	

고층·고성능 PC 공동주택 단지형 실증사업 수행 및 OSC 활성화 사업 모델 개발

- 중대형 평면, 고층 PC 공동주택 실증단지 구축(20층 이상, 2개동 이상)
 - 고층·고성능 PC 공동주택 단지화 실증사업 계획 수립 및 수행
 - 거주후성능평가(POE)기반 전생애주기 유지관리모델 개발
 - ICT 기반 스마트 안전관리 기술 및 통합관리 시스템 개발
- 법·제도 개선안 마련 및 사업화 모델 개발
 - 국내외 시장맞춤형 K-OSC 사업모델 발굴
 - OSC 기반 PC 공동주택 공급망 강화를 위한 관련 인증제도
 - PC관련 기술인력양성 프로그램 개발

연차별 추진내용



[그림] 단계별 기술로드맵

2. 단계별 성과목표 및 지표

① 전략목표

전략목표	PC 공동주택의 고층화·고품질화, 생산 자동화·최적화 기술개발 및 실증
------	---

가. 1단계 성과목표 및 지표

② 단계별 성과목표

단계(평가주기)	1단계	기간	2024~2028
단계별 성과목표			관련 내역사업명
성과목표-1	표준모듈기반 설계, 고층 PC구조물 설계기준 및 층고절감 복합구조 시스템, 공기단축을 위한 설계 및 공법, MC기반 양중장비 통합운영관리 기술	가중치 30	설정 근거 PC 공동주택의 고층화를 구현하기 위한 설계·엔지니어링 및 표준시공기술을 개발함. 구조안정성 및 주거성능 향상과 함께 다양한 입평면 구성을 지원하는 설계자동화, MEP 시스템 등을 개발하고, 효율적인 고층시공을 구현하기 위한 시공 및 관리기술 개발
성과목표-2	고성능 주거성능 확보기술, 시공정밀도 및 시공효율성 확보 기술, 제조생산라인 최적화	가중치 30	설정 근거 고층 PC 공동주택 주거성능의 고성능화를 구현하기 위한 설계 및 프리패브화 시스템을 개발하고, 고품질 OSC 부재들의 대량공급을 효율적으로 지원하는 제조생산라인 구축과 고층 및 연결부위 시공정밀도 확보를 견인하는 기술개발
성과목표-3	20층 이상, 2개동 이상, 200세대 이상 1개 단지 실증, 관련 인증제도, 다각화된 OSC 사업모델	가중치 40	설정 근거 고층 PC 공동주택의 고효율 대량생산 OSC 시스템을 구현하기 위한 OSC 부재/시스템 설계 및 생산공정 효율성 제고를 견인하는 기술을 개발하고, 고품질 시공 및 유지관리 최적화 기술을 개발함.
			고층·고성능 PC 공동주택 단지화 실증사업 수행 및 OSC 확산기반 구축

③ 성과지표

단계별 성과목표		가중치	성과지표명	단위	구분 연도	실적 및 목표치					지표유형	질적지표	성과지표 설정 사유
						2024	2025	2026	2027	2028			
성과 목표-1	표준모듈기반 설계, 고층 PC구조물 설계기준, 공기단축을 위한 설계 및 공법, 고성능 주거성능 확보기술,	30	표준모듈 기반 설계	건	목표				1		질	V	표준모듈 기반 DfMA 설계구현을 통한 실증사업 적용 및 확산기반 구축
					실적								
			고층PC구조 기준	건	목표				1	1	질	V	16층 이상 PC 구조물 대상의 구조기준 및 성능평가 기준 제시 필요
					실적								
			공기단축 공법	건	목표			1	1		질	V	공기단축 및 층고절감을 위한 접합부설계 및 공법 개발 필요
					실적								
			단열성능 개선	건	목표				2		질	V	단열, 층간소음 등 주거성능 고성능화 구현 설계안 및 시공법을 실증사업 계획에 적용
					실적								
성과 목표-2	시공정밀도 및 시공효율성 확보 기술, 제조생산라인 최적화	30	몰드전용 횡수 극대화	횡수	목표			40		질	V	PC사업의 경제성 확보를 위해서는 몰드전용 극대화를 위한 지능형 몰드매트릭스 설계기술 필요	
					실적								
			디지털트윈 모델 구축	건	목표				1		질	V	시나리오 기반 시공계획 수립을 위한 디지털 트윈 모델 구축 필요
					실적								
			고층양중 통합관리	%	목표			50	100	질	V	고층부 시공효율성 확보를 위한 양중장비 통합운영관리 기술 필요	
					실적								
성과 목표-3	20층 이상, 2개동 이상, 200세대 이상 1개 단지 실증, 관련 인증제도, 다각화된 OSC 사업모델	40	20층 이상, 2개동 이상 실증단지	건	목표			0.5	0.5	결과		고층, 고성능 PC공동주택의 단지규모 실증사업 수행을 통한 민간확산 교두보	
					실적								
			인증제도, OSC사업모 델 다각화	건	목표			1	1	질	V	수요자 맞춤형 다각적인 사업모델 개발하여 국내 OSC 활성화 및 해외시장 개척에 기여	
					실적								

4 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산신 및 방법, 시기	자료출처
표준모듈기반 설계	표준모듈 기반 DfMA 설계구현을 통한 실증사업 적용 및 확산기반 구축	표준모듈 적용율 / 실증사업 설계완료 시점	사업운영보고서
고층PC구조기준	16층 이상 PC 구조물 대상의 구조기준 및 성능평가 기준 제시 필요	구조기준 및 성능평가기준 제정/ 사업종료 시점	기준서
공기단축 공법	공기단축 및 총고절감을 위한 접합부설계 및 공법 개발 필요	공기단축여부 및 비율/ 사업종료 시점	사업운영보고서
단열성능 개선	단열, 층간소음 등 주거성능 고성능화 구현 설계안 및 시공법을 실증사업 계획에 적용	단열성능, 층간소음 시뮬레이션 및 실측 / 실증사업 설계완료 시점	시험검증결과서
몰드전용횡수 극대화	PC사업의 경제성 확보를 위해서는 몰드전용 극대화를 위한 지능형 몰드매트릭스 설계기술 필요	공장생산데이터 분석/ 실증사업 수행종료 시점	사업운영보고서
디지털트윈모델 구축	시나리오 기반 시공계획 수립을 위한 디지털 트윈 모델 구축 필요	시스템 활용검증 및 사용자 만족도 분석/ 사업종료 시점	사업자활용보고서
20층 이상, 2개동 이상 실증단지	고층, 고성능 PC공동주택의 단지규모 실증사업 수행을 통한 민간확산 교두보	실증단지 규모 확인/ 사업종료 시점	최종보고서
인증제도, OSC사업모델 다각화	수요자 맞20층형 다각적인 사업모델 개발하여 국내 OSC 활성화 및 해외시장 개척에 기여	국내외 확산사례 및 인증제도 건수/ 사업종료 시점	최종보고서

3. 사업평가 계획

평가년도	평가대상/ 해당 단계	평가대상 성과목표	평가 시기 설정사유
2030년	2025년 ~ 2029년 (총 5년)	표준모듈기반 설계, 고층 PC구조물 설계기준 및 충고절감 복합구조 시스템, 공기단축을 위한 설계 및 공법, MC기반 양중장비 통합운영관리 기술 고성능 주거성능 확보기술, 시공정밀도 및 시공효율성 확보 기술, 제조생산라인 최적화 20층 이상, 2개동 이상, 200세대 이상 1개 단지 실증, 관련 인증제도, 다가화된 OSC 사업모델	PC 공동주택의 고층화고품질화, 생산 자동화·최적화 기술개발 및 실증이 완료된 시점에서 사업평가 실시

4. 연구성과 관리·활용 계획서 제출 계획

사업 종료 연도	성과 관리·활용 계획서 제출 연도
2029년	2030년

과제2.

**모듈러 건축산업 활성화를
위한 내화성능 및 주거품질
향상 핵심기술 개발**

< 요약 문 >

사업명	국토교통연구기획사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	-
내역사업명	-	연구개발과제번호	-
기술 분류	EI0402	50%	EI0406
국가과학기술 표준분류			30%
총괄연구개발명	모듈러 건축산업 활성화를 위한 허들 극복 기술개발		
연구개발과제명	모듈러 건축산업 활성화를 위한 허들 극복 기술개발		
전체 연구개발기간	2023. 12. - 2024. 4. (5개월)		
총 연구개발비	-		
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]	기술성숙도	착수시점 기준(-) 종료시점 목표(-)
연구개발과제 유형	-		
연구개발과제 특성	-		
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 비전 • 모듈러 건축산업 활성화를 통한 현장중심 건설산업 한계 극복 및 고부가가치 산업 창출 ○ 본 과제의 최종목표 • 모듈러 건축산업 활성화에 걸림돌이 되는 제도를 개선하고 모듈러 공법의 기술적 한계를 극복 할 수 있는 기술개발을 목표로 함 	
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제의 필요성 - 현행 모듈러 공법에 적용되는 내화구조는 부재단위 내화성능평가에 기반 한 내화상세를 적용하므로 모듈간 조립구조(골조, 바닥 및 벽체 일체화)의 내화성능을 판단하기 어려우며, 부재 간 내화 중복시공으로 제작비용 및 공사기간 증가 - 현행 내화구조 인정제도는 내화재료를 생산하는 제조사에게 내화구조 인정 신청 자격을 주고 있고 부재 단위로 내화구조 인정 제도를 운영하고 있어 모듈러 건축의 특성에 맞지 않는 인정제도에 대한 개선방안 마련이 반드시 필요한 실정임 - 모듈러건축의 활성화를 위하여 고품질의 주거성능 확보 필요 - 모듈러건축의 공법적 특성에 따른 하자 조사 및 분석 필요 - 고층화 및 대형화 확산 대비 일관된 품질과 안전성을 보장하는 설계기술의 개발 필요 - 모듈러 건축의 보급 확대를 위해 건축행정에 상호 신뢰할 수 있는 근거 자료 구축 필요 ○ 핵심-구성기술 개발 내용 • 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 복합구조 및 모듈러 내화성능평가 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 내화성능평가 가이드라인 - 모듈러 화재확산 위험도 평가방법 제시 - 복합부재 내화성능평가 가이드라인 및 내화 인정절차 개정(안) - 모듈러 복합부재 표준모델 • 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 복합부재 내화설계 지침서 - 복합부재 내화성능평가 해석모델 - 모듈러 맞춤형 성능기반 내화설계 지침서 - 화재확산 방지구조 성능기준(안) • 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 공동주택 POE 및 하자사례 분석 보고서 - 모듈러 건축시스템 설계-제작-시공 가이드라인(안) 	

		<ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 건축구조설계 편람 - 고층 모듈러 구조설계 사례집 • 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - 공업화율 산정방법 - 공업화주택 인정제도 개선(안) - 맞춤형 인센티브 및 교육·홍보 제도개선(안) - 공동주택인증제도 연계 제도개선(안) - OSC 공장인정제도(안) - 공업화주택 자재 및 부품인정제도(안)
연구개발성과		<ul style="list-style-type: none"> ○ 모듈러 내화성능평가 가이드라인 ○ 모듈러 화재확산 위험도 평가방법 제시 ○ 복합부재 내화성능평가 가이드라인 및 내화 인정절차 개정(안) ○ 모듈러 복합부재 표준모델 ○ 복합부재 내화설계 지침서 ○ 복합부재 내화성능평가 해석모델 ○ 모듈러 맞춤형 성능기반 내화설계 지침서 ○ 화재확산 방지구조 성능기준(안) ○ 모듈러 건축시스템 설계-제작-시공 가이드라인(안) ○ 모듈러 건축구조설계 편람 ○ 공업화주택 인정제도 개선(안) ○ 맞춤형 인센티브 및 교육·홍보 제도개선(안) ○ 공동주택인증제도 연계 제도개선(안) ○ OSC 공장인정제도(안) ○ 공업화주택 자재 및 부품인정제도(안)
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과		<ul style="list-style-type: none"> ○ 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> • (정부·지자체) 사회적 이슈 해결(1인 가구, 고령화, 주거환경 등) 및 거주민의 삶의 질 제고 방안 마련. 모듈러 건축 확산을 위한 정책개발 자료로 활용. 모듈러 건축물 인증 및 관련 법 제도 재개정 지원 • (공공·민간기업) 건설분야 주도 모듈러 건축 생태계 구축 기반 마련. 기술이전 및 성능개선, 표준화된 플랫폼 공동 활용 및 관련 신규 기술 및 서비스의 개발에 활용. 개발기술의 현장적용(공공우선, 민간확대), 사업화를 통한 모듈러 건설시장 확대 및 해외 수출 모델 제시 • (연구기관·대학교) 다양한 분야별 교육 및 후속 연구 기초자료로 활용 및 관련분야 학과, 연구분야 증대, 기술개발 유도 및 관련 분야 인력양성 • (국민·생활약자) 건강·안전·편리한 주거환경 영위하기 위한 주거 공간구성 및 주택성능 확보를 통해 거주 만족도 및 편익 증대 ○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> • 국내 모듈러 제작 환경에 최적화된 화재하중 도출을 통한 성능 기반 내화설계 반영 • 모듈러 건축물 활성화를 위한 표준모델 보급 및 유연성 있는 인정제도 운영 • 모듈러 공법적 특성에 기인하는 하자문제의 기술적 해결 • 모듈러 건축의 일관된 구조설계를 통한 안전성, 내구성, 사용성을 일정 수준으로 유지 • 내화성능평가 및 설계기술 합리화를 통해 고층 모듈러건축의 필수 해결 기술 구축 • 고성능 및 고내구성 모듈러 주택 건설의 실효성 향상 • 모듈러 건축 인허가의 건축행위를 위한 상호 신뢰 가능한 근거 자료 구축 • 모듈러 건축 생산성 향상 및 안정적 일자리 제공으로 건설인력 부족 문제 완화
연구개발성과의 비공개 여부 및 사유		해당없음

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시 설·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명정 보	생물 자원		정보	실물
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
국문핵심어 (5개 이내)	모듈러 건축		내화성능		모듈러 품질제고		공업화주택 인정제도		모듈러 활성화			
영문핵심어 (5개 이내)	Modular Construction		Fire resistance performance		Improving modular quality		Industrialized Housing Accreditation System		Modular Invigoration			

〈 목 차 〉

I . 기획연구과제의 개요	01
1. 비전 및 목표	01
2. 연구개발 과제 구성	02
II . 기획연구과제의 추진경과	03
1. 기획의 추진경과	03
2. 사업기획 추진체계	04
III . 기획연구 관련 환경동향 분석	06
1. 기술의 정의 및 필요성	06
가. 본 사업의 주요 용어 정의	06
나. 사업의 배경	08
다. 사업 추진의 필요성	11
라. 사업의 추진 근거	13
2. 국내외 동향 및 환경 분석	19
가. 대내외 환경분석	19
나. 국내 R&D 및 특허 역량분석	30
III . 기획연구과제 수행결과	42
1. 연구개발과제 구성	42
가. 기획연구내용 변경	42
나. 기획연구 목표 및 세부구성기술	43
다. 추진 로드맵	44
2. 핵심기술 개발내용	46
가. 핵심기술 1	46
나. 핵심기술 2	74
다. 핵심기술 개발 내용	49
3. 사전타당성 검토	100

가. 정책적 타당성 분석	100
나. 기술적 타당성 분석	102
다. 경제적 타당성 분석	104
4. 인력투입 소요예산 산정	106
가. 총사업비	106
나. 소요인력	109
5. 과제 제안요구서(RFP)	110

별첨자료

1. 전략계획서	119
----------------	-----

1. 기획연구과제의 개요

1. 비전 및 목표

□ 본 기획연구과제의 비전

○ 모듈러 건축산업 활성화를 통한 현장중심 건설산업 한계 극복 및 고부가가치 산업 창출

□ 본 과제의 최종 목표는 모듈러 건축 경쟁력 제고를 위한 고품질 확보 및 제도적 허들 극복기술개발임.

□ 최종 목표를 달성하기 위한 세부목표는 (1) 모듈 단위 실대형 내화성능평가 기술개발 및 선진형 내화설계지침 개발, (2) 모듈러 건축품질제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련으로 구성됨.



<그림 1.1> 비전 및 목표

2. 연구개발 과제 구성

1) 연구개발 과제 구성

(1) 모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가기술 및 내화설계기술

- 모듈러건축물에 적합한 선진형 내화성능평가 기술의 적용 및 성능기반 내화설계기술 적용을 통해 안전하고 효율적인 화재안전 성능 확보기술 기반 마련
 - 모듈 단위 실험형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발
 - 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

(2) 모듈러 건축 품질제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련

- 모듈러 건축물에서 자주 발생하는 하자 및 기술적 애로사항을 해결하여 재래공법 대비 동등 이상의 품질을 확보하고, 모듈러 산업 확산을 위한 제도 정비
 - 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발
 - 모듈러 건축산업 활성화를 위한 관련 제도 고도화



<그림 1.2> 연구개발 핵심과제 및 구성기술

II. 기획연구과제의 추진경과

1. 기획의 추진 경과

- '20.10~'22.10 : 모듈러분야 기획연구 수행

- * 기획과제명: 지능형주택 연구개발사업 기획 內 스마트팩토리 기반 3Bay, 25층 규모의 모듈러 공동주택 기술

- '23.5~12 : 신규사업 예산요구(미반영)

◆ '23년 예산요구 시 주요 지적사항(전문위 검토의견, '23.5)

- 엔지니어링 및 시공사의 참여가 필요
- 조립식 건축에 대한 구조안전기준이 필요

- '23.10 : '23년 전문위 검토의견 반영을 위한 보완기획 착수

- '23.11 : 과기부 전문위와 국토부 담당과 의견을 고려하여 연구범위와 방향 설정

- * 주택건설공급과와 협의를 통해 과제방향 설정

◆ 보완기획 사업추진 방향

- (보완 방향) 모듈러 건축 확산에 걸림돌이 되는 제도와 기술 한계를 극복할 수 있는 문제해결형 연구 추진 필요
 - * "모듈 제작자 입장에서 한국시장의 제도개선이 쉽지 않기 때문에 해외.사업을 타진하고 있다"(23.9, 'OSC&모듈러' 기술발표회)
 - * "모듈러 건축시장 활성화를 위해서는 법과 제도 등 전반적 시스템 개선이 앞서야.."(23.9, 'OSC&모듈러' 기술발표회)
- 문제 1. 모듈러 건물의 현실적 내화 방안 부재
 - * 일반적인 내화방식(뿔칠)은 운송중 파손이 발생하고, 내화페인트/내화보드는 비용, 제작(시공) 시간이 증가
 - * 3시간 이상 내화성능이 요구되는 13층 이상 건물은 모듈러 공법 적용이 현실적으로 불가
- 문제 2. '주택'에 국한되는 공업화주택 인정제도 및 실효성 있는 인센티브 부재
 - * 공업화주택인정 대상은 '주택'에 한정 → 모듈러 건축 확산에 한계
 - * 공업화주택 인정시 감리자 지정 등 인센티브가 존재하지만 이는 안전/성능에 문제 발생 우려가 있기 때문에, 용적률/높이제한 완화 등의 실효성있는 인센티브 마련 필요
- 문제 3. 모듈러 건축물 품질 확보 기술 및 가이드라인 부재
 - * 모듈러 건축의 거주후 평가 및 하자사례 분석 미흡
 - * 제작/시공 오차 기준, 접합부 이격으로 발생하는 문제(기밀, 단열성능 등) 해결을 위한 기술, 설계/시공 가이드라인 등 부재

○ (추진 전략) 모듈러 건축산업 확산을 위해 해결이 시급한 3대 분야(내화성능, 공업화주택 인정 제도/인센티브, 품질확보)에 선택과 집중을 통한 연구내용 구성

☞ 전략 1. 모듈러 관련 기업이 참여하는 선진형 내화성능평가 기술 개발

☞ 전략 2. 자발적 민간투자를 유도할 수 있는 인정제도, 인센티브 및 거주후 평가/하자사례 분석 기반 품질확보 방안 마련

○ '23.11 : 모듈러 산업 활성화 방안 논의를 위한 제작사, 시공사(삼성물산, GS E&C, 금강공업, 포스코 A&C 등) 전문가 9명 인터뷰 실시

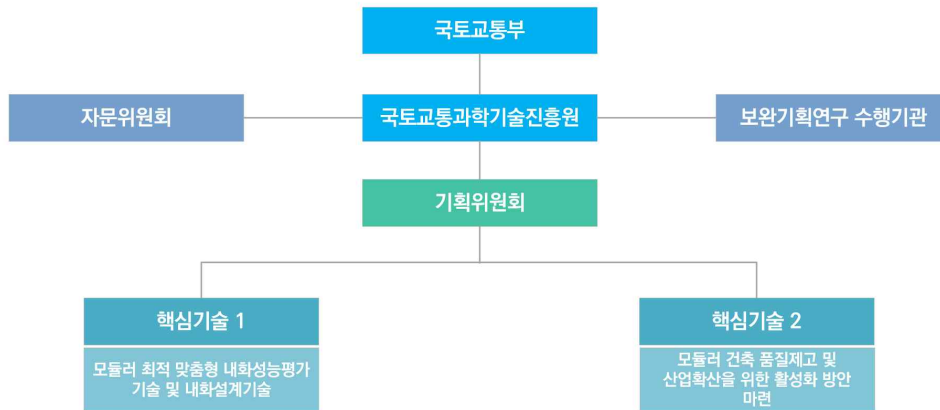
○ '24.2 : 보완기획 추진회의 개최

* 고층화보다는 산업 활성화를 위해 현재 기술의 부족한 부분과 민간 업계에서 필요로 하는 내용 중심으로 보완

○ '24.3 : 보완 기획 보고서 작성

2. 사업기획 추진체계

□ 모듈러 건축산업 활성화를 위한 허들 극복 기술개발 기획을 위해 국토교통부, 국토교통과 학기술진흥원, 산·학·연 전문가로 구성된 기획위원회가 협력하여 체계적인 사업기획 추진



<그림 2.1> 기획추진체계

○ (국토교통부) 주관부처로서 모듈러 공동주택 기술개발 사업 기획 총괄

- 주택 개발사업 추진계획(안) 수립 및 총괄 관리

- 총괄위원회 조정의견 등을 종합·검토하고 추진계획의 적합 여부를 확정

○ (자문위원회) 산·학·연 등 모듈러 관련 분야 전문가를 중심으로 추진전략, 타당성 등을 검토

- 사업의 객관성 확보, 사업 성과물의 확산 시 문제점·이슈사항 등 논의
- 기획과정에서 별도로 검토해야 할 사항이 발생할 경우, 이를 검토하기 위한 특별 자문위원회 형식으로 운영, 사업의 객관성 확보, 성과물의 확산 시 문제점·이슈사항 등을 논의

○ (기획위원회) 사업에 대해 기술적 관점에서 전문적으로 기술을 선정·기획

- (구성) 2 개의 핵심기술을 기획하는 위원회로 구성
 - (기획위원장) 기획위원회 총괄관리자로서, 위원 간 조정·중재를 통해 의견 합치를 유도하고, 총괄기획위원회의 위원으로 참여하여 기획위원회의 도출결과를 보고하는 한편 기획방침·작성기한 등을 준수할 수 있도록 기획위원에 대한 관리감독 수행
 - (기획위원) 핵심 구성과제(기술)의 평가의견 제시·논의를 통한 선정지원, 역할분담에 따른 기술별 상세기획 내용 작성 및 사업 내 작성 기술의 검토의견 제시
- (운영) 모듈러 기술개발사업의 사업별 기획위원회를 구성하여, 향후 5년 내외에 중점적으로 추진되어야 하는 핵심·구성기술을 선정하고, 이에 대한 세부계획(안)을 마련
 - (핵심·구성기술 선정) 모듈러 산업확산을 위해 민간 업계에서 필요로 하는 내용 중심으로 핵심 구성기술 선정
 - (전문적 기획 수행) 추진 과제(기술)에 대한 전문적 지식을 바탕으로 사업별 세부과제 및 핵심기술의 개발 상세기획내용(목표, 연차별 연구내용, 소요기간 및 예산, 최종 성과물, 활용방안, 기대효과, 성과지표 등) 작성
 - (세부계획(안) 마련) 상세기획 작성에 필요한 전문적 자료의 질적·양적 수준을 제고하고, 기획위원 간 의견 수렴 및 작성 내용의 종합을 통해 객관적이고 체계적인 상세기획(안)을 도출

□ 위원회 구성

- (기획위원회) 국토교통과학기술진흥원 3명, 산업계 1명, 학계 1명, 연구계 4명, 총 9명으로 구성

<표 2.1> 기획위원회 구성

성명	소속	직위	분야	비고
김윤순	국토교통과학기술진흥원	실장		
노승희	국토교통과학기술진흥원	선임연구위원		
안재권	국토교통과학기술진흥원	PO		
백정훈	한국건설기술연구원	연구위원	모듈러 계획	핵심기술 1(위원장)
이상섭	한국건설기술연구원	모듈러 클러스터장	모듈러 계획	핵심기술 1
황은경	한국건설기술연구원	선임연구위원	모듈러 제도	핵심기술 1
여인환	한국건설기술연구원	선임연구위원	모듈러 내화	핵심기술 2
최인락	호서대학교	교수	모듈러 내화	핵심기술 2
하태휴	포스코건설	수석연구원	모듈러 내화	핵심기술 2

Ⅲ. 기획연구 관련 환경동향 분석

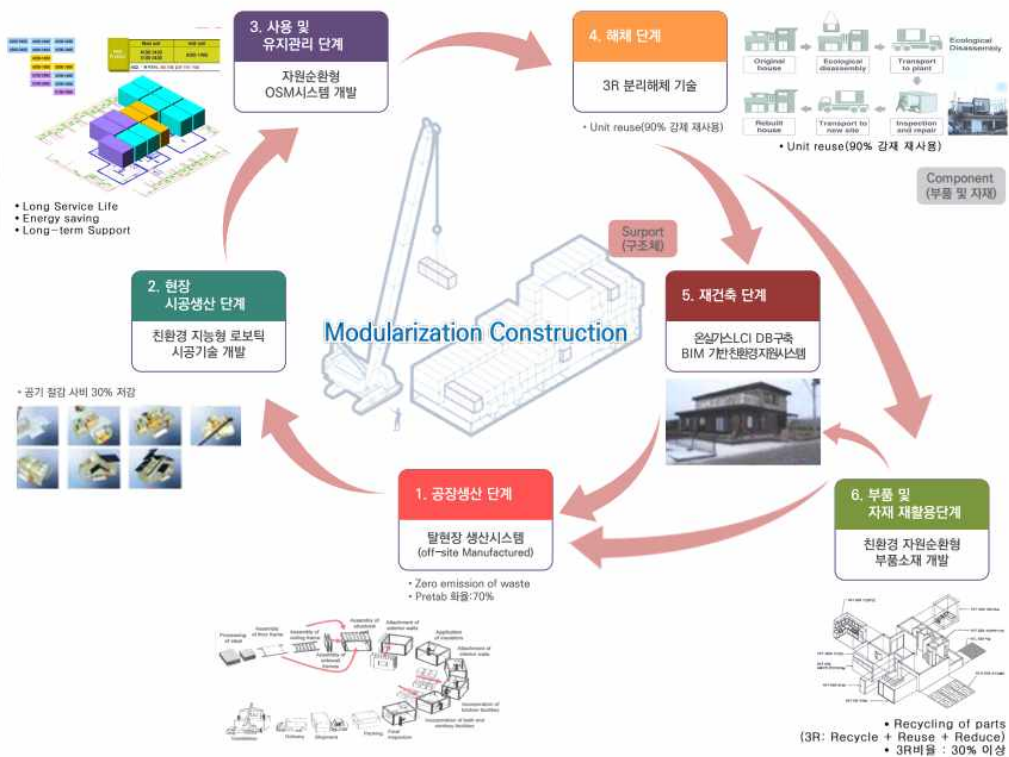
1. 기술의 정의 및 필요성

가. 본 사업의 주요 용어 정의

□ 모듈러 공법

○ 모듈러 건축(Modular Construction)은 창호, 외벽체, 전기배선, 배관, 욕실, 주방기구 등의 자재와 부품이 포함된 볼륨메트릭 형태의 박스 모듈을 공장에서 제작하여 현장에서 조립 및 설치하는 건축공법

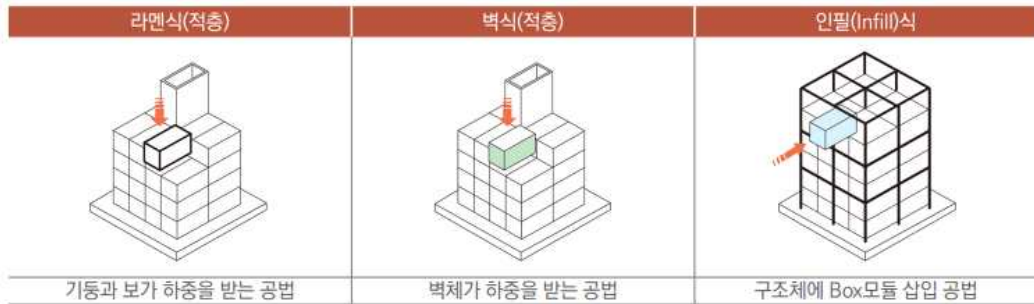
- 모듈러 건축 방식은 모듈 유닛을 공장에서 제작하고, 현장으로 운반하여 설치 및 조립하는 건설 시스템으로, 공장 생산단계로부터 시작하여 현장조립, 사용 및 유지관리, 해체, 재활용에 이르기까지 선순환적이며 지속가능한 스마트 건설의 대표적인 건축방법
- 모듈러 건축 방식은 기존 공법 대비 공기 단축이 가능하며, 현장 작업 감소, 건설폐기물 저감 등을 통해 건설현장이 직면한 문제점들을 완화할 수 있으며, COVID-19 시대의 비대면 건설방식 확대와 연결되어 생산성 향상, 건설현장 안전 강화, 고용의 질 향상등을 도모할 수 있음.



<그림 3.1> 모듈러 건설방식의 선순환 프로세스

○ 모듈러 건축은 구조방식, 재사용 여부, 구조재료 및 건축물의 적용 용도 등의 여러 가지 조건에 따라 다양한 방식으로 유형 분류됨.

- 모듈러 건축공법은 구조방식에 따라 크게 적층식과 인필식으로 구분할 수 있으며, 적층식은 하중을 지지하는 구조형식에 따라 라멘구조와 벽식구조로 분류됨.



<그림 3.2> 구조방식에 따른 모듈러 공법의 분류

※ 출처 : 한국건설기술연구원 (2020), 월간 스마트건설리포트

- 이동 및 재사용 가능 여부를 기준으로, 이동 및 재사용을 고려하지 않은 정주형(Permanent Modular Construction) 건축물과 해체 후 재사용을 고려하는 이동형(Relocatable Buildings) 건축물로 분류됨.

<표 3.2> 이동 및 재사용 가능 여부에 따른 모듈러 공법의 분류

분류방식	정주형 (Premanent Modular Construction)	이동형 (Relocatable Buildings)
특성	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 재래식 영구건축물과 동일한 용도로 적용 • 일부 외부마감 및 전기/설비 등은 현장 설치 • 공장제작률 80~100% 수준 • 부동산으로서의 자산가치 보유 • 이동과 재사용 및 용도변경이 극히 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> • 학교, 건설 현장 사무실, 의료 클리닉, 판매 센터 및 재배치 가능한 건축물 • 소규모의 모바일오피스, 교실, 화장실, 판매시설 등과 같은 수요자 맞춤 형태의 모듈러 건축물 • 해체 후 재배치 통한 재사용 가능 • 공장제작률 80~100% 수준 • 이동과 재사용 및 용도변경 용이함

※ 출처 : 한국건설기술연구원 (2020), 똑똑하고 빠르게, 지속가능한 모듈러 건축

- 강재, 콘크리트, 목재, 복합재 등 다양한 건축재료가 모듈러 건축에 적용이 되고 있으며, 국내에서는 내화성능, 바닥충격음 및 진동성능 확보 등 사용성 만족을 위하여 강재 기반의 모듈러에 콘크리트 바닥을 적용

<표 3.3> 구조 재료에 따른 모듈러 공법의 유형 분류

구조 재료	장점	단점
강재	• 강도, 내구성, 가공성	• 내화, 진동취약
콘크리트	• 고강도, 내화, 진동, 경제성	• 고중량, 접합부, 제작성
목재	• 가공성, 저 열전도율, 친환경성, CO2 저감	• 저층용, 내화/방습, 구조
FRP	• 높은 인장강도, 초경량	• 낮은 탄성계수 및 연성, 고비용
복합재	• 이질재료 상호보완, 강-목재-콘크리트	• 기술개발 단계

※ 출처 : 한국건설기술연구원 (2020), 똑똑하고 빠르게, 지속가능한 모듈러 건축

나. 사업의 배경

□ 건설업의 생산성 하락 및 기술수준의 격차

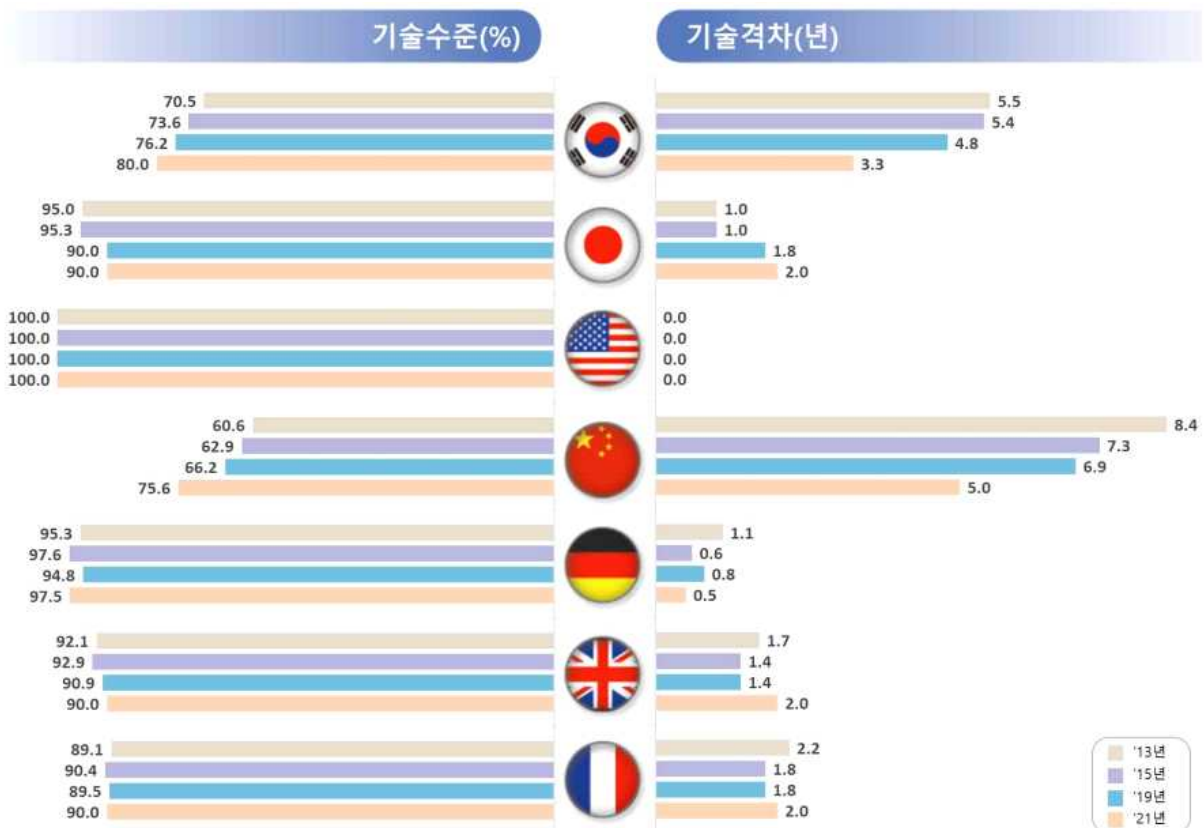
○ 숙련인력의 부족과 인건비 상승으로 인한 노동집약적 산업인 건설업의 생산성 저감

- 건설산업은 노동집약적, 현장 의존적 특성으로 규격화, 표준화가 저조하여 전세계적으로 생산성이 낮은 산업으로, 혁신기술 개발 필요

* “디지털화”는 생산성을 좌우하는 요소, 건설산업은 디지털화 및 생산성 증가율 최하위(Lafent, '19)

- 특히 최근 신규 기술 인력 유입 부족, 기능인력 저숙련화 및 고령화, 외국인 근로자 증가, 근로시간 단축 등 산업환경 악화로 인하여 건설업의 경쟁력이 하락하고 있어 국가차원의 대응 필요

○ 국내 건설산업의 세계 경제력은 6위 수준이며, 최고기술국인 미국과의 기술수준 및 격차는 '21년 기준 80%와 3.3년으로 '19년 대비 기술수준 3.8%p 향상



<그림 3.3 건축 분야 기술수준 및 격차

□ 도심지 공공주택 수요 다양화 및 공기단축·고밀도 개발 가능 건설 방식 필요성 대두

- 정부는 270만호 주택공급 계획을 발표하였으나(22.8), ①현장인력 부족, 저숙련화로 인한 품질저하* 및 안전사고 증대, ②인건비 상승으로 인한 공사비 증가, ③레미콘 8.5제로 인한 공기 지연 등 정책 달성에 차질 우려
- 모듈러공법은 사회환경 변화에 대응하여 적기 적소에 공급 가능한 공법으로 관심이 높아지고 있으나, 수요가 높은 중대형 공동주택 평면 대비 모듈러 공급면적의 협소화에 따른 저렴주택의 인식으로 활성화 저조
- 도심지의 토지 이용효율을 제고하기 위해 고밀도 복합화 사업이 요구되며, 모듈러 건축을 활용한 고밀도 개발을 위해서는 고층화가 필요
 - 도심지 토지 이용효율을 제고하기 위해 도심지 공공시설과 공동주택의 복합화 사업이 증가하고 있으며, 공사기간 중 공공시설의 이용 불가 일수를 최소화 하고, 도심지 내 주변 영향을 최소화하기 위해 공사기간을 단축하기 위해 고층화가 필수적
 - 44 층까지 모듈러공법을 활용한 해외 모듈러건축 시장과는 달리, 국내에서는 저층 위주로 모듈러공법이 적용되어왔으며 현재 13 층 규모의 중층 모듈러주택 실증사업을 수행하고 있으나 기술 격차가 발생한 상태로, 고층 모듈러를 위한 기술 개발이 필요

□ 국내외 모듈러 건설시장 규모의 지속적 성장

- 글로벌 모듈러 건설시장의 규모는 지속적으로 성장하고 있는 추세이며, 모듈러 건설시장의 성장 폭도 점차 증가할 것으로 기대됨.
 - 2020 년 전 세계 모듈러 건설시장 규모는 721 억 달러에 이르렀으며, COVID-19 로 인한 건설시장의 위축에도 불구하고 연평균 5.2%의 성장률을 나타내었고, 모듈러 건설시장은 2021 년에서부터 2028 년까지 연평균 6% 이상의 지속적인 성장률을 나타내며, 2028 년 기준 시장규모가 1,147 억 달러까지 성장할 것으로 기대됨(Fortune Business Insight 社 Market Research Report, 2021 & Grand View Research 社 Market Analysis Report, 2020)
- 정부와 한국토지주택공사(LH)는 모듈러 공법을 통한 주택 공급을 계획하고 있으며, 국내 모듈러 건설시장 규모가 증가할 것으로 기대됨.
 - 국토교통부는 '250 만 가구 이상 주택 공급 대책'에서 도심에서 신속하게 주택 공급하기 위해 모듈러 주택을 활용하려 하며, 용적률·건폐율 인센티브와 공공입찰 가산점 등의 방안을 통해 모듈러 산업을 육성하려고 함
 - 민간 대형 및 중견 건설사들도 모듈러 주택 관련 인력을 확충하고 연구개발(R&D)을 통해 모듈러 주택 사업 규모를 키우고 있으며, 국내 모듈러 시장이 성장할 것으로 전망됨.



<세종 6-3 생활권 UR1, UR2 행복주택 조감도>



<가리봉동 모듈러 행복주택 조감도>

<그림 3.4> 국내 모듈러 공법을 적용한 주택

※ 출처 : 서울주택도시공사(SH); 한국토지주택공사(LH)

□ 경직화된 제도 적용으로 인한 모듈러 시장의 확산 저해

○ 모듈러의 공법적 특성을 고려하지 않은 내화구조 제도 적용

- 13층 이상 건축물에 적용되는 내화 3시간을 만족하기 위한 내화구조 인정은 보드피복으로 인정받은 것이 대부분이며, 이러한 내화구조는 두꺼운 피복재로 인해 실내공간이 축소될 수밖에 없음.
- 모듈 간 조합으로 구성되는 공법적 특성에도 불구하고 유닛 당 내화피복을 하여 조합되는 부재에 내화피복이 중복되는 과다 설계/시공의 문제 발생
- 현행 내화구조 인정제도는 내화재료를 생산하는 제조사에게 내화구조 인정 신청 자격을 주고 있고 부재 단위로 내화구조 인정제도를 운영하고 있어 모듈러 건축의 특성에 맞지 않아, 인정제도에 대한 개선방안 마련 필요

○ 재래공법 대비 시장 인프라 미흡 및 제도정비 미비로 활성화의 걸림돌로 작용

- 현행의 공업화주택 인정제도는 단독주택과 공동주택으로만 한정되어 있으며, 인정받은 공업화주택일지라도 형태와 규모변경이 있으면 불인정되어 현장적용 사례가 전무한 실정
- 우리나라 모듈러 건축시장은 아직 협소해 공장생산을 위한 초기 설비투자 및 유지관리도 어려울 뿐만 아니라 대량공급에 따른 생산단가 절감도 거의 불가능해 모듈러 건축 활성화를 위한 정책적 지원이 시급한 상황

○ 모듈러 건축 및 구조설계는 신수종 분야로 경험과 지식을 갖춘 설계엔지니어가 절대적으로 부족하며 설계에 활용 가능한 인정할 수 있는 기술자료가 부족한 상황

다. 사업 추진의 필요성

- 고층 모듈러 주택 건설을 위한 기술 개발 시 내화구조 성능 확보는 건축법령에서 의무적으로 요구하고 있는 성능이며, 화재 시 건축물 구조적 안전성과 인명피해 방지를 위해서도 반드시 해결해야 할 기술
 - 현행 내화성능제도는 개별 부재 단위의 평가 및 인정제도로만 운영되고 있으며, 부재간 중첩이 발생하는 모듈러 공법에 적용 시 과다 설계로 인한 모듈러 공법의 경쟁력 저하 우려
 - 부재의 구성방법 및 배치 등이 기존 공법과 달라지는 모듈러 공법에 맞는 내화성능평가 방법 개발 및 인정제도 도입 필요

- 성능기반 내화설계 도입의 필요성
 - 모듈러 건축물에 적용되는 구조부재의 경우 상대적으로 사이즈가 작은 부재를 적용하기 때문에 13층 이상의 건축물에 요구되는 3시간 이상의 내화성능을 확보하기 위해서는 방화 석고보드 57 mm 이상 적용하는 등 부재사이즈가 과도하게 증가하는 문제점이 발생하고 있음
 - 해외에서는 건축물의 용도, 구조부재의 성능과 화재 형상을 고려하여 적절한 설계가 가능한 성능기반 내화설계를 적용하고 있으며, 이에 대한 설계기준과 이를 활용한 모듈러 건축물의 내화성능 실험과 설계법에 대한 연구가 진행되고 있음
 - 국내에서도 구조물의 화재 특성에 관계없이 일률적으로 적용하는 사양적 내화설계 대신에 구조물에 발생할 수 있는 실제 화재 특성에 기반한 성능기반 내화설계 도입이 필요함

- 모듈간 화재확산방지구조 도입 필요
 - 유럽, 미국 등의 모듈러 선진국에서는 골조, 벽체 및 바닥/천장 등의 복합부재 효과를 고려하기 위해 모듈단위 실험형 평가를 통한 내화인정 제도를 운영하고 있음.
 - 이와 같은 모듈 단위 내화인정제도 운영시 모듈 간 화재확산 방지를 위한 상세 도입이 필요하며, 화재확산방지 구조 미흡에 따른 화재사례가 신고 되고 있음.

- 모듈러 건축의 특성에 따른 주거성능 저하 및 하자가 발생하는 경우가 있으며, 이에 대한 문제점을 파악하여 주거품질 및 안전성 확보를 위한 설계기법 개발 필요

- 모듈러 건축의 하자부문에 있어서 면밀하게 조사한 사례는 극히 부족하며, 기존 R&D의 POE 등에서 프로젝트별 만족도 조사에서 일부 문제점들이 거론되고 있어 보다 체계적인 조사가 필요함.
- 고품질의 주거성능 확보를 위한 모듈러 건축의 공법적 특성을 반영한 하자방지 기술 및 설계기준 정립 연구필요
- 모듈러 건축물의 고층화 및 대형화를 통한 보급 확대를 위해 구조설계기법의 일반화 필요
 - 모듈러 건축물의 활성화에 큰 걸림돌로 경제성이 지적되고 있으며, 일반화되어 있지 못한 구조설계기법에 의해 난이도가 복잡해 해당하는 설계업무 대가가 적용으로 경제성이 더욱 악화되고 있음
 - 또한 인허가 과정에서 거쳐야 하는 건축계획심의와 구조안전심의에서 모듈러 건축물의 안전성에 대한 정보와 근거 부족으로 보완과 재심의로 공사 착수까지 오랜시간이 소요되어 모듈러 건축의 활성화에 저해 요인으로 확인됨
 - 따라서 모듈러 건축물의 안전한 구조설계의 저변 확대를 위해 일반 구조엔지니어가 활용할 수 있는 '인정할 수 있는 기술자료(acceptable technical data)'의 구축이 필요함
- 모듈러 건축시장 다양화 및 산업 활성화를 위한 정부 역할 필요
 - 최근 건설산업은 현장중심의 민원발생, 건설 인력난 등을 해결하기 노동생산성이 높은 공업화 공법 시장 확산을 유도하고 있으나 여전히 습식공법 중심의 제도적 한계로 인한 진입장벽 상존
 - 양질의 다양한 용도의 모듈러 건축 공급을 위한 제도 구축 및 각 관련 산업분야별 맞춤형 지원을 통해 시장 생태계 기반 마련 필요
- 모듈러 공법 특성을 고려한 인정제도 운영 및 인센티브 제공 필요
 - 1992년 이후 공업화주택 인정제도를 운영하고 있으나 홍보 또는 발주조건으로만 이용되고 있어 제도적 실효성이 미흡할 뿐만 아니라 인정대상이 단독주택, 공동주택으로 한정됨
 - 공법 특성인 현장 제작분에 대한 공업화율을 반영한 제도 개선과 건설업, 제조업, 설계업 등 관련 산업생태계가 효율적으로 작동하기 위하기 위한 여러 지원제도 및 협업체계 구축 필요

라. 사업의 추진 근거

1) 법적 근거

□ 본 사업은 「주거기본법」, 「국토기본법」, 「건설산업 진흥법」, 「건설기술 진흥법」 등 20 개 법에 법적근거를 두고 추진 가능

<표 3.4> 본 사업 법적 근거

근거 법률	내용	소관부처
국토교통과학기술 육성법 [16.9 시행]	이 법은 국토교통과학기술 육성을 위한 기반을 조성하여 산업의 경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 지속적인 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 함	국토교통부
주거기본법 [19.4 시행]	이 법은 주거복지 등 주거정책의 수립·추진 등에 관한 사항을 정하고 주거권을 보장함으로써 국민의 주거안정과 주거수준의 향상에 이바지하는 것을 목적으로 함	국토교통부
수도권정비계획법 [20.6 시행]	이 법은 수도권(首都圈) 정비에 관한 종합적인 계획의 수립과 시행에 필요한 사항을 정함으로써 수도권에 과도하게 집중된 인구와 산업을 적정하게 배치하도록 유도하여 수도권을 질서 있게 정비하고 균형 있게 발전시키는 것을 목적으로 함	국토교통부
건설기술 진흥법 [21.6 시행]	이 법은 건설기술의 연구·개발을 촉진하여 건설기술 수준을 향상시키고 이를 바탕으로 관련 산업을 진흥하여 건설공사가 적정하게 시행되도록 함과 아울러 건설공사의 품질을 높이고 안전을 확보함으로써 공공복리의 증진과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 함	국토교통부
건설산업기본법 [21.7 시행]	이 법은 건설공사의 조사, 설계, 시공, 감리, 유지관리, 기술관리 등에 관한 기본적인 사항과 건설업의 등록 및 건설공사의 도급 등에 필요한 사항을 정함으로써 건설공사의 적정한 시공과 건설산업의 건전한 발전을 도모함을 목적으로 함	국토교통부
공공주택 특별법 [21.8 시행]	이 법은 공공주택의 원활한 건설과 효과적인 운영을 위하여 필요한 사항을 규정함으로써 서민의 주거안정 및 주거수준 향상을 도모하여 국민의 쾌적한 주거생활에 이바지함을 목적으로 함	국토교통부
국토기본법 [21.8 시행]	이 법은 국토에 관한 계획 및 정책의 수립·시행에 관한 기본적인 사항을 정함으로써 국토의 건전한 발전과 국민의 복리향상에 이바지함을 목적으로 함	국토교통부

2) 국정과제 근거

□ 본 사업은 「윤석열 정부 국정비전, 목표」 5대 국정목표 중 '상식이 회복된 반듯한 나라', '민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제', '따뜻한 동행, 모두가 행복한 사회'에 해당되며, 110대 국정과제 중 열 가지에 해당

○ 특히, 국토교통 산업의 혁신을 통해 4차 산업혁명 시대의 미래 먹거리로 육성하고, 역동적 경제성장을 지원하며, 스마트 건설기술(BIM, OSC 등) 확산으로 산업의 고부가가치화, 페이퍼컴퍼니 근절 노력 등 비합리적 관행이 없는 공정한 건설 환경 조성하고자 하는 본 과제와 부합함.

<표 3.5> 「윤석열 정부 국정비전, 목표」 중 본 사업 관련 내용

국정목표	약속	국정과제
상식이 회복된 반듯한 나라	국민의 눈높이에서 부동산 정책을 바로잡겠습니다	<ul style="list-style-type: none"> 주택공급 확대, 시장기능 회복을 통한 주거안정 실현 촘촘하고 든든한 주거복지 지원
민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제	경제체질을 선진화하여 혁신성장의 디딤돌	<ul style="list-style-type: none"> 성장지향형 산업전략 추진 산업경쟁력과 공급망을 강화하는 신산업통상전략 에너지안보 확립 및 에너지 신사업, 신시장 창출 수요자 지향 산업기술 R&D 혁신 및 지식재산 보호 강화
	핵심전략 산업 육성으로 경제 재도약	<ul style="list-style-type: none"> 제조업 등 주력산업 고도화로 일자리 창출 기반 마련 반도체, AI, 배터리 등 미래전략산업 초격차 확보 모빌리티 시대 본격 개막 및 국토교통산업의 미래 전략산업화
	하늘, 땅, 바다를 잇는 성장 인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> 국토공간의 효율적 성장전략 지원
따뜻한 동행, 모두가 행복한 사회	노동의 가치가 존중받는 사회	<ul style="list-style-type: none"> 산업재해 예방 강화 및 기업 자율의 안전관리체계 구축 지원
자율과 창의가 만드는 담대한 미래	탄소중립 실현으로 지속가능한 미래	<ul style="list-style-type: none"> 과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환

※ 출처 : 대한민국정부 - 제5차 국토종합계획

3) 국가계획 근거

□ 제 5차 국토종합계획(2020~2040)

- '모두를 위한 국토, 함께 누리는 삶터'를 비전으로 6대 추진 전략을 수립하였으며, 이 중 3개 추진 전략이 동 사업과 관련
- "세대와 계층을 아우르는 안심 생활공간 조성"전략의 "인구구조 변화에 대응한 도시·생활공간 조성"과제가 동 사업과 부합
 - 새로운 거주 수요에 대응한 주거공간 확충
 - * 1-2인 가구 증가를 고려한 소형주택 공급 유도
 - * 고령자, 다문화·외국인 가구 특성을 고려한 맞춤형 주거지원 확대
 - * 공유형 주거 등 새로운 유형의 주택공급 기반 마련
 - * 인구구조 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 주거정책 기반 구축

<표 3.6> 제 5차 국토종합계획 추진전략 및 추진계획

추진전략	추진과제
세대와 계층을 아우르는 안심 생활공간 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 인구 감소에 대응한 유연한 도시개발, 관리 • 인구구조 변화에 대응한 도시, 생활공간 조성 • 수요 맞춤형 주거복지와 주거공간의 선진 • 안전하고 회복력 높은 국토대응체계 구축
품격있고 환경 친화적 공간 창출	<ul style="list-style-type: none"> • 깨끗하고 지속가능한 국토환경 관리 • 국토자원의 미래가치 창출과 활용도 제고 • 매력 있는 국토, 도시 경관 창출
인프라의 효율적 운영과 국토 지능화	<ul style="list-style-type: none"> • 지능형 국토, 도시공간 조성

※ 출처 : 대한민국정부 - 제5차 국토종합계획

□ 국민 주거안정 실현방안(22.8, 관계부처 합동)

- 본 사업은 고품질의 OSC 공동주택 기술개발 및 확산을 위한 실증 중심의 연구로서, "모듈러 주택 활성화" 정책 목표 달성 지원 가능

◆ 추진전략 5. 주택품질 확보 [2] 공간 활용 용이성 확보

- (모듈러 주택 활성화) 일반주택 대비 30% 이상의 공기 단축이 가능하고, 다양한 설계 반영 가능
 - 청년·고령자복지주택 등에 적극 활용될 수 있도록 용적률, 인센티브 및 높이제한 완화 (「주택법」 개정, '22.下)

4) 부처계획 근거

□ 제 2 차 장기주거종합계획(2013~2022)

- “국민 누구나 집 걱정 없는 더 나은 주거생활”을 비전으로 5개 정책 추진방향을 수립하였으며, 이 중 2개 정책 추진방향이 동 사업과 관련, 특히 ‘미래에 대비하는 주거환경 조성’과 ‘주택관리 강화’가 동 사업과 가장 부합

<표 3.7> 「제 2차 장기주거종합계획」 중 본 사업 관련 내용

추진전략	추진과제
수요자 맞춤형 지원으로 사회통합형 주거사다리 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 생애단계별, 소득수준별 맞춤형 주거지원
미래에 대비하는 주거환경 조성 및 주택관리	<ul style="list-style-type: none"> • 주택품질, 서비스 향상 및 미래형 주택 공급 • 커뮤니티 중심의 사회통합형 주거문화 구축

※ 출처 : 국토교통부(2018.6) - 제2차 장기주거종합계획('13~'22) 수정계획

□ 제 3 차 건축정책 기본계획(2021~2025)

- “일상의 가치를 높이는 건축, 삶이 행복한 도시”를 비전으로 3개 정책목표, 9개의 추진전략을 수립하였으며, 3개 정책 모두 추진방향이 동 사업과 관련

<표 3.8> 「제 3차 건축정책 기본계획」 중 본 사업 관련 내용

정책목표	추진전략	추진과제
공공건축 혁신과 도시·건축 통합설계로 국민 생활공간 향상	공공건축 혁신으로 국민 일상 공간환경 개선	<ul style="list-style-type: none"> • 공공건축 디자인 개선을 위한 생산과정 혁신
지역 건축안전 및 에너지성능 향상으로 지속가능한 탄소중립 도시 조성	건축물의 에너지 성능 향상과 지속적 보급	<ul style="list-style-type: none"> • 건축물 에너지 향상 및 운영관리 강화
	커뮤니티중심의 안전한 지역 생활공간 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 지역 동네 안전 및 공동체성 회복
건축사업 구조개선 및 역량강화를 통한 국가경쟁력 확보	첨단 건축기술과 빅데이터 활용을 통한 스마트건축 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 첨단 건축기술로 건축 생산성 향상 및 시장 확대

※ 출처 : 국토교통부 - 제3차 건축정책 기본계획(2021~2025)

□ 제 1 차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)

- “혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통”을 비전으로 4개의 추진전략, 12개의 실천과제를 수립하였으며, 이 중 3개 정책 추진전략이 동 사업과 관련

<표 3.9> 「제 1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」 중 본 사업 관련 내용

추진전략	추진과제
기술융합을 통한 새로운 가치창출	<ul style="list-style-type: none"> • 융합기술을 통한 건설 지능화 실현 • 고부가가치 건설기술 창출
사람 중심의 국토교통 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 생활공간 조성 기술 개발 • 사회이슈 해결형 기술 개발

※ 출처 : 국토교통부 - 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)

□ 스마트 건설 활성화 방안(22.7, 국토부)

- 본 사업은 OSC 기반 공동주택 확산을 위한 실증 중심의 연구로서, 현장에서 공장 중심으로서의 생산시스템 선진화를 목표로 하는 스마트 건설 활성화 방안과 직접적으로 연계됨

<표 3.10> 「스마트 건설 활성화 방안」 중 본 사업 관련 내용

추진전략	추진과제
시장 초기 붐업을 위한 공공발주 확대	<ul style="list-style-type: none"> • (공공주택) '23년에 1천호로 발주물량을 확대('20~'22, 연평균 464호)하고, 시행성과와 기술발전 등을 고려하여 점진적 확대 방안 마련('24) • (비주택) 노후 초·중·고등학교 개축·리모델링 기간에 공사기간이 짧은 OSC를 교육시설로 활용
민간 확산을 위한 제도정비	<ul style="list-style-type: none"> • (인센티브 제공) 지자체 인·허가 단계에서 용적률·건폐율·높이 제한을 완화할 수 있도록 법적근거 마련(주택법, '22.下) • (기준 정비) OSC 품질 제고를 위해 부재, 모듈의 제작오차, 품질관리 및 부재(또는 모듈) 간 수직·수평접합 등의 기준 마련('23.上) • (OSC주택 인정제도 개선) 인정대상 범위(현:주택)를 OSC 수요가 많은 기숙사, 오피스텔 등 준주택까지 확대(주택법, '22.下)
기술개발 지원 및 실적관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> • (기술개발 지원) 핵심기술 고도화를 위한 민간 합동 R&D 추진 * 주거성능·안전(내화·내진·진동), 시공기술(양중·적층·접합), 코어 모듈화 등

※ 출처 : 국토교통부- 스마트건설 활성화 방안, 추진과제Ⅲ. 생산시스템 선진화 ④ 탈현장 건설(OSC) 활성화(현장→공장)



<그림 3.5> 스마트건설 활성화 방안에서 제시하는 OSC 개념

□ 제 6 차 건설산업진흥기본계획('23.12, 국토부)

- 건설산업 신성장 동력 확보 방안으로 OSC시장 확대를 추진, 이를 위한 세부과제 제시
 - * OSC 기준반영, OSC핵심기술 고도화(기술개발 지원 포함)

□ 제 7 차 건설기술진흥기본계획('23.12, 국토부)

- 본 사업은 OSC 기반 마련을 위한 공장 중심의 생산·품질 관리, 생산 자동화 기술개발과 OSC 활성화를 위한 법·제도 마련을 위한 연구로써, “스마트건설 실현을 위한 생산시스템의 자동화·모듈화” 정책 지원 가능

◆ 분야 1. 디지털 전환(DX)을 통한 스마트건설 실현 [2] 생산시스템의 자동화/모듈화

- OSC 활성화를 위한 발주제도 개선 및 설계·시공·감리기준/공사비 산정기준 마련
- OSC 제조업체 공장인증 등 품질관리 방안 마련
- 지자체 인허가 단계에서 용적률, 건폐율, 높이 제한 완화 등 인센티브 제공 등

2. 국내외 동향 및 환경 분석

가. 대내외 환경분석

1) 정책적 환경분석

□ 윤석열 정부는 「110대 국정 과제」의 세부 실행 계획을 통해 모듈러 주택 인센티브 방안 및 관련 주택법 개정 추진

- 모듈러 주택 활성화를 위한 건폐율·용적률·높이제한 완화 등의 인센티브 방안이 정부의 「110대 국정 과제」 및 국회 입법안에 반영되어 추진되고 있음.

※ 출처 : BUSINESSWatch. (2022.08). [모듈러주택이 뜬다] ② '더 빨리 더 많이' 주택공급 대안될까

□ 싱가포르 및 미국, 영국 등 해외 다수 국가의 모듈러 건축 육성 적극 추진

- 정부의 모듈러 건축 관련 정책 수립 및 민간 협력 유인을 통한 모듈러 건축 활성화의 기틀 마련

- 싱가포르 및 영국은 OSC(Off-Site Construction)을 국가 차원의 건설산업 혁신전략으로 채택하고 공공발주사업의 OSC 활용을 일정 비율 의무화하거나 중장기 발주계획 수립을 통해 모듈러 건축 확산의 기반을 제공하고 있음

- 미국 및 일본은 현재 OSC 적용을 위한 법적 또는 제도적 기반 제공 등 정부의 제한적 지원 하에 민간기업 역량과 시장의 수요에 따른 모듈러 건축 생태계가 형성되어 있음

※ 출처 : 국토매일. (2021.08). [기고] 모듈러 건설, 산업차원의 전환 위한 종합적 정책 추진 필요

- 해외 정부의 정책적 지원 및 인센티브 제공을 통한 모듈러 건축 활성화

- 싱가포르 정부의 경우, 모듈러 주택에 관한 건축기준 완화(용적률 6%) 및 신축·개조·증축 시 전체 지출 비용의 25%를 초기 지급하고 있으며, 설계·철거 비용까지 지원

- 미국 정부의 경우, 2018년 모듈러 건축물 전체 비용을 최대 100%까지 공제 가능한 법안이 통과하였으며, 일부 주에서는 모듈러 주택에 한하여 무이자·저금리 대출 지원

- 중국 정부의 경우, 모듈러 건축에 대해 건축기준 완화, 세제 혜택, 지원금 지급 및 무이자·저금리 대출을 지원

- 홍콩 정부의 경우, 모듈러 컨설턴트와 협력업체, 구매자에게 각각 250만 ~ 500만 홍콩 달러를 직접 지원

- 캐나다 정부의 경우, 코로나 19로 인한 취약계층의 긴급수요를 위해 모듈러 건축을 지원할 수 있도록 지자체에 자금을 지원해 목표를 초과 달성하자 한시적으로 15억달러의 예산을 배정하여 지원

※ 출처 : 한국경제. (2022.06). "낮은 법령' 확 바꾸고 '임시 건물' 편경 없애야"

해외 모듈러 인증 인센티브 비교 자료: 안용한 교수

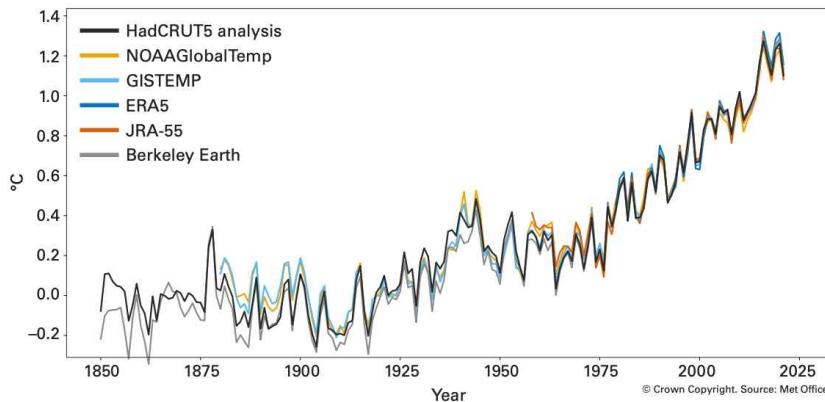
구분	일본	홍콩	캐나다	싱가포르	중국	한국
건축기준 완화	×	×	×	용적률 6%	용적률 3%	×
행정절차 간소화	심사, 중간검사, 준공검사 생략	×	인허가 취득 용이	사전승인 운영	×	×
감리·설계 간소화	×	×	감리 횟수 감소	×	×	×
자금지원	세금 감면	자금 지원	지자체 자금지원	프로젝트 자금지원	세금감면, 자금지원	×

<그림 3.6> 해외 모듈러 인증 인센티브 비교

※ 출처 : e대한경제. (2021.11). [국제모듈러포럼2021] “美·中 모듈러 인센티브 경쟁...韓만 역주행”

□ 세계적으로 탄소중립 관련 글로벌 규범체계가 주목받고 있음

- 산업혁명 이후 지속적으로 상승 추세를 보인 지구의 평균온도는 2021년 9월 기준 산업화 이전 대비 1.09°C 상승했으며, 상승세가 점점 더 빨라지고 있음



<그림 3.7> 산업화 이전(1850~1900년) 대비 지구 평균기온 변화

※ 출처 : WMO. (2021.10). State of Global Climate 2021 (Met Office 자료 재인용)

- 지구온난화로 인한 이상기후와 자연재해 증가는 직접적인 인명 및 재산 피해뿐 아니라 식량부족, 질병 증가, 해수면 상승 등 인류에게 치명적 위협으로 작용하고 있음
 - 지구 온도가 1°C~1.5°C 상승 시, 2050년까지 지구생물 종의 15~37%가 멸종하고, 식량 생산 부족 현상이 발생할 것으로 우려됨
- 2010년대 후반 이후 선진국들의 탄소중립 선언이 본격화 되었으며, 전향적 대응을 통해 탄소중립 시대 국제질서 변화와 대응 체계·기술을 주도하고자 하는 국가들이 증가하였음
 - 유럽연합(EU), 영국, 캐나다 등이 잇달아 2050년을 탄소중립 원년으로 선언하였고, 장기 저탄소 발전 전략(LEDs)의 UN 제출 시한(2020.12)이 다가오면서 중국(9월 22일), 일본(10월

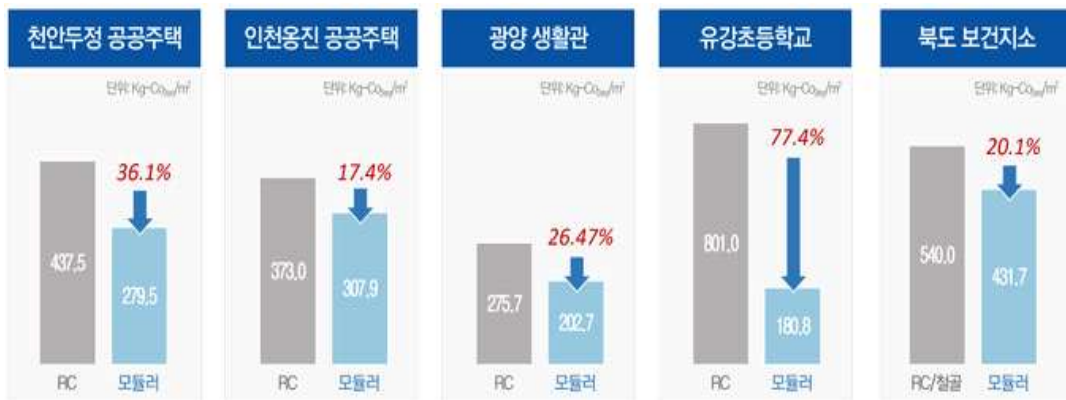
26 일), 한국(10 월 28 일) 등 주요국들이 탄소중립 및 장기 저탄소 발전전략을 발표함.

□ 최근 정부의 2050 탄소중립 시나리오, ESG 경영 및 관리가 주목받고 있음

- 세계적 탄소 중립 흐름에 맞추어 우리나라 정부도 2020년 10월에 2050년까지 탄소 중립 달성을 선언하였으며, 2021년 10월 구체적 탄소 중립 시나리오를 발표함
- 2050 탄소중립 시나리오와 2030 온실가스 감축목표(NDC)를 충족하기 위한 부문별 탄소배출 감축률을 살펴보면, 에너지 전환, 폐기물, 수송, 건설 부문의 적극적 감축이 요구됨.
- 전체 산업 기준 건설산업은 전세계 온실가스의 25%, 이산화탄소 배출량의 47%를 차지함
 - Mckinsey & Company 보고서에 따르면, 건설산업은 건설자재 생산과정까지 포함한 전체 Value Chain 과 건물 운영 부문에서 전 세계 온실가스의 25%를 배출함
 - ※ 출처 : McKinsey & Company. (2021.07). Call for action: Seizing the decarbonization opportunity in construction
 - 세계 건축 및 건설연맹(Global ABC) 보고서에 따르면, 광의의 건설산업(건설자재 생산 포함)과 건물 운영부문에서 배출된 이산화탄소는 2020 년 기준 전 세계 에너지 관련 이산화탄소 배출의 47%(건설 Value Chain 단계 20%, 건물 운영 단계 27%)를 차지함.
 - ※ 출처 : UNEP, Global ABC. (2021.10). 2021 Global Status Report for Buildings and Construction

□ 정부의 탄소중립 정책에 따른 건설시장 대응 전략 및 과제가 수립되고 있음

- 정부의 탄소중립 시나리오에 따른 파급효과를 기초로 건설기업이 탄소중립 시나리오에 대응하기 위한 전략 및 과제 검토 결과, 3가지 분야 6대 전략이 필요할 것으로 판단됨.
- 모듈러 건축은 탈현장화, 공장제작 등의 특성을 통해 개별 건설기업 및 건설상품 총 생애주기 단위의 탄소배출 감축을 위한 선도적 솔루션으로 작용할 수 있음
 - 전과정평가(LCA) 관점에서 천안두정 공공주택 및 인천웅진 공공주택 등 프로젝트의 투입건축자재 누적질량 기준으로 기존공법대비 모듈러건축의 온실가스 배출량을 비교한 결과 평균 35.5%의 저감효과가 나타남.

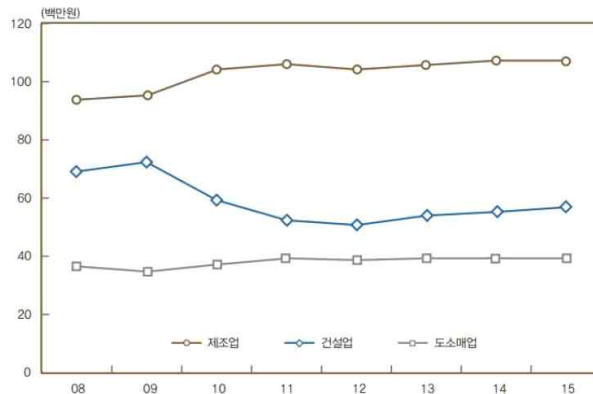


<그림 3.8> 모듈러 건축 탄소배출 저감효과

2) 경제적 환경분석

□ 한국 건설산업의 노동생산성 및 시공 생산성이 점차 낙후되고 있음

- 한국생산성본부의 통계자료에 따르면 2008년~2015년까지 건설업의 노동생산성이 74.0%에서 53.2% 수준으로 하락하면서, 제조업과 건설업 두 업종 간 격차가 확대되고 있음.



<그림 3.9> 산업별 노동생산성 변화 추이

※ 1인당 부가가치 기준

※ 출처 : 한국건설기술연구원. (2019.01). 모듈러 건축 성능인정 제도 도입(안)에 관한 연구 (한국생산성본부 자료 재인용)

- 한국건설기술연구원의 자료에 따르면 국내 건설시공 생산성은 일본에는 앞서고 있으나 미국 등 대부분의 주요국에는 미치지 못하고 있는 실정임.

※ 출처 : 한국건설기술연구원. (2019). 모듈러 건축 성능인정 제도 도입(안)에 관한 연구

- 맥켄지 글로벌 연구소(MGI)에 따르면 미국, 중국, 일본 등 건설업 규모가 큰 세계 41개국의 생산성을 건설 생산성을 분석한 결과 한국은 19위로, 상위권 국가의 1/3~1/4 수준임.

※ 출처 : 연합뉴스. (2017.02). "한국 건설업 생산성 20년간 제자리... 41개국 중 19위"

□ 모듈러 건축으로 건설산업의 패러다임이 변화하고 있음

- 전세계적으로 모듈러 건설시장의 규모는 지속적으로 성장하고 있는 추세이며, 모듈러 건설시장의 성장 폭이 점차 증가할 것으로 기대됨

- 2020년 전 세계 모듈러 건설시장 규모는 721억 달러에 이르렀으며, COVID-19로 인한 건설시장의 위축에도 불구하고 연평균 5.2%의 성장률을 나타냄

- 전 세계 모듈러 건설시장은 2021년에서부터 2028년까지 연평균 6% 이상의 지속적인 성장률을 나타내며, 2028년 기준 시장규모가 1,147억 달러까지 성장할 것으로 기대됨

- 2020년에서부터 2025년까지 아시아·태평양 지역의 모듈러 건설시장이 가장 높은 연평균 성장률을 나타낼 것으로 기대됨

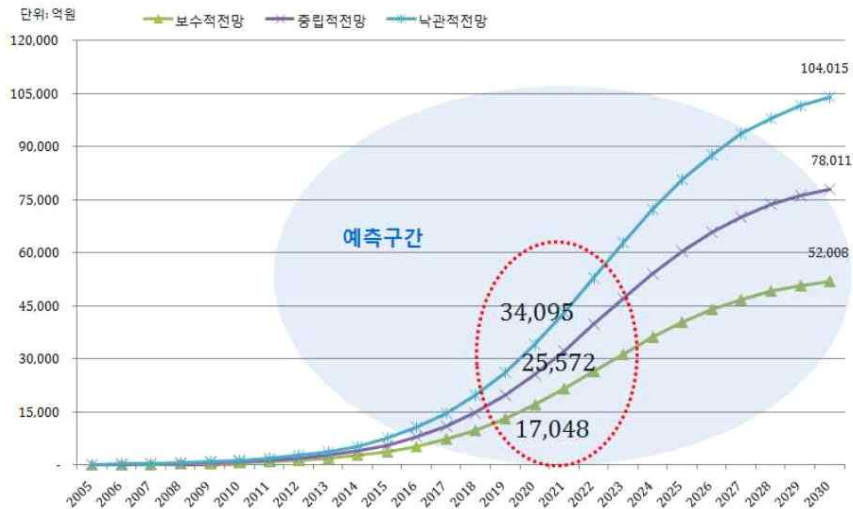
※ 출처 : Fortune Business Insight. (2021.04). Modular Construction Market Size, Share & COVID-19 Impact

Analysis, by Type, by Application, and Regional Forecast, 2021-2028;
 Grand View Research. (2020). Modular Construction Market Size, Share & Trends Analysis Report by the Type, by Application, by Region, and Segment Forecast, 2021-2028
 Market and Market. (2020.07). Modular Construction Market by Type, Material, Modules, End-Use, and Region – Global Forecast to 2025

○ 국내 건설산업 또한 생산성 향상을 위하여 공장생산 건축(Off-Site) 중심의 건설산업 패러다임 변화가 진행되고 있음

- 특히, 대표적인 공장생산 방식인 모듈러 건축물에 관한 수요가 증가하고 있으며, 대한건설정책연구원(2011) 발표자료에 따르면 향후 시장 규모가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨

※ 출처 : 한국건설기술연구원. (2019.01). 모듈러 건축 성능인정 제도 도입(안)에 관한 연구



<그림 3.10> 국내 모듈러 건축시장 예측 결과

※ 출처 : 대한건설정책연구원. (2011.12). 전문건설업 발전을 위한 공업화건축 활성화 방안

- 지난해 국내 모듈러 건축 시장 규모는 1457 억원 규모로 전년(267 억 5000 만원) 대비 444.67%(5.44 배) 급증하였으며, 업계에서는 모듈러 주택시장이 향후 5년 이내 1조~3조원 규모로 성장할 것으로 예상하고 있음

※ 출처 : 한국경제. (2022.06). "공사 기간·인력·폐기물 '3低 혁명'..."3조 모듈러 주택시장 잡자"

□ 국내 저층 모듈러 건축 실증사업 성공을 통해 전국적 사업 확산 및 (비)주거 시장의 지속적 물량 확대의 계기를 마련함

○ 최근 저층 모듈러 실증사업의 성공으로 전국적으로 모듈러건축 확대 분위기를 형성함

- 가양동 행복주택 및 천안 두정 행복주택 등 저층 모듈러건축 실증사업('14~'17년)의 성공을 통해 전국적으로 사업이 확산되고 있으며, LH, SH, 교육부 등 공공을 중심으로 한 주거/비주거 건축 시장에서 물량이 지속적으로 확대되는 계기를 마련함

- 정부 또한 모듈러주택 공급 확대에 발 벗고 나서고 있으며, 2025년까지 83만 가구의 주택 공급 계획을 발표하며 모듈러 주택 활성화를 위한 공공기관 발주 물량 확대를 예정하고 있음
 - ※ 출처 : 공학저널. (2021.02). "제작공정 최적화해, 모듈러 건축 생산성 높인다"
- 미래에셋증권이 국가건축정책위원회 자료를 토대로 분석한 결과에 따르면 국내 모듈러 건축 시장 발주 규모는 2019년 8,000억원에서 점진적으로 증가하여 올해 2조 4,000억원까지 폭발적으로 늘어날 것으로 전망됨
 - ※ 출처 : 매일경제. (2021.07). "공급확대 '발등의 불'...모듈러주택 규제도 풀다"

3) 사회적 환경분석

□ 한국사회의 저출산·고령화 문제로 인한 노동력 부족이 가속화되고 있음

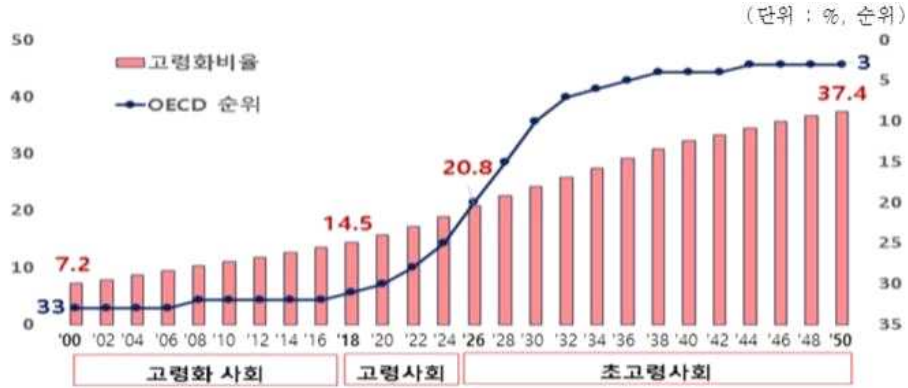
○ 저출산·고령화로 인해 한국사회의 생산연령인구가 감소할 것으로 전망됨

- 대통령 직속 저출산고령사회위원회의 분석에 따르면 2018년 한국 합계출산율이 0.96~0.97명으로 집계되었으며, 합계출산율이 1.0명 이하인 나라는 한국이 유일한 현황임
 - ※ 출처 : 서울경제. (2019.01). "[대한민국 생존 리포트 ⑤경제]저출산·고령화에... '소비감소→투자위축→저성장' 악순환"
- OECD 통계에 따르면 한국의 합계출산율은 1970년~2018년 기간 동안 연평균 3.1%씩 감소하고 있어 OECD 37개 회원국 중 저출산 속도가 가장 빠른 것으로 나타남
 - ※ 출처 : 한국경제연구원. (2021.03). "한국, 연평균 저출산·고령화 속도 OECD 37개국 중 가장 빨라"
- OECD 회원국 중 고령인구 비중이 높은 일본, 이탈리아, 스페인 3개국들과 비교한 결과, 한국은 가장 빠른 비율로 고령화가 진행되어 2036년에는 고령화비율 3위인 이탈리아를 제칠 것으로 예상되며, 2050년에는 고령화비율 2위인 스페인의 37.7%보다 불과 0.3% 낮은 37.4%로 OECD 회원국 중 3위의 '고령국가'가 될 것으로 전망됨



<그림 3.11> 1970~2018년 OECD 주요국 합계출산율 연평균 증감률 비교

※ 출처 : 한국경제연구원. (2021.03). "한국, 연평균 저출산·고령화 속도 OECD 37개국 중 가장 빨라"



<그림 3.12> 한국 고령화비율 및 OECD 회원국 내 순위 추이

※ 출처 : 한국경제연구원. (2021.03). “한국, 연평균 저출산·고령화 속도 OECD 37개국 중 가장 빨라”

○ 건설산업과 같은 노동집약적 산업들의 경우 노동력 부족 문제를 직면하고 있음

- 한국의 저출산 및 유례없이 빠른 고령화로 인한 생산연령인구 감소는 노동력 부족 문제를 가속화하고 있으며, 특히, 건설산업의 경우 외국인 근로자의 노동력에 의존하고 있는 실정임

※ 출처 : 한국경제. (2022.08). “[독자의 눈] 인구감소 해법 시급하다”

□ 국내 1인 가구 비중이 증가함에 따른 소규모 주거 공간 확보가 필요함

○ 국내 1인 가구 비중이 점차 증가하고 있음

- 행정안전부의 분석자료에 따르면, 21년 9월 기준 전국 1인 가구는 약 936만 가구로 전체 2,338만 가구 중 40.1%를 차지하고 있으며, 1인 가구가 지속적으로 증가할 것으로 전망됨

※ 출처 : 서울경제. (2021.06). “1인 가구 40% 첫 돌파... 4인 가구는 20% 밑으로”

○ 1인 가구 증가에 따른 소규모 주거 공간 확보 필요성이 증대되고 있음

- 과거 가족의 표준으로 여겨지던 4인 이상 가구 비중은 2016년 말 기준 25.1%에서 지속적으로 감소해왔으며, 21년 기준 20% 미만으로 감소하였음

※ 출처 : 서울경제. (2021.06). “1인 가구 40% 첫 돌파... 4인 가구는 20% 밑으로”

- 부동산 전문리서치업체 리얼투데이의 아파트 매매거래량 분석 결과에 따르면, 21년 상반기 소형 아파트 거래비중이 전체 거래량의 47.4%를 차지하였음

- 가족 구성원이 작게 분화됨에 따라 필요한 주거공간이 줄어들고 있으며, 1인 가구가 증가함에 따라 소형 주거상품의 인기가 지속될 것으로 전망됨

※ 출처 : 아주경제. (2021.11). “1인 가구 40% 시대...소형 아파트 거래 비중 늘고 가격도 '쑥'”

□ 감염병 및 자연재해로 인한 단기간 내 건립 가능한 임시 건축물에 관한 수요가 증가

○ 신종 코로나바이러스 감염증이 전 세계에서 기승함에 따라 임시 건축물의 수요 증가

- 코로나바이러스 감염증 대유행이 장기화됨에 따라 병상 부족 문제가 지속적으로 제기되고 있으며, 단기간에 병상을 확보하기 위한 대안으로 모듈러 건축공법이 각광받고 있음
※ 출처 : 한국경제. (2020.05). "[기고] 레고처럼 병원을 쌓을 수 있다면"

○ 폭우 및 태풍 등 자연재해 이주민을 위한 임시 주거시설 확보 필요성이 제기되고 있음

- 최근 폭우피해로 인해 다수의 이재민이 발생함에 따라 행정안전부와 국토교통부는 집을 잃은 이재민에게 임시 거주할 조립주택을 제공할 예정이며, 서울시는 특별교부금 300 억 원을 지원하여 시설물 피해복구 및 이재민의 임시 거주지를 마련할 예정임

※ 출처 : 월요신문. (2022.08). "정부, 호우 이재민 임시조립주택·공공임대주택 지원 추진"; 서울경제. (2022.08). "케이씨산업, 건설산업 OSC 활성화 적극 추진...집중호우 대비에 적용 가능해"

□ 정부의 250 만 가구 이상 대규모 주택 공급 대책이 빠르게 추진되고 있음

○ 현행 부동산 시장 안정화를 위한 대규모 주택 공급 정책이 추진되고 있음

- 정부는 향후 5 년간 대규모 주택 공급 계획이 담긴 '국민 주거안정 실현 방안'을 발표했으며, 2023~2027 년까지 서울 50 만 가구 등 수도권에 158 만 가구, 지방 112 만 가구 등 총 270 만 가구의 주택을 공급할 예정임

- 정부의 250 만 가구 이상 주택 공급 대책에 모듈러 주택 산업 활성화 방안이 반영되었으며, 국토부는 모듈러 주택 활성화를 위해 용적률 및 건폐율, 높이 제한 완화 등 인센티브를 준비 중에 있음

※ 출처 : 아시아타임즈. (2022.07). "尹정부 250만호 공급 묘수 '모듈러 주택', 10대 건설사 뛰어든다"

4) 기술적 환경분석

□ 모듈러 주택 시장 활성화를 위해 재래공법과 동등한 공간구성을 발현할 수 있는 기술 개발 필요

- 해외 모듈러 건축 시장의 경우 중대형 평면의 모듈러 공동주택이 공급되고 있음
- 국내 도심지 주택사업의 경우 중대형 세대에 대한 수요가 높은 것에 반해 모듈러 주택은 공급면적이 협소하고 공급자 위주의 경직된 공간을 구성하여 모듈러 주택 활성화를 저해함
- 중대형 평면을 위해서는 모듈러 조합이 불가피하며, 개방면(open-side)을 가진 모듈 조합에 의한 여러 하자도 발생할 가능성이 높음. 따라서 면밀한 하자사례 분석에 기반하고 모듈러건축의 공법적 특성을 반영한 하자방지 설계기준 개발 필요

□ 모듈러 주택 고층화를 위한 구조 및 시공 기술에 관한 검토 및 개발이 필요함

- 해외 모듈러 주택 시장의 경우 모듈러 공법을 통한 고층 건축물들이 시공되고 있음

<표 3.11> 국외 모듈러 건축물 고층화 사례

구분	층수	연도	비고	
영국(Paragon, Brentford)	17	2007	중층	↓
영국(Wolverhampton University)	24	2009		
영국(Victoria Hall, Wembley)	17	2011		
영국(Felda House, Wembley)	19	2015		
영국(Chapter Lewisham, London)	12	2016		
호주(La Trobe Tower)	44	2016	고층	
미국 (461 Dean Street-B2 Project)	32	2016		
영국 (Apex House)	29	2017		
싱가폴 Clement Canopy	27	2018		
싱가폴 (Clement Canopy)	40	2019		
영국 (Croydon Modular Tower)	38~44	2021		

- 해외 모듈러 주택 시장의 고층화가 진행되는 것에 반해 국내 모듈러 주택 시장의 경우 저층 위주로 사업이 수행되고 있어 모듈러 공법의 기술 격차가 심화되고 있음
 - 국내 모듈러 주택 사업은 주로 저층 위주로 진행되어왔으며, 최근 들어 13층 규모의 중층 모듈러 주택 실증사업을 수행하고 있음.
 - 모듈러 건축의 안전성과 내구성에 대해 구조설계자, 허가주체, 사용자가 신뢰할 수 있는 기술 자료와 건축행정에 이용할 수 있는 근거가 부족하여 6층 및 13층 모듈러 건축 파일럿 사례에서도 실험과 해석 수행 그리고 전문가 평가가 반복되는 과정으로 인허가에 많은 시간 소요

□ 모듈러 건축 구성 기술별 국내외 기술 수준 비교

- 해외 모듈러 선진국의 경우 50층 규모의 모듈러 공동주택이 사업화 단계이며, 점차 적용사례가 증가하고 있는 추세임
 - 싱가포르의 경우 모듈러 건축기술을 활용하여 56층 규모의 공동주택 완공을 앞두고 있으며, 다양한 규모의 평면으로 구성되어 수요자 계층을 확대하고자 함
 - 이에 반해 국내의 경우 13층 규모의 1인 가구 중심의 시범사업을 수행하고 있음
- 해외 모듈러 선진국의 경우 다양한 모듈 조합방식을 통해 중대형 평면을 구현하고 있는 추세임
 - 해외의 경우 확장형 유닛 조합, 오픈 사이드 대형 모듈 조합 등을 통해 RC 공법과

대등한 평면의 공동주택을 구현함

- 국내의 경우 4 sided module 조합이 대부분이며, 다양한 모듈 조합방법에 관한 연구와 함께 공법적 특성에 따른 하자 방지 기술개발이 필요함
- 모듈러 건축 고층화를 위한 구조설계기법의 일반화 필요
 - 국내의 경우 구조 분야 기술이 중저층 모듈러에 머물러 있으며, 볼트를 이용한 일반적 접합방식이 개발되고 있으나, 상용화 단계까지 발전되지 못함
 - 모듈러 건축물의 안전한 구조설계의 저변 확대를 위해 일반 구조엔지니어가 활용할 수 있는 '인정할 수 있는 기술자료(acceptable technical data)'의 구축이 필요함
- 화재발생 시 모듈러 구조 안전성 확보를 위한 기술개발이 요구됨
 - 해외의 경우 모듈러 건축물의 내화성능 설계뿐 아니라 화재시 모듈러 구조물 및 접합부 해석, 해석 결과를 활용하여 화재 안전성 확보를 위한 기술 개발을 수행중임
 - 국내의 경우 화재시 구조 안정성 확보를 위한 유일한 방법으로 내화구조만을 적용하고 있어 이외의 다양한 화재 안전성 확보를 위한 기술개발이 절실한 실정임
- 해외 모듈러 선진국의 경우 모듈 간 수직 및 수평 방향의 틈새를 통한 화재확산 방지를 위한 연구가 수행되고 있음
 - 최근 해외에서는 모듈 간 적층을 위해 필연적으로 발생하는 수직 및 수평 방향의 틈새를 통한 화재확산 경로에 관한 관심과 우려를 나타내고 있으며, 이를 해결하기 위한 기술개발을 수행하고 있음
 - 국내에서는 모듈러 건축물 시공 시 내화구조에 주로 초점을 맞추고 있으며, 화재확산에 관해서는 관심이 부족한 경향이 있음
- 바닥충격음 저감 분야의 경우 국내에서 최고 기술을 보유하고 있으나, RC조 공동주택에 최적화되어있어 모듈러 주택에 특화된 바닥충격음 저감 구조 개발이 요구됨.

5) 종합분석(PEST)

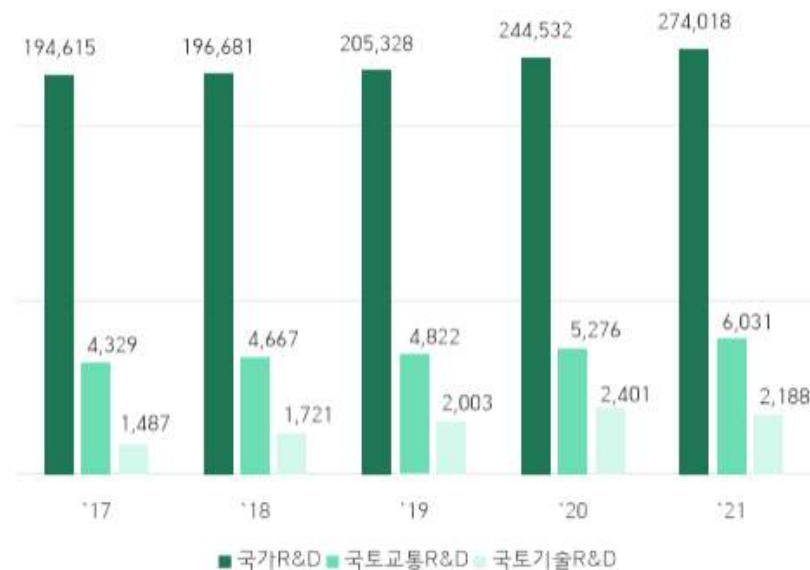
<표 3.12> PEST 분석결과 요약

PEST	환경분석	시사점
정책 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ (국외) 세계적으로 탄소 중립 관련 글로벌 규범 체계가 주목받고 있으며, 탄소배출 저감 등 건설산업의 대응이 요구되고 있음. ○ 해외 모듈러 건축 분야 선진국들의 경우, 정부 단위의 정책적 지원을 통해 모듈러 건축 육성을 적극적으로 추진하고 있음 ○ (국내) 최근, 정부의 2050 탄소 중립 시나리오, ESG 경영 및 관리가 주목받고 있으며, 정부의 탄소중립 정책에 따라 건설시장 대응전략 및 관련 과제들이 수립되고 있음 ○ 국내 모듈러 건축의 경우, 「110대 국정과제」 세부 실행 계획을 통해 모듈러 건축 육성을 추진하고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정부의 탄소 중립 정책 방향 및 계획에 부합하는 건설 기술개발 및 제도개선 필요 ■ 국가 주도 모듈러 건축 활성화를 추진하고 있는 국외 현황을 고려하여, 적극적 산업 확산을 위한 제도 및 정책 수립 필요
경제 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국 건설산업의 노동생산성 및 시공생산성은 점차 낙후되고 있음 ○ 세계적으로 모듈러 건설시장의 규모는 지속적 성장하고 있는 추세이며, 모듈러 건설시장의 성장 폭은 점차 증가할 것으로 전망됨 ○ 국내 저층 모듈러 건축 실증사업 성공을 통해 전국적 사업 확산의 계기를 마련함 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국내 건설산업 노동생산성 및 시공생산성이 낙후됨에 따른 생산성 개선방안 모색 필요 ■ 국내·외 건설산업의 패러다임이 모듈러 건축으로 변화되고 있으며, 사업 확산을 위한 투자 필요
사회 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국사회의 저출산 고령화 문제로 인해 노동력 부족 문제가 가속화되고 있음 ○ 국내 1인 가구 비중 증가에 따라 소규모 주거 공간 확보가 요구되고 있음 ○ 감염병 및 자연재해로 인해 단기간 내 건립 가능한 건축물에 관한 수요가 증가하고 있음 ○ 정부의 250만 가구 이상 대규모 주택공급 대책이 빠르게 추진되고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 고령화 및 저출산 문제로 인한 건설업 노동력 부족 문제 해소를 위한 대안 마련 필요 ■ 사회적 구조 변화에 따른 건설산업의 패러다임 변화 필요 ■ 사회적 현상에 따른 새로운 형태의 주거공간 확보 필요
기술 동향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모듈러 주택의 협소한 공급면적과 경직된 공간 구성으로 인해 모듈러 주택 활성화가 저해됨 ○ 국내외 모듈러 공법 기술 격차가 심화되고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 재래공법과 동등한 공간구성을 발현할 수 있는 모듈러 기술 및 모듈러 조합에 따른 하자방지 기술의 개발 필요 ■ 모듈러 주택 고층화를 위한 구조 및 시공기술에 관한 검토 및 기술개발 필요

나. 국내 R&D 및 특허 역량분석

1) 국가연구개발사업과 국토교통 R&D

- '21년 국가연구개발사업의 예산은 27.4조 원으로 전년 대비 약 12% 증가하였으며, 국토교통 분야 차세대 기술 선도와 친환경 생활 공간 구축 및 국민 안전 확보를 위한 성과 도출
- 국가 R&D 투자동향을 살펴보면 '17년부터 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 국토교통 R&D 예산 역시 17년부터 꾸준히 증가하는 추세
- '21년 기준 국토교통 R&D는 국가연구개발사업 총 예산의 약 2.2%로, 6,031억 원의 규모로 국토기술, 교통기술, 기반구축 등 3가지 유형으로 추진
- 국토기술 R&D는 '17년부터 매년 꾸준히 증가하여 '21년 2,188억 원 규모



<그림 3.13> 국가연구개발사업과 국토교통 R&D 사업의 투자 동향 (단위: 억원)

※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원(2021) 2021년도 국토교통과학기술 연구개발사업 시행계획, 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)

2) 모듈러 관련 투자동향

□ 분석 개요

- (목적) 우리나라에서 첨단 기술을 활용한 모듈러주택에 관련하여 정부 R&D 투자동향 분석을 통해 국내 연구개발 역량 진단의 참고자료로 활용
- (조사범위) 최근 5년('18~'22년)간 국가연구개발사업 및 과제
- (검색범위) 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 통해, 전체 R&D 대상 모듈러주택 분야와

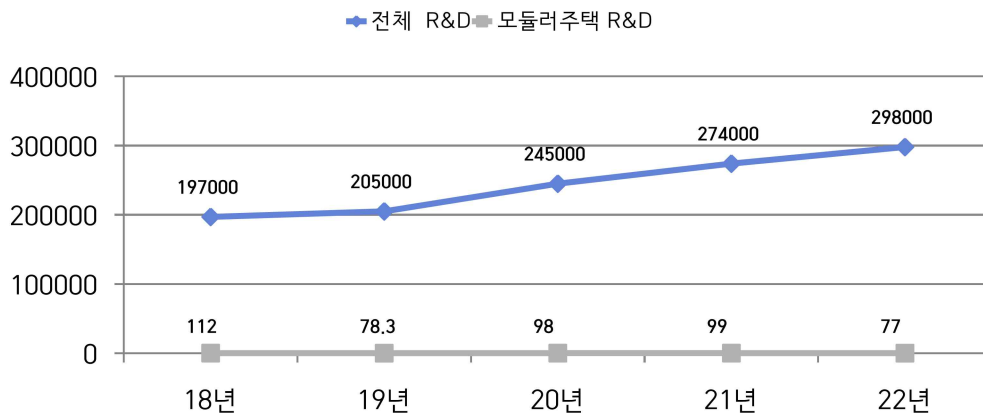
연관이 있는 과제들을 아래의 검색어를 활용하여 포괄적으로 조사

○ (검색어) 모듈러, 모듈러주택, 조립식주택, OSC

○ (분석항목) 연도별, 부처별, 연구단계별, 수행기관별, 적용처별 정부 R&D 출연금 및 과제 수

□ 연도별 투자동향

○ '18년 이후 모듈러주택 분야의 정부 R&D 연구비 투자는 연평균 약 93억 원이고, 전체 R&D 대비 모듈러주택 분야의 투자 비중은 연평균 0.0004% 수준이며, '18년에서 '19년 사이에 일시적으로 투자가 감소하였고 전체 R&D 예산에 비해 모듈러주택 정부연구비 투자는 미흡



<그림 3.14> 연차별 R&D 예산 및 모듈러주택 분야 R&D 투자 현황

※ 출처 : 국가과학기술지식정보서비스, NTIS(2022.09)

<표 3.13> 연차별 정부 및 국토교통 R&D 투자 및 모듈러 주택 R&D 투자 규모

(단위: 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22
전체 R&D (A)	197,000	205,000	245,000	274,000	298,000
모듈러주택 분야 R&D (B)	112	78.3	98	99	77
국가 R&D 중 공동주택 분야 투자 비중 (B/A)	0.0006	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003

※ 출처 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), 2022.09.22.

□ 부처별 투자동향

○ 최근 5년간('18~'22) 모듈러주택 관련 분야 부처별 R&D 투자현황을 살펴보면 과학기술정보통신부가 246억 원(53%)으로 가장 많이 투자한 것을 확인

<표 3.14> 부처별 모듈러주택 관련 분야 R&D 예산 투자 현황

(단위: 억 원, %)

부처명	`18	`19	`20	`21	`22	합 계	비 중
국토교통부	11	56	39	18	9	133	29
과학기술정보통신부	82	17	46	75	26	246	53
산업통상자원부	11	0.3	7	-	35	53.3	11
중소벤처기업부	3	3	5	5	5	21	5
교육부	5	2	1	1	2	11	2
합 계	112	78.3	98	99	77	464.3	100

출처 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), 2022.09

<표 3.15> 부처별 모듈러주택 관련 분야 R&D 과제당 평균 연구비 현황

(단위: 억 원)

구분	정부 연구비	과제수	과제당 평균 연구비
국토교통부	133	29	5
과학기술정보통신부	177	37	5
산업통상자원부	53	6	9
중소벤처기업부	24	13	2
교육부	11	18	1

출처 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), 2022.09

□ 연구수행 주체별 투자동향

- 정부 R&D 투자금을 기준으로 대학(64%), 출연연(28%), 산업체(8%)으로 나타났으며, 과제 수 기준으로 대학(60.6%), 산업체(20.2%), 출연연(19.2%)의 비중을 보임
- 대학과 산업체에 투자된 정부 연구비는 '19년에 큰 폭으로 감소하였고, 출연연의 경우 '19년 증가하였다가 다시 감소하는 추세를 보임

<표 3.16> 수행기관별 모듈러주택 관련 분야 R&D 투자 현황

(단위: 억 원, %)

구분	`18	`19	`20	`21	`22	합 계	비 중
대학	89	40	68	75	29	301	64.32
출연연	10	35	26	16	42	129	27.56
산업체	13	3	6	7	9	38	8.12
합 계	112	78	100	98	80	468	100

출처 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), 2022.09.22

<표 3.17> 수행기관별 모듈러주택 관련 분야 R&D 과제 수

(단위: 건, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	합 계	비 중
대학	7	13	13	15	15	63	60.58
출연연	3	5	6	4	2	20	19.23
산업체	3	3	6	5	4	21	20.19
합 계	13	21	25	24	21	104	100

출처 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), 2022.09.22

3) 모듈러 관련 특허기술동향 분석

(1) 분석개요

□ 분석대상 및 범위

- 본 특허기술동향조사는 2022년 8월까지 출원 공개 및 등록된 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국 및 PCT의 특허를 대상으로 분석됨. 본 조사는 KEYWERT 검색 DB를 주요하게 사용하여 특허검색을 실시하고, 해당기술에 대해 유럽 내 특정 국가에서 원천 및 선두 기술을 보유하고 있는 것으로 판단되는 경우, 유럽 내 해당 국가 특허청 검색을 실시함

<표 3.18> 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	KEYWERT	2000년~현재	특허공개 및 등록 전체문서
	미국 (USPTO)	KEYWERT		특허공개 및 등록 전체문서
	일본 (JPO)	KEYWERT		특허공개 및 등록 전체문서
	유럽 (EPO)	KEYWERT		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서
	중국 (CNIPA)	KEYWERT		특허공개 및 등록 전체문서
	PCT (WIPO)	KEYWERT		특허공개 전체문서

○ 기술 분류체계

- 본 분석에서는 기획위원회 위원과의 논의를 거쳐 확정된 대분류 및 소분류 기술체계를 기준으로 정량분석 및 지표분석을 실시함.

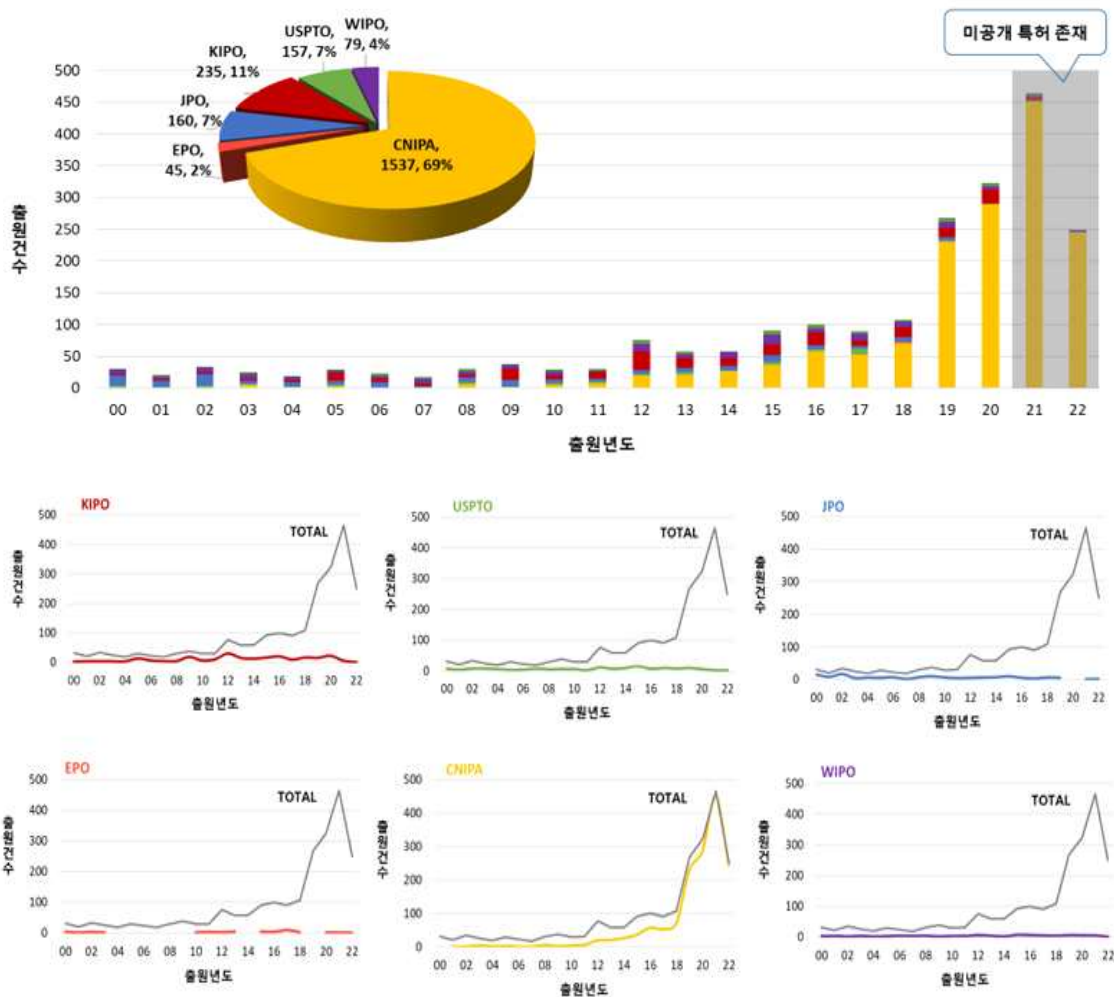
<표 3.19> 분석대상 기술분류

분류	기술 정의
모듈러 건축 설계, 제작, 시공 기술 (AA)	<ul style="list-style-type: none"> •STEEL 모듈러: 모듈간 접합기술(자동맞춤, 플러그인, 인터로킹), 경량 바닥 슬래브, 방수, 부재용접 최소화 •콘크리트 모듈러: 프리캐스트 콘크리트, 프리스트레스 콘크리트, 3차원 유압몰드, 변단면 생산 모듈러, 접합부 고정 •목재 모듈러: 목재접합, 목재바닥, 목재바닥 충격/진동저감, 목재내화 •모듈러 접합단면 이음매 재료 및 시공기술, 모듈러 외장, 모듈러 마감
모듈러 IT 기술 (AB)	<ul style="list-style-type: none"> •자동공간 설계, 모듈러 건축 플랫폼 •디지털 트윈 모듈러
모듈러 고층, 대형화 기술 (AC)	<ul style="list-style-type: none"> •중대형 모듈러접합, 방수, 설계 관련 기술, 모듈러 고층 건축물 양중기술, 경량 모듈러 구조

(2) 특허기술 Landscape

□ 주요 국가별 연도별 출원 동향

- 본 분석의 목적은 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CNIPA) 국가별 특허기술 출원 점유율을 통해 해당 기술을 선도하는 국가를 파악하고, 과거부터 최근까지의 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 기술적 위치를 파악하고자 함.
- 모듈러기술의 전체 특허 동향을 살펴보면, 2000년대 초반부터 출원건수가 나타났지만 미미한 출원건수를 계속 유지하다가 2012년부터 다소 증가하였으며 2019년에 출원건수가 크게 증가하여 최근에도 계속적으로 증가하고 있는 것으로 나타남. 참고로, 특허는 출원하고 1년 6개월 이후에 공개되므로, 2020년도 이후에는 미공개특허가 존재함
- 국가별 출원동향을 살펴보면, 중국특허가 1537건(69%)으로 가장 많은 건수를 나타내고 있으며, 한국특허 235건(11%), 일본특허 160건(7%), 미국특허 157건(7%), 국제특허 79건(4%), 유럽특허 41건(2%)을 나타내고 있음
- 주요 국가별 연도별 출원 동향을 살펴보면, 중국특허는 무려 1537건의 특허가 출원된 것으로 나타나며, 2000년도 초반에는 특허 출원건수가 미미하였으나, 2018년부터 크게 증가하기 시작하여 최근까지 계속적으로 증가하고 있는 것으로 나타남. 중국특허의 증감추이는 전체 특허의 증감추이와 매우 유사한 것으로 나타남
- 중국특허의 출원건수가 전체특허의 69%를 차지하고 있으므로, 다른 국가의 출원건수가 상대적으로 미미하게 나타나고 있음. 참고로, 중국은 조기 공개제도로 인하여 다른 국가에 비하여 특허가 빨리 공개되는 특징이 있음



<그림 3.15> 주요 출원국 연도별 특허동향

□ 특허기술 성장단계

- 본 분석의 목적은 분석 대상이 되는 전체 출원 기간을 일정한 구간으로 나누어 구간별 출원건수와 출원인수의 증감 변화를 토대로 해당 기술분야의 특허기술 성장단계를 파악하고, 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO),중국(CNIPA) 국가별 특허기술 성장단계를 비교 분석하고자 함.
- 특허기술 성장단계 분석에서 출원건수의 증가는 기술개발이 활발한 것을 의미하고 출원인수의 증가는 기술시장에의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미하며, 종합적으로 출원 건수와 출원인수의 동시 증가는 해당 기술 시장이 확대되고 있다는 것을 의미함
- 특허기술 성장단계 중 태동기 단계는 출원인과 출원건수의 증가가 시작되는 형태로 이후 연구개발 활동이 활발해질 것으로 예상할 수 있는 단계이며, 성장기 단계는 출원인과 출원건수가 급격하게 증가하는 형태로 본격적으로 해당 기술분야의 연구개발 활동이 이루어지고 있는 단계로 해석할 수 있음. 태동기와 성장기의 구분은 분석 데이터의 모수

대비 해당 구간의 증가 건수, 기술분야의 특성 및 출원인의 성격 등을 고려하여 판단할 수 있음. 성숙기 단계는 출원건수의 증가가 다소 주춤하고 출원인수가 감소하는 형태로 일부 선진 출원인만이 출원을 유지하고 그 외 진입자들은 도태가 되는 단계임. 쇠퇴기 단계는 출원건수 및 출원인수 모두 감소하는 형태로 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있으며, 회복기 단계는 원천기술을 이용하여 최근 기술 트렌드 및 신규 아이디어 등에 부합하는 기술이 개발되어 시장이 재형성되는 단계로 판단할 수 있음

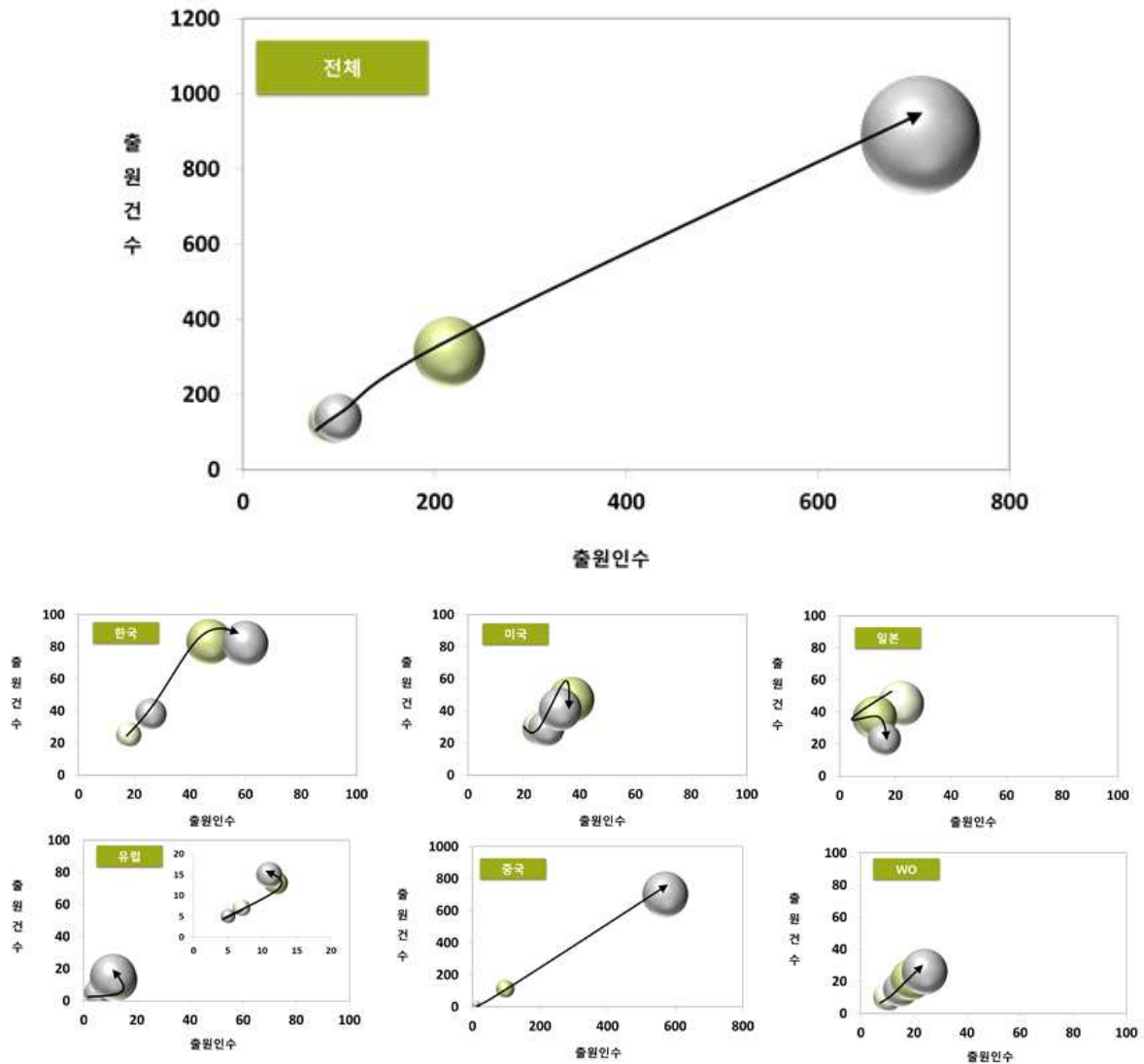


<그림 3.16> 특허기술 성장단계별 의미

- 특허기술 성장단계 분석구간의 설정은 전체 기간을 일정한 연간 단위로 구간을 구분하되, 최근 급부상하거나 이슈가 있는 기술분야의 경우, 최근 기간 등으로 한정하여 구간을 설정하여 분석하는 것이 유의미할 수 있음
- 모듈러 기술의 특허기술 성장단계를 분석하고자, 전체 분석구간 20년을 5년 단위 4개 구간으로 구분하여, 1구간(2001년~2005년), 2구간(2006년~2010년), 3구간(2011년~2015년), 4구간(2016년~2020년)을 설정하였음
- 특허기술을 기반으로 한 모듈러 클러스터 기술의 성장단계는 출원건수와 출원인의 수가 계속적으로 증가하는 성장기 단계로 해석할 수 있음
- 특히, 3구간(2011년~2015년)부터 4구간(2016년~2020년)까지 출원건수와 출원인의 수가 급격하게 증가한 것으로 나타나고 있음
- 한국특허의 기술위치는 1구간(2001년~2005년)부터 3구간(2011년~2015년)까지 출원건수와 출원인의 수가 계속적으로 증가하다가, 3구간(2011년~2015년)부터 4구간(2016년~2020년)까지는 출원건수가 다소 감소하였음. 성장기 단계로 판단할 수 있음
- 한편, 미국특허의 기술위치 역시 1구간(2001년~2005년)부터 3구간(2011년~2015년)까지 출원건수 및 출원인의 수가 증가하다가 3구간(2011년~2015년)부터 4구간(2016년~2020년)까지는 출원건수가 다소 감소하는 성장기 단계를 나타내고 있으며, 일본특허의 기술위치는 1구간(2001년~2005년)부터 4구간(2016년~2020년)까지는 출원 건수와 출원인

의 수 모두 감소하여 성숙기 또는 쇠퇴기의 진입으로 판단할 수 있음

- 중국특허의 기술위치는 1구간(2001년~2005년)부터 4구간(2016년~2020년)까지 출원건수 및 출원인수가 크게 증가하는 성장기 단계를 나타내고 있음



<그림 3.17> 주요 국가별 특허기술 성장단계

(3) 세부기술별 Landscape

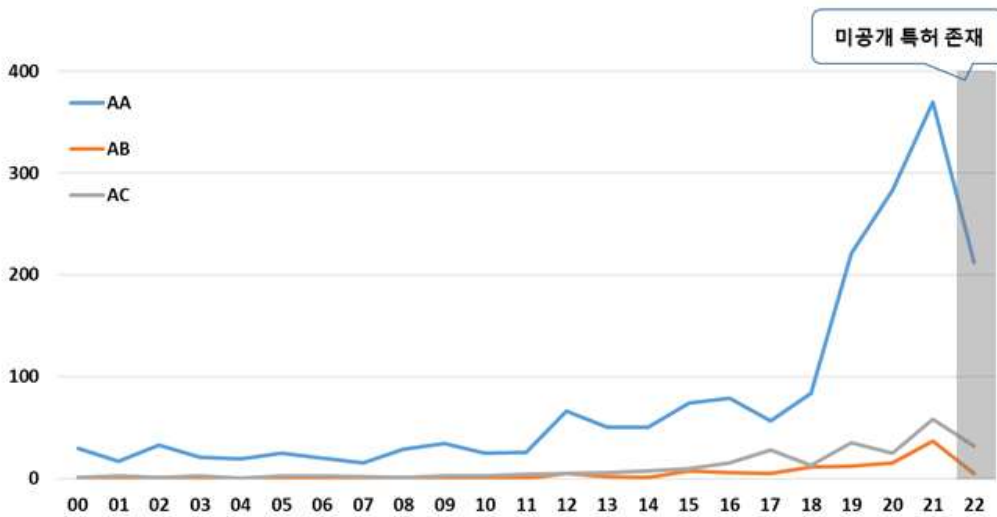
□ 세부기술별 특허동향

- 본 분석의 목적은 세부기술별 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO), 중국(CNIPA) 국가별 특허기술 출원 점유율을 통해 각 세부기술을 선도하는 국가를 파악하고, 과거부터 최근까지의 세부기술별 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를

비교하여 타 국가 대비 국내의 각 세부기술에서의 위치를 파악하고자 함.



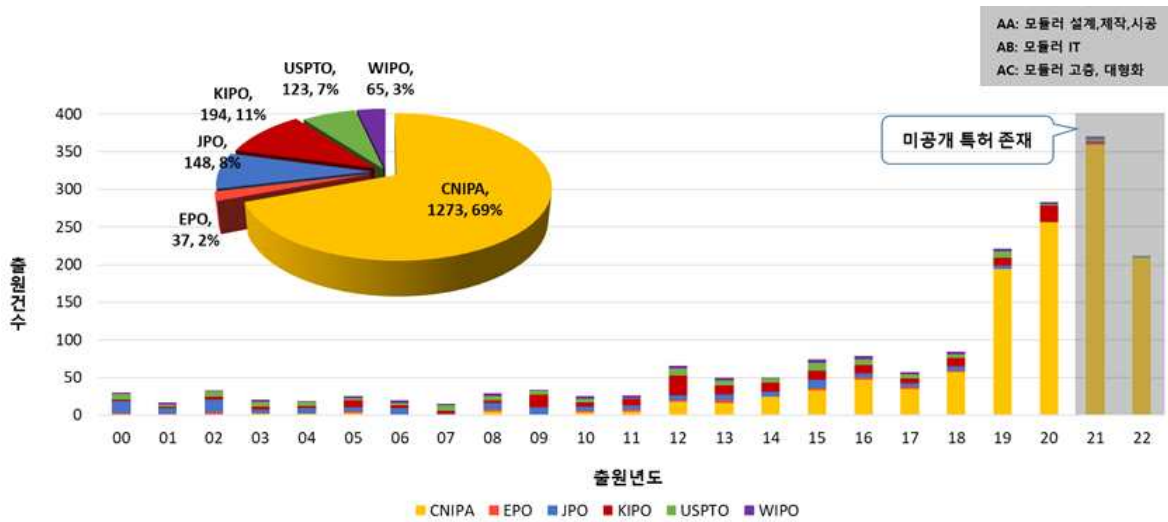
<그림 3.18> 세부기술별 특허건수 현황



<그림 3.19> 세부기술별 연도별 특허동향

- 모듈러 기술과 관련하여 세부 기술별 특허 동향을 살펴보면, AA기술(모듈러 설계, 제작, 시공) 분야는 1840건으로 무려 83%의 점유율을 차지하고 있고, AB기술(모듈러 IT) 분야는 112건으로 5%의 점유율을 차지하고 있으며, AC기술(모듈러 고층, 대형화) 분야는 261건으로 12%의 점유율을 차지하고 있음
- 세부 기술별 특허 동향을 연도별로 살펴보면, AA기술(모듈러 설계, 제작, 시공) 분야에서 압도적인 건수를 나타내고 있으며, 2018년 이후에 크게 증가하고 있는 것으로 나타남
- AB기술(모듈러 IT) 분야 및 AC기술(모듈러 고층, 대형화) 분야는 상대적으로 건수는 적지만 최근 들어 증가하는 추세를 보이고 있음

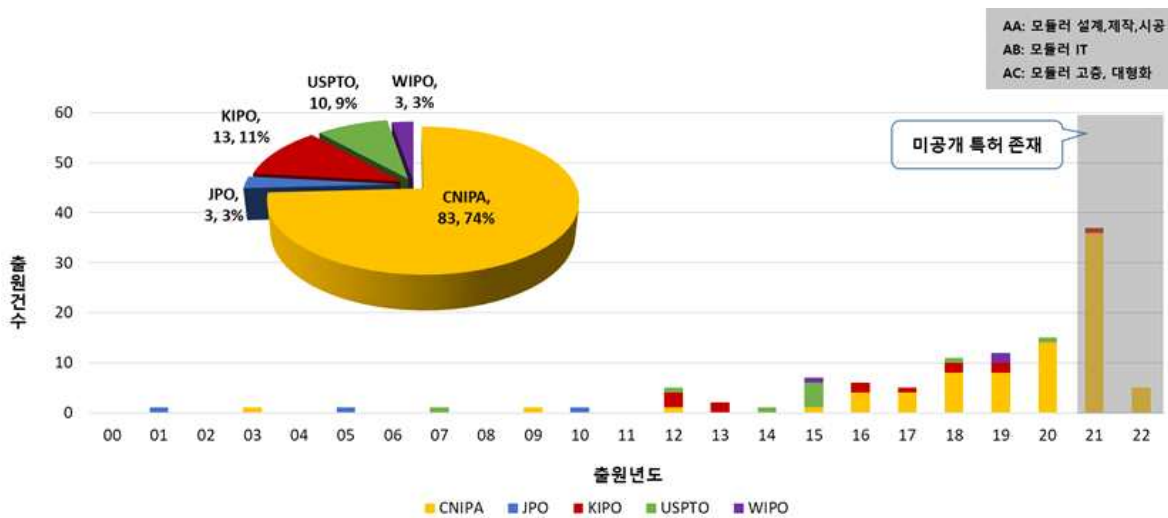
□ 모듈러 설계, 제작, 시공 기술(AA)



<그림 3.20> 설계, 제작, 시공분야 세부기술 주요 출원국 연도별 특허동향

- AA기술(모듈러 설계, 제작, 시공) 분야의 특허 동향을 살펴보면, 2000년부터 미미하게 특허 출원건수가 나타나기 시작하였으나, 2019년부터 크게 증가하여 최근에도 증가추세가 유지되고 있음
- 국가별 출원동향을 살펴보면, 중국특허가 1273건(69%)으로 가장 많은 건수를 나타내고 있으며, 한국특허 194건(11%), 일본특허 148건(8%), 미국특허 123건(7%), 국제특허 65건(3%), 유럽특허 37건(2%)을 나타내고 있음

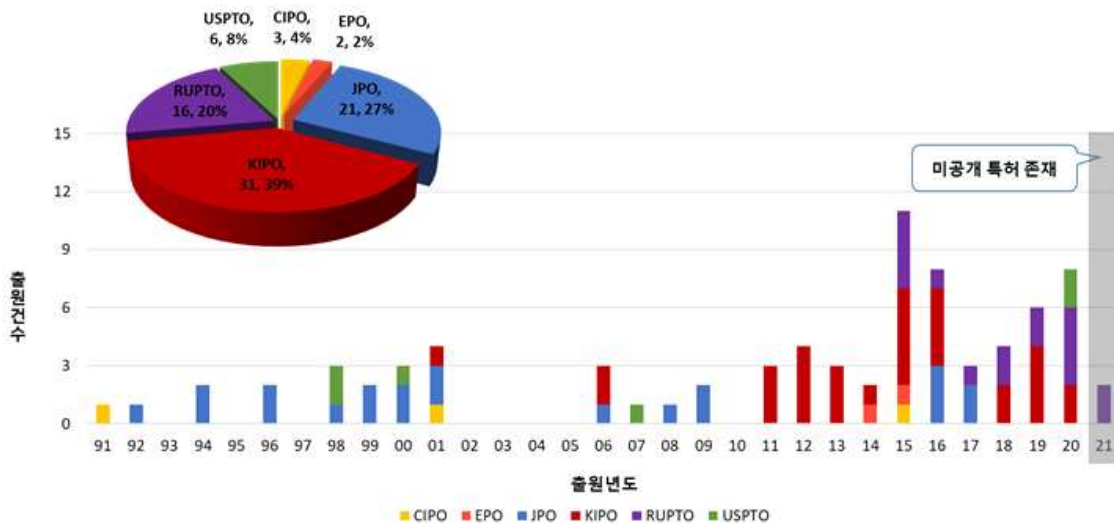
□ 모듈러 IT 기술(AB)



<그림 3.21> 모듈러 IT분야 세부기술 주요 출원국 연도별 특허동향

- AB기술(모듈러 IT) 분야의 특허 동향을 살펴보면, 매년 10건 이하의 출원이 이루어지다가 최근들어 다소 증가하였음. 전체 총 건수가 112건으로 다른 기술분야에 비해 출원건수가 적은 편임
- 국가별 출원동향을 살펴보면, 중국특허가 83건(74%)으로 가장 많은 건수를 나타내고 있으며, 한국특허 13건(11%), 미국특허 10건(9%), 일본특허, 국제특허 각각 3건(3%)을 나타내고 있음

□ 모듈러 고층, 대형화 기술 (AC)



<그림 3.22> 고층, 대형화 분야 세부기술 주요 출원국 연도별 특허동향

- AC기술(모듈러 고층, 대형화) 분야의 특허 동향을 살펴보면, 2000년부터 조금씩 특허 건수가 증가하다가 2017년에 크게 증가하였으며, 그 뒤로 다소 감소하였지만 어느 정도 증가추세를 유지하고 있음
- 국가별 출원동향을 살펴보면, 중국특허가 181건(69%)으로 가장 많은 건수를 나타내고 있으며, 한국특허 28건(11%), 미국특허 24건(9%), 국제특허 11건(4%), 일본특허 9건(4%), 유럽특허 8건(3%)을 나타내고 있음

(2) 논문 동향 분석

□ 국내 모듈러 관련 논문 동향

○ 국내외 모듈러 관련 논문

- '12년 이후 모듈러 관련 국내논문은 총 291건으로 연간 평균 26건으로 나타났으며, 국외논문은 총 2930건으로 연간 평균 266건으로 나타남.
- 국내외 모듈러 관련 논문은 크게 설계/구조, 재료/성능, 제작/시공, 유지/관리로 구분 가능하며 설계/구조에 관한 주제가 가장 많은 것으로 파악되었음.

□ 논문검색 분류 및 키워드

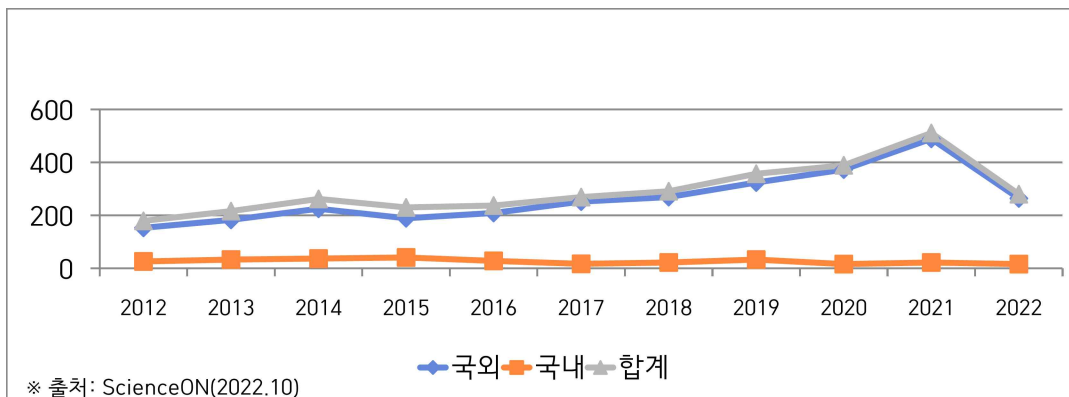
○ 국내외 논문을 대상으로 기술분류별 키워드들을 통해 과학기술 지식인프라 ScienceOn 검색서비스를 이용하여 모듈러 관련 등록된 논문을 조사 및 분석

- 특히 검색 시 공통키워드는 기본적으로 포함하되, 키워드를 차별화하여 검색하였으나 공통적으로 검색되는 경우가 존재하였으며, 이러한 경우 중복을 인정하여 다음의 분석을 수행
- 키워드 모듈러 건축, 설계, 구조, 재료, 성능, 제작, 시공, 유지, 관리, Modular Construction, Modular Building 등을 활용하여 검색

○ 국내 논문 등록일 기준으로 2012년부터 2022년까지 10년간의 논문을 조사하였고 국외 논문 등록일 기준으로는 2012년부터 2022년까지의 10년간의 논문을 조사

<표 3.20> 모듈러 건축 관련 논문 현황

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
국외	153	183	225	189	209	252	269	324	373	489	264	2930
국내	26	33	37	41	28	17	22	33	16	22	16	291
합계	179	216	262	230	237	269	291	357	389	511	280	3221



<그림 3.23> 모듈러 건축 관련 국내 논문 현황과 국외 논문 현황

IV. 기획연구과제 수행결과

1. 연구개발과제 구성

가. 기획연구내용 변경

□ '23년 예산요구 시 주요 지적사항(과학기술정보통신부 전문위원회 검토의견, '23.5)

- 엔지니어링 및 시공사의 참여가 필요
- 조립식 건축에 대한 구조안전기준 마련 필요

□ 주요 변경사항

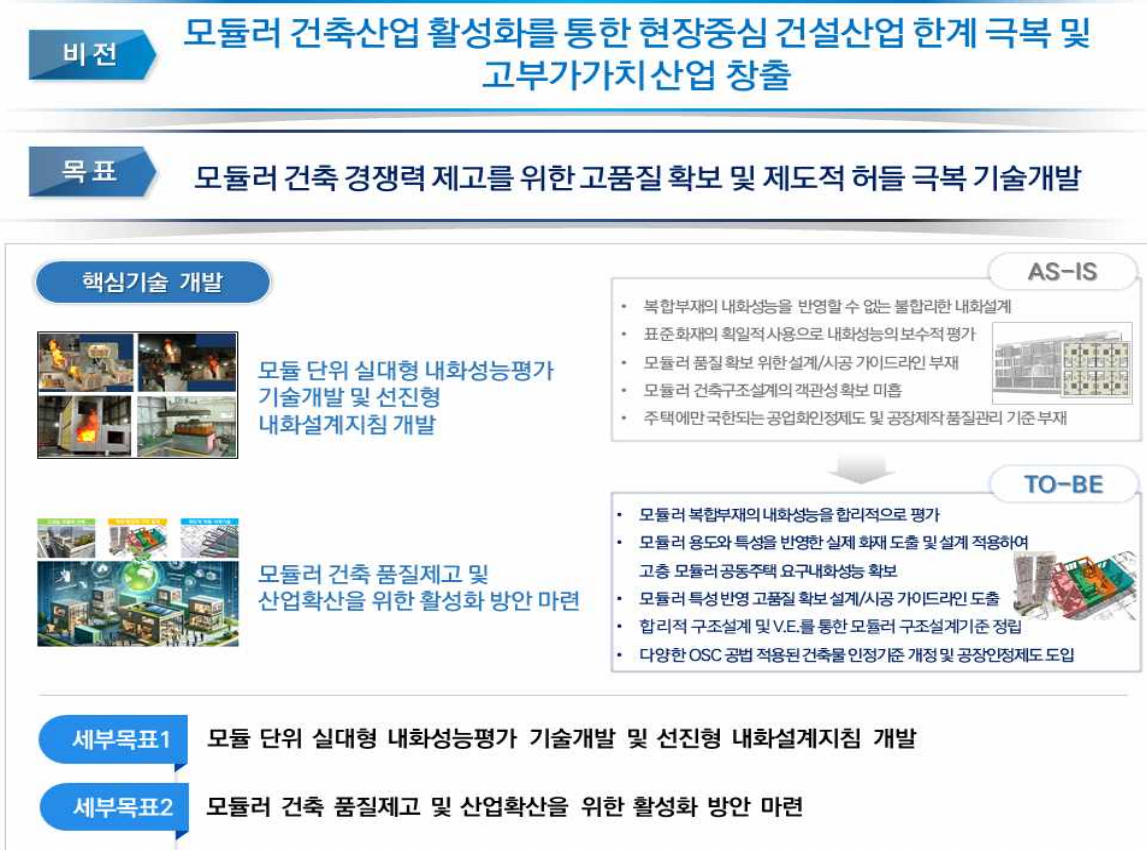
- 모듈러 건축물의 내화성능평가 연구는 관련 업체가 참여할 수 있도록 Middle-Up 방식으로 사업 추진
- 모듈러 분야는 산업 확산에 걸림돌이 되는 분야에 선택과 집중하도록 보완기획 추진
 - 민간에서 기술개발이 가능한 내용은 제외하고, 내화성능평가, 품질확보 기술, 관련 제도 고도화 등을 중심으로 내용 조정

<표 4.1> 기획연구내용 변경사항

<당초 기획>				<보완 기획>			
핵심기술		구성기술		핵심기술		구성기술	
1	중대형 평면 고층 모듈러 공동주택 실증단지 구축 및 모듈러 사업모델 개발	1-1	중대형 평면 고층 모듈러 실증 기술	1	모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가 기술 및 내화설계기술	1-1	모듈 단위 실대형 화재실험 기반 복합구조 및 내화성능평가 방법 기준
		1-2	모듈러 활성화를 위한 사업모델 및 통합관리 기술			1-2	모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산 방지구조 기술개발
		1-3	중고층 모듈러 실증사업 거주후 평가				2-1
2	중대형 평면 고층 모듈러를 위한 건축 설계/구조 기술 및 내화/음환경 성능 확보 기술 개발	2-1	중대형 평면 모듈조합 계획 및 설계 기술	2	모듈러 건축품질 제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련	2-1	모듈러 건축산업 활성화를 위한 관련 제도 고도화
		2-2	중대형 평면 고층 모듈러 구조 및 코어 기술			2-2	
		2-3	고층 모듈러 주택 내화성능 확보 기술				
		2-4	모듈러 주택 바닥 및 세대간 음환경 성능 확보 기술				
3	중대형 평면 고층 모듈러 건축을 위한 사업관리 및 제작 생산라인 최적화기술개발	3-1	모듈 제작 생산성 데이터 기반 생산라인 구축 및 최적화 기술				
		3-2	모듈러 건축 지능형 시공계획 수립 및 디지털 트윈 기반 통합관리 기술 개발				
		3-3	모듈러 주택 방수 및 기밀 성능 확보 기술				

나. 기획연구 목표 및 세부구성기술

□ 기획연구 비전 및 목표



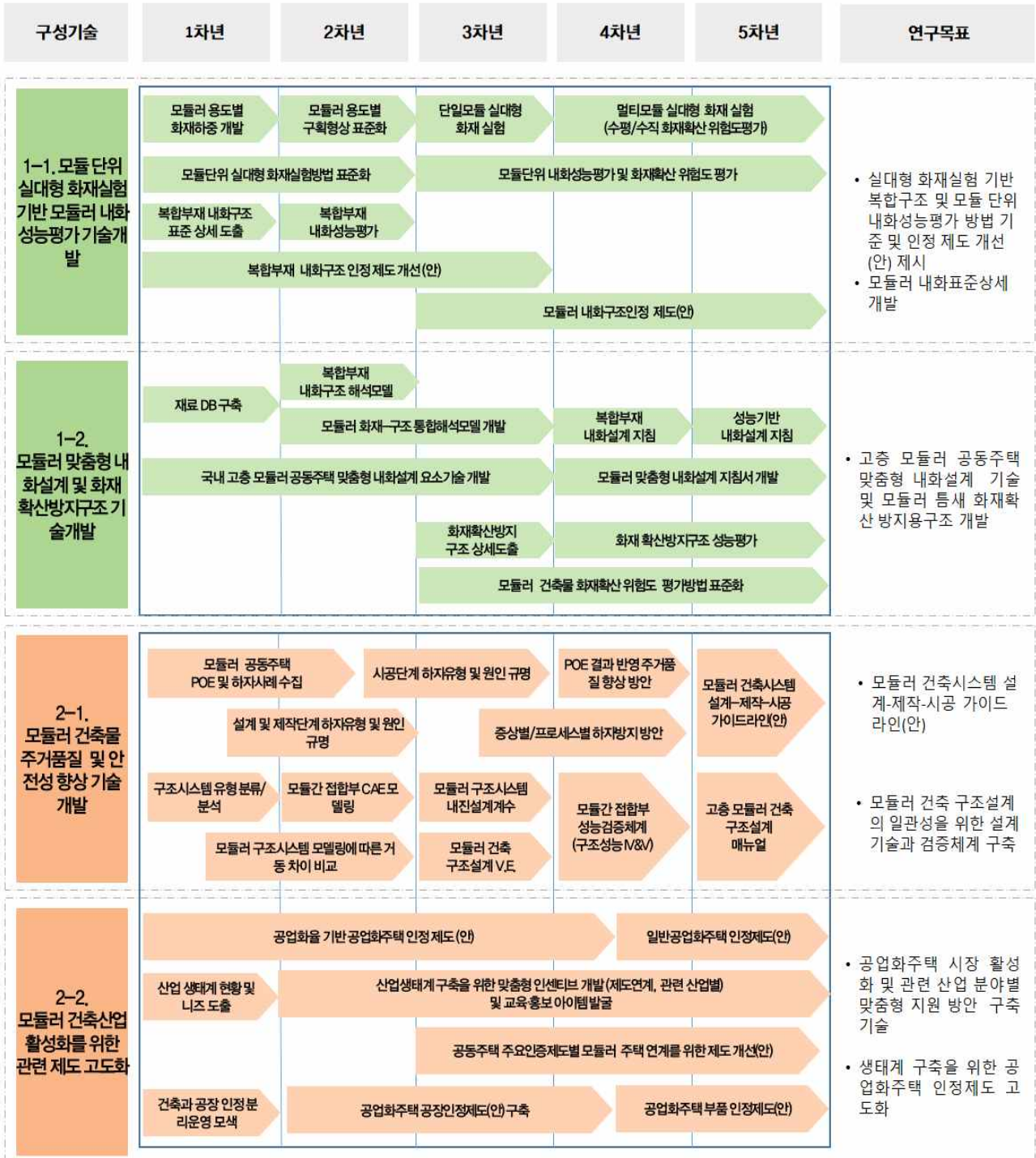
□ 세부구성기술

<표 4.2> 세부구성기술

핵심기술		구성기술		세부기술
1	모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가 기술 및 내화설계기술	1-1	모듈 단위 실대형 화재실험 기반 복합구조 및 내화성능평가 방법 기준	복합부재 단위 내화성능 평가기술 및 표준 내화구조 개발 실대형 실험 기반 모듈단위 내화성능 평가기술 개발
		1-2	모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산 방지구조 기술개발	모듈러 건축물의 내화성능설계 적용을 위한 요소기술 및 설계절차 개발 모듈러 건축물의 화재 확산방지구조 공법 및 성능검증 기술
2	모듈러 건축품질 제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련	2-1	모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술개발	거주 후 평가 및 하자사례 기반 모듈러 공동주택 주거품질 확보 기술 개발 모듈러 건축 및 구조설계의 일관성을 위한 설계기술과 검증 체계 구축
		2-2	모듈러 건축산업 활성화를 위한 관련 제도 고도화	공업화율 기반 공업화주택 인정제도 개발 산업생태계 구축을 위한 다양한 지원제도 개발 공장인정 및 주택부품 인정제도 개발

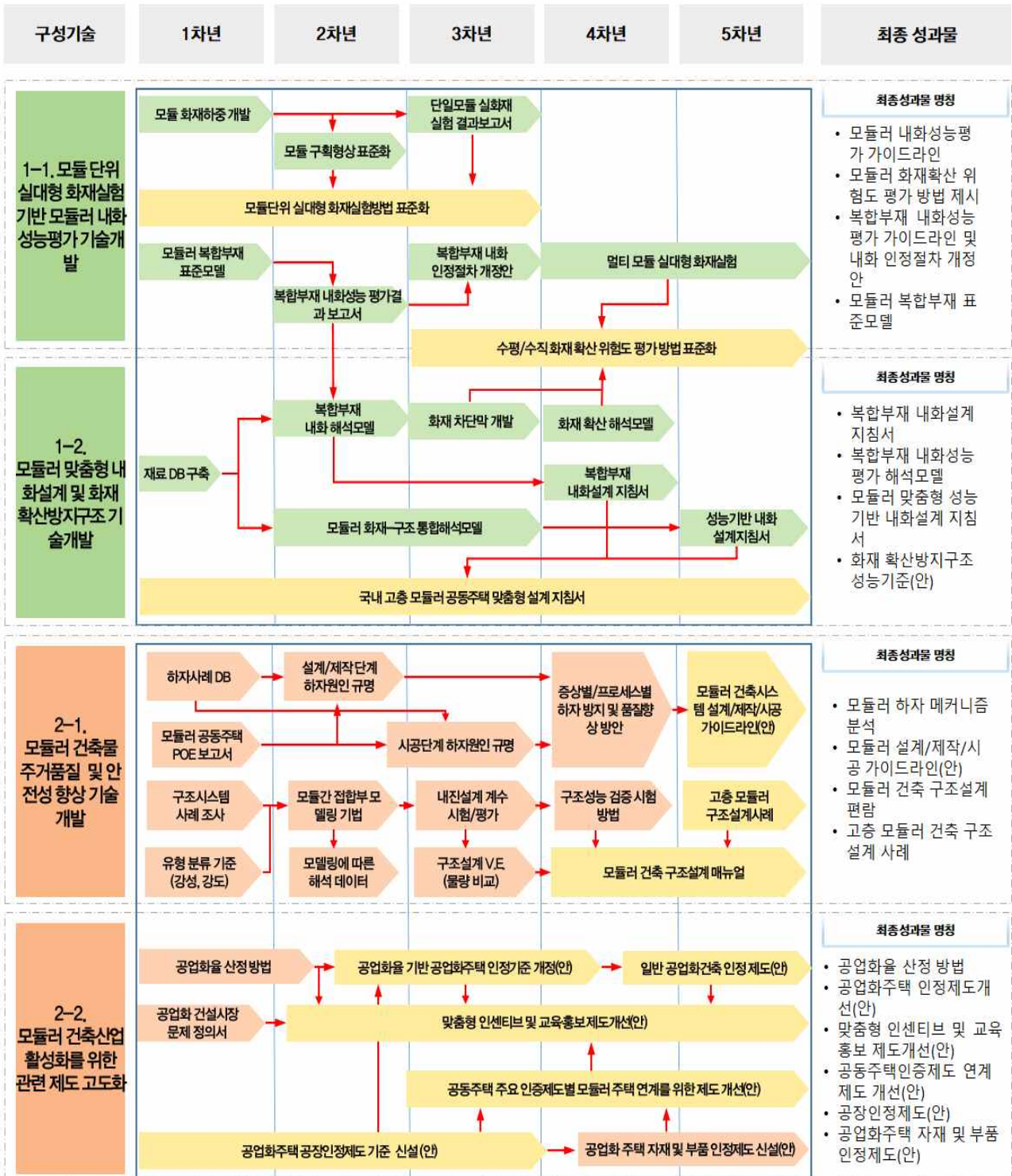
다. 추진 로드맵

□ 추진 총괄로드맵



<그림 4.1> 추진 총괄로드맵

□ 추진 성과로드맵



<그림 4.2> 추진 성과로드맵

2. 핵심기술 개발내용

가. (핵심기술1) 모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가기술 및 내화설계기술

1) 기본 개념 및 범위

(1) 기본 개념

- 모듈러 건축물의 활성화를 위해서는 화재안전 확보가 필수적이며, 이를 위해 모듈러 특성을 잘 반영한 안전하고 효율적인 화재안전 성능 확보기술 기반 마련
- 현행 건축법령에 의한 일반 내화구조 인정 방식은 모듈러 건축물의 구조/형식적 특성을 잘 반영하기 어렵고 비경제적, 비효율적인 설계로 귀결되기 쉬우므로 모듈러건축물에 적합한 선진형 내화성능평가 기술의 적용 및 성능기반 내화설계기술 적용을 통해 보다 합리적인 화재안전 확보 및 활성화 가능
- 기술의 구성은 모듈러 맞춤형 내화성능평가기술개발, 내화설계기술 및 화재확산방지구조 기술 두 가지로 설정

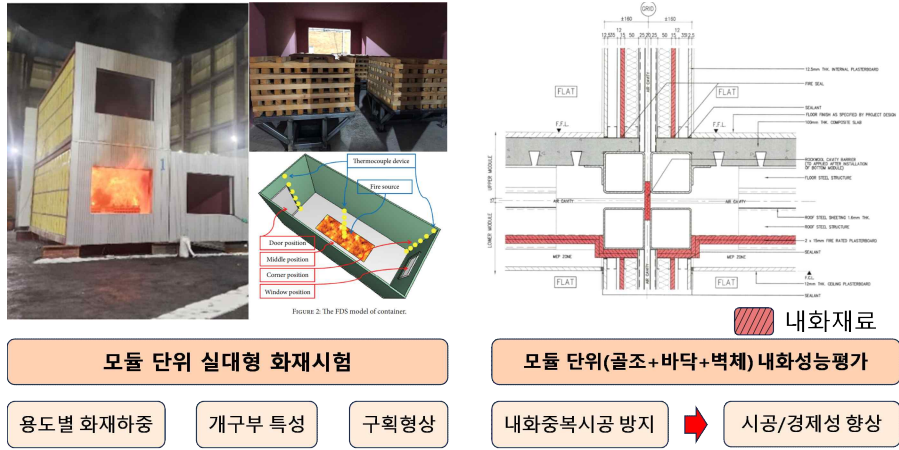
<표 4.3> 핵심기술 구성

핵심기술	구성기술
모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가기술 및 내화설계기술	(1-1) 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발
	(1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

□ 모듈러 건축물 실대형 내화성능평가 기술개발

- 모듈러 건축물에 발생할 수 있는 화재위험 요인들을 공학적인 방법에 의해 찾아내고 발생 가능한 화재의 크기(설계화재)를 화재공학에 근거하여 정량화한 후에 그 화재로부터 건축 법규에 따른 모듈러 건축물의 요구 내화성능 충족여부를 평가하는 기술
 - 모듈러 실대형 화재시험 방법 및 기준 설정 및 가이드라인 제시
 - 현행 단위부재(보/기둥/바닥) 별 개별 인정방식의 불합리성에서 벗어나 모듈러 특성을 반영한 적합한 내화시험/평가방법의 표준화

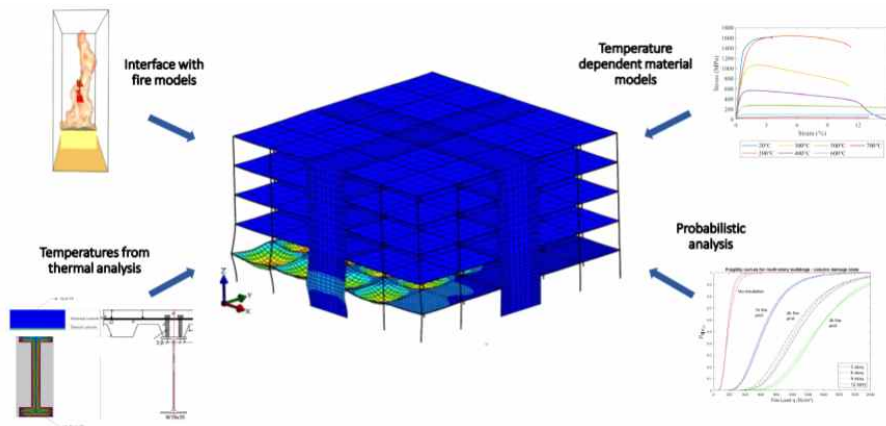
- * 모듈러 건축물 용도별 실내 가연물의 종류와 양, 화재실의 규모, 화재하중 정량화
- * 시험장치(목재 열원, 열전대 측정위치), 시험체 확인(피복상태, 두께측정)



<그림 4.3> 실대형 내화성능평가 기술 개념도

□ (모듈러 맞춤형 내화설계) 화재-구조 통합해석모델 개발

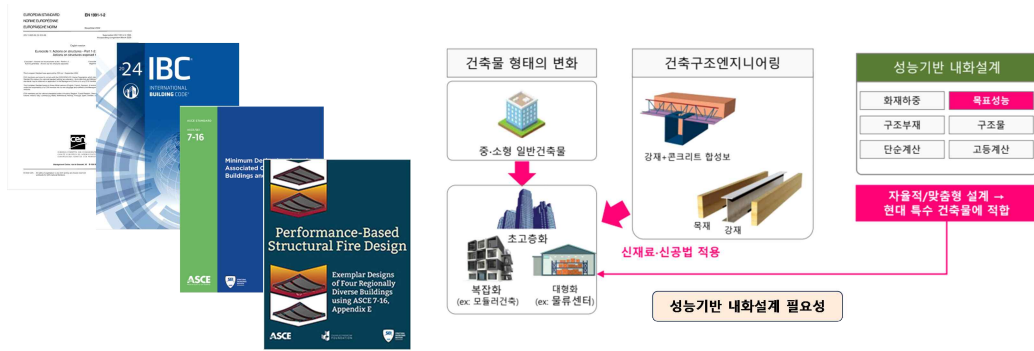
- 모듈러 건축물에서 발생할 수 있는 화재 현상을 예측하는 시뮬레이션과 이를 근거로, 구조 재료의 기계적/열적 특성을 고려한 구조 안전성을 평가하여 건축물의 내화성을 합리적으로 평가하는 기술
- 화재 시나리오 구성과 실의 용도에 따른 화재하중 선정
 - * 가연물의 종류에 따른 열방출량 DB 구축 및 화재 시뮬레이션을 통한 모듈러 구획 공간내 온도분포 예측모델 개발
 - * 내화피복된 모듈러 건축물의 주요 구조부재에 대한 열전달 해석과 고온에서의 재료특성을 반영한 구조안정성 평가 설계기술 개발



<그림 4.4> 성능기반 내화설계 시뮬레이션 예시

□ (모듈러 맞춤형 내화설계) 선진형 성능기반 내화설계 지침 개발

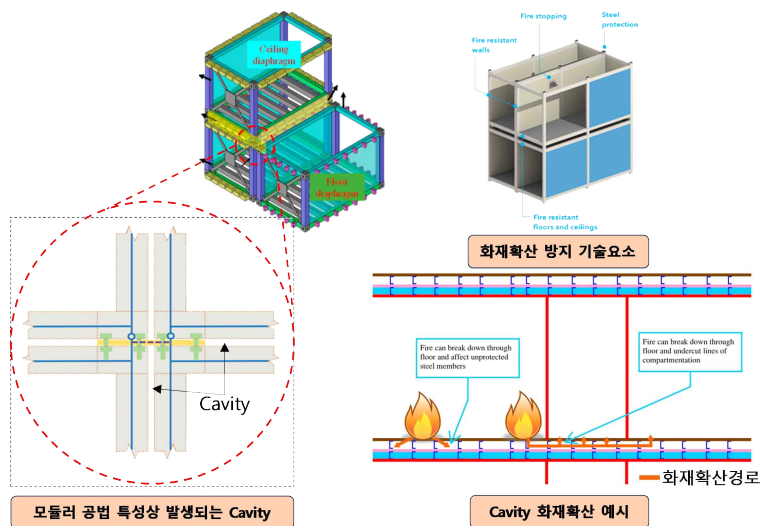
- 모듈러 건축물의 성능기반 내화설계 수행에 필요한 세부절차 및 지침 기준, 방법 등에 대한 가이드라인을 제시
 - 미국, 영국, 일본 등의 선진국에서는 현대 건축물의 화재 안전성을 경제적으로 평가하기 위해 성능기반 내화설계를 도입하여 적용하고 있음.



<그림 4.5> 모듈러 건축물의 선진형 성능기반 내화설계 지침 개발기술 개념도

□ 화재 확산방지구조 기술개발

- 모듈러 공법 특성상 유닛 간 접합시 발생하는 틈새(Cavity)을 통해 발생할 수 있는 화재확산 리스크를 최소화하기 위한 기술요소 개발
 - 하부 유닛의 천장과 상부 유닛의 바닥 사이, 기둥 사이 등의 화재확산 방지
 - 유닛 간 수평/수직 관통부위 및 건축물 전체 규모에서 단위 구획기준 설정 및 화재확산방지구조 제시



<그림 4.6> 화재 확산방지구조 기술 개념도

(2) 추진배경 및 필요성

- 고층 모듈러 주택 건설을 위한 기술 개발 시 내화구조 성능 확보는 건축법령에서 의무적으로 요구하고 있는 성능이며, 화재 시 건축물 구조적 안전성과 인명피해 방지를 위해서도 반드시 해결해야 할 기술
 - 13층 이상의 모듈러 주택 건설을 위해서는 내화성능 3시간 이상의 보 및 기둥 부재의 내화성능 확보와 2시간 이상의 바닥 및 벽체 내화성능 확보가 필수적임.
 - 현행 내화구조 인정제도는 내화재료를 생산하는 제조사에게 내화구조 인정 신청 자격을 주고 있고 부재 단위로 내화구조 인정제도를 운영하고 있어 모듈러 건축의 특성에 맞지 않아, 인정제도에 대한 개선방안 마련 필요
- 모듈러 공법에 적합한 내화성능평가 및 인정제도 수립 필요
 - 모듈러 공법은 단위모듈을 공장 제작 후 현장 운송하여 설치하는 공법으로, 현장설치 후에는 벽체, 기둥, 보 등의 요소가 중복되어 배치되는 특징을 가지는 공법임
 - 현행 내화성능평가 및 인정제도는 개별 부재 단위의 평가 및 인정제도로만 운영되고 있으며, 부재 간 중첩이 발생하는 모듈러 공법에 적용 시 과다 설계로 인한 모듈러 공법의 경쟁력 저하 우려
 - 부재의 구성방법 및 배치 등이 기존 공법과 달라지는 모듈러 공법에 맞는 내화성능평가 방법 개발 및 인정제도 도입 필요
- 성능기반 내화설계 도입의 필요성
 - 모듈러 건축물에 적용되는 구조부재의 경우 상대적으로 사이즈가 작은 부재를 적용하기 때문에 13층 이상의 건축물에 요구되는 3시간 이상의 내화성능을 확보하기 위해서는 방화 석고보드 57 mm 이상 적용하는 등 부재사이즈가 과도하게 증가하는 문제점이 발생하고 있음
 - 해외에서는 건축물의 용도, 구조부재의 성능과 화재 형상을 고려하여 적절한 설계가 가능한 성능기반 내화설계를 적용하고 있으며, 이에 대한 설계기준과 이를 활용한 모듈러 건축물의 내화성능 실험과 설계법에 대한 연구가 진행되고 있음
 - 국내에서도 구조물의 화재 특성에 관계없이 일률적으로 적용하는 사양적 내화설계 대신에 구조물에 발생할 수 있는 실제 화재 특성에 기반 한 성능기반 내화설계 도입이 필요함
- 모듈 간 화재확산방지구조 도입 필요
 - 유럽, 미국 등의 모듈러 선진국에서는 골조, 벽체 및 바닥/천장 등의 복합부재 효과를 고려

하기 위해 모듈단위 실험형 평가를 통한 내화인정 제도를 운영하고 있음.

- 이와 같은 모듈 단위 내화인정제도 운영 시 모듈 간 화재확산 방지를 위한 상세 도입이 필요하며, 화재확산방지 구조 미흡에 따른 화재사례가 신고되고 있음.



<그림 4.7> 화재확산방지구조 미흡에 따른 목조 모듈러 건축물 화재 전파 사례

(3) 현황 및 개선방안

(가) 현황 및 문제점

(구성기술 1-1) 모듈 단위 실험형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발

□ 모듈러 건축의 내화구조 제도

○ (현황1) 내화구조 인정제도

- 건축법령에 의한 내화구조 인정제도 운영(한국건설기술연구원)
- 3층 이상 모든 건축물은 내화구조로서 주요구조부재(보, 기둥, 바닥, 지붕)는 건축법령에서 정하는 절차와 방법에 적합한 인정을 확보하여야 함
- 내화구조 의무: 건축법 제50조, 내화구조 의무 대상: 건축법 시행령 제56조
- 내화구조 요건: 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙(이하 "피방규칙")
 - * 제 3조 1~7호: 법정(당연)내화구조, 8호: 일반인정, 9호: 표준 및 성능인정, 10호: 신기술 인정
 - * 별표1: 내화구조 성능 요건(건축물 용도/규모, 부재에 따라 30분~3시간)
- 모듈러 공법에 사용된 주요부재는 일반인정 규정에 따라 품질인정기관에 부재단위 시험을 신청하여 내화구조 인정을 받음

* 단위 부재(기둥, 보, 벽체)에 대해 방화석고보드 인케이싱 방식 인정(보/기둥 3시간, 벽체 2시간)



[1시간 내화도료]

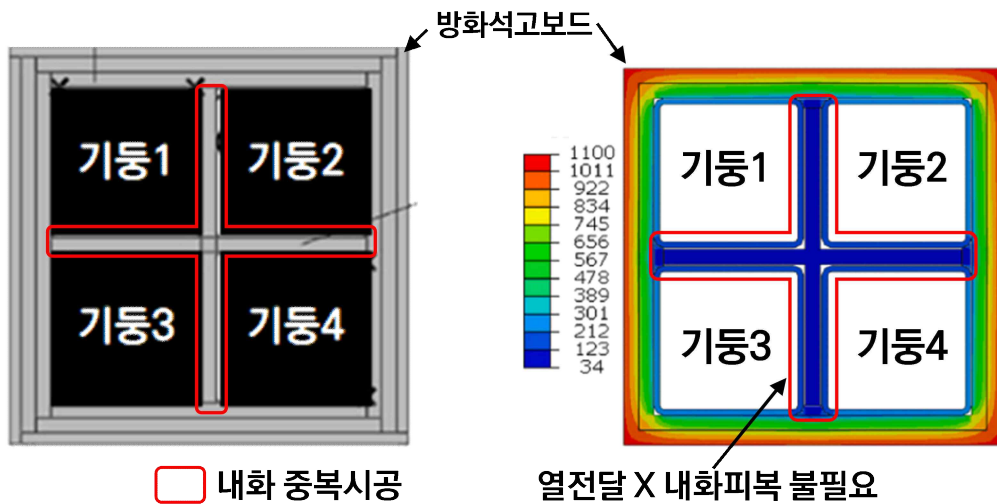


[2시간 내화뿔칠]

<그림 4.8> 단위부재 기둥 및 보 피복재 내화구조 인정

○ (문제점1) 복합부재의 내화성능을 고려하지 않는 현행 내화구조 인정제도

- 모듈러 제조사, 시공사 및 내화물 제조사간 협업을 통해 모듈러 골조 (보 및 기둥)의 내화성능 확보를 위한 다양한 상세가 기존 부재단위 인정절차에 따라 인정이 진행되고 있으나, 복합부재의 성능을 반영할 수 없어 과도한 내화상세가 요구되고 있음
- 벽체, 기둥, 보 등의 부재가 중복되어 배치되는 특징을 가지는 모듈러 공법에 복합부재가 아닌 단일부재의 내화성능만을 인정할 시, 부재간 접합면에 내화피복이 중복시공 되는 현장 시공성 문제를 가지고 있어 고층 모듈러 건축사업의 경제성 확보가 어려움



<그림 4.9> 모듈러 건축의 내화중복시공 대표사례

○ **(현황2)** 내화구조 인정신청 주체 및 품질인정/관리 기준

- 인정신청 주체: 부재 자체 제조사, 내화조치(도장, 인케이싱 등) 재료 제조사 인정 또는 시공 현장 단위 인정
- 공장 품질관리검사: 내화구조 인정 신청 시 제철 현장 품질관리 상태 확인(제6조 공장의 품질관리 상태 확인)
- 내화구조 유효기간: 인정 또는 연장받은 날로부터 3년

○ **(문제점2)** 모듈러 제작사에게 불합리한 내화구조 인정제도

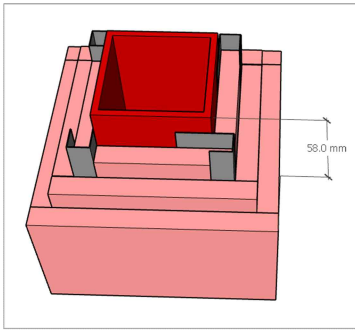
- 모듈러 제작사는 내화 인정구조에 대한 사용자로서 내화자재 생산업체의 협조가 필수적인 상황이 발생하며, 제작사의 능동적인 의사 표현이 제한되어 사업계획 수립, 모듈러 설계 등 여러 단계에서 걸림돌이 되고 있는 실정임.
- 내화자재 생산 업체에 종속되는 형태로 인정자재 판매 부진 시 유효기간 연장 불응 등 악영향
- 모듈러 제작사가 인정을 신청하여도, 내화재료 업체(주요 구성 재료)의 공장심사가 필요
- 현장 시공을 대상으로 운영되어온 내화구조는 부재 단위로 인정 내용을 적용하므로 단위모듈의 조합으로 완성되는 모듈러 건축 특성과 차이 발생하여 현재 모듈러 건축의 특성(장점)을 포기하고 현행 제도에 부합하게 시공하여야 하는 불합리한 실정임

○ **(현황3)** 내화성능평가 제도

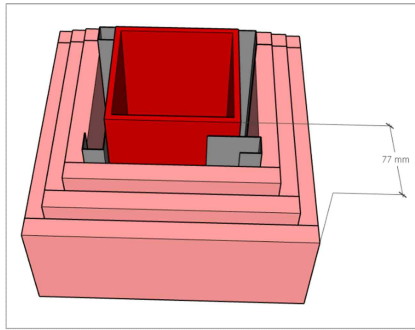
- 내화구조 등의 인정 및 관리업무 세부운영지침에 따라 평가
- 화재조건의 경우 ISO 834 기반 KS F2257-1 표준화재 획일적 적용

○ **(문제점3)** 모듈러 건축의 내화성능평가 적용 한계

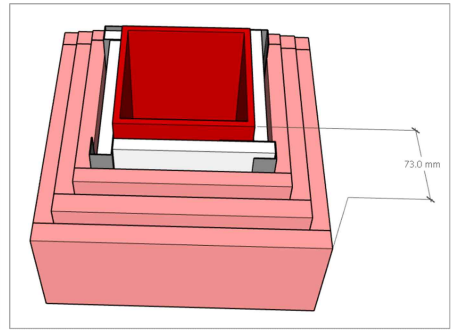
- 실제 화재는 가연물이 연소됨에 따라 최대온도에 도달한 후, 온도가 급격히 감소하나, 표준화재곡선은 시간에 따라 온도가 지속적으로 증가하는 형태
- 표준화재 곡선은 실내공간의 화재크기를 보수적으로 평가할 수 있는 장점이 있으나, 모듈러 건축물에서 발생할 수 있는 실제 화재크기를 지나치게 높게 평가하여 내화피복 과다 설계를 하는 경향이 있음.



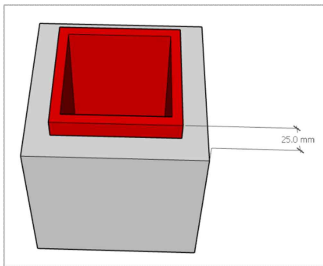
KCC-Column-2-Modular (2H)
 - 부재규격: 100x100x6.0
 - 피복두께: 58mm



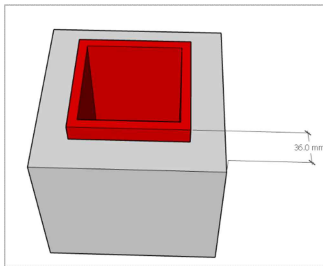
KCC-Column-3-Modular (2H)
 - 부재규격: 125x125x6.0
 - 피복두께: 77mm



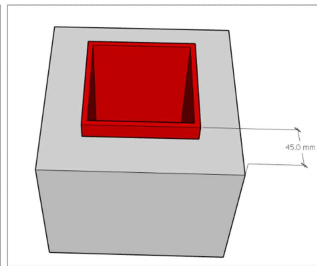
KCC-Column-3-Modular C/F (2H)
 - 부재규격: 125x125x6.0
 - 피복두께: 73mm



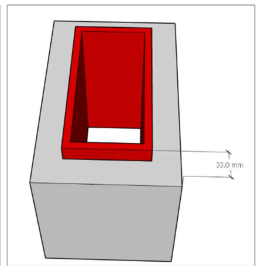
D-Modular-column-1H
 - 부재규격: 125x125x10.0
 - 피복두께: 25mm



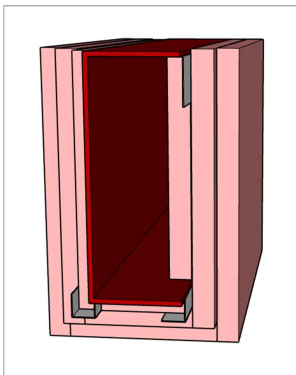
D-Modular-column-2H
 - 부재규격: 125x125x10.0
 - 피복두께: 36mm



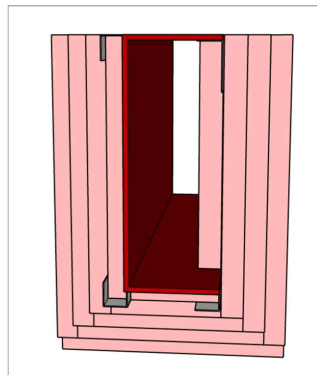
PC-모듈러C-33
 - 부재규격: 125x125x6.0
 - 피복두께: 45mm



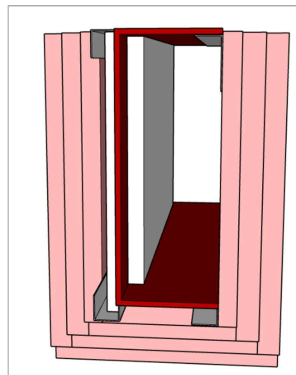
iNNOHIVE-Column-2H
 - 부재규격: 200x100x9.0
 - 피복두께: 33mm



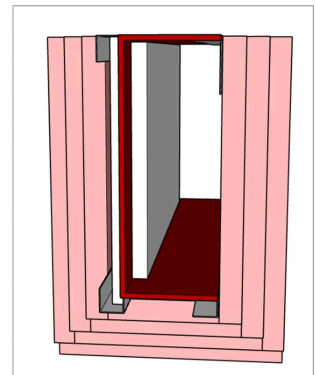
KCC-Beam-2-Modular
 - 부재규격: 200x75x4.0
 - 피복두께: 58/58mm



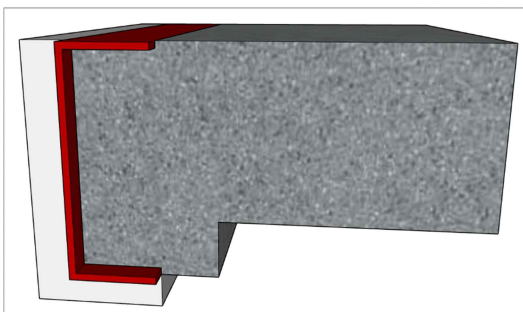
KCC-Beam-3-Modular
 - 부재규격: 200x75x6.0
 - 피복두께: 77/96mm



KCC-Beam-3-Modular C/F 1
 - 부재규격: 200x75x6.0
 - 피복두께: 77/96mm



KCC-Beam-3-Modular C/F 2
 - 부재규격: 200x75x6.0
 - 피복두께: 73/92mm



GS모듈러-B1-3H
 - 부재규격: 200x75x6.0
 - 피복두께: 38/30mm

<그림 4.10> 모듈러용 보 부재 내화인정 상세 ('24.01 기준)

(구성기술 1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

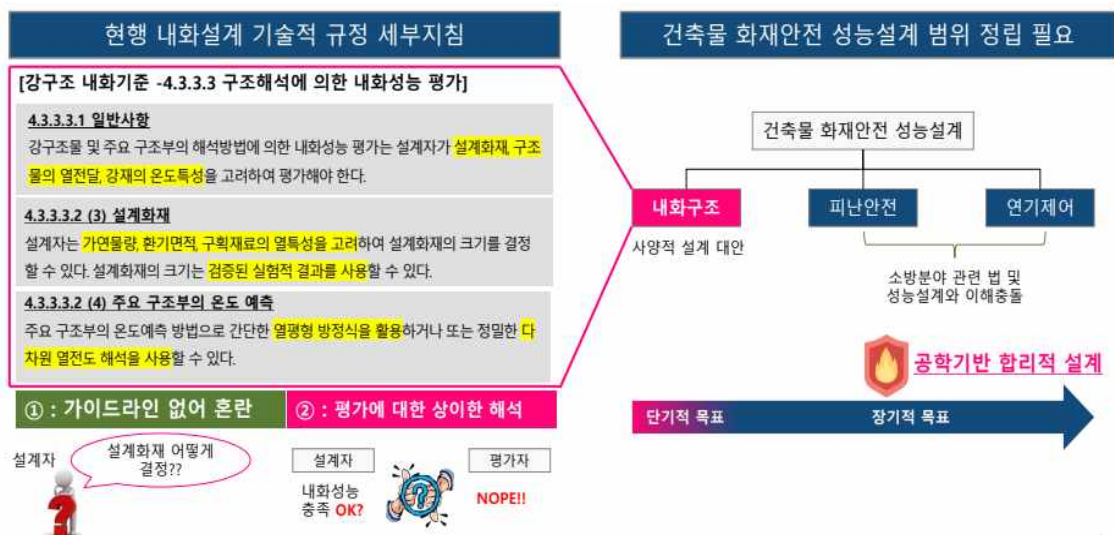
□ 모듈러 건축물 내화설계

○ (현황) 국내 내화설계 현황

- 현재 「건축물의 피난, 방화구조 등의 기준에 관한 규칙」의 제 3조 9호는 건축물의 내화설계 시 성능설계를 할 수 있는 법적근거를 제시하고 있으나, 이에 대한 상세한 설계절차를 제시하고 있지 않아 실제 구조물의 설계에 반영되고 있지 않음
- 건축물의 건축구조기준(KDS)의 강구조 물고임 및 내화설계 기준(KDS 14 31 50)에서는 성능기반 내화설계방법에 대한 내용이 언급되고 있으나, 실제 구조물의 설계에 적용할 수 있는 재료의 고온특성이나 화재에 노출된 부재의 구조성능을 평가할 수 있는 설계식이 제시되어 있지 않음

○ (문제점) 모듈러 건축물 성능기반 내화설계 가이드라인 부재

- 대한건축학회에서 「강구조건축물의 성능기반 내화설계지침」을 작성하여 일반적인 강구조물에 적용할 수 있는 설계지침을 마련하였지만, 모듈간 결합구조로 이루어져 있는 모듈러 구조에 직접 반영하기는 어려우며, 모듈러 건축물의 특성을 반영한 내화설계 절차 및 설계기준 개발이 필요함
- 모듈러 내화구조에 관한 국내 연구 역시 부재단위 성능실험 및 평가 위주로 진행되고 있어 모듈러 건축물의 실화재 특성에 기반한 내화성능 평가와 이를 반영한 내화설계기준 제정이 필요함



<그림 4.11> 현행 내화설계 관련 기준(KDS 14 31 50)

□ 화재확산 방지구조

○ (현황) 화재확산 방지관련 규정

- 현재 국내 기준에서는 화재 확산의 우려가 있는 건축부재간 연결부를 총 9개소로 분류하고 화재확산 방지를 위한 개소별 내화채움구조 인정을 진행하고 있음
- 방화구획 의무: 건축법 제46조, 방화구획 의무 대상: 건축법 제49조
- 방화구획: 내화성능 있는 벽, 바닥과 통행 및 출입을 위한 개구부를 막는 방화문, 방화셔터, 벽 또는 바닥의 틈새인 관통부를 막는 내화채움구조

<표 4.4> 현행 국내 기준에 따른 내화채움구조의 품목 및 내용

내화채움구조 품목	내용
금속관 설비관통부	금속소재 관이 관통하는 설비관통부 내화채움재
비금속관 설비관통부	비금속소재 관이 관통하는 설비관통부 내화채움재
케이블 설비관통부	전선(케이블, 케이블트레이)이 관통하는 설비관통부 내화채움재
버스덕트 설비관통부	버스덕트가 관통하는 설비관통부 내화채움재
바닥-바닥 선형조인트	바닥판 간의 선형조인트 내화채움재
바닥-커튼월 선형조인트	바닥과 커튼월의 선형조인트 내화채움재
벽상부 선형조인트	내화구조 벽 상부의 선형조인트 내화채움재
벽-벽 선형조인트	내화구조 벽 간의 선형조인트 내화채움재
기타 내화채움구조	기타 내화채움재

○ (문제점) 모듈러 공법 특성에 적합한 화재 확산방지구조의 필요성

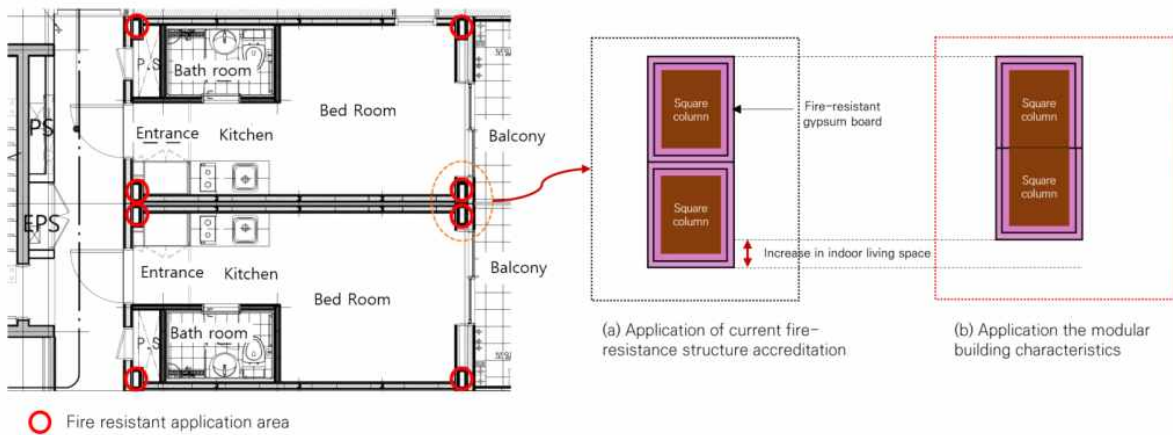
- 현행 내화채움구조는 모듈간 접합시 필연적으로 발생하는 틈새를 통한 화재확산방지 구조로 적용이 어려우며, 모듈러 공법의 규격 및 상세에 맞는 화재확산방지구조 도입 필요
- 현행 내화채움구조는 일반 건축물 구획부재(벽, 바닥)를 관통하는 경우를 상정하고 있어 모듈러 건축 조건과 맞지 않으며, 부재의 소재 및 단위 모듈의 수평/수직적 배열 및 적층 관련 구조형식에 따라 모듈러에 적합한 화재확산방지구조 설정 필요

(나) 개선방안

(구성기술 1-1) 모듈 단위 실험형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발

□ 모듈러 건축물 내화성능평가 제도 마련

- 기존의 단위 부재 내화성능 평가가 아닌 모듈러 유닛 단위의 평가 기준 마련을 통한 모듈러 맞춤형 평가 기술을 개발
 - 칸막이벽+기둥/보 및 천장+보 등 복합부재에 대한 내화성능 평가방법을 표준화하고 복합부재에 대한 내화성능 인정절차 개정안 마련
 - 화원, 개구부의 크기, 용도별 화재하중 등을 정량화하여 모듈러 건축물에서 발생할 수 있는 실제 화재크기를 반영
- 단계적 기술개발로 모듈러 특성을 반영한 내화성능평가 방법 및 기준 개발
 - ① 단계 : 부재단위 인정(현행) → 복합부재 평가/인정
 - ② 단계 : 모듈단위 내화 성능평가방법/기준 마련 및 검증(피방규칙 신제품/신기술인정 절차 활용)



<그림 4.12> 복합부재 내화성능평가 방식의 이점: 내화 중복시공 방지
※ 출처: 국내 모듈러 건축의 내화구조 제도 현황 및 활성화 방안

□ 내화구조 인정제도 개선

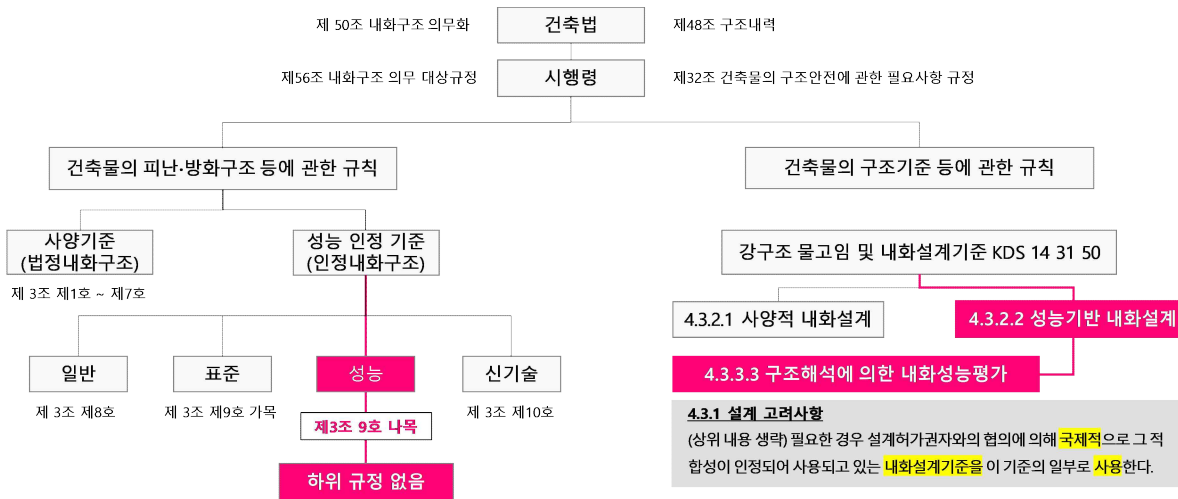
- 모듈러 맞춤형 표준 내화구조 개발을 통한 모듈러 제조사 단독 인정 추진 방안 검토(내화 인정 및 관리업무 세부운영지침 제2조)

- 기존 내화재료 업체의 협조 없이 표준 내화구조를 통한 모듈러 제작사 단독으로 내화구조 신청이 가능한 방안을 마련
- 현행 되고 있는 내화구조 인정 제도 안으로 모듈러 건축이 적용될 수 있게 새로운 접근방식을 도출하고 이를 통한 건축법령상 내화구조 인정을 확보하는 방안을 마련
- 표준구조에 대해 내화인정을 받은 제품 사용시, 모듈러 제조업체의 내화자재 조립과정에 대한 공장심사만 시행 검토

(구성기술 1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

□ 모듈러 특성을 반영한 성능기반 내화설계 적용

- 성능기반 내화설계(피방규칙 제3조 9호 나목) 활성화 및 모듈러 등 OSC 공법의 맞춤형 내화성능평가 활용



<그림 4.13> 국내 성능기반 내화설계 관련 법적 근거

- 모듈간 접합구조로 구성되는 모듈러 구조의 특성을 반영하여 모듈 단위의 실대형 내화성능 평가 방법을 개발하고, 실대형 내화성능 검증 실험을 위한 설계 화재하중 및 화재 시나리오의 정의, 화재 시뮬레이션 및 열전달 해석절차 개발, 내화성능 확보 여부에 대한 평가절차 개발을 통한 모듈러 구조형식 및 공법 특성을 반영한 내화성능평가 및 인정 절차 개발

□ 모듈러 건축물의 모듈간 틈새를 통한 화재확산 방지를 위한 기술 개발

- 모듈의 수평, 수직 연결부를 통한 화재확산 방지를 위해 화재경로 전파를 예측하고 내화성능 설계에 따른 화재확산방지구조 개발 필요
- 특히 지붕층의 경우 화재 확산방지구조 구현이 어려워 지붕층을 통한 화재전파 사례가 다수 보고되고 있으며 모듈단위 성능평가 및 인정제도 운영 시 가장 취약한 화재 전파경로가 될 수 있음

<표 4.5> 핵심기술 1 (As-is To-be)

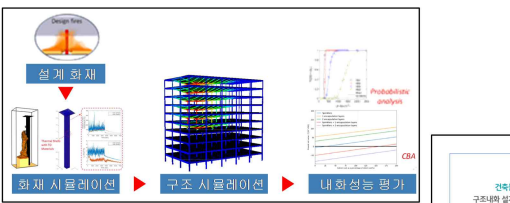
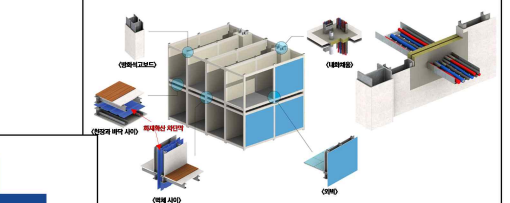
AS-IS	TO-BE
<p>(1-1) 부재 단위 내화구조 인정제도</p> <ul style="list-style-type: none"> • 복합부재의 내화성능을 고려하지 않는 현행 내화구조 인정제도: 벽체, 기둥, 보 등의 부재가 중복되어 배치되는 특징을 가지는 모듈러 공법에 복합부재가 아닌 단일부재의 내화성능만을 인정하여 내화 중복시공되는 문제가 발생함 • 모듈러 제작사에게 불합리한 내화구조 인정제도: 모듈러 제작사는 내화 인정구조에 대한 사용자로서 내화 자재 생산업체의 협조가 필수적인 상황이 발생되며, 제작사의 능동적인 의사표현이 제한됨 • 모듈러 건축의 내화성능평가 적용 한계: 현행 내화성능평가 방법은 모든 건축물에 KS F2257-1 표준화재가 획일적으로 적용하여 화재위험성을 지나치게 크게 평가하여 비경제적인 내화피복량을 요구함 	<p>(1-1) 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 모듈러 내화성능 평가 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 건축물 내화성능평가 제도 마련: 골조, 칸막이 벽 및 바닥/천장 등 복합부재의 효과를 고려할 수 있는 실대형 모듈단위 내화성능 평가 기법 개발을 통한 모듈러 공법 내화 합리화 • 내화구조 인정제도 개선: 기존 내화재료 업체의 협조 없이 표준 내화구조를 통한 모듈러 제작사 단독으로 내화구조 적용이 가능한 방안을 마련 • 공장 품질관리심사 최소화: 내화인정을 받은 제품 사용시, 모듈러 제조업체의 내화자재 조립과정에 대한 공장심사만 시행 • 실대형 화재실험 기반 내화성능 평가: 실대형 내화성능 시험방법을 구체화하여 기존 부재 단위 인정제도 대비 유사한 화재안전성을 확보 할 수 있는 내화시험 방법 정립
<p>(1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 성능기반 내화설계 가이드라인 부재: 현행 건축구조기준(KDS 14 31 50)에서는 성능기반 내화설계방법에 대한 내용이 언급되고 있으나, 재료의 고온특성, 부재의 구조성능평가 설계식이 제시되어 있지 않음 • 화재-구조 통합해석모델 개발 연구 필요: 성능기반 내화설계에서는 건축물에 발생하는 화재현상과 이에 따른 구조안전성을 신뢰도 있게 평가할 수 있는 해석모델 개발이 필수 전제조건이나 현재 관련 선행연구가 미흡함 • 내화채움구조 외 화재 확산방지구조 미고려: 모듈러 건축물은 일반 건축물과 동일하게 내화채움구조를 적용하고 있으며, 모듈간 수평/수직 연결부 화재 확산방지는 고려하지 않고 있음. 	<p>(1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 선진형 성능기반 내화설계지침 개발: 성능기반 내화설계에 필요한 구조 및 내화재료의 기계적/열적 물성 DB 구축하여 성능기반 모듈러 내화설계 활성화 • 화재-구조 통합해석모델 개발: FDS 화재시뮬레이션과 구조 유한요소해석 통합프로세스를 개발하여 모듈러 건축물의 특성을 고려한 내화성능평가 기술 마련 • 모듈단위 내화성능 평가 연계 화재확산 방지구조 보강: 모듈단위 내화설계시 화재 확산방지구조를 의무적으로 설치하도록 규정화

[구성기술 1-1] 모듈 단위 실험형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발

AS-IS: 부재 단위/ 표준화재	TO-BE: 모듈 단위/ 실화재
 <p>내화피복 증복시공</p>	 <p>내화피복 최적화</p>
AS-IS	TO-BE
<ul style="list-style-type: none"> 부재 단위 (기동, 보, 칸막이벽 및 바닥) 내화 성능 평가 및 인정제도 운영 (내화성능평가①) 복합부재의 내화성능을 반영할 수 없어 불합리한 내화상세요구 (내화성능평가②) 구조재료/건축물 특성 고려 없이, 표준화재를 획일적으로 사용하여 내화성능을 지나치게 보수적으로 평가 (인정신청 주체) 부재 자체 제조사, 내화재료 제조사 → 공장에서 내화구조 시공이 이루어지는 모듈러 특성 반영 불가 	<ul style="list-style-type: none"> 모듈 단위 실험형 내화성능 평가 (성능평가 개선①) 복합부재에 대한 내화성능 평가방법 및 인증절차 개정안 마련 (성능평가 개선②) 화원, 개구부의 크기, 화재하중을 건축물 용도별로 정량화하여 모듈러에 발생할 수 있는 실화재를 고려한 합리적 내화성능평가 방안 마련 (인정제도 개선) 모듈러 제작사 단독으로 내화구조 인정 신청 가능 및 내화자재 조립과정에 대한 품질관리 심사만 실시하여 인정절차 비용 최소화

<그림 4.14> 모듈 단위 실험형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발 (As-is To-be)

[구성기술 1-2] 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

AS-IS	TO-BE
 <p>〈모듈러 건축물 성능기반 내화설계〉</p>	 <p>〈화재 확산방지구조 개발〉</p>
AS-IS	TO-BE
<ul style="list-style-type: none"> 일반 건축물에 적합한 사양적 내화설계 (KS F 2257 내화시험 성능평가) (내화설계) 건축물의 내화설계 시 성능설계 할 수 있는 법적 근거가 마련되어 있으나, 상세 설계 가이드라인 부재 → 구조 설계자 혼란 초래 (시험평가) 제한된 실험조건(장비, 비용)으로 인하여 전체 모듈러 건축물의 화재위험도/구조안정성 평가 불가 (화재 확산) 모듈러 접합에서 발생하는 수직/수평 틈새를 통한 화재확산 위험도가 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 모듈러 맞춤형 성능기반 내화설계 (공학 시뮬레이션) (내화설계) 재료물성/구조해석 세부절차가 명시된 선진형 성능기반 내화설계지침서 개발 → 공학적 기반의 모듈러 내화성능평가 활성화 (해석모델) 화재-구조 통합해석모델 개발 → 모듈러 건축물의 공학적 기반 내화성능평가 가능 (화재 확산) 수직/수평 틈새를 통한 화재확산 방지를 위한 화재확산 차단막 개발 및 성능검증

<그림 4.15> 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

(4) 국내외 기술개발 동향

(가) 해외동향

(구성기술 1-1) 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발

□ 모듈단위 인정제도 운영 현황

○ 모듈러 공법 선진국에서는 모듈단위 또는 복합부재 내화성능 인정을 통해 모듈러 공법에 적용 가능한 합리적인 내화상세를 적용하고 있음

- (영국) 민간단체인 BRE 기준으로 모듈단위 내화성능 인정기준을 운영하고 있음. 모듈러 건축물의 수평 수직 화재 전파 위험도 평가를 위해 최소 3개 이상의 모듈을 활용한 시험기준을 적용하고 있으며, 화원, 개구부의 크기, 용도별 화재하중, 시험시 계측 항목 및 합격기준등을 제시하고 있음. 고층 모듈러 건축물이 다수 시공된 유럽에서는 해당 규격을 통한 모듈의 내화성능을 인정받아 칸막이벽 및 천장 내화석고보드를 통한 모듈 단위 내화성능을 확보하고 있음.

* BPS 7014 Standard for modular systems for dwellings, BRE(UK)

* LPS 1501 Fire test and performance requirements for innovative methods of building construction, BRE(UK)

- (미국) 모듈 단위 실대형 내화성능평가 및 인정과 별개로 복합부재 내화성능에 대한 규정을 별도로 제공하고 있음. 건식벽체 시공이 많은 시장 특성을 고려하여 벽체 내부에 위치하는 골조의 내화성능을 규정하고 있으며, 내화성능을 인정받은 벽체 내부에 보 및 기둥과 같은 골조가 위치하는 경우 별도의 내화 피복 없이 벽체와 동일한 내화성능을 인정하고 있음.

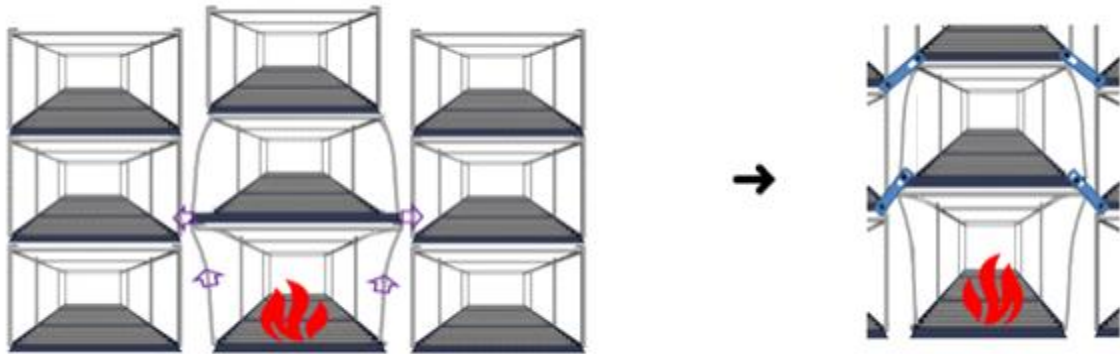
* International Building code, Section 704 Fire resistance rating of structural members

- (러시아) 모듈러 건축 특화 시험방법은 아니나 실대형 실험을 통한 내화성능 인정을 위한 화재하중의 산정, 계측장비 설치, 합격기준 등을 포함한 실대형 화재실험 기준을 운영하고 있음.

* NPB 233-96 Building and fragment of the building. Method of full scale fire test. General requirements

□ 고층 모듈러 주택 내화성능 확보 기술

- 모듈러 단위 유닛 화재 발생시 인접 모듈러의 피해를 최소화하기 위한 기술 개발이 진행중
- Modular structure with novel inter-modular connections 기술은 모듈과 모듈의 연결부위가 열팽창에 의해 무너지는 것을 방지하기 위한 기술임
 - 모듈러 건축 화재시 단위 유닛의 연결부위에 내화 재료를 덧대거나 열에 강한 금속을 이용하여 열팽창에 따른 영향을 최소화하여 구조적 안정성을 확보하는 기술 개발이 진행중임

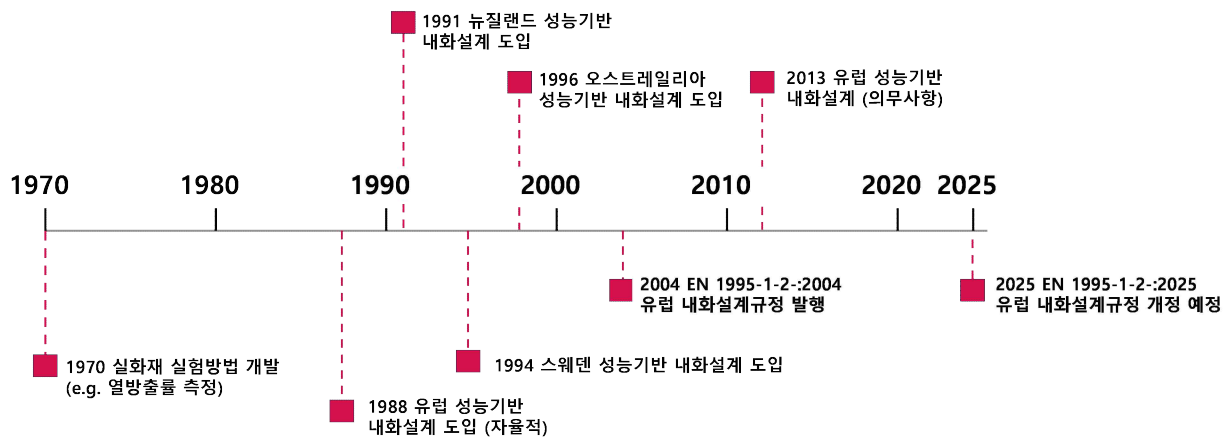


<그림 4.16> Modular structure with novel inter-modular connections 개념도

(구성기술 1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

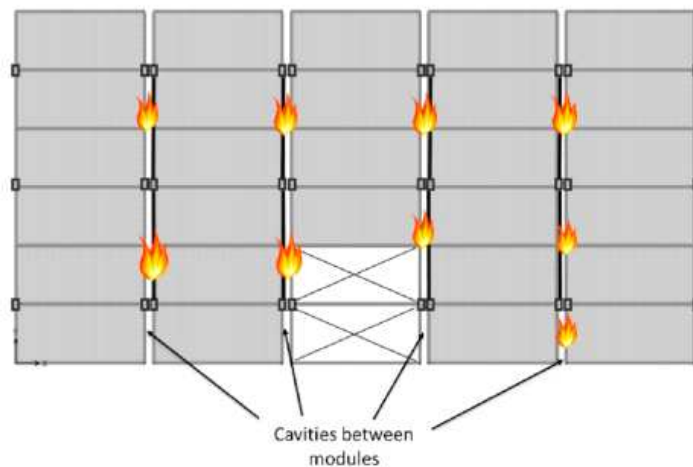
□ 건축물 성능기반 내화설계 적용

- 미국, 유럽, 뉴질랜드, 일본 등의 선진국에서는 건축물의 화재안전성을 합리적으로 평가하여 내화시공 가격 경쟁력을 확보하고 있음
 - 유럽은 글로벌 탄소중립을 위해 목구조 등과 같은 새로운 건축물 유형으로 성능기반 내화설계의 적용범위 확대를 도모하고 있음
 - 미국은 ASCE, SFPE, IBC 및 NEPA 등의 연구결과를 토대로 내화설계지침을 개발하여 다양한 건축물 유형의 화재성능을 공학적으로 평가할 수 있는 체계를 구축



<그림 4.17> 해외 성능기반 내화설계 변천

- 특수 목적형 모듈러 개발을 통한 화재 및 폭발 등 고위험 재난시 안정성 확보 기술
 - 산업단지 등 폭발성 화재 발생이 우려되는 특정된 공간(지역)에 설치하여 가스 누출 시 안전 확보, 폭발에 대한 안전 확보를 위한 대피용 모듈러 등 고부가치의 특수 목적형 모듈러 개발 진행 중임
- 적층형 모듈러 건축물의 모듈간 틈새를 통한 화재확산 방지를 위한 기술 논의 진행 중
 - 모듈러 건축물 화재시 적층형 모듈러 공법상 필연적으로 발생하게 되는 모듈 유닛간 틈새를 통한 화재 확산 방지가 모듈러 건축물 화재 안전성에 심각한 위험을 미칠 수 있는 것으로 우려가 되고 있으며 이를 해결하기 위한 기술적 검토 등이 진행중에 있음



<그림 4.18> 모듈러 건축물 화재발생시 화재확산 가능 경로

<표 4.6> 구성기술 관련 구축기술 사례

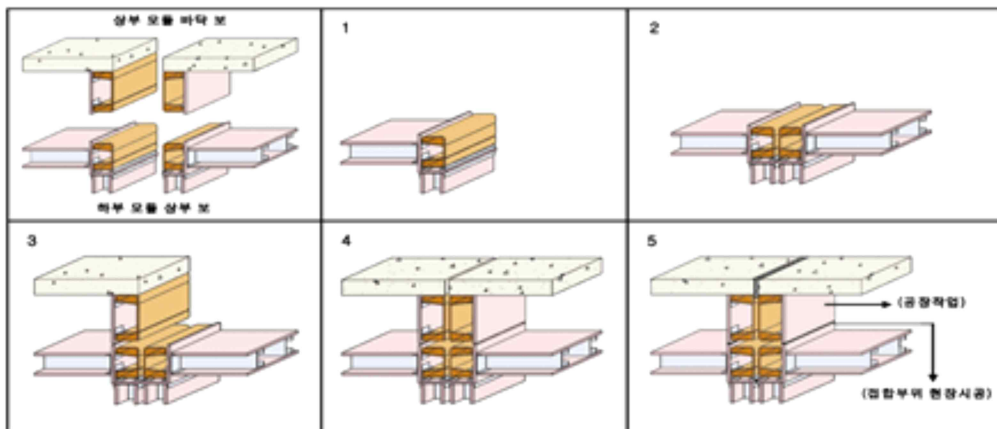
개발방향	국가	특징
화재시 구조 안정성	미국, 호주	<ul style="list-style-type: none"> 모듈러 단위 유닛을 연결하여 화재시 열팽창에 따른 붕괴 방지
폭발성 화재시 안전성	미국	<ul style="list-style-type: none"> 폭발성 화재 발생시 대피용 특수 목적형 모듈러 개발
화재확산 방지	영국, 호주	<ul style="list-style-type: none"> 모듈러 단위 유닛간 틈새를 통한 화재확산 방지
모듈러 맞춤형 내화설계	미국, 영국, 뉴질랜드	<ul style="list-style-type: none"> 성능기반 내화설계지침서 발행

(나) 국내동향

(구성기술 1-1) 모듈 단위 신타형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발

□ 부재단위 인정제도 대응 내화성능 확보 연구 진행

- 모듈러 보 및 기둥에 적용하기 위한 부재단위 인정 별도 추진
- 현장 설치시 조립부재의 형태를 고려하여 공장생산분과 현장설치분을 고려한 내화상세도 개발중이나 현행 내화인정제도 하에서는 인정 불가
- MCO보 내화 인케이스먼트 공법: 상부 모듈의 바닥보와 하부 모듈의 상부보가 접합된 4개의 보를 방화석고보드를 이용하여 내화 성능을 높이는 공법이며, 방화보드는 각 유닛 모듈의 단일 부재를 개별적으로 감싸는 방식이 아니라 보와 보 사이를 현장에서 마감하는 방식



<그림 4.19> MCO 내화 공법 기술의 개념도

□ 모듈단위 실대형 평가 진행

- 모듈러 해외 수출의 목적으로 길이 6.7m, 폭 3.75m, 높이 3.6m 규모의 모듈러에 대해 해외 기준을(NPB) 적용한 실대형 내화실험 및 인정 진행('08, POSCO)
- 해외 인정기준(BPS/LPS) 도입 검토 및 모듈의 내화성능 평가를 위한 연구목적의 실대형 평가 진행 ('23, POSCO)



(a) 러시아 수출용 모듈 실대형 내화성능평가 ('08, 한국건설기술연구원)



(b) 모듈단위 실대형 내화성능평가 ('23, 건설생활환경시험연구원)

<그림 4.20> 국내 모듈단위 실대형 내화성능 평가

(구성기술 1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

- 국내에서는 모듈러 구조에 별도의 내화설계 절차 및 내화성능 평가 방법이 마련되어 있지 않고, 일반 건축물의 내화성능 평가 방법 및 절차를 적용하고 있음
- 모듈러 단위 부재(기둥, 보, 벽체)에 대해 방화석고보드 인케이싱 방식의 내화구조 인정(보/

기동 3시간, 벽체 2시간 내화) 사례가 있음

- 모듈러 구조의 내화구조 인정은 부재 자체 제조사, 내화조치(도장, 인케이싱 등) 재료 제조사 또는 시공현장 단위로 인정이 이루어지고 있음
- 국내는 모듈간 화재 확산방지구조에 대한 개념 및 이에 대한 설계반영이 이루어지고 있지 않음
- 국내 기준에서는 화재 확산의 우려가 있는 건축부재 간 연결부를 총 9개소로 분류하고 화재확산 방지를 위한 개소별 내화채움구조 인정을 진행하고 있음
- 현행 내화채움구조는 모듈러 공법의 모듈간 화재확산방지구조로 적용이 어려우며, 모듈러 건축물 화재 시 모듈 간 적층을 위하여 필연적으로 발생하는 수직 또는 수평방향의 틈을 통한 화재확산 경로에 대한 기술개발이 필요함

(다) 해외 및 국내 기술 수준 비교

(구성기술 1-1) 모듈 단위 신타형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발

- 화재시 모듈러 구조 안정성 확보를 위한 다양한 기술 개발 진행
- 해외의 경우 모듈러 건축물의 내화성능 설계 뿐만 아니라 화재시 모듈러 구조물 및 접합부 해석, 해석 결과를 활용하여 성능설계 반영 등 화재시 구조물 안전성을 내화구조 적용만으로 판단하는 국내에 비하여 다양하고 과학적인 방법으로 화재 안정성 확보를 위한 기술 개발을 진행중임
- 국내는 화재시 구조 안전성을 확보하는 유일한 방법으로 내화구조만 적용하고 있으나, 내화구조 이외의 다양한 접근을 통하여 동일한 수준의 화재 안전성을 확보할 수 있는 기술 개발이 절실한 실정임

(구성기술 1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

- 모듈러 건축물 화재시 화염확산 방지기술 적용의 차이

- 해외에서는 최근에 모듈러 건축물 화재 시 모듈 간 적층을 위하여 필연적으로 발생하는 수직 또는 수평방향의 틈을 통한 화재확산 경로에 대하여 관심과 우려를 보이면서 이를 해결하기 위한 기술 개발을 수행하고 있음
- 국내에서는 내화채움구조로 구조물간 틈을 통한 화재확산 방지 역할을 수행하도록 하고 있으나, 대부분의 모듈러 건축물 시공 시 내화구조만 특정되어 관심을 가지고 화재확산에 대해서는 상대적으로 관심을 두지 않는 경향이 있으나 이에 대한 기술 개발도 필요한 실정임

(라) 국내 타 연구과제와의 차별성 및 연계성

□ 국내 타 연구과제 현황

- 기존 모듈러 관련 연구단에서는 보 및 기둥 부재단위의 상세개발 및 성능평가, 내화인정이 추진되었음. 기존 연구과제에서는 실증사업과 연계하여 각각 2시간 및 3시간 내화상세를 개발하였고, 내화물(내화석고보드) 제조사와 협업하여 인증까지 추진하였음
- 본 연구에서는 모듈러 건축물의 내화상세 합리화를 위해 부재간 복합효과 반영을 고려하고 있으며, 이를 위해 실험 내화실험 및 성능설계 절차마련, 성능 검증을 진행하고자 함. 복합 부재의 효과를 고려하기 어려운 부재에서는 기존 내화인정 상세를 병행하여 활용 가능

<표 4.7> 본 구성기술관련 국내 타 선행과제와의 차별성·연계성

선행과제명	사업지원기관 (연구기간)	주요 연구내용	차별성·연계성
수요자 맞춤형 조립식 기술개발 및 실증단지	국토교통과학 기술진흥원	건식공법(내화석고보드)를 활용한 2시간 내화성능 확보를 위한 보 및 기둥의 내화상세 개발 및 인정연계	<p><차별점></p> <p>부재간 복합효과 반영을 위한 모듈단위 내화성능 평가 및 내화성능 설계 기법 개발</p> <p><연계방안></p> <p>부재간 복합효과를 기대하기 힘든 노출 골조 및 RC코어 연결부재 등에 기존 상세 병용</p>
모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술개발	국토교통과학 기술진흥원	건식공법(내화석고보드)를 활용한 3시간 내화성능 확보를 위한 보 및 기둥의 내화상세 개발 및 인정연계	

(5) 기술개발 정의

(구성기술 1) 모듈 단위 실험 대형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발

- 복합부재 단위 내화성능 평가 기술 및 표준 내화구조 개발
 - 복합부재 평가를 위한 벽체, 천장 및 골조 구성 등 내화구조 표준상세 도출 및 내화성능 평가방법 제도화 기술
 - 칸막이벽+기둥/보, 천장+보 등으로 구성된 복합부재에 대해 표준화재곡선을 적용한 내화성능 평가 기술
- 실험 대형 실험 기반 모듈러 단위 내화성능 평가기술 개발
 - 모듈러 단위 내화성능 검증 및 모듈러 건축물의 수평 수직 화재 전파 위험도 평가를 위해 단위 모듈을 적층한 시험기준을 개발하고, 화원, 개구부의 크기, 용도별 화재하중, 시험시 계측 항목 및 합격기준 등을 제시

(구성기술 2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

- 모듈러 건축물의 내화성능설계 적용을 위한 요소기술 및 설계절차 개발
 - 모듈러 건축물의 내화성능을 평가하기 위한 설계 화재하중 및 화재 시나리오, 화재 시물레이션 및 열전달 해석, 주요 구조부재의 화재시 내력을 평가하기 위한 설계 절차
 - 13층 이상의 고층 모듈러 건축물에 적용하기 위한 모듈별 요구 내화성능 확보 여부를 평가할 수 있는 내화설계 기술
- 모듈러 건축물의 화재 확산방지구조 공법 및 성능검증 기술
 - 모듈러 건축물의 적층시 필수적으로 발생하는 수직 또는 수평방향의 틈을 통한 화재확산을 방지할 수 있는 화재 확산방지구조 공법 개발 및 이에 대한 성능을 검증할 수 있는 평가절차

(6) 세부개발 내용

(구성기술 1-1) 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발

	한계점	기술개발방향						
연구 방향	<ul style="list-style-type: none"> 현행 부재단위 인정제도를 부재간 중첩을 통해 구성되는 모듈러 공법에 적용시 제작비용 과다 상승 및 내화 중복시공 발생 실대형 화재실험을 통한 내화성능평가 및 인정시 기존 표준화재곡선과 같은 수준의 신뢰성 및 재현성 확보 필요 모듈단위 실대형 화재실험을 통한 내화성능 평가시 현장적용을 위한 인정 연계 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 모듈 부재간 중첩효과를 고려하기 위한 복합 부재 평가 또는 모듈단위 평가 기법 개발 건축물에서 발생가능한 화재 하중을 고려하고 동등한 시험방법을 구현하기 위해 해외기준 검토 및 예비실험 등을 통한 실대형 내화실험의 설계화원 및 시험방법 표준화 개발 상세의 현장적용을 위한 시험방법의 개발과 더불어 인정제도 연계 제도 개선 병행 						
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현행 모듈러 공법에 적용되는 내화구조는 부재단위 내화성능평가에 기반한 내화상세를 적용하므로 모듈간 조립구조(골조, 바닥 및 벽체 일체화)의 내화성능을 판단하기 어려우며, 부재간 내화 중복시공으로 제작 비용 및 공사기간 증가 ○ 고층 모듈러 주택 건설을 위한 기술 개발시 내화구조 성능 확보는 건축법령에서 의무적으로 요구하고 있는 성능이며, 화재시 건축물 구조적 안전성과 인명피해 방지를 위해서도 반드시 해결해야할 기술임 <ul style="list-style-type: none"> - 13층 이상의 모듈러 주택 건설을 위해서는 내화성능 3시간 이상의 보 및 기둥 부재의 내화성능 확보와 2시간 이상의 바닥 및 벽체 내화성능 확보가 필수적임 - 최근 개발된 모듈러용 건식 공법은 단위 부재의 피복 두께가 습식 공법의 피복재 대비 상대적으로 두꺼운 피복두께를 요구하고 있고 적용되는 내화보드(방화석고보드 등)가 다양한 현장 시공성 문제를 가지고 있어 고층 모듈러 건축에 적용되기에는 현실적으로 어려운 실정임 ○ 화재시 구조물의 붕괴 방지와 인명피해 예방을 위해 국내에서는 건축물 주요 구조부재에 내화구조 인정을 받도록 의무화 하고 있으며, 모듈러 건축물도 동일한 기준 적용 대상임. 그러나 현행 내화구조 인정제도는 내화재료를 생산하는 제조사에게 내화구조 인정 신청 자격을 주고 있고 부재 단위로 내화구조 인정 제도를 운영하고 있어 모듈러 건축의 특성에 맞지 않는 인정제도에 대한 개선방안 마련이 반드시 필요한 실정임 <ul style="list-style-type: none"> - 내화구조 인정구조에 대한 사용자로서 인정업체의 협조가 필수적이며 내화구조 주체로서 자격 미미로 능동적 의사 표현이 제한되어 사업계획 수립, 모듈러 설계 등 여러 단계에서 걸림돌이 되고 있는 실정임 - 현장 시공을 대상으로 운영되어온 내화구조는 부재 단위로 인정 내용을 적용하므로 단위 모듈의 조합으로 완성되는 모듈러 건축 특성과 차이 발생하여 현재 모듈러 건축의 특성(장점)을 포기하고 현행 제도에 부합하게 시공하여야 하는 불합리한 실정임 							
연구내용	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="322 1823 446 1861">연도</th> <th data-bbox="454 1823 986 1861">연구목표 및 연구내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="322 1868 446 2069">1차년</td> <td data-bbox="454 1868 986 2069"> <ul style="list-style-type: none"> 해외 모듈러 공법 인정절차 및 시공사례 검토 복합부재 내화구조인정 제도 개선(안)① <ul style="list-style-type: none"> - 복합부재 내화구조 표준상세 도출 - 벽체, 천장 및 골조 구성 상세 </td> </tr> </tbody> </table>	연도	연구목표 및 연구내용	1차년	<ul style="list-style-type: none"> 해외 모듈러 공법 인정절차 및 시공사례 검토 복합부재 내화구조인정 제도 개선(안)① <ul style="list-style-type: none"> - 복합부재 내화구조 표준상세 도출 - 벽체, 천장 및 골조 구성 상세 	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="885 1823 1434 1861">주요 성과물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="885 1868 1434 2069"> <ul style="list-style-type: none"> 모듈단위 내화성능 평가 및 인정 관련 해외 선진기술 조사보고서 모듈러 복합부재 표준모델 도면 모듈러 용도별 화재하중 입력시트 </td> </tr> </tbody> </table>	주요 성과물	<ul style="list-style-type: none"> 모듈단위 내화성능 평가 및 인정 관련 해외 선진기술 조사보고서 모듈러 복합부재 표준모델 도면 모듈러 용도별 화재하중 입력시트
연도	연구목표 및 연구내용							
1차년	<ul style="list-style-type: none"> 해외 모듈러 공법 인정절차 및 시공사례 검토 복합부재 내화구조인정 제도 개선(안)① <ul style="list-style-type: none"> - 복합부재 내화구조 표준상세 도출 - 벽체, 천장 및 골조 구성 상세 							
주요 성과물								
<ul style="list-style-type: none"> 모듈단위 내화성능 평가 및 인정 관련 해외 선진기술 조사보고서 모듈러 복합부재 표준모델 도면 모듈러 용도별 화재하중 입력시트 								

연도	연구목표 및 연구내용		주요 성과물														
	국내	해외															
2차년	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈단위 실대형 화재실험 방법 표준화① <ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 용도별 화재하중 개발 • 복합부재 내화구조인정 제도 개선(안)② <ul style="list-style-type: none"> - 복합부재 내화성능 평가 - 시험대상: 칸막이벽+기둥/보, 천장+보 외 - 표준화재곡선을 이용한 내화성능평가 • 모듈단위 실대형 화재실험 방법 표준화② <ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 용도별 구획형상 표준화 		<ul style="list-style-type: none"> • 복합부재 내화성능평가 결과보고서 														
3차년	<ul style="list-style-type: none"> • 복합부재 내화구조인정 제도 개선(안)③ <ul style="list-style-type: none"> - 복합부재 내화성능평가 방법 표준화 - 복합부재 대상 인정절차 개정안 작성 - 복합부재 인정 연계 및 표준(안) 작성 • 모듈러 내화구조인정 제도(안)① <ul style="list-style-type: none"> - 단일모듈 실대형 화재실험 수행 - 구조부재 내화성능 평가절차 개발 		<ul style="list-style-type: none"> • 복합부재 내화성능평가 가이드라인 • 복합부재 내화 인정절차 개정안 • 단일모듈 실화재 실험 결과보고서 														
4차년	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 내화구조인정 제도(안)② <ul style="list-style-type: none"> - 실대형 화재실험 방법/기준 설정 - 멀티모듈 실대형 화재실험 수행 - 모듈단위 요구내화성능 기준설정 - 화재 확산방지구조 상세 도출 		<ul style="list-style-type: none"> • 멀티모듈 실화재 실험 결과보고서 • 단일모듈 내화성능평가 가이드라인 • 화재 확산방지구조 상세도면 														
5차년	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 내화구조인정 제도(안)③ <ul style="list-style-type: none"> - 멀티모듈 실대형 화재실험 수행 - 화재 확산위험도평가 방법/기준 설정 		<ul style="list-style-type: none"> • 멀티모듈 화재확산 위험도평가 방법 가이드라인 • 모듈러 내화구조 인정절차 개정안 														
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 실물화재 실험 결과 분석 보고서 • 모듈러 맞춤형 내화구조 인정 가이드라인 및 표준상세 제시 																
연구목표	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">성능지표</th> <th colspan="2">현재 최고 기술수준</th> <th rowspan="2">개발 목표 스펙</th> </tr> <tr> <th>국내</th> <th>해외</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>복합부재/모듈단위 내화성능평가 기준</td> <td>부재단위 평가/인정</td> <td>모듈 단위 평가/인정</td> <td>실대형 화재실험 기반 모듈 내화성능평가 방법 기준 제시</td> </tr> <tr> <td>모듈러 내화 표준상세(안)</td> <td>3시간 (표준화재)</td> <td>3시간 (실물화재)</td> <td>모듈러 내화 표준 3건 (3시간 대응)</td> </tr> </tbody> </table>		성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙	국내	해외	복합부재/모듈단위 내화성능평가 기준	부재단위 평가/인정	모듈 단위 평가/인정	실대형 화재실험 기반 모듈 내화성능평가 방법 기준 제시	모듈러 내화 표준상세(안)	3시간 (표준화재)	3시간 (실물화재)	모듈러 내화 표준 3건 (3시간 대응)	
	성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙													
국내		해외															
복합부재/모듈단위 내화성능평가 기준	부재단위 평가/인정	모듈 단위 평가/인정	실대형 화재실험 기반 모듈 내화성능평가 방법 기준 제시														
모듈러 내화 표준상세(안)	3시간 (표준화재)	3시간 (실물화재)	모듈러 내화 표준 3건 (3시간 대응)														
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모듈러 맞춤형 내화구조 인정 가이드라인 및 표준 내화구조 제시 - 모듈러 유닛 기반의 화재하중, 화재강도 등 요소기술 적용과 표준 내화구조 개발을 통한 모듈러 맞춤형 내화구조 인정 가이드라인 제시 및 제도 개선 추진 																

(구성기술 1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

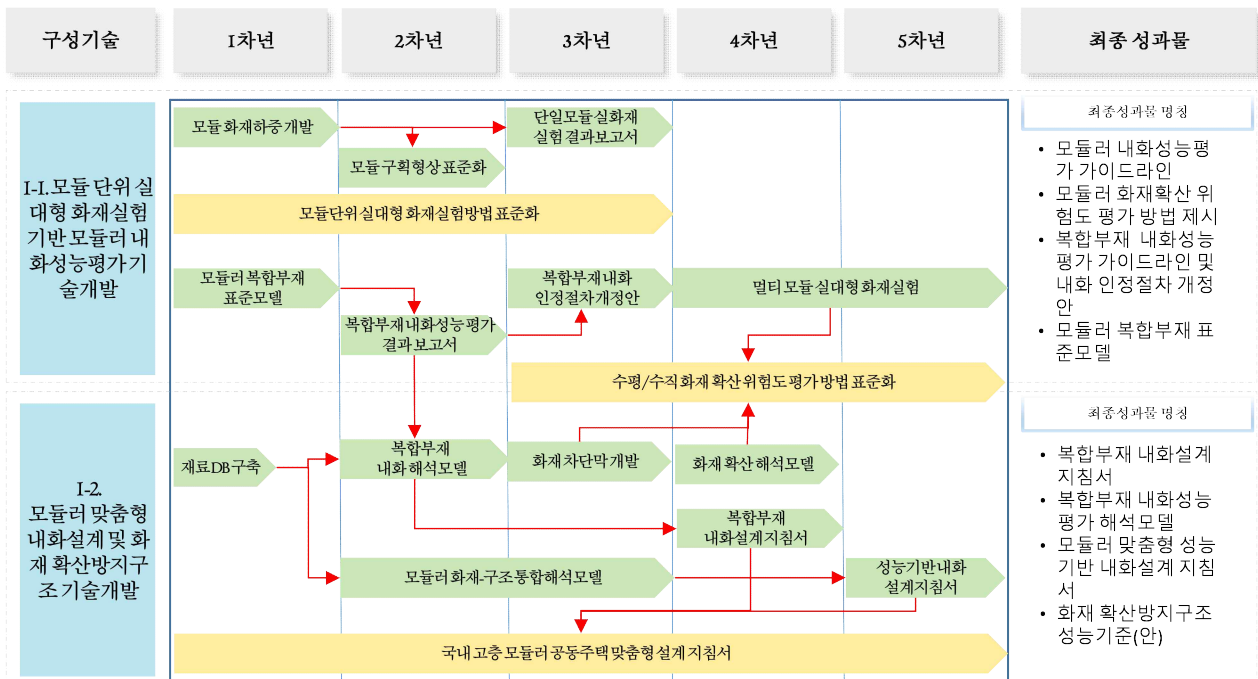
연구 방향	한계점	기술개발방향	
	<ul style="list-style-type: none"> • 성능기반 내화설계 가이드라인 부재: 현행 건축 구조기준(KDS 14 31 50)에서는 성능기반 내화 설계방법에 대한 내용이 언급되고 있으나, 재료의 고온특성, 부재의 구조성능평가 설계식이 제시되어 있지 않음 • 화재-구조 통합해석모델 개발 연구 필요: 성능기반 내화설계에서는 건축물에 발생하는 화재현상과 이에 따른 구조안전성을 신뢰도 있게 평가할 수 있는 해석모델 개발이 필수 전제조건이나 현재 관련 선행연구가 미흡함 • 내화채움구조 외 화재 확산방지구조 미고려: 모듈러 건축물은 일반 건축물과 동일하게 내화채움구조를 적용하고 있으며, 모듈간 수평/수직 연결부 화재 확산방지는 고려하지 않고 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 선진형 성능기반 내화설계지침 개발: 성능기반 내화설계에 필요한 구조 및 내화재료의 기계적/열적 물성 DB구축하여 성능기반 모듈러 내화설계 활성화 • 화재-구조 통합해석모델 개발: FDS 화재시뮬레이션과 구조 유한요소해석 통합프로세스를 개발하여 모듈러 건축물의 특성을 고려한 내화성능평가 기술 마련 • 모듈단위 내화성능 평가 연계 화재확산 방지구조 보강: 모듈단위 내화설계시 화재 확산방지구조를 의무적으로 설치하도록 규정화 	
연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 「건축물의 피난, 방화구조 등의 기준에 관한 규칙」의 제 3조 9호는 건축물의 내화설계시 성능설계를 할 수 있는 법적근거를 제시하고 있으나, 이에 대한 상세한 설계절차를 제시하고 있지 않아 실제 구조물의 설계에 반영되고 있지 않음 ○ 대한건축학회에서 「강구조건축물의 성능기반 내화설계지침」을 작성하여 일반적인 강구조물에 적용할 수 있는 설계지침을 마련하였지만, 모듈간 결합구조로 이루어져 있는 모듈러 구조에 직접 반영하기는 어려우며, 모듈러 건축물의 특성을 반영한 내화설계 절차 및 설계기준 개발이 필요함 ○ 모듈러 내화구조에 관한 국내 연구 역시 부재단위 성능실험 및 평가 위주로 진행되고 있어 모듈러 건축물의 실화재 특성에 기반한 내화성능 평가와 이를 반영한 내화설계기준 제정이 필요함 ○ 현재 국내 기준에서는 화재 확산의 우려가 있는 건축부재간 연결부를 총 9개소로 분류하고 화재확산 방지를 위한 개소별 내화채움구조 인정을 진행하고 있으나, 모듈러 건축에서 발생하는 틈새를 통한 화재확산방지 구조로 적용하기 어려움 ○ 모듈의 수평, 수직 연결부를 통한 화재확산 방지를 위해 화재경로 전파를 예측하고 내화성능 설계에 따른 화재확산방지구조 개발 필요 		
연구내용	연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	1차년	<ul style="list-style-type: none"> • 국내·외 모듈러 맞춤형 내화설계 사례분석 • 모듈러 맞춤형 내화설계 요소기술 개발① <ul style="list-style-type: none"> - 재료 기계적/열적 특성 DB구축 - 재료의 특성 수치모델화 	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 맞춤형 내화설계 선진기술 조사보고서 • 주요구조 재료DB 5건 • 내화피복 재료DB 5건
2차년	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 맞춤형 내화설계 요소기술 개발② <ul style="list-style-type: none"> - 복합부재 내화구조 해석모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 복합부재 내화성능평가 해석모델 • 모듈러 화재시뮬레이션 가이드라인 	

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물															
	- 모듈러 화재-구조 통합해석모델 개발 I																
3차년	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 맞춤형 내화설계 요소기술 개발② - 모듈러 화재-구조 통합해석모델 개발II • 모듈러 화재확산 위험도 평가방법 표준화① - 국내·외 화재 확산방지구조 사례분석 - 수평/수직틈새 화재확산방지용 차단막 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 화재-구조 통합해석 플랫폼 - 요소망 호환 알고리즘 • 모듈러 특화 화재확산 차단막 상세도면 															
4차년	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 맞춤형 내화설계지침서 개발① - 복합부재 내화설계지침 개발 • 모듈러 화재확산 위험도 평가방법 표준화② - 화재확산방지용 차단막 성능검증 - 모듈러 화재확산예측 해석모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 복합부재 내화설계지침 • 확산차단막 성능평가 결과보고서 • 화재확산예측 유한요소 해석모델 															
5차년	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 맞춤형 내화설계지침서 개발② - 성능기반 내화설계지침 개발 - 설계 화재하중 및 화재 시나리오 정의 - 화재해석 및 열전달 해석 절차 개발 • 모듈러 화재확산 위험도 평가방법 표준화③ - 화재확산방지구조 성능평가 방법 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 성능기반 내화설계지침 • 화재확산 위험도평가 가이드라인 															
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 맞춤형 내화설계 지침서 • 모듈러 성능기반 내화시뮬레이션 가이드라인 • 화재 확산방지구조 도안 (4건) 																
연구목표	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">성능지표</th> <th colspan="2">현재 최고 기술수준</th> <th rowspan="2">개발 목표 스펙</th> </tr> <tr> <th>국내</th> <th>해외</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>모듈러 맞춤형 내화설계 지침서</td> <td>사양설계</td> <td>사양+성능설계</td> <td>설계지침서 제시</td> </tr> <tr> <td>수평/수직 화재 확산방지구조</td> <td>모듈러 화재 확산방지구조 미고려</td> <td>모듈러 화재 확산방지구조 적용</td> <td>화재 확산방지구조 3건</td> </tr> </tbody> </table>	성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙	국내	해외	모듈러 맞춤형 내화설계 지침서	사양설계	사양+성능설계	설계지침서 제시	수평/수직 화재 확산방지구조	모듈러 화재 확산방지구조 미고려	모듈러 화재 확산방지구조 적용	화재 확산방지구조 3건		
	성능지표		현재 최고 기술수준			개발 목표 스펙											
		국내	해외														
모듈러 맞춤형 내화설계 지침서	사양설계	사양+성능설계	설계지침서 제시														
수평/수직 화재 확산방지구조	모듈러 화재 확산방지구조 미고려	모듈러 화재 확산방지구조 적용	화재 확산방지구조 3건														
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모듈러 맞춤형 내화설계 지침서 ○ 4건의 수평/수직 화재 확산방지구조 상세안 																

(7) 구성기술 로드맵

구성기술	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	연구목표	
1-1. 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 모듈러 내화 성능평가기술개 발	모듈러 용도별 화재하중 개발	모듈러 용도별 구획형상 표준화	단일모듈 실대형 화재 실험	멀티모듈 실대형 화재 실험 (수평/수직 화재확산 위험도평가)		<ul style="list-style-type: none"> • 실대형 화재실험 기반 복합구조 및 모듈 단위 내화성능평가 방법 기준 및 인정 제도 개선 (안) 제시 • 모듈러 내화표준상세 개발 	
	모듈단위 실대형 화재실험방법 표준화		모듈단위 내화성능평가 및 화재확산 위험도 평가				
	복합부재 내화구조 표준 상세 도출	복합부재 내화성능평가					
	복합부재 내화구조 인정제도 개선(안)		모듈러 내화구조인정 제도(안)				
1-2. 모듈러 맞춤형 내 화설계 및 화재 확산방지구조 기 술개발	재료 DB 구축	복합부재 내화구조 해석모델	모듈러 화재-구조 통합해석모델 개발		복합부재 내화설계 지침	<ul style="list-style-type: none"> • 고층 모듈러 공동주택 맞춤형 내화설계 기술 및 모듈러 틸새 화재확산 방지용구조 개발 	
	국내 고층 모듈러 공동주택 맞춤형 내화설계 요소기술 개발		모듈러 맞춤형 내화설계 지침서 개발		성능기반 내화설계 지침		
			화재확산방지 구조 상세도출	화재 확산방지구조 성능평가			
			모듈러 건축물 화재확산 위험도 평가방법 표준화				

<그림 4.21> 핵심과제 1 추진로드맵



<그림 4.22> 핵심과제 1 성과로드맵

(8) 연도별 소요예산

- 국고 보조금 30억 원으로 구성

(단위: 백만 원)

구성기술	구분	'25	'26	'27	'28	'29	계
1-1. 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술	정부	300	400	400	300	300	1,700
1-2. 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재확산 방지구조 기술	정부	200	300	300	300	200	1,300
합계	정부	500	700	700	600	500	3,000

(9) 기대 및 파급효과

□ 과학기술적 측면

- 고층 모듈러 구현을 위한 화재안전, 구조 엔지니어링 기술 발전 및 전문 지식 축적
- 모듈러 건축물의 설계/해석 기술 부가가치 고급화 및 OSC 분야 기술 경쟁력 확보
- 국내 모듈러 제작 환경에 최적화된 화재하중 도출을 통한 성능 기반 내화설계 반영
- 모듈러 건축물에 최적화된 합리적 대안 설계 구축 및 활용을 통한 국제 기술기준 부합화
- 화재하중 기술 DB구축 및 표준 구축을 통한 기술 기반 확보
- 모듈러 건축물 활성화를 위한 표준모델 보급 및 유연성 있는 인정제도 운영

□ 사회경제적 측면

- 내화성능평가 및 설계기술 합리화를 통해 고층 모듈러건축 활성화 필수 해결 기술 구축
- 내화기술 다변화를 통한 모듈러 공법 점유율 확대로 모듈러 건축산업 활성화
- 모듈러 건축물 화재안전성 확보를 통한 모듈러 건축물의 선입견 해결 및 국민의 안전한 삶 확보
- 국제기준 및 요건에 상응하는 모듈러 건축물 화재안전 기술 보급을 통해 국내기업의 글로벌 시장 진출 경쟁력 확보

나. (핵심기술2) 모듈러 건축 품질제고 및 산업 확산을 위한 활성화 방안 마련

1) 기본 개념 및 범위

(1) 기본 개념

- 모듈러 건축물에서 자주 발생하는 하자 및 기술적 애로사항을 해결하여 재래공법 대비 동등 이상의 품질을 확보하고, 모듈러 산업 확산을 위한 제도 정비
 - 모듈러 공동주택 거주 후 평가 및 설계-제작-시공단계에 있어서 자주 발생하는 하자 사례를 데이터베이스화하고, 이를 기반으로 주거품질을 확보할 수 있는 기술 개발
 - 중고층 모듈러 공동주택 거주 후 평가
 - 모듈러 공동주택 주거성능(방수, 기밀, 차음, 열교차단 등) 확보 위한 기술개발
 - 입체형 유닛이 연결되는 구법 특성을 고려하고, 모듈 간 접합 성능을 고려한 내진설계계수를 정립하여 모듈러 건축물의 안전성, 내구성, 사용성 등을 일상적으로 확보할 수 있도록 실무적으로 활용 가능한 구조설계기법의 개발과 검증
 - 모듈러 건축물을 위한 구조설계기법의 저변 확대를 위한 모델링 및 내진설계계수 구축
 - 국민 니즈 대응 양질의 모듈러 주택공급 및 모듈러 건축산업 확산을 위하여 주택중심의 공업화주택 인정제도 개선과 산업 생태계구축을 위한 제도 활성화방안 구축
 - 기존 주택중심의 공업화 인정제도 고도화 및 관련 산업분야별 니즈에 따른 다양한 지원 방안 도출을 통해 모듈러 건축산업 생태계를 구축하기 위한 사업



<그림 4.22> 기술 개념도

<표 4.7> 핵심기술 구성

핵심기술	구성기술
모듈러 건축 품질제고 및 산업 확산을 위한 활성화 방안 마련	(2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발
	(2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화

(2) 추진배경 및 필요성

- 모듈러 건축의 특성에 따른 주거성능 저하 및 하자가 발생하는 경우가 있으며, 이에 대한 문제점을 파악하여 주거품질 및 안전성 확보를 위한 설계기법 개발 필요
- 모듈러 건축은 습식공법과 달리 공장에서 제작된 건식공법의 접합과 조합으로 설치되기 때문에 모듈러 공법 특성에 따른 하자가 보고되고 있음. 이러한 하자부문에 있어서 면밀하게 조사한 사례는 극히 부족하며, 기존 R&D의 POE 등에서 프로젝트별 만족도 조사에서 일부 문제점들이 거론되고 있어 보다 체계적인 조사가 필요함.
- 고품질의 주거성능 확보를 위한 모듈러 건축의 공법적 특성을 반영한 하자방지 기술 및 설계기준 정립 연구필요
 - 모듈러 건축은 모듈의 상호 접합으로 구성되기 때문에 연결 및 접합부의 성능측면에서 추가적인 연속성이나 격리조치가 필요한 경우가 발생할 수 있음. 또한 최근 원룸형태를 탈피한 모듈러 조합형식이 건축되고 있는 바, 개방면(open-side)을 가진 모듈 조합에 의한 여러 하자도 발생할 가능성이 높음. 따라서 면밀한 하자사례 분석에 기반하고 모듈러 건축의 공법적 특성을 반영한 하자방지 설계기준 개발 필요
- 모듈러 건축물의 고층화 및 대형화를 통한 보급 확대를 위해 구조설계기법의 일반화 필요
 - 모듈러 건축물의 활성화에 큰 걸림돌으로 경제성이 지적되고 있으며, 일반화되어 있지 못한 구조설계기법에 의해 난이도가 복잡해 해당하는 설계업무 대가가 적용으로 경제성이 더욱 악화되고 있음
 - 또한 인허가 과정에서 거쳐야 하는 건축계획심의와 구조안전심의에서 모듈러 건축물의 안전

성에 대한 정보와 근거 부족으로 보완과 재심의로 공사 착수까지 오랜시간이 소요되어 모듈러 건축의 활성화에 저해 요인으로 확인됨

- * 용인 영덕 실증사업의 경우 사업계획승인과 구조안전심의의 조치의견 보완으로 6개월 지연
- 따라서 모듈러 건축물의 안전한 구조설계의 저변 확대를 위해 일반 구조엔지니어가 활용할 수 있는 '인정할 수 있는 기술자료(acceptable technical data)'의 구축이 필요함

□ 모듈러 건축시장 다양화 및 산업 활성화를 위한 정부 역할 필요

- 최근 건설산업은 현장중심의 민원발생, 건설 인력난 등을 해결하기 노동생산성이 높은 공업화공법 시장 확산을 유도하고 있으나 여전히 습식공법 중심의 제도적 한계로 인한 진입장벽 상존
- 양질의 다양한 용도의 모듈러 건축 공급을 위한 제도 구축 및 각 관련 산업분야별 맞춤형 지원을 통해 시장 생태계 기반 마련 필요

□ 모듈러 공법 특성을 고려한 인정제도 운영 및 인센티브 제공 필요

- 1992년 이후 공업화주택 인정제도를 운영하고 있으나 홍보 또는 발주조건으로만 이용되고 있어 제도적 실효성이 미흡할 뿐만 아니라 인정대상이 단독주택, 공동주택으로 한정됨
- 공법 특성인 현장 제작분에 대한 공업화율을 반영한 제도 개선과 건설업, 제조업, 설계업 등 관련 산업생태계가 효율적으로 작동하기 위하기 위한 여러 지원제도 및 협업체계 구축 필요

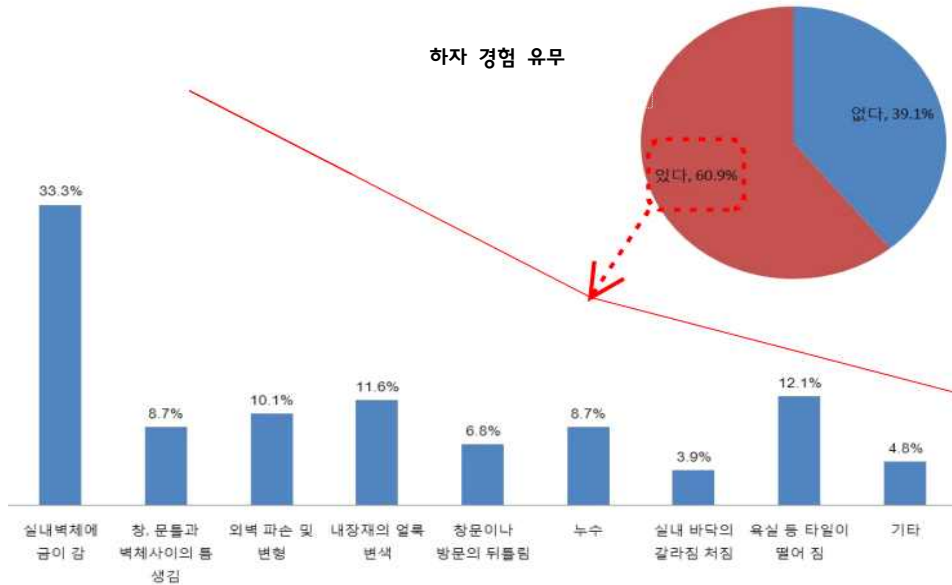
(3) 현황 및 개선방안

(가) 현황 및 문제점

(구성기술 2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발

- 양중, 모듈 간 접합 등 공법적 특성으로 인하여 습식공법과 다른 하자의 종류 및 빈도 발생
- 주거용 모듈러 건축물에 대한 실적이 많지 않아 거주 후 평가 및 하자사례 분석이 미흡하나 몇 건의 연구결과에서 모듈러 건축물의 하자 양상이 습식공법과는 다른 특이점을 발견할 수 있음.

- 모듈러 병영생활관 거주 후 평가(박혁, 2015) 결과, 하자 경험이 있다고 응답한 경우가 60%를 초과하며, 이 중 실내벽체 균열, 창틀 뒤틀림, 누수 등 모듈러의 양종과 구조체 접합으로 인한 하자가 상당수 차지



<그림 4.23> 병영 생활관 하자 종류 및 응답비율 (출처: 박혁, 2015)

- 모듈러 공동주택의 하자 내역 분석(남성훈 외, 2023) 결과, 일반 아파트에서 전체 하자 중 배관 누수가 25.8%임에 비하여 모듈러 공동주택은 건축물 누수 25.6%, 배관 누수 23.2%로 배관 상의 문제뿐만 아니라 건축물 자체의 방수작업에서 하자가 발생하고 있음.
- 공장생산 방식을 고려한 설계기준이나 제작 기술이 별도로 마련되어 있지 않기 때문에 어떤 조치를 취해야 할 부분에서 무시하고 진행되거나 각 제조사마다 서로 다른 대안을 적용하고 있는 실정이며, 그로 인하여 모듈러건축에서 특히 자주 발생하는 하자들이 있음.
- 공장에서 사전 제작되어 생산된 건축물은 일반 습식 공법과 유사한 하자 및 문제들을 공유하지만, 모듈러 건축에 있어서 하자는 다음과 같은 특징이 있음.
 - 같은 타입의 모듈이 대량으로 생산되기 때문에 제작과정에서의 설계 및 제작오류는 하나의 모듈에 제한되는 것이 아니라 동일한 결함이 다른 모듈에서도 나타나게 됨.
 - 습식공법과 달리 운송 및 양종을 통하여 설치되기 때문에 개구부나 구조체가 뒤틀려 균열이 발생하거나 창문/문의 개폐에 문제가 발생할 수 있음.

- 모듈과 모듈의 접합으로 인하여 방수가 제대로 이루어지지 않은 경우가 발생
- 또한 모듈 간 접합 시 충분한 기밀 조치를 취하지 않을 경우 기밀성능이 떨어지고 결로발생 우려
- 건식벽체의 경우 못 등을 박아 벽체가 손상되는 경우가 빈번히 발생
- 경량철골로 구조체가 이루어져 주변 및 건물 사용자에게 의한 진동에 취약

□ 제작사마다 현장생산 방식의 규정에 따른 성능을 제시하나 주거품질과 구조안전성에 대한 객관적 보장은 부실

- 전통적인 건축구조설계기법과 기준 자료는 모듈러 건축 구조설계에 참고될 수 있지만, 모듈러 건축의 독특한 구조와 과정이 반영되지 못하였고, 특히 고층 모듈러 건축의 구조설계 사례와 정보는 전무한 상황임
- 모듈러 건축의 안전성과 내구성에 대해 구조설계자, 허가주체, 사용자가 신뢰할 수 있는 기술 자료와 건축행정에 이용할 수 있는 근거가 부족하여 6층 및 13층 모듈러 건축 파일럿 사례에서도 실험과 해석 수행 그리고 전문가 평가가 반복되는 과정으로 인허가에 많은 시간 소요
- 전통적인 건축설계와 비교하여 성숙되지 않은 모듈러 건축설계는 경험과 지식을 갖춘 설계자가 절대적으로 부족

(구성기술 2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화

□ 모듈러 건축 활성화를 위한 제도·산업 기반 부족

- 현재 공업화주택은 8개 업체, 9건만 인정 받은 상태이며, 인정받은 공업화주택이 건설된 실적은 전무함. 이는 기 인정주택을 형태·규모가 다른 신규 사업에 적용한 것이 불가능하기 때문임.
- 공업화주택 인정 대상은 단독주택, 공동주택으로 한정되어 있어 모듈러 공법을 적용한 양질의 다양한 건축물 용도 확산이 어렵고, 단순 설계도서 작성 방법 및 시공, 감리 기준 완화는 모듈러 건축 품질을 저해할 수 있음.

(나) 개선방안

(구성기술 2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발

- 고품질 주거 성능과 안전성 보장을 위한 모듈러 건축의 세부 설계 최적화에 활용할 수 있는 기술개발 및 설계기법 정립
- 모듈러 건축시스템의 특성에 따른 건축성능 저하를 개선하기 위하여 거주 후 평가 및 하자 사례 기반의 주거품질 확보 기술 개발
 - 모듈러 건축물 거주 후 평가 및 하자 메커니즘 분석
 - 모듈러 건축시스템 방식에 따른 하자 방지 설계기법을 통한 재래공법 동등 이상의 건축품질 확보
- 모듈러 건축을 위한 필수 설계계수의 재정립과 모델링의 정밀도 향상을 통한 합리적 구조 설계기법의 일반화
 - 모듈러 건축에 적절한 내진설계계수의 적용으로 구조설계V.E.(Value Engineering)를 통한 비용 절감 가능
 - 연결의 복잡성에 따른 모듈러 건축구조의 정밀한 모델링 기법 개발을 통해 안전성에 대한 구조설계자, 허가주체, 사용자의 신뢰성 향상
 - 모듈러 건축의 대형화 및 고층화에 대한 가속화 도모

(구성기술 2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화

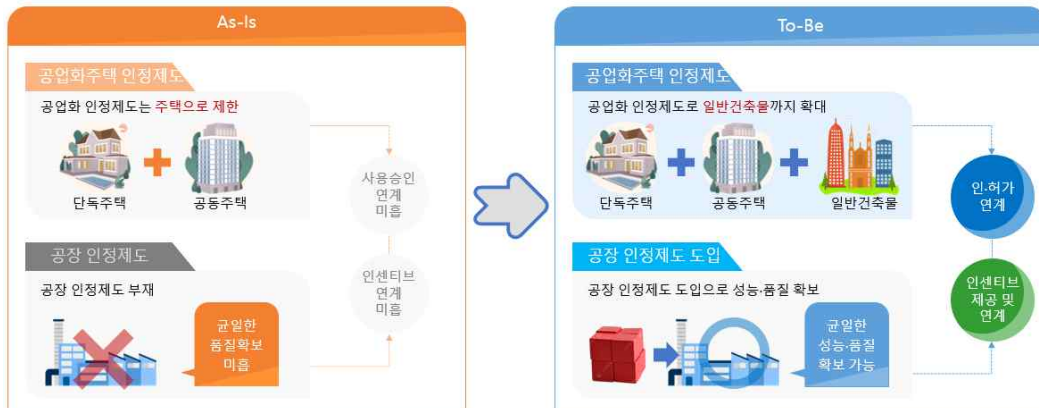
- 제도 개선 및 관련 산업 분야별 맞춤형 지원을 통한 모듈러 활성화 추진
- 공업화주택 인정제도 전면 개정을 통한 모듈러 건축시장 확산 및 안정화 유도
 - 사업승인단계에서 적용 가능한 프로젝트별 공업화율 반영 인정제도 개편과 일반 건축물 확대 적용 방안을 마련하여 모듈러 건축시장 확산 기반 마련
 - PC, 모듈러 등 공업화 공법별 공장인증제도 및 공업화 우량 자재·부품 인정제도 도입을 통한 양질의 공업화 주택 제작·공급 및 대량 생산체계 구축
- 공업화 주택 시장 안정화를 위한 관련 산업분야별 지원방안 제시 및 장수명주택 인증, 녹색건축물 인증 등 기존 공동주택 인증제도간 연계를 통한 대규모 사업 기반 확보

<표 4.9> 핵심기술 2 (As-is To-be)

AS-IS	TO-BE
<p>(2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> 모듈러 공법적 특성에 따른 면밀한 하자조사 및 거주 후 평가 분석 미흡 제작/시공 오차 기준, 모듈간 접합부 이격으로 발생하는 문제(기밀, 단열성능 등) 방지를 위한 설계/시공 가이드라인 등 부재 모듈러 건축 구조설계의 객관성 부족으로 구조안전성 의에 많은 시간과 비용 소요 모듈러 건축을 위한 정밀한 구조설계기법의 부재 및 관련 정보 부족 	<p>(2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> 거주 후 평가 및 하자조사분석을 통한 모듈러 건축시스템의 하자발생 메커니즘 규명 및 하자방지 기술 기반 제공 모듈러 건축시스템 방식에 따른 하자 방지 설계/시공가이드라인을 통한 재래공법 동등 이상의 건축품질 확보 합리적 구조설계 및 V.E.를 통한 구조안전성에 대한 신뢰성 향상으로 설계 및 인허가의 기회비용 최소화 안전성과 내구성을 보장하는 구조설계기법을 통한 모듈러 건축의 대형화 및 고층화의 확산
<p>(2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화</p> <ul style="list-style-type: none"> 현행 공업화주택 인정제도의 인정대상, 인정내용, 인정취득 후 제공되는 인센티브 및 프로젝트 적용 한계로 공업화주택 인정 취득 실효성 미흡 PC 및 모듈러 공장 제작에 대한 품질검증 한계 및 관련 산업분야간 협업 체계 미흡 	<p>(2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화</p> <ul style="list-style-type: none"> 공업화주택 인정제도 전면 개정 및 공장인정제도 도입, 관련 산업분야간 역할 재정립을 통하여 양질의 공업화주택 대량 공급이 가능한 산업생태계 구축 관련 산업분야별 인센티브 개발 및 공업화주택 대규모 단지 건설을 위한 기존 인증제도와의 연계를 통해 지속가능한 모듈러 건축시장 기반 마련



<그림 4.24> 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술(As-is/To-be)



<그림 4.25> 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고찰 (As-is/To-be)

(4) 국내외 기술개발 동향

(가) 해외동향

(구성기술 2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발

□ 모듈러 건축이 발전하고 있는 국가를 중심으로 주거성능 및 구조안전성에 대한 확보를 위해 포괄적인 규정이 발표되고 있으나 세부 설계를 위한 상세 규정과 기술 개발은 개별 연구로 추진

- 2018년 호주 The Modular Construction Codes Board(MCCB)는 올바른 모듈러 건축 구조 설계를 위해 'Handbook for The Design of Modular Structures'의 모델 코드*를 출시
 - 이 설계 핸드북은 안전하고 고품질의 모듈러 건축물의 활용을 촉진하기 위한 기술 지침으로 제작과 상세 시공 단계에 대한 설계에 초점이 맞춰져 있음

* 모델 코드: 법적 지위를 갖는 지방정부에서 독립된 조직에 의해 개발 및 관리되는 건축법

- 호주도 전통적인 국가건설코드(National Construction Code)와 바람, 화재 및 지진에 대한 표준(Standard)에 기반하여 모듈러 건축의 구조설계가 이루어 지고 있으나, 모듈러 건축 시스템을 기존 건축 시스템과 비교하여 평가하는 엔지니어링 연구 및 사례 연구가 제한되어 구조설계에 대한 구체적인 표준이나 권장사항이 없음*

* 출처: Navaratnam S, Ngo T, Gunawardena T, and Henderson D. (2019), Performance Review of Prefabricated Building Systems and Future Research in Australia. Buildings. 9(2).

- 캐나다는 모듈러 건축도 국가 모델 코드인 NBC(National Building Code)에 제시된 규정과 표준을 준수하도록 정하고 있으며, CAN/CSA Standard A277-16 'Procedure for Certification of Prefabricated Buildings, Modules, and Panels(CSA A277)'에서 품질 시스템 및 공장 인증을 다루고 있으나, 운송, 양중, 조립 등의 현장 작업은 범위에서 제외
 - CSA Standard Z240 MH Series-16 'Manufactured Homes (CSA Z240 MH)'는 단층 모듈러 주택의 기술 설계, 품질 관리 및 표시에 대한 일반 요구 사항에 대한 규정으로 다층 모듈러 건축에는 적용되지 않음

- 미국은 2021년 ICC(International Code Council)와 MBI(Modular Building Institute)가 모듈

러 건축 산업을 활성화하기 위해 두 가지 포괄적 표준(Standard)를 발표하였고, 경제성, 현장 안전, 건축 품질 및 지속가능성을 설명하고 규제 사항 준수와 검사를 규정함으로써 전국적 일관성을 도모하기 위함임

- ICC/MBI 1200-2021 Standard for Off-Site Construction: Planning, Design, Fabrication and Assembly
- ICC/MBI 1205-2021 Standard for Off-Site Construction: Inspection and Regulatory Compliance

○ 영국/유럽은 1980년대에 ISO(The International Standards Organization)와 BS(British Standards)가 MC(modular coordination) 설계에 대한 표준을 제정하였으나, 모듈이나 패널화 시스템과 같은 주요 요소를 다루는 표준은 없어, 2019년 BSI는 품질관리, 테스트 및 유지관리, 정확성과 공차 등을 다루는 표준 마련에 착수함

- BRE(The Building Research Establishment)은 2018년 주거용 건축에 사용되는 모듈러 시스템 및 구성 요소에 대한 환경적·구조적 성능과 검증 요구 사항을 규정한 BPS 7014를 발표

<표 4.10> 구성기술 2-1 관련 해외 구축기술 사례

개발방향	국가	기업명	제품명	특징
모듈러 주택에 대한 주거 및 구조에 대한 요구사항 규정 및 검증 방법 규정	영국	BRE (The Building Research Establishment)	BPS 7014	모듈러 건축 시스템이 엄격하고 독립적인 검토, 테스트 및 인증 프로세스를 거쳤음을 입증할 수 있도록 안전성과 기능성에 대한 지침 제공
모듈러 시스템의 구조설계 및 건설에 대한 포괄적 지침 제공	호주	MCCB (The Modular Construction Codes Board) & Monash University	Handbook for The Design of Modular Structures	바람 및 지진 설계, 연결, 요소 설계, 테스트 및 구조 해석과 관련된 포괄적 지침과 운송, 조립에 대한 시공 사항 및 해체와 재사용에 관한 지속가능성에 대한 광범위한 설명 제공
프로젝트 기반 인증제도 운영	싱가포르	BCA/BIP	PPVC Acceptance Framework/ PPVC Manufacturer Accreditation Scheme	프로젝트를 기반으로, 도면을 검토하여 프리패브울을 산출하고 필요한 성능기준을 만족하는지 검토, 제작자에 대한 인증도 별도로 실시
프로젝트 기반 인증제도 운영	캐나다	CSA	CSA A277	프로젝트를 기반으로, 공장에서 제작되는 패널, 모듈, 건축물에 대한 성능, 품질인증을 실시

(구성기술 2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화

- 일본, 싱가포르, 중국 등의 모듈러 건축기준 및 제도
 - 일본은 1970년대 초반 공업화주택 결함 등을 해결하여 2000년 제정된 품질확보법에 “형식 적합인정제도” 도입. “제조자 인증제도”도 시행하여 인센티브로서 건축확인 심사나 절차를 간소화하고 있음.
 - 중국은 대도시 주거문제 해결을 위해 조립식 건물개발을 촉진하고 있으며, 2018년 “조립식 건물 평가기준”을 도입하고 있음. 본 기준에 따라 조립률이 50%이상인 경우 용자지원, 재정 보조, 용적률, 세금해택 등 다양한 인센티브를 부여함.
 - 싱가포르는 현장 노동력 절감 및 생산성 향상을 위하여 2001년 “Buildability”제도를 도입하여 연면적 25,000m² 이상 건축물에 적용하고 있음. Buildability 측정지표는 Design Score와 Constructability Score로 구성되어 있으며 사전제작 조립품 적용을 통한 노동력 투입 절감효과, 현장 작업자의 생산성 향상 등을 평가함.
- 미국, 캐나다 등의 모듈러 건축기준 및 제도
 - 미국은 각 개별 주를 중심으로 모듈러 건축 관련 법규가 운영되고 있음. 뉴욕시의 경우 Factory Manufactured Building Code를 통해 모듈러 제작, 시공, 구매에 대한 가이드라인을 제시하고 있음.
 - 캐나다는 CSA A277(Procedure for Certification of Prefabricated Buildings, Nodules, Pannels)을 기반으로 건축물에 대한 인증제도를 운영하고 있음. 모듈러 인증은 기본적으로 캐나다 건축기준인 National Building Codes of Canada(NBC)에서 명시하는 요구조건을 만족해야 함. 인증을 취득하면 6층 이하규모에 대한 일부 규모 및 형태에 대한 변경과 행정절차에 대한 인센티브가 제공됨.
- 영국의 모듈러 건축기준 및 제도
 - 영국은 현장인력 투입최소화를 위해 2019년 “MMC(Modern Method of Construction)” 제도를 도입하여 전체공사비 대비 사전제작 부품의 총공사비 비율(PMV: Pre-Manufactured Value)을 평가함.

- MMC 건축물 활성화를 위해 보조금 연계, 일정 비율 이상 MMC 요구 등의 인센티브를 제공하고 있음.

<표 4.11> 구성기술 2-2 관련 해외 구축기술 사례

구분	영국	싱가포르	중국	일본
제명	·MMC(Modern Method of Construction)	·Buildability	·조립식 건물 평가기준	·형식적합인정제도
배경	·국가적 차원의 노동력 감소 대비책 마련 필요 ·현장인력 투입 최소화를 위한 MMC 방법론 제시	·외국인 근로자 공급의 급감에 따라 건설산업의 근본적 문제 해결을 위한 새로운 접근법 모색	·심각한 대도시 주거문제 해결을 위해 공기 단축과 신속한 주택 대량공급 가능한 조립식 건물 개발 촉진	·1970년대 초반 공업화주택의 결함 등 문제가 발생하여 공업화주택의 성능 인정 필요성 증대
목적	·신속한 주택공급 ·현장 노동력 절감 및 생산성 향상	·현장 노동력 절감 및 생산성 향상	·신속한 주택공급 ·생산성 향상	·주택품질 확보 및 소비자의 주택품질의 알 권리 증진
시행 시기	·2019년	·2001년 (총 10회 개정)	·2018년	·2000년
측정 지표	·PMV ¹⁾ (Pre-Manufactured Value)	·Buildability Design Score ²⁾ , Constructability Score ³⁾	·조립률 ⁴⁾	·설계 성능정보
제도적 방안 (규제/유인)	·NHB ⁵⁾ 에서 보조금과 연계 ·AHP ⁶⁾ 에서 일정비율 이상 MMC 요구	·규제: 연면적 25,000㎡ 이상 건축물에 Buildability 적용 - B: 건축계획 건축하기 요건 - C: 골조공사 착공하기 요건 - C: 시공승인/준공 요건	·조립률 50%이상으로 규정 ·다양한 인센티브 부여(용자 지원, 재정보조, 용적률, 세금혜택 등)	·형식적합인정제도와 제조자 인증제도 시행 ·건축확인 심사나 절차가 간소화 됨.
현재 상황	·PMV Estimator 개발/보급 ·시범적용 및 효과분석 진행 중	·적용 중	·적용 중	·시행 중 ⁷⁾

$$1) PMV = \frac{\text{사전제작 부품의 총 공사비}}{\text{전체 공사비}} \times 100$$

- 2) 설계단계에서 현장인력의 작업량 최소화를 추구. 전통적인 현장 작업방식 대비 특정 시스템 또는 사전제작 조립품 적용을 통한 노동력 투입의 절감효과를 수치화하여 점수로 환산(Labor Saving Index)
- 3) 시공단계에서 노동 효율이 높은 기술 및 제품 사용을 유도하고 현장 작업자의 생산성 추구. 생산성이 높다고 인정된 시공 기술 및 방법의 적용 시 일정 점수 부여
- 4) 단일 건물의 주요 구조체, 외벽 및 내부 칸막이벽, 인테리어/장비/배관에 사용되는 조립식 부품의 포괄적인 비율
- 5) New Home Bonus(NHB) 제도를 통해 MMC로 건설된 주택에 프리미엄(추가 보조금) 부여 검토
- 6) Affordable Home Programme(AHP) 2021-2026에서 MMC 적용 확대
- 7) 2000년 품질확보법 제정으로 공업화주택성능인정제도가 형식적합인정제도로 이관하여 시행 중

(나) 국내동향

(구성기술 2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발

□ 주거품질과 안전성이 확보된 13층 모듈러 공동주택의 실증사업이 완공되었으나 주거성능 및 내구성 향상 기술은 설계사와 시공사의 경험으로만 축적

○ 용인 영덕 모듈러 행복주택 실증사업(23년 완공)

- 주거성능에 대한 체계적 평가 결과에 대한 정보 부족으로 고성능 모듈러 주택 설계를 위한 기술 보급 노력 저조
- 대기업 건설사가 건설을 맡아 구조설계 및 성능평가 자료 등이 일반에 공개되지 못하고 건설사의 기술력으로만 축적

* GH, 용인영덕 중고층 모듈러주택 실증사업 건설백서에 적용 기술과 주거성능 측정 결과를 중심으로 작성

□ 모듈러 건축 품질 향상 필요성 인식 확대에 따라 관련 연구 추진되고 있으나 일회성으로 공공 데이터로 확산은 저조

○ 모듈러주택 물량 확대를 대비하기 위한 LH의 '모듈러주택 품질관리 체계 구축' 연구 실시

- LH에서 공급한 모듈러주택을 대상으로 하자 및 거주자 만족도 조사를 기반으로 공장제작, 운송, 현장설치 단계에서 원인이 될 수 있는 품질문제를 검토하여 검토사항을 도출
- * LH 토지주택연구원 연구수행, 2023.

○ 철강 수요 확대를 위한 한국철강협회의 '모듈러건축 구조설계 가이드 작성 과제' 추진

- 모듈러 구조시스템의 설계를 위해 설계기준코드(KDS)에 명기되지 않은 사항을 사항을 정의하기 위해 구조시스템 분류, 내진설계 기준 및 구조설계 예제집 작성에 연구 수행
- * 한국철강협회 강구조센터 모듈러건축위원회 지원, 아주대학교 연구수행, 2023.5.~10.

<표 4.12> 구성기술 2-1 관련 국내 구축기술 사례

개발방향	기업명	제품명	특징
제작 및 시공 관점에서 품질관리 체계 구축	LH 토지주택연구원	LH 모듈러주택 품질관리 체계 구축	LH 공급한 모듈러주택 중심으로 하자 및 거주자 만족도 조사를 통한 하드웨어적인 품질관리
KDS에 규정되지 못한 사항 중심으로 한 구조설계 가이드	한국철강협회 강구조센터	모듈러건축 구조설계 가이드	모듈러 건축의 인허가 및 구조심의 과정에서 구조설계에 대한 근거 마련

(구성기술 2-2) 모듈러 건축산업 활성화를 위한 관련제도 고도화

- R&D를 통해 수차례 공업화주택 인정제도 개정 및 개선(안)을 제안하였으나 공업화주택 생태계 조성 역부족
 - 1992년 공업화주택 인정제도 도입시 성능기준은 PC, ALC, 기타 등으로 구분되었으나 1999년 기준 개정을 통해 이를 단독주택과 공동주택으로 구분함.
 - 주택의 종류에 따른 성능 기준은 기숙사, 다중생활시설, 노인복지주택, 오피스텔 등 주거기능을 갖고 있는 다른 건축물 용도에 적용하는 것 한계
 - 공업화주택 인정제도내 생산 공장에 대한 인정항목이 있으나 생산 제품에 대한 품질 검증 및 확보를 담보하기에는 한계
 - 생산기준은 여전히 PC, ALC 등 재료중심으로 구성되어 있고, 인증분야도 제조 및 운송관련 생산설비와 품질시험시설 및 품질관리 지침 등에 대한 품질관리항목으로 구성됨.
- 공업화주택 활성화를 위해 인정 취득시 설계·시공·감리 등의 인센티브를 제공하고 있으나 실효성 부재
 - 사전 취득한 공업화 인정 사양을 실제 다양한 조건의 프로젝트에 적용하기 어려울 뿐만 아니라 중고층화 공동주택에 대한 설계·시공·감리 등에 대한 일부 기준 완화는 건축물 안전 확보에 영향을 미칠 수 있음.
 - R&D를 통해 건폐율, 용적율, 높이 완화 등에 대한 인센티브 제공 논의가 있었으나 각 관련 산업 분야별 맞춤형 인센티브 발굴이 필요하며, 공법 특성을 고려해 건축단계에서도 건축행정 절차 및 기준 완화, 금융 및 세재지원, 공급 확대 등에 대한 추가 지원 방안 모색 필요.
 - 현재 모듈러 공동주택 단지는 적은 세대수 또는 대규모 단지내 소규모 세대수 공급이 이루어져 500세대 또는 1000세대 이상 공동주택 건설시 취득해야 할 장수명주택, 주택성능등급표시제도, 녹색건축물 인증제도 등과의 연계 한계

<표 4.13> 구성기술 2-2 관련 국내 제도 구축 사례

개발방향	기관명	제도명	특징
공장제작	국토교통부 (주택건설공급과)	공업화주택 인증제도	<ul style="list-style-type: none"> 성능기준 및 생산기준에 따라 맞춤형 등 공업화공법으로 건설되는 주택에 대한 인증
지속가능	국토교통부 (주택건설공급과)	장수명주택 인증제도	<ul style="list-style-type: none"> 구조적으로 오랫동안 유지·관리될 수 있는 내구성을 갖추고, 입주자의 필요에 따라 내부 구조를 쉽게 변경할 수 있는 가변성과 수리 용이성 등을 인증
친환경 요소	국토교통부 (녹색 건축과)	녹색건축 인증제도 (G-Seed)	<ul style="list-style-type: none"> 지속가능한 개발의 실현과 자원절약형이고 자연친화적인 건축물의 건축을 유도하기 위하여 건축물의 인증 실시

(다) 해외 및 국내 기술 수준 비교

(구성기술 2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발

- 호주 The Modular Construction Codes Board(MCCB)가 발간한 'Handbook for The Design of Modular Structures'은 모듈러 건축 구조설계를 위한 플랫폼으로 관련 업계에 지침으로 이용될 수 있도록 공개되어 있음
- 모듈러 구조시스템의 설계를 위한 구체적인 상세 사항을 다루고 있지 않지만, 설계자가 사전에 검토하거나, 설계에 반영해야 할 사항을 10개 분야로 구분한 지침과 해설을 포함
 - 10개 분야: 구조설계, 건물서비스(성능 및 편의시설), 건축, 외관과 재료, 내구성 안전, 운송과 설치(임시작업), 규정 준수와 검사 및 검증(문서화), 분해와 재사용(재배치 등), 디지털 엔지니어링과 제조

<표 4.14> 구성기술 2-1의 기술수준 비교

구분	최고 기술 보유국	현 국내 수준	구성기술 개발 이후
기술수준	호주의 모듈러 건축 핸드북은 방법론에 중점을 둔 구조설계지침으로 세계 최초의 사례로 인식	건축 심의 과정에서 최소한의 근거 자료로 활용하기 위한 구조설계 가이드와 예제집 마련	국내 모듈러 건축 환경과 관례에 맞는 건축 과학 원리가 적용된 구조설계 편람을 누구나 활용
TRL 단계	TRL 8 단계	TRL 6 단계	TRL 8 단계
기술성숙도	시제품 인증 및 표준화	시작품 단계	시제품 인증 및 표준화
주요성능	구조설계 접근법 지침 조립 및 해체 등의 지침	구조시스템 사례분석 예제집 작성	합리적인 해석모델링 기법 구조V.E.와 고충화 예제

(구성기술 2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화

- 국외 인정제도 벤치마킹을 통해 공법 특성을 반영한 인정방법 개선과 공장인정제도 도입 방안을 모색해 양질의 생산 공급 체계 구축
 - 중국, 영국 등은 공업화 공법의 최대 장점인 현장 작업자 생산성 향상 및 공기단축을 위하여 공업화율을 인정지표로 활용함. 중국은 단일 건물의 주요 구조체, 외벽 및 내부칸막이 벽 등에 사용되는 조립식 부품의 포괄적 비율을 평가하여 적용하고 있으며, 영국은 전제공사비 대비 사전제작부품의 총공사비율로 평가하고 있음.
 - 일본은 공업화 건축물에 대한 형식적합인정제도뿐만 아니라 생산공장에 대한 제조자인증제도도 운영하고 있음.

- 공업화주택 인정제도 등과 연계된 다양한 인센티브 발굴
 - 중국은 조립식 건물 평가기준 운영을 통해서 조립률 50% 이상 건축물에 대하여 금융 유자 지원, 재정보조, 용적률, 세금혜택 등 다양한 인센티브 제공
 - 일본의 형식적합인정제도나 싱가포르의 Buildability와 같은 제도는 인허가와 연계한 인센티브 제공

<표 4.15> 구성기술 2-2의 기술수준 비교

구분	최고 기술 보유국	현 국내 수준	구성기술 개발 이후
기술수준	프로젝트 기반 공업화율을 반영한 공업화주택 인정제도 운영(중국, 일본 등)	주택성능중심의 인정제도 운영, 공장인정제도 부재	공업화율을 반영한 인정제도 개선 및 공장인정제도 도입
TRL 단계	9 단계	2단계	8단계
기술성숙도	인정기법이 실제 현장에서 사용. 적합성 증명 단계	소규모 단독주택 및 저층 공동주택 적용 단계	프로젝트별 사용 가능성 증명단계
주요성능	건축물 인정, 공장인정	성능인정, 생산기준 인정	건축물 인정, 공장인정

(라) 국내 타 연구과제와의 차별성 및 연계성

□ '13년~현재까지 모듈러 관련 국토교통 R&D 추진 현황

- 국토교통과학기술진흥원에서 추진한 국토교통 R&D 과제는 1단계(저층), 2단계(중층)으로 분류할 수 있으며, 각각의 과제에서 실증단지를 구축함.
- 모듈러 1단계 : 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축('13~'17, 정부 100억, 한국건설기술연구원)
- 실증단지 : 가양 실증단지, 천안두정 실증단지
- 모듈러 2단계 : 모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술개발('14~'22, 정부 182억, 한국건설기술연구원)
- 실증단지 : 용인영덕 실증단지
- POE : 모듈러 실증사업 POE를 통한 성능 경제성 향상 방안연구 최종보고서('18~'20, 한국건설기술연구원)

□ 모듈러 주택 관련 유사사업과의 차별성

- 거주 후 평가 및 하자사례 분석: 특정 프로젝트에 해당하는 조사로 인하여 범용적, 일반적 모듈러 건축물의 하자 방지 설계지침으로 활용하기에는 한계가 존재함. 본 연구사업은 모듈러 건축물의 특징을 반영한 하자사례를 종합하여 모듈러 품질 향상을 위한 기본적인 설계지침 또는 가이드라인을 제공한다는 점에서 차별성을 가짐.
- 주거품질: 기존 모듈러 제작업체가 보유한 기술을 토대로 실증을 구현하는 것에 목적을 두고 있었으며, 모듈러의 접합 및 조합 등 모듈러 건축시스템 특징에 따른 주거성능 및 안전성 확보기술 확보는 미흡한 측면이 있음. 본 연구사업은 하자사례 및 공법적 특성을 반영한 주거품질과 안전성 확보를 위한 설계기법 개발이라는 점에서 차별성을 가짐
- 공업화주택 인정제도: 2단계 과제에서는 공동주택의 성능분야 기준 개정 및 바닥충격음 성능기준을 도입하였으며, 공업화주택 활성화를 위한 대상 확대 및 건폐율, 용적률 등 인

센티브를 제안함. 3단계에서는 주택대상 성능 및 생산 중심의 공업화주택 인정제도를 양질의 공업화주택 생산 및 공법특성 반영을 위해 공업화율을 적용한 공업주택 인정제도 전면 개정과 공장인증제도 도입 방안을 제시하고, 각 관련 산업 활성화를 위한 맞춤형 인센티브 추가 발굴 및 제정을 목표로 함.

<표 4.16> 본 구성기술관련 국내 타 선행과제와의 차별성·연계성

선행과제명	사업지원기관 (연구기간)	주요 연구내용	차별성·연계성
모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술개발	국토교통부 ('14-'21)	15층 이하, 소형평면(1인가구, 17, 36m ²) 공동주택 실증	<p><차별점> 주거품질 및 안전성 향상을 위한 설계기준 제시</p> <p><연계방안> 실증건물의 거주 후 평가를 통해 거주품질 확보 기술개발 등에 반영</p>
		공동주택의 성능분야 기준 개정 및 바닥충격음 성능기준을 도입하였으며, 공업화주택 활성화를 위한 대상 확대 및 견폐율, 용적률 등 인센티브를 제안	<p><차별점> 공업화율 반영 공업화주택 인정제도 도입, 산업생태계 구축을 위한 맞춤형 인센티브 개발</p> <p><연계방안> 주택관련 인증대상 및 인센티브 반영 및 추가 발굴</p>
모듈러 실증단지 POE를 통한 성능 경제성 향상방안 연구	국토교통부 ('18-'20)	천안두정 실증단지의 POE 및 모니터링을 통한 성능 평가 및 검증	<p><차별점> 특정 프로젝트의 디테일로 인한 하자 및 개선방안이 주를 이루고 있어 본 연구사업의 범용적 설계 가이드라인 개발과는 차이가 있음.</p> <p><연계방안> 하자 형태 및 POE 결과 등은 본 연구사업의 수행과정에 참조 가능</p>

(5) 기술개발 정의

(구성기술 2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발

□ 고성능 모듈러주택 건설을 위한 주거성과 안전성에 대한 설계 기술의 개발

○ 거주 후 평가 및 하자사례 기반 모듈러 공동주택 주거품질 확보 기술 개발

- 중고층 모듈러 거주 후 평가
- 국내 모듈러 하자 사례 수집 및 증상별 메카니즘 분석
- 하자 유형별/건축 프로세스별 설계기준 정립

○ 모듈러 건축 구조설계의 일관성을 위한 설계기술과 검증 체계 구축

- 모듈 간 접합 방식의 유형 분류를 통한 통일된 해석 모델링 기법 개발
- 모듈러 구조시스템의 내진설계계수의 정립과 구조성능 검증 시험의 표준화

(구성기술 2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화

□ 공업화주택 시장 활성화를 위한 공업화주택 인정 제도 고도화 및 관련 산업 분야별 지원 방안 구축

- 프로젝트 기반 공업화율을 반영한 인정제도 전면 개정(안)을 마련하고, 이를 일반건축물까지 확대 적용할 수 있는 방안 제시
- 공업화주택 발주물량 확대 및 시장 활성화를 위한 관련 산업분야별 지원방안 제시 및 500세대 이상 대규모 단지 개발을 위한 기존 공동주택 인증제도간 연계방안 구축
- 양질의 공업화 생산체계구축을 위한 공업화 공법별 공장 인정제도(안) 및 공업화 우량 부품 인정제도(안) 마련

(6) 세부개발 내용

(구성기술 2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발

연구 방향	○ (세부기술1) 거주 후 평가 및 하자사례 기반 모듈러 공동주택 주거품질 확보 기술 개발		
	한계점	기술개발방향	
	<ul style="list-style-type: none"> 모듈러 거주 후 평가 및 하자사례의 분석 데이터 미흡 모듈러 공법적 특성에 따른 하자 특이점에 대한 조사 자료 부족 기본적 성능확보 방안에 대한 제작사별 접근방법이 상이하여 프로젝트별/제작사별 품질 격차 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 거주 후 평가 종합 분석 및 중고층 모듈러 실증단지 거주 후 평가 실시 LH, SH, GH 모듈러 공동주택 하자 사례 조사 하자 유형별, 증상별 메커니즘 도출 범용적으로 활용 가능한 설계-제작-시공 가이드라인 개발 	
	○ (세부기술2) 모듈러 건축 구조설계의 일관성을 위한 설계기술과 검증체계 구축		
연구 필요성	한계점	기술개발방향	
	<ul style="list-style-type: none"> 현장 시공 방식과 달리 부재의 연속성, 복잡하고 다중적인 특성으로 적합한 구조설계는 난해한 작업 모듈러 건축의 구조설계가 보수적 측면에서 접근할 수 밖에 없어 구조V.E.를 통한 물량 절감은 시도조차 곤란 다양한 모듈 간 접합방식이 개발되었지만, 구조설계를 위한 해석 조건 또는 방법이 함께 제시되지 못해 특정 프로젝트에만 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 모듈러 건축 구조시스템의 유형과 접합 방식에 따라 필수 반영할 주요 거동 특성의 분류와 우선 순위 결정 FEMA P695 기반 모듈러 구조시스템의 내진설계계수의 평가와 고층 모듈러 건축의 구조V.E. 모범 사례 분석 통일된 모델링 방법과 접근 방식을 제시하여 일관된 안전성이 보장될 수 있는 구조설계기법 제시 및 보급 	
	○ 모듈러건축의 활성화를 위하여 고품질의 주거성능 확보 필요		
	<ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 건축은 저품질의 컨테이너 하우스라는 인식이 만연하여 활성화의 저해요소로 작용 - 고품질의 주거성능 확보를 위한 모듈러 건축의 공법적 특성을 반영한 하자방지 기술 및 설계기준 정립 연구필요 		
○ 모듈러건축의 공법적 특성에 따른 하자 조사 및 분석 필요			
<ul style="list-style-type: none"> - 모듈의 상호 접합으로 구성되기 때문에 재래공법과는 다른 양상의 하자 발생 - 기존 건축실적을 대상으로 하자를 유형화하고 증상 및 원인을 규명하는 건축병리학적 접근 필요 			
○ 고층화 및 대형화 확산 대비 일관된 품질과 안전성을 보장하는 설계기술의 개발 필요			
<ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 건축 구조설계는 신수종 분야로 경험과 지식을 갖춘 설계엔지니어가 절대적 부족 - 고층화 및 대형화 추세에 따라 우수한 내구성을 확보할 수 있는 설계기술 요구의 상승 			
○ 모듈러 건축의 보급 확대를 위해 건축행정에 상호 신뢰할 수 있는 근거 자료 구축 필요			
<ul style="list-style-type: none"> - 신속한 인허가를 위한 구조안전심의에 활용 가능한 인정할 수 있는 기술자료가 부족한 상황 - 모듈러 건축물의 안전한 구조설계의 저변 확대를 위해 일반 구조엔지니어를 위한 설계 정보 필요 			
연구내용	○ (세부기술1) 거주 후 평가 및 하자사례 기반 모듈러 공동주택 주거품질 확보 기술 개발		
	연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	1차년	<ul style="list-style-type: none"> 연구목표 	<ul style="list-style-type: none"> 모듈러 건축시스템 하자사례

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	<ul style="list-style-type: none"> - 하자사례 수집 및 중고층 모듈러 POE • 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 공공 발주(LH, SH, GH 등) 모듈러 공동주택 하자사례 수집 - 중고층 모듈러 실증단지 거주 후 평가 	<ul style="list-style-type: none"> Database • 중고층 모듈러 POE 보고서
2차년	<ul style="list-style-type: none"> • 연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - 설계/제작 단계 하자 유형 분류 및 증상 메커니즘 규명 • 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 설계 및 제작 단계 하자유형 분류 - 하자 유형별 원인 규명 	<ul style="list-style-type: none"> • 설계 및 제작단계 하자 유형별 증상 메커니즘 분석 보고서
3차년	<ul style="list-style-type: none"> • 연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - 시공단계 하자 유형 분류 및 증상 메커니즘 규명 • 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 시공단계 하자 유형 분류 - 하자 유형별 원인 규명 	<ul style="list-style-type: none"> • 시공단계 하자 유형별 증상 메커니즘 분석 보고서
4차년	<ul style="list-style-type: none"> • 연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈러건축시스템 하자방지 및 품질 향상 방안 도출 • 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 증상별/프로세스별 하자방지 방안 - POE 연구결과 반영 주거품질 향상 방안 	<ul style="list-style-type: none"> • 증상별/건축프로세스별 하자 방지 및 품질향상 방안 보고서
5차년	<ul style="list-style-type: none"> • 연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - 품질성능 확보 모듈러 건축시스템 가이드라인(안) 도출 • 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 국외 가이드라인 벤치마킹 - 모듈러 건축시스템 설계-제작-시공 가이드라인(안) 	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 건축시스템 설계/제작/시공 가이드라인(안)
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 건축시스템 설계/제작/시공 가이드라인(안) 	
<p>○ (세부기술2) 모듈러 건축 구조설계의 일관성을 위한 설계기술과 검증체계 구축</p>		
연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
1차년	<ul style="list-style-type: none"> • 연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 구조시스템의 분류 체계 구축 • 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 구조시스템 유형과 거동 특성 분류 - 구조설계 반영 속성 순위의 분석 및 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈러 구조시스템 사례조사 및 유형 분류 보고서
2차년	<ul style="list-style-type: none"> • 연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈 간 접합부의 해석 모델 구축 • 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈간 접합부 CAE 모델링 분석 - 접합부 모델링 반영 구조설계결과 비교 <p>* CAE: Computer-Aided Engineering</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈간 접합부 모델링 기법 • 모듈간 접합부 해석 데이터

연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
3차년	<ul style="list-style-type: none"> 연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈러 구조시스템 내진설계계수의 정립 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - FEMA P695 기반 내진설계계수 시험/평가 - 모듈러 건축 구조설계V.E. 효과 비교 	<ul style="list-style-type: none"> 내진설계계수 시험/평가 보고서 구조계산서와 물량 비교 데이터
4차년	<ul style="list-style-type: none"> 연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈간 접합부 성능 검증 체계 수립 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 모듈간 접합부 구조성능 IV&V 체계 마련 - 표준 시험 방법 및 판정 기준 제시 * IV&V: Independent Verification and Validation 	<ul style="list-style-type: none"> 구조성능 검증 시험 방법 모듈간 접합부 성능 검증 지침서
5차년	<ul style="list-style-type: none"> 연구목표 <ul style="list-style-type: none"> - 고층 모듈러 구조설계기법 구축 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 고층 모듈러 건축 모델링 기반 해석 비교 - 고층 모듈러 구조시스템 예제 시뮬레이션 	<ul style="list-style-type: none"> 고층 모듈러 건축 구조설계 매뉴얼 고층 모듈러 건축 구조설계 사례
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> 모듈러 건축 구조설계 편람 	

연구목표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙
	국내	해외	
성능지표			
모듈러 건축물 설계/제작 가이드라인	-	100%	건축프로세스별(설계/제작/시공) 가이드라인 발간
구조해석 모델링 정밀도 ¹⁾	-	-	20개 이상의 모듈 간 접합부 모델링 및 데이터 검증
모듈러 건축물 구조설계기준 ²⁾	80%	100%	학회/협회의 설계지침으로 발간
연구목표	<p>1) 협력 전달을 위한 효율적인 구조시스템, 모듈 간 연결, 및 연결 유형과 기능적 요구 등 모듈러 건축의 구조적 요구사항을 확인하기 위한 지표 마련의 필요성 강조</p> <p>[1] Sriskanthan Srisangeerthan, M. Javad Hashemi, Pathmanathan Rajeev, Emad Gad, Saman Fernando (2020), Review of performance requirements for inter-module connections in multi-story modular buildings, Journal of Building Engineering, 28.</p> <p>[2] Heshachanaa Rajanayagam, Keerthan Poologanathan, Perampalam Gatheeshgar, George E. Varelis, Paul Sherlock, Brabha Nagaratnam, Phil Hackney (2021), A-State-Of-The-Art review on modular building connections, Structures, 34.</p> <p>2) 아래 연구 논문에서 모듈러 건축의 고층화 관련으로 구조설계를 위한 지침 또는 코드 및 표준이 부족을 활성화의 걸림돌로 제시함</p> <p>[1] Sun Y, Wang J, Wu J, Shi W, Ji D, Wang X, & Zhao X(2020). Constraints Hindering the Development of High-Rise Modular Buildings. Applied Sciences, 10(20)</p>		
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모듈러 건축시스템 설계/제작/시공 가이드라인 <ul style="list-style-type: none"> - 하자사례 기반 모듈러 건축물 품질 향상을 위한 설계-제작-시공 가이드라인 개발 ○ 모듈러 건축 구조설계 편람 <ul style="list-style-type: none"> - 구조설계 엔지니어링사, 건축설계사, 제작업체 등 실무 관련 종사자를 위한 실무형 지침서 개발 		

(구성기술 2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화

연구 방향	한계점		기술개발방향	
	<ul style="list-style-type: none"> • 현행 공업화주택 인정제도는 단독 및 공동주택으로 한정되어 있음. 		<ul style="list-style-type: none"> • 준주택을 비롯해 일반 건축물까지 인정을 확대할 수 있는 제도 개선 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 현행 공업화주택인정 평가항목으로 공업화공법 적용 수준과 특성을 평가하는데 한계 		<ul style="list-style-type: none"> • 프로젝트기반 공업화율을 평가할 수 있는 공업화주택 인정제도(안) 마련과 생산성 및 품질 향상을 위한 공장인정제도 신설(안) 제시 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화주택 인정 취득시 설계, 시공, 감리 등에 대한 일부 완화규정하고 있으나 실효성 미흡 		<ul style="list-style-type: none"> • 중고층·중대형 공업화주택 건설시 시공, 감리 등의 완화 규정은 안전에 영향을 미칠 수 있어 실효성 있는 인센티브 제공을 위해 각 관련 산업분야별 맞춤형 인센티브 발굴 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 공장제작 과정에 대한 별도 기준 부재 		<ul style="list-style-type: none"> • 고품질 대량 생산이 가능한 공급 시스템 마련을 위한 공장인정제도(안) 마련 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화주택 공급시장이 소규모 단지 및 대규모 단지의 일부 공급으로 한정되어 있음 		<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 단지 공급을 위해 기존 다수의 공동주택 인증제도와 연계성 확보 	
연구 필요성	<p>○ 최근 건설산업은 현장중심의 민원발생, 건설인력난 등의 해결을 위해 노동 생산성이 높은 공업화 공법 시장 확산을 유도하고 있으나 여전히 습식공법 중심의 제도적 한계로 인한 진입장벽 상존. 공업화주택 활성화를 위한 정부의 역할 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 최근 모듈러 선진국에 진입한 싱가포르는 정부의 적극적인 활성화 정책으로 모듈러 건축 사례 급증. 관련 산업 및 기술의 원활한 공급을 위한 제도적 기반을 통한 산업생태계 구축 기반 마련 <p>○ 양질의 공업화주택 건설을 위해 1992년부터 공업화주택 인정제도가 시행되고 있으나 현재 8개업체, 9개 주택뿐이며, 인정취득 후 현장 적용도 전무하여 제도의 실효성 미흡</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인정받은 공업화주택 일지라도 형태와 규모 변경이 있으면 불인정되어, 현재는 공공부문 모듈러 건축사업 참여 요건으로 활용되고 있는 수준 - 그럼에도 불구하고 인정 대상이 단독주택과 공동주택으로 한정되어 준주택, 일반건축물이 인정을 받을 수 있는 기회 부재. 이에 공업화 시장 확산을 위해 인정 대상 확대뿐만 아니라 공업화율을 반영 할 수 있는 인정제도 개선 방안 필요. <p>○ 공업화주택 시장 활성화를 위한 인센티브 부재</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공업화공법은 현장 노동력 절감 및 생산성 향상을 위한 최적의 공법이나 일반 습식공법대비 시장 인프라가 미흡하여 다양한 인센티브 제공을 통한 시장 활성화 유도 필요. - 현재 공업화주택 인정 취득시 설계, 감리, 시공등에 대한 기준 완화 규정을 운영하고 있으나 실효성이 미흡하고, 용적률, 건폐율 완화 등이 논의되고 있으나 다른 인증제도와 차별화가 부족하여 이외에 각 산업분야별 니즈에 대응해 행정절차, 금융 및 세제지원 등 다양한 인센티브 발굴 필요. 			
	연구내용	연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	1차년	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화 건설시장 생태계분석 <ul style="list-style-type: none"> - 발주처, 건설업, 제조업, 설계업 등 관련 산업별 모듈러 시장 현황 및 니즈 분석 • 공업화 주택 활성화 방향 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 공업화주택 및 공업화 생산공장 인정제도 운영 및 지원제도 분석 • 공업화주택 인정 및 운영방법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화 건설시장 생태계 구축 문제 정의서 • 건축허가 및 사업계획승인 연계 공업화주택 인정제도 운영방안 제안 • 공업화주택 활성화를 위한 1차 인센티브(안) 제안 	

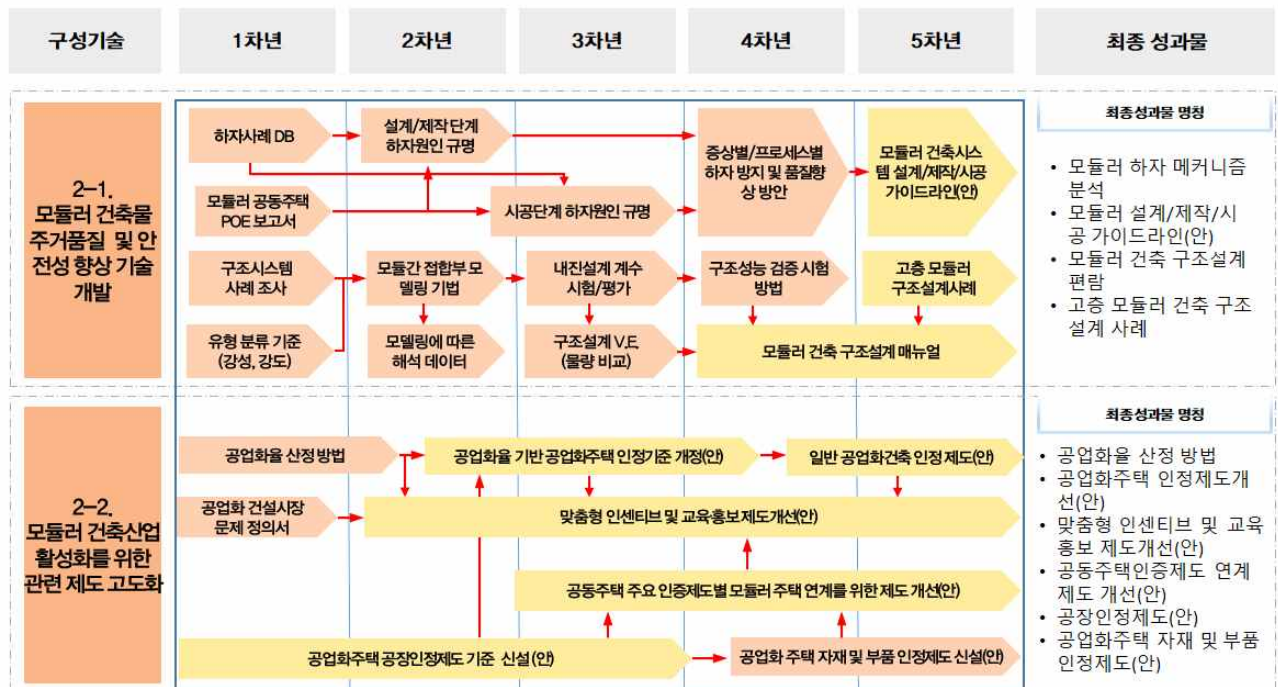
연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물
	<ul style="list-style-type: none"> - 인정대상 및 범위 확대 - 공업화주택과 공업화주택 생산업체간 인정제도 분리운영 방안 제시 	
2차년	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화주택 공업화율 산정 방법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 국외 공업화율 산정 방법 조사 및 분석 - 공업화율 산정 방법 개발(비용, 공장제작율) • 관련 산업분야별 인센티브 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 인정제도 연계 행정절차 및 기준 완화 - 금융 및 세제지원 - 기존 공동주택 인정제도와와의 연계 현황 및 문제점 도출 • 공업화주택 공장인정제도 도입 방향 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 공법별 공장인정제도 니즈분석 - 공장인정방법 및 공통 평가항목 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화율 산정방안(안) • 관련 산업 분야별 인센티브 항목 • 공업화주택 공장인정제도 운영 방향 및 평가체계(안) • 공업화주택과 기존 공동주택 관련 인증제도간 연계구축 방안
3차년	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화주택 인정제도 개정(안) <ul style="list-style-type: none"> - 공업화율 산정방법 결정 및 업계의견 수렴 - 인정항목, 범위, 인정시기 등 전면 개정(안) • 산업 확산을 위한 홍보 및 인프라 구축 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 전문가 교육 및 육성, 대국민 홍보 방안 - 관련 업역간 문제점 도출 및 연계방안 - 녹색건축물 인증제도와 연계방향 구축 • 공장인정제도 인정체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 인정항목 및 인정방법, 인정프로세스 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화주택 인정제도 개정(안) • 관련 산업분야별 전문가 교육 및 육성을 위한 제도 개선(안) • 녹색건축물 인증제도와와의 연계를 위한 제도 개선(안) • 공장인정제도 인정체계(안)
4차년	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 건축물 공업화 인정제도 도입 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 인정항목 및 인정체계구축 • 관련 산업연계 및 시장 확산 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 업역간 상호 니즈분석 - 주택성능등급표시제도와 연계방향 구축 • 공장인정제도(안) 제안 및 공업화주택 부품 인정제도 도입 방안 모색 <ul style="list-style-type: none"> - 전문가 의견수렴 공장인정제도(안) 도출 - 주택부품 생산 현황 및 제도화 방안 모색 	<ul style="list-style-type: none"> • 일반건축물 공업화 인정제도(안) • 공장인정제도(안) • 관련 산업분야간 업역 책임 및 협업 아이템 도출 • 주택성능등급표시제도와와의 연계를 위한 제도 개선(안)
5차년	<ul style="list-style-type: none"> • 일반건축물 공업화 인정제도(안) <ul style="list-style-type: none"> - 일반건축물 공업화 인정 및 근거법령 구축 • 공업화주택 관련 인센티브 개정(안) <ul style="list-style-type: none"> - 공업화주택 및 공장인정 취득시 인센티브 - 각 관련 산업별 인센티브 • 관련 산업분야 생태계 구축을 위한 지원방안 <ul style="list-style-type: none"> - 산업분야간 협업 가이드라인 및 지침개발 - 장수명주택 등 기타 인증제도간 연계방향 • 공업화주택 부품 인정제도(안) 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 전문가 의견수렴 부품 인정제도(안) 마련 	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화주택 관련 인센티브 개정(안) • 관련 산업분야간 협업 가이드라인 및 지침(안) • 장수명주택인증제도와와의 연계를 위한 제도 개선(안) • 공업화주택 부품 인정제도(안)
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> • 공업화 건설시장 문제 정의서 • 공업화율 산정 방법 개발 • 공업화율 반영 공업화주택 인정제도 개정(안) 	

	연도	연구목표 및 연구내용	주요 성과물																			
			<ul style="list-style-type: none"> • 공업화 공장인정 및 부품 인정제도 신설(안) • 산업생태계 구축을 위한 인정 관련 인센티브 및 각 산업분야별 인센티브(안) • 시장 확산을 위한 업역간 협업 가이드라인 및 기존 인증제도 연계를 위한 제도개선(안) 																			
연구목표	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">성능지표</th> <th colspan="2">현재 최고 기술수준</th> <th rowspan="2">개발 목표 스펙</th> </tr> <tr> <th>국내</th> <th>해외</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>공업화율 기반 공업화주택 인정 제도(안)¹⁾</td> <td>20%</td> <td>90%</td> <td>공장제작 공업화율이 실제 현장에서 충실이 적용될 수 있는 제도 마련</td> </tr> <tr> <td>산업생태계 구축을 위한 다양한 지원 제도(안)²⁾</td> <td>10%</td> <td>80%</td> <td>관련 산업별, 인증제도 연계 맞춤형 지원방안 도출</td> </tr> <tr> <td>공장인정 및 주택부품 인정제도(안)³⁾</td> <td>10%</td> <td>90%</td> <td>PC, 모듈러 공법별 공장인정제도 및 부품인정제도 신설에 대한 적정성 검증</td> </tr> </tbody> </table>		성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙	국내	해외	공업화율 기반 공업화주택 인정 제도(안) ¹⁾	20%	90%	공장제작 공업화율이 실제 현장에서 충실이 적용될 수 있는 제도 마련	산업생태계 구축을 위한 다양한 지원 제도(안) ²⁾	10%	80%	관련 산업별, 인증제도 연계 맞춤형 지원방안 도출	공장인정 및 주택부품 인정제도(안) ³⁾	10%	90%	PC, 모듈러 공법별 공장인정제도 및 부품인정제도 신설에 대한 적정성 검증		
	성능지표	현재 최고 기술수준		개발 목표 스펙																		
		국내	해외																			
	공업화율 기반 공업화주택 인정 제도(안) ¹⁾	20%	90%	공장제작 공업화율이 실제 현장에서 충실이 적용될 수 있는 제도 마련																		
산업생태계 구축을 위한 다양한 지원 제도(안) ²⁾	10%	80%	관련 산업별, 인증제도 연계 맞춤형 지원방안 도출																			
공장인정 및 주택부품 인정제도(안) ³⁾	10%	90%	PC, 모듈러 공법별 공장인정제도 및 부품인정제도 신설에 대한 적정성 검증																			
	<p>1) 현행 국내 공업화주택 인정제도는 주요 주거성능 만족 여부만을 평가하고 있어 실제 공업화를 반영하지 못하고 있음. 이에 프로젝트 기반 공업화를 중심의 공업화 인정방법을 개발하고, 이를 제도화 추진</p> <p>2) 건축행정절차 및 기준 간소화, 교육 및 홍보, 세제 및 금융 지원 등 다양한 인센티브를 개발하여 실제 시장 적용시 파급효과를 관련 분야별 예측</p> <p>3) 양질의 공업화 주택 생산 및 생산성 향상을 위해 공장인정 및 부품 인정제도 신설</p>																					
최종 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공업화주택 인정제도 개정(안) <ul style="list-style-type: none"> - 공업화율 산정방법 개발 - 공업화율 반영 공업화주택 인정제도 개정(안) 및 일반건축물 인정제도(안) ○ 산업생태계구축을 위한 맞춤형 인센티브 개발 및 지원 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 공업화건설시장 문제 정의서 - 공업화주택 인정 및 공장 인정관련 인센티브(안) 및 관련 산업분야별 맞춤형 인센티브(안) - 관련 업역간 협업 가이드라인(안) 및 기존 인증제도 연계를 위한 제도 개선(안) ○ 공장인정제도(안) 신설(안) <ul style="list-style-type: none"> - 공법별 공장인정제도(안) 및 부품인정제도(안) 																					

(7) 구성기술 로드맵



<그림 4.26> 핵심과제 2 추진로드맵



<그림 4.27> 핵심과제 2 성과로드맵

(8) 연도별 소요예산

- 국고 보조금 20억 원으로 구성

(단위: 백만 원)

구성기술	구분	'25	'26	'27	'28	'29	계
2-1. 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술개발	정부	250	250	300	250	150	1,200
2-2. 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화	정부	150	200	200	150	100	800
합계	정부	400	450	500	400	250	2,000

(9) 기대 및 파급효과

□ 과학기술적 측면: 모듈러 건축의 고성능화를 위한 구조 엔지니어링 기술 발전

- 모듈러 건축의 고층화 및 대형화를 위한 설계/해석 기술의 부가가치 향상
- 모듈러 공법적 특성에 기인하는 하자문제의 기술적 해결
- 모듈러 건축의 일관된 구조설계를 통한 안전성, 내구성, 사용성을 일정 수준으로 유지
- 모듈러 건축 구조성능의 표준적 평가 및 검증 시스템에 대한 선도적 전문 지식 구축

□ 사회경제적 측면: 모듈러 건축의 활성화 제고 및 시장 확대에 기여

- 고성능 및 고내구성 모듈러 주택 건설의 실효성 향상
- 모듈러 건축 인허가의 건축행위를 위한 상호 신뢰 가능한 근거 자료 구축
- 모듈러 전문 업체의 확대를 통한 건설산업 전반에 걸친 패러다임 전환 가속화
- 다양한 수요자 확보를 통해 모듈러 건축시장을 확대하여 모듈러 건축 생산성 향상 및 안정적인 일자리 제공으로 건설인력 부족 문제 완화
- 모듈러 건축자재 및 부품의 리사이클링, 리유즈, 현장 폐기물 최소화 등을 통해 건설단계 탄소 배출량 감소 유도

3. 사전타당성 검토

가. 정책적 타당성 분석

□ 상위계획과의 부합성

- 본 연구사업은 모듈러 건축 기반 공동주택 생산시스템 혁신 기술개발을 통해 안정적인 주거공급 및 주택산업 경쟁력을 향상하기 위한 것으로, 주택정책, 환경정책, R&D 정책을 키워드로 하는 아래 상위 계획과 부합성을 검토
 - 주택정책 : 국민 주거안정 실현방안
 - 환경정책 : 2050 탄소중립 시나리오; 2030 온실가스 감축목표(NDC)
 - 건설기술·산업 정책 : 건설기술진흥기본계획, 건설산업진흥기본계획
 - R&D 정책 : 4차 산업혁명 대응계획, 제 1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획
- 국토교통부의 「국민 주거안정 실현방안(‘22~’27)」의 정책방향에 부합
 - 국민 주거안정 실현방안에서 제시하고 있는 5대 전략 중 「주택공급 시차 단축」과 부합 : 모듈러 주택 기술 개발을 위한 R&D를 추진하고 임대주택으로 활용하는 등 주택을 신속하게 공급할 수 있는 기반조성
 - 궁극적으로 양질의 주택을 대량으로, 신속히 공급하여, 국민들에게 내 집 마련의 기회를 제공하고자 하는 측면에서 「청년에게 주거·일자리·교육 등 맞춤형 지원」 등 국정과제의 취지에도 부합
- 대통령 직속 2050 탄소중립 녹색성장 위원회의 2050 탄소중립 시나리오 및 2030 온실가스 감축 목표의 정책방향에 부합
 - 2050 탄소중립 시나리오에서 제시하고 있는 정책제언 중 「③ 건물」 - 「도시·국토 등 지역 단위의 탄소중립 실현」과 부합 : 개별 건축물 단위의 탄소중립 한계를 보완하기 위해 Off-Site 제도 활성화 등을 통한 도시·국토 탄소중립을 위한 흡수원 확대
- 건설기술 및 산업 정책 관련 중·장기 계획인 「건설기술진흥기본계획」과 「건설산업진흥기본계획」의 취지 및 내용에 부합
 - 「제 6차 건설기술진흥기본계획(‘18~’22)」에서는 노동생산성 40% 향상, 사망자 수 30% 감소 등을 목표로 하고 있으며, 「전략 1. 4차 산업혁명에 대응하는 기술개발·신산업 육성」 관련 「4차 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상», 「분야 간 융복합을 통한 경쟁력 강화」 등의 내용과 부합
 - 「제 6차 건설산업진흥기본계획(‘18~’22)」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

- 과학기술정보통신부 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 : 건설 생산성 40% 향상, 근로자 안전 확보를 통한 건설산업 체질 개선을 목표로, 3 차원 가상설계·시공, 모듈화 자동시공, 건설장비 간 통신·제어 및 협업 시스템 등 첨단공장형 설계·시공체계 전환 및 건설장비 지능화 촉진기술 개발
- 국토교통부의 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(‘18~’27)」에 부합
 - OSC 설계 및 공장생산 표준화·최적화 기술개발은 「전략 02. 기술융합을 통한 새로운 가치 창출」 - 「1 융합기술을 통한 건설 지능화 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 4.16> 상위계획과의 부합성

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

나. 기술적 타당성 분석

1) 국토교통 기술수준 분석

□ 국토교통과학기술진흥원에서 발표한 2021년 국토교통 기술수준 조사 결과를 활용하여 본 사업과 연관성이 있는 기술을 선정함.

* 국토교통부, 2021 국토교통 기술수준분석 최종보고서, 2021

○ 국토교통 관련 8개 대분류, 26개 중분류, 95개 소분류 중 본 사업과 연관성이 높다고 판단되는 7개 기술을 선정함.

- 계획/설계, 구조/시공, 재료/자재, 환경/설비, 유지관리, 에너지성능, 정보화 등 7개 기술에 대하여 기술 수준분석을 진행함.
- 본 사업과 연관성이 있는 기술들의 기술수준은 평균 83.21% 수준이며, 기술 격차는 평균 3.23년으로 나타남.
- 가장 높은 기술 수준을 보이는 분야는 정보화 분야로 90.0%의 기술수준과 1.8년의 기술격차를 보임.
- 반면 가장 낮은 기술 수준을 보이는 분야는 계획/설계, 구조/시공, 재료/자재, 환경/설비로 모두 80%의 기술수준을 보임.
- 본 사업과 연관성이 있는 기술 모두 최고기술수준 보유국이 미국이며, 가장 높은 기술 격차를 보인 기술은 계획/설계 분야이고, 가장 낮은 기술 격차를 보인 기술은 정보화임.
- 국토교통 기술수준분석 결과 기술격차 해소방안으로 모든 소분류 기술에 대한 R&D 투자가 필요하고, 특히 기초연구 지원이 시급한 것으로 분석됨.

<표 4.17> 본 사업 관련 기술의 기술수준 및 기술 격차(2021년)

대분류	중분류	소분류	최고국	기술수준(%)	기술격차(년)
건축	설계/시공	계획/설계	미국	80.0	4.5
		구조/시공	미국	80.0	3.0
		재료/자재	미국	80.0	4.0
		환경/설비	미국	80.0	3.5
	성능향상	유지관리	미국	87.5	2.8
		에너지성능	미국	85.0	3.0
		정보화	미국	90.0	1.8

2) 모듈러 관련 보유 기술수준 분석

□ 최고기술보유국 대비 국내 기술수준 및 현황을 정량/정성적으로 파악하여 구성기술별 기술개발방향 설정에 반영

<표 4.18> 구성 기술별 최고기술보유국 대비 국내 기술수준

구성기술	구분	최고 기술 보유국	현 국내 수준	구성기술 개발 이후
1-1. 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술개발	기술수준	미국, 호주 등 모듈단위 유닛을 연결하여 화재 시 열팽창에 따른 붕괴 방지	'23년 모듈 단위 실대형 내화성능평가 수행	복합부재에 대한 내화성능평가
	TRL 단계	9단계	6단계	9단계
	기술성숙도	사업화 단계	시제품 성능평가	사업화 단계
1-2. 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발	기술수준	미국, 영국 등 성능기반 내화설계지침	모듈러 구조 별도의 내화설계 절차 미비	성능기반 내화설계지침
	TRL 단계	9단계	5단계	9단계
	기술성숙도	사업화단계	유사환경에서의 working model 검증 수준	사업화 단계
2-1. 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발	기술수준	호주의 모듈러 건축 핸드북은 방법론에 중점을 둔 구조설계지침으로 세계 최초의 사례로 인식	건축 심의 과정에서 최소한의 근거 자료로 활용하기 위한 구조설계 가이드와 예제집 마련	국내 모듈러 건축 환경과 관례에 맞는 건축 과학 원리가 적용된 구조설계 편람을 누구나 활용
	TRL 단계	8 단계	6 단계	8 단계
	기술성숙도	시제품 인증 및 표준화	시작품 단계	시제품 인증 및 표준화
2-2. 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화	기술수준	프로젝트 기반 공업화율을 반영한 공업주택 인정 제도 운영(중국, 일본 등)	주택성능중심의 인정제도 운영, 공장인정제도 부재	공업화율을 반영한 인정제도 개선 및 공장인정제도 도입
	TRL 단계	9 단계	2 단계	8 단계 (일부 7단계)
	기술성숙도	인정기법이 실제 현장에서 사용. 적합성 증명 단계	소규모 단독주택 및 저층 공동주택 적용 단계	프로젝트별 사용 가능성 증명단계

3) 기술적 타당성 분석 소결

- 기술적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 기술개발 기술개발의 필요성 및 시급성, 해외 기술 수준과의 기술격차, 사업 추진으로 인한 기술 개발 성공가능성, 기존사업과의 중복성이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음.
 - 모듈러 건축 관련 기술 관련하여 해외기술과의 격차가 발생하고 있으며, 이러한 기술 격차를 극복하기 위하여 본 사업에서 제시하고 있는 구성기술 개발이 필요할 것으로 판단.
 - 특히 모듈러 건축물의 품질향상 및 시장 활성화를 위한 각종 제도의 개선 및 기술개발이 필요한 것으로 판단됨.
 - 기존 모듈러 관련 사업과 연계가능성 및 고도화 방안을 통해 차별화 방안을 제시함.

다. 경제적 타당성 분석

- 본 사업 추진을 통해 모듈러 건축 및 주택 관련 연구의 고부가가치화와 신규 일자리 창출 효과가 높아질 것으로 전망
 - 모듈러 건축 설계/구조, 주거성능, 제작/시공 등 전 분야의 산업 경쟁력 증대를 위한 개발 기술로 고부가가치화와 새로운 일자리 창출에 기여
 - 산업연관표에서 제공하는 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용유발계수 등을 바탕으로 동 사업에서 기대되는 부가가치 및 일자리 효과를 산출

<표 4.19> 산업연관표를 활용한 본 사업의 생산/부가가치/고용유발계수

산업분류	생산유발계수	부가가치유발계수	고용유발계수 (명/10억 원)	취업유발계수 (명/10억 원)
건설	1.95	0.81	8.36	10.82

※ 출처 : 산업연관표 2019, ISTANS(www.istans.or.kr), 2022.10.25.

- (생산유발액) 본 연구사업은 '24-'28 년의 기간동안 180 억 원이 투입되어 경제 전체에 직·간접적으로 351 억 원*의 생산을 창출할 것으로 추정

* 487.5억 원(생산유발액) : 180억 원(총 예산) × 1.95(생산유발계수)

- (부가가치유발액) 본 연구사업은 '24-'28 년의 기간동안 180 억 원이 투입되어 경제 전체에 직.간접적으로 145.8 억 원*의 부가가치를 창출할 것으로 추정

* 202.5원(부가가치유발액) : 180억 원(총 예산) × 0.81(부가가치유발계수)

- (고용유발효과) 본 연구사업은 '24-'28 년의 기간동안 180 억 원이 투입되어 경제 전체에 직.간접적으로 약 150 명*의 일자리를 창출할 것으로 추정

* 209명(고용유발효과) : 180억 원(총 예산) × 8.36(고용유발계수) / 10

- (취업유발효과) 본 연구사업은 '24-'28 년의 기간동안 180 억 원이 투입되어 경제 전체에 직.간접적으로 약 195 명*의 취업자를 창출할 것으로 추정

* 270.5명(취업유발효과) : 180억 원(총 예산) × 10.82(취업유발계수) / 10

4. 인력투입 소요예산 산정

가. 총사업비

1) 총 사업비

□ 5년('24~'28년)간 180억 원, 연평균 36억 원 규모로 3개 핵심기술, 10개 구성기술을 선정

<표 4.20> 핵심기술별 사업 추진 규모

(단위 : 백만원)

핵심기술	구성기술	총 사업비
1. 모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가 기술 및 내화설계기술	1-1. 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 복합구조 및 내화성능평가 방법 기준	1,700
	1-2. 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산 방지구조 기술개발	1,300
	소 계	3,000
2. 모듈러 건축품질 제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련	2-1. 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성향상 기술개발	1,200
	2-2. 모듈러 건축산업 활성화를 위한 관련 제도 고도화	800
	소 계	2,000
합 계		5,000

□ 핵심기술별 소요 예산

○ 핵심기술 1 : 5개 차년도 총 30억 원 규모

(단위: 백만 원)

구성기술	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
1-1. 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술	정부	300	400	400	300	300	1,700
1-2. 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재확산 방지구조 기술	정부	200	300	300	300	200	1,300
합계	정부	500	700	700	600	500	3,000

○ 핵심기술 2 : 5개 차년도 총 20억 원 규모

(단위: 백만 원)

구성기술	구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
2-1. 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술개발	정부	250	250	300	250	150	1,200
2-2. 모듈러 건축산업 확산을 위 한 관련 제도 고도화	정부	150	200	200	150	100	800
합계	정부	400	450	500	400	250	2,000

□ 구성기술별 소요 예산

<표 4.21> 본 사업의 구성기술별, 연도별 총사업비

(단위 : 백만원)

핵심기술		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1-1	모듈 단위 실험용 화재실험 기반 모듈러 내화성능평가 기술	300	400	400	300	300	1,700
1-2	모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재확산 방지구조 기술	200	300	300	300	200	1,300
2-1	모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술개발	250	250	300	250	150	1,200
2-2	모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화	150	200	200	150	100	800
합 계		900	1,150	1,200	1,000	750	5,000

2) 예산항목 별 소요예산

□ 총 사업비 소요예산

<표 4.22> 본 사업의 총사업비 소요예산

단위 : 백만원)

예산항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	495	472	504	400	390	2,261
직접비	315	563	576	500	285	2,239
간접비	90	115	120	100	75	500
합 계	900	1,150	1,200	1,000	750	5,000

□ 핵심기술 1 소요예산

<표 4.23> 핵심기술 1 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	255	193	204	144	230	1,026
직접비	195	437	426	396	220	1,674
간접비	50	70	70	60	50	300
합 계	500	700	700	600	500	3,000

□ 핵심기술 2 소요예산

<표 4.24> 핵심기술 2 소요예산

(단위 : 백만원)

예산항목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
인건비	240	279	300	256	160	1,235
직접비	120	126	150	104	65	565
간접비	40	45	50	40	25	200
합 계	400	450	500	400	250	2,000

나. 소요인력

1) 전체사업 인력투입 계획

- 본 연구의 참여인원은 연구비에 비례하여 연구인원 비율을 배분하였으며, 제도 고도화 연구임을 고려하여 연구비에서 연구인력의 비용은 40% 내외로 산정하였음.
 - 연구와 기술인력은 본 과제 참여기관에 따라 달라질 수 있으므로, 본 기획과제에서는 따로 구분하지 않음.
 - '22 국토교통 R&D 연구비 산정 가이드라인에 명시되어 있는 인건비 산정을 위하여, 투입 연구 인력은 책임연구원을 기준으로 산정하였으며, 산정된 투입인원수를 기반으로 참여기간, 인건비계상율 등을 고려한 Man-Month 를 산출하고 인건비 단가를 적용하여 인건비 산정
- 연차별 전체투입 연구인력

<표 4.25> 연차별 전체투입 연구인력

(단위 : 명)

분류	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
전체	12	12	13	10	10	57
핵심기술1	6	5	5	4	6	26
핵심기술2	6	7	8	6	4	31

5. 과제 제안요구서(RFP)

연구과제명	모듈러 건축 경쟁력 제고를 위한 고품질 확보 및 제도적 허들 극복 기술개발
1. 연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공급자 중심의 모듈러건축공법에서의 탈피를 통해 국민들의 주거복지 향상 및 수요를 만족시키고, 모듈러 건축산업 활성화에 걸림돌이 되는 제도를 개선하고 모듈러 공법적 기술적 한계를 극복할 수 있는 기술개발을 목표로 함. - 모듈러 공법적 특성을 반영하지 못한 현행 내화성능평가기술을 모듈러건축물에 적합한 선진형 내화성능평가 기술의 적용 및 성능기반 내화설계기술 적용을 통해 보다 합리적인 화재안전 확보 - 모듈러 건축물에서 자주 발생하는 하자 및 기술적 애로사항을 해결하여 재래공법 대비 동등 이상의 품질을 확보하고, 모듈러 산업 확산을 위한 제도정비
2. 연구 필요성 및 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> □ 연구 개발 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 현행 모듈러 공법에 적용되는 내화구조는 부재단위 내화성능평가에 기반 한 내화상세를 적용하므로 모듈간 조립구조(골조, 바닥 및 벽체 일체화)의 내화성능을 판단하기 어려우며, 부재 간 내화 중복시공으로 제작비용 및 공사기간 증가 ○ 고층 모듈러 주택 건설을 위한 기술 개발시 내화구조 성능 확보는 건축법령에서 의무적으로 요구하고 있는 성능이며, 화재시 건축물 구조적 안전성과 인명피해 방지를 위해서도 반드시 해결해야할 기술임 <ul style="list-style-type: none"> - 13층 이상의 모듈러 주택 건설을 위해서는 내화성능 3시간 이상의 보 및 기둥 부재의 내화성능 확보와 2시간 이상의 바닥 및 벽체 내화성능 확보가 필수적임 - 최근 개발된 모듈러용 건식 공법은 단위 부재의 피복 두께가 습식 공법의 피복재 대비 상대적으로 두꺼운 피복두께를 요구하고 있고 적용되는 내화보드(방화석고보드 등)가 다양한 현장 시공성 문제를 가지고 있어 고층 모듈러 건축에 적용되기에는 현실적으로 어려운 실정임 ○ 화재시 구조물의 붕괴 방지와 인명피해 예방을 위해 국내에서는 건축물 주요 구조부재에 내화구조 인정을 받도록 의무화 하고 있으며, 모듈러 건축물도 동일한 기준 적용 대상임. 그러나 현행 내화구조 인정제도는 내화재료를 생산하는 제조사에게 내화구조 인정 신청 자격을 주고 있고 부재 단위로 내화구조 인정 제도를 운영하고 있어 모듈러 건축의 특성에 맞지 않는 인정제도에 대한 개선방안 마련이 반드시 필요한 실정임 <ul style="list-style-type: none"> - 내화구조 인정구조에 대한 사용자로서 인정업체의 협조가 필수적이며 내화구조 주체로서 자격 미미로 능동적 의사 표현이 제한되어 사업계획 수립, 모듈러 설계 등 여러 단계에서 걸림돌이 되고 있는 실정임 - 현장 시공을 대상으로 운영되어온 내화구조는 부재 단위로 인정 내용을 적용하므로

단위 모듈의 조합으로 완성되는 모듈러 건축 특성과 차이 발생하여 현재 모듈러 건축의 특성(장점)을 포기하고 현행 제도에 부합하게 시공하여야 하는 불합리한 실정임

- 모듈러건축의 활성화를 위하여 고품질의 주거성능 확보 필요
 - 모듈러 건축은 저품질의 컨테이너 하우스라는 인식이 만연하여 활성화의 저해요소로 작용
 - 고품질의 주거성능 확보를 위한 모듈러 건축의 공법적 특성을 반영한 하자방지 기술 및 설계기준 정립 연구필요
- 모듈러건축의 공법적 특성에 따른 하자 조사 및 분석 필요
 - 모듈의 상호 접합으로 구성되기 때문에 재래공법과는 다른 양상의 하자 발생
 - 기존 건축실적을 대상으로 하자를 유형화하고 증상 및 원인을 규명하는 건축병리학적 접근 필요
- 고층화 및 대형화 확산 대비 일관된 품질과 안전성을 보장하는 설계기술의 개발 필요
 - 모듈러 건축 구조설계는 신수종 분야로 경험과 지식을 갖춘 설계엔지니어가 절대적 부족
 - 고층화 및 대형화 추세에 따라 우수한 내구성을 확보할 수 있는 설계기술 요구의 상승
- 모듈러 건축의 보급 확대를 위해 건축행정에 상호 신뢰할 수 있는 근거 자료 구축 필요
 - 신속한 인허가를 위한 구조안전심의에 활용 가능한 인정할 수 있는 기술자료가 부족한 상황
 - 모듈러 건축물의 안전한 구조설계의 저변 확대를 위해 일반 구조엔지니어를 위한 설계 정보 필요

□ 기술 동향

- 해외의 경우 모듈러 건축물의 내화성능 설계뿐만 아니라 화재 시 모듈러 구조물 및 접합부 해석 결과를 활용하여 성능설계 반영 등 화재 시 구조물 안전성을 내화구조 적용만으로 판단하는 국내에 비하여 다양하고 과학적인 방법으로 화재 안정성 확보를 위한 기술 개발을 진행 중임
- 국내는 화재 시 구조 안전성을 확보하는 유일한 방법으로 내화구조만 적용하고 있으나, 내화구조 이외의 다양한 접근을 통하여 동일한 수준의 화재 안전성을 확보할 수 있는 기술 개발이 절실한 실정임
- 해외에서는 최근에 모듈러 건축물 화재 시 모듈 간 적층을 위하여 필연적으로 발생하는 수직 또는 수평방향의 틈을 통한 화재확산 경로에 대하여 관심과 우려를 보이면서 이를 해결하기 위한 기술 개발을 수행하고 있음
- 국내에서는 내화채움구조로 구조물간 틈을 통한 화재확산 방지 역할을 수행하도록 하고 있으나, 대부분의 모듈러 건축물 시공 시 내화구조만 특정되어 관심을 가지고 화재확산에 대해서는 상대적으로 관심을 두지 않는 경향이 있으나 이에 대한 기술 개발도 필요한 실정임
- 호주 The Modular Construction Codes Board(MCCB)가 발간한 'Handbook for The Design of Modular Structures'은 모듈러 건축 구조설계를 위한 플랫폼

품으로 관련 업계에 지침으로 이용될 수 있도록 공개되어 있음

- 모듈러 구조시스템의 설계를 위한 구체적인 상세 사항을 다루고 있지 않지만, 설계자가 사전에 검토하거나, 설계에 반영해야 할 사항을 10개 분야로 구분한 지침과 해설을 포함
- 중국, 영국 등은 공업화 공법의 최대 장점인 현장 작업자 생산성 향상 및 공기단축을 위하여 공업화율을 인정지표로 활용함. 중국은 단일 건물의 주요 구조체, 외벽 및 내부칸막이벽 등에 사용되는 조립식 부품의 포괄적 비율을 평가하여 적용하고 있으며, 영국은 전제공사비 대비 사전제작부품의 총공사비율로 평가하고 있음.
- 일본은 공업화 건축물에 대한 형식적합인정제도뿐만 아니라 생산공장에 대한 제조자인증제도도 운영하고 있음.
- 중국은 조립식 건물 평가기준 운영을 통해서 조립률 50% 이상 건축물에 대하여 금융 유자지원, 재정보조, 용적률, 세금혜택 등 다양한 인센티브 제공
- 일본의 형식적합인정제도가나 싱가포르의 Buildability와 같은 제도는 인허가와 연계한 인센티브 제공

3. 연구내용

(1) 핵심과제 1 모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가기술 및 내화설계기술

[과제개요]

- 모듈러 건축물의 활성화를 위해서는 화재안전 확보가 필수적이며, 이를 위해 모듈러 특성을 잘 반영한 안전하고 효율적인 화재안전 성능 확보기술 기반 마련
- 현행 건축법령에 의한 일반 내화구조 인정 방식은 모듈러 건축물의 구조/형식적 특성을 잘 반영하기 어렵고 비경제적, 비효율적인 설계로 귀결되기 쉬우므로 모듈러건축물에 적합한 선진형 내화성능평가 기술의 적용 및 성능기반 내화설계기술 적용을 통해 보다 합리적인 화재안전 확보 및 활성화 가능

(1.1) 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 복합구조 및 모듈러 내화성능평가 기술개발

- 복합부재 단위 내화성능 평가기술 및 표준내화구조 개발
 - 복합부재 내화구조 표준상세 및 내화성능평가 방법 개발
 - 복합부재 내화구조 인정제도 개선(안) 개발
 - 모듈러 특성을 반영한 모듈러 내화구조인정제도 개발
- 실대형 실험 기반 모듈단위 내화성능 평가기술 개발
 - 모듈러 용도별 화재하중 및 구획형상 표준화 개발
 - 단위모듈 및 멀티모듈 실대형 화재실험
 - 모듈단위 실대형 화재실험방법 표준화

- 모듈단위 내화성능평가 및 화재확산 위험도 평가

(1.2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

- 모듈러 건축물의 내화성능설계 적용을 위한 요소기술 및 설계절차 개발
 - 복합부재 내화구조 해석모델
 - 모듈러 화재-구조 통합해석모델 개발
 - 복합부재 내화설계지침 개발
 - 모듈러 건축물 성능기반 내화설계 지침
- 모듈러 건축물 화재 확산방지구조 공법 및 성능검증 기술개발
 - 화재확산방지 구조상세 도출
 - 모듈러 건축물 화재확산 위험도 평가방법 표준화
 - 모듈러 건축물 화재확산 방지구조 성능평가

(2) 핵심과제 2 모듈러 건축 품질제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련

[과제개요]

- 모듈러 공동주택 거주 후 평가 및 설계-제작-시공단계에 있어서 자주 발생하는 하자 사례를 데이터베이스화하고, 이를 기반으로 주거품질을 확보할 수 있는 기술 개발
- 입체형 유닛이 연결되는 구법 특성을 고려하고, 모듈 간 접합 성능을 고려한 내진 설계계수를 정립하여 모듈러 건축물의 안전성, 내구성, 사용성 등을 일상적으로 확보할 수 있도록 실무적으로 활용 가능한 구조설계기법의 개발과 검증
- 국민 니즈 대응 양질의 모듈러 주택공급 및 모듈러 건축산업 확산을 위하여 주택중심의 공업화주택 인정제도 개선과 산업 생태계구축을 위한 제도 활성화방안 구축

(2.1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발

- 거주 후 평가 및 하자사례 기반 모듈러 공동주택 주거품질 확보 기술 개발
 - 중고층 모듈러 거주 후 평가
 - 국내 모듈러 하자 사례 수집 및 증상별 메카니즘 분석
 - 하자 유형별/건축 프로세스별 설계기준 정립
- 모듈러 건축 구조설계의 일관성을 위한 설계기술과 검증 체계 구축
 - 모듈 간 접합 방식의 유형 분류를 통한 통일된 해석 모델링 기법 개발
 - 모듈러 구조시스템의 내진설계계수의 정립과 구조성능 검증 시험의 표준화

(2.2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화

- 공업화주택 인정제도 개선
 - 공업화율 기반 공업화주택 인정제도 개발
 - 일반 공업화건축 인정제도 개발
- 모듈러 건축물 산업생태계 구축 위한 인센티브 개발
 - 산업생태계 구축 위한 맞춤형 인센티브 개발 및 교육홍보 아이템 발굴
 - 공동주택 주요 인증제도별 모듈러 주택 연계를 위한 제도 개선
- 공업화주택 공장인정제도 구축
 - 공업화주택 공장인정제도 구축
 - 공업화주택 부품인정제도 구축

4. 연구 추진 방법

- | | |
|---------|---|
| □ 추진 전략 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 추진전략 핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심기술 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진 전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영)을 제시할 것 - 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과평가 방법을 명시할 것 - 연구 목표를 정량적으로 제시 ○ 연구내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과 평가지표(안) 제시 <ul style="list-style-type: none"> ※ 단계별/연차별 성과 평가 지표(안)는 향후 단계/중간 평가시 참고 예정 ○ 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발 결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 공동 활용방안 등 제시 - 특히, 설계·시공 기준 및 설계상세도, 시공예시도는 국내 현황조사뿐만 아니라 국외 사례조사를 통해 구체적인 연계방안을 포함하여 연구계획에 제시 ○ 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 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, 협약 시 조정(추가) 가능 <ul style="list-style-type: none"> ※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용 |
| □ 추진 체계 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제는 산·학·연 공동연구를 기본원칙으로 하되, 실용회를 목적으로 추진 하는 연구 과제이므로 건축물 설계, 시공, 유지관리 및 IT 관련 기업이 적극적으로 참여할 수 있도록 컨소시엄 구성 ○ 주택품질 제고를 도모할 수 있는 유관조직 및 기관과의 융합 연구 협의체 구성 ○ 과제 내 컨소시엄 구성 시 주관연구기관은 과제 시작시점부터 종료까지 동일 |

기관이 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

- 개발기술의 실증에 대한 추진계획(실증규모, 실증방법, 일정 등)은 연구추진과정에서 국토교통부, 전문기관과 협의를 통해 추진
- 개발기술의 실증은 주관연구기관에서 총괄하여 추진

5. 최종성과물

□ 세부과제
별 최종
성과물

(1) 모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가기술 및 내화설계기술

(1-1) 모듈 단위 실험 화재실험 기반 복합구조 및 모듈러 내화성능 평가 기술개발

- 모듈러 내화성능평가 가이드라인
- 모듈러 화재확산 위험도 평가방법 제시
- 복합부재 내화성능평가 가이드라인 및 내화 인정절차 개정(안)
- 모듈러 복합부재 표준모델

(1-2) 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발

- 복합부재 내화설계 지침서
- 복합부재 내화성능평가 해석모델
- 모듈러 맞춤형 성능기반 내화설계 지침서
- 화재확산 방지구조 성능기준(안)

(2) 모듈러 건축 품질제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련

(2-1) 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발

- 모듈러 공동주택 POE 및 하자사례 분석 보고서
- 모듈러 건축시스템 설계-제작-시공 가이드라인(안)
- 모듈러 건축구조설계 편람
- 고층 모듈러 구조설계 사례집

(2-2) 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화

- 공업화율 산정방법
- 공업화주택 인정제도 개선(안)
- 맞춤형 인센티브 및 교육홍보 제도개선(안)
- 공동주택인증제도 연계 제도개선(안)
- OSC 공장인정제도(안)
- 공업화주택 자재 및 부품인정제도(안)

6. 활용방안 및 기대효과	
<input type="checkbox"/> 활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ (정부지자체) 사회적 이슈 해결(1인 가구, 고령화, 주거환경 등) 및 거주민의 삶의 질 제고 방안 마련. 모듈러 건축 확산을 위한 정책개발 자료로 활용. 모듈러 건축물 인증 및 관련 법 제도 재개정 지원, 모듈러 주거단지 모델 개발에 활용 ○ (공공민간기업) 4차 산업혁명 융복합 기술 아이টে으로 활용 및 건설분야 주도 모듈러 건축 생태계 구축 기반 마련. 기술이전 및 성능개선, 표준화된 플랫폼 공동 활용 및 관련 신규 기술 및 서비스의 개발에 활용. 개발기술의 현장적용(공공우선, 민간확대), 사업화를 통한 모듈러 건설시장 확대 및 해외 수출 모델 제시 ○ (연구기관대학교) 다양한 분야별 교육 및 후속 연구 기초자료로 활용 및 관련분야 학과, 연구분야 증대, 기술개발 유도 및 관련 분야 인력양성 ○ (국민생활약자) 건강·안전·편리한 주거환경 영위하기 위한 주거 공간구성 및 주택성능 확보를 통해 거주만족도 및 편익 증대
<input type="checkbox"/> 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 과학기술적 측면 <ul style="list-style-type: none"> ○ 고층 모듈러 구현을 위한 화재안전, 구조엔지니어링 기술 발전 및 전문 지식 축적 ○ 모듈러 건축물의 설계/해석 기술 부가가치 고급화 및 OSC 분야 기술 경쟁력 확보 ○ 국내 모듈러 제작 환경에 최적화된 화재하중 도출을 통한 성능 기반 내화설계 반영 ○ 모듈러 건축물에 최적화된 합리적 대안 설계 구축 및 활용을 통한 국제 기술 기준 부합화 ○ 화재하중 기술 DB구축 및 표준 구축을 통한 기술 기반 확보 ○ 모듈러 건축물 활성화를 위한 표준모델 보급 및 유연성 있는 인정제도 운영 ○ 모듈러 공법적 특성에 기인하는 하자문제의 기술적 해결 ○ 모듈러 건축의 일관된 구조설계를 통한 안전성, 내구성, 사용성을 일정 수준으로 유지 ○ 모듈러 건축 구조성능의 표준적 평가 및 검증 시스템에 대한 선도적 전문 지식 구축 <input type="checkbox"/> 사회경제적 측면 <ul style="list-style-type: none"> ○ 내화성능평가 및 설계기술 합리화를 통해 고층 모듈러건축의 필수 해결 기술 구축 ○ 내화기술 다변화를 통한 모듈러 공법 점유율 확대로 모듈러 건축산업 활성화 ○ 모듈러 건축물 화재안전성 확보를 통한 모듈러 건축물의 선입견 해결 및 국

민의 안전한 삶 확보

- 국제기준 및 요건에 상응하는 모듈러 건축물 화재안전 기술 보급을 통해 국내기업의 글로벌 시장 진출 경쟁력 확보
- 고성능 및 고내구성 모듈러 주택 건설의 실효성 향상
- 모듈러 건축 인허가의 건축행위를 위한 상호 신뢰 가능한 근거 자료 구축
- 모듈러 전문 업체의 확대를 통한 건설산업 전반에 걸친 패러다임 전환 가속화
- 다양한 수요자 확보를 통해 모듈러 건축시장을 확대하여 모듈러 건축 생산성 향상 및 안정적 일자리 제공으로 건설인력 부족 문제 완화
- 모듈러 건축자재 및 부품의 리사이클링, 리유즈, 현장 폐기물 최소화 등을 통해 건설단계 탄소 배출량 감소 유도

7. 연구기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2025.04 ~ 2029.12.31 (4년 9개월)
 - 1차년도 연구개발기간 : 2025.04.~2025.12. (9 개월)
 - 2차년도 연구개발기간 : 2026.01.~2026.12. (12 개월)
 - 3차년도 연구개발기간 : 2027.01.~2027.12. (12 개월)
 - 4차년도 연구개발기간 : 2028.01.~2028.12. (12 개월)
 - 5차년도 연구개발기간 : 2029.01.~2029.12. (12 개월)

- 총 정부출연금 : 5,000백만원 이내
 - 1차년도 정부출연금 : 400백만원 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

- 본 과제의 보안등급은 “일반 과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 기 수행하였거나 현재 수행 중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

- ※ www.kaia.re.kr, <http://www.ntis.go.kr>의 유사과제목록 참조
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - ※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - ※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시
- 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/기준치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함
 - ※ 과제선정 후 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
 - 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진 시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함
- 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
 - 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제 내 특정 기술 개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
 - 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
 - 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
 - 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음
- 추진할 과제의 기술성숙도(TRL) 범위를 설정 및 제안하고 전문기관 및 연구단과 협의하여 확정

[별첨 1]

2024년도

국가연구개발사업
전략계획서

국 토 교 통 부

사업명: 모듈러 건축 경쟁력 제고를 위한 고품질 확보 및 제도적 허들 극복 기술개발

1. 사업개요

① 사업명

사업명	단위사업	모듈러 건축 경쟁력 제고를 위한 고품질 확보 및 제도적 허들 극복 기술개발
	세부사업	모듈러 건축 경쟁력 제고를 위한 고품질 확보 및 제도적 허들 극복 기술개발
	내역사업	모듈러 건축 경쟁력 제고를 위한 고품질 확보 및 제도적 허들 극복 기술개발

② 사업목적

사업목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공급자 중심의 모듈러건축공법에서의 탈피를 통해 국민들의 주거복지 향상 및 수요를 만족시키고, 모듈러 건축산업 활성화에 걸림돌이 되는 제도를 개선하고 모듈러 공법의 기술적 한계를 극복할 수 있는 기술개발을 목표로 함. - 모듈러 공법적 특성을 반영하지 못한 현행 내화성능평가기술을 모듈러건축물에 적합한 선진형 내화성능평가 기술의 적용 및 성능기반 내화설계기술 적용을 통해 보다 합리적인 화재안전 확보 - 모듈러 건축물에서 자주 발생하는 하자 및 기술적 애로사항을 해결하여 재래공법 대비 동등 이상의 품질을 확보하고, 모듈러 산업 확산을 위한 제도정비
-------------	--

③ 사업추진경위

추진 근거	법적 근거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 사업은 「주거기본법」, 「국토기본법」, 「건설산업 진흥법」, 「건설기술 진흥법」 등 20개 법에 법적근거를 두고 추진 가능 ○ 본 사업은 「윤석열 정부 국정비전,목표」 5대 국정목표 중 '상식이 회복된 반듯한 나라', '민간이 끌고 정부가 미는 역동적 경제', '따뜻한 동행, 모두가 행복한 사회' 에 해당되며, 110대 국정과제 중 열 가지에 해당
	상위계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제 5차 국토종합계획(2020~2040) <ul style="list-style-type: none"> - '모두를 위한 국토, 함께 누리는 삶터'를 비전으로 6대 추진 전략을 수립하였으며, 이 중 3개 추진 전략이 동 사업과 관련 ○ 제2차 장기주거종합계획(2013~2022) <ul style="list-style-type: none"> - "국민 누구나 집 걱정 없는 더 나은 주거생활"을 비전으로 5개 정책 추진방향을 수립하였으며, 이 중 2개 정책 추진방향이 동 사업과 관련, 특히 '미래에 대비하는 주거환경 조성'과 주택관리 강화가 동 사업과 가장 부합 ○ 제3차 건축정책 기본계획(2021~2025) <ul style="list-style-type: none"> - "일상의 가치를 높이는 건축, 삶이 행복한 도시"를 비전으로 3개 정책목표, 9개의 추진전략을 수립하였으며, 3개 정책 모두 추진방향이 동 사업과 관련 ○ 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027) <ul style="list-style-type: none"> - "혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통"을 비전으로 4개의 추진전략, 12개의 실천과제를 수립하였으며, 이 중 3개 정책 추진전략이 동 사업과 관련 ○ 국토교통부의 「국민 주거안정 실현방안(‘22~’27)」의 정책방향에 부합 <ul style="list-style-type: none"> - 국민 주거안정 실현방안에서 제시하고 있는 5대 전략 중 「주택공급 시차 단축」과 부합 - 궁극적으로 양질의 주택을 대량으로, 신속히 공급하여, 국민들에게 내 집 마련의 기회를 제공하고자 하는 측면에서 「청년에게 주거·일자리·교육 등 맞춤형 지원」 등 국정과제의 취지에 부합 ○ 건설기술 및 산업 정책 관련 중·장기 계획인 「건설기술진흥기본계획」과 「건설산업진흥기본계획」의 취지 및 내용에 부합

④ 사업 현황

사업구분	계속사업 <input checked="" type="checkbox"/> 기한사업 <input type="checkbox"/>		
사업추진방식	상향식 <input checked="" type="checkbox"/> 혼합식 <input type="checkbox"/> 하향식 <input type="checkbox"/>		
사업유형			
다부처 여부	해당없음	참여부처 (다부처사업)	해당없음
사업기간	'25 ~ '29 (5년)	총사업비	50억(정부출연금)
사업규모		지원대상	기업, 출연(연), 대학 등
지원형태	출연	지원조건	정부출연 및 민간 매칭
사업시행주체	국토교통부(국토교통과학기술진흥원)		
예비타당성 통과여부	해당없음		

⑤ 사업추진체계 및 전략

사업수행주체	수행주체	역할 세부내용
	국토교통부	
국토교통과학기술진흥원		○ (전문기관) 국토교통과학기술진흥원이 담당하며, 사업의 시행계획 수립 및 공고, 임무지향 플랫폼 운영기관의 공모·선정, 과제선정, 성과목표 관리, 평가 등 전반적인 사업의 운영과 관리를 수행 ○ (운영위원회) 사업 운영 체계 및 제도 개선, 사업의 정책적 판단 및 사업 추진방향 등 주요 사항에 대한 심의 조정을 통한 의사 결정 담당 ○ (평가단) 현장실태 점검, 중간실적 및 계획 평가, 최종성과 평가
사업단		○ 세부 기술 개발 및 질적 양적 성과물 달성
사업추진전략	추진전략	
	<input type="checkbox"/> 추진전략핵심기술의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시 <input type="checkbox"/> 핵심기술 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심성과 로드맵(TRL 반영)을 제시할 것 <input type="checkbox"/> 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과평가 방법을 명시할 것 <input type="checkbox"/> 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 <input type="checkbox"/> 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중에 있는 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용방안을 연구계획에 포함시켜 추진 <input type="checkbox"/> 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 공동 활용방안 등 제시 <input type="checkbox"/> 특히, 설계·시공 기준 및 설계상세도, 시공예시도는 국내 현황조사뿐만 아니라 국외 사례조사를 통해 구체적인 연계방안을 포함하여 연구계획에 제시 <input type="checkbox"/> 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시 <input type="checkbox"/> 연구 성과물을 수요자 중심으로 구분하여 관리할 수 있도록 명시(정부/지자체/설계사/시공사/설비업체/건축주/감리자/대국민/대학/연구기관 등) <input type="checkbox"/> 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 객관적 방안 제시 <input type="checkbox"/> 연구성과의 보급으로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시 <input type="checkbox"/> 제시한 성과지표가 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능	
R&D 전주기 사업관리 계획		

	<p>□ 본 과제는 산·학·연 공동연구를 기본원칙으로 하되, 실용화를 목적으로 추진하는 연구과제이므로 건축물 설계, 시공, 유지관리 및 IT 관련 기업이 적극적으로 참여할 수 있도록 컨소시엄 구성</p> <p>□ 주택성능을 만족할 수 있는 건축구성 및 환경 연구를 기반으로 유관조직 및 기관과의 융합 연구 협의체 구성</p> <p>□ 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</p> <p style="padding-left: 20px;">※ 연구기관 구성시 합리적으로 구성하여야 하며 연구내용 및 역할이 중복된다고 판단될 경우 선정평가 및 협약체결 시 조정될 수 있음</p> <p>□ 개발기술의 실증에 대한 추진계획(실증대상지 선정, 실증규모, 실증방법, 일정 등)은 연구추진과정에서 국토교통부, 전문기관과 협의를 통해 추진</p> <p>○ 개발기술의 실증은 주관연구기관에서 총괄하여 추진</p>						
위험요인 및 극복방안	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">위험요인</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">극복방안</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>고층 모듈러 주택 건설을 위해서는 내화구조 성능 확보가 선결되어야 하지만, 최근 개발된 모듈러용 건식공법은 단위 부재의 피복 두께가 습식 공법의 피복재 대비 상대적으로 두꺼운 피복두께를 요구하고 있고 시공성 문제를 가지고 있어 고층 모듈러 건축에 적용하기에는 현실적 어려움 존재</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>선진형 내화설계지침 마련 및 소프트 랜딩을 위해 모듈러 관련 업체가 참여 가능한 Middle-up 방식 도입</p> <p>- (단계별 추진) 「부재단위 인정(현행) → 복합부재 평가/인정(1~2차년도) → 모듈단위 내화성능평가/인정(3~5차년도)」 등 단계적 기술개발 추진</p> <p>- (업체 참여) 참여업체를 선정(5개 내외)하여 복합부재, 모듈단위 내화성능실험 수행</p> <p>- (결과 활용) 연구단에서는 내화설계지침 마련 시 내화성능실험 결과 데이터를 활용하고, 참여업체에서는 내화성능실험 결과를 근거로 최적 내화성능을 확보한 모듈러 개발</p> </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>사업발주 시 적용되지 않는 공업화주택 인정제도로 업체들의 참여 독려 어려움</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>인센티브 제도 등이 포함된 공업화주택 인정도로 장기적 관점에서의 발주처의 사업참여 확대를 지속가능한 모듈러 건축 기반 마련</p> </td> </tr> </tbody> </table>	위험요인	극복방안	<p>고층 모듈러 주택 건설을 위해서는 내화구조 성능 확보가 선결되어야 하지만, 최근 개발된 모듈러용 건식공법은 단위 부재의 피복 두께가 습식 공법의 피복재 대비 상대적으로 두꺼운 피복두께를 요구하고 있고 시공성 문제를 가지고 있어 고층 모듈러 건축에 적용하기에는 현실적 어려움 존재</p>	<p>선진형 내화설계지침 마련 및 소프트 랜딩을 위해 모듈러 관련 업체가 참여 가능한 Middle-up 방식 도입</p> <p>- (단계별 추진) 「부재단위 인정(현행) → 복합부재 평가/인정(1~2차년도) → 모듈단위 내화성능평가/인정(3~5차년도)」 등 단계적 기술개발 추진</p> <p>- (업체 참여) 참여업체를 선정(5개 내외)하여 복합부재, 모듈단위 내화성능실험 수행</p> <p>- (결과 활용) 연구단에서는 내화설계지침 마련 시 내화성능실험 결과 데이터를 활용하고, 참여업체에서는 내화성능실험 결과를 근거로 최적 내화성능을 확보한 모듈러 개발</p>	<p>사업발주 시 적용되지 않는 공업화주택 인정제도로 업체들의 참여 독려 어려움</p>	<p>인센티브 제도 등이 포함된 공업화주택 인정도로 장기적 관점에서의 발주처의 사업참여 확대를 지속가능한 모듈러 건축 기반 마련</p>
위험요인	극복방안						
<p>고층 모듈러 주택 건설을 위해서는 내화구조 성능 확보가 선결되어야 하지만, 최근 개발된 모듈러용 건식공법은 단위 부재의 피복 두께가 습식 공법의 피복재 대비 상대적으로 두꺼운 피복두께를 요구하고 있고 시공성 문제를 가지고 있어 고층 모듈러 건축에 적용하기에는 현실적 어려움 존재</p>	<p>선진형 내화설계지침 마련 및 소프트 랜딩을 위해 모듈러 관련 업체가 참여 가능한 Middle-up 방식 도입</p> <p>- (단계별 추진) 「부재단위 인정(현행) → 복합부재 평가/인정(1~2차년도) → 모듈단위 내화성능평가/인정(3~5차년도)」 등 단계적 기술개발 추진</p> <p>- (업체 참여) 참여업체를 선정(5개 내외)하여 복합부재, 모듈단위 내화성능실험 수행</p> <p>- (결과 활용) 연구단에서는 내화설계지침 마련 시 내화성능실험 결과 데이터를 활용하고, 참여업체에서는 내화성능실험 결과를 근거로 최적 내화성능을 확보한 모듈러 개발</p>						
<p>사업발주 시 적용되지 않는 공업화주택 인정제도로 업체들의 참여 독려 어려움</p>	<p>인센티브 제도 등이 포함된 공업화주택 인정도로 장기적 관점에서의 발주처의 사업참여 확대를 지속가능한 모듈러 건축 기반 마련</p>						
수혜자	<p>민간 건설사(모듈러 사업 추진 기업)</p> <p>모듈러 제작사</p> <p>연구기관</p>						

⑥ 사업기대효과

과학기술적 기대효과	<p>□ 모듈러 건축물의 설계/해석 기술 부가가치 고급화 및 OSC 분야 기술 경쟁력 확보</p> <p>□ 국내 모듈러 제작 환경에 최적화된 화재하중 도출을 통한 성능 기반 내화설계 반영</p> <p>□ 모듈러 건축물 활성화를 위한 표준모델 보급 및 유연성 있는 인정제도 운영</p> <p>□ 모듈러 공법적 특성에 기인하는 하자문제의 기술적 해결</p> <p>□ 모듈러 건축의 일관된 구조설계를 통한 안전성, 내구성, 사용성을 일정 수준으로 유지</p>
사회경제적 기대효과	<p>□내화성능평가 및 설계기술 합리화를 통해 고층 모듈러건축의 필수 해결 기술 구축</p> <p>□모듈러 건축물 화재안전성 확보를 통한 모듈러 건축물의 선입견 해결 및 국민의 안전한 삶 확보</p> <p>□고성능 및 고내구성 모듈러 주택 건설의 실효성 향상</p> <p>□모듈러 건축 인허가의 건축행위를 위한 상호 신뢰 가능한 근거 자료 구축</p> <p>□모듈러 전문 업체의 확대를 통한 건설산업 전반에 걸친 패러다임 전환 가속화</p> <p>□모듈러 건축 생산성 향상 및 안정적 일자리 제공으로 건설인력 부족 문제 완화</p>

7 사업 내용

예산 규모	〈2024년도 신규사업〉					
	(백만원)					
	구분	Y년도 예산	Y+1년도 예산	Y+2년도 예산	Y+3년도 예산	Y+4년도 예산
	□ 모듈러 건축 경쟁력 제고를 위한 고품질 확보 및 제도적 허들 극복 기술 개발	5,000	900	1,150	1,200	1,000
■ 모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가 기술 및 내화설계 기술	3,000	500	700	700	600	500
■ 모듈러 건축품질 제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련	2,000	400	450	500	400	250
세부내용	내역사업	주요 내용				
	모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가기술 및 내화설계기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모듈 단위 실험형 화재실험 기반 복합구조 및 모듈러 내화성능평가 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> -모듈러 내화성능평가 가이드라인 -모듈러 화재확산 위험도 평가방법 제시 -복합부재 내화성능평가 가이드라인 및 내화 인정절차 개정(안) -모듈러 복합부재 표준모델 ○ 모듈러 맞춤형 내화설계 및 화재 확산방지구조 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> -복합부재 내화설계 지침서 -복합부재 내화성능평가 해석모델 -모듈러 맞춤형 성능기반 내화설계 지침서 -화재확산 방지구조 성능기준(안) 				
모듈러 건축 품질제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모듈러 건축물 주거품질 및 안전성 향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> -모듈러 공동주택 POE 및 하자사례 분석 보고서 -모듈러 건축시스템 설계-제작-시공 가이드라인(안) -모듈러 건축구조설계 편람 -고층 모듈러 구조설계 사례집 ○ 모듈러 건축산업 확산을 위한 관련 제도 고도화 <ul style="list-style-type: none"> -공업화물 산정방법 -공업화주택 인정제도 개선(안) -맞춤형 인센티브 및 교육·홍보 제도개선(안) -공동주택인증제도 연계 제도개선(안) -OSC 공장인정제도(안) -공업화주택 자재 및 부품인정제도(안) 					

연차별 추진내용(로드맵)

구성기술	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년
1-1. 모듈 단위 실대형 화재실험 기반 모듈러 내화 성능평가기술개 발	모듈러 용도별 화재하중 개발	모듈러 용도별 구획형상 표준화	단일모듈 실대형 화재 실험	멀티모듈 실대형 화재 실험 (수평/수직 화재확산 위험도평가)	
	모듈단위 실대형 화재실험방법 표준화		모듈단위 내화성능평가 및 화재확산 위험도 평가		
	복합부재 내화구조 표준 상세 도출	복합부재 내화성능평가	복합부재 내화구조 인정제도 개선(안)		
				모듈러 내화구조인정 제도(안)	
1-2. 모듈러 맞춤형 내 화설계 및 화재 확산방지구조 기 술개발	재료 DB 구축	복합부재 내화구조 해석모델	모듈러 화재-구조 통합해석모델 개발	복합부재 내화설계 지침	성능기반 내화설계 지침
	국내 고층 모듈러 공동주택 맞춤형 내화설계 요소기술 개발			모듈러 맞춤형 내화설계 지침서 개발	
				화재확산방지 구조 상세도출	화재 확산방지구조 성능평가
				모듈러 건축물 화재확산 위험도 평가방법 표준화	
2-1. 모듈러 건축물 주거품질 및 안 전성 향상 기술 개발	모듈러 공동주택 POE 및 하자사례 수집	시공단계 하자유형 및 원인 규명	POE 결과 반영 주거품 질 향상 방안	모듈러 건축시스템 설계-제작-시공 가이드라인(안)	
	설계 및 제작단계 하자유형 및 원인 규명		증상별/프로세스별 하자방지방안		
	구조시스템 유형분류/ 분석	모듈간 접합부 CAE 모 델링	모듈러 구조시스템 내진설계계수	모듈간 접합부 성능검증체계 (구조성능 N&V)	고층 모듈러 건축 구조설계 매뉴얼
	모듈러 구조시스템 모델링에 따른 거 동 차이 비교		모듈러 건축 구조설계 V.D		
2-2. 모듈러 건축산업 활성화를 위한 관련 제도 고도화	공업화물 기반 공업화주택 인정제도(안)			일반공업화주택 인정제도(안)	
	산업 생태계 현황 및 니즈 도출	산업생태계 구축을 위한 맞춤형 인센티브 개발 (제도연계, 관련 산업별) 및 교육홍보 아이팀 발굴			
				공동주택 주요인증제도별 모듈러 주택 연계를 위한 제도 개선(안)	
	건축과 공장 인정분 리운영 모색	공업화주택 공장인정제도(안) 구축		공업화주택 부품 인정제도(안)	

2. 단계별 성과목표 및 지표

① 전략목표

전략목표	모듈러 건축산업 활성화에 걸림돌이 되는 제도를 개선하고 모듈러 공법의 기술적 한계를 극복할 수 있는 기술개발
-------------	--

가. 1단계 성과목표 및 지표

② 단계별 성과목표

단계(평가주기)	1단계	기간				2025 ~ 2029
단계별 성과목표						관련 내역사업명
성과목표-1	복합부재/모듈단위 내화성능평가 기준 제시 및 모듈러 수평/수직 화재 확산방지구조 개발	가중치	60	설정 근거	고층 모듈러 공동주택 건설을 위해 필수적 기술	모듈러 최적 맞춤형 내화성능평가기술 및 내화설계기술
성과목표-2	건축프로세스별 가이드라인 개발 및 공업화주택 인정제도 개선	가중치	40	설정 근거	모듈러 건축산업 활성화를 위해 모듈러 공법의 기술적 한계 및 제도적 허들 극복기술의 필요	모듈러 건축 품질제고 및 산업확산을 위한 활성화 방안 마련

③ 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과지표명	단위	구분	실적 및 목표치					지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
				연도	2024	2025	2026	2027	2028			
성과목 표-1 복합부재/모듈단 위 내화성능평가 기준 제시 및 모듈러 수평/수직 화재 확산방지구조 개발	50	3시간 대응 모듈러 단면/접합 내화표준구조	시간	목표				3시간		질	√	현행 모듈러 공법에 적용되는 내화구조는 부재단 위 내화성능평가에 기반한 내화상세를 적용하므 로 모듈러 조립구조(골조, 바닥 및 벽체 일체화)의 내화성능을 판단하기 어려워 모듈러 단위의 내화성 능 확보 위한 표준구조 개발 필요
				실적					-			
		모듈러 화재 확산방지 구조	건	목표					3	질	√	모듈러 수평, 수직 연결부를 통한 화재확산 방지를 위해 화재경로 전파를 예측하고 내화성능 설계 에 따른 화재확산방지구조 개발 필요
				실적								
성과목 표-2 건축프로세스별 가이드라인 개발 및 공업화주택 인정제도 개선	30	설계/제작 가이드라인	건	목표					1	질	√	제작/시공 오차기준, 접합부 이격으로 발생하는 문제해결을 위한 설계/제작/시공 가이드라인 등 부재
				실적								
		공업화주택 인정제도 개선	건	목표					1	질	√	공업화주택인정제도가 주택으로 국한되어 모듈러 건축확산에 한계 존재
				실적								
		공장인정 및 주택부품 인정제도 신설	건	목표			1		1	질	√	PC, 모듈러 등 공업화 공법별 공장인증제도 및 공업화 우량 자재·부품 인정제도 도입을 통한 양질의 공업화 주택 제작공급 및 대량 생산체계 구축
				실적								
계												

4 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기	자료 출처
3시간 대응 모듈러 단면/접합 내화표준구조	칸막이벽+기둥/보 및 천장+보 등 복합부재에 대한 내화성능 평가방법을 표준화하고 모듈 단위 실험형 내화성능 평가 실시	내화 3시간 인증서 사업 종료 시점	시험검증 결과서
모듈러 화재 확산방지 구조	수직 또는 수평방향의 틈을 통한 화재확산을 방지할 수 있는 화재확산방지구조 공법개발	평가방법 부재에 따라 화재확산위험도 평가 방법/기준의 정립을 통한 성능검증 사업 종료 시점	성능검증 결과서
설계/제작 가이드라인	공법적 특성에 기인하는 하자사례를 기반으로 품질제고를 위한 설계-제작-시공 가이드라인 필요	건축프로세스별 가이드라인 작성의 적절성 전문가 검토 사업 종료 시점	가이드라인
공업화주택 인정제도 개선	사업승인단계 적용 가능한 공업화율 반영 인정제도 개편 및 용도의 확대 적용	제도 반영 사업 종료 시점	-
공장인정 및 주택부품 인정제도 신설	OSC 공법별 공장인증제도 및 공업화 우량 자재·부품 인정제도 도입	제도 신설 사업 종료 시점	-

3. 사업평가 계획

평가연도	평가대상 기간/ 해당 단계	평가대상 성과목표	평가 시기 설정 사유
2029년	2025년~2029년(총 5년)	복합부재/모듈단위 내화성능평가 기준 제시 및 모듈러 수평/수직 화재 확산방지구조 개발 건축프로세스별 가이드라인 개발 및 공업화주택 인정제도 개선	모든 과업이 완료된 시점에서 사업 평가 실시 필요

5. 성과 활용·확산 계획서 제출 계획(계속사업은 작성 불요)

사업 종료 연도	성과활용·확산 계획서 제출 연도
2029년	2030년