

* 본 기획보고서는

연구개발계획 수립의 참고 자료로
활용하되, 제안시(신청시) 제출하는
연구개발계획서의 연구개발 최종 목표,
연구 내용, 연구 성과, 연구 기간, 예산 등
상세 내용은 반드시 공고시 게재되는
공고안내서의 과제제안요구서(RFP)를
따라야 함을 알려드립니다.

RS-2024-00512799

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개() 발간등록번호(11-1613000-100333-01)

국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D / RS-2024-00512799

공동
주택
건설
생산성
혁신을
위한
다용도-
건설작업
로봇
설계
및
통합
관리
기술
개발
기획

공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발 기획

최종보고서

2026. 01. 20.

최
종
보
고
서

주관연구기관 / 광운대학교
협동연구기관 / 한국건설기술연구원
한국로봇융합연구원

2025

국
토
교
통
부
국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

‘공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발 기획’
(연구개발 기간 : 2024.12.26 ~ 2025.12.25) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2026. 01. 20.

주관연구기관명 : 광운대학교 산학협력단 (대표자) 정 영 욱 (인)
공동연구기관명 : 한국건설기술연구원 (대표자) 박 선 규 (인)
공동연구기관명 : 한국로봇융합연구원 (대표자) 강 기 원 (인)

주관연구기관책임자: 유정호
공동연구기관책임자: 정인수
공동연구기관책임자: 최영호

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

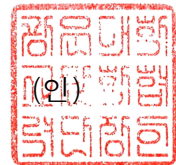
제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

‘공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발 기획’
(연구개발 기간 : 2024.12.26 ~ 2025.12.25) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2026. 01 . 20.

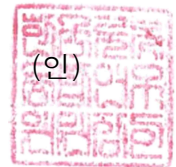
주관연구기관명 : 광운대학교 산학협력단 (대표자) 정 영 욱



공동연구기관명 : 한국건설기술연구원 (대표자) 박 선 규



공동연구기관명 : 한국로봇융합연구원 (대표자) 강 기 원



주관연구기관책임자: 유정호

공동연구기관책임자: 정인수

공동연구기관책임자: 최영호

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제37조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

최종보고서										보안등급	
										일반[V], 보안[]	
중앙행정기관명		국토교통부			사업명		사업명			국토교통연구기획사업	
전문기관명		국토교통과학기술진흥원			사업명		내역사업명		공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발 기획		
공고번호		공고-국-제13호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)						
					연구개발과제번호		RS-2024-00512799				
기술분류	국가과학기술 표준분류	EI0405. 시공 자동화 기술	50%	EI0404. 건설시공관리기술	25%	EI0402. 건축시공기술	25%				
	부처기술분류 (해당 시 작성)	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발 기획								
		영문	Development Plan for Multifunctional Construction Robots to Enhance Productivity in Apartment Housing Construction								
연구개발과제명		국문	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발 기획								
		영문	Development Plan for Multifunctional Construction Robots to Enhance Productivity in Apartment Housing Construction								
주관연구개발기관		기관명	광운대학교 산학협력단		사업자등록번호		210-82-08677				
		주소	(우) 서울시 노원구 광운로 20 광운대학교		법인등록번호		260171-0004099				
연구책임자		성명	유정호		직위		교수				
		연락처	직장전화	02-940-5564		휴대전화		010-8212-5564			
			전자우편	myazure@kw.ac.kr		국가연구자번호		10156809			
연구개발기간		전체	2024-12-26~2025-12-25. (1 년 개월)								
		단계	0단계		2024-12-26~2025-12-25. (1 년 개월)						
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비	그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	
총계		120,000							120,000		120,000
1단계	1년차	120,000							120,000		120,000
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고				
		한국건설기술연구원	정인수	소장	010-3315-7422	jis@kict.re.kr	공동	정부출연연			
		한국로봇융합연구원	최영호	수석연구원	010-3759-3415	rockboy@kiro.re.kr	공동	전문연			
연구개발담당자 실무담당자		성명				직위					
		연락처	직장전화			휴대전화					
			전자우편			국가연구자번호					

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2026 년 01 월 20 일

연구책임자 : 유 정 호 (인)

주관연구개발기관의 장 : 정 영 옥

국토교통과학기술진흥원장 귀하



< 요약 문 >

사업명	국토교통연구기획사업	총괄연구개발 식별번호	-				
내역사업명 (해당 시 작성)	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설 작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발 기획	연구개발과제번호	RS-2024-00512799				
기술분류	국가과학기술 표준분류	EI0405. 시공 자동화 기술	50 %	EI0404. 건설시공관리기술	25%	EI0402. 건축시공기술	25%
	부처기술분류 (해당 시 작성)	1순위 소분류 코드명	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%
총괄연구개발명	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발 기획						
연구개발과제명	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발 기획						
전체 연구개발기간	2024. 12.26 - 2025. 12. 25 (1 년 개월)						
총 연구개발비	총 120,000 천원 (정부지원연구개발비 : 120,000 천원, 기관부담연구개발비 : 천원, 지방자치단체지원연구개발비 : 천원, 그 외 지원연구개발비 : 천원)						
연구개발단계	기초[<input checked="" type="checkbox"/>] 응용[<input type="checkbox"/>] 개발[<input type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[<input type="checkbox"/>]		기술성숙도		착수시점 기준(5단계) 종료시점 목표(7단계)		
연구개발과제 유형	지정공모[<input checked="" type="checkbox"/>] 자유공모[<input type="checkbox"/>]						
연구개발과제 특성	기획연구						
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<p>■ 최종 목표 공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발의 성공적 수행을 위해 정책적, 기술적, 실용적 타당성에 입각한 연구개발 상세계획 수립</p> <p>■ 세부 목표</p> <p>[1단계] 국내외 동향 조사 - 시장 동향, 기술 동향, 특허 동향, 정책 동향 조사</p> <p>[2단계] 기술수요조사 및 과제도출 - 기술수요조사 - 비전 및 추진전략 수립 - 중점 추진분야별 연구개발 후보과제 설정</p> <p>[3단계] 우선순위 결정 및 로드맵 작성 - 중점 추진분야별 연구개발 후보과제 우선순위 도출 - 기술 로드맵 작성 - 후보과제별 과제카드 작성</p> <p>[4단계] 세부실행계획 및 실용화 추진방안 수립 (RFP 상의 3단계) - 연구목표, 범위 설정 - 세부과제 연차별·단계별 기술개발 로드맵 및 성과 로드맵 제시 - 과제구성에 따른 입력투입계획 및 소요예산 산정 - 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립 - 성과물 활용방안 및 실용화 추진방안 제시 - 정책적, 기술적, 경제적 타당성 검토 - 과제공모를 위한 RFP 작성 - 제4차 국가연구개발 성과평가 기본계획에 따른 전략계획서 작성</p>					
	전체 내용	<p>■ 대상범위</p> <p>① 공동주택 : 타 건축물에 비해 평면이 복잡하지만 층간 반복성이 높고 인력 의존성이 높은 특징이 있음.</p> <p>② 다용도-건설작업로봇 : 단순작업을 수행하며 함께 운용할 필요가 있는 다용도, 다종의 로봇 군을 의미함.</p>					

	<p>③ 로봇 설계 및 통합관리 기술 : 공동주택 로봇 설계표준 및 통합관리 기술을 제공, 건축현장 로봇도입을 촉진하는 생태계 구축에 초점을 맞추고 있음</p> <p>■ 수행내용</p> <p>① 공동주택 건설로봇 활용 관련 기술·시장·정책·산업 등 동향·환경 분석 - 건설로봇 도입을 고려한 공동주택 현장 작업 정의 및 세분화 - 국내·외 시장, 정책, 기술, 환경 및 특허 동향 분석</p> <p>② 다용도-건설작업로봇 활용 미래형 공동주택 생산 시나리오 개발 - 다용도-건설로봇 활용에 따른 공동주택 건축현장의 단계별 시나리오 도출 - 미래형 공동주택 생산 시나리오 구현을 위한 로봇기술과 건축기술 측면의 핵심기술 도출</p> <p>③ 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 핵심 요소기술 선정 - 공동주택에 최적화된 로봇 설계 및 검증 기술 - 로봇 친화형 공동주택 현장환경 평가 및 구축 기술 - 공동주택 작업을 위한 로봇 필요정보 생성 및 제공 기술 - 다용도-건설작업로봇 활용 공동주택 작업관리 최적화 및 작업지시 기술 - 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 지원 플랫폼 기술 - 미래형 공동주택 생산 시나리오 실현을 위한 생태계 구축 방안 등</p> <p>④ 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리기술 개발사업 추진을 위한 연구개발 방향 설정 및 구체적 추진전략 제시 - 비전·목표·핵심전략 도출 및 관련 기술개발 전략·로드맵 작성 - 연구개발 목표, 전략, 중점 추진분야 및 연구과제 도출 - 연구과제별 규모, 기간, 체계 및 추진방식 구체화</p> <p>⑤ 다용도-건설작업로봇 활용도 제고 및 생태계 구축을 위한 법·제도 개선안 제시 - 국가전략적 중요성, 상위계획 관련성, 기존사업 연계 등 정책적 타당성 검토 - 정책적·기술적·경제적 파급효과 분석 - 건설로봇 관련 주요국(미국, 중국, 일본 등) 제도 분석 - 연구개발의 적정성, 유사사업의 중복성 등 기술적 검토</p>
--	--

연구개발성과	<p>■ 논문(SCI) : 3건</p> <p>■ 논문(비SCI) : 3건</p> <p>■ 기획연구보고서 : 1건</p> <p>■ 과제제안요청서 : 1건</p> <p>■ 전략계획서 : 1건</p> <p>■ 기술수요조사 : 100명</p> <p>■ 자문회의 : 6회</p>
--------	--

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>■ 기획연구개발성과의 활용방안 및 기대효과 본 연구는 “공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발”의 기초자료로 활용될 예정임.</p> <p>■ 본 연구개발성과의 기대효과</p> <p>① 실용화 측면 : 다용도-건설작업로봇 기술은 인력 부족과 안전사고 문제 해결, 반복적 작업을 자동화하여 공사 기간 단축과 품질 향상. 건설산업의 고령화 문제와 외국인 노동자 의존도 완화.</p> <p>② 학문적 성과 : BIM, 디지털트윈 등 융합 연구로 건설 및 타 산업에도 활용가능한 기술과 이론 제시</p> <p>③ 인재양성 : 스마트 건설시스템 분야의 전문 인재를 양성하고 국내외 건설산업에서 경쟁력을 발휘하도록 돕는 기반 마련</p> <p>④ 과학기술 측면 : 로봇공학, AI, 디지털 트윈 기술을 건설 현장에 적용해</p>
---------------------	---

실시간 데이터 처리와 의사결정이 가능하며, 인간-로봇 협업 모델 제시
 ⑤ 산업발전 및 제도개선 : 건설산업의 디지털화 및 생태계 구축을 촉진하며 제도적 지원을 통해 혁신 강화

연구개발성과의 비공개여부 및 사유												
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명정보	생물자원		정보	실물
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명		규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호		
국문핵심어 (5개 이내)	공동주택		다용도		건설작업로봇		로봇 설계		로봇 통합관리			
영문핵심어 (5개 이내)	Apartment Housing		Multifunctional		Construction Work Robot		Robot Design		Robot Integrated Management			

목 차

I. 기획연구과제의 개요	1
1. 기술의 정의	1
2. 기획 추진 배경 및 필요성	4
3. 정부 지원의 필요성	6
4. 기획 추진체계 및 절차	8
5. 기획연구의 추진 경과	12
II. 국내외 동향 및 환경 분석	15
1. 시장 및 기술 동향 분석	15
2. 정책 동향 분석	66
3. 기술수요조사	74
III. 연구개발과제 구성 및 추진전략	101
1. 사업 비전 및 목표	101
2. 연구개발과제 구성 및 내용	103
3. 사업 운영 및 관리 전략	127
4. 연구성과 실용화 및 확산전략	136
5. 사전타당성 분석	145
붙임 1. 전략계획서 (안)	165
붙임 2. 과제 제안 요구서 (안)	184

I. 기획연구과제의 개요

1. 기술의 정의

□ 다용도 건설작업로봇의 개념

- 다용도 로봇은 이동체 또는 로봇암 등 공유 가능한 물리적 플랫폼은 최소 유형으로 공유하고, 개별 작업에 요구되는 그리퍼 또는 도구는 개별 적용하는 로봇. 공유부와 개별부로 구성하여 경제적으로 다기능 작업을 수행하는 로봇으로 정의함.

□ 다중 건설작업로봇 통합운영의 개념

- 건설공정 상 동시에 서로 다른 다수의 건설작업에 대해 다종의 건설로봇을 투입하여 활용하는 개념을 의미함. 다음 <그림 1>의 예에서처럼, A→B→C 세 개의 건설작업으로 구성된 작업흐름에서, 3개 작업 중 A작업에만 로봇을 적용 시, 작업흐름을 유지할 수 없어서 로봇 도입 효과가 전체 공기단축으로 이어지지 못함
- 공동주택은 일반적으로 2개 동 이상의 동으로 구성되므로, 여러 동에서 건설작업 로봇이 동시에 운용되어야 전체 공정 흐름과 공기를 관리할 수 있음. 다음 <그림 2>의 예에서처럼, 모든 동에서 세 개의 건설작업으로 구성된 작업흐름 전체에 대해서 건설작업로봇을 적용하여야 전체 작업흐름의 효율성을 유지하면서 동시에 로봇 투입에 따른 개별 작업의 공기단축 효과가 전체 공기단축으로 이어질 수 있음.

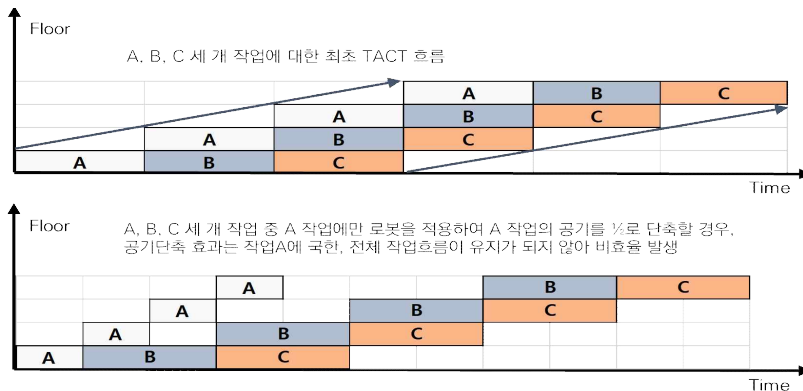


그림 1. A,B,C 세 작업의 최초 흐름작업계획과 A작업에만 로봇을 도입한 경우에 대한 예시

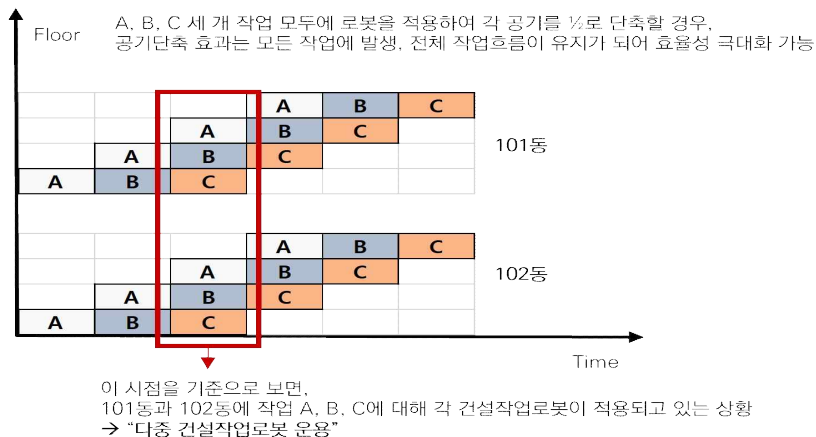


그림 2. 2개 동에서 A,B,C 세 작업 모두에 건설로봇을 적용했을 경우의 작업흐름과 공기단축 예시

□ 최종목표 및 과제 구성

- 본 연구개발과제의 최종목표는 **다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술개발**을 통한 **공동주택 공기단축 6%, 로봇-인력 대체율 10%, 현장 안전사고 감소율 15%**으로, 이를 달성하기 위한 4개의 중점과제로 구성됨.



그림 3. 과제 개념도



그림 4. 중점과제 1의 개념도

▶ 중점과제2 SI 기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발



그림 5. 중점과제 2의 개념도

▶ 중점과제3 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발

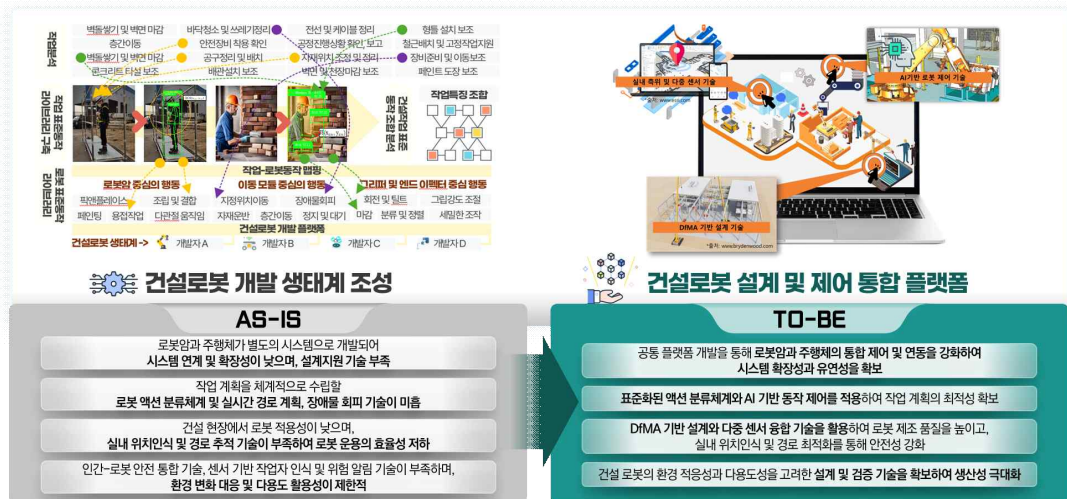


그림 6. 중점과제 3의 개념도

▶ 중점과제4 산업화를 위한 제도 기반 마련



그림 7. 중점과제 4의 개념도

2. 기획 추진 배경 및 필요성

- **(주택공급 계획달성 저해요인 해소 시급)** 건설현장이 직면한 **숙련 노동자 부족과 고령화 심화, 낮은 생산성, 실질 근로시간 단축, 안전사고** 등의 문제는 **적시 주택공급의 리스크**로 작용
 - 이는 **인력중심 생산방식의 한계**에서 기인, **로봇 중심 생산방식을 통해 주택공급수단의 다변화 및 첨단화** 필요
 - 연간 필요 건설기능인력은 약 155만 명이나 부족 내국인은 약 17만 명(한국건설산업연구원, 2022). 건설 근로자 중 50대 이상이 비중이 약 61%이고 계속 증가(근로자공제회, 2023). 외국인 기능인력의 숙련도는 내국인 대비 약 65% 수준(철근콘크리트 공종), 품질하자 우려 증가.
 - 혹서기 작업 제한과 주 52시간 근무제는 건설 현장의 작업 시간에 직접적인 영향을 미치며, 이는 공사 기간 지연과 이에 따른 비용 증가로 이어질 가능성이 큼
 - 공동주택 건설현장의 안전사고 위험(2018~2024년 통계): 사고발생건수 8,269건(27%), 사망자발생건수 241건(18%), 사망자수 256명(18%)로 타 시설물 공사와 비교하여 안전사고 위험성 심각. 공동주택에서 가장 빈번히 발생하는 안전사고는 넘어짐(30%), 떨어짐(14%), 물체에 맞음(15%), 끼임(9%), 부딪침(8%), 절단베임(7%) 등의 순서로 분석됨. 특히 떨어짐 사고 중 46% 이상은 2m미만 높이에서 발생하고 있음. 따라서, 공동주택 건설공사에서 실내작업이 많은 것에 비례해서 실내발생 안전사고도 많은 것으로 분석됨
- **(기존 건설로봇 적용의 한계 극복 필요)** 국내외 건설로봇은 **특정 단위작업의 자동화에 국한**(용접, 도장, 드릴링 등)되어 있으며, **무인화 자율작동 수준은 낮고, 공동주택과 같은 좁은 작업공간에서의 운전성능 확보 미흡, 다수·다종 작업의 동시 수행 대응 미흡** 등의 한계가 있음
 - 특히 **층간·동간 반복 작업이 많은 공동주택 현장의 생산성 향상**을 위해서는 동시에 서로 다른 다수의 작업에 로봇을 활용할 수 있는 **다중 로봇의 운용***이 반드시 필요하지만 이를 지원하는 **다중건설로봇 통합운용 기술개발은 미흡.**
 - 미국 미시간대학 연구진(Wu et al. 2022)에 따르면, 건설현장에서 단일 작업자-단일 로봇의 생산성 대비 단일 작업자-다중 로봇의 생산성은 평균 11% 이상 증가하는 것으로 나타났음
- **(건설로봇 표준화 필요)** 개별 작업에 대응하는 여러 건설로봇이 실험적으로 개발되고 있으나, 건설로봇 설계·개발프로세스·부품·SW 등의 **표준화 수준이 미흡하여 호환성 확보를 통한 생태계 구축 한계.** 이는 부품이나 요소기술의 공급망 체계도 불안정하게 하여 생태계 확산에 걸림돌로 작용
- **(BIM 연계 및 현장 적용성 검증 필수)** 건설로봇은 BIM(Building Information Modeling)과 **연계된 지능을 탑재하여 건설 프로세스에 최적화**되어야 하며, 단순한 로봇 하드웨어 개발을 넘어 건설산업에 특화된 소프트웨어 및 데이터 표준화가 필수. 또한, 건설현장은 예측이 어려운 변수와 복잡한 작업 환경을 포함하고 있어 실증이 필수. 농업·방재·보건·환경* 등 다양한 산업에서도 각 부처가 해당 산업에 필요한 로봇을 직접 개발하고 실증. 따라서 국토교통부 주택공급에 직접 소요되는 건설로봇기술을 주택건설기준에 부합하는 성능을 가지도록 직접 개발하는 것이 요구됨

표 1. 타부처 로봇 개발 현황

과제명	주관기관	연구개발기간	연구개발비
AI 기반의 농기계·로봇 실증·보급	농진청	2023-2027(5년)	200억원
해양사고 신속 대응 자율수중로봇 개발	해경청	2021-2025(4.7년)	245.5억원
마이크로의료로봇 개발 및 실용화	복지부	2019-2022(4년)	최대 200억원

□ (with-로봇 현장관리체계 개발 필수) 로봇 활용을 위한 제도 미흡*, 작업자-로봇 동시작업 스케줄링 및 모니터링 체계 부재, 건설로봇 작업 관리기준 부재, 안전한 로봇 친화형 현장관리 체계 부재 등 건설로봇의 도입을 저해하는 근본적 원인 해결 필요

- 건설로봇 활용작업에 대한 표준품셈, 안전관리 업무절차, 품질관리 업무절차, 표준시방서 등. 로봇-사람 동시작업 환경에서의 안전관리기준. 건설로봇의 등록 및 유지관리를 위한 건설기계관리법 상의 건설로봇 관련 제 규정 등. 로봇-사람 공존-동시 작업환경에서의 작업관리 기술 등.

□ (건설로봇 개발-보급-활용 생태계 구축 필요) 단순 단위작업 수행 로봇을 넘어, 공동주택 건설의 특성에 맞는 다용도 건설로봇 개발이 필수적이며, 좁은 공간에서의 로봇 운영, 다수 로봇 간 협업, 작업자와의 연계성을 고려한 기술 개발이 필요함

- 이를 위해, 다수-다가능 로봇의 통합 관리기술, 로봇-작업자 협업기술, 공정 관리 기술이 필수적이며, 공동주택 현장 특성에 부합하는 통신 기술, 온-디바이스 로봇 제어 기술, 군집제어 기술 등 필요 요소기술 통합 개발이 중요함
- 또한, 현장 적용 및 검증을 위한 테스트베드 구축, 현장관리체계 개선, 관련 제도 정비 등이 필요함
- 이와 함께, 표준기술 기반 건설작업로봇 설계-개발 플랫폼을 제공하여 설계-개발 기간을 단축하고, 공공부문과 연계한 실증을 통해 검증 실적을 축적하여, 건설작업 로봇의 설계-개발-보급-활용 생태계 구축이 필요함

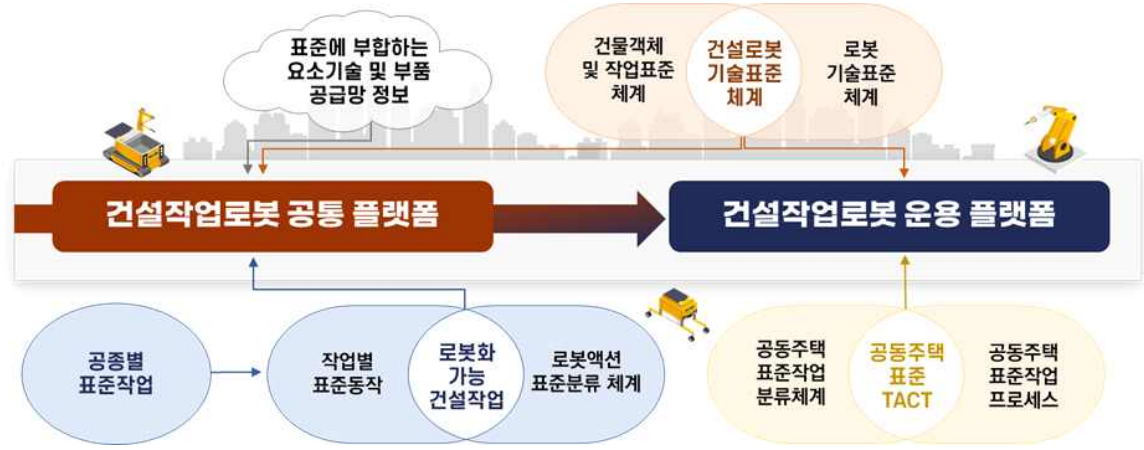


그림 8. 초기 정부지원 및 표준기술 기반 건설로봇 생태계 구축 방안

3. 정부 지원의 필요성

- (주요 정부 정책 및 건설로봇 관련 지원 방향) 정부는 다양한 정책을 통해 스마트 건설 및 로봇 기술 도입을 국가 차원의 핵심 전략으로 설정하고 있으며, 건설로봇 기술 지원을 위한 법적 근거를 지속적으로 확대하고 있음
 - (국토교통부, '스마트 건설기술 로드맵', 2018.10): 2030년까지 AI 기반 건설기계 자동화 및 로봇을 활용한 조립 시공 자동화를 목표로 설정
 - (고용노동부, '제5차 산재예방 5개년 계획(2020-2024)'): 산업현장 사각지대 해소를 위해 밀폐공간 작업관리 강화를 위한 로봇·센서 등 혁신기술 도입을 정책적으로 제시
 - (국토교통부, '스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030', 2022.7): 건설 순과정 디지털화·자동화 추진을 위해 건설산업 디지털화, 생산시스템 선진화(건설기계 자동화 및 로봇 도입), 스마트 건설산업 육성을 3대 중점과제로 설정
 - (법부처, '제4차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획(2023~2027)', 2022.12): 건설업 현장의 중대 재해 예방을 위한 고위험 작업 대체 로봇 개발 지원
 - (국토교통부, '스마트건설얼라이언스', 2023.07): 민간기업과 협력하여 스마트 건설기술 표준 제정, 선도 프로젝트 선정, 제도 개선안을 마련하고, 실질적인 현장 변화로 이어지도록 지원
 - (국토교통부, '제7차 건설기술진흥기본계획', 2023.12): 건설산업 생산성과 안전성을 개선하기 위한 디지털 전환 및 자동화·모듈화 확대 추진
 - (산업통상자원부, '첨단로봇 산업 비전과 전략', 2023.12): 2030년까지 민관 합동 3조 원 이상 투자, 전 산업에 100만 대 이상 로봇 보급, '지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법' 개편 추진.
 - 2030년까지 약 70만대의 서비스로봇 보급 계획(돌봄·의료 30만대, 물류·배송 5만대, 스마트농업 3만대, 식음료 자영업 30만대, 국방·안전 2만대 등)을 제시하고 있으나 건설로봇에 대한 계획은 없음. 또한, 8대 핵심기술 확보를 제시하고 있으나 로봇 고유기술(5대 부품기술(감속기, 서보모터, 그리퍼, 센서, 제어기), 3대 SW기술(자율이동 SW, 자율조작 SW, HRI))에 해당함.

□ (건설로봇 기술개발 및 산업 육성을 위한 정부 지원의 필요성)

- 건설로봇은 공동주택 건설 현장의 노동력 부족, 생산성 저하, 안전사고 등의 문제를 해결할 핵심 기술로 주목받고 있지만, TRL 9 수준 달성을 위해서는 실용화를 위한 표준기반 심화연구개발 및 실증이 필수적임
- 그러나 건설 현장은 제조업과 달리 작업 환경이 현장별로 상이하고, 다품종 소량 생산 방식이 적용되는 특성이 있어, 기술 개발뿐만 아니라 보급·활용까지 아우르는 생태계 구축이 필수적임. 하지만 국내에는 공공 테스트베드 및 표준화된 성능 평가 체계가 부족하여 기술 도입과 확산이 더디게 진행됨
- 또한, 기술 개발이 일부 진행되더라도, 현장 실증과 적용이 원활하지 않으면 산업 전반으로 확산되기 어려움. 따라서 정부는 기술개발 지원을 넘어 실증 사업 확대, 성능 평가 체계 구축, 공공 프로젝트 적용 등 전반적인 생태계 조성을 위한 적극적인 지원이 필요함.

□ (민간 주도의 한계 및 정부 개입 필요성)

- 건설산업은 종합건설사와 전문시공사 간의 복잡한 이해관계 속에서 장기적인 자동화 기술 개발이 원활하게

추진되기 어려운 구조적 한계를 갖고 있으며, **첨단기술 도입에 따른 초기 투자 비용 부담이 커** 민간 기업이 단독으로 건설로봇 개발 및 현장 적용을 추진하기 어려운 실정임

- 특히, 건설로봇 기술은 AI, 컴퓨팅, 센서, 제어기술, 로봇공학 등 다양한 첨단기술이 결합된 분야로, 다학제 전문가 및 산학연 협력이 필수적임
- 그러나 국내 건설산업-로봇산업 간 연계가 부족하며, 개별 기업이 연구개발을 추진하기에는 기술적 난이도가 높고, 원천기술 부재 등의 문제로 인해 산업 발전이 지연되고 있음
- 이에 따라, **건설로봇의 개발·보급·활용 생태계 조성, 기술실증 및 표준화 연구**를 위한 정부 지원이 필수적임. 특히, 민간 기업이 연구개발을 활성화할 수 있도록 기술 실증, 성능 평가 및 보급 지원을 체계적으로 강화해야 하며, 이를 통해 건설 현장에서의 로봇 활용도를 높이고 기술 도입 장벽을 낮출 필요가 있음.



그림 9. 정부지원의 필요성

4. 기획 추진체계 및 절차

4.1. 사업기획 추진체계

□ 기획연구의 목표

- 본 기획연구의 목표는 「공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발」의 성공적 수행을 위해, 정책적/기술적/실용적 타당성에 입각한 연구개발 상세계획을 수립하는 것임.
- 이번 기획연구는 본 과제에서 개발할 ‘다용도-건설작업로봇*’을 통해 건설 현장에서의 생산성과 안전성을 획기적으로 향상시키는 것을 목표로 하고 있음. 이를 위해 연구기획 단계부터 기술개발과 실용화 전략을 체계적으로 수립하여 다음과 같은 구체적인 성과를 도출할 수 있도록 기획하고자 함:
 - (목표) 공동주택 공기단축 6%, 로봇-인력 대체율 10%, 현장 안전사고 감소율 15%
 - ‘다용도 로봇’: 이동체 또는 로봇암 등 공유 가능한 물리적 플랫폼은 최소 유형으로 공유하고, 개별 작업에 요구되는 그리퍼 또는 도구는 개별 적용하는 로봇. 공유부와 개별부로 구성하여 경제적으로 다기능 작업을 수행하는 로봇.



그림 10. 기획연구의 목표 및 전략

□ 추진 조직체계

- 주관연구개발기관과 공동연구개발기관의 연구개발목표는 다음과 같음
 - 주관연구개발기관(광운대학교): 공동주택 최적화 관점의 다용도-건설작업로봇 개발 중점과제 발굴 및 추진방안 기획
 - 공동연구개발기관(한국건설기술연구원): 다용도-건설작업로봇 활성화를 위한 미래형 공동주택 생산 시나리오 및 생태계 전략 기획
 - 공동연구개발기관(한국로봇융합연구원): 공동주택 특화 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리를 위한 핵심 요소기술 발굴
- 본 연구는 주요 단계에서 도출되는 연구 결과물의 완성도와 방향성을 강화하기 위해, 기획위원회 검토와 자문단 자문의회를 체계적으로 운영할 계획임.
 - 기획위원회는 연구의 핵심 방향과 전략에 대해 전문적이고 다각적인 관점을 제공하며, 단계별 연구 결과물에 대한 심층적인 검토를 통해 결과물의 실효성과 현장 적용 가능성을 높이는 역할을 수행할 것임.
 - 자문단은 건설, 로봇, ICT 등 다양한 분야의 전문가로 구성되어, 연구내용의 기술적 타당성, 산업적 활용성, 그리고 정책적 연계성을 종합적으로 검토하고, 연구 결과가 목표에 부합하도록 조언을 제공할 예정임.



그림 11. 기획연구의 조직체계

4.2. 사업기획 추진절차

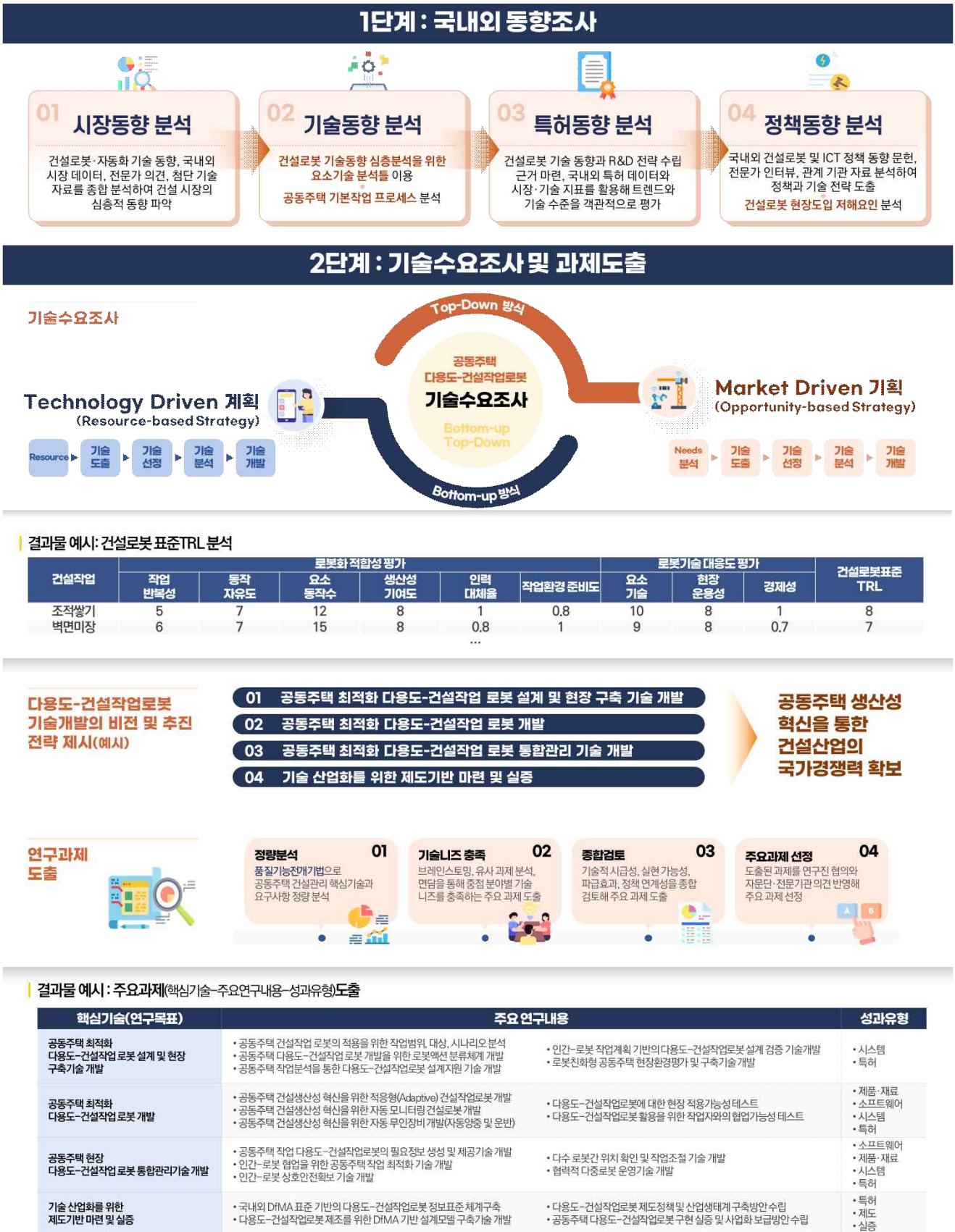


그림 12. 사업기획 추진절차: 1단계 & 2단계

5. 기획연구의 추진 경과

□ 본 기획연구는 초기 단계부터 관련 분야 연구기관, 전문가, 산업계와의 자문을 통해 기술 수요 파악-우선 순위 설정-전략 수립-세부과제 도출까지 단계적으로 추진하였음.

- '250102 : 1차 전문가 자문회의
 - 기획연구의 최종목표 및 연구 방향 검토
- '250124 : 2차 전문가 자문회의
 - 전체 연구 구성 및 필요 기술영역 검토
- '250214 : 3차 전문가 자문회의
 - 로봇개발 관련 기술수요 조사 및 우선순위 결정
- '250418 : 4차 전문가 자문회의
 - 연구과제 체계 구조 검토
- '250523 : 5차 전문가 자문회의
 - 연차별 성과물 정의 및 평가 기준의 적정성 검토
- '251209 : 6차 전문가 자문회의
 - 주요내용 및 구성과 대표성과물에 대한 적정성 검토



그림 14. '25.04.18 자문회의



그림 15. '25.05.23 자문회의

□ 공동주택 건설로봇 기술 세미나를 주기적으로 개최하여 산·학·연 전문가 의견을 수렴하고, 정책·산업·기술 관점을 균형 있게 반영한 연구 체계를 구축하였음.

- '25.08.06 : 제1회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 건설 분야 로봇 운영·관제 플랫폼의 현황 및 활용 가능성 검토
- '25.08.13 : 제2회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 국내·외 로봇 적용 사례 및 추진 현황 공유
- '25.08.19 : 제3회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 공동주택 현장 특성과 로봇화 전략 검토

- '25.08.26 : 제4회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 공공 발주기관 역할 및 제도 개선 방향 논의
- '25.08.26 : 제5회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 최신 로봇 개발 사례와 기술 동향 공유
- '25.09.09 : 제6회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 건설로봇 개발 환경 검토
- '25.09.16 : 제7회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 건축 공정별 로봇 가능성 및 단계별 도입 전략 검토
- '25.09.29 : 제8회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 산업 생태계 조성 전략 및 협력체계 구축 방향 논의
- '25.09.30 : 제9회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 국내 건설사의 로봇 기술 활용 사례와 통합 운영체계 전략 공유
- '25.10.14 : 제10회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 로봇 기반 품질 검측 체계와 성과 분석 방법 검토
- '25.10.20 : 제11회 공동주택 건설로봇 기술세미나
 - 시공 사이클과 로봇 운용 환경·제약 조건 분석

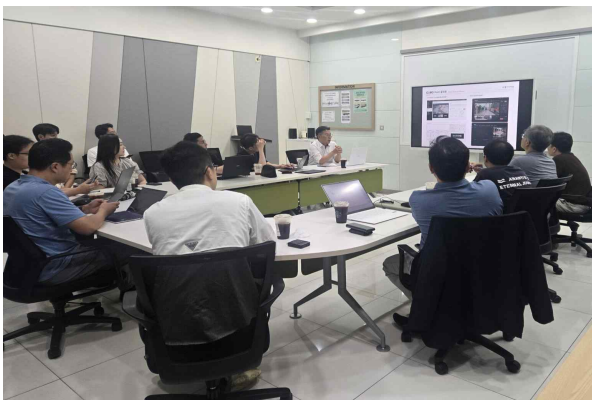


그림 16. '25.08.13 건설로봇 기술 세미나



그림 17. '25.08.26 건설로봇 기술 세미나

□ 대한건축학회 학술발표대회 연구단 세션에 참여하여 '건설로봇 기술혁신 세미나'를 2회 개최하였음. 이를 통해 산학연 전문가와 함께 건설로봇 기술의 발전 방향을 공유하고 건설 산업 생태계 강화를 위한 협력 기반을 마련함.

- '250425 : 2025 대한건축학회 춘계학술발표대회 '건설로봇 기술혁신 세미나' 개최
 - 한국건설기술연구원, 포탈 301, WPS, (주)아이티원, 삼성물산 참여
 - 건설로봇 기술의 현재와 미래에 대한 인사이트 공유
 - 건설현장의 생산성 향상과 안전성 제고 및 건설로봇 산업의 활성화를 위한 방안 논의

- '251030 : 2025 대한건축학회 추계학술발표대회 '건설로봇 기술혁신 세미나' 개최
 - 건설로봇 기술의 최신 연구성과와 산업 동향 공유 및 미래 건설산업 혁신 방향 모색
 - 고소작업 건설로봇 개발, 최신 로봇 기술 동향, 현장 맞춤형 스마트건설 기술 등 주요 주제를 중심으로 발표와 토론 진행



그림 18. '25.04.25 건설로봇 기술혁신 세미나



그림 19. '25.10.30 건설로봇 기술혁신 세미나

II. 국내외 동향 및 환경 분석

1. 시장 및 기술 동향 분석

1.1. 시장 동향

□ 글로벌 건설로봇 시장 동향

- “유형별, 기능별 어플리케이션별 건설로봇 시장 규모 및 점유율, 글로벌 공급 및 수요 분석, 성장 예측 통계 보고서(2025~2037)”에 따르면 2024년에는 건설로봇 글로벌 시장 규모가 3억 2,868만 달러 이상이라고 분석함. 연평균 성장률(CAGR)은 20.3%로 분석하였으며 이를 통해 2037년에는 시장 규모가 약 36억 3,000만 달러에 이를 것으로 예측됨.

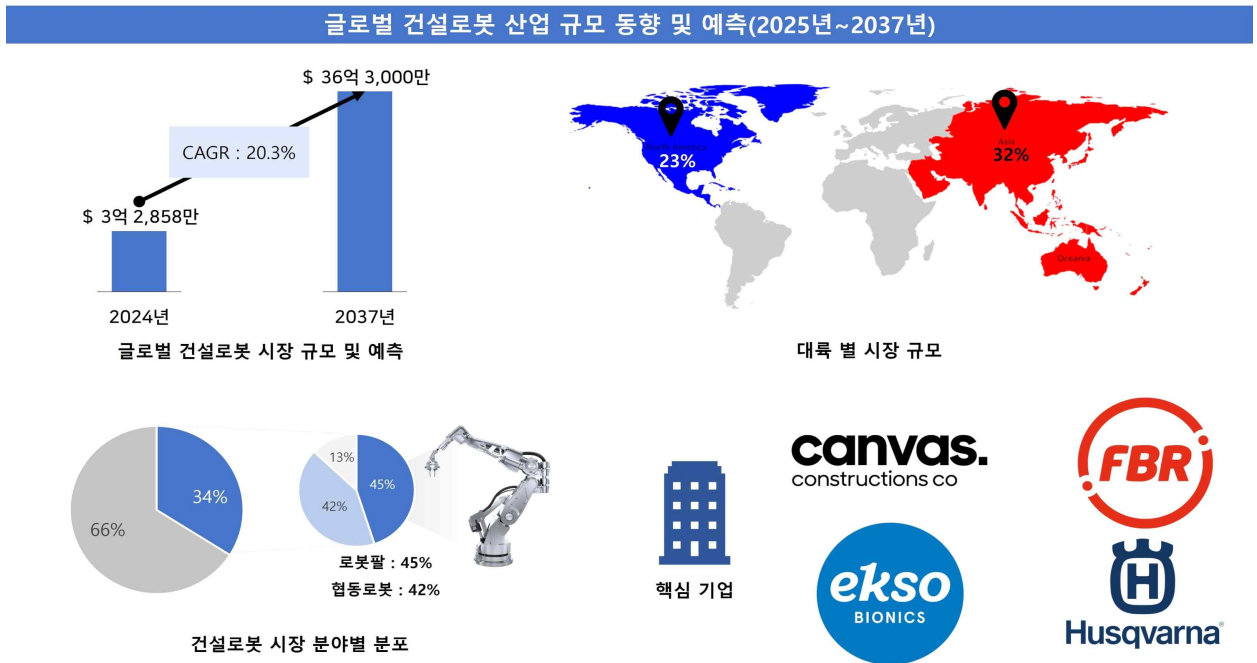


그림 20. 글로벌 건설로봇 산업 규모 동향 및 예측(2025년~2037년)

- 2022년에는 건설로봇의 수요가 약 584,000개로 확인되고 있으며 로봇에 대한 판매율은 2025년 기준 전체 자동화 로봇 대비 34%를 차지할 것으로 예상됨.
- 북미는 건설 로봇 시장에서 23%의 점유율을 차지하고 있고, 가장 큰 규모는 아시아-태평양 지역임 (32%). 건설로봇 시장에서 로봇팔 부분은 45%의 가장 높은 매출 점유율을 차지함. 현장에 활용되는 협동 로봇은 42%로 그 다음을 차지함.¹⁾
- 일본의 경우 2016년부터 건설현장에 드론 및 ICT 기술을 활용하는 ‘i-construction’ 을 통해 2025년 까지 건설업의 생산성을 250% 향상시키고자 함. 이러한 국가정책을 통해 건설로봇 시장이 급속도로 성장하고 있음.
- 중국은 ‘친환경 건축 건설 행동 방안’에 따라 스마트 기술을 건설 현장에 적용하여 친환경 건설과 신기술의 융합 발전을 도모하고 있고, ‘스마트 건설에 관한 실시 의견’에 따르면 중국의 지난시를 중심으로 ‘건축 로봇 연구개발 기지’를 건설하여 디지털 건설 시범 프로젝트를 추진중임.²⁾

1) 유형별, 기능별 어플리케이션별 건설로봇 시장 규모 및 점유율, 글로벌 공급 및 수요 분석, 성장 예측 통계 보고서(2025~2037), Research Nester, 2024

2) KIRIA ISSUE REPORT 스마트 건설을 선도하는 건설로봇 동향, KIR 2021-1호, 한국로봇산업진흥원

□ 국내 건설로봇 시장 동향

- “로봇 新 비즈니스 창출을 위한 첨단로봇 규제혁신 방안”에 따르면 산업안전로봇 중 건설사업에 활용되는 로봇에 대한 산업 규모는 2022년 기준 국내는 915억 달러이며, 2026년에는 1,951억 달러로 추정함.³⁾
- 2024년 기준 국내 스마트건설 시장의 연평균성장률(CAGR)은 16.5%이며 2030년 이후 2.7배로 성장할 전망이다. 현재 국내 스마트건설 시장 경우 매출 누적액 기준 IoT센서, OSC/모듈러, 드론, 영상분석 기술이 핵심 시장이지만, 2035년에는 로봇 및 드론과 OSC/모듈러 기술이 각각 연평균 성장률이 46.0%, 31.3%로 추정됨.⁴⁾
- 2019년 기준 전체 건설시장에서 활용되는 기술로 드론의 경우 전체의 19.9%, BIM은 15.4%, 모듈러 14.9%, 빅데이터 및 인공지능 11.4%에 비해 지능형 건설장비 및 로봇 기술은 5.5%로 가장 적은 비율임.
- 국내 건설기업이 10년 이내에 활성화될 것으로 추정된 기술 중 드론은 71%, 모듈러 68.7%, BIM 67.2%인 것에 반해 로봇기술은 54.2%로 타 기술 대비 낮은 수치를 보임.⁵⁾
- 한국로봇산업진흥원의 “2023년 기준 로봇산업 실태조사 결과보고서(조사기간 '24.06~08)”에 따르면 건설로봇은 전문서비스용 로봇에 포함되며 전문서비스용 로봇의 생산 비중은 2023년 기준 9.9%로 나타남.
- 로봇시장에서 전문서비스용 로봇의 생산액은 5,655억 원이며, 전문 서비스용 로봇의 출하현황은 전체의 10%, 내수현황은 11.1%, 수출 현황은 5.7%로 나타남. 건설로봇의 경우 194억 원으로 집계되었으며 내수 현황은 177억원으로 전체의 91%로 나타남. 수출액은 17억 원으로 전체로봇 시장대비 매우 작은 수준임.

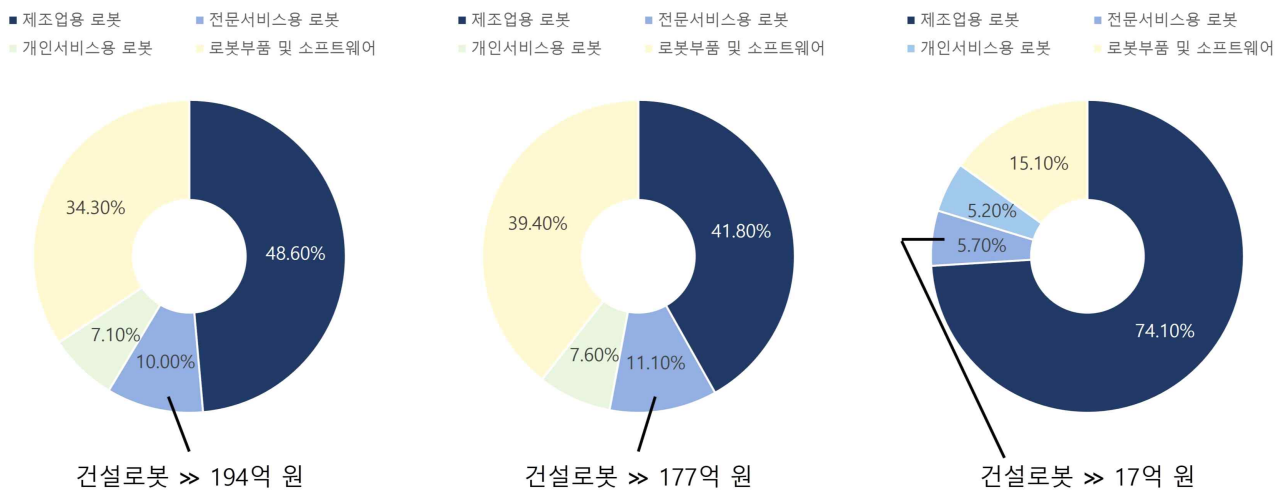


그림 21. 국내 건설로봇 생산, 출하·내수, 수출 현황 및 비중 분석

3) 로봇 新 비즈니스 창출을 위한 첨단로봇 규제혁신 방안, 2023.03., 산업통산자원부

4) 국내 스마트건설 방향, 글로벌 시장 흐름과 괴리, 홍성호(신성장전략연구실 선임연구위원), 2024년 11월, 대한전문건설신문, <https://www.koscaj.com/news/articleView.html?idxno=311636>

5) 국내 건설기업의 스마트 기술 활용 현황과 활성화 방향, 2019, 이광표 외 4명, 한국건설산업연구원

1.2. 기술 동향

1) 로봇 설계 및 통합 관리를 위한 기술 동향

□ 로봇 설계를 위한 핵심기술 최근 동향

- 로봇 설계의 최신 트렌드는 경량화와 유연성을 위한 3D 프린팅 기술 활용 및 모듈형 설계 그리고 자율성을 강화하는 AI 기반 시스템 설계로 요약할 수 있음.

① 모델링 및 설계 최적화 기술

- 제너러티브 디자인(생성적 설계, Generative Design)은 AI 알고리즘으로 설계 최적화와 새로운 디자인 패턴을 생성할 수 있으며, 경량화가 중요한 항공 분야에서 많이 활용되고 있음.
- AI 기반 기구학 설계 및 최적화 기술은 AI를 사용하여 로봇의 기구학적 설계를 자동화하고 최적화할 수 있음.
- 로봇의 링크 길이, 관절 위치, 기어비와 같은 파라미터를 설계하는 데 있어 기존 방법보다 빠르고 정밀한 결과를 제공함

② 제조 및 조립 기술

- 3D 프린팅 재료가 다양해지면서 메탈, 고강도 폴리머 등 다양한 재료를 활용하여 경량화 및 강도 강화가 이루어지고 있으며, 특히 복잡한 형상을 갖는 제너러티브 디자인과 결합하여 시너지를 낼 수 있음
- 모듈형 설계를 통해 표준화된 모듈을 사용함으로써 부품 교체와 유지보수가 용이하다는 이점이 있어 서비스 로봇 및 협업 로봇에서 다양한 작업에 모듈 변경을 활용하고 있음.
- 퀵 체인지 (Quick Change) 시스템은 모듈 교체를 빠르게 수행하도록 설계된 시스템으로, 자동 및 수동으로 빠르게 탈착이 가능하도록 설계되어 작업효율이 향상된다는 이점이 있음.

③ 시뮬레이션 기술

- Sim-to-Real 기술은 시뮬레이션에서 학습된 동작을 실제 로봇에 적용하는 기술로서, 강화학습과 동역학 시뮬레이션을 결합하여 로봇의 동작 최적화에 활용됨.
- 디지털 트윈(Digital Twin)은 가상환경에서 설계, 시뮬레이션, 테스트를 실시간으로 구현하여 물리적 설계의 성능 예측 및 오류를 감지하는 데 기여할 수 있음.
- 현재 IoT 및 센서를 활용한 동적 데이터 반영으로 디지털 트윈의 정밀도가 향상되는 추세임.

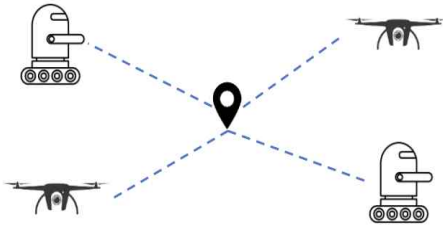
□ 로봇 통합 운용 관리를 위한 핵심기술 최근 동향

- 다수 로봇 통합 운용 기술은 여러 대의 로봇이 협력하여 공동의 목표를 달성하기 위해 상호 작용하고 조정하는 기술이며 로봇들이 서로 통신하고 정보를 공유하며, 작업을 효율적으로 분배하고 조율할 수 있음.
- 다수 로봇 시스템은 복잡하고 규모가 큰 작업을 효율적으로 처리할 수 있으며, 이를 통해 작업 시간을 단축하고 생산성을 높일 수 있고, 시스템의 유연성과 강인성을 향상시켜 다양한 작업 환경과 예기치 않은 상황 변화에 효과적으로 대응이 가능.
- 건설 현장에서 다수 로봇을 활용하면 생산성 향상, 인력 비용 절감, 작업 안전성 증대 등 다양한 이점을 제공하기 때문에 필수적이며 건설 산업의 혁신과 경쟁력 향상을 위해 필요한 기술.

① 다수 로봇 군집 제어 기술

- 다수 로봇을 제어하기 위한 방식은 로봇 간의 통신 구조, 의사 결정 방식, 정보 공유 정도 등에 따라 다양하게 분류할 수 있지만 일반적으로 중앙 집중식 제어와 분산식 제어로 나눌 수 있음.

Strongly centralized coordination



Distributed decentralized coordination

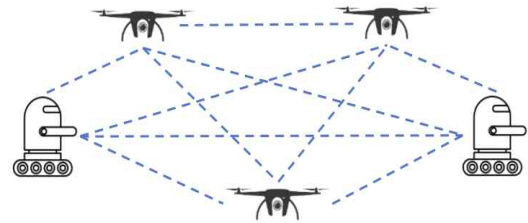


그림 22. 중앙 집중식 제어와 분산식 제어 개념도

- 중앙 집중식 제어는 중앙 컨트롤러가 모든 로봇의 상태와 환경 정보를 수집하고, 이를 기반으로 각 로봇의 행동을 결정하여 명령을 전달하는 방식이며 로봇들은 개별적인 의사 결정을 하지 않고 중앙의 지시에 따라 명령을 수행.
- 중앙에서 전체 시스템의 효율성을 극대화할 수 있도록 각각의 로봇에게 임무를 부여하고 행동을 조정하는 것이 가능하며, 모든 로봇이 일관된 목표와 지침 하에 동작하기 때문에 작업의 일관성이 높음. 또한, 중앙에서 전체 시스템을 관제하고 상태를 실시간으로 파악하고 대응할 수 있어서 관리가 용이함.
- 다만, 중앙 컨트롤러에 문제가 발생하면 전체 시스템이 마비될 수 있다는 위험이 있으며 관리하는 로봇의 수가 늘어날수록 통신 부하가 늘어나고 중앙 컨트롤러의 연산량도 늘어나기 때문에 성능 저하가 발생할 수 있으며 확장성에 한계가 있음.
- 분산식 제어는 각 로봇이 독립적으로 의사 결정을 내리고 행동하는 방식이며 로봇들은 자신의 센서 데이터를 기반으로 주변 환경을 인식하고, 인접한 로봇들과 정보를 교환하여 협업 수행.
- 일부 로봇의 고장이나 통신 장애에도 전체 시스템이 붕괴되지 않으며 동작을 유지할 수 있어서 강인한 시스템을 유지할 수 있음. 또한, 로봇의 수가 늘어나더라도 연산량을 분배할 수 있기 때문에 확장성이 우수하며, 로봇 수 증가에 따른 시스템 복잡성 증가가 상대적으로 적음.
- 다만, 각 로봇의 개별 의사 결정이 전체 시스템의 최적화로 이어지지 않을 수 있으며 시스템 효율성이 떨어질 수 있음. 또한 로봇 간의 정보 공유도 제한적이기 때문에 의사 결정의 일관성이 떨어질 수 있고 각각의 로봇이 자율적인 의사 결정을 하기 위해 상대적으로 높은 수준의 알고리즘이 필요함.

표 2. 다수 로봇 중앙 집중식 제어와 분산식 제어의 비교

구분	중앙 집중식 제어	분산식 제어
구조	중앙 컨트롤러 중심	로봇 개별 자율성 강조
의사 결정 방식	중앙에서 전체 결정	로컬 정보 기반 개별 결정
통신 방식	중앙집중식 통신	로컬 또는 필요 시 통신
확장성	제한적	우수
강인성	낮음	높음
시스템 최적화	용이	어려움

② 다중로봇 작업 지시 기술

- 다중 건설 로봇 시스템에서 작업 지시 기술은 로봇들이 효율적으로 작업을 진행하고 자원을 최적화하여 조화롭게 작동하도록 만드는 핵심 요소.
- 건설 현장은 작업의 다양성과 복잡성, 그리고 환경의 변화가 크다는 특징이 있으므로 적절한 자원 배분을 통해 로봇 간 역할 분담과 작업 상태 모니터링 및 실시간 작업 조정이 필수적이며 현장 작업자가 로봇을 안전하게 지휘하고 협력할 수 있도록 로봇-인간 상호작용 기술이 필요.
- 작업 배분 알고리즘: 작업은 로봇의 기능, 작업 범위, 현재 상태 등을 고려하여 배분하며 중앙에서 모든 로봇의 정보를 이용하여 배분하거나 각각의 로봇이 독자적으로 결정하는 분산형 방식으로 구현 가능. 긴급한 작업이나 중요도가 높은 작업은 우선적으로 배정하는 것이 필요하며 작업의 우선순위 기준을 마련하여 최우선 순위 작업은 먼저 처리할 수 있도록 설정.
- 실시간 작업 조정 및 우선순위 설정: 건설 현장은 작업 중 돌발 상황이 빈번하게 발생하므로, 다중 로봇 시스템에서 작업을 실시간으로 조정하고 우선순위를 동적으로 변경하는 능력이 필요. 모든 로봇의 작업 진행 상태를 실시간으로 모니터링하여 각 로봇이 작업을 얼마나 완료했는지, 장애물이 발생했는지 등의 정보를 수집. 비상 상황이나 작업 환경의 변화로 인해 특정 작업이 더 중요해질 수 있으므로 이 경우 우선순위를 재설정하고, 로봇들에게 새로운 작업을 즉각적으로 할당,
- 로봇-인간 협력 작업 시스템: 다중 건설 로봇 운용에서는 작업자와 로봇 간의 협력이 중요한 요소이며 로봇이 작업자의 지시를 이해하고, 작업 중 충돌 없이 협력할 수 있는 시스템이 필요. 작업 지시를 전달하기 위하여 음성 명령, 터치스크린, AR(증강 현실) 인터페이스 등 다양한 방식으로 작업자가 로봇에게 명령을 전달하는 시스템이 개발. 로봇은 작업 중간에 작업자에게 진행 상황을 보고하거나 추가 명령을 요청할 수 있으며 이를 통해 작업자가 유연하게 실시간으로 작업을 조정하거나 새로운 명령 지시 가능.

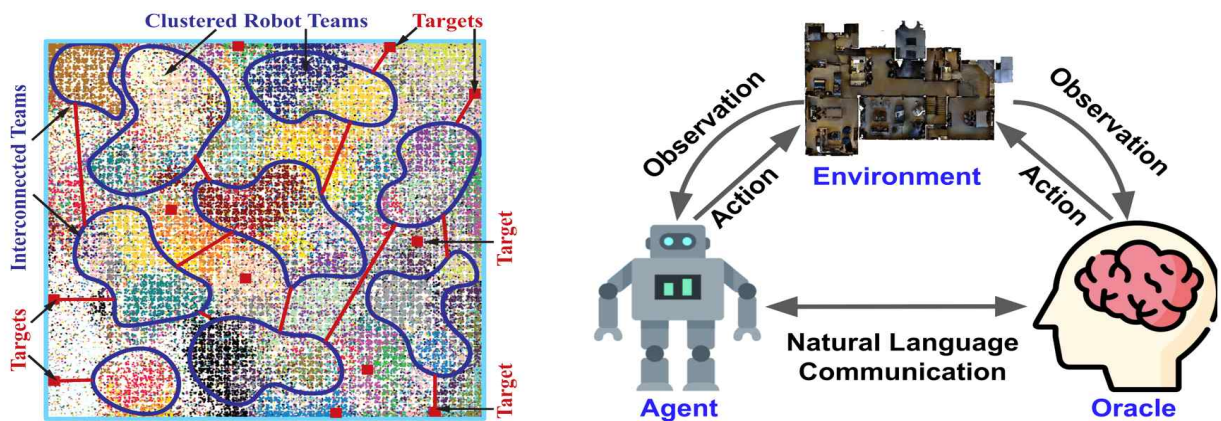


그림 23. 다중 로봇 작업 배분 예시(좌) 및 로봇-인간 협력 시스템 예시(우)

③ 안전 제어 기술

- 로봇을 운용함에 있어서 안전은 최우선으로 고려해야 하는 요소이며 건설 현장과 같이 동적인 환경에서 여러 대의 로봇을 운용할 경우에는 사고를 예방하기 위한 안전 기술이 필수적.
- 건설 현장은 작업 환경이 동적으로 변하고 작업자와 장비가 혼재하는 공간이기 때문에, 충돌 방지 기술이 필수적이며 로봇의 실시간 환경 인식과 안전 시스템이 요구됨.
- 충돌 회피 알고리즘: 로봇이 주변 장애물과 충돌하지 않기 위해서 이동 경로를 계획할 때, 주변 로봇의 위치와 속도를 실시간으로 분석하여 충돌 가능성을 예측하고 대체 경로를 생성하는 알고리즘이 필요. 다중 로봇을 운용할 때는 서로의 충돌을 방지하기 위해 로봇 간 통신을 활용하여 위치, 속도, 작

업 상태 등을 주고받는 신호 체계를 이용하기도 하며, 중앙 집중형 통신 네트워크나 분산형 신호 시스템을 통해 로봇들이 서로의 의도를 이해하고 안전한 거리를 유지하여 충돌 방지.

- 실시간 환경 인식 시스템: 건설 현장은 동적인 환경 변화와 다양한 장애물이 존재하는 복잡한 작업 환경이므로 로봇의 안전한 작업을 위해 주변 환경을 지속적으로 인식하기 위한 시스템이 필요. SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 기술을 통해 로봇은 자신이 위치를 추정함과 동시에 주변 환경 지도를 생성하고 업데이트하여 실시간으로 주변 환경을 인식.

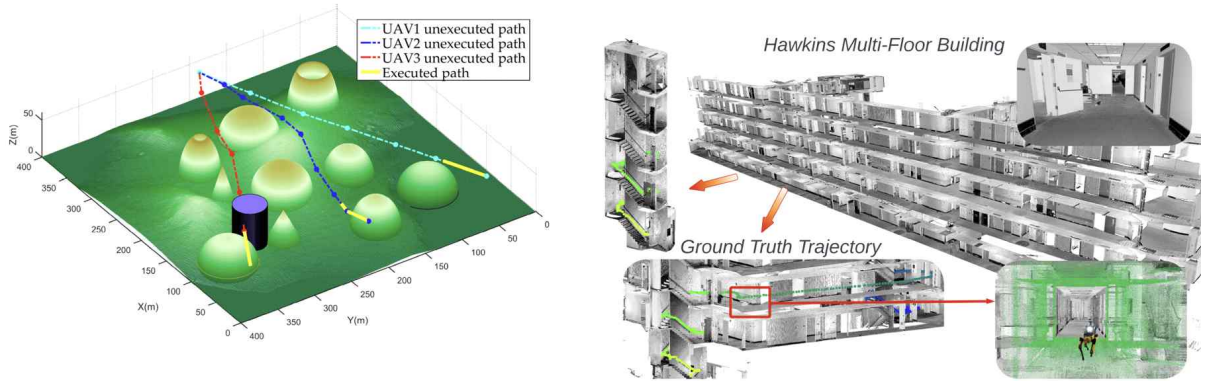


그림 24. 다중 로봇 충돌 회피 알고리즘 예시(좌) 및 3차원 환경 인식을 위한 SLAM(우)

④ 충전 및 에너지 관리 기술

- 건설 현장은 작업 시간이 길고, 작업 환경이 동적이며, 로봇이 고도로 활동적인 상태를 유지해야 하므로 에너지 관리의 효율성이 작업 생산성과 직결되며 다중 건설 로봇 시스템의 안정적이고 지속적인 운용을 위해 충전 및 에너지 관리 기술은 필수적.
- 로봇의 자율 충전, 에너지 소비 최적화, 무선 및 이동식 충전 기술 등을 통해 작업 중단 시간을 최소화하고, 다수의 로봇이 동시에 작업을 수행할 수 있도록 지원.
- 로봇 자율 충전 기술: 일일이 사람이 로봇을 충전하지 않고 로봇이 스스로 판단하여 충전하는 기술로 로봇의 운용 효율성과 작업 지속성을 보장하는 핵심 기술. 대표적으로 자율 도킹 시스템이 있으며 충전 스테이션을 스스로 탐색하고, 정확히 도킹하여 충전하는 시스템이 있으며 자율 주행 기술과 고정밀 센서를 활용하여 충전 지점으로 이동하고 안정적으로 도킹.
- 에너지 소비 최적화 알고리즘: 건설 로봇이 배터리 효율을 극대화하며 작업을 지속할 수 있도록 하고 비용적인 부분에서도 원가를 절감할 수 있도록 에너지 소비를 최적화하는 기술이 필수. 작업의 종류와 로봇의 역할에 따라 에너지 소모를 조정하는 작업 기반 에너지 최적화 알고리즘이 대표적이며 건설 작업에서는 예를 들어 굴착 작업에서는 모터 작동을 최적화하고, 자재 운반 시 경로를 최소화하여 에너지를 절약하는 예시가 있음. 로봇이 작업 중 발생하는 불필요한 에너지를 회수하여 배터리를 충전할 수 있도록 하여 자율 이동 로봇이 내리막길을 내려갈 때 발생하는 에너지를 회수하는 방식이 대표적.
- 무선 충전 및 이동식 충전 시스템: 건설 현장은 복잡한 구조물과 동적인 환경으로 인해 전선 연결이 어렵거나 이동성이 중요한 경우가 많으므로 무선 충전과 이동식 충전 시스템이 효과적임. 전자기 유도나 자기 공명 방식의 무선 충전을 수행하면 로봇이 특정 위치에 도착하기만 하면 충전이 가능할 뿐만 아니라 로봇이 작업 중 충전을 병행할 수 있어 작업 중단 시간을 줄임. 이동식 충전 스테이션은 충전 스테이션이 이동하며 배터리가 부족한 로봇을 찾아 충전해주는 기술로 대규모 건설 현장에서 충전 인프라를 유연하게 구축할 수 있는 장점이 있음.



그림 25. 청소 로봇 도킹 스테이션 예시(좌) 및 로봇 무선 충전 시스템 예시(우)

⑤ 통합운용 관리 시스템

- 다중 건설 로봇을 효율적으로 운용하기 위해서는 로봇 간 협력, 작업 효율성, 안정성을 보장하는 통합 운용 관리 시스템이 필요.
- 이 시스템은 로봇들의 작업 상태를 실시간으로 모니터링하고 제어하며, 데이터 분석을 통해 작업의 효율성을 높이고 장애를 최소화하여 관리자와 작업 중단 시간과 비용을 줄이며, 작업 생산성을 극대화할 수 있음.
- 중앙 제어 및 모니터링 플랫폼: 중앙 제어 시스템은 작업의 전체 진행 상황을 실시간으로 파악하고, 로봇 간의 충돌 방지와 효율적인 작업 배분을 수행하며 이를 위해 모든 로봇의 위치, 작업 상태, 에너지 수준 등의 데이터를 수집하고 처리함. 관리자와 중앙 제어 시스템 간의 원활한 소통을 위해 모니터링 플랫폼이 필요하며 작업 진행 상황, 로봇 상태, 에너지 소모 등을 실시간으로 확인할 수 있는 대시보드 설계를 위해 직관적인 UI/UX 설계가 중요. 클라우드 기반 관리를 통해 건설 현장 데이터를 중앙 서버나 클라우드에 저장하여 데이터 접근성을 높이고, 작업의 기록 및 분석을 가능하게 함.
- 데이터 시각화 및 관리 도구: 건설 현장의 3차원 맵 구축을 통해 건설 현장에서 로봇의 실시간 위치와 작업 상태를 시각화하고 새로운 구조물이나 장애물과 같은 환경 변화에 따라 작업 맵을 실시간으로 업데이트하여 로봇의 작업 효율성을 유지. 로봇의 이상 상황(충돌 위험, 배터리 부족 등)이 발생하면 관리자에게 실시간으로 알림을 제공하여 빠른 대응이 가능하게 하고 작업이 완료되면 생산성, 소요 시간, 에너지 사용량 등을 분석한 보고서를 자동으로 생성하여 성과 평가 및 향후 작업 계획 수립에 활용.
- 장애 예측 및 복구: 로봇에 장착한 센서 데이터를 분석하여 로봇의 모터, 배터리, 센서 등의 작동 데이터를 지속적으로 모니터링하고 분석하여 부품의 마모나 고장 가능성을 사전에 예측. 예상되는 고장 시점을 기준으로 사전 유지보수를 계획하여 작업 중단을 방지. 로봇이 자체적으로 오류를 감지하고, 작업을 중단하지 않고 복구를 시도하는 알고리즘이 필요하며 장애가 발생한 로봇의 작업을 다른 로봇에게 자동으로 할당하여 작업흐름을 유지.

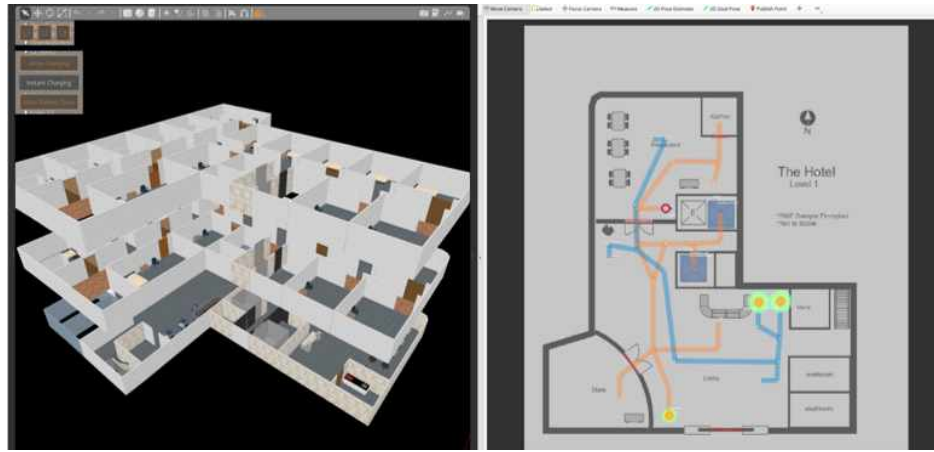


그림 26. Open-RMF에서 제공하는 Hotel 데모 예시

□ 건설 분야의 다수 로봇 운용 예시

- 건설 분야에 다수의 로봇이 협업하여 작업 효율을 높이고, 새로운 건축 방식과 가능성을 열어가는 다양한 사례들이 있으며 중앙 집중식 제어와 분산식 제어 방식을 적절히 활용하여 로봇 간의 협업을 구현하고 있음.

① DFAB HOUSE 프로젝트 (스위스, ETH 취리히)

- 스위스 ETH 취리히의 건축학 및 로봇 공학 연구팀이 협업하여 개발한 프로젝트로, 여러 대의 로봇이 협력하여 주거 건물을 건설한 사례.
- Mesh Mould는 로봇이 복잡한 철망 구조를 형성하고 이를 거푸집과 보강재로 활용하여 콘크리트 구조물을 만드는 혁신적인 건설 기술이며 건축 디자인의 자유도를 높이고, 자재와 시간의 효율성을 향상시키며, 건설 산업의 자동화가 가능.
- In situ Fabricator는 이동식 로봇으로, 건설 현장에서 직접 구조물을 조립하고 복잡한 곡면 구조물을 제작하는 혁신적인 플랫폼이며 이동성, 정밀한 위치 제어, 다양한 작업 도구 장착 등의 특징을 가지고 있어서 복잡한 구조물의 자동화된 건설이 가능.
- 다수 로봇의 협업을 통해 복잡한 건축물을 실제로 구현한 사례로, 건설 분야의 로봇 활용 가능성을 보여주었음.

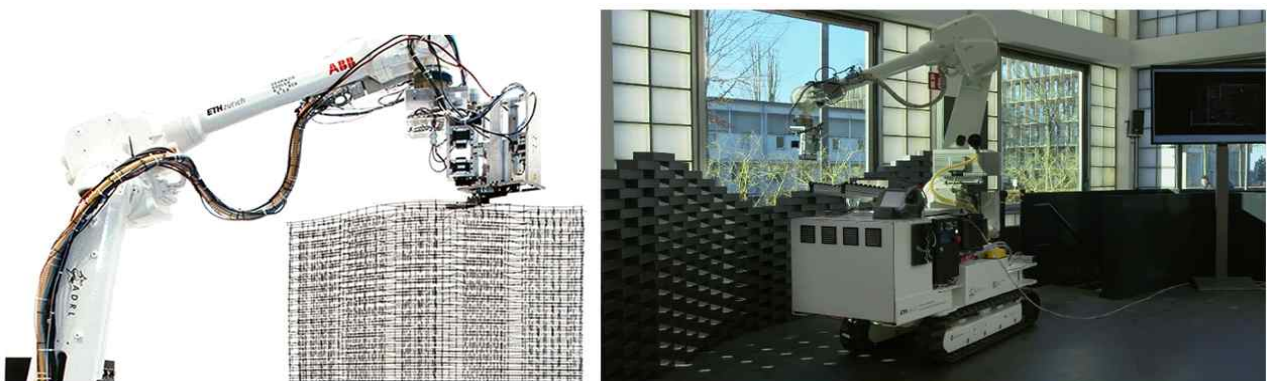


그림 27. DFAB HOUSE 제시한 건설 기술 Mesh Mould(좌)와 이동식 로봇 In situ Fabricator(우)

② TERMES 프로젝트 (미국, 하버드 대학교)

- 하버드 대학의 연구진이 개미나 흰개미의 집단행동에서 영감을 받아 개발한 프로젝트로, 다수의 단순한 로봇이 협업하여 구조물을 건설

- 로봇들은 간단한 규칙에 따라 블록을 쌓아 구조물을 형성하며, 중앙 통제 없이 작업이 진행.
- 모래주머니와 같은 비정형 물건들도 수송이 가능하여 다양한 자재 운반이 가능.
- 각각의 로봇은 센서와 알고리즘을 통해 주변 환경과 다른 로봇의 위치를 인식하고 조율.
- 분산식 제어를 통한 건설 분야에서 다수 로봇의 협업 가능성을 보여주었음.

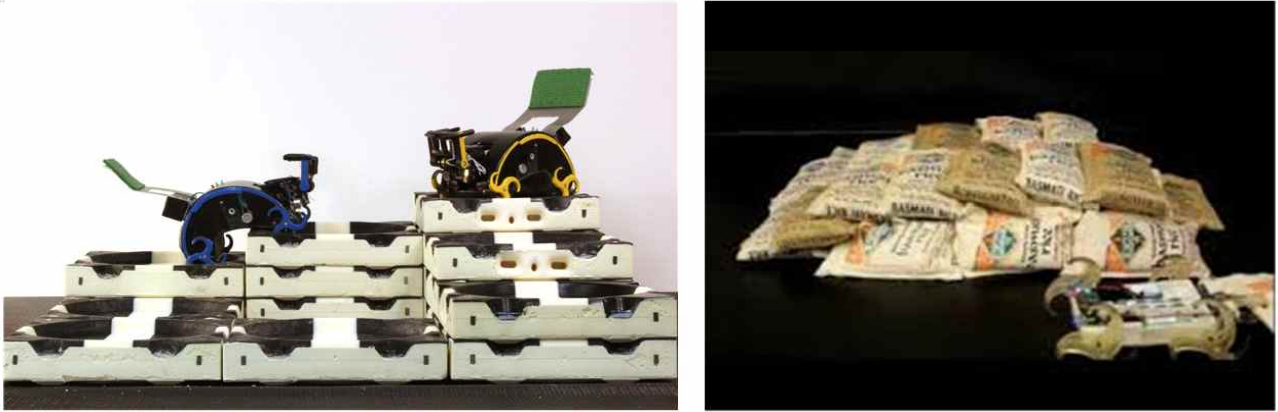


그림 28. TERMES 프로젝트에서 사용한 다수 로봇(좌)과 비정형 물건을 나르는 로봇(우)

③ Minibuilders 프로젝트 (스페인, IAAC)

- 바르셀로나에 위치한 건축고등연구소(IAAC)에서 진행한 프로젝트로, 작은 크기의 로봇들이 협업하여 대형 구조물을 3D 프린팅 방식으로 건설
- 각 로봇은 특정 작업(기초 형성, 구조 확장 등)을 담당하며, 서로 협력하여 구조물을 형성.
- 로봇 간의 통신과 협업을 통해 작업을 조율하여 다수의 전문화된 로봇들이 협업하여 대규모 건축을 가능하게 한 사례

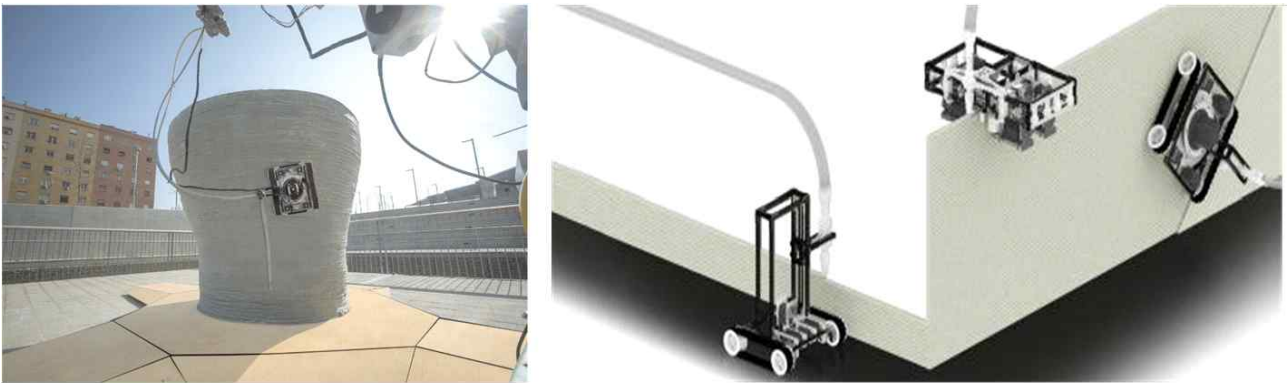


그림 29. Minibuilders 프로젝트에서 사용한 조립 로봇

2) 국내외 건설로봇 개발 동향

□ 국내외 기술개발 현황

- 한국건설기술연구원 Smart Construction Report (2020) 에 따르면 건설산업에서 로봇활용에 대한 개념을 “공공 인공공 인프라, 상업용 및 주거용 건물, 원자력 발전소 등 다양한 분야에서 인력 투입을 최소화하거나 완전히 대체” 하는 것을 의미하고 있음.
- 이러한 개념에 따라 건설 로봇 기술개발 현황을 건설단계별로 살펴보면 아래 표와 같음. 단, 공동주택 건설은 수많은 작업 공정으로 분류되어 타 건축물에 비해 평면이 복잡하고 층별 반복성이 높기 때문에 로봇화의 효율성을 높일 수 있고, 단계별, 공정별 작업환경에 맞는 로봇을 활용할 수 있는 통합관리 기술개발이 필요함.

표 3. 건설단계별 건설로봇 기술개발 분류 (한국로봇산업진흥원, 2021)

건설단계별		주요 활용 로봇 (작업유형)
설계 (착공준비)		측량 로봇 / 측량 드론
토공사 / 기초공사		범용 중장비 무인자동화(머신 가이던스) / 굴삭기용 조종로봇 등
구조·골조		(철골) 용접로봇 / 타워크레인 로봇 / 철근작업 지원용 로봇 / 철근결속 로봇 / 벽돌쌓기 로봇 / 비계조립 로봇 / 3D 프린팅 모바일 로봇 등
마감공사		천정시공 로봇 / 분사·도장 로봇 / 나사고정 로봇 / 콘크리트 바닥작업용 로봇 / 다기능 모듈식 로봇 / 인테리어 건축 로봇 / 앵커홀 드릴링 전용 로봇 / 볼트 해체·회수 로봇 등
기타	공정기성 관리 현장 모니터링	현장 공정관리 모니터링 로봇 / 현장점검용 4족 보행 로봇 / 원격 모니터링 드론 등
	자재반송 및 기타	자재반송 로봇 / 현장 자동청소 로봇 / 로봇슈트 등
	기타	광케이블 설치 로봇 등

- 건설기술의 혁신과 생산성 향상을 이끌 수 있는 원동력인 로봇 기술은 대량생산을 위한 동일한 환경에서 반복적인 작업에 최적화 되어 있음 (PlanRadar, 2020). 따라서, 공동주택 건설에서 로봇은 통해 층별 반복적으로 일어나는 건설현장 작업을 수행하여 효율적이고 안전하게 대상 목적물을 생산하는데 기여할 수 있음.
- 국내의 경우, 대기업과 전문공종업체의 협동을 통한 로봇을 개발하여 현장에 적용하고 있으며, 1) 중장비 무인자동화(Machine Control and Guidance)와 같이 원격제어와 자동화를 통한 토공사 및 양중작업 안정성 향상, 2) 붐칠, 미장, 도장, 타공작업 등 반복성이 높은 시공작업의 로봇적용을 통한 생산성 향상과 인력절감, 3) 소형 모바일 로봇을 활용한 현장 스캔, 검측, 안전관리 등을 통한 관리의 효율성 향상을 꾀하고 있음.
- 예를 들면, 현대엔지니어링에서는 AI 미장로봇을 통한 미장작업 가공정밀도 향상 및 무인화를 꾀하였음. 특히, 공동주택의 경우 미장로봇의 작업을 통하여 세대 콘크리트면과 바닥재의 들뜸 현상을 예방하고, 층간소음을 완화하는 효과를 보였음. 또, 외벽도장로봇을 개발하여 고위험 작업의 무인화를 꾀함. 삼성물산에서는 내화붐칠 로봇을 개발하여 현장 근로자들의 유해물질 또는 고소작업같은 위험에 노출되지 않도록 하였음. 또, GS건설, 현대건설, 삼성물산 등에서 4족보행로봇 (SPOT)을 활용하여 현장의 정보를 수집하여 현장스캔 및 현장관리의 효율성을 향상시키고 있음.
- 국외의 경우 미국과 일본, EU국가에서 건설로봇 개발 및 상용화를 선도하고 있음을 알 수 있으며, 크게 시공로봇, 자율주행 장비, 검측 및 모니터링 로봇 등으로 구분할 수 있음. 일본의 경우 대형 시공사가 주로 로봇을 개발하여 현장에 적용하고 있고, 미국과 EU국의 경우는 스타트업이 주가되어 로봇을 개발하고 있는 추세임. 아래 [그림 12]는 국외 로봇개발 현황을 나타냄.



그림 30. 국외 건설로봇 기술개발 현황

- 미국, EU국, 일본, 한국을 중심으로 국내외 건설현장에 적용된 로봇기술은 작업자를 대체하고, 작업자의 컨디션에 영향을 받지않아 높은 시공정확도와 균일한 품질을 확보할 수 있어, 공동주택 건설현장에 적용하여 생산성을 향상시킬 수 있음.
- 국내 공동주택의 경우 높은 비율의 고소작업, 높은 인건비 비중 및 근무시간 제한 등의 문제에 직면해 있음. 건설 로봇의 도입 효과는 건설기술연구원에 따르면, 사업체질 개선, 안전성 향상, 정확도 향상, 비용절감 등으로 나타남 [그림 x]. 따라서, 공동주택 현장의 건설로봇 도입은 필연적이라 할 수 있음.



그림 31 . 건설 로봇의 도입효과 (한국건설기술연구원, 2021)

□ 국내외 기술개발 적용사례

◦ 건설현장 중장비 무인자동화 로봇

- 현대건설은 원격 타워크레인 타와레모를 통해 운전원이 크레인을 오르내리는 하루 평균 시간 90분을 절약하였으며, 타워크레인의 카메라와 다면 센서를 통해 크레인 상부의 영상과 진동 및 풍속 등의 데이터가 실시간 전달이 되어 원격 조정이 가능함. 또한 저지연 통신기술을 활용하여 장거리에서도 지연 없이 즉각적인 운전이 가능함.



그림 32. 원격 타워크레인 타와레모(TawaRemo) (출처: 현대건설)

- 현대건설기계는 디지털 센서와 전자유압시스템 등을 통해 굴착기의 자세와 작업지점 등을 실시간으로 운전자에게 알려주고 평탄화 작업이나 관로 작업, 터파기 작업 등을 반자동으로 수행하는 머신컨트롤 굴착기 로봇을 개발함. 이는 별도의 측량 인력 없이도 원하는 작업의 깊이나 기울기만 입력하면 자동으로 땅의 높낮이를 파악해 작업을 수행할 수 있어 공사 기간 단축과 비용절감 등 작업효율을 높일 수 있음. 현재 터파기·관로·상차 등 반복작업이 가능한 레벨 3 수준의 자동화 연구를 진행하고 있음.



그림 33. 현대건설기계 머신 가이드스 굴착기 (출처: 현대건설기계)

- 미국의 Develon은 자율주행 굴삭기 DX225-CX는 인공 지능 모델을 굴삭기에 프로그래밍하여 라이브온보드 카메라와 LiDAR 센서를 사용해 실시간 지형 인식이 가능함. 기존에 비해 13% 향상된 생산성을 보여주며 재충전 없이 최대 3일 연속 8시간 작동 가능하다는 장점. DD100-CX은 Trimble Global Navigation Satellite System을 적용해 사전 설정 구역 내에서만 작동하며, E-Stop 기술을 통해 장애물이 가까워지면 자동으로 멈춤.

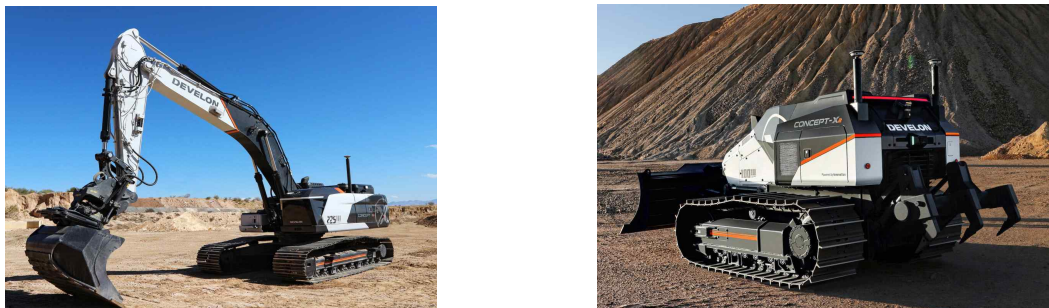


그림 34. 자율주행 굴삭기 DX225-CX 및 자율주행 불도저 DD100-CX (출처: Top Build Homes)

- 이스라엘의 Skyline Cockpit은 지상 제어 컴퓨터로 조종할 수 있어 운전자가 오르내리는 동안 발생할 수 있는 사고를 줄이고, 설치된 여러 대의 카메라를 통해 크레인의 점검도 쉬움. 또한 운전자의 작업환경이 크게 개선되

어 몸을 기울일 필요가 없고 휴식이 자유로워짐. 지상 제어 시스템 운영을 통해 크레인 간 전환 시간을 30~40 분 정도 단축 가능함.



그림 35. Skyline Cockpit 원격조종 타워크레인 (출처: Radius Group, Vertikal)

○ 건설현장 무인 시공작업 로봇

- 현대엔지니어링은 도장전문업체 제이투이앤씨와 공동으로 개발한 외벽도장로봇을 활용해 고위험 작업 무인화를 시도하고 있음. 현대건설의 천장드릴 타공작업 무인시공 로봇은 자율주행 기반으로 제작됨. 로봇 상단의 객체 자동인식 센서를 통해 작업 지점을 찾고 지정된 작업을 원격으로 수행함.



그림 36. 외벽도장로봇 및 천장 드릴천공 작업 무인시공 로봇(출처: 현대건설)

- 삼성물산은 대명GEC와 함께 건설용 천정 앵커 설치 로봇을 개발하여 앵커 설치 전 공정을 자동화함. 이는 고소/반복작업이 가능한 건축시공 로봇으로 안전성, 시공품질, 생산성을 확보하는데 큰 도움을 줌. 기존 인력 시공 대비 최대 133%의 생산성이 증가함을 보여줌.



그림 37. 건설용 앵커설치 로봇 (출처: 삼성물산)

- 한국의 마젠타로보틱스의 실내 자율주행 도장로봇 GT PAINTER III는 자동으로 건축공사에서 3.6미터 고소 작업이 가능하며, 디지털트윈을 기반으로 하여 실시간 모니터링이 가능한 통합 제어 솔루션을 갖고 있음. 또, 객체 인식을 통해 피도장물과 모서리 등을 인식하여 자율주행 시 장애물을 피해 도장을 수행하는 기술, 도장 모션 자동 생성 및 추천 기능 등이 탑재됨.



그림 38. 실내 자율주행 도장로봇 GT PAINTER III (출처: 현대건설) & II (출처: 로봇신문사)

- 미국의 Advanced Construction Robotics은 철근 설치 로봇 IronBot과 철근결속 로봇 TyBot을 개발하였음. 이는 최대 35.6m의 폭에서 작업이 가능하며 고급 자동화 기능을 통해 BIM 계획의 입력 없이도 자체적으로 연결 및 작동이 가능하며, 최대 5,000파운드의 철근 다발을 들어 올려 운반 및 배치할 수 있음. 철근 설치 시간 50%, 설치 비용의 최대 25%를 절감함.

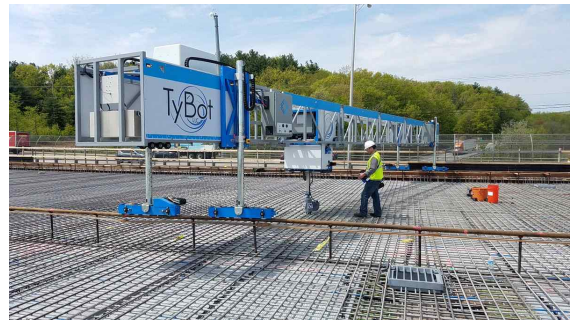


그림 39. 철근결속 로봇 TyBot (출처: Advanced Construction Robotics)

- 미국의 Dusty Robotics는 빠른 속도로 움직이며 기둥·옹벽 등의 시공 위치를 건물 바닥에 먹줄을 표시할 수 있는 자율주행 먹매김 로봇 Field Printer를 개발함. 기존대비 10배 이상 업무처리 속도를 보임.

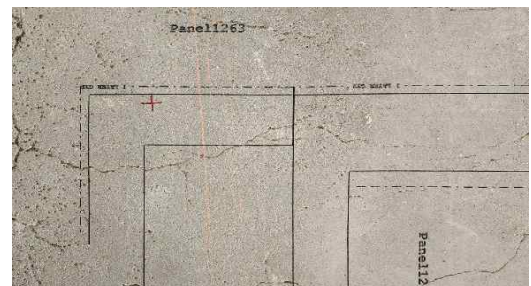
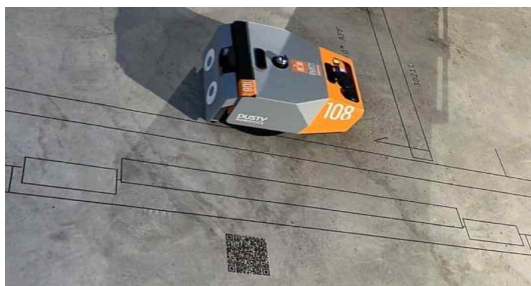


그림 40 자율주행 먹매김 로봇 Field Printer (출처: Dusty Robotics)

- 미국의 Construction Robotics는 콘크리트 블록 등의 무거운 자재를 운반할 수 있는 리프트 장비 MULE 시리즈와 반자율 벽돌 시공 로봇 SAM100을 개발함. MULE ML150는 콘크리트 블록 운반 리프트 로봇으로 최대 150파운드까지 리프팅이 가능하며, 작업 현장에서의 중량물로 인한 부상 위험을 낮추고 작업 효율을 높여 공기 단축과 공사비 절감이 가능함. SAM100은 하루 3,000개 이상의 벽돌을 배치할 수 있는 반자율 로봇으로 작업자와의 협업을 통해 시공함. 이는 하루 평균 500개의 벽돌을 쌓을 수 있던 기존 인력에 비해 5배 이상의 효율성을 보여줌.

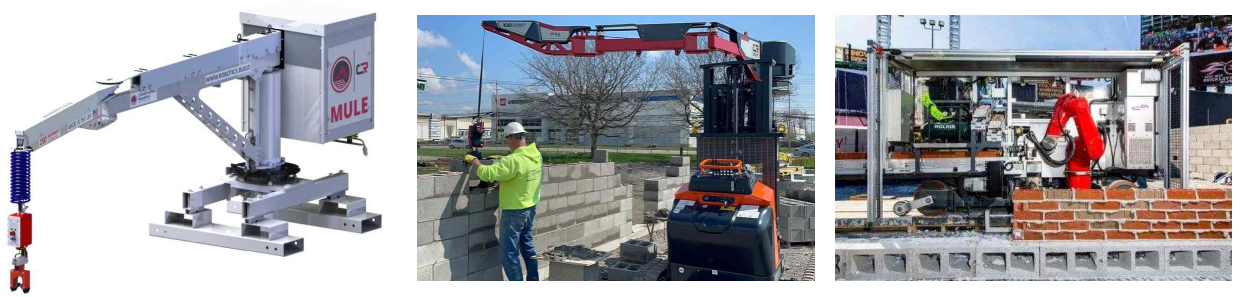


그림 41. 콘크리트 블록 운반 장비 MULE series 및 반자율 벽돌 적재 로봇 SAM100 (출처: Construction Robotics)

- 호주 Fastbrick Robotics는 조적공사 벽돌 쌓기 로봇 Hadrian X를 개발하여 트럭에 탑재되는 기중기 팔이 직접 3D CAD 모델 정보를 받아 모르타르와 접착제를 사용해 지을 집의 벽돌을 쌓음. 컨베이어 방식으로 벽돌을 제공하는 부분과 이를 받아 벽돌을 쌓는 역할을 하는 부분으로 구성되어 모듈식 형태의 조적공사가 가능하도록 함.



그림 42 벽돌쌓기 완전자율 로봇 HadrianX (출처: Fastbrick Robotics)

- 이스라엘의 OKIBO는 벽체를 대상으로 도장, 코팅, 건식벽체 마감 작업을 자율적으로 수행할 수 있는 벽체마감 자율 시공 로봇을 개발하였고, 해당 로봇은 작업이 필요한 부분의 객체를 인식하여 작업을 스스로 실시함.



그림 43. OKIBO 벽체마감 자율 시공 로봇 (출처: OKIBO)

- 독일의 KEWAZO는 Liftbot를 개발하여 많은 인력과 비용적, 공간적 제약을 받는 크레인을 대체하여 비계를 운반 및 설치할 수 있도록 함. 반자율 로봇 시스템으로 실시간 모니터링이 가능하고 반자율 제어가 가능하여 안전성을 확보함.

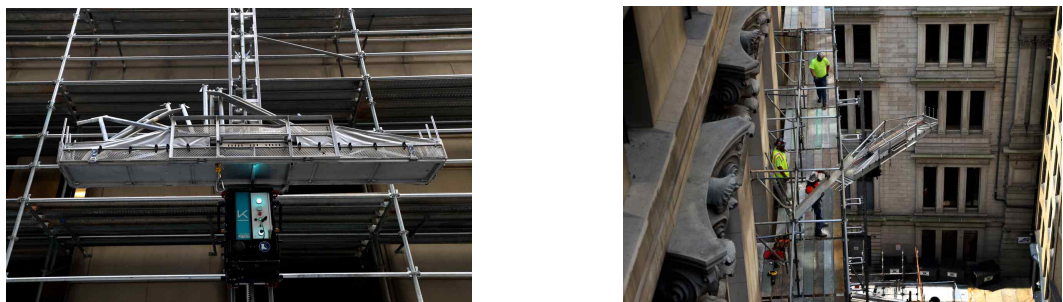


그림 44. KEWAZO Liftbot (출처: The Boston Globe)

- 스웨덴 자동차 회사인 Volvo는 콤팩트 자율주행 로봇인 CX01과 자율주행 자재운반 로봇인 TA15를 선보이며 건설 산업의 자율 주행 기반 자동화를 선도함. CX01은 대형 작업 현장에서 통신하여 자율적으로 다짐을 진행함. 소프트웨어 보정을 통해 드럼을 개별적으로 진동시켜 상쇄작용을 거쳐 소음을 줄였으며, 밀도, 온도 등의 매트 상태의 수집할 수 있음. 시를 활용해 사람의 지시 없이 작업 수행 위치 및 시점을 결정할 수 있음.
- TA15는 자율 전기 운반 트럭으로 반복적인 경로를 움직이는 작업자의 피로와 부상 위험을 줄일 수 있으며 복잡한 작업 현장에서 정밀한 작업이 수행되도록 설계함. 대형 디젤 차량에서 소형 전기 트럭으로 대체하면서 배출가스를 줄이고 생산성을 높이며, 장비의 최적화와 운반 경로의 효율성을 향상함.



그림 45. CX01 및 TA15 (출처:Volvo)

- 중국의 Guangdong Bright Dream Robotics는 건설 로봇 개발 및 BIM 디지털화 등의 지능형 건설 솔루션을 제공하여 건설 산업의 안전, 품질, 환경 보호 및 효율성을 높이고 있음. 콘크리트 슬래브 평탄화부터 바닥표면 청소, 모르타르 및 접착제 도포의 작업이 가능한 자율주행 시공로봇임.



그림 46 바닥타일부착 로봇 R-19, 바닥코팅 로봇 DPQ-02, 평탄화 로봇 BDR-1 (출처: Red Dot)

- 오스트리아의 Printstones는 건설현장에서의 다기능 로봇인 Baubot을 개발하여 밀링, 드릴링, 나사 구동, 플라즈마 절삭, 용접, 벽돌 쌓기, 벽바르기, 페인팅 붓 등 다양한 도구를 수용해 건설 현장에서 다기능으로 사용할 수 있음. 작업을 진행하면서 통합카메라를 통해 현장을 모니터링할 수 있으며 알람기능이 있음.



그림 47. 건설현장 다기능 로봇 Baubot(출처: Printstones)

◦ **건설현장 모니터링 모바일 로봇**

- 삼성물산, GS건설, 현대건설, 한화건설 등은 사람이 접근하기 힘든 사각지대의 점검과 위험구역 알림, 건설현장 3D 스캔 등 관리적인 차원의 모니터링을 4족 보행로봇 SPOT을 활용하고 있음. 또, 현대건설에서는 LiDAR와 SLAM 센서를 부착한 현장순찰 로봇을 현장에 도입하여 자율주행을 통해 현장을 모니터링 함.



그림 48. 4족 보행로봇‘SPOT’(출처: GS건설) 및 현장순찰 로봇 (출처: 현대건설)

- DL이앤씨는 토공사 현장 상공에서 찍은 사진 자료를 통해 3D 지도 위에 현장 상황을 직관적으로 쉽게 확인 가능하도록 드론을 활용하여 건설현장 기본 측량부터 시공 품질 및 하자 확인, 작업 전 안전 사각지대 촬영을 통한 근로자의 안전사고 방지 등 다양한 방면으로 활용하며 작업 효율을 높임. 포스코이앤씨는 국내 건설사 최초로 해상공사에 초음파·GPS·고성능 카메라 등의 측정장비를 탑재한 수중 드론을 활용하여 조류가 심하고 수심이 깊거나, 선박 운행 구간 등 사고 위험이 있는 환경에도 운영함.

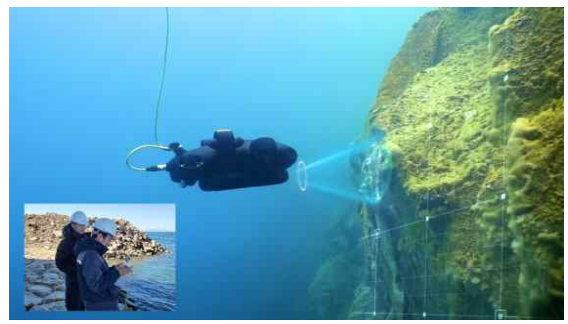


그림 49. 드론을 활용한 건설현장 측량 (출처: 뉴데일리경제) 및 해상공사 품질 확인 (출처: 에너지경제)

- 미국의 Hensel Phelps는 DJI의 건설용 드론을 활용하여 현장 계획, 현장 검사, 건물 안전 진단, 디지털 측량 등에 사용 중이며, STRABAG SE는 항공 촬영 데이터를 통해 3D 모델 생성 등의 작업에 활용하고 있음.

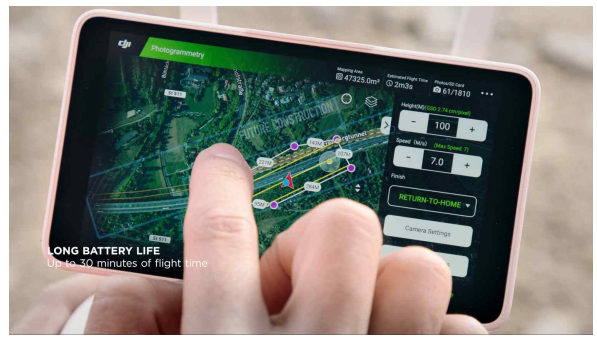
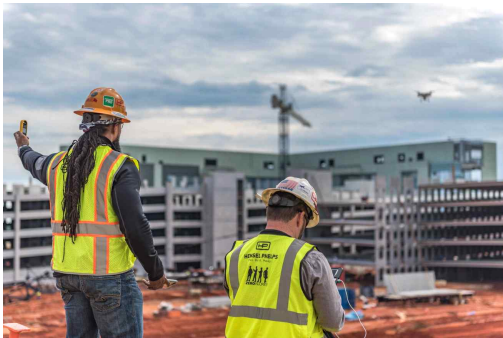


그림 50. 드론을 활용한 건설현장 내 측량 및 모니터링 (출처: DJI Enterprise)

- 스페인의 NASCA.AI는 건설 현장 모니터링 로봇과 AI 및 머신러닝 기반의 건설 BIM 연계 소프트웨어를 통해 건설 현장 내의 품질 및 공사 관리 플랫폼을 개발함. 건설 현장 모니터링 로봇은 360도 카메라와 LiDAR 센서를 활용하여 건설 현장을 자율적으로 돌아다니며 40분 안에 2,000 제곱미터를 스캔할 수 있고, 수집된 데이터는 Cloud를 통해 AI 및 머신러닝 기반의 BIM 연계 소프트웨어와 연동시켜 현재 건설 현장의 진행 상황과 품질관리에 대해 분석함. 분석 결과는 작업자에게 상세보고서로 작성하여 전달이 가능한 시스템임.



그림 51. 현장 모니터링 완전 자율 로봇 및 현장 데이터 분석 (출처: NASCA.AI)

- 국내에서 개발된 건설로봇을 공종별로 분류한 결과는 <표 4>와 같음.

표 4. 국내 개발 로봇의 요약정리

대상 공종(작업)		기술명	기관	개발연도	기술분류
철근콘크리트 공사	철근조립	WBM (Welded Wire/Bar Reinforcement Mat)	(주)다스코	2019	선조립 (철근 Pre-fab)
	콘크리트 바닥면 미장	AI 바닥 미장 로봇	현대엔지니어링, 로보블럭시스템	2020	건설로봇
	먹매김	건설현장용 먹매김로봇 플랫폼	엠디로봇	2022	건설로봇
토공사		스마트 머신 가이드 시스템 2DMG+	HD현대건설기계	2019	중장비
		컨셉트 X-2	HD현대사이트솔루션	2023	중장비, 모니터링
기계 설비	천장 타공	스마트 드릴링 로봇	삼성물산, 빌딩포인트코리아	2020	건설로봇
		드릴 타공 로봇	현대건설, 현대로보틱스	2021	건설로봇
	앵커 설치	건설용 앵커설치 로봇	삼성물산	2021	건설로봇
내화 피복	내화 붐칠	내화 붐칠 로봇	삼성물산	2021	건설로봇
도장	실내	모바일 도장 로봇 GT-PAINTER 2	삼성물산, 마젠타로보틱스	2022	건설로봇
	외벽	외벽 도장 로봇	현대엔지니어링, 제이투이앤씨	2022	건설로봇
자재 운송		GL-250 운송로봇	고레로보틱스	2024	건설로봇
전과정(모니터링)		드론 기반 현장 모니터링	LH	2021	모니터링
		건설현장 모니터링 모바일 로봇	GS건설, 큐픽스	2022	모니터링

- 국외에서 개발된 건설로봇을 공종별로 분류한 결과는 <표 5>와 같음.

표 5. 국외 개발 로봇의 요약정리

대상 공종(작업)		기술명	기관	개발연도	기술분류
철근콘크리트 공사	철근조립	TyBot	Advanced Construction Robotics	2017	선조립 (철근 Pre-fab)
		IronBot	Advanced Construction Robotics	2023	선조립 (철근 Pre-fab)
	콘크리트 벽면 미장	벽체마감 자율 시공 로봇	OKIBO	2021	건설로봇
	먹매김	Field Printer	Dusty Robotircs	2018	건설로봇
토공사		CX01	Volvo	2021	중장비
		TA15	Volvo	2021	중장비
		M.G를 활용한 원격조종크레인	Skyline Cockpit	2021	중장비
		DX225-CX	Develon	2023	중장비
		DD100-CX	Develon	2023	중장비
조적공사		SAM100	Construction Robotics	2017	건설로봇
		Hadrian X	Fastbrick Robotics	2020	건설로봇
기계 설비	천장 타공	Jaibot	Hilti	2020	건설로봇
	드릴링	Baubot	Printstones	2021	건설로봇
전과정(모니터링)		건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램	NASKA.AI	2020	모니터링

□ 기존 국내 건설로봇의 요소기술 심층 분석

◦ 요소기술 사전분석

- 국내에서 개발된 건설로봇의 요소기술을 사전 분석한 결과는 아래와 같음. 특히 AI 기술과 다수 로봇 동시 운용 관련 기술은 개발되었지만, 현장 적용성 검토를 통해 실제 구현 단계까지 이르지 못한 경우가 많았음.

표 6 . 국내 개발 건설로봇의 요소기술 분석

로봇 (기업)	미장로봇 (현대엔지니어링)	산업용 다관절 로봇 (현대건설)	사족보행로봇 (GS 건설)	천장 앵커링 로봇 (삼성물산)
건설작업	미장작업	조형물 제작	현장모니터링	천장 앵커링 작업
구동특징	- 계획은 자율주행 및 군집운행이었으나 현장적용성 검토 후 원격조정 방식으로 - 2개의 BDLC 모터	- 정밀한 위치 제어 - 7개 관절로 비정형의 다양한 패턴 출력	- GS에서는 로봇이 아닌 로봇이 수집한 데이터를 관리하기 위한 플랫폼 개발함. - 360도 카메라, IoT센서, LIDAR를 부착하여 위치정보, 센서정보, 이미지 등이 시차별로 기록되도록 함.	- 초기모델은 자율주행이었으나 최신모델은 현장에 적합하도록 수동주행 - 드릴, 펀칭, 너팅일괄 시공이 가능하나 사람이 Tool을 바꿔줘야 함.
동력공급	- 구동전압 : 48V DC 입력 - 입력전류 : 22A (완충 시 3시간 운영 가능)	- 유선 - 3상 220 v 사용	- 60분 충전 (완충시 평균 90분 사용)	- C 220V, 60Hz / 단상 / 콘센트 사용 (완충 시 6시간 운영 가능)
통신기술	- 무선 RC 컨트롤러 : 원거리 1Km 무선원격 컨트롤러로 조정	- 컨트롤러 박스와 노트북 랜선을 연결하여 코딩해서 사용	- LTE/ Wifi (현장에서 원활한 사용이 가능하도록 네트워크가 되지 않아도 사용할 수 있도록 설계함.)	무선 AP 통신
이동방식 및 작업 위치인식	- 슬라이딩 - 원격조정	- 로봇이 작업 위치까지 이동할 수 있게 자율주행기술을 보유한 운반용 기계 차량에 탑재해 현장 어디에서나 작업이 가능하도록 함.	- 자율주행 - LiDAR, IMU, 카메라, SLAM 기술을 사용하여 위치 인식 - GPS는 건물 외부 환경에서 위치추적	- 수동수행, 전동 대차형 - 로보틱 토탈스테이션(RTS) 기술을 활용하여 실시간으로 자기 위치를 파악하고 사전에 입력된 앵커 작업 위치 좌표와 실시간으로 트래킹 되는 정보는 통합제어 S/W를 통해 작업자가 확인
시기반 상황인식	해당없음	해당없음	해당없음	해당없음
다수로봇 동시운용	해당없음	해당없음	해당없음	해당없음

- 국내 건설로봇의 현장 준비도와 로봇 기술 성숙도를 평가한 결과, 기술 성숙도는 로봇별 및 기업별로 차이가 있었으나, 현장 준비도는 공통적으로 '부분 수용 가능 단계'로 평가됨. 이를 통해 로봇 요소기술의 현재 수준과 건설작업에 대한 심층적인 분석을 바탕으로, 건설현장에 적합한 건설로봇을 위한 요소기술별로 성능 정의가 필요함을 확인할 수 있었음. 또한, 로봇 친화형 건설 환경 구축을 위해 제도 및 관행 개선이 필수적임을 알 수 있었음.

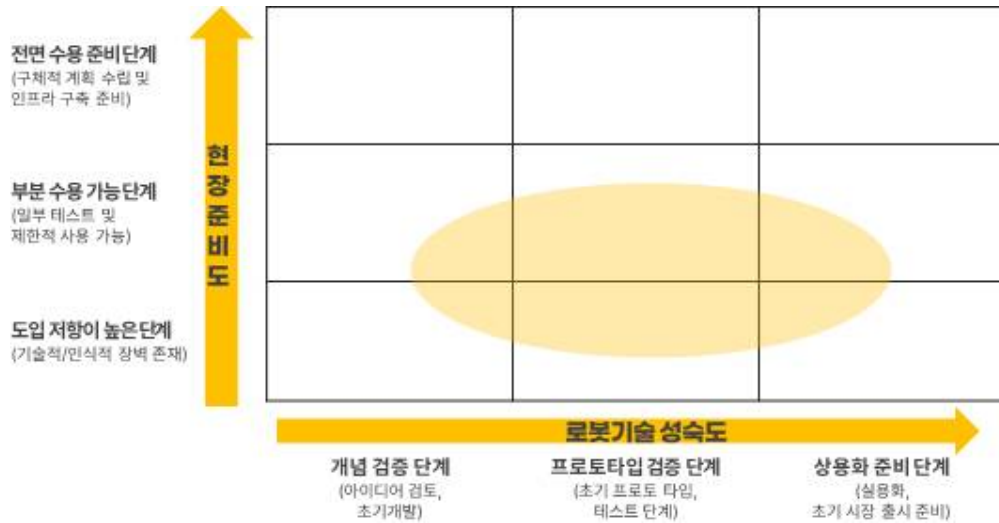


그림 52. 건설로봇 기술성숙도 vs 현장준비도 분석 결과

- 건설로봇을 이미 개발하고 활용하고 있는 건설기업의 개발 담당자들을 대상으로 인터뷰 실시
 - 건설로봇을 이미 개발하고 활용하고 있는 건설기업(현대엔지니어링, 현대건설, 삼성물산, GS건설)의 개발 담당자들을 대상으로 인터뷰를 실시하였으며, 인터뷰 내용을 요약하면 다음과 같음.

표 7 . 국내 건설로봇 개발한 건설기업 대상 인터뷰

주요시사점	세부내용
현장의 pain point 해결 중심의 전략 수립 필요	<ul style="list-style-type: none"> • 현장의 반복적이고 핵심적인 문제 파악 필요 : 매일 발생하는 Pain Point를 명확히 정의하고 이를 해결할 수 있는 로봇 솔루션을 제시해야 함. 예를 들어, 창문 설치와 같은 마감 공사의 반복 작업은 로봇이 수행하기 적합한 영역으로 평가됨. 진짜로 크리티컬한 문제를 파악하기 위해, 현장에서 일하는 작업반장이나 실무자를 직접 만나 구체적인 요구를 파악하는 과정이 필수적. 시공사가 적극적으로 도입할 수 있는 업무는 관리감독업무에 한함. 작업반장, 실무자와의 인터뷰 및 현장 설문조사를 통해 Pain Point를 체계적으로 수집하고 분석할 수 있는 방법론 제시가 필요함. • 현장 중심의 기술개발 필요 : 비정형적 환경에 적합한 AI 기반 판단 기술, GPS 대체 기술, 환경 적응형 센싱 기술 등 로봇 기술의 현장 적응성을 높이는 방향으로 개발 필요. 예를 들어, 작업 동선 간섭을 최소화하고, 네트워크가 불안정한 상황에서도 로봇이 작업을 수행할 수 있도록 API 기반 시스템 개발이 중요함.
로봇 친화적 건설 환경 구축 필요	<ul style="list-style-type: none"> • 현장의 비정형성 극복 필요 : 건설 현장은 날씨, 먼지, 진동 등 비정형적이고 변화무쌍한 환경으로 인해 로봇 기술이 적응하기 어려운 상황임. 자율주행 로봇도 현장 환경에 맞춰 성능이 후퇴하거나 반자동화로 변경되는 사례가 있음. 비정형성을 극복하기보다는 건설환경을 로봇 친화적으로 정형화하기 위한 노력이 더 효율적일 수 있음. • 사전 준비 작업 중요성 : 로봇이 효과적으로 작동하려면 바닥 정리, 전기 공급, 동선 확보 등 사전 작업이 필수적이지만, 이러한 준비 작업이 번거로워 현장에서 실행되지 않는 경우가 많음. • 설계단계에서 로봇 친화적 환경 반영 필요 : 로봇의 무게와 작업 특성을 고려한 설계와 공정 통합이 이루어져야 함. • 현장 준비도 강화 : 로봇 기술 자체를 발전시키기보다는 현장의 준비도를 높이고, 로봇 친화적 환경을 구축하는 것이 더 효율적이라는 의견이 공통적임. • 사용자 친화적 인터페이스 : 특히 고령 근로자가 쉽게 사용할 수 있도록 협업 로봇에 사용자 친화적인 인터페이스를 적용하는 것이 중요함.

<p>생산성 및 신뢰성 확보에 대한 명확한 목표 설정 필요</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ROI(Return on Investment)의 명확화 : 로봇 도입이 현장에서 공기단축, 인건비 절감 등 구체적인 생산성 효과를 입증할 수 있어야 함. 100% 자동화가 불가능하다면, 잔여 작업(20%)을 사람이 해야 하는 상황에서 로봇 도입의 실효성이 낮아짐. • 신뢰성 있는 품질 보장 : 로봇이 수행하는 작업 결과에 대한 신뢰성이 보장되지 않으면 현장에서 받아들여지지 않음. 품질관리와 데이터 기반의 신뢰성 확보가 중요. 특히 품질, 안전, 공정관리와 같은 핵심 작업에서 로봇 도입의 효과를 명확히 제시해야 함. • 단순 반복 작업 중심으로 시작 : 반복적이고 저부가가치 작업(예: 철근 결속, 평판도 작업 등)부터 로봇 도입을 시작하고, 이후 고부가가치 작업으로 확대하는 단계적 접근이 필요 함. 로봇이 사람이 할 때보다 시간이 더 걸리는 경우가 있지만 밤까지 계속해서 일할 수 있다면 생산성이 향상된다고 할 수 있음. • 반자동화에서 점진적 자동화로 확장 : 전자동화를 목표로 하기보다는 반자동화를 통해 점진적으로 고도화된 기술을 적용하는 현실적인 접근이 필요. • 성공 사례 창출 : 작은 성공 사례를 만들어 현장에서의 신뢰를 쌓아가는 것이 중요. 공기 단축, 품질 개선, 안전 강화 등 구체적인 성과를 입증해야 함.
<p>건설사, 협력사, 로봇 개발사 간 협력 필요</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 생태계 구축 : 건설 로봇 생태계가 아직 초기 단계에 머물러 있으며, 건설사와 협력사 간의 긴밀한 협력이 필수적임. 로봇 개발사들이 건설 현장의 특수성으로 인해 진입을 꺼리는 경향이 있으므로, 생태계를 형성하고 기술 표준화를 통해 진입 장벽을 낮춰야 함. • 협력업체의 역할 강화 : 로봇이 수행하는 업무는 대부분 협력업체의 작업이므로, 협력업체의 참여와 협조가 필수적임. • 다양한 전문가의 참여 필요 : 건설사와 로봇 개발사뿐 아니라, 학계 전문가와 연구자들이 지속적으로 참여하여 장기적인 로봇개발 아젠다를 설정하고 연구를 주도해야 함. 융합연구 팀 구성 및 산학 협력을 통한 혁신적인 기술 개발이 필요함.

□ 로봇 종류별 기술적 한계점 및 공동주택 적용을 위한 필요기술

- 기존에 개발된 로봇을 작업보조 로봇, 보드류 설치 로봇, 습식벽체 시공 로봇, 도장 로봇, 바닥재 설치 로봇으로 구분하고 각 세분류별 로봇 제작사, 로봇 명, 공동주택 적용시 기술적 한계점, 공동주택 적용을 위한 필요기술을 정리하였으며, 그 결과는 아래 표와 같음.

① 벽체 AL폼 로봇

표 8. 기존 벽체 AL폼 로봇의 활용 한계점 및 필요기술

기존 개발 로봇			공동주택 적용 시 기술적 한계점	공동주택 적용을 위한 필요 기술
분류	로봇 제작사	로봇 명		
AL폼 수직 운반 로봇	프리지	층간 자재 운반 리프트	<ul style="list-style-type: none"> • 층간 운반은 가능하나 목적층 도달 시 작업자의 운반이 필요 • 완전 자동화 방식이 아니므로 작업자의 제어가 필요 • 인양구를 통해 운반을 하는 형식으로 설치 장소의 제약이 발생 • 로봇의 원격 제어 및 모니터링이 불가능하여 실시간 작업 현황을 확인하기 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> • 운반 계획 및 현황 확인을 위한 무선 통신 네트워크 및 관제/모니터링 시스템 구축 • 자동화 수준을 높일 수 있는 다양한 기술

② 벽체 시공 로봇

표 9. 벽체 시공 로봇의 활용 한계점 및 필요기술

기존 개발 로봇			공동주택 적용 시 기술적 한계점	공동주택 적용을 위한 필요 기술
분류	로봇 제작사	로봇 명		
미장 로봇	현대 엔지니어링	AI 바닥 미장로봇	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 바닥면 평활도에 따른 미세작업 조절이 불가능하고, 로봇의 정밀 작업 성능이 부족 작업 범위를 새로 지정할 시, 작업자가 로봇의 위치를 이동시켜야 함 층간 이동 및 협소 공간에서의 작업이 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> 자율주행을 위한 배터리 잔량에 따른 스테이션 충전 및 작업 복귀 시스템 자율적인 작업 범위 선정과 지속적인 작업이 가능하도록 BIM 기반의 통합로봇 운영시스템 정밀 미장이 가능한 상하부체 정밀 공조 작업제어 기술
	OKIBO	벽체 및 천장 미장 자율 시공 로봇	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 협소 공간 이동 및 작업이 불가능 작업 동선상 방해되는 장애물의 인식이 어려움 층간 이동을 위한 호이스트와의 연계가 필요함 배터리 수명이 짧음 	<ul style="list-style-type: none"> 로봇의 경량화와 협소 공간 작업 및 이동이 가능하며, Payload를 고려한 플랫폼 배터리 잔량에 따른 스테이션 충전 및 작업 복귀 시스템 장애물 인식 후 경로변경을 위한 알고리즘 기술
도장 로봇	삼성물산	내화 뿔칠 로봇	<ul style="list-style-type: none"> 로봇 작업을 위한 이동 및 작업 공간이 협소하여 사용이 어려움 원격 제어를 통해 움직이므로 작업자가 상시 조작이 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> 로봇의 경량화와 협소 공간 작업 및 이동이 가능한 플랫폼 BIM 기반의 완전 자율 작업계획수립 및 작업 경로 생성 기술 장애물 인식에 따른 경로변경 알고리즘 기술
	현대 엔지니어링	외벽 도장 로봇	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 외벽의 개구부 여부에 따라 정밀한 도장 작업에 한계 장애물이 있는 경우 설치 및 운용이 제한적 외부에서 로봇의 전원을 공급 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 개구부 인식을 위한 센서 및 BIM 기반의 완전 자율 작업계획수립 및 작업 경로 생성 기술 장애물에 따른 경로변경 알고리즘 기술
	삼성물산 & 마젠타 로보틱스	GT PAINTER II	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 현장에서 완전 자율 층간 이동이 불가능 스프레이 도장 시 발생하는 분진으로 사전 보양 작업 등이 필요 도장 시 작업 속도 및 분사량의 세밀하고 정확한 조절이 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 분진 저감을 위한 필터 방식의 흡인 장치 작업환경에 따른 페인트 분사량 및 작업 속도 조절 알고리즘
조적 로봇	Fastbrick Robotics	Hadrian X	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 특성상 협소한 장소에서 적용하기 어려움 완전 자율이 아닌 작업자의 제어가 일부 필요 블록의 적재 위치가 정해져 있어 작업자가 꾸준히 블록을 공급하는 방식 (완전 자율 x) 원격작업 모니터링이 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> 로봇의 소형화 및 경량화 BIM 기반 완전 자율 작업계획수립 및 작업 경로 생성 기술 센서를 활용한 블록 적재 위치 인식 및 블록 자동 공급 시스템 네트워크 시스템 구축을 통한 외부 모니터링 기능
	Construct ion Robotics	SAM100	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 특성상 협소한 장소에서 적용하기 어려움 작업을 위해 레일을 설치하므로 이동 방향 및 범위가 제한적 Payload가 낮아 하중물 작업 처리가 불가능 외부로부터의 전원 공급이 필요 반자율형 로봇으로 4명의 보조 작업자가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 로봇의 경량화와 협소 공간 작업 및 이동이 가능하도록 플랫폼 BIM 기반 완전 자율 작업계획수립 및 작업 경로 생성 기술
미장 로봇	현대 엔지니어링	AI 바닥 미장로봇	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 바닥면 평활도에 따른 미세작업 조절이 불가능하고, 로봇의 정밀 작업 성능이 부족 작업 범위를 새로 지정할 시, 작업자가 로봇의 위치를 이동함. 층간 이동 및 협소 공간에서의 작업이 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> 자율적인 작업 범위 선정과 지속적인 작업이 가능하도록 BIM 기반의 통합로봇 운영시스템 정밀 미장이 가능한 상하부체 정밀 공조 작업제어 기술
	OKIBO	벽체 및 천장 미장 자율 시공 로봇	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 협소 공간 이동 및 작업이 불가능 작업 동선상 방해되는 장애물의 인식이 어려움 층간 이동을 위한 호이스트와의 연계가 필요함 배터리 수명이 짧음. 	<ul style="list-style-type: none"> 로봇의 경량화와 협소 공간 작업 및 이동이 가능하며, Payload를 고려한 플랫폼 장애물 인식 후 경로변경을 위한 알고리즘 기술

③ 바닥재 설치 로봇

표 10. 바닥재 설치 로봇의 활용 한계점 및 필요기술

기존 개발 로봇			공동주택 적용 시 기술적 한계점	공동주택 적용을 위한 필요 기술
분류	로봇 제작사	로봇 명		
타일 시공 로봇	DGIST	스마트 바닥 마감재 시공 장치	<ul style="list-style-type: none"> 로봇 운용을 위한 3D 측위 장치가 필요 타일 부착을 위한 여러 종류의 로봇 모듈이 필요함 공동주택 특성상 좁은 통로가 많은 곳에서의 활용이 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 3D 측위를 위한 내부 3D 센서 공동주택에 적합한 크기 및 구조로의 로봇 플랫폼 타일 접착제 도포 및 적재, 부착 등의 기능 통합으로 불필요한 로봇의 사용 최소화 필요
	삼성물산	액세스 플로어 운반 및 설치 로봇	<ul style="list-style-type: none"> 액세스 플로어의 설치 패널에 비해 큰 로봇의 크기로 공동주택 적용이 어려움 국내 공동주택은 액세스 플로어를 사용하지 않아 낮은 적용성 층간 이동을 위한 호이스트 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택에 적합한 크기 및 구조로의 로봇 플랫폼 재설계 다른 바닥재 설치가 가능하도록 Gripper 작동부 개선

3) 소결

◦ 요약

- 건설 로봇은 설계단계부터, 토공사, 기초공사, 골조 및 마감공사의 단계에서 이루어지는 사람이 수행하는 수많은 작업공정을 대체할 수 있는 잠재성을 가지고 있고, 특별히 평면이 복잡하고, 층별 반복성이 높으며, 고소작업이 많은 공동주택 건설현장에서 활용도가 높은 기술임.
- 이에 최근 건설산업의 자동화를 위한 로봇기술의 개발이 국내외에서 활발하게 이루어지고 있음. 특히, 미국, 일본, 유럽 등을 포함한 국가에서는 이미 현장에서 로봇들을 적용하고 있고, 이들 기술들은 하나의 로봇이 하나의 특정 작업을 수행하는 작업로봇이 주를 이루고 있음.
- 현장에서 적용되고 있는 로봇들은 1) 건설중장비의 무인자동화 로봇, 2) 무인 시공작업 로봇, 3) 현장관리를 위한 소형 모바일 모니터링 로봇 등으로 분류가능함.
- 이러한 형태의 로봇을 현장에 적용하면, 건설산업의 노동집약적인 산업의 체질을 디지털화, 자동화를 통하여 개선할 수 있고, 위험지역에서 사람을 대체하여 작업을 수행할 수 있으므로 안정성 향상을 도모할 수 있으며, 작업의 정확도와 효율성 향상, 비용절감 등의 효과를 기대할 수 있음.



그림 53 기술형태별 건설로봇

◦ 시사점

- 국내외 상용화 되고 있는 건설로봇은 특정 단위작업을 수행하기 위한 로봇이 주를 이루고 있음. 예를 들면, 미장 등 시공작업을 위한 로봇, 특정 자재를 운반하는 운반로봇으로, 하나의 플랫폼이 하나의 작업을 수행하는 형태임.
- 반복적이고 표준화가 되어있는 공장생산 형태의 제조업과 달리 특정 기간 동안 제한적인 물리적 공간에서 다양하고 복잡한 공종이 동시다발적으로 일어나는 건설업에서는 작업과 로봇의 일대일 매칭 방식의 로봇적용은 로봇작업의 간섭이 발생할 수 있음.
- 특히, 공동주택 현장은 저부가가치의 다양한 단순작업이 좁은공간에서 일어나므로 단위작업들을 대체하는 담당 로봇들을 한 번에 많이 투입하기가 어려움. 따라서, 공동주택 현장에서 활용할 수 있는 다용도-건설작업로봇의 개발이 필요하고, 대상 로봇의 작업 범위와 시나리오 분석 등 적용을 위한 구축기술이 필요할 것으로 보임.
- 또한 제조업과 달리 건설업의 특성상 완전 로봇자동화를 달성하는 것은 현실적으로 어려워 소수의 관리자, 작업자, 로봇의 상호 협업이 가능한 에코시스템이 구축되어야 함. 이에 다용도-건설작업로봇과, 작업자, 관리자를 아우르는 통합관리기술의 필요성이 강조됨.
- 전 세계적으로 건설산업의 디지털화, 자동화의 요구는 증대되고 있으나, 산업의 특성상 타 산업에 비해 기술개

발, 산업 생태계 조성 및 제도기반 마련 등이 늦는 실정임. 따라서 공동주택 다용도 건설작업로봇의 제조와 현장 적용을 위한 산업 생태계 마련, 로봇의 설계 표준화, 제도법령 마련, 로봇 작업분류체계 제안 등이 시급함.

- 공동주택 다용도 건설작업로봇 기술의 구현 및 실증을 통한 기술 신뢰도를 확보하고, 국내 사업화를 통한 건설산업의 이미지 제고 및 국내 산업경쟁력 확보가 가능함. 더불어, 타 선진국가보다 실질적인 건설로봇 적용을 앞서, 건설로봇의 해외수출을 통해 국가경쟁력을 확보할 수 있음.



그림 54. 국내의 기술개발 현황 및 사례분석에 따른 시사점

- 건설로봇을 이미 개발하고 활용하고 있는 건설기업의 담당자들을 대상으로 실시한 인터뷰를 통해 도출된 시사점으로, 로봇을 효과적으로 건설 현장에 도입하기 위해서는 로봇 친화적 건설 환경을 구축하고, 생산성과 신뢰성 확보를 위한 명확한 목표 설정이 필요함이 확인됨. 또한, 건설사, 협력사, 로봇 개발사 간의 협력 체계 강화와 현장의 주요 Pain Point 해결을 중심으로 과제를 기획해야 함을 확인함. 특히, 건설 현장의 특수성을 반영한 문제 정의와 기술 적용 방안을 통해 실질적인 성과를 도출하는 방향으로 과제를 수행해야 함을 확인함.

1.3. 연구 및 특허 동향

1) 국내외 연구동향

□ 국내외 건설작업로봇 설계, 개발, 통합운영 플랫폼 연구동향

- 연구동향을 조사하기 위해 수집대상 주요 키워드를 구축하고, 자료수집, 범주별 클러스터링을 수행한 뒤 최종적으로 연구동향 분석을 수행하였으며, 주요 순서는 아래 그림과 같음.

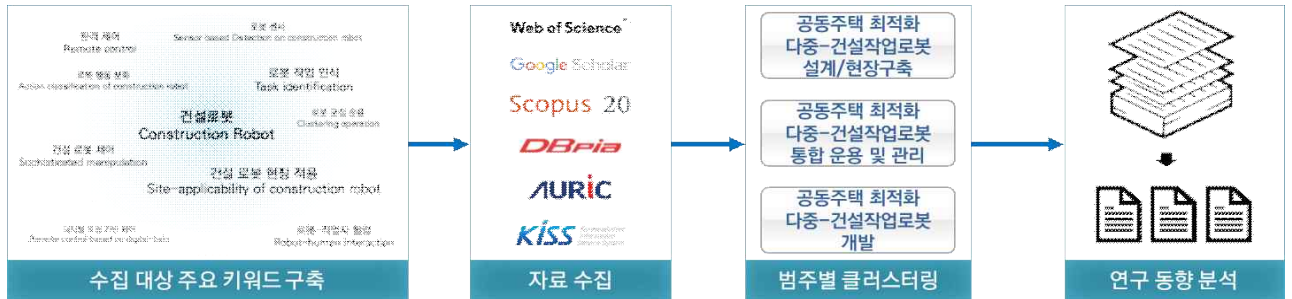


그림 55. 국내외 연구동향 분석 절차

- 세부적으로 로봇관련 문헌조사를 위한 키워드는 설계, 통합운영, 현장적용의 세가지 범주로 구성하였음. 주요 키워드는 건설로봇+센서+인식, 건설로봇+행동분류, 건설로봇+최적설계 등과 같은 복합적 키워드로 구성하여 검색을 수행하였음.

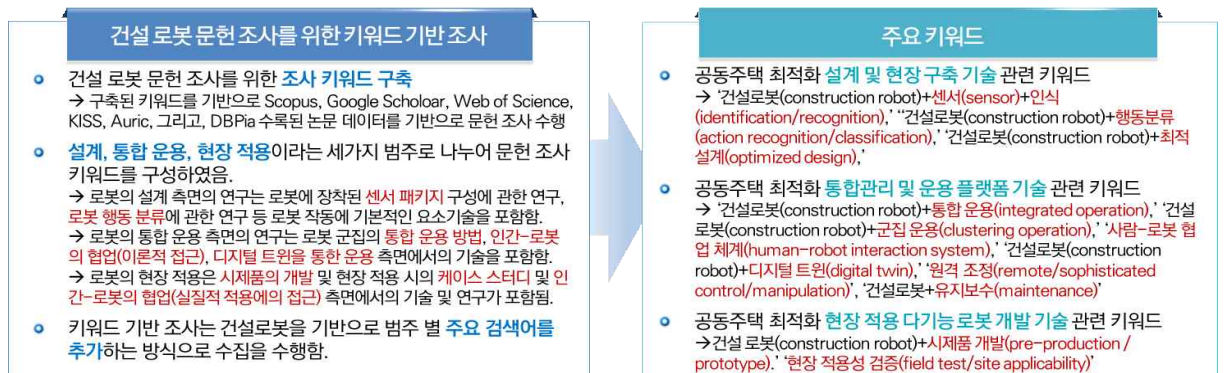


그림 56. 키워드 기반조사 및 키워드 도출

- 앞서 도출한 키워드를 기반으로 최근 4년간(2021년~2024년)을 중심으로 국내 논문 및 해외 논문을 검색하였으며, 각각의 논문의 내용을 연구 키워드를 기반으로 클러스터링 한 결과는 아래 그림과 같음.

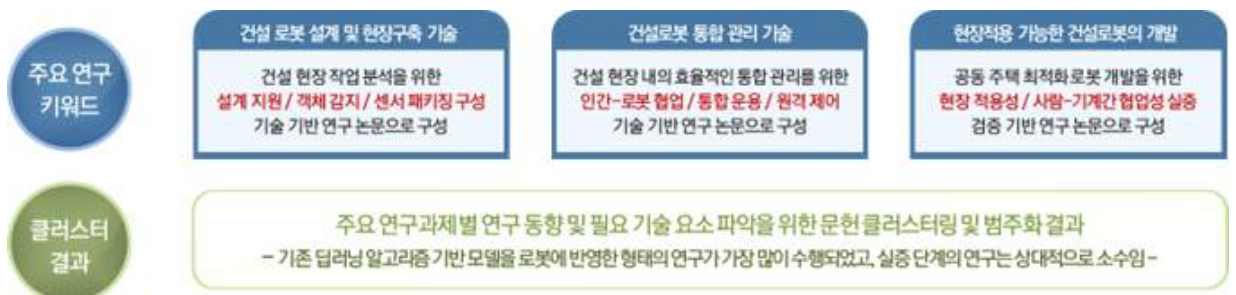


그림 57. 주요 연구 키워드별 범주화 결과

- 이를 다시 건설작업로봇 현장적용 연구 현황, 인간-로봇 협동(HRC) 연구 현황, 통합운영 관제 연구 현황으로 구분, 세분류하여 정리하였으며, 이에 따른 연구개발 방향을 제시하고 있음.

표 11. 국내· 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계, 개발, 통합운영 플랫폼 연구동향

저자	년도	논문제목	저널
양현진, 안용한	2024	건설 현장 내 이동형 로봇의 적정 안전거리 산정을 위한 기초연구	한국건축시공학회
송영재 외 2인.	2023	건설현장 위험요소 계측을 위한 센서 패키지 구성 연구	대한건축학회
심우석 외 4인.	2023	건설현장 안전을 위한 로봇 기반 안전장비 식별 시스템	제어로봇시스템학회
이승열 외 3인.	2023	건설용 다목적 자율주행 작업 로봇 시스템	한국정밀공학회
손석운 외 8인.	2023	건설로봇 유지보수에 대한FRACAS적용	한국정밀공학회
이대국, 박태준	2023	건설현장에 협동로봇 적용 시 조작 모델리티와 인식정확도가 사용자의 신뢰와 수용에 미치는 영향	송실대학교
주성하 외 3인.	2023	사족보행로봇(SPOT)을 활용한 건설현장 스마트 안전 모니터링 적용 연구	한국측량학회
황영서, 양강혁	2023	인간-로봇 협동 건설작업 수행을 위한 객체탐지 모델 기반 핸드오버 상황 인식 기술 개발	전남대학교
최성웅 외 2인	2022	스마트 필드로봇의 시뮬레이션 모델 구축 및 심층강화학습을 이용한 작업경로 학습에 관한 연구	울산대학교
김명준, 박문서	2022	건설로봇의 오작동과 신뢰 회복	서울대학교
박규선 외 4인	2022	건축물 골조공사 먹매김시공 자동화 로봇 프로토타입 개발	한국건축시공학회
조재범 외 5인	2022	수중건설 로봇 실시간 해석을 위한 유체력모델 개발	대한기계학회
정명수 외 7인	2021	상수도 배관의 갱생 공정을 위한 배관 건설 로봇 개발	한국로봇학회
Le Quang Hoan, 양순용.	2015	필드 로봇의 원격제어를 위한 스마트 감시 시스템에 관한 연구	울산대학교
박성훈 외 3인.	2009	고층건물 시공 자동화 시스템의 성능 기준 분석 모델	대한건축학회
DoyunLee et. al.	2024	Vision-based construction robot for real-time automated welding with human-robot interaction	Automation in Construction
Changchun Institute of Optics et al.	2024	Recent Advances in Robotics and Intelligent Robots Applications	Applied Sciences
Hyo Gon Kim et al.	2024	Development of a Multi-Robot System for Pier Construction	Machines
Ruocheng Feng et al.	2024	Research on the System Design and Target Recognition Method of the Rebar-Tying Robot	Buildings
Shuai Li et al.	2024	A scheme of installing ALC wall panels based on autonomous mobile robot	Journal of Building Engineering
Yundong Wang et al.	2024	VR map construction for orchard robot teleoperation based on dual-source positioning and sparse point cloud segmentation	Computers and Electronics in Agriculture
Srijeet Halder et. al.	2023	Construction inspection & monitoring with quadruped robots in future human-robot teaming: A preliminary study	Journal of Building Engineering
Maximilian Schöberl et al.	2023	Cobotuptake in construction: embedding collaborative robots in digital construction processes	Construction Robotics
Valentin N. Hartmann et al.	2023	Long-Horizon Multi-Robot Rearrangement Planning for Construction Assembly	Transactions on Robotics
Tzu-Hsuan Lin et al.	2023	AI-powered shotcrete robot for enhancing structural integrity using ultra-high performanceconcrete and visual recognition	Automation in Construction
Antonio Adán et al.	2023	Robot for thermal monitoring of buildings	Automation in Construction
Danny Friese et al.	2023	Robot-Assisted Manufacturing Technology for 3D Non-Metallic Reinforcement Structures in Construction Applications	Buildings
Yuan Sun et al.	2023	Safe Human-Robot Collaboration in Construction: A Conceptual Perspective	Journal of Safety Research
Stefana Parascho	2023	Construction Robotics: From Automation to Collaboration	Annual Review of CRAS
Weiguo Xu et. al.	2022	Toward automated construction: The design-to-printing workflow for a robotic in-situ 3D printed house	Case Studies in Construction Materials
Liang Yang et. al.	2022	Automated wall-climbing robot for concrete construction inspection	Journal of Field Robotics

Mohdi Momeni et. al.	2022	Automated fabrication of reinforcement cages using a robotized production cell	Automation in Construction
Ba Xiao et. al.	2022	Recent advancements of robotics in construction	Automation in Construction
Xinxing Chen et al.	2022	Robot for automatic waste sorting on construction sites	Automation in Construction
Lu Wang et al.	2022	Research on Construction Performance Evaluation of Robot in Wooden Structure Building Method	Buildings
AdetayoOlugbenga Onososenet al.	2022	Research Focus for Construction Robotics and Human-Robot Teams Towards Resilience in Construction: Scientometric Review	Journal of Engineering, Design and Technology
XingeZhao et al.	2022	BIM-based indoor mobile robot initialization for construction automation using object detection	Automation in Construction
Oscar Wong Chong et al.	2022	BIM-based simulation of construction robotics in the assembly process of wood frames	Automation in Construction
Yang Zhou et al.	2022	Building Information Modeling-Based 3D Reconstruction and Coverage Planning Enabled Automatic Painting of Interior Walls Using a Novel Painting Robot in Construction	Journal of Field Robotics
Kathrin Dörfleret al.	2022	Additive Manufacturing using mobile robots: Opportunities and challenges for building construction	Cement and Concrete Research
Yang Tian et al.	2022	Automated Rust Removal: Rust Detection and Visual Servo Control	Automation in Construction
Shun Zhao et al.	2022	Application and Development of Autonomous Robots in Concrete Construction: Challenges and Opportunities	Drones
Dongmin Lee et al.	2022	Digital twin-driven deep reinforcement learning for adaptive task allocation in robotic construction	Advanced Engineering Informatics
Sungjin Kim et al.	2021	Development of BIM-integrated construction robot task planning and simulation system	Automation in Construction
Muhammad Ilyas et al.	2021	Robot-Assisted Object Detection for Construction Automation: Data and Information-Driven Approach	Robotics & Automation Society
Yi Leng et. al.	2021	Automated construction for human-robot interaction in wooden buildings: Integrated robotic construction and digital design of iSMARTwooden arches	Journal of Field Robotics
Aiyu Zhu et al.	2021	Smart component-oriented method of construction robot coordination for prefabricated housing	Automation in Construction
Xi Wang et al.	2021	Interactive and Immersive Process-Level Digital Twin for Collaborative Human-Robot Construction Work	Journal of Computing in Civil Engineering
Edvard P.G. Bruun et al.	2021	Recent advancements of robotics in construction	Automation in Construction
Nicole E. Carey et al.	2021	Validating a Termite-Inspired Construction Coordination Mechanism Using an Autonomous Robot	Frontiers in Robotics and AI
Sina Karimi et al.	2021	An Ontology-Based Approach to Data Exchanges for Robot Navigation on Construction Sites	arXiv
Xiang Li et al.	2021	Construction Robot Localization System Based on Multi-sensor Fusion and 3D Construction Drawings	International Conference on Robotics and Biomimetics
Kereshmeh Afsari et al.	2021	Fundamentals and Prospects of Four-Legged Robot Application in Construction Progress Monitoring	EPICSeries in Built Environment
Tobias Bruckmann et al.	2021	Simulation and optimization of automated masonry construction using cable robots	Advanced Engineering Informatics
Zhu Huang et. al.	2021	Understanding the key takeaway of construction robots towards construction automation	Engineering, Construction and Architectural Management

□ 건설작업로봇의 현장 적용 연구 현황

표 12. 벽체설치 및 마감 로봇 관련 연구 현황 분석

현재 연구 수준					
<ul style="list-style-type: none"> - 최근 건설로봇은 벽 설치 및 벽체 도장 같은 작업에 유용하게 사용되고 있음 - 현재 연구는 복잡한 건설 환경에서 자율성, 적응성 및 정밀성을 향상시키는 데 중점을 두고 있음 - 구체적인 연구 기술로는 ALC 벽체 설치 로봇 (Li et al.,2024), 정밀한 벽돌쌓기를 위한 로봇(Shi et al.,2024), BIM 기반 3D 모델 생성을 이용한 벽체 도장 로봇(Shi et al.,2024) 등이 있음 					
공동주택 적용 한계점					
<ul style="list-style-type: none"> - 일부 연구에서 유망한 결과를 얻었음에도 불구하고, 현재의 로봇 시스템은 아파트 건설현장 적용에 어려움이 있음 - 현재 연구된 로봇 시스템은 좁은 복도와 좁은 공간과 같은 공간적 제약으로 인해 이동성과 기능이 제한되어 있음 - 또한 이러한 로봇 시스템은 첨단 장애물 감지 시스템의 통합이 부족하여 아파트 건설 환경에서의 충돌 이 발생할 수 있음 					
공동주택에 적용 시사점 및 향후 연구 방향					
<ul style="list-style-type: none"> - 제안된 시스템은 아파트 건설 환경에 ALC 벽 패널을 효율적으로 설치할 수 있는 벽 패널 설치 시스템으로 의미가 있음 - 향후 연구는 좁은 아파트 공간 내에서 이동할 수 있는 더 작고 유연한 로봇 시스템을 개발하고 회전 팔과 더 역동적인 그립 메커니즘과 같은 기능을 통합하는 데 중점을 둘 필요가 있음(Li et al.,2024). - SLAM, 컴퓨터 비전 및 깊이 센서의 데이터 융합을 통해 향상된 장애물 감지 및 내비게이션 시스템을 구축할 필요가 있음 - 시간 업데이트 및 BIM 기반 로봇 작업 경로 및 궤적경로를 최적화하여 아파트 건설에서 정확한 벽 설치 및 도장을 보장할 수 있음 					
자동화 수준 (LOA, Level of Automation)					
Level	1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> - 로봇이 주변 환경 정보를 취득하기 위해 동작하기 위해서는 여전히 사람의 개입이 필요함. - 예를 들어 로봇은 자신이 현재 관측하고 있는 센서 데이터를 활용해서 로봇의 위치를 알 수 있지만, 이동하기 위해서는 사람의 이동 명령이 필요함. 					
참고 문헌					
<ul style="list-style-type: none"> - Li, S., Zhou, X., Cheng, G., Teng, W., Zeng, Y., Wei, G., & Chen, Y. (2024). A scheme of installing ALC wall panels based on autonomous mobile robot. <i>Journal of Building Engineering</i>, 94, 109991. https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109991 - Shi, Q., Wang, Z., Zheng, Z., Zhou, Z., Wang, Z., Guo, Y., & Wu, P. (2024). Trajectory tracking control of a wall-building robot in an uncertain viscoelastic environment. <i>Automation in Construction</i>, 166, 105611. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105611 - Zhou, Y., Li, P., Ye, Z., Yue, L., Gui, L., Jiang, X., Li, X., & Liu, Y. (2022). Building information modeling-based 3D reconstruction and coverage planning enabled automatic painting of interior walls using a novel painting robot in construction. <i>Journal of Field Robotics</i>, 39(8), 1178-1204. https://doi.org/10.1002/rob.22103 					

표 13. 타일 설치 및 운반 로봇 관련 연구 현황 분석

현재 연구 수준					
<ul style="list-style-type: none"> - 건설에서 타일 작업을 위한 로봇 연구는 타일 작업에서 자동화, 정밀도 및 적응성을 향상시키는 일에 초점을 두고 있음 - 이 연구들은 주로 비전 시스템과 딥러닝 알고리즘의 통합을 활용해 왔음. 구체적으로, 두 연구에서는 Mask R-CNN 알고리즘과 유한 상태 로봇 제어 기술을 사용하여 타일 탐지 및 배치 정확도를 향상시켰음(Chang et al.,2025; Wang et al.,2021). - 일부 연구는 기반 시스템을 개선하여 로봇의 타일 탐지 정확도를 향상시키는 방법을 제안함(Lu et al.,2025) 					
공동주택 적용 한계점					
<ul style="list-style-type: none"> - 현재 타일 작업을 위한 로봇 시스템은 규격이 크며 이동 제약으로 인해 아파트 건설 환경에서 어려움을 겪을 수 있음 - 현재 개발된 타일 로봇들이 자율 내비게이션이 기능이 없어 수동 제어와 제한된 시야 능력에 의존하여 좁고 장애물이 많은 지역에서는 적용이 어려움 - 현재 타일 인식 알고리즘은 단순 색상 및 질감의 타일을 감지할 수 있어 다양한 질감과 디자인의 타일을 감지할 때 어려움이 있음 					
공동주택에 적용 시사점 및 향후 연구 방향					
<ul style="list-style-type: none"> - 제안된 시스템은 아파트 건설에 적용될 수 있음. 특히 넓은 공간의 아파트 구역에서 활용 가능 - 현재 시스템을 보완하기 위해 로봇이 다양한 질감, 모양 및 크기의 타일을 감지할 수 있도록 보다 견고한 타일 감지 알고리즘을 개발 필요 - 또한, 실내 아파트 건설에서 중요하기 때문에 다양한 조명 조건에서 타일 감지를 개선하기 위해 다중 감각 데이터 융합 기술 필요 - 자율 주행을 위한 SLAM 구현 및 다양한 타일 크기에 대해 적용 가능한 시스템 개발 필요 					
자동화 수준 (LOA, Level of Automation)					
Level	1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> - 현재 타일 로봇은 인간 작업자의 수작업 개입과 제어가 필요함 - 자동화 수준을 높이기 위해, 열악한 환경에서 보다 효과적인 타일 감지를 위해 비전 기반 시스템을 개선할 필요가 있음 					
참고 문헌					
<ul style="list-style-type: none"> - Chang, S., Lyu, Z., Chen, J., Hu, T., Feng, R., & Liang, H. (2025). Automated six-degree-of-freedom Stewart platform for heavy floor tiling. <i>Automation in Construction</i>, 170, 105932. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105932 - Lu, L., Sun, N., Wang, Z., & He, B. (2025). Tile detection using mask R-CNN in non-structural environment for robotic tiling. <i>Automation in Construction</i>, 171, 106010. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106010 - Wang, S., Zhou, H., Zhang, Z., Zheng, X., & Lv, Y. (2021). Robot Floor-Tiling Control Method Based on Finite-State Machine and Visual Measurement in Limited FOV. <i>Advances in Civil Engineering</i>, 2021(1). https://doi.org/10.1155/2021/8372815 					

□ 건설로봇 분야 통합운용 관제 관련 연구 현황

표 14. 건설로봇 분야 통합 운용 관련 관련 연구 현황 분석

현재 연구 수준					
<ul style="list-style-type: none"> - 건설현장에서는 작업조를 이루어 협업하는 경우가 일반적이기 때문에, 최근 하나의 작업을 완료하기 위해 두 개 이상의 로봇을 동시에 제어하는 통합운용 연구가 제안되고 있음(Xu and de Soto 2023). - 건설로봇에 대한 작업 할당 문제를 해결하기 위해서는 주로 심층 강화학습 모델이 적용되며, 로봇은 주변 환경 관찰을 통해 작업순서나 이동 경로를 변경하는 등 최적의 작업을 수행할 수 있도록 스스로 계획을 변경함(Xu and de Soto 2023; Lee et al. 2022). - 통합운용의 시각화를 위한 플랫폼으로는 디지털 트윈을 포함하여 다양한 3D 시뮬레이션 도구가 사용됨. 					
공동주택 적용 한계점					
<ul style="list-style-type: none"> - 건설분야 로봇 통합운용 관제 관련 연구는 현재 초기 단계로, 대부분 시뮬레이션 환경에서만 구현되었음. 따라서 실제 공동주택 건설현장에서의 실증을 통한 현장 적용성 검증이 필요함. - 현재의 연구들은 최대 3대의 로봇에 대한 운용 최적화 방안을 구현하고 있으나, 실제 공동주택에서는 그보다 많은 수의 로봇이 동시 운용되어야 함. 로봇의 수가 많아지는 경우 심층 강화학습모델의 차원이 기하급수적으로 증가하므로 로봇이 실시간으로 작업 계획을 최적화하는 것이 불가능할 수 있음. - 현재의 연구에서는 작업을 아주 단순하게 분류(예:운반→설치)하고 있으나(Ye et al. 2024), 실제 공동주택의 공정은 더 상세한 세부 작업으로 분류되어야 함. 					
공동주택에 적용 시사점 및 향후 연구 방향					
<ul style="list-style-type: none"> - 비교적 단순·반복적인 작업을 수행하는 일반로봇과 달리, 건설로봇은 작업의 세부 수준이 훨씬 복잡하고 각 작업의 난이도가 서로 다르므로 작업 할당 문제를 처리하기 위해 많은 단계가 고려되어야 함. - 특히, 장애물과 간섭이 많은 공동주택 환경에서 로봇과 로봇의 데이터 융합을 위한 통신 구현 시 중앙식 제어가 적합한지, 분산식 제어가 적합한지 검증이 필요함. - 또한, 대부분 완전 무인화 시나리오를 기반으로 하는 타 산업로봇과 달리 건설로봇은 인간과 로봇의 통신도 고려해야 하므로 음성 제어 등의 추가적인 연구에 대한 고려도 필요함. 					
자동화 수준 (LOA, Level of Automation)					
Level	1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> - 건설분야에서 적용된 다중 로봇 작업 할당 문제는 아직은 다루고 있는 로봇의 수가 적고, 작업의 세부 수준도 너무 광범위함. - 현재까지는 디지털트윈, 시뮬레이션 등에서 활용 가능성을 검증한 단계이므로, 실제 건설현장에 적용되기 위해서는 작업자의 개입이 얼마나 필요한지 등에 대한 판단이 필요함. 					
참고 문헌					
<ul style="list-style-type: none"> - Lee, D., Lee, S., Masoud, N., Krishnan, M. S., & Li, V. C. (2022). Digital twin-driven deep reinforcement learning for adaptive task allocation in robotic construction. <i>Advanced Engineering Informatics</i>, 53, 101710. https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101710 - Xu, X., & de Soto, B. G. (2023). Deep reinforcement learning-based task assignment and path planning for multi-agent construction robots. In <i>Proc. 2nd Future Construct. Workshop at Int. Conf. Robot. Autom.(ICRA)</i>, pp. 20–23. https://doi.org/10.22260/ICRA2023/0008 - Ye, X., Guo, H., & Luo, Z. (2024). Two-stage task allocation for multiple construction robots using an improved genetic algorithm. <i>Automation in Construction</i>, 165, 105583. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105583 					

2) 국내외 특허동향

□ 분석 개요

- ‘건설 로봇틱스(Construction Robotics) 기술’에 대한 특허기술 조사는 2024년 11월까지 출원 공개 및 등록된 한국, 미국, 일본 및 유럽의 특허를 대상으로 분석함. 또한, 본 분석대상 기술인 ‘건설 로봇틱스(Construction Robotics) 기술’을 보유하고 있는 기업들을 경쟁사로 선정하고, 경쟁사들을 출원인으로 하여 출원 공개 및 등록된 한국, 미국, 일본 및 유럽의 특허를 대상으로 조사를 진행함.

표 15. 분석대상인 로봇 기술 보유한 주요 기업

구분	대표 예
현대건설	현대건설은 천장 드릴 타공 작업을 대신 수행할 수 있는 무인 시공 로봇을 건설 현장에 도입하고 있음.
Printstones	오스트리아의 스타트업인 프린스톤즈(Printstones)가 개발한 바우봇은 건설현장 작업에서 멀티태스크 수행이 가능함.
삼성물산	삼성물산은 고위험 작업을 대신할 수 있는 로봇 기술을 건설 현장에 본격적으로 도입하였음.
Construction Robotics	미국의 기업인 Construction Robotics는 건설 현장에서 자재를 효율적이고 안전하게 다룰 수 있도록 돕는 로봇 장비인 MULE를 제공하고 있음.
KEWAZO	독일의 스타트업인 케바조(KEWAZO)는 비계 조립 중에 자재를 적시적소 제공해 비계 설치 및 해체공사를 개선하는 리프트봇(LIFTBOT)을 개발하였음.

- 본 특허 검색은 키워트(<https://www.keywert.com/>) DB를 기반으로 수행되었으며, 다음 검색범위와 검색식을 활용하여 관련 특허를 도출함.

표 16. 분석 대상 특허 검색 범위

구분	국가	검색범위
공개/등록 특허	한국	특허공개 및 등록 전체문서
	미국	특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표), 전체문서
	일본	EP-A(Applications), EP-B(Granted)
	유럽	특허공개 전체문서

- 앞서 도출된 키워드 및 검색식을 적용하여 얻은 로데이터(Raw data)에서 본 분석대상 기술의 대상이 되는 ‘건설 로봇틱스(Construction Robotics) 기술’과 무관한 내용의 특허는 분석에서 제외하고자 노이즈 제거하였으며, 국가별 유효특허를 추출함. 그 결과, 전 세계적으로 로데이터(Raw data)는 1,205건 중 유효특허 데이터는 400 (33%)건임 (아래 표 참조).

표 17. 특허 검색식

구분	검색식
분석 대상 기술	KEY:((로봇 로봇트 로봇트 robot) AND (건설 빌딩 콘스트럭션 building 건축 콘스트럭션 architecture 아키텍처 construct* 컨스트럭션 콘스트럭션) AND (작업 시공 워크 업무 work))
경쟁사	(KEY:((로봇 로봇트 로봇트 robot) AND (건설 빌딩 콘스트럭션 building 건축 콘스트럭션 architecture 아키텍처 construct* 컨스트럭션 콘스트럭션))) AND AP:(현대 hyundai)
	AP:(Printstones)

	삼성물산	(KEY:((로봇 로봇트 로봇트 robot) AND (건설 빌딩 콘스트럭션 building 건축 컨스트럭션 architecture 아키텍처 construct* 컨스트럭션 컨스트럭션))) AND AP:(삼성 samsung)
	Construction Robotics	AP:(Construction a/1 Robotics)
	KEWAZO	AP:(KEWAZO)

표 18. 분석대상 검색 결과

분석대상 기술		검색건수				계
		한국 (KIPO)	미국 (USPTO)	일본 (JPO)	유럽 (EPO)	
분석 대상 기술	건설 로봇틱스 기술	150	101	68	43	362
경쟁사	현대건설	4	0	0	0	4
	Printstones	0	0	0	0	0
	삼성물산	12	2	0	1	15
	Construction Robotics	2	10	2	5	19
	KEWAZO	0	0	0	0	0
총합계		168	113	70	49	400

□ 출원연도별 국가분포 동향

- 유효특허에 대한 국가분포 동향을 살펴보면, 한국이 168건, 미국이 113건, 일본이 70건 및 유럽이 49건 순으로 유효특허를 보유하고 있는 것으로 나타났음. 유효특허에 대한 출원연도별 국가분포 동향을 살펴보면, 2015년대에 들어서서 관련 특허의 출원이 꾸준히 증가하고 있는 이상향 모습을 보이고 있는데, 최근 급격히 증가한 한국의 출원건수가 전체 동향에 영향을 줬기 때문이라 해석할 수 있음.
- 한국의 출원연도별 동향을 살펴보면, 2020년에 들어서면서 출원이 급증한 모습을 보이고 있는데, 미 공개 구간에 포함되는 2023년과 2024년에도 출원수가 다수 있는 것으로 보아, 조기공개 효과에 따른 유사 발명의 등록 저지를 도모하고 있는 출원인이 다수 있는 것으로 해석할 수 있음.
- 미국은 분석대상연도 초반부터 꾸준한 출원이 이루어졌으며, 최근에는 관련 출원건수가 소폭 증가한 모습을 보이고 있음.
- 일본과 유럽은 타 국가 대비 적은 출원수를 보이고 있지만, 최근 출원이 소폭 증가하고 있는 모습을 보이고 있음.

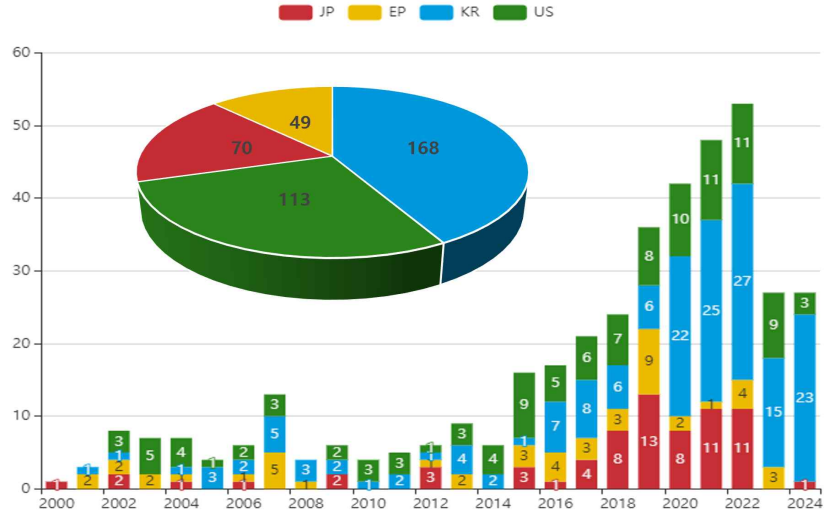


그림 58. 출원연도별 국가분포 동향

□ 상위출원인 동향

- 상위출원인 동향을 살펴보면, 한국의 한국산업기술원이 Top 1 출원인으로 도출되었으며, 경쟁사 분석을 진행한 삼성물산(주)과 Construction Robotics가 각각 Top 2 및 Top 3 출원인으로 도출됨.
- (주)한국산업기술원은 비행이 가능한 로봇을 통해 타설, 미장 및 도장 등의 작업을 수행하는 기술과 관련된 특허를 다수 보유하고 있으나, 구체적으로 로봇이 어떻게 건설 작업을 수행하는지를 개시하고 있는 특허는 많지 않음.

□ 주요 특허 분석

- 유효특허 중 유사도가 높다고 판단되는 특허를 주요 특허 40개를 선정하여 특허분석을 수행함.

표 19. 유효특허 중 주요 특허 40건

출원번호	출원일	출원인	법적상태	발명의 명칭
2024-0054352	2024. 04.23	주식회사 한국산업기술원	공개	로봇, 미장로봇, 공사로봇, 건설로봇, 건축로봇
2022-0184141	2022. 12.26.	삼육대학교 산학협력단	공개	시공현장 마킹 툴킷이 적용된 이동형 로봇 제어시스템
2021-0175382	2021. 12.09	주식회사 알피	등록	건축물 벽면 도장 로봇
2021-0146326	2021. 10.29	삼성물산 주식회사	등록	양카 설치 로봇
2021-0144188	2021. 10.27	삼성물산 주식회사	등록	모서리 캐스터를 구비한 건축물 도장 로봇
2021-0144187	2021. 10.27	삼성물산 주식회사	등록	폭 조절이 가능한 건축물 도장 로봇
17-799260	2021. 02.14	Construction Robotics, LLC	심사중	Enhanced lift assist device
2020-0150306	2020. 11.11	현대건설(주)	등록	고소작업용 로봇 및 이를 이용한 동작방법

2020-0002294	2020.01.07	삼성물산 주식회사	등록	천정 시공 로봇
2021-7022684	2019.12.19	Construction Robotics, LLC	공개	세장형 물체를 운반 및 배치하기 위한 반자율 시스템
2021-536050	2019.12.19	Construction Robotics, LLC	등록	가늘고 긴 물체를 운반 및 배치하기 위한 어셈블리 및 장치
16-638463	2018.08.18	Construction Robotics, LLC	등록	Building element lift enhancer
15-484729	2017.04.11	Construction Robotics, LLC	포기	Brick laying system
15-308358	2015.05.01	Construction Robotics, LLC	등록	Mortar delivery system
2020-188842	2020.11.12	엔링크 아에스	등록	휴대 로봇 천공장치 및 천정 및 벽으로의 천공 방법
2024-0033544	2024.03.10	주식회사 한국산업기술원	공개	로봇 및 이가 이용되는 업무, 작업, 공사, 감리, 관리, 진단, 경비 방법
2024-0029354	2024.02.29	김효선, 이강현	등록	광선 추적을 이용한 자동 먹매김 시스템 및 광선 추적을 이용한 자동 먹매김 시공 방법
2024-0018733	2024.02.07	네이버 주식회사	공개	로봇 친화형 건물, 복수의 로봇들을 이용한 협업 방법 및 시스템
2023-0052922	2023.04.21	소니드로보틱스 주식회사, 서울미디어대학원대학교 산학협력단, 뉴코리아전자통신(주)	등록	Ai 로봇을 이용한 건설 현장의 위험 객체 인식 시스템 및 그 방법
2023-0050827	2023.04.18	현대자동차주식회사, 기아 주식회사	공개	Msa 기반의 로봇 관제 장치 및 그 로봇 관리 방법
2023-0050289	2023.04.17	주식회사 알지티	공개	다층 건물에 대한 서비스 호출 대응 자율주행 서빙 로봇 시스템
2023-0048722	2023.04.13	소니드로보틱스 주식회사, 서울미디어대학원대학교 산학협력단, 뉴코리아전자통신(주)	등록	자율 이동 로봇 기반의 안면 및 동작 인식을 이용한 공사장 안전 관리시스템
2022-198879	2022.12.13	DAIWA HOUSE INDUSTRY CO LTD	공개	시공 영역 정보 출력 프로그램, 상기 프로그램을 실행시키는 정보처리 장치, 및 시공 로봇 시스템
2022-0035058	2022.03.22	(주) 행림 종합건축사사무소, (주) 행림엔지니어링종합건축사사무소, 이원재	등록	건축용 로봇 팔 제어 시스템
17-581497	2022.01.21	AI Incorporated	등록	Method for constructing a map while performing work
2021-0133280	2021.10.07	국방과학연구소	등록	다중로봇 통합운용을 위한 적응형 임무통제 아키텍처 설계 방법 및 그 시스템
2023-518468	2021.09.23	DUSTY ROBOTICS, INC.	심사중	인쇄된 설계도선의 건설업자 정보를 자동적으로 인쇄하는 이동체 인쇄 로봇 시스템, 장치 및 방법
2021-0115411	2021.08.31	한국로봇융합연구원	등록	시공용 다중 로봇 시스템 및 이의 제어 방법

2021-0034586	2021.03.16	김진기	거절	무인 배달로봇 혹은 세부 배달도우미를 이용한 협력배달시스템 및 방법
2021-0026692	2021.02.26	재단법인대구경북과학기술원	등록	협업형 건설용 자율 주행 다목적 작업 로봇 시스템
2021-0022247	2021.02.19	재단법인대구경북과학기술원	등록	건설용 다목적 자율 주행 작업 로봇 시스템
2020-0154249	2020.11.18	한국과학기술연구원	거절	로봇의 자율적인 조작 서비스를 위한 소프트웨어 아키텍처 및 장치
2020-0150308	2020.11.11	현대건설(주)	거절	Bim 데이터를 이용한 로봇의 자율주행 방법 및 이를 수행하기 위한 로봇
2020-0137718	2020.10.22	재단법인대구경북과학기술원	등록	자율주행 로봇을 이용한 바닥 마감재 설치 시스템
2020-0080275	2020.06.30	삼성물산 주식회사	등록	액세스플로어 시공용 무인로봇 제어시스템
2020-7034113	2019.04.11	넥스트브이피유(상하이) 코퍼레이트 리미티드	등록	로봇의 지도 구축 및 위치 추적
2019-7017629	2017.11.03	어드밴스드 컨스트럭션 로보틱스 인코퍼레이티드	등록	건설 프로젝트에서의 반복 작업을 위한 자율 장치 및 시스템
2015-247759	2015.12.18	SHIMIZU CO	등록	건설 작업용 로봇 및 건설 작업용 로봇의 제어 방법
2007-0024281	2007.03.13	주식회사 유진로봇	거절	위치 인식을 통한 물건 및 메시지 전달이 가능한 심부름로봇

- 40개 주요 특허를 대상 작업별로 분류한 결과는 다음 표와 같음.

표 20. 기술별 대상작업 분석 결과

대상작업	건수	특징
미장 작업	1건	바닥 미장 특화
먹매김(마킹) 작업	2건	자동 먹매김 시스템 포함
도장 작업	4건	벽체 도장 로봇, 폭 조절 가능 로봇 포함
양카 설치(천정 시공 포함)	3건	천정 타공 및 양카 설치 특화
하중물 이동/운반작업	6건	철근, 건축자재, 벽돌 운반 등 포함
고소작업	3건	천정 시공, 리프트 장치 포함
조적 작업	2건	벽돌 쌓기 특화
건설 작업 자동화 및 관리	9건	로봇 관제, 안전관리, 지도 구축 등
자율주행 및 작업 경로 생성	6건	BIM 기반 자율주행, 맵 구축 등
기타 (서비스 및 배달 로봇 포함)	4건	배달, 심부름, 서빙 로봇
합계	40건	-

- 주요 특허에서의 핵심 요소기술을 도출한 결과는 다음 표와 같음.

표 21. 요소기술 분석

요소기술	특징	적용된 특허
자율주행 및 위치 추적	건설 로봇이 BIM 데이터를 활용하여 스스로 위치를 인식하고 이동하는 기술이 중요	BIM 기반 자율주행, SLAM 맵 구축, 실시간 위치추적 로봇
로봇 작업 모듈화	다양한 공정을 모듈화된 로봇 시스템으로 구현하는 경향	다목적 작업 로봇, 조적 로봇, 양카 설치 로봇 등
하중물 핸들링 및 자동 배치	건설 자재 자동 운반 및 배치 기술이 향후 로봇 개발의 핵심이 될 가능성	리프트 로봇, 철근 운반, 벽돌쌓기 등
협업 로봇 및 통합 관제	건설 로봇이 다중 로봇 협업 및 AI 기반 관제 시스템과 연동하는 방향으로 발전 중	다중 로봇 통합 운용, MSA 기반 관제 등
건설 현장 안전관리	작업자의 안전을 실시간 모니터링하는 기능이 중요한 연구 방향	AI 기반 위험 감지, 공사장 안전관리 등
특정 작업의 자동화 (도장, 미장, 맥매김 등)	특정 작업을 정밀하게 수행하는 로봇이 점점 증가하는 추세	도장 로봇, 미장 로봇, 자동 맥매김 등

- 상기 분석을 통해 본 과제에서 고려해야 할 핵심 연구 방향을 도출한 결과, 현재 연구 동향을 반영하여, 하나의 로봇이 다중 작업을 수행할 수 있는 로봇을 개발하는 것이 중요함.
- 이를 위해 BIM 기반 작업 자동화 및 AI 관제 기술을 포함한 연구 계획이 필요하며, 건설 공정의 효율성을 극대화할 수 있도록 해야 함.
- 또한, 미장, 도장, 조적, 양카 설치 등과 같은 특수 작업의 자동화 기술을 중점적으로 개발할 필요가 있음.

표 22. 향후 연구 방향

연구방향	주요 고려요소
다목적 로봇 개발	하나의 로봇이 여러 작업을 수행할 수 있도록 모듈형으로 수행할 수 있도록 개발
BIM 데이터 기반 자율작업 로봇 개발	BIM 데이터를 활용한 자동 경로 생성 및 작업계획 최적화 기술 개발
협업형 건설 로봇 시스템 구축	다수 다중 로봇이 투입될 수 있는 통합 플랫폼 개발
건설 공정 자동화를 위한 공법 개발	미장, 도장, 조적 등에서 건설 로봇이 기존 공법을 로봇이 대체할 수 있도록 공정 최적화

No	발명의 명칭		
1	로봇, 미장로봇, 공사로봇, 건설로봇, 건축로봇		
국가코드	KR	출원인	주식회사 한국산업기술원
출원번호	2024-0054352	발명자	정하익
공개/등록번호	2024-0063081		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 미장 또는 면처리 작업과 같은 미장 작업을 수행할 수 있는 로봇으로, 로봇 하부에 미장을 수행하기 위한 미장날, 미장칼, 미장판, 미장삽, 미장칼날 등이 구비되어, 모터에 의해 미장날이 회전함으로써 최적의 미장 작업을 제공함. - 관리자와의 통신을 통해 미장 작업 상황을 공유할 수 있으며, 미장 전, 중, 후에 대한 상태 또는 이미지를 파악하여 관리자에게 전송할 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
2	시공현장 마킹 툴킷이 적용된 이동형 로봇 제어시스템		
국가코드	KR	출원인	삼육대학교산학협력단
출원번호	2022-0184141	발명자	박은수, 이안용, 서희창
공개/등록번호	2024-0102262		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 시공현장 마킹 툴킷이 적용된 이동형 먹매김 로봇의 제어 시스템으로, 이동형 로봇을 통해 먹매김 작업 계획이 반영된 건축 설계도면에 따라 시공 바닥면에 먹매김 작업을 수행함. - 로봇의 도면 인식부를 통해 시공 바닥면의 먹매김 작업계획이 반영된 도면을 인식하여 먹매김 작업을 수행할 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
3	건축물 벽면 도장 로봇		
국가코드	KR	출원인	주식회사 알피
출원번호	2021-0175382	발명자	박정규, 김민수, 이성건, 김정백 송정민
공개/등록번호	2554605		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물의 벽면을 도장하기 위한 로봇으로, 프레임을 통해 로봇이 벽면에 승강 가능하도록 배치되고, 미리 설정된 이동 속도로 벽면을 따라 좌우방향으로 승강하여 도장을 진행함. - 이때, 현재의 도장 단계의 이전 단계 또는 이후 단계에 대한 도장 조건과 상이한 도장 조건으로 현재의 도장 단계에 대한 도장 조건이 설정되도록할 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
4	양카 설치 로봇		
국가코드	KR	출원인	대명지이씨(주). 삼성물산 주식회사
출원번호	2021-0146326	발명자	서종만. 이성후. 허윤재. 김근섭
공개/등록번호	2451303		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 천정에 천공을 생성하고, 천공에 양카를 삽입할 수 있도록 하는 양카 설치 로봇으로, 양카 볼트가 설치될 타공 위치를 천정 시공 영역별로 구분하고, 구분된 타공 위치를 각각의 천정 시공 영역별로 그룹핑하여 관리함으로써 효율적으로 양카 설치가 이루어지도록 함. 		

No	발명의 명칭		
5	모서리 캐스터를 구비한 건축물 도장 로봇		
국가코드	KR	출원인	주식회사 알피, 삼성물산 주식회사
출원번호	2021-0144188	발명자	박정규, 김민수, 이성건, 김정백,우광호
공개/등록번호	2638320		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물의 벽면 상에서 승강하면서 벽면을 도장하는 로봇으로, 프레임을 통해 안정적인 승강 이동이 가능하고, 모서리 캐스터를 통해 벽면과 소정의 각도로 연장되는 벽면에 접촉된 상태를 유지하여 안정적인 도장이 가능하도록 함. 		

No	발명의 명칭		
6	폭 조절이 가능한 건축물 도장 로봇		
국가코드	KR	출원인	주식회사 알피, 삼성물산 주식회사
출원번호	2021-0144187	발명자	박정규, 김민수, 이성건, 김정백, 우광호
공개/등록번호	2638319		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물의 벽면을 도장하기 위한 로봇으로, 벽면 상에서 건축물 도장 로봇의 위치를 고정하여 좌우 방향으로의 흔들림을 방지하기 위한 좌측 위치 고정 프레임과 우측 위치 고정 프레임이 구비됨. - 도장이 필요한 건축물의 벽면 폭에 상관 없이 도장이 가능하도록 하여 도장 시간을 현저히 감축시킬 수 있도록 하는 폭 조절이 가능함. 		

No	발명의 명칭		
7	Enhanced lift assist device		
국가코드	US	출원인	Construction Robotics, LLC
출원번호	17-799260	발명자	Andrew Walter Beckmann
공개/등록번호	2023-0076909		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 리프트 어시스트 로봇으로, 건설현장에서의 무겁거나 부피가 큰 품목의 이동 및 배치가 가능함. - 품목을 자동으로 들어올리거나, 이동 및 배치가 가능한 자동화 기능을 제공함. 		

No	발명의 명칭		
8	고소작업용 로봇 및 이를 이용한 동작방법		
국가코드	KR	출원인	현대건설(주)
출원번호	2020-0150306	발명자	장세준, 이현주, 정남철
공개/등록번호	2435640		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 건설현장에서 천장 타공과 같은 고소작업을 자동화할 수 있는 고소작업용 로봇으로, 고소작업용 로봇의 현재 위치를 인식하고, 마커의 개수와 상대 위치정보를 산출하여 마커 위치에 대해 고소작업을 수행함. 		

No	발명의 명칭		
9	천정 시공 로봇		
국가코드	KR	출원인	삼성물산 주식회사, 대명지이씨(주)
출원번호	2020-0002294	발명자	서종만, 이성후, 지정환, 전영운, 박준원, 이계영, 김철영
공개/등록번호	2115219		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 천정에 양카를 설치할 수 있도록 하는 천정 시공 로봇으로, 천정에 천공을 생성하기 위한 드릴 부재가 설치된 제1 로봇 암, 천공에 양카 볼트를 삽입하기 위한 양카 볼트 삽입 부재가 설치된 제2 로봇 암 및 양카 볼트에 양카 너트를 체결하여 양카 볼트를 고정하도록 하는 임팩트 렌치 부재가 설치된 제3 로봇 암을 이용하여 천정에 양카를 설치함. 		

No	발명의 명칭		
10	세장형 물체를 운반 및 배치하기 위한 반자율 시스템		
국가코드	KR	출원인	어드밴스드 컨스트럭션 로보틱스 인코포레이티드
출원번호	2021-7022684	발명자	차발라 조셉 이, 헤트릭 앤드류 엠, 크라우스 도널드 알, 웨버 패트릭 에이, 시락 제레미 엘, 웨이플리 저스틴 씨, 고우디 제이 더블유, 머크 스티븐 엠, 스투어트 존 피, 쉐퍼 매튜 큐
공개/등록번호	2021-0104848		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 작업 현장에서 세장형 물체(철근)의 운반 및 배치를 위한 반자율 장치로, 종방향, 횡방향 및 수직방향의 3개의 주요 방향으로 모션을 수행할 수 있으며, 서브조립체에 세장형 물체를 결합하여 지정된 위치에서 세장형 물체를 방출함으로써 운반 및 배치를 진행함. 		

No	발명의 명칭		
11	가늘고 긴 물체를 운반 및 배치하기 위한 어셈블리 및 장치		
국가코드	JP	출원인	Advanced Construction Robotics, INC.
출원번호	2021-536050	발명자	체바라, 조세후 이.. 에트릭, 앤드류 M.. 크루스, 도널드 아르웨버, 패트릭 에이.. 시록크, 제레미 엘..셰이 프리, 자스틴 시..가우디, 제이 다브류.. 맥, 스테펜 M.. 스튜어트, 전 피.. 샤파, 머슈 큐.
공개/등록번호	7347854		
분석결과	- 작업 현장에서 철근과 같은 물체의 운반 및 배치를 위한 장치로, 모델링 기능을 통해 물체를 운반하고 배치하는 그리퍼의 포즈를 동적으로 계산하고, 계산 결과를 작업 현장에 적용함으로써 물체의 운반 및 배치가 반자동적으로 가능하도록 함.		

No	발명의 명칭		
12	Building element lift enhancer		
국가코드	US	출원인	Construction Robotics, LLC
출원번호	16-638463	발명자	Scott Lawrence Peters
공개/등록번호	12006188		
분석결과	- 건설 산업에서 건축 자재의 이동을 위한 자재 리프트 장치로, 석조 블록, 벽돌, 시트 제품, 파이프, 도관, 보, 거푸집 등과 같은 건축 자재의 이동 및 배치가 가능하도록 함. - 자동 수축 모드를 통해 물건을 잡는 역할을 수행하는 그리퍼의 자동 수축을 지원함.		

No	발명의 명칭		
13	Brick laying system		
국가코드	US	출원인	Construction Robotics, LLC
출원번호	15-484729	발명자	Scott Lawrence Peters, Nathan Podkaminer, Thomas Charles Collier
공개/등록번호	2017-0254102		
분석결과	- 벽돌 쌓기를 지원하는 로봇으로, 로봇의 팔 조립체가 벽돌을 적절한 위치에 배치하고, 벽돌이 배치될 때 모르타르 도포기가 모르타르를 도포하여 반복적인 작업인 벽돌 쌓기를 지원함.		

No	발명의 명칭		
14	Mortar delivery system		
국가코드	US	출원인	Construction Robotics, LLC
출원번호	15-308358	발명자	Scott Lawrence Peters, Timothy Riley Voorheis, Michael John Oklevitch, Rockwell Najeeb Yarid, Kerry Evan Lipp, Erwin Ludwig Allmann
공개/등록번호	10759087		
분석결과	- 벽돌 쌓기를 지원하기 위해 모르타르를 전달할 수 있는 로봇으로, 모르타르 유량, 모르타르 노출 압력을 측정하는 센서를 통해 건축 공정에 적합한 모르타르를 제공함.		

No	발명의 명칭		
15	휴대 로봇 천공장치 및 천정 및 벽으로의 천공 방법		
국가코드	JP	출원인	엔링크 아에스
출원번호	2020-188842	발명자	하르보르센, 호바르도, 헨닝게, 톰 아슬, 파게르 단, 콘라드
공개/등록번호	7104125		
분석결과	- 건설 현장에서 천정 및 벽에 구멍을 뚫는 로봇 천공장치로, 가동단이 3 차원 공간 내에서 이동 가능한 로봇 암과, 로봇 암의 기단이 고정되어 로봇 암을 작업 높이까지 올리도록 배치된 승강기구를 구비하는 하부 구조와, 로봇 암의 가동단에 설치된, 천정 또는 벽으로 구멍을 뚫도록 구성된 천공 장치를 통해 천공 작업을 수행함.		

No	발명의 명칭		
16	로봇 및 이가 이용되는 업무, 작업, 공사, 감리, 관리, 진단, 경비 방법		
국가코드	KR	출원인	주식회사 한국산업기술원
출원번호	2024-0033544	발명자	정하익
공개/등록번호	2024-0035981		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 작업 환경에서 활용 가능한 다기능 로봇으로, 웨어러블 기기 및 센서를 포함하여 감리, 진단, 경비, 안전관리 등의 다양한 목적에 활용될 수 있음. - 로봇의 이동 과정에서 피에조기를 활용하여 전기를 자체적으로 생성하며, 이를 이용해 오존 발생기, 음이온기, 냉난방 장치 등을 작동시켜 환경 제어 기능을 수행함. - 웨어러블 기기와 연계된 SOS 버튼, 무전기, 카메라, 센서 등을 통해 중앙 관제센터와 실시간으로 통신할 수 있어, 긴급 상황 발생 시 빠른 대응이 가능함. 		

No	발명의 명칭		
17	광선 추적을 이용한 자동 먹매김 시스템 및 광선 추적을 이용한 자동 먹매김 시공 방법		
국가코드	KR	출원인	김효선, 이강헌
출원번호	2024-0029354	발명자	김효선, 이강헌
공개/등록번호	2697164		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물 골조 공사에서 먹매김 작업의 정밀도를 향상시키기 위해 광선 추적 기술을 적용하여 오차를 최소화하는 자동화 시스템을 제공함. - 포지셔닝 로봇이 송신 및 수신 역할을 하며, 이를 통해 투사된 광선을 따라 먹매김 로봇이 자동으로 작업을 수행함. - 실시간 모니터링 및 통합 제어 시스템을 통해 먹매김 과정의 정확도를 높이고, 자동화된 작업 방식으로 시공 효율성을 극대화할 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
18	로봇 친화형 건물, 복수의 로봇들을 이용한 협업 방법 및 시스템		
국가코드	KR	출원인	네이버 주식회사
출원번호	2024-0018733	발명자	신명수
공개/등록번호	2024-0025571		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇 간 협업을 가능하게 하는 시스템으로, 특정 기능을 수행하는 로봇이 다른 기능을 가진 로봇을 센싱하여 협업할 수 있도록 설계됨. - 데이터 통신을 통해 여러 대의 로봇이 서로 협력하여 하나의 작업을 수행할 수 있으며, 복잡한 작업 환경에서도 효율적인 역할 분배가 가능함. - 로봇이 센싱 및 협업을 통해 작업을 수행함으로써, 인력이 필요한 작업을 자동화하고 건설 및 유지보수 현장에서 생산성을 극대화할 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
19	AI 로봇을 이용한 건설 현장의 위험 객체 인식 시스템 및 그 방법		
국가코드	KR	출원인	소니드로보틱스 주식회사, 서울미디어대학원대학교 산학협력단, 뉴코리아전자통신(주)
출원번호	2023-0052922	발명자	박권한, 박상은
공개/등록번호	2635901		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 로봇이 건설 현장의 이동 경로를 맵핑하고, 영상 정보 및 센서 데이터를 분석하여 위험 객체의 존재 여부를 파악하는 시스템. - 작업자의 작업 일정 및 위치를 고려하여 위험 요소를 사전에 감지하고, 실시간 알림을 제공하여 사고 발생을 방지할 수 있음. - 위험 요소를 분석하고 작업자의 행동 패턴을 감지하여, 작업 중 부적절한 행동이 감지되면 자동으로 경고 및 조치를 취하는 기능을 포함함. 		

No	발명의 명칭		
20	MSA 기반의 로봇 관제 장치 및 그 로봇 관리 방법		
국가코드	KR	출원인	현대자동차주식회사, 기아 주식회사
출원번호	2023-0050827	발명자	유정민, 김득준, 지명화, 김석원
공개/등록번호	2024-0154342		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 마이크로서비스 아키텍처(MSA)를 활용하여 로봇의 이상 상태를 실시간으로 감지하고 대응할 수 있는 관제 시스템. - 원시 데이터 수집 및 분석을 통해 로봇의 이상 상태를 식별하고, 기 설정된 대응 규칙에 따라 사용자에게 경고 신호를 전달함. - 로봇의 동작을 원격으로 제어할 수 있는 기능을 포함하여, 건설 현장 등에서 로봇 운영의 안정성을 향상시키고 유지보수를 효율적으로 수행할 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
21	다층 건물에 대한 서비스 호출 대응 자율주행 서빙 로봇 시스템		
국가코드	KR	출원인	주식회사 알지티
출원번호	2023-0050289	발명자	정호정
공개/등록번호	2024-0153844		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트 엘리베이터와 연동하여 다층 건물 내에서 자율주행 서빙 로봇이 원활하게 이동할 수 있도록 설계된 시스템으로, 기존 단층 기반 서빙 로봇의 한계를 극복함. - API를 통해 엘리베이터를 호출하고 층간 이동이 가능하며, 호텔, 병원, 대형 오피스 빌딩 등에서 다양한 서비스 제공이 가능함. - 고객의 주문을 처리하는 로봇 서버와 연계하여 서빙 로봇의 이동성을 극대화하고, 서비스의 효율성과 자동화 수준을 향상시킴. 		

No	발명의 명칭		
22	자율 이동 로봇 기반의 안면 및 동작 인식을 이용한 공사장 안전 관리시스템		
국가코드	KR	출원인	소니드로보틱스 주식회사, 서울미디어대학원대학교 산학협력단, 뉴코리아전자통신(주)
출원번호	2023-0048722	발명자	박권한, 박상은
공개/등록번호	2637364		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 자율 이동 로봇이 공사장에서 작업자의 안면 및 동작을 인식하여 안전 상태를 점검하고, 안전 장구 착용 여부를 실시간으로 확인하는 시스템. - 실시간 산업현장맵을 생성하고 업데이트하여 작업 구역을 모니터링하며, 이상 행동 감지 및 경고 기능을 포함하여 현장의 안전을 극대화함. - 경고 대상이 되는 작업자의 정보를 중앙 서버와 관리자에게 실시간으로 전달하여, 신속한 대응과 작업자 안전을 보장할 수 있도록 설계됨. 		

No	발명의 명칭		
23	시공 영역 정보 출력 프로그램, 상기 프로그램을 실행시키는 정보처리 장치, 및 시공 로봇 시스템		
국가코드	JP	출원인	DAIWA HOUSE INDUSTRY CO LTD
출원번호	2022-198879	발명자	나카무라 토모유키, 후지나미남 나츠코, 노무라 유키, 니마미가와들호
공개/등록번호	2024-084553		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - BIM 데이터를 기반으로 시공 로봇이 작업할 영역을 정의하고, 시공 영역 정보를 자동으로 생성하여 출력하는 시스템. - 건설 부재의 정보와 연계하여 시공 영역을 설정하고, 이를 로봇이 인식할 수 있도록 형식화하여 제공함으로써 자동화된 시공이 가능해짐. - 작업자의 부담을 줄이고, 시공 과정의 정밀도를 높이며, 내화 피복재 도포 등의 특정 작업에서 효과적인 적용이 가능함. 		

No	발명의 명칭		
24	건축용 로봇 팔 제어 시스템		
국가코드	KR	출원인	주식회사 행림종합 건축사사무소, 주식회사 행림 엔지니어링종합건축사사무소, 이원재
출원번호	2022-0035058	발명자	이원재
공개/등록번호	10-2023-0137549		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 실시간으로 공사 환경 요소를 수집하고 이를 기반으로 로봇 팔의 움직임을 최적화하여 건설 작업을 수행할 수 있도록 하는 시스템. - 로봇 팔이 작업 부재를 인식하고, 감지 센서를 활용하여 위험 감지를 수행하며, 안전성이 확보된 상태에서 자동으로 작업을 수행하도록 설계됨. - 작업 중 오류 발생 시 로봇 팔을 자동으로 정지시키고, 이동 장치를 제어하여 작업 안정성을 높이는 기능을 포함함. 		

No	발명의 명칭		
25	Method for constructing a map while performing work		
국가코드	US	출원인	AI Incorporated
출원번호	17-581497	발명자	Ali Ebrahimi Afrouzi, Lukas Fath, Chen Zhang
공개/등록번호	11435192		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇이 작업을 수행하는 동안 실시간으로 공간 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 작업 영역의 맵을 생성하여 경로를 최적화하는 시스템. - 로봇이 주어진 공간을 반복적으로 스캔하며 맵을 업데이트하고, 가장 효율적인 이동 경로를 자동으로 생성하여 작업의 연속성을 보장함. - 장애물 회피, 반복 경로 최적화 등의 기능을 포함하여 자동화된 환경에서 자율적으로 이동하며 작업을 수행할 수 있도록 설계됨. 		

No	발명의 명칭		
26	다중로봇 통합운용을 위한 적응형 임무통제 아키텍처 설계 방법 및 그 시스템		
국가코드	KR	출원인	국방과학연구소
출원번호	2021-0133280	발명자	박원익, 장원범, 최준성
공개/등록번호	10-2023-0050049		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 하나의 운용자가 다수의 로봇을 효율적으로 관리할 수 있도록 적응형 임무 통제 시스템을 제공하며, 인지적 자원의 최적 분배를 통해 업무 부하를 조절함. - 자율화 수준을 조정하여 운용자의 개입 정도를 최적화하며, 운용자의 인지적 부담을 최소화하는 방식으로 다중 로봇을 통합 관리할 수 있도록 설계됨. - 향후 Mosaic Warfare 및 미래 지상 유·무인 시스템에서 적용 가능성이 높은 기술로, 다양한 로봇 체계 간의 협업과 통합 운영을 가능하게 함. 		

No	발명의 명칭		
27	인쇄된 설계도선의 건설업자 정보를 자동적으로 인쇄하는 이동체 인쇄 로봇 시스템, 장치 및 방법		
국가코드	JP	출원인	DUSTY ROBOTICS, INC.
출원번호	2023-518468	발명자	필립 조세후 하겟트, 텃사 안 왁스, 마이클 톰슨
공개/등록번호	2023-544525		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 건설 현장에서 이동형 인쇄 로봇을 활용하여 건축 설계도를 직접 건설물 표면에 인쇄함으로써 작업자의 이해도를 높이고, 작업 오류를 줄이는 기능을 수행함. - 설계도선뿐만 아니라 제어선, 벽 종류, 재료 정보 등을 함께 인쇄할 수 있어 건설 작업자의 실수를 방지하고 시공 정확도를 향상시킬 수 있음. - 자동화된 도면 인쇄 기술을 통해 작업 효율성을 높이고, 현장 내 커뮤니케이션을 강화하여 시공 프로세스의 체계적인 운영을 지원함. 		

No	발명의 명칭		
28	시공용 다중 로봇 시스템 및 이의 제어 방법		
국가코드	KR	출원인	한국로봇융합연구원
출원번호	2021-0115411	발명자	김효곤, 박지현, 김종찬, 황정환, 박정우, 최영호, 이효준, 노경석
공개/등록번호	10-2023-0032498		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 레일 기반의 다중 로봇 시스템을 활용하여 시공 작업을 자동화하고, 개별 로봇이 독립적으로 또는 동기화된 방식으로 움직일 수 있도록 설계됨. - 비동기 및 동기 모드를 조정하여 각 로봇이 독립적으로 작업을 수행하다가 특정 상황에서는 협업하도록 하여 효율성을 극대화함. - 힘 센서를 통해 로봇 간의 상호 작용을 최적화하고, 시공 과정에서 정확한 위치 제어 및 작업 안정성을 유지할 수 있도록 보장함. 		

No	발명의 명칭		
29	무인 배달로봇 혹은 세부 배달도우미를 이용한 협력배달 시스템 및 방법		
국가코드	KR	출원인	김진기
출원번호	2021-0034586	발명자	김진기
공개/등록번호	2021-0036885		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 무인 배달 로봇과 배달 도우미를 활용하여 특정 지역(예: 아파트 단지, 병원 등) 내에서 최종 배달을 수행하는 시스템으로, 기존 배달 방식의 비효율성을 개선함. - 배달기사가 보관함에 물건을 두면 무인 로봇이 최종 목적지까지 배달을 완료하여 배달기사의 시간을 절약하고 교통 혼잡 문제를 완화함. - 지하주차장 및 건물 내부 이동의 어려움을 해결하고, 배달 과정에서 발생할 수 있는 안전 문제를 줄이는 데 기여할 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
30	협업형 건설용 자율 주행 다목적 작업 로봇 시스템		
국가코드	KR	출원인	재단법인대구경북과학기술원
출원번호	2021-0026692	발명자	이승열, 김상호, 이용석
공개/등록번호	10-2022-0122273/ 2450446		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 바닥 마감재 설치 작업을 자동화하기 위해 자율 주행 운반 로봇과 작업 로봇이 협업하여 건설 현장에서 원활하게 작업을 수행할 수 있도록 설계됨. - 마감재 공급 로봇과 설치 로봇이 서로 연계하여 작업을 수행하며, 미리 설치된 바닥 평탄 자재 위에 정밀하게 마감재를 배치함. - 협업형 로봇 시스템을 통해 건축 마감 작업의 속도를 높이고, 인력 의존도를 줄여 시공의 일관성을 유지하면서 작업 효율성을 극대화할 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
31	건설용 다목적 자율 주행 작업 로봇 시스템		
국가코드	KR	출원인	재단법인대구경북과학기술원
출원번호	2021-0022247	발명자	이승열, 김상호, 이용석
공개/등록번호	2431336		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 네 방향의 측면부에 다양한 작업 모듈을 장착할 수 있는 큐브형 로봇 본체를 기반으로, 건설 현장의 다양한 작업을 수행할 수 있는 모듈형 자율 주행 로봇 시스템. - 이동 플랫폼과 결합된 구동 모듈을 통해 로봇이 이동할 수 있으며, 실시간 측위 시스템과 센서를 이용하여 정밀한 위치 측정 및 자율 주행이 가능함. - 바닥재 설치 작업을 포함하여 다양한 건설 작업을 지원하며, 다관절 암 및 리프트 암 모듈을 장착하여 작업의 유연성과 효율성을 극대화함. 		

No	발명의 명칭		
32	로봇의 자율적인 조작 서비스를 위한 소프트웨어 아키텍처 및 장치		
국가코드	KR	출원인	한국과학기술연구원
출원번호	2020-0154249	발명자	남창주, 박성기, 김동환, 오윤선
공개/등록번호	2022-0067718		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 딥러닝 기반 인식, 상징적 추론, AI 작업 계획 및 기하학적 동작 계획을 통합한 소프트웨어 아키텍처를 통해 로봇이 인간의 개입 없이 작업을 수행할 수 있도록 설계됨. - 작업 수행을 위해 환경 데이터를 신경망을 통해 분석하고, 이를 지식 기반에 저장한 후 추론 과정을 거쳐 최적의 작업 계획을 수립함. - 모션 계획과 로봇 손의 조작을 자동화하여 정밀한 작업 수행이 가능하도록 지원하며, 다양한 환경에 적용될 수 있는 범용성을 갖춤. 		

No	발명의 명칭		
33	BIM 데이터를 이용한 로봇의 자율주행 방법 및 이를 수행하기 위한 로봇		
국가코드	KR	출원인	현대건설
출원번호	2020-0150308	발명자	장세준, 이현주, 정남철
공개/등록번호	2022-0064129		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - BIM 데이터를 기반으로 건설 현장의 맵 데이터를 생성하여 로봇이 자율주행을 수행할 수 있도록 지원하는 기술. - 주행 로봇이 BIM 데이터에서 변환된 맵 정보를 활용하여 현재 위치를 인식하고, 이를 기반으로 경로를 계획하며 작업을 수행함. - 건설 현장에서 실시간으로 위치를 조정하며 작업을 자동화할 수 있어 시공 과정의 정확성과 효율성을 높일 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
34	자율주행 로봇을 이용한 바닥 마감재 설치 시스템		
국가코드	KR	출원인	재단법인대구경북과학기술원
출원번호	2020-0137718	발명자	이용석, 이승열, 김상호
공개/등록번호	10-2021-0149572/ 2342189		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 자율주행 로봇을 활용하여 바닥면 정리, 접착제 도포, 바닥 마감재 설치 등의 과정을 자동화하여 시공 품질과 효율성을 향상시키는 시스템. - 바닥 마감재를 운반하고, 정밀한 위치에 배치할 수 있도록 설계된 다기능 로봇을 포함하며, 3D 측위 기술을 이용해 정확한 위치를 인식하고 작업을 수행함. - 기존 수작업 방식 대비 균일한 마감 품질을 보장할 수 있으며, 건설 현장에서의 인력 의존도를 줄이고 안전성을 강화하는 데 기여함. 		

No	발명의 명칭		
35	액세스플로어 시공용 무인로봇 제어시스템		
국가코드	KR	출원인	삼성물산 주식회사
출원번호	2020-0080275	발명자	차맹규, 박현일, 김희수, 임연직, 박훈채, 김진수, 장일규, 이지용, 최욱진, 김동규
공개/등록번호	10-2022-0001840/ 2358794		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 액세스플로어(이중 마루) 시공을 위한 자동화 로봇 시스템으로, 패드 설치, 바닥재 거치, 볼팅 작업 등을 수행하는 무인 로봇을 포함함. - 패드 및 플로어 설치를 자동화하여 작업자의 위험을 줄이고, 시공 시간을 단축하며, 높은 정밀도로 바닥 시공이 가능하도록 설계됨. - 시공 위치를 실시간으로 감지하고 조정하는 센서 및 제어 시스템을 활용하여, 플로어 설치 위치 선정 및 레벨링을 자동화함으로써 시공 품질을 극대화함. 		

No	발명의 명칭		
36	로봇의 지도 구축 및 위치 추적		
국가코드	KR	출원인	넥스트브이피유 (상하이) 코퍼레이트 리미티드
출원번호	2020-7034113	발명자	저우 지, 펑 신평
공개/등록번호	10-2021-0005925		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇이 실시간으로 장면 이미지를 수집하여 지도(맵)를 구축하고, 이를 바탕으로 위치 추적을 수행하는 기술로, 자율주행 로봇의 내비게이션 및 작업 정확도를 향상시킴. - 두 개의 지도(작업 영역과 좌표계 맵핑을 포함하는 제1 지도, 수집된 이미지 기반의 장면 특징을 포함하는 제2 지도)를 활용하여 보다 정밀한 위치 인식이 가능함. - 실시간 데이터 업데이트를 통해 지도 데이터베이스를 지속적으로 개선하며, 환경 변화에 적응할 수 있는 자율주행 로봇의 위치 추적 시스템을 제공함. 		

No	발명의 명칭		
37	건설 프로젝트에서의 반복 작업을 위한 자율 장치 및 시스템		
국가코드	KR	출원인	어드밴스드 컨스트럭션 로보틱스 인코퍼레이티드
출원번호	2019-7017629	발명자	머크 스티븐 엠, 오스터우드 크리스토퍼 씨, 램지 마이클 제이, 캠벨 던칸 에이 머스그레이브 리차드 이, 쇼 크리스토퍼 에스, 더글라스 우드로우 이, 디안토니오 스티븐 에이
공개/등록번호	10-2019-0100918/ 2459721		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 갠트리 구조를 활용한 자동화 시스템으로, 건설 현장에서 반복적인 작업을 수행할 수 있도록 설계된 자율 제어 시스템임. - 서버조립체(갠트리, 캐리어, 공구 작동 시스템) 간의 연계를 통해 복잡한 공정을 자동화하며, 엔드-이펙터를 이용하여 정밀한 작업 수행 가능함. - 인지 서브시스템과 모션 계획/제어 서브시스템이 포함되어 작업 데이터를 분석하고 최적의 경로를 설정하며, 건설 작업의 속도 및 정확도를 개선할 수 있음. 		

No	발명의 명칭		
38	건설 작업용 로봇 및 건설 작업용 로봇의 제어 방법		
국가코드	JP	출원인	SHIMIZU CO
출원번호	2015-247759	발명자	이가라시 쉰스케, 표 후지마사 유타카, 사카모토 마코토1 아리타 히로시유키, 이와타 켄고
공개/등록번호	2017-110466/ 6713762		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 부재 설치 작업을 자동화 또는 보조할 수 있도록 설계된 건설 작업 로봇으로, 매니퓰레이터와 엔드 이펙터를 이용해 정밀한 부착 작업 수행 가능함. - BIM 데이터를 활용하여 로봇이 스스로 위치를 파악하고 이동할 수 있으며, 기존 수동 작업 대비 작업 효율성을 높이고 시공 품질을 향상시킴. - 원격 조정 또는 자동 제어 방식으로 운영 가능하여, 작업자의 개입을 최소화하고 안전성을 증대하는데 기여함. 		

No	발명의 명칭		
39	위치 인식을 통한 물건 및 메시지 전달이 가능한 심부름로봇		
국가코드	KR	출원인	주식회사 유진로봇
출원번호	2007-0024281	발명자	이경선, 최영일, 김선영
공개/등록번호	2008-0083746		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 사무실, 공공기관, 가정 내에서 물건이나 메시지를 전달할 수 있도록 설계된 자율주행 심부름 로봇임. - 자체적인 맵 빌딩 기능을 갖추고 있으며, 장애물을 감지하고 회피할 수 있는 기능을 포함하여 실내 환경에서 원활한 이동 가능함. - 음성 및 영상 메시지 입력-출력 기능을 제공하여 단순한 물건 전달뿐만 아니라, 다양한 커뮤니케이션 도구로 활용 가능함. 		

No	발명의 명칭		
40	이동로봇의 맵 빌딩 방법		
국가코드	KR	출원인	주식회사 한올로보틱스
출원번호	2006-0039215	발명자	이남수, 장은수, 이상훈, 남중현, 김병수
공개/등록번호	2007-0106863/ 0776944		
분석결과	<ul style="list-style-type: none"> - 사전 정보가 없는 환경에서 로봇이 자체적으로 맵을 구축할 수 있도록 설계된 방법으로, 복잡한 실내 환경에서도 신속하고 정확한 지도 생성을 가능하게 함. - 벽면을 따라 이동하면서 장애물을 감지하고 회피하며, 초음파 센서를 활용하여 실내 지도를 자동으로 형성하는 방식. - 경로 계획을 원활하게 수행할 수 있도록 하여 자율주행 로봇의 이동성 및 작업 능률을 향상시키며, 물류, 서비스 로봇 등의 다양한 응용 분야에 적용 가능함. 		

3) 유사 중복 검토

- 국가 연구개발사업 간 유사·중복 여부를 사전에 검토하기 위해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 활용하여 관련 연구과제를 조사·분석함.
- 검토 대상은 건설 로봇, 시공 자동화, 인간-로봇 협업, 특정 공종 자동화 등을 핵심 키워드로 하여 검색된 총 6개 과제이며, 출연연 과제, 다부처 협업사업, 중소벤처기업부 창업·성장기술개발사업 등 다양한 유형의 국가 연구개발사업을 포함함.
- 그 결과, 기존 과제들은 주로 특정 공종(바닥 마감, 고소작업, 천장공사, 교면 방수, 클린룸 바닥 패널 등)에 한정된 시공 자동화 또는 단일 로봇 시스템의 개발·사업화를 목적으로 수행된 연구로 확인됨.

표 23. 유사·중복 여부 검토결과 (1)

구분	(종료) 대구경북과학기술연구원 연구운영비지원 미래선도형특성화연구 (과기정통부) 숙련 작업자 고령화 대응을 위한 고정밀 추적 센서 기반 바닥 마감재 시공 로봇 개발	(주관: 국토부-협력: 산업부) 건설현장 다목적 고소작업을 위한 로봇 플랫폼 및 XR 기반 인간-로봇 협업 기술 개발
근거법령	-	-
기술개발단계	응용	응용
기술분야 (세부기술분야)	기계(로봇/자동화기계)	건설(시공 자동화기술)
투자방향 관련분야	선도·도전	선도·도전
사업목적	기 보유된 인력 대체형 건설 자동화/로봇 원천 기술 및 고정밀 추적 센서 기술을 기반으로 수요기업의 Needs와 현장 특성을 반영한 현장 맞춤형 건설 로봇 개발	건설현장 고소작업 안전 향상을 위해 확장 현실 기반 인간-로봇 원격 협업이 가능한 고소작업 3종(용접/도장/내화보철) 로봇 시스템과 다수의 건설로봇 통합운영 시스템으로 구성된 고소작업 건설로봇 플랫폼 개발
사업 주요내용	○사업예산 : 127.50백만원 ○사업기간: 2021-01-01~2023-12-31 ○사업내용: 고정밀 센서 기반 바닥 마감재 시공 로봇 개발	○사업예산 : 28,000백만원 ○사업기간: 2025-04 ~ 2029-12 ○사업내용: 건설현장 다목적 고소작업을 위한 로봇 플랫폼 및 XR 기반 인간-로봇 협업 기술 개발
지원대상	대구경북과학기술연구원의 정규직 연구원	국가연구개발혁신법 제2조제3항 및 제6조에 해당되는 연구개발기관에 소속되고, 동법 제7조에 해당하는 국내연구자
과제 선정방식	평가를 통해 과제 선정	평가를 통해 과제 선정
수행주체	출연기관(100%)	
사업 추진체계	대구경북과학기술연구원 연구 운영비 지원	다부처 협업사업 (국토부(주관)-산업부(협력))
유사·중복 키워드	숙련 작업자, 고령화, 고정밀 추적 센서, 바닥 마감, 시공, 건설 자동화, 건설 로봇	건설 로보틱스 및 자동화, 고소작업, 확장현실, 인간-로봇 협업
검토결과	위 두 개의 사업은 특정 공종(바닥 마감 및 고소작업)의 시공 자동화를 위한 기술 개발을 목적으로 수행된 기초연구 및 기획 과제임. 반면, 본 연구는 공동주택 건설 현장의 생산성과 안전성 향상을 목표로, 가설작업 지원 및 수직 부재 설치 등 다양한 공정을 수행할 수 있는 다용도 건설작업 로봇의 설계 및 통합관리 기술을 개발하는 데 초점을 맞추고 있음. 또한, 본 연구는 산업화를 위한 제도적 기반 마련과 함께 실제 공동주택 현장에서의 실증을 통해 현장 적용성, 협업성, 통합 운용성을 검증한다는 점에서 차별성을 가짐.	

표 24. 유사·중복 여부 검토결과 (2)

구분	창업성장기술개발사업(중소벤처기업부) 건설 현안 대응을 위한 작업자-로봇 협업 기반 다목적 건설 로봇 시스템 개발	창업성장기술혁신개발(중소벤처기업부) 휴먼-AI 협업 기반 교면 방수 공정 자동화 로봇시스템 개발
근거법령	중소기업 기술혁신 촉진법 및 동법 시행령 등	중소기업 기술혁신 촉진법 및 동법 시행령 등
기술개발단계	응용	응용
기술분야 (세부기술분야)	기계(로봇/자동화기계)	기계(로봇/자동화기계)
투자방향 관련분야	선도·도전	선도·도전
사업목적	창업기업에 대한 전략적 R&D지원을 통한 기술기반 창업기업의 혁신성장 촉진	창업기업에 대한 전략적 R&D지원을 통한 기술기반 창업기업의 혁신성장 촉진
사업 주요내용	○사업예산 : 625백만원 ○사업기간: 2023-05-01~2026-04-30 ○사업내용: 천장공사 자동화를 위한 다목적 건설 로봇 시스템 개발 및 사업화	○사업예산 : 106.67백만원 ○사업기간: 2024-10-01 ~ 2026-09-30 ○사업내용: 교면 방수 공정 자동화를 위한 휴먼- AI 협업 기반 자동화 로봇 개발
지원대상	중소기업기본법 제2조에 따른 중소기업 중 창업 7년 이하이고, 최근년도 매출액 20억원 미만인 기업	중소기업기본법 제2조에 따른 중소기업 중 창업 7년 이하이고, 최근년도 매출액 20억원 미만인 기업
과제 선정방식	평가를 통해 과제 선정	평가를 통해 과제 선정
수행주체	중소기업(100%)	중소기업(100%)
사업 추진체계	중소기업기술정보진흥원에서 지원	중소기업기술정보진흥원에서 지원
유사·중복 키워드	건설 로봇, 다목적, 인간-로봇 협업, 건설 자동화	교면 방수 공정, 자동화 로봇 시스템, AI 기반 모니터링, 우수관로 자동 회피, 원격 제어 시스템
검토결과	<p>위 두 개의 사업은 천장공사 및 교면 방수공사의 시공 자동화를 통해 사업화를 추진하는 연구임. 반면, 본 연구는 공동주택 건설 현장의 생산성과 안전성 향상을 목표로, 가설작업 지원 및 수직 부재 설치 등 다양한 공정을 수행할 수 있는 다용도 건설작업 로봇의 설계 및 통합관리 기술 개발에 중점을 둔다는 점에서 차별성을 가짐.</p> <p>또한, 본 연구는 산업화를 위한 제도적 기반 마련과 함께 실제 공동주택 현장에서의 실증을 통해 현장 적용성, 협업성, 통합 운용성을 검증한다는 점에서 차별성을 가짐.</p>	

표 25. 유사·중복 여부 검토결과 (3)

구분	창업성장기술개발사업(중소벤처기업부) 다양한 산업현장 내 작업자동화를 위한 자율협업주행 기반 고중량-고난도 작업용 400kw급 무인모빌리티 로봇과 관제시스템 기술 개발	창업성장기술혁신개발(중소벤처기업부) 건설 산업 현안 해결을 위한 건설로봇 및 추적센서 기술 융합 기반 클린룸 바닥 패널 설치 로봇 개발
근거법령	중소기업 기술혁신 촉진법 및 동법 시행령 등	중소기업 기술혁신 촉진법 및 동법 시행령 등
기술개발단계	응용	응용
기술분야 (세부기술분야)	기계(로봇/자동화기계)	기계(로봇/자동화기계)
투자방향 관련분야	선도·도전	선도·도전
사업목적	창업기업에 대한 전략적 R&D지원을 통한 기술기반 창업기업의 혁신성장 촉진	창업기업에 대한 전략적 R&D지원을 통한 기술기반 창업기업의 혁신성장 촉진
사업 주요내용	○사업예산 : 333.40백만원 ○사업기간: 2024-07-01~2027-06-30 ○사업내용: 고중량 컨테이너운송용 무인 자율주 행 로봇 개발	○사업예산 : 62백만원 ○사업기간: 2022-07-01~2023-06-30 ○사업내용: 클린룸 바닥 패널 설치 로봇 개발
지원대상	중소기업기본법 제2조에 따른 중소기업 중 창업 7년 이하이고, 최근년도 매출액 20억원 미만인 기업	중소기업기본법 제2조에 따른 중소기업 중 창업 7년 이하이고, 최근년도 매출액 20억원 미만인 기업
과제 선정방식	평가를 통해 과제 선정	평가를 통해 과제 선정
수행주체	중소기업(100%)	중소기업(100%)
사업 추진체계	중소기업기술정보진흥원에서 지원	중소기업기술정보진흥원에서 지원
유사·중복 키워드	자율주행 , 컨테이너운송, 물류자동화, 협동로봇 , 대규모관제시스템	클린룸, 이중 바닥 패널, 건설 로봇, 위치 추적 센서 , 융합 기술
검토결과	위 두 개의 사업은 고중량 컨테이너 운송용 로봇 및 클린룸 바닥 패널 설치 로봇의 시공 자동화를 위한 기술 개발과 사업화를 목표로 수행된 연구임. 반면, 본 연구는 공동주택 건설 현장의 생산성과 안전성 향상을 위해 가설작업 지원 및 수직 부재 설치 등 다양한 공정을 수행할 수 있는 다용도 건설작업 로봇의 설계 및 통합관리 기술 개발을 목적으로 한다는 점에서 차별성을 가짐. 또한, 본 연구는 산업화를 위한 제도적 기반 마련과 함께 실제 공동주택 현장에서의 실증을 통해 현장 적용성, 협업성, 통합 운용성을 검증한다는 점에서 차별성을 가짐.	

4) 소결

◦ 요약

- **(건설로봇 개발을 위한 요소기술 중 대표적인 기술)** 1) 센서기술, 2) 제어기술, 3) 동력원(배터리) 기술, 4) 이동 기술, 5) 로봇암 및 그리퍼 기술로 나타낼 수 있음. 각 기술의 현재 사용 사례, 기술 한계, 현재 연구 진행 상황, 그리고 이에 해당하는 TRL 수준을 정리하면 다음과 같음.
- **(공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계 및 현장구축기술)** 건설 현장 내의 철골, 조적, 콘크리트 타설, 외벽 미장 등의 다양한 공종의 작업을 지원하기 위해 건설 로봇 기반 생산 자동화에 기초한 우수한 연구성과들이 도출되고 있음. 또한, 이러한 현장 적용 로봇에 센서 패키지를 구성하여 안전, 시공, 생산성 관리 데이터를 실측 및 분석하는 알고리즘이 개발되어 현장관리 자동화 원천 기술이 확보되고 있음. 이러한 요소기술들은 공동주택 현장의 만성적인 인력 수급의 어려움 및 낮은 생산성 개선 및 안전관리 향상에 큰 도움이 됨.
- **(공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발)** 작업자로부터 다양한 입력 소스를 기반으로 원격으로 현장 적용 로봇을 조작하는 시스템의 개발 등의 연구가 이루어지고 있음. 특히, 로봇이 측정된 데이터를 기반으로 디지털 트윈 모델을 형성하고, 원격 조정중인 작업자의 입력에 따라 현장의 물리적인 객체와 디지털 트윈 내의 가상의 객체가 상호 영향을 주고받는 실시간 운용 시스템 구축 기술 개발이 시도되고 있음. 또한, 생산 지원 유형의 로봇 이외에도 UGV, UAV 등을 통해 수집된 비전 기반 정보를 BIM에 실시간으로 통합하는 연구가 이루어지고 있어 실시간 현장정보 구축기술의 현장 적용성 및 실용화 가능성이 높아지고 있음.
- **(공동주택 현장 최적화 다용도-건설작업로봇 개발)** 특정 공정을 위해 제한적으로 활용되는 기존 건설 로봇의 한계를 극복하고 다용도 활용이 가능한 건설로봇으로의 변화를 위한 연구개발이 요구됨.

표 26. 요소기술별 TRL 수준

구분	센서기술	제어기술	동력원(배터리) 기술	이동기술	로봇암 및 그리퍼 기술
일반 활용 수준	LiDAR 및 카메라 기반의 센서는 건설 현장에서 이미 상용화되어 활용 중	건설산업에서는 원격 제어를 활용한 다양한 기술을 활용하고 있음	현재 가장 많이 활용되고 있는 리튬이온/리튬 폴리머 배터리는 다수의 산업에서 활용되고 있으며, 지속적으로 개발되고 있음	추종로봇 및 자율이동 로봇 등이 개발되고 있음	도로 자동천공 로봇과 같은 시스템은 이미 특정 건설 작업에서 활용되고 있음
현장 활용 사례	현대건설의 경우 협소한 건설공간을 대상으로 LiDAR를 장착한 UGV 등을 활용하여 점검 및 모니터링 작업에 활용함	원자력 연구원의 암스트롱의 경우 고위험 작업 로봇으로 활용하고 있음	전기차에 활용되는 리튬폴리머 배터리의 경우 무인 건설장비에 장착되어 활용되고 있음.	티라로보틱스 및 서울 다이내믹스의 경우 무인 추종 로봇/자율이동 로봇을 개발하여 건설현장에 적용 중임.	데루투(DERUTU)는 로봇암 기반의 벽체 및 바닥 타일 공사 로봇을 개발하여 현장에 활용하고 있음
기술 수준	센서가 장애물 감지, 환경 매핑, 작업경로 설정 등에서 성공적으로 활용되고 있으나, 건설현장의 복잡성 및 불균일성에 대한 충분한 대응 기술 개발이 필요할 것으로 판단됨	원격제어의 경우 건설 현장에서도 활용되는 측면이 존재하나, 자율제어 기술의 경우 건설환경에서의 안전성이 완전히 검증되지 않은 상태임. 향후 제어기술에 대한 추가 연구가 필요함.	대표적인 무인 장비 중 하나인 Spot의 경우 풀 충전시 90분 수준으로, 향후 지속적인 기술 개발이 필요할 것으로 판단됨. 현재 고밀도 배터리 및 충전기술 연구가 진행 중임.	공동주택을 범위로 한, 수직 이동 로봇의 개발이 미진한 상태임. 다양한 지형에서 안정적인 이동을 보장하려면 추가 검증 및 연구가 필요함.	로봇암과 관련된 직접 작업의 경우 건설현장의 특수성을 반영해야 하며, 다양한 크기와 형태의 자재를 다룰 수 있는 그리퍼 기술 역시 개발되어야 함.
TRL 분류	6~7	6	5	5~6	5~6

○ 시사점

- (공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계 및 현장구축기술) 공동주택 건축의 경제성 확보를 위해 저부가가치 단순 작업을 대체할 수단의 도입이 필수적임. 그러나, 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 현장 구축을 위한 기반 기술의 경우, 각각의 기술요소가 전문성을 요하는 특정 공종에 대해 개발 및 테스트 되어, 광범위한 업무 범위를 가지는 저부가가치의 다양한 단순작업에 대해서는 기술적 검증 및 성능평가의 보완이 필요할 것으로 사료됨.
- (공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발) 공동주택 다용도-건설작업로봇의 실질적인 운영을 위해서는 광범위한 현장 내에 적용된 모든 자동화 기계를 통합 관리하고 정밀한 스케줄링을 구현하는 기술이 필수적이나, 현재 연구 수준은 단일 기계에 대한 효율적인 운용 체계 수립에 국한된 상황임. 복수의 다용도-건설작업로봇이 원활히 작동하기 위해서는 각 기계의 작업 수행 경로를 다각적으로 분석하고 적용할 수 있는 스케줄링 기술 개발이 우선적으로 수행되어야 함.
또한, 다수 건설작업로봇의 동시·실시간 관리 플랫폼 구축 목표를 달성코자, BIM 기반의 디지털 트윈 기술이 실시간으로 지연 없이 적용되어야함.
- (공동주택 현장 최적화 다용도-건설작업로봇 개발) 국내·외 건설 로봇 기반 생산성 확보 기술의 경우 공동주택의 특수한 요구에 맞는 기술개발이 부족한 상황임. 공동주택 현장의 주요 단점 중 하나는 광범위한 현장 면적임. 일부 연구를 통해 다수의 로봇에 대한 군집제어 기술의 기초는 마련되고 있으나, 이러한 기술이 넓고, 콘크리트 구조체로 구획된 공동주택 건설 현장에 실제로 적용이 가능한지에 대해서는 추가적인 실증 및 기술적 보완이 필요할 것임.

2. 정책 동향 분석

2.1. 정책 및 제도 동향

□ 국내 정책 동향

◦ 국정과제, 대통령 말씀 관련

- (주택공급 확대, 250만 가구 목표) 현 정부의 핵심 공약으로, 250만 가구 공급을 위해 1기 신도시 신속 재개발, 3기 신도시 개발, 공공임대주택 확대 등을 제시
- (안전한 건설환경 조성) 안전한 건설환경을 조성하기 위해 지능형 CCTV, 스마트 센서 등 첨단 안전 장비와 함께 로봇, 드론 등의 스마트 기술 활용 확대
- (AI·로봇 산업 육성) 'AI·로봇 강국'으로 도약시키기 위해, 국가로봇테스트필드 구축, 서비스·제조·의료·물류로봇 개발을 위한 R&D 및 실증 기반 조성을 중점적으로 추진
- (AI 투자 확대) 'AI 100조원 투자 시대'를 선언하며, 자율제조로봇, 협동로봇, AMR(자율이동로봇), 휴머노이드 등 첨단 로봇 기술개발과 상용화 지원 확대
- (스마트공장 및 자동화) 산업용 로봇 전문기업과의 협력을 기반으로, 중소·중견기업 대상 스마트공장 보급 확산, 로봇 기반 제조·납품·유지관리 전 과정의 자동화 시스템 지원 확대

◦ 과학기술정보통신부, 2026년도 국가연구개발 투자방향 및 기준('25.3)

- 본 투자방향 및 기준에서는 저성장 및 노동력 감소에 대응하기 위한 국가 차원의 연구개발 전략으로 디지털 전환을 핵심 축으로 설정함. 전통 산업의 생산성 정체 문제를 해결하기 위한 주요 수단으로 로봇 및 인공지능 기반 자동화 기술의 활용 필요성을 강조함. 특히 건설산업은 인력 의존도가 높고 작업 환경이 열악한 산업으로 인식되고 있으며, 로봇을 활용한 자동화 기술 도입과 디지털 기반 공정 혁신을 통해 생산성 향상이 필요함을 명시함.

◦ 과학기술정보통신부, '제5차 과학기술기본계획 2023~2027' ('22.12.)

- 본 기본계획은 국가 과학기술 정책의 최상위 중장기 계획으로서, 향후 국가 경쟁력을 좌우할 12대 국가전략기술을 선정하여 집중 육성하는 것을 목표로 함. 이 중 인공지능 및 첨단로봇·제조 분야가 핵심 전략기술로 포함됨. 이는 로봇과 AI 기술이 특정 산업에 국한되지 않고 전 산업의 구조적 혁신을 견인하는 기반 기술임을 전제로 함. 고위험·고난이도 작업이 다수 존재하는 건설산업은 인공지능 및 첨단로봇 기술 적용 효과가 큰 분야로 해석됨.

◦ 관계부처합동, '제 1차 국가전략기술 육성 기본계획('24~'28)', ('24.08.)

- 본 계획은 기존 국가전략기술 육성이 일부 제조 분야에 편중되어 왔다는 문제 인식을 바탕으로, 전략 기술 적용이 상대적으로 미흡했던 공백 분야를 플래그십 프로젝트로 발굴·육성하는 것을 목표로 함. 이에 따라 첨단로봇·제조, 수소 등이 공백 분야로 제시됨. 이는 고도화된 로봇 기술이 요구됨에도 불구하고 정책적·산업적 지원이 제한적이었던 건설로봇 분야의 상황과 부합함. 건설산업은 첨단로봇 국가전략기술의 대표적인 공백 적용 분야로 해석됨.

◦ 국토교통부, '스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030', ('22.7)

- 본 방안은 2030년까지 건설산업 전반을 디지털·자동화 기반의 고부가가치 산업으로 전환하는 것을 목표로 함. 이를 위해 건설 전 과정 디지털화, 생산시스템 선진화, 스마트 건설산업 육성을 3대 중점

과제로 설정함. 이 중 생산시스템 선진화 분야에서는 건설기계 자동화 및 건설로봇 도입을 핵심 수단으로 제시함. 반복적이고 위험도가 높은 시공 작업을 로봇으로 대체·보조하여 생산성과 안전성을 동시에 제고하는 방향을 제시함.



그림 59. 스마트 건설기술 관련 국토교통부 주요 정책

◦ 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 (‘23.09)

- 본 종합계획은 건설 전 공정의 디지털화를 통해 지능화·자동화된 제작, 이동, 가설, 검측 및 안전관리 체계 구축을 목표로 함. 이를 위해 단순 장비 수준을 넘어 현장 환경과 작업 조건을 인식하고 자율적으로 작업을 수행할 수 있는 로봇 기술과, 이를 통합적으로 제어·관제할 수 있는 기술 확보의 필요성을 강조함. 건설로봇은 국토교통 분야 연구개발의 핵심 수단으로 제시됨.

◦ 제7차 건설기술진흥기본계획 (‘23.12)

- 본 계획은 건설산업의 생산성 정체 및 산업재해 지속 발생을 구조적 문제로 인식함. 이에 대한 대응 전략으로 디지털 전환과 자동화·모듈화 확대를 추진함. 특히 시공 단계의 자동화 수준 제고와 위험 작업 최소화를 위해 로봇 기술 활용이 필요함을 명시함. 로봇 도입을 통해 공정 표준화, 품질 안정성 확보 및 안전사고 저감을 동시에 달성하는 방향으로 정책을 유도함

◦ 행정안전부 ‘제4차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획(2023-2027)’ (‘22.12)

- 본 종합계획은 건설업 현장에서 반복적으로 발생하는 중대 재해 예방을 위한 기술적 대응 수단으로 고위험 작업을 대체하거나 보조할 수 있는 로봇 기술 개발을 주요 과제로 포함함. 사람의 접근이 어려운 위험 작업 환경에서 로봇을 활용하여 작업 안전성을 확보하고, 재난 및 사고 발생 가능성을 사전에 저감하는 기술 개발을 중점적으로 추진함.

◦ 산업통상자원부, ‘첨단로봇 산업 비전과 전략’, (‘23.12)

- 2030년까지 민관 합동 3조 원 이상 투자, 전 산업에 100만 대 이상 로봇 보급, ‘지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법’ 개편 추진 2030년까지 약70만대의 서비스로봇 보급 계획(돌봄·의료 30만대, 물류·배송 5만대, 스마트농업 3만대, 식음료 자영업 30만대, 국방·안전 2만대 등)을 제시하고 있으나 건설로봇에 대한 계획 없음. 또한, 8대 핵심기술 확보를 제시하고 있으나 로봇 고유기술(5대 부품기술(감속기, 서보모터, 그리퍼, 센서, 제어기), 3대 SW기술(자율이동 SW, 자율조작 SW, HRI))만 해당

◦ 관계부처합동, ‘신성장 4.0 15대 프로젝트 2025 추진계획’ (‘25.03.)

- 본 추진계획은 ‘AI 전환 가속화 및 지능형 로봇’을 핵심 과제로 선정하고, 전 산업 분야의 AX(AI Transformation) 전환 촉진을 목표로 함. 휴머노이드 및 이동형 로봇을 중심으로 HW·SW 연구개발 지원을 추진함. 다만 산업별 적용 전략은 제한적인 수준이며, 건설산업에 대한 구체적인 적용 시나리오는 제시되지 않음. 건설 분야는 AI 및 지능형 로봇 적용 시 생산성 및 안전성 개선 효과가 큰 영역으로, 향후 보완이 필요한 분야로 판단됨.

□ 해외 정책 동향

○ 미국

- 미국은 국가 차원의 National Construction Goals(1994~2003)을 수립하고, 이를 달성하기 위한 방안 중 하나로 건설 자동화 기술 개발에 12억 달러를 배정하는 등 정부가 건설산업의 발전을 위해 발전 방향 제시, R&D 투자와 같은 주도적인 역할을 수행함
- 미국의 대표적인 국가 ICT R&D 프로그램인 NITRD(Networking and Information Technology Research Development)은 AI, 빅데이터, 로봇틱스 및 자동화, 정보과학기술 등 4차 산업혁명과 관련성 높은 11대 분야를 선정하고 매년 65억 달러를 지원
- 미국은 대표적인 로봇 산업 육성정책인 국가 로봇틱스 이니셔티브(NRI) 를 2011년부터 추진중이며, 2020년 발표된 NRI 3.0은 협동 로봇, 보조 로봇(assistive robotics), 재난대응 로봇, 조작성(manipulation)과 이동성(mobility), 인간-로봇 상호작용, 소프트웨어 및 정보의 융합 등 6개의 주요 부문에 초점을 맞춤
- 미국의 로봇 연구 개발 지원을 주도하고 있는 NSF(National Science Foundation)는 NRI 3.0 일몰 이후 FRR(Foundational Research in Robotic) 프로그램을 통해 로봇 시스템에 대한 연구를 지원 중('23년 13억달러)
- 미국은 CCC(Computing Community Consortium)의 주도로 로봇 기술의 발전과 메가트렌드, 주요 비즈니스 동인, 도전과제, 지속 성장을 위한 문제 해결 방안을 제시한 '미국 로봇틱스 로드맵(National Robotics Roadmap)'을 '09년 처음으로 발간했으며 이후 4년마다 개정판을 발표하고 있음.
- '24년 발간된 5번째 로드맵에는 미국의 주택 가격 상승, 건설 노동시장의 수급 불균형, 건설 현장 안전사고 증가 문제를 해결하기 위해 건설시장에서 로봇 활용의 필요성이 포함되어 있음.
- * (유지관리) 로봇이 인간 근로자의 감독 아래 교량과 도로 검사를 수행하고 도로를 자율적으로 수리, 포장, 평탄화, 차선 표시 등을 할 수 있으며, 지하철, 기차, 공항, 항구와 같은 다른 유형의 교통 인프라에 대한 검사와 수리도 가능
- * (폐기물 분류) 로봇은 폐기물을 분류하여 소각하거나 매립하는 양을 줄일 수 있으며, 일부 유형의 쓰레기를 퇴비 등 상품으로 재판매할 기회를 극대화
- * (천연자원) 로봇은 재생 에너지(예: 풍력 및 태양광 단지의 건설 및 유지 관리), 토지 및 광물 관리(예: 광산), 물(예: 노후 파이프 수리 및 교체, 담수화)등을 지원
- '22년 보스턴, 피츠버그, 실리콘밸리가 미국 로봇 클러스터 연합을 결성하고 클러스터간 협업, 로봇·AI 투자, 스타트업 지원 등 강화
- * '21년 전세계 로봇 투자의 60%(200억달러)가 미국에 집중
- 「반도체과학법」의 10대 핵심기술 분야('23년 5억달러 지원)에 로봇 포함

○ 중국

- 중국은 건설산업 발전을 위한 14차 5개년 계획(2021-2025)을 통해 스마트 기술 도입과 디지털화를 촉진하여 건설산업의 현대화를 이루고, 친환경 건설을 통해 사회적·환경적 지속 가능성을 달성하고자 함
- BIM(건설정보모델링), IoT(사물인터넷), 인공지능(AI) 등 디지털 기술을 건설산업 전반에 도입하여 생산성을 향상하고 보다 스마트한 건설 환경을 조성하고자 하며, 2025년까지 일부 분야에서의 건설 로봇의 대규모 응용 실현하고 상징적인 제품의 현장 배치를 목표로 함

- “중국 제조2025(‘15년)”에 로봇을 10대 핵심영역에 포함하고 “로봇산업발전규획 발표”(‘21~’25년)하여, 2025년 로봇 밀도 2배 달성을 목표로 10개 중점 분야* R&D(100개 이상) 및 시범·실증(200개 이상), 체험·검증센터 구축 등 추진
 - * 경제(제조업, 농업, 건축, 에너지, 상업물류), 사회·민생(의료, 돌봄, 교육, 비즈니스 서비스, 안전·응급)
 - ** 「지능형 로봇 중점 특별 프로젝트 2022」에만 ‘22년 4,350만달러 투입
- ‘23년 “로봇+ 활용방안” 발표, 농업·물류·에너지·의료보건 등 서비스로봇 R&D 및 보급방안 제시
- **일본**
 - 일본 국토교통성은 2015년부터 ICT 기술을 활용한 건설산업 생산성 향상을 도모하기 위해 i-construction 스마트 건설정책을 추진하였으며, 2024년에는 건설현장의 완전한 자동화·무인화를 통해 2040년까지 투입인력 30% 감축, 생산성 1.5배 향상을 목표로 하는 i-construction 2.0 정책을 발표함
 - 2021년 9월 일본의 주요 건설회사를 중심으로 건설로봇과 IoT분야의 연구개발을 공동으로 실시하는 ‘건설 RX(Robot Transformation) 컨소시엄’을 설립하여 운영하며 시공단계에서 고된 작업, 위험한 고소작업, 반복 작업의 로봇화에 대해 연구개발을 우선적으로 진행
 - * 시공단계에서 고된 작업, 위험한 고소작업, 반복 작업의 로봇화에 대해 연구개발을 우선적으로 진행하기 위해 12개 테마로 분과회를 운영
 - * 종합건설사, 로봇제조사, 시공사 등 총 213개사가 참여하고, 분과 테마로 타워크레인 원격조작, 건설 폐기물 시분류처리, 먹줄로봇, 콘크리트 로봇 등을 포함
 - 2019년 ‘로봇기반 사회변혁추진계획’을 발표하고 파괴적 혁신을 달성한 문샷형 연구개발방식으로 AI와 로봇 지원하며 2050년까지 인간과 상생하는 AI로봇 실현을 목표로 함
 - 로봇신전략(‘15년)”을 수립하고, 로봇 비즈니스 규제개혁, 로봇 R&D 및 보급, SI 기업 육성, 인력 양성 등 1,000억엔 투자(~’20년)
 - 경제산업성은 “로봇산업발전 기본안(‘19년)”을 통해 중소기업의 로봇 활용 확대, R&D, 로봇 인프라 확충 등 추진(‘22년 9억불)
 - * 제조업(7,780만불), 의료(5,500만불), 로봇 인프라(6억 4,320만불), 농업(6,620만불) 등
 - “문샷 R&D 프로그램”을 신설하고, 로봇 분야 4.4억불 투자(‘20~’25년)
 - 「경제안전보장추진법(‘22년 제정)」의 11대 특정중요물자와 20대 첨단중요기술에 로봇 포함
- **유럽**
 - 2019년 발표한 EU의 연구혁신 프로그램인 Horizon Europe(2021-2027)은 건설업의 디지털 전환, 노동자 지원을 위한 자율 솔루션, 인간-로봇 간 협력, 인지능력의 증진 등을 목표로 프로젝트 추진
 - 지속가능한 성장을 위해 로봇 산업을 차세대 핵심 전략 산업으로 선정하여 지능형 로봇 산업 분야로의 시장 확대 계획
 - 숏크리트 디지털화 및 자동화를 위한 인간-로봇 협업 건설시스템, 건설용 웨어러블 기술 등 인간 중심 스마트 건설기술 개발을 목표로 추진함.
 - “SPARC(Smart Perceptive Autonomous Robots Connected) 프로그램”을 통해 민관합동으로 28억유로 투자(‘14~’20년)
 - ‘21년 “ADRA(AI, Data and Robotics Association) 프로그램”을 통해 AI와 로보틱스에 민관합동

26억유로 투자('21~'27년)

◦ 영국

- 영국은 건설산업 혁신의 선진모델로 평가되고 있으며, 'Constructing the Team(1994)'과 'Rethinking Construction'(1998)을 시작으로 건설산업 혁신 운동을 지속적으로 추진하고 있으며, 2013년에는 영국 건설산업의 비전과 목표, 세부 추진과제를 제시한 산업 전략으로 'Construction 2025'를 발표
- 2019년에는 영국 정부 Innovation Strategy의 일환으로 Construction Sector Deal을 발표하였으며, 2030년까지 공사기간 50% 단축, 생애주기 비용 33% 절감, 생애주기 탄소배출 50% 감축, 건설 생산성 15% 개선을 목표로 함
- 디지털 설계, 첨단재료, 신기술 분야의 연구와 혁신을 통해 디지털 경제로의 전환과 스마트 건설로의 변화를 선도하고자 함
- 영국 디지털 전략과 연계한 '로보틱스 전략(RAS 2020)'에 따라 2025년까지 세계 로봇시장의 10% 점유 목표로 함

□ 정책 분석 시사점

◦ 요약

- 국내 건설산업은 2010년대 중반 이후 스마트 건설기술 개발 및 활용을 통해 건설산업이 직면하고 있는 노동생산성 저하, 안전사고 증가, 품질관련 문제에 효과적으로 대응하고자 하는 정책적 지원을 지속해서 추진되고 있음
- 제7차 건설산업진흥기본계획과 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획은 4차 산업혁명에 대응할 수 있는 기술기반 구축과 건설산업 체질 개선방안 마련하고자 하며, 건설과정의 디지털화, 자동화의 성공적인 정착을 통한 건설산업 혁신을 목표로 하고 있음
- 건설로봇과 관련된 국내 정책은 고위험·고반복 작업의 자동화를 목표로 하며 건설기계 및 로봇 도입을 통해 건설 현장의 생산성 및 안전성을 혁신하고, 이를 지원하기 위한 다양한 기술개발 및 공공서비스 인프라 구축을 추진함
- 미국, 일본, 유럽 등을 포함한 주요 국가 정부 또한 건설산업의 자동화, 디지털 전환, 그리고 스마트 기술 도입을 통해 건설 생산성 및 효율성을 높이고, 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해 다양한 정책과 연구개발을 추진하고 있음

◦ 시사점

- 국내외 스마트 건설 기술 육성을 위한 정책적 지원은 주로 2010년대 중반부터 이루어져 왔으며, 현재 성숙기에 진입한 건설시장의 성장 잠재력을 극대화하기 위한 건설 전 과정의 디지털화와 자동화를 통한 건설산업의 혁신은 필수적인 요소임. 이를 위해 기초기술 R&D의 지속적인 강화, 전문 인력 양성, 다양한 시범사업의 전개, 성공사례의 체계적인 확산, 그리고 상용화를 통한 연구성과의 실질적 사업화를 지원하는 공공서비스 인프라의 구축이 요구됨
- 건설산업과 건설생산 현장의 많은 문제를 극복하기 위해서는 로봇기술의 적극적 도입이 시급하다는 인식이 공유되고 있으나, 개별 기업의 기술개발이나 단위과제 차원의 지원에 국한되어 있는 실정이며, 건설로봇 생태계 구축에 대한 체계적 노력은 미흡한 실정임. 건설로봇 생태계는 건설로봇 기술 개발 생태계와 건설로봇기술 활용 생태계 구축이 동시에 추진되어야 할 것임

2.2. 건설로봇 현장 도입 저해요인 분석

□ 저해요인 식별 개요

- 건설로봇의 도입 및 활용 전략 도출을 위하여 건설로봇 관련 국외 연구문헌 30편을 고찰하여 건설 로봇의 도입 및 활용의 저해요인을 식별함.
- 건설로봇 관련 국외 연구문헌 30편을 고찰한 결과, 총 20개의 저해요인을 식별하였으며, 요인의 특성을 고려하여 5개 측면의 요인으로 분류함.

표 27. 건설로봇 현장 도입 저해요인 식별

분류	요인	
경제적 요인(A)	A1	로봇도입에 따른 초기 투자비용이 높음
	A2	건설 로봇의 경제적 성과가 낮음(투자 수익률이 낮음/건설로봇에 대한 수요 부족)
	A3	건설로봇 관련 비즈니스모델 및 계약 방식의 부재 (최저가격을 중시하는 입찰 관행 등)
	A4	건설 로봇에 대한 R&D 투자가 저조함
산업적 요인(B)	B1	기존 근로자의 로봇 관련 지식 및 역량 부족
	B2	교육 및 훈련 한계 (고령화, 신규 인력 진입 부족 등)
	B3	타 산업과의 협업 부족
	B4	생산환경의 복잡성/다양성 및 비표준화(현장 특성에 따라 작업환경이 달라져 로봇 제어의 어려움)
제도/정책적 요인 (C)	C1	로봇에 대한 책임과 의무와 관련한 제도 및 정책 미비
	C2	건설로봇 도입 및 활용에 따른 인센티브 부족 (건설분야의 로봇 응용프로그램에 대한 정부지원 부족)
	C3	건설로봇 도입 및 활용 공공조달 사례 부족
사회/문화적 요인 (D)	D1	신기술 도입 및 업무 방식(작업 구조, 조직 등) 변화에 대한 사회적 반감
	D2	로봇과 인간의 협업 체계 미구축
	D3	건설 생산성 향상에 대한 필요성 인식 부족
	D4	작업 근로자 안전 문제 개선의 필요성 인식 부족
	D5	로봇 활용의 이점 인식 부족
기술적 요인 (E)	E1	건설현장의 ICT 기술(BIM, IoT 등) 도입의 미비
	E2	로봇 기술 개발 및 도입의 기술적 어려움 (센싱, AI, 레이저 스캐닝 등 기술 개발 부족)
	E3	로봇의 호환성 및 사용편의성 부족 - H/W 측면(부피, 무게 등)
	E4	로봇의 호환성 및 사용편의성 부족 - S/W 측면(응용 및 제어 프로그램 부족 등)

□ 경제적 측면 저해요인

- 건설현장에서의 건설로봇 활용을 막는 가장 큰 장애요인은 비용임. 또한, 건설 로봇 기술 개발 및 도입에 따른 초기 투자비용이 높고, 투자 수익률이 낮다는 한계가 존재함
- 건설기술진흥법상 안전 관련 스마트건설 기술은 안전관리비(직접비)에 계상하도록 하고 있다 보니 최근 많이 활용되고 있는 스마트 안전장비 등의 기술 적용 시 공사비가 증가, 수주에 불리해지는 역효과가 발생하고 있음.
- 정부 예산이 들어가는 공공공사의 경우 스마트 안전장비를 의무적으로 사용해야 하므로 가격 경쟁력에 문제가 없음. 다만 현장 다수를 차지하고 있는 민간은 스마트 안전장비가 의무 사용이 아니어서 스마트 안전장비를 사용하면 공사금액의 상승으로 가격경쟁·공사수주에 불리한 상황에 놓이게 되는 구조임.
- 50억원 이하의 소규모 건설현장의 현행 간접비 요율에 의한 안전기술 활용 비용 산정 방식으로는 현행

스마트 안전기술 적용에 따르는 소요비용을 충당하기 어려운 수준임.

□ 건설산업 내재적 저해요인

- 산업 현장의 자동화와 같은 환경을 확보할 수 없다는 점을 들 수 있음. 건설 현장 및 건설 자재의 비균질성은 센싱 및 지능화에 의존하는 로봇 시스템의 경우 극심한 장애요인으로 작용
- 건설의 경우는 대상이 대형으로 건축 장소나 현장의 설계가 다르며 로봇 사용의 경우, 로봇을 이동, 해체, 보관하여 다음에 대비하지 않으면 안 됨. 현장적용 시에는 이의 역순으로의 작업 또한 필요함. 이는 현장 작업자의 사용성을 저해시켜, 기존의 공법을 계속 고수하게 만드는 역할로 작용함.
- 기존 장비를 운용하는 현장 작업자들로서는 새로운 건설로봇 및 관련 시스템에 대한 교육을 받는데 대한 거부감이 존재함.
- 건설수요의 저하와 함께 로봇의 Cost performance가 요구되는 경우가 증가함으로 인해서 실용화에 도달하는 것이 점차 어려워지고 있음.
- 새로운 공법의 지속적인 출현과 이에 대응하는 건설장비의 공정별 대응이 까다로워지고 있음.

□ 제도 및 정책적 측면 저해요인

- 건설업계에 의하면, 건설현장에서는 이미 드론을 측량, 토공량 측정, 안전관리, 공정관리 등 다양한 분야에서 활용하고 있음. 하지만 현행법은 여전히 드론을 띄우는 단계에서부터 발목을 잡고 있음. 드론을 이용해 측량 시 항공촬영이 불허되거나 신속한 허가를 받지 못해 항공촬영에 어려움을 겪고 있음. 기술 발전 속도를 법·제도가 따라가지 못하면서 발생하는 문제들로 사업자 편의성을 높이는 방향으로 법·제도를 손볼 필요가 있음. 드론 뿐만 아니라 다양한 로봇 작업에 대해서도 허가 사항 검토 필요
- 건설현장에서는 굴착기 등 현장 수요가 많은 건설기계에 머신가이던스(MG), 머신컨트롤(MC) 장비를 부착, 위험하고 반복적인 작업의 효율과 안전성을 높이는 방식으로 자동화 장비가 활용되고 있음. 하지만 현장에서는 MC/MG를 활용하고 싶어도 일선 업체들이 감당하기 힘든 비용이 발생하고, 까다로운 무선국 운용 개소별 인허가 절차 등으로 애로사항이 많다고 지적하고 있음. 건설업계는 보조금 지급 등 지원과 복잡하고 까다로운 무선국 관련 절차 개선이 필요하다고 요구하고 있음.
- 건설 로봇 활용으로 인한 사고 발생 시, 책임소재에 대한 법적 규정이 부족하여 이를 명확히 규명하는 데 어려움이 있다는 점이 저해요인으로 작용 중임.
- 건설 현장에 로봇이 도입되면, 기존 노동법이나 규제가 로봇을 사람 대신 사용할 때의 노동 조건이나 고용 문제를 반영하지 못할 수 있음. 또한, 로봇이 인간 근로자의 역할을 대신하는 경우, 근로자 보호와 관련된 법적 충돌이 발생할 수 있음.

□ 사회 및 문화적 측면 저해요인

- 현재 건설현장에서 로봇의 활용도가 매우 낮으며, 신기술 도입 및 업무 방식 변화에 대한 사회적 반감으로 인해 현장에 건설로봇을 도입하는데에 어려움이 있음. 로봇 도입을 통해 작업자의 노동 투입률이 감소하고 빠르게 작업을 진행할 수 있으나 로봇과 인간의 협업체계 미구축 및 변화에 대한 사회적 반감은 건설로봇 활성화 저해요인으로 작용하고 있음.

- 건설현장의 생산성을 향상시키는 것은 매우 중요하며, 빠르고 정확한 작업 진행은 공기 단축 및 비용 절감으로 이어짐. 건설로봇은 작업자의 반복적이고 단순한 작업 뿐 아니라 불안정한 작업을 대체하여 생산성을 향상시킬 수 있음. 따라서 생산성 향상의 필요성 인식과 건설로봇의 이점 인식은 건설로봇의 활성화로 이어질 수 있음.
- 건설현장의 작업근로자 안전 문제는 매우 심각한 상황이지만 이에 대한 개선 필요성 인식이 부족함. 현장의 건설로봇이 활성화 될 경우 위험한 환경의 작업을 대체하여 근로자의 안전 문제를 개선할 수 있을 것으로 기대됨. 이와 같이 건설현장에서 로봇을 도입함으로써 생기는 이점을 인식하고 로봇 활용을 통해 해결할 수 있는 문제의 중요성을 인식하는 것이 필요함.

□ 기술적 측면 저해요인

- 현재 건설현장에는 BIM, IoT 등과 같은 ICT기술 도입이 미비한 상황임. 또한 기존 건설현장에 활용할 수 있는 센싱, AI, 레이저 스캐닝과 같은 기술 개발이 부족하여 건설로봇 기술 개발과 도입에 어려움이 있음. 건설현장은 일반 공장과 같은 제조 현장과 달리 현상이 지속적으로 변화하고 장애물이 많은 환경이므로 건설현장의 특성을 고려한 로봇 기술 개발이 필요함.
- 건설현장은 좁은 곳과 바닥이 평평하지 않은 곳 등과 같이 현장 특성이 다양함. 따라서 이러한 환경에서도 원활하게 작동될 수 있도록 로봇을 개발하는 것이 필요함. 현재 로봇의 경우 부피와 무게와 같은 하드웨어 측면 문제가 존재하며, 응용 및 제어 프로그램 부족과 같은 소프트웨어 측면 문제도 존재함. 이러한 로봇의 물리적 호환성 및 사용 편의성 부족은 건설로봇의 활성화를 저해하는 요인에 해당됨.

3. 기술수요조사

3.1. 기술수요조사 개요

□ 조사 개요 및 목적

- 공동주택 다용도 건설작업 로봇의 핵심 기술 개발 과제를 도출하기 위해 포괄적이고 전문적인 분석이 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 활용함과 동시에 기술 도출을 위한 전문가로 활용함
- 본 장에서 도출된 기술수요는 내부 연구진 및 관련 분야 전문가의 검토 및 분석을 통해 각 중점 분야 및 핵심기술을 도출하기 위한 기초 자료로 활용됨

□ 조사 방법

- 기술수요조사는 Technology Driven 방식과 Market Driven 방식 크게 두 가지 방식으로 조사를 수행하였음
 - (Technology Driven 기술수요조사) 공동주택 건설공사의 작업을 분석하여 각 세부작업의 로봇화 중요도 및 파급 효과와 로봇화 적합성을 평가하고, 이를 기반으로 공동주택 건설작업 로봇 개발의 우선순위를 도출함
 - (Market Driven 기술수요조사) 학회 게시판 등을 활용한 ‘공공 기술수요조사’의 방식을 통해 공동주택 다용도-건설작업 로봇 개발과 관련 다양한 기술 수요를 조사함

3.2. Technology Driven 기술수요조사

□ 개요

- 목적
 - 공동주택 건설공사는 다양한 작업이 병렬적 또는 순차적으로 각 공간에 투입되어 작업을 수행하기 때문에 각 세부작업 로봇 개발의 우선순위 산정이 필요함
 - 각 세부작업은 프로젝트 성과 측면에서의 중요성, 작업 수행 방식, 작업 수행 환경이 상이하므로, 이를 체계적으로 분석하여 공동주택 건설공사의 로봇화 대상 작업을 선정하고, 로봇 개발의 우선순위를 산정함
- 조사 및 분석 방법
 - 공동주택 건설공사의 골조공사 및 마감공사 공정을 분석하여 로봇화가 우선 순위 산정을 위한 후보 세부작업을 도출함
 - 도출된 후보 세부작업을 대상으로 건설로봇 전문가 평가를 수행하여, 로봇화의 중요성 및 효과 (Importance, Impact)와 로봇화 적합성(Feasibility) 분석함
 - 평가 결과를 바탕으로, 공동주택 건설공사 로봇 개발의 우선순위를 도출하여, 효율적인 연구개발 방향을 설정함

□ 공동주택 건설공사 로봇개발 후보 작업 도출

○ 골조공사 공정 분석

- LH 공동주택 표준 공사기간 산정 연구 및 민간 대형 건설사의 공동주택 골조공사 사이클 자료를 분석하여 일반적인 공동주택 골조공사의 세부작업을 도출함
- 일반적으로 공동주택 골조공사는 외부 벽체 갱폼과 내부 벽체 알루미늄 폼을 사용하여 거푸집 공사를 수행하며, 층당 7일 사이클 기준으로 공사가 진행되는 경우가 많으며, 일반적인 골조공사 작업 순서는 아래와 같음

표 28. 공동주택 골조공사 작업순서

구분	D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7	
	오전	오후	오전	오후	오전	오후	오전	오후	오전	오후	오전	오후	오전	오후
양생	■													
먹메김		■												
갱폼 인양 설치			■	■										
벽체 철근 인양				■										
벽체 철근 배근					■	■								
벽체 거푸집 해체 인양					■	■								
벽체 거푸집 조립							■	■						
슬라브 거푸집 해체							■	■						
슬라브 거푸집 조립									■	■				
슬라브 철근 배근											■	■		
전기 설비 검측												■	■	
콘크리트 타설/양생													■	■

○ 마감공사 공정 분석

- 공동주택 마감공사 공정 계획에 대한 기존 연구, LH 공사감독 핸드북, LH 표준 공사기간 산정 연구, 민간 대형 건설사의 공동주택 마감공사 공정표 등을 분석하여 일반적인 공동주택 마감공사에서 수행 되는 세부작업을 도출함
- LH 공사감독 핸드북을 기준으로 한 공동주택 1개 층 마감공사의 세부작업 수행 프로세스는 아래와 같음
- 민간 건설사의 마감공사 세부작업 수행 프로세스 분석 결과 일부 세부작업들 간의 수행 순서에서 차이가 있으나, 포함되는 세부작업의 항목은 유사한 것을 확인함

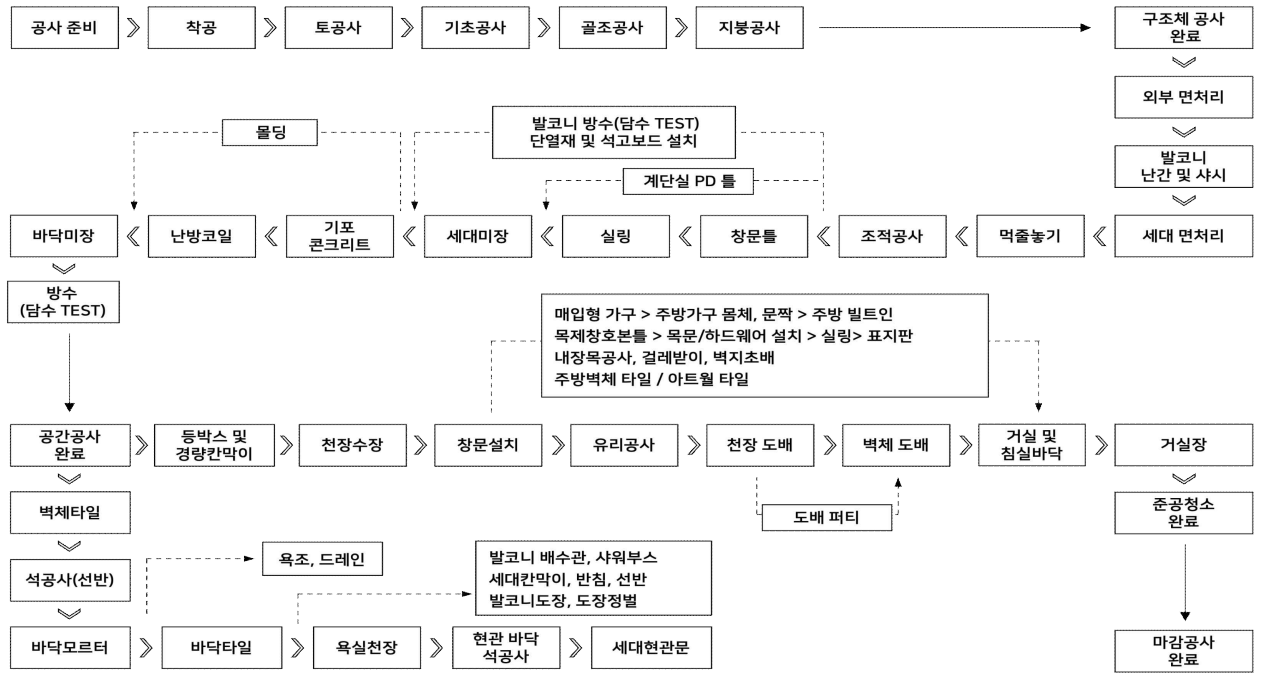


그림 60. 공동주택 마감공사 작업순서

○ 공동주택 건설공사 로봇화 후보 작업 도출

- 공동주택 골조공사 및 마감공사 공종 분석하여 확인된 세부 작업 중 강품 인양, 철근 인양 등과 같이 자재의 하중이 일반적인 산업용 로봇팔의 가반하중의 범위를 넘어서는 중량물 인양 작업 로봇화 후보 작업에서 제외함
- 또한, 콘크리트 타설 작업과 기포 콘크리트 및 방통 미장 타설 작업과 같이 이미 장비에 의존적인 공사 또한 로봇화 후보 작업에서 제외함
- 결론적으로 아래의 24개 작업을 공동주택 건설공사 로봇화 후보 작업으로 도출하여 로봇 개발의 우선 순위를 산정함

표 29. 공동주택 건설공사 로봇화 후보 작업

1. 벽체 철근 배근	2. AL폼 해체 및 운반	3. AL폼 조립 및 설치	4. 슬라브 철근 배근
5. 먹메김	6. 발코니 난간 설치	7. 발코니 샷시 설치	8. 시멘트 벽돌 쌓기
9. 벽체 단열재 설치	10. 벽체(합지) 보드류 시공	11. 경량철골 벽체틀 시공	12. 경량벽체 보드류 시공
13. 창호틀 설치	14. 창호주변 사춤	15. 벽체 미장공사	16. 방수공사
17. 벽체 타일공사	18. 경량철골 천정틀 시공	19. 천정 석고보드 시공	20. 바닥 타일시공
21. 가구공사	22. 천정도배공사	23. 벽체 도배공사	24. 바닥재 시공

□ 공동주택 건설공사 로봇 개발 우선순위 산정을 위한 평가항목 및 가중치 산정

○ 로봇 개발 우선순위 산정을 위한 평가항목 도출

- 각 작업의 특성과 작업 수행 환경 등을 고려하여 로봇 개발의 우선순위를 산정하기 위해 해당 작업의 로봇화가 프로젝트 성과에 미치는 영향을 의미하는 로봇화 중요도와 해당 작업에 대한 로봇화의 용이성을 의미하는 로봇화 적합성을 기준으로 평가를 진행함
- 각 건설 작업의 로봇화 중요도 평가를 위해 아래 5개의 세부 평가항목을 사용함
 1. 공사기간 단축 기여도: 로봇화가 해당 공종의 작업 속도를 높이고, 전체 공사기간을 단축하는 데 기여할 수 있는지 여부
 2. 원가절감 효과: 로봇화가 인건비 절감, 자재 낭비 감소, 공정 최적화를 통해 전체 건설 비용 절감에 기여할 수 있는지 여부
 3. 품질개선 효과: 로봇화가 작업 품질의 균일성과 정밀도를 향상시키는 데 얼마나 기여할 수 있는지
 4. 안전개선 효과: 로봇을 도입함으로써 작업자의 안전을 향상시키고 사고 위험을 줄이는 효과
 5. 인력 대체 효과: 로봇이 기존 작업 인력을 얼마나 대체할 수 있는지
- 각 건설 작업의 로봇화 적합성 평가를 위해 아래 5개의 세부 평가항목을 사용함
 1. 작업 동작의 복잡성: 해당 작업이 기계적으로 반복될 수 있는지, 복잡한 조작이 필요한지 여부 (높을수록 로봇화가 어려움).
 2. 작업의 요구 정밀도: 해당 작업이 높은 정밀도를 요구하는지 여부 (높을수록 로봇화가 어려움).
 3. 작업 대상물의 취급 용이성: 해당 작업의 자재를 로봇이 쉽게 다룰 수 있는 정도.
 4. 작업의 공간적 제약: 로봇이 작업할 공간이 충분한지 여부 (높을수록 로봇화가 어려움).
 5. 작업의 변동성: 작업이 일정한지 또는 중간에 추가적인 변형 작업이 필요한지 여부 (높을수록 로봇화가 어려움).

○ 로봇 개발 우선순위 산정을 위한 세부 평가항목 가중치 산정

- 건설작업 로봇화 중요도와 로봇화 적합성 평가를 위한 각 세부 평가항목의 상대적 중요도를 분석하기 위해 관련 분야 전문가를 대상으로 AHP 분석을 수행함
- AHP 분석은 전문가 설문을 통해 각 평가 항목 간 중요도를 쌍대 비교하여 가중치를 도출하는 방식으로, 로봇화 우선순위 결정을 보다 객관적이고 체계적으로 수행할 수 있도록 지원함
- 본 연구에서는 로봇화 중요도(공사기간 단축, 원가 절감, 품질 개선, 안전 개선, 인력 대체 효과)와 로봇화 적합성(작업 동작의 복잡성, 요구 정밀도, 작업 대상물 취급 용이성, 공간적 제약, 작업 변동성)에 대한 가중치를 각각 도출하여, 각 건설 작업별 로봇 도입의 실효성을 종합적으로 평가함
- 아래는 로봇화 중요도 세부항목의 가중치를 도출하기 위한 전문가 설문 조사임

3. 로봇화 중요도 평가 항목 정의 및 비교

로봇화 중요도 평가 항목 정의

1. 공사기간 단축 기여도: 로봇화가 해당 공종의 작업 속도를 높이고, 전체 공사기간을 단축하는 데 기여할 수 있는지 여부
2. 원가 절감 효과: 로봇화가 인건비 절감, 자재 낭비 감소, 공정 최적화를 통해 전체 건설 비용 절감에 기여할 수 있는지 여부
3. 품질 개선 효과: 로봇화가 작업 품질의 균일성과 정밀도를 향상시키는 데 얼마나 기여할 수 있는지.
4. 안전 개선 효과: 로봇을 도입함으로써 작업자의 안전을 향상시키고 사고 위험을 줄이는 효과.
5. 인력 대체 효과: 로봇이 기존 인력을 얼마나 대체할 수 있는지.

공사기간단축기여도	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	원가절감 효과
공사기간단축기여도	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	품질개선 효과
공사기간단축기여도	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	안전개선 효과
공사기간단축기여도	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	인력대체 효과
원가절감 효과	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	품질개선 효과
원가절감 효과	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	안전개선 효과
원가절감 효과	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	인력대체 효과
품질개선 효과	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	안전개선 효과
품질개선 효과	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	인력대체 효과
안전개선 효과	절대적 중요	매우 중요	상당히 중요	약간 중요	동일	약간 중요	상당히 중요	매우 중요	절대적 중요	인력대체 효과

그림 61. 로봇화 평가항목 중요도 도출을 위한 설문지

- 전문가 설문조사 응답에 대한 AHP 분석을 통한 각 세부항목의 가중치는 아래와 같음

표 30. 로봇화 중요도 평가항목 가중치

구분	세부 평가항목	가중치	구분	세부 평가항목	가중치
로봇화 중요도	공사기간 단축기여도	0.40	로봇화 적합성	작업동작의 복잡성	0.33
	원가절감 효과	0.18		작업의 요구 정밀도	0.14
	품질개선 효과	0.09		작업 대상물의 취급용이성	0.18
	안전개선 효과	0.09		작업의 공간적 제약	0.14
	인력대체 효과	0.24		작업의 변동성	0.21

□ 공동주택 건설공사 로봇 개발 우선순위 산정

○ 공동주택 건설작업 로봇화 중요도 및 로봇화 적합성 평가

- 공동주택 건설공사의 공정 분석을 통해 도출된 24개 로봇화 후보 작업을 대상으로 내부 연구진 및 분야별 외부 자문단 설문조사를 통해 각 세부작업의 로봇화 중요도(5개 항목), 로봇화 적합성(5개 항목)에 대한 평가를 수행함
- 아래는 각 세부작업에 대한 로봇화 중요도와 로봇화 적합성을 평가하기 위한 설문조사 중 “시멘트 벽돌 쌓기 작업”에 대한 설문조사 사례임

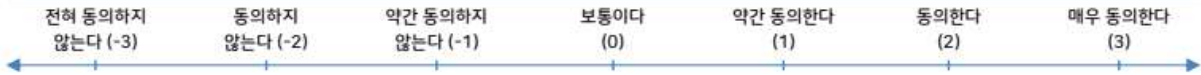
8. 시멘트 벽돌 쌓기 작업



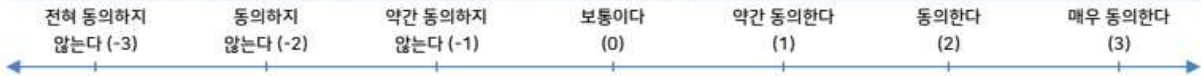
시멘트 벽돌을 쌓아 벽체를 형성 과정이다. 벽돌 사이에 모르타르를 발라 벽돌을 접착하며, 수직·수평 정렬을 유지하도록 도구를 사용해 확인한다. 벽체는 층별로 일정한 높이로 쌓으며, 벽체 내부에 매립되는 전기 설비 배관의 위치에 따라 시멘트 벽돌을 적절히 가공하여 쌓아 나간다.

시멘트 벽돌 쌓기 작업 로봇화의 중요도

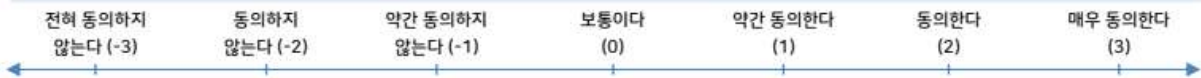
1. 시멘트 벽돌 쌓기 작업을 로봇화 하면 공사기간 단축에 기여할 것이다.



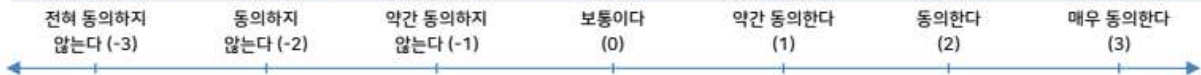
2. 시멘트 벽돌 쌓기 작업을 로봇화 하면 공사비용 절감 효과가 클 것이다.



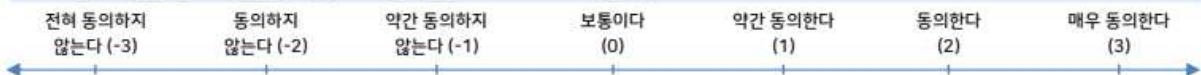
3. 시멘트 벽돌 쌓기 작업을 로봇화 하면 공동주택 품질이 개선될 것이다.



4. 시멘트 벽돌 쌓기 작업을 로봇화 하면 건설현장 작업자의 안전이 개선될 것이다.

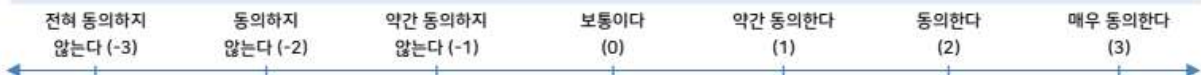


5. 시멘트 벽돌 쌓기 작업을 로봇화 하면 작업자 대체 효과가 클 것이다.

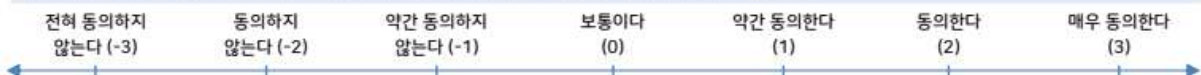


시멘트 벽돌 쌓기 작업 로봇화의 적합성

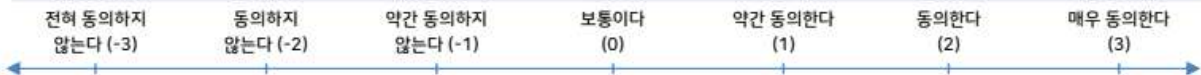
6. 시멘트 벽돌 쌓기 작업은 로봇이 수행하기에 동작이 단순하다.



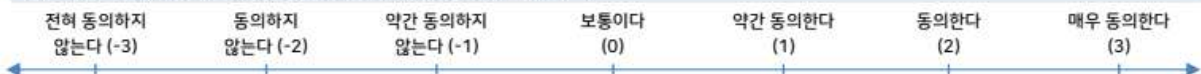
7. 시멘트 벽돌 쌓기 작업은 로봇이 수행하기에 높은 정밀도를 요구하지 않는다.



8. 시멘트 벽돌 쌓기 작업의 자재는 로봇이 쉽게 다룰 수 있다.



9. 시멘트 벽돌 쌓기 작업은 로봇이 작업할 공간이 충분하다.



10. 시멘트 벽돌 쌓기 작업은 작업 방식이 일정하며, 중간에 추가적인 변형 작업이 필요하지 않다.

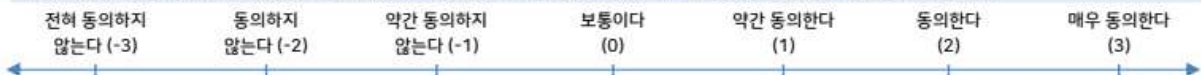


그림 62. 공동주택 건설작업별 로봇화 중요도 및 적합성 평가 설문지

○ 공동주택 건설공사 로봇개발 우선순위 산정

- 내부 연구진 5인 및 외부 전문가 15인을 대상으로 공동주택 건설공사 로봇화 후보 세부작업에 대한 로봇화 중요도 평가 결과의 항목별 가중치 반영 이전 원점수를 7점 척도로 나타낸 것은 다음과 같음
- 일반적으로 주공정선에 포함되는 골조공사 및 주요 마감공사가 로봇화 중요도 평가에서 높은 점수를 받은 것을 알 수 있음

표 31. 공동주택 건설공사 작업별 로봇화 중요도 평가결과

구분	공사기간 단축기여도	원가절감 효과	품질개선 효과	안전개선 효과	인력대체 효과	평균
1. 벽체 철근 배근	6.4	5.2	4.4	4.8	6.2	5.40
2. AL폼 해체 및 운반	6.3	5.7	3.3	6.2	6.1	5.52
3. AL폼 조립 및 설치	6.5	5.3	4.6	5.8	5.3	5.50
4. 슬라브 철근 배근	5.9	5.3	4.4	5.3	4.3	5.04
5. 먹메김	2.1	1.3	4.5	2.2	2.5	2.52
6. 발코니 난간 설치	3.1	2.4	1.5	5.3	2.4	2.94
7. 발코니 샷시 설치	4.2	2.4	2.1	6.2	2.4	3.46
8. 시멘트 벽돌 쌓기	5.7	5.1	4.5	4.2	5.8	5.06
9. 벽체 단열재 설치	5.3	5.5	6.1	4.1	6.1	5.42
10. 벽체(합지) 보드류 시공	6.1	5.3	6.2	4.2	6.5	5.66
11. 경량철골 벽체틀 시공	5.3	4.9	4.5	4.4	4.1	4.64
12. 경량벽체 보드류 시공	5.7	5.9	4.8	4.1	5.2	5.14
13. 창호틀 설치	5.8	3.7	3.5	2.1	3.1	3.64
14. 창호주변 사춤	5.3	3.8	5.9	3.8	5.2	4.80
15. 벽체 미장공사	5.8	5.2	5.2	4.6	5.7	5.30
16. 방수공사	4.8	4.2	5.1	3.1	4.2	4.28
17. 벽체 타일공사	4.5	5.2	6.1	3.9	4.2	4.78
18. 경량철골 천정틀 시공	5.3	4.7	4.3	4.7	4.4	4.68
19. 천정 석고보드 시공	6.2	6.1	5.1	4.8	5.2	5.48
20. 바닥 타일시공	5.1	5.1	5.9	3.5	4.8	4.88
21. 가구공사	3.7	4.1	4.3	2.4	3.2	3.54
22. 천정도배공사	5.1	3.7	5.6	3.1	4.2	4.34
23. 벽체 도배공사	5.4	4.2	5.9	2.8	3.9	4.44
24. 바닥재 시공	4.8	4.8	5.2	3.9	6.1	4.96

- 공동주택 건설공사 로봇화 후보 세부작업에 대한 로봇화 적합성 평가 결과의 항목별 가중치 반영 이전 원점수를 7점 척도로 나타낸 것은 다음과 같음

표 32. 공동주택 건설공사 작업별 로봇화 적합도 평가결과

구분	작업 동작의 복잡성	작업의 요구 정밀도	작업 대상물의 취급용이성	작업의 공간적 제약	작업의 변동성	평균
1. 벽체 철근 배근	1.8	4.5	2.1	4.2	2.3	2.98
2. AL폼 해체 및 운반	4.9	5.7	3.8	4.7	5.1	4.84
3. AL폼 조립 및 설치	2.1	3.4	2.5	2.3	2.3	2.52
4. 슬라브 철근 배근	2.1	4.3	2.2	2.1	2.4	2.62
5. 먹메김	5.2	4.7	5.3	4.8	5.7	5.14
6. 발코니 난간 설치	5.2	4.2	2.1	1.8	3.1	3.28
7. 발코니 사시 설치	3.1	2.3	2.4	2.1	3.2	2.62
8. 시멘트 벽돌 쌓기	5.2	6.1	5.8	4.2	4.1	5.08
9. 벽체 단열재 설치	6.2	6.4	6.1	5.2	5.8	5.94
10. 벽체(합지) 보드류 시공	6.3	6.1	6.3	5.7	5.9	6.06
11. 경량철골 벽체를 시공	3.4	5.3	2.3	3.1	3.3	3.48
12. 경량벽체 보드류 시공	5.8	4.9	6.2	4.7	5.4	5.40
13. 창호틀 설치	2.5	3.1	2.5	5.4	2.3	3.16
14. 창호주변 사춤	4.1	4.8	5.2	4.3	4.1	4.50
15. 벽체 미장공사	5.5	5.2	4.5	4.9	5.1	5.04
16. 방수공사	2.5	4.5	2.1	1.1	2.1	2.46
17. 벽체 타일공사	4.6	4.1	5.6	2.1	2.7	3.82
18. 경량철골 천정틀 시공	3.1	4.8	2.1	3.1	2.5	3.12
19. 천정 석고보드 시공	5.3	4.8	6.3	4.8	5.3	5.30
20. 바닥 타일시공	5.7	4.9	5.9	5.6	4.2	5.26
21. 가구공사	3.2	2.5	1.7	4.3	1.9	2.72
22. 천정도배공사	4.2	3.3	2.2	5.2	2.6	3.50
23. 벽체 도배공사	4.5	3.0	2.5	4.3	2.8	3.42
24. 바닥재 시공	5.2	4.9	6.2	6.1	6.5	5.78

- 공동주택 건설공사 로봇화 후보 세부작업에 대한 로봇화 중요성 및 적합성 평가 세부항목의 가중치를 반영하여 각 대항목을 1.00 만점으로 정규화한 후 두 항목이 평균 점수를 기준으로 우선순위를 산정한 결과는 아래와 같음

표 33. 공동주택 건설공사 작업별 로봇화 우선순위 도출 결과

구분	로봇화 중요도	로봇화 적합성	평균	순위
1. 벽체 철근 배근	0.83	0.38	0.61	12
2. AL폼 해체 및 운반	0.84	0.69	0.76	6
3. AL폼 조립 및 설치	0.82	0.35	0.58	14
4. 슬라브 철근 배근	0.75	0.36	0.55	18
5. 먹메김	0.33	0.74	0.53	19
6. 발코니 난간 설치	0.41	0.51	0.46	22
7. 발코니 사시 설치	0.49	0.39	0.44	24
8. 시멘트 벽돌 쌓기	0.77	0.72	0.75	8
9. 벽체 단열재 설치	0.78	0.86	0.82	2
10. 벽체(합지) 보드류 시공	0.84	0.87	0.86	1
11. 경량철골 벽체를 시공	0.68	0.49	0.59	13
12. 경량벽체 보드류 시공	0.77	0.79	0.78	4
13. 창호틀 설치	0.60	0.42	0.51	20
14. 창호주변 사춤	0.70	0.63	0.67	10
15. 벽체 미장공사	0.79	0.73	0.76	7
16. 방수공사	0.63	0.35	0.49	21
17. 벽체 타일공사	0.66	0.57	0.61	11
18. 경량철골 천정틀 시공	0.69	0.43	0.56	17
19. 천정 석고보드 시공	0.82	0.76	0.79	3
20. 바닥 타일시공	0.71	0.76	0.73	9
21. 가구공사	0.51	0.39	0.45	23
22. 천정도배공사	0.64	0.50	0.57	16
23. 벽체 도배공사	0.66	0.51	0.58	15
24. 바닥재 시공	0.72	0.82	0.77	5

- 로봇화 중요도와 로봇화 적합성이 상대적으로 우수한 10. 벽체(합지) 보드류 시공, 9. 벽체 단열재 시공, 19. 천정 석고보드 시공, 12. 경량벽체 보드류 시공, 24. 바닥재 시공, 2. AL폼 해체 및 운반, 15. 벽체 미장공사 8. 시멘트 벽돌 쌓기, 20. 바닥타일공사를 공동주택 건설로봇 개발 우선 작업으로 선정함.

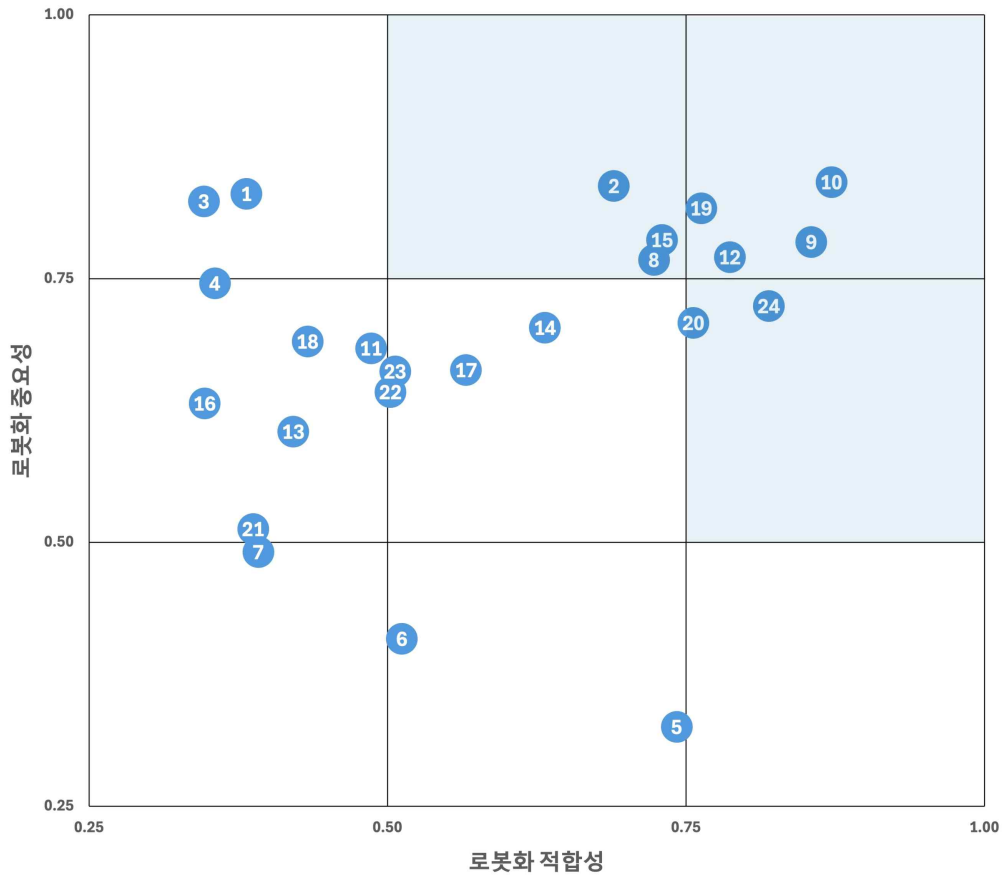


그림 63. 공동주택 건설공사 작업별 로봇화 중요도 및 적합도 평가결과 시각화

□ 개발 대상 로봇 선정

- 공동주택 골조공사 및 마감공사 공종 중 일반적인 산업용 로봇팔의 가반하중을 초과하는 중량물을 인양해야 하거나, 이미 장비에 의존하고 있는 공종을 제외한 24개 공종을 대상으로, 로봇화 중요성(공기단축 기여도, 원가절감 효과, 품질개선 효과, 안전개선 효과, 인력대체 효과)과*로봇화 적합성(작업 동작의 복잡성, 작업의 요구 정밀도, 작업 대상물의 취급 용이성, 작업의 공간적 제약, 작업의 변동성)을 종합 평가함.
- 그 결과, 9개 우선 후보 공종이 도출되었으며(노란색 음영 표시), 이 중 안전 개선 효과가 가장 높은 것으로 평가된 '가설작업 지원 로봇(2. AL폼 해체 및 운반)'을 우선 개발 대상으로 선정하고, 로봇화 중요성과 적합성 측면에서 우선순위가 높았던 '수직부재 설치 로봇(9. 벽체 단열재 설치, 10. 벽체(합지) 보드류 시공, 12. 경량벽체 보드류 시공)'을 함께 개발 추진함.

표 34. 개발 대상 로봇 선정 결과

1. 벽체 철근 배근	2. AL폼 해체 및 운반	3. AL폼 조립 및 설치	4. 슬라브 철근 배근
5. 먹메김	6. 발코니 난간 설치	7. 발코니 샷시 설치	8. 시멘트 벽돌 쌓기
9. 벽체 단열재 설치	10. 벽체(합지) 보드류 시공	11. 경량철골 벽체를 시공	12. 경량벽체 보드류 시공
13. 창호틀 설치	14. 창호주변 사춤	15. 벽체 미장공사	16. 방수공사
17. 벽체 타일공사	18. 경량철골 천정틀 시공	19. 천정 석고보드 시공	20. 바닥 타일시공
21. 가구공사	22. 천정도배공사	23. 벽체 도배공사	24. 바닥재 시공

- 기 개발된 로봇은 다양한 요구성과 기능을 구비하여 공동주택 작업용으로 즉시 활용 가능한 로봇은 없는 것으로 파악됨.

표 35. 기존 건설 로봇의 중복성 검토 결과

구분	분석결과	중복성
건설공정 및 작업계획 시스템	개발된 사례가 아직 확인되지 않음.	X
건설로봇-기능공 연계 작업관리 시스템	개발된 사례가 아직 확인되지 않음.	X
건설로봇 통합운용 시스템	개발된 사례가 아직 확인되지 않음.	X
건설로봇 설계 및 개발 플랫폼	개발된 사례가 아직 확인되지 않음.	X
가설작업 지원 로봇	<ul style="list-style-type: none"> • 프리지: 인양구를 통해 운반을 하는 자동화 기계로 설치 장소의 제약이 발생함. 또한, 작업자의 제어가 필요함. 	X
수직부재 설치 로봇	<p>특정 작업(타공, 앵커링, 특정 패널 설치 등)에만 특화되어 있으며, 마감재 설치를 포함한 공동주택 건설용 다목적 로봇은 없음.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 현대건설(드릴 타공 로봇): 공동주택 특성상 협소 공간 이동성 및 작업성이 떨어짐. 방향 전환 시 움직임의 변화가 많아 배터리 소모가 큼. • 삼성물산(스마트 드릴링 로봇): 설비 배관 통과를 위해 벽체를 타공하는 벽체 타공로봇을 개발하고, 삼성전자 기흥 NRD-K 현장(2024년)에 시제품 적용을 완료함. 벽체 타공에 특화되어 있으며, 마감재 설치 기능은 없음. 	X

3.3. Market Driven 기술수요조사

□ Market Driven 기술수요조사의 개요

- 기술니즈 조사는 공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 관련 기술들에 대한 산학연의 수요를 수집 및 조사하기 위해 수행하였음.
- 본 장에서 조사된 기술 수요는 내/외부 연구진 검토를 통해 공동주택 프로젝트의 현재 문제점과 기존 기술의 한계점, 최근 산업적 이슈 등을 해결하는데 적절성 여부를 검토하여 중점분야를 도출하는데 있어 그 근거로 활용됨.
- 국토교통과학기술진흥원 및 학회를 통해 공개적으로 기술수요를 조사하는 ‘공공 기술수요조사’와 본 기획연구진에서 제안하는 ‘연구진 제안 기반 기술수요조사’ 방식으로 진행함.

□ 기술제안 수집

- 기술수요조사는 국토교통과학기술진흥원, 한국건설관리학회, 대한건축학회에 25년 02월 07일~17일까지 공개 모집을 하였고, 그 외 본 과제와 관련있는 분야에 있는 산학연 실무진을 대상으로 기술수요 조사를 수행하였음. 이와 더불어 연구진 기술수요조사를 동시에 진행하였음.
- 중점분야는 RFP 상의 1) 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계 및 현장 구축기술 개발, 2) 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발, 3) 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증, 4) 산업화를 위한 제도기반 마련 및 실증으로 구분함.

표 36. 기술수요조사 개요

구분	내용
일시	2025.02.07 ~ 2025.02.17
항목	RFP 상의 4개의 중점과제
결과물	124개 기술

□ 기술수요조사 1차 정리 (124개 ⇒ 92개)

- 기술수요를 수집한 결과, 총 124개의 기술수요가 제안됨. 제안된 기술 중 유사도가 매우 높은 기술 항목은 하나의 수요기술로 통합함. 또한, 선행연구에서 연구진이 분석한 Technology Driven 기술수요를 반영하여 이를 「공동주택 수직부재 설치 로봇 개발 및 실증」, 「공동주택 가설작업 지원 로봇 개발 및 실증」, 「공동주택 수평부재 설치 로봇 개발 및 실증」의 세 유형으로 클러스터링하여 추가함.
- 수집된 기술수요에 대한 클러스터링은 2025년 2월 18일 광운대학교 대면회의 및 2025년 2월 25일 비대면 웹미팅을 통해 전문가 및 연구진 내부 1차 브레인스토밍을 거쳐 수행함.
- 클러스터링 방법은 2단계 절차로 구성됨. 우선, 키워드 기반 자동 분류를 통해 1차 분류를 수행함. 예를 들어, RFP 상 중점과제 2번인 *「공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발」*의 경우, 「통합, 관리, 네트워크, 스케줄링, 운영, 모니터링」 등의 키워드를 기준으로 기술수요를 분류함. 키워드 기반 자동 분류를 통해 총 92개 기술수요 중 86개에 대해 분류를 완료함. 자동 분류가 곤란한 잔여 6개 기술수요에 대해서는 연구진 검토를 통해 재분류함.
- 이상의 과정을 통해 총 92개의 기술수요 리스트를 최종 확보함. 이에 따라 해당 기술수요의 상세 목록은 아래와 같음.

표 37. 기술수요조사 리스트

연번	수요기술 명
1	다용도-건설작업로봇 제조를 위한 DfMA 기반 설계모델 구축기술 개발
2	공동주택 수평부재 설치 로봇 개발 및 실증
3	로봇과 공장 생산 건축(Offsite Construction) 시스템의 연계 기술
4	공동주택 습식작업 지원 로봇 개발 및 실증
5	공동주택 벽체 마감공정 로봇의 효율성 분석 및 개선 방안
6	건설 로봇과 드론의 협업을 통한 건설 자재 이송 기술 개발
7	AIoT기반 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 동작 제어기술 개발
8	건설 로봇 적용을 위한 현장 친화형 설계 기술 연구
9	실시간 로봇-작업자 협업을 위한 제어 알고리즘 연구
10	AI 기반 로봇 시뮬레이션을 활용한 건설 공정 계획 최적화
11	복잡한 건설 공정을 위한 다기능 건설 로봇 연구
12	다중 로봇 협업을 통한 공동주택 건설 현장 적용 기술
13	다양한 건설 현장 적용을 위한 범용 건설 로봇 플랫폼 연구
14	층간 이동이 가능한 자율주행 건설 로봇 개발
15	건설작업 로봇액션 분류체계 개발
16	인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술 개발
17	건설 로봇 네트워크 구축 및 작업 협력 기술
18	공동주택 외벽 마감재 시공 자동화 로봇 개발
19	공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화
20	로봇 적용을 고려한 건설 자재 설계 최적화 연구
21	대형 건설 장비와 로봇의 데이터 연계 시스템 개발
22	공동주택 골조 시공을 위한 협업형 로봇 개발
23	고강도 콘크리트 타설을 위한 스마트 로봇 시스템 개발
24	공동주택 작업용 현장 자동운행 기술 개발
25	로봇을 활용한 공동주택 골조 검사 및 자동 보정 기술
26	IoT 센서를 활용한 건설 로봇의 실시간 데이터 수집 및 분석
27	건설 로봇을 위한 BIM 연계 스마트 공정 설계 기술
28	로봇 기반 고층 공동주택 시공 자동화 기술 연구
29	건설 로봇의 노동법적 이슈 및 해결 방안 연구
30	시기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발
31	로봇 기반 공동주택 건설 공정 최적화 및 시뮬레이션 연구
32	공동주택 로봇 작업 최적화를 위한 작업 표준 개발
33	로봇과 레이저 측정 시스템을 활용한 정밀 시공 기술 개발
34	인간-로봇, 로봇-로봇 간 상호안전 확보 기술 개발
35	로봇과 인간 작업자의 협업을 위한 법적 프레임워크 개발
36	건설 로봇을 활용한 공동주택 유지보수 자동화 기술
37	공동주택 건설 작업자를 지원하는 웨어러블 로봇 개발
38	건설 로봇과 기존 건설 자동화 시스템 연동 기술 연구
39	공동주택 가설작업 지원 로봇 개발 및 실증
40	다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립
41	인간-로봇 연계 작업관리 시스템 개발

42	건설로봇 통합운용성 실증
43	공동주택 건설 현장 자동화 로봇 적용을 위한 공정 최적화 연구
44	공동주택 내부 미장 및 바닥 마감 자동화 로봇 개발
45	AI 기반 로봇 공정 제어 및 실시간 작업 보정 기술 개발
46	스마트 건설 로봇의 도입을 위한 국가 정책 연구
47	건설 로봇의 데이터 수집 및 클라우드 연계 기술 연구
48	로봇친화형 공동주택 현장 구축기술 개발
49	다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축
50	다층 건설 구조물 내 로봇 이동 최적화 기술 개발
51	다수 로봇 간 위치 확인, 군집제어 및 작업 모니터링 기술 개발
52	건설 로봇의 자율주행을 위한 환경 인식 및 장애물 회피 기술
53	자동화 건설 로봇과 굴삭기의 협업 기술 연구
54	공동주택 구조 시공을 위한 협업 로봇 시스템 개발
55	건설 로봇과 타워크레인 연계 자동화 기술 연구
56	건설 로봇의 실시간 상태 모니터링 및 유지보수 최적화 기술
57	건설 로봇의 자동 학습 및 작업 적응 기술 연구
58	공동주택 수직부재 설치 로봇 개발 및 실증
59	로봇 공정 자동화를 위한 AI 기반 위험 예측 시스템 개발
60	로봇 기반 건설 현장 작업 스케줄링 및 공정 조정 기술 연구
61	공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계지원 기술 개발
62	공동주택 작업용 로봇암 및 주행체 공통 플랫폼 개발
63	다수 로봇이 협업하는 건설 환경의 작업 표준 연구
64	고중량 건설 자재 양중 및 운반 로봇 개발
65	로봇 기반 건설 현장 작업 흐름 최적화 모델 개발
66	건설 로봇의 실시간 작업 성과 분석 시스템 개발
67	다용도 건설작업 로봇의 모듈형 설계 및 적용 기술
68	로봇과 인간 협업을 위한 건설 현장 작업 공간 최적화
69	건설 로봇 배터리 효율 최적화를 위한 스마트 에너지 관리 연구
70	AI 기반 건설 로봇의 에러 감지 및 자동 복구 기술 개발
71	AI 기반 건설 로봇의 작업 효율 분석 및 개선 방안 연구
72	공동주택 건설 로봇 운영을 위한 디지털 트윈 적용 기술
73	건설 로봇의 안전성 평가 및 국제 표준 대응 연구
74	공동주택 건설 로봇의 보험 및 사고 대응 체계 연구
75	건설 로봇 작업의 안전성 평가 및 리스크 대응 방안 연구
76	로봇 데이터 활용을 통한 건설 현장 생산성 예측 모델 연구
77	건설 로봇 적용을 위한 법·제도적 리스크 분석
78	AI 기반 건설 장비-로봇 협업 제어 알고리즘 개발
79	프리캐스트 콘크리트 조립을 위한 로봇-크레인 협업 기술 개발
80	로봇과 드론의 협업을 통한 건설 현장 자동화 기술
81	건설 로봇을 활용한 자동 품질 검사 및 보정 기술
82	IoT 센서를 활용한 건설 로봇의 작업 환경 분석
83	협소 공간에서 작업 가능한 건설 로봇 플랫폼 개발
84	로봇-크레인 협업을 통한 고층 건설 자재 양중 기술 개발

85	공동주택 조립식 구조물 시공을 위한 로봇 적용 연구
86	AI 기반 건설 로봇의 작업 경로 최적화 알고리즘 연구
87	로봇 작업 현장에서의 작업자 안전 확보를 위한 규제 연구
88	자율주행 건설 로봇을 위한 실시간 작업 지시 시스템 개발
89	AI 기반 건설 로봇의 윤리적 문제 분석 및 가이드라인 개발
90	인간-로봇 작업계획 기반의 다용도-건설작업로봇 설계 검증 기술 개발
91	다용도-건설작업로봇에 대한 현장 적용성 및 협업성 실증
92	로봇 기반 공동주택 현장 생산성 평가 모델 개발

○ 기술수요조사의 수집결과 (중점과제별)

- [중점과제 1] 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증 관련 기술 리스트이며, 전체 92개 중 25개로 나타났음.

표 38. 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증 관련 리스트

연번	수요기술 명
1	공동주택 수평부재 설치 로봇 개발 및 실증
2	로봇과 공장 생산 건축(Offsite Construction) 시스템의 연계 기술
3	공동주택 습식작업 지원 로봇 개발 및 실증
4	공동주택 벽체 마감공정 로봇의 효율성 분석 및 개선 방안
5	건설 로봇과 드론의 협업을 통한 건설 자재 이송 기술 개발
6	복잡한 건설 공정을 위한 다기능 건설 로봇 연구
7	층간 이동이 가능한 자율주행 건설 로봇 개발
8	공동주택 외벽 마감재 시공 자동화 로봇 개발
9	대형 건설 장비와 로봇의 데이터 연계 시스템 개발
10	공동주택 골조 시공을 위한 협업형 로봇 개발
11	고강도 콘크리트 타설을 위한 스마트 로봇 시스템 개발
12	로봇을 활용한 공동주택 골조 검사 및 자동 보정 기술
13	로봇과 레이저 측정 시스템을 활용한 정밀 시공 기술 개발
14	공동주택 건설 작업자를 지원하는 웨어러블 로봇 개발
15	건설 로봇과 기존 건설 자동화 시스템 연동 기술 연구
16	공동주택 가설작업 지원 로봇 개발 및 실증
17	공동주택 내부 미장 및 바닥 마감 자동화 로봇 개발
18	자동화 건설 로봇과 굴삭기의 협업 기술 연구
19	건설 로봇과 타워크레인 연계 자동화 기술 연구
20	공동주택 수직부재 설치 로봇 개발 및 실증
21	고중량 건설 자재 양중 및 운반 로봇 개발
22	프리캐스트 콘크리트 조립을 위한 로봇-크레인 협업 기술 개발
23	협소 공간에서 작업 가능한 건설 로봇 플랫폼 개발
24	로봇-크레인 협업을 통한 고층 건설 자재 양중 기술 개발
25	다용도-건설작업로봇에 대한 현장 적용성 및 협업성 실증

- [중점과제 2] 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발 관련 기술 리스트이며, 전체 92개 중 33개임.

표 39. 시 기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발 관련 리스트

연번	수요기술 명
1	건설 로봇 적용을 위한 현장 친화형 설계 기술 연구
2	실시간 로봇-작업자 협업을 위한 제어 알고리즘 연구
3	AI 기반 로봇 시뮬레이션을 활용한 건설 공정 계획 최적화
4	다중 로봇 협업을 통한 공동주택 건설 현장 적용 기술
5	인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술 개발
6	IoT 센서를 활용한 건설 로봇의 실시간 데이터 수집 및 분석
7	건설 로봇을 위한 BIM 연계 스마트 공정 설계 기술
8	로봇 기반 고층 공동주택 시공 자동화 기술 연구
9	시 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발
10	로봇 기반 공동주택 건설 공정 최적화 및 시뮬레이션 연구
11	건설 로봇을 활용한 공동주택 유지보수 자동화 기술
12	인간-로봇 연계 작업관리 시스템 개발
13	건설로봇 통합운용성 실증
14	공동주택 건설 현장 자동화 로봇 적용을 위한 공정 최적화 연구
15	다수 로봇 간 위치 확인, 군집제어 및 작업 모니터링 기술 개발
16	건설 로봇의 실시간 상태 모니터링 및 유지보수 최적화 기술
17	건설 로봇의 자동 학습 및 작업 적응 기술 연구
18	로봇 공정 자동화를 위한 AI 기반 위험 예측 시스템 개발
19	로봇 기반 건설 현장 작업 스케줄링 및 공정 조정 기술 연구
20	로봇 기반 건설 현장 작업 흐름 최적화 모델 개발
21	건설 로봇의 실시간 작업 성과 분석 시스템 개발
22	AI 기반 건설 로봇의 에러 감지 및 자동 복구 기술 개발
23	AI 기반 건설 로봇의 작업 효율 분석 및 개선 방안 연구
24	공동주택 건설 로봇 운영을 위한 디지털 트윈 적용 기술
25	로봇 데이터 활용을 통한 건설 현장 생산성 예측 모델 연구
26	AI 기반 건설 장비-로봇 협업 제어 알고리즘 개발
27	로봇과 드론의 협업을 통한 건설 현장 자동화 기술
28	건설 로봇을 활용한 자동 품질 검사 및 보정 기술
29	IoT 센서를 활용한 건설 로봇의 작업 환경 분석
30	공동주택 조립식 구조물 시공을 위한 로봇 적용 연구
31	AI 기반 건설 로봇의 작업 경로 최적화 알고리즘 연구
32	자율주행 건설 로봇을 위한 실시간 작업 지시 시스템 개발
33	로봇 기반 공동주택 현장 생산성 평가 모델 개발

- [중점과제 3] 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계 및 현장 구축기술 개발 관련 기술 리스트이며, 전체 92개 중 21개임.

표 40. 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계-개발 플랫폼 및 현장구축기술 개발 관련 리스트

연번	수요기술 명
1	다용도-건설작업로봇 제조를 위한 DfMA 기반 설계모델 구축기술 개발
2	AIoT기반 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 동작 제어기술 개발
3	다양한 건설 현장 적용을 위한 범용 건설 로봇 플랫폼 연구
4	건설작업 로봇액션 분류체계 개발
5	건설 로봇 네트워크 구축 및 작업 협력 기술
6	로봇 적용을 고려한 건설 자재 설계 최적화 연구
7	공동주택 작업용 현장 자동운행 기술 개발
8	공동주택 로봇 작업 최적화를 위한 작업 표준 개발
9	인간-로봇, 로봇-로봇 간 상호안전 확보 기술 개발
10	AI 기반 로봇 공정 제어 및 실시간 작업 보정 기술 개발
11	건설 로봇의 데이터 수집 및 클라우드 연계 기술 연구
12	로봇친화형 공동주택 현장 구축기술 개발
13	다층 건설 구조물 내 로봇 이동 최적화 기술 개발
14	건설 로봇의 자율주행을 위한 환경 인식 및 장애물 회피 기술
15	공동주택 구조 시공을 위한 협업 로봇 시스템 개발
16	공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계지원 기술 개발
17	공동주택 작업용 로봇암 및 주행체 공통 플랫폼 개발
18	다용도 건설작업 로봇의 모듈형 설계 및 적용 기술
19	로봇과 인간 협업을 위한 건설 현장 작업 공간 최적화
20	건설 로봇 배터리 효율 최적화를 위한 스마트 에너지 관리 연구
21	인간-로봇 작업계획 기반의 다용도-건설작업로봇 설계 검증 기술 개발

- [중점과제 4] 산업화를 위한 제도기반 마련 및 실증 관련 기술 리스트이며, 전체 92개 중 13개임.

표 41. 산업화를 위한 제도기반 관련 기술 리스트

연번	수요기술 명
1	AI 기반 건설 로봇의 윤리적 문제 분석 및 가이드라인 개발
2	건설 로봇 작업의 안전성 평가 및 리스크 대응 방안 연구
3	건설 로봇 적용을 위한 법·제도적 리스크 분석
4	건설 로봇의 노동법적 이슈 및 해결 방안 연구
5	건설 로봇의 안전성 평가 및 국제 표준 대응 연구
6	공동주택 건설 로봇의 보험 및 사고 대응 체계 연구
7	공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화
8	다수 로봇이 협업하는 건설 환경의 작업 표준 연구
9	다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축
10	다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립
11	로봇 작업 현장에서의 작업자 안전 확보를 위한 규제 연구
12	로봇과 인간 작업자의 협업을 위한 법적 프레임워크 개발
13	스마트 건설 로봇의 도입을 위한 국가 정책 연구

□ 기술 후보군 선별 (92개 ⇒ 45개)

- 본 기획과제 연구진 및 외부 기술자문위원이 참여하여 Technology Driven 기술수요조사(공동주택 적용성 기반의 로봇 기술 수요), Market Driven 기술수요조사(기술수요자 기반의 로봇 기술 수요), 대내외 환경조사, 전문가 의견 및 내부 회의를 통한 기술제안 등의 결과에 대해 중복기술을 통합하고, 기술의 필요성과 파급력, 그리고 개발 가능성 등을 고려하여 45개의 기술을 선별하였음.

표 42. 기술수요조사 최종안 도출 개요

구분	내용
일시	2025.02.27 ~ 2025.02.28
내용	Technology Driven 기술수요조사, Market Driven 기술수요조사, 대내외 환경조사 및 내부 회의 결과를 종합하여 개발 기술의 필요성, 파급력, 개발 가능성 등을 고려하여 기술개발 필요성이 높을 것으로 판단되는 기술들에 대한 후보군을 도출함.
활용방안	44개의 기술수요 후보군은 향후 전문가 평가(평가항목: 전략적 연계성, 추진효과성, 실행가능성)를 통해 최종 개발 기술을 선정할 것임 [Ⅲ. 연구개발 과제 및 추진전략 참조].
결과물	45개 기술 제안

- [중점과제 1] 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증과 관련된 과제 11건, [중점과제 2] 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발과 관련된 과제 15건, [중점과제 3] 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계-개발 플랫폼 및 현장 구축 기술 개발과 관련된 과제 12건, [중점과제 4] 산업화를 위한 제도기반 마련 및 실증과 관련된 과제 7건이 도출되었음.
- 본 기술들은 중점과제 별로 우선 개발의 필요성이 높은 수요기술을 정리한 것이며, 「Ⅲ. 연구개발 과제 및 추진전략」에서 심층 분석을 통해 최종 과제 후보를 도출하는데 활용할 것임.

표 43. 기술수요조사 최종안 리스트

구분	연번	수요기술 명
[중점과제 1] 공동주택 최적화 다용도-건설작 업로봇 개발 및 실증	1	공동주택 수평부재 설치 로봇 개발 및 실증
	2	공동주택 습식작업 지원 로봇 개발 및 실증
	3	공동주택 벽체 마감공정 로봇의 효율성 분석 및 개선 방안
	4	건설 로봇과 드론의 협업을 통한 건설 자재 이송 기술 개발
	5	공동주택 가설작업 지원 로봇 개발 및 실증
	6	자동화 건설 로봇과 굴삭기의 협업 기술 연구
	7	건설 로봇과 타워크레인 연계 자동화 기술 연구
	8	공동주택 수직부재 설치 로봇 개발 및 실증
	9	고층량 건설 자재 양중 및 운반 로봇 개발
	10	로봇-크레인 협업을 통한 고층 건설 자재 양중 기술 개발
	11	다용도-건설작업로봇에 대한 현장 적용성 및 협업성 실증
[중점과제 2] AI기반 공동주택 현장 다용도-건설작 업로봇 통합관리기술 개발	1	AI 기반 로봇 시뮬레이션을 활용한 건설 공정 계획 최적화
	2	인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술 개발
	3	IoT 센서를 활용한 건설 로봇의 실시간 데이터 수집 및 분석
	4	로봇 기반 고층 공동주택 시공 자동화 기술 연구
	5	AI기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템
	6	로봇 기반 공동주택 건설 공정 최적화 및 시뮬레이션 연구
	7	인간-로봇 연계 작업관리 시스템 개발

	8	건설로봇 통합운용성 실증
	9	공동주택 건설 현장 자동화 로봇 적용을 위한 공정 최적화 연구
	10	다수 로봇 간 위치 확인, 군집제어 및 작업 모니터링 기술 개발
	11	건설 로봇의 실시간 상태 모니터링 및 유지보수 최적화 기술
	12	공동주택 건설 로봇 운영을 위한 디지털 트윈 적용 기술
	13	로봇 데이터 활용을 통한 건설 현장 생산성 예측 모델 연구
	14	IoT 센서를 활용한 건설 로봇의 작업 환경 분석
	15	AI 기반 건설 로봇의 작업 경로 최적화 알고리즘 연구
[중점과제 1] 공동주택 최적화 다용도-건설작 업로봇 설계-개발 플랫폼 및 현장 구축 기술 개발	1	다층 건설 구조물 내 로봇 이동 최적화 기술 개발
	2	공동주택 작업용 로봇암 및 주행체 공통 플랫폼 개발
	3	건설작업 로봇액션 분류체계 개발
	4	공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계지원 기술 개발
	5	공동주택 로봇 작업 최적화를 위한 작업 표준 개발
	6	로봇친화형 공동주택 현장 구축기술 개발
	7	공동주택 작업용 현장 자동운행 기술 개발
	8	다용도-건설작업로봇 제조를 위한 DfMA 기반 설계모델 구축기술 개발
	9	인간-로봇, 로봇-로봇 간 상호안전 확보 기술 개발
	10	AIoT기반 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 동작 제어기술 개발
	11	인간-로봇 작업계획 기반의 다용도-건설작업로봇 설계 검증 기술 개발
	12	공동주택 구조 시공을 위한 협업 로봇 시스템 개발
[중점과제 4] 산업화를 위한 제도기반 마련	1	공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준 수립
	2	로봇과 인간 작업자의 협업을 위한 법적 프레임워크 개발
	3	다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립
	4	다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축
	5	다수 로봇이 협업하는 건설 환경의 작업 표준 연구
	6	건설 로봇의 안전성 평가 및 국제 표준 대응 연구
	7	로봇 작업 현장에서의 작업자 안전 확보를 위한 규제 연구

□ 전문가 대상 정량평가 (45개 ⇒ 22개)

○ 평가의 개요

- 공동주택 생산성 혁신을 위한 로봇기술의 개발 및 적용의 경우 각 기술의 수요처 및 기술개발에 소요되는 시간, 국가 재원의 지원 필요성이 상이할 수 있음. 따라서 보다 효과적인 정책적 연계성과 예산 집행의 효과성을 확보하기 위해서 수요기술에 대한 심층 평가가 필요함.
- 45개의 기술 후보군을 대상으로 전략적 연계성, 추진효과성, 실행가능성을 종합적으로 분석함. 각각의 항목은 5점 척도를 준용하여 기술별로 평가를 수행하였으며, 내부 연구진 중 5인 및 15인의 외부 전문가들의 평가점수를 산술평균하여 각 항목의 점수를 산정함.
- 각 평가항목인 전략적 연계성, 추진효과성, 실행가능성의 항목은 각각 동등한 가중치를 적용하였음. 실제 3가지 항목에 대해 중요성 산정을 위해 평가에 참여한 20인에게 AHP 분석을 위한 쌍대비교를 수행하였으나, 가중치가 항목별로 거의 유사하게 나타나 동등한 가중치를 적용하였음.

○ 평가의 결과

- 전체 후보 과제를 대상으로 한 평가 결과는 다음과 같음. 전반적으로 연구진 및 전문가 토론을 거쳐 선정된 기술 후보군이기에 때문에 3가지 항목에 대해 중위값 이상의 값을 얻었으며, 15점 만점 기준 13.8점에서 10.0점의 합산점수 분포를 보이고 있음.

표 44. 기술수요조사 선정 후보군 평가표

구분	연번	수요기술 명	전략적 연계성	추진 효과성	실행 가능성	총합
[중점과제 1] 공동주택 최적화 다용도-건설작 업로봇 개발 및 실증	1	공동주택 수평부재 설치 로봇 개발 및 실증	4.4	4.5	4.1	13.0
	2	공동주택 습식작업 지원 로봇 개발 및 실증	4.2	4.6	4.2	13.0
	3	공동주택 벽체 마감공정 로봇의 효율성 분석 및 개선 방안	3.5	3.7	3.2	10.4
	4	건설 로봇과 드론의 협업을 통한 건설자재 이송 기술 개발	3.9	3.1	3.1	10.1
	5	공동주택 가설작업 지원 로봇 개발 및 실증	4.6	4.9	4.1	13.6
	6	자동화 건설 로봇과 굴삭기의 협업 기술 연구	4.6	3.1	3.5	11.2
	7	건설 로봇과 타워크레인 연계 자동화 기술 연구	4.3	3.7	3.1	11.1
	8	공동주택 수직부재 설치 로봇 개발 및 실증	4.9	4.7	4.3	13.9
	9	고층량 건설 자재 양중 및 운반 로봇 개발	3.3	3.7	4.3	11.3
	10	로봇-크레인 협업을 통한 고층 건설 자재 양중 기술 개발	4.4	3.6	4.2	12.2
	11	다용도-건설작업로봇에 대한 현장 적용성 및 협업성 실증	4.5	4.7	4.7	13.9
[중점과제 2] AI기반 공동주택 현장 다용도-건설작 업로봇 통합관리기술 개발	1	AI 기반 로봇 시뮬레이션을 활용한 건설 공정 계획 최적화	3.5	3.5	3.7	10.7
	2	인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술 개발	4.2	3.9	4.8	12.9
	3	IoT 센서를 활용한 건설 로봇의 실시간 데이터 수집 및 분석	4.0	3.2	4.6	11.8
	4	로봇 기반 고층 공동주택 시공 자동화 기술 연구	4.2	3.7	3.1	11.0
	5	AI기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발	4.3	4.2	4.2	12.7
	6	로봇 기반 공동주택 건설 공정 최적화 및 시뮬레이션 연구	3.4	4.1	4.1	11.6
	7	인간-로봇 연계 작업관리 시스템 개발	4.6	4.7	4.0	13.3
	8	건설로봇 통합운영성 실증	4.7	4.5	4.1	13.3
	9	공동주택 건설 현장 자동화 로봇 적용을 위한 공정 최적화 연구	4.2	3.8	4.6	12.6
	10	다수 로봇 간 위치 확인, 군집제어 및 작업 모니터링 기술	4.6	4.9	4.8	14.3

		개발				
	11	건설 로봇의 실시간 상태 모니터링 및 유지보수 최적화 기술	4.6	3.3	3.6	11.5
	12	공동주택 건설 로봇 운영을 위한 디지털 트윈 적용 기술	4.0	3.3	4.6	11.9
	13	로봇 데이터 활용을 통한 건설 현장 생산성 예측 모델 연구	4.2	4.1	4.1	12.4
	14	IoT 센서를 활용한 건설 로봇의 작업 환경 분석	4.2	3.4	3.3	10.9
	15	AI 기반 건설 로봇의 작업 경로 최적화 알고리즘 연구	4.2	3.7	3.4	11.3
[중점과제 3] 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발	1	다층 건설 구조물 내 로봇 이동 최적화 기술 개발	4.6	3.6	3.8	12.0
	2	공동주택 작업용 로봇암 및 주행체 공통 플랫폼 개발	4.3	4.8	4.5	13.6
	3	건설작업 로봇액션 분류체계 개발	4.3	4.0	4.5	12.8
	4	공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계지원 기술 개발	4.7	4.1	4.1	12.9
	5	공동주택 로봇 작업 최적화를 위한 작업 표준 개발	3.4	3.8	2.9	10.1
	6	로봇친화형 공동주택 현장 구축기술 개발	4.2	4.5	4.9	13.6
	7	공동주택 작업용 현장 자동운행 기술 개발	4.3	4.3	4.4	13.0
	8	다용도-건설작업로봇 제조를 위한 DfMA 기반 설계모델 구축기술 개발	4.5	3.9	4.6	13.0
	9	인간-로봇, 로봇-로봇 간 상호안전 확보 기술 개발	4.5	4.4	4.9	13.8
	10	AIoT기반 공동주택 작업용 동작 제어 및 현장 자동운행 기술개발	4.7	4.9	4.7	14.3
	11	인간-로봇 작업계획 기반의 다용도-건설작업로봇 설계 검증 기술 개발	4.5	4.2	4.1	12.8
	12	공동주택 구조 시공을 위한 협업 로봇 시스템 개발	4.2	3.8	3.3	11.3
[중점과제 4] 산업화를 위한 제도기반 마련	1	공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준 수립	4.2	4.1	4.9	13.2
	2	로봇과 인간 작업자의 협업을 위한 법적 프레임워크 개발	3.9	4.2	3.9	12.0
	3	다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립	4.2	4.6	4.1	12.9
	4	다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축	4.4	4.0	4.6	13.0
	5	다수 로봇이 협업하는 건설 환경의 작업 표준 연구	3.6	3.2	3.7	10.5
	6	건설 로봇의 안전성 평가 및 국제 표준 대응 연구	4.0	3.9	3.1	11.0
	7	로봇 작업 현장에서의 작업자 안전 확보를 위한 규제 연구	3.4	3.1	3.5	10.0

- 45개의 세부과제를 평가한 뒤, 전략적 연계성, 추진효과성, 실행가능성을 종합적으로 판별하여, 22개의 최종 세부과제를 도출하였음.

○ [중점과제 1] 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증

- 12개 세부과제 중, 중점과제 1번의 연번 기준으로 1, 2, 5, 8, 10번의 5개 기술을 선정하였으며, 제외된 기술은 전략적 연계성이 낮거나(3, 4, 9번), 추진 효과성이 낮은 것으로 나타남(3, 4, 6, 7, 9, 10번) 기술은 추진효과성과 실행가능성이 낮은 것으로 분석되었음.

표 45. '중점과제 1' 세부 과제의 평가결과



○ [중점과제 2] Si기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발

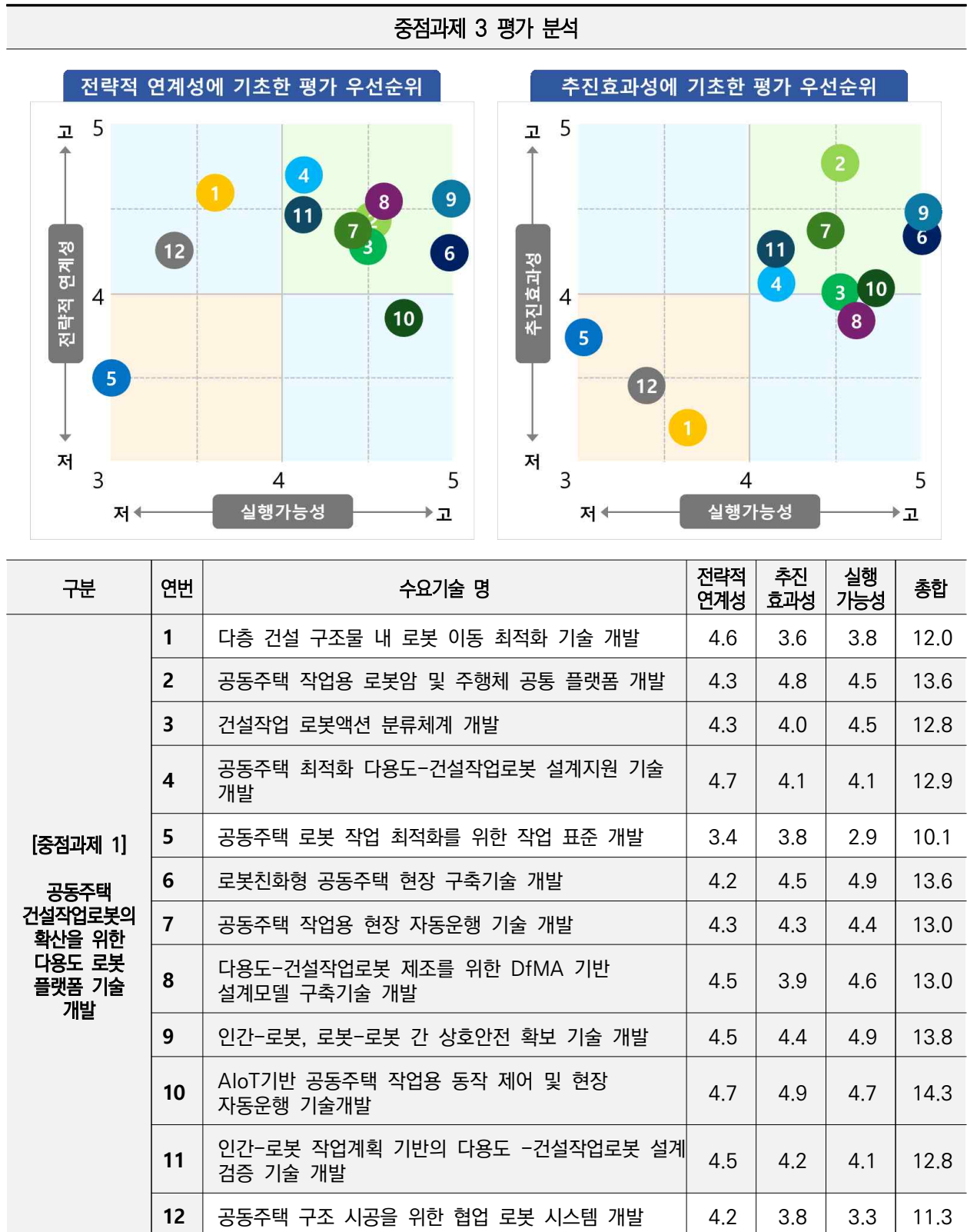
- 전체 15개 세부과제 중, 중점과제 2번의 연번 기준으로 2, 5, 7, 8, 10번의 5개 기술을 선정하였으며, 제외된 기술의 경우 전략적 연계성은 수용할 수준이나 추진효과성이 낮은 것으로 판단되었음.

표 46. '중점과제 2' 세부 과제의 평가결과



- [중점과제 3] 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발
 - 11개 세부과제 중, 중점과제 1번의 연번 기준으로 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11번의 9개 기술을 선정하였으며, 1, 5, 12번 기술은 추진효과성과 실행가능성이 낮은 것으로 분석되었음.

표 47. '중점과제 3' 세부 과제의 평가결과



○ [중점과제 4] 산업화를 위한 제도기반 마련

- 7개 세부과제 중, 중점과제 4번의 연번 기준으로 1, 3, 4번의 3개 기술을 선정하였으며, 제외된 기술은 전략적 연계성이 낮거나(2, 5, 6, 7번), 추진 효과성이 낮은 것으로 나타남(5, 6, 7번) 기술은 추진 효과성과 실행가능성이 낮은 것으로 분석되었음.

표 48. '중점과제 4' 세부 과제의 평가결과



□ 최종 세부과제 도출 (22개 ⇒ 12개)

- 중점과제 1에서 5개의 과제, 중점과제 2에서 5개의 과제, 중점과제 3에서 9개의 과제, 중점과제 4에서 3개의 기술에 대해서 최종적으로 전문가 검토를 수행하였음.
- 중점과제 1에서 전문가 의견으로 안전 개선 효과, 실증 및 사업화, 그리고 산업적 파급력이 높은 로봇을 중심으로 2개를 우선 선정하였음. 향후 연구비 증감액에 따라 변경될 수 있음.
- 이와 더불어 중점과제 2에서 세부기술의 원활한 진행을 위해 공통점이 있는 요소 개발 기술에 대하여 통합을 진행하였으며 최종적으로 관리/시뮬레이션/모니터링 기술 3가지로 세부과제를 제안함.
- 전문가 검토결과 중점과제 3의 세부기술의 중복성이 일부 확인되었으며, 공통점이 있는 세부기술을 묶어 최종적으로 3개의 세부과제로 제안함.

표 49. 세부과제 최종(안)

구분	연번	수요기술 명
[중점과제 1] 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증	1	공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발
	2	건설작업로봇 요소기술 구현
	3	건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증
[중점과제 2] AI기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술	1	인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술개발
	2	인간-로봇 연계 작업관리(계획-통제-모니터링) 시스템 개발
	3	AI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발
[중점과제 3] 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발	1	건설작업 기반 건설로봇 표준설계지원 시스템
	2	공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 개발
	3	로봇친화형 공동주택 현장 구축 및 운행최적제어 기술 개발
[중점과제 4] 산업화를 위한 제도기반	1	공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준수립
	2	다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립
	3	다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축

III. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 사업 비전 및 목표

□ 사업 목표

- 공동주택 건설에 최적화된 다용도-건설작업로봇 설계·운용 기술개발 및 산업화 기반 마련
 - 공동주택 건설현장의 생산성과 안전성 향상을 위한 다용도-건설작업로봇 개발을 핵심기술 개발 및 실증
 - (목표) 공동주택 공기단축 6%, 로봇-인력 대체율 10%, 현장 안전사고 감소율 15%

□ 사업 대표성과 및 목표

표 50. 중점과제별 성과목표 및 대표성과물

중점과제	성과목표	대표 성과물
[중점과제 1] 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증	- 공동주택 건설로봇 요건 만족도 100% - 공동주택 1개 동 3개 층 이상을 대상으로 실증 수행	- 가설작업 지원 로봇(1종 2기능) - 수직부재 설치 로봇(1종 2기능)
[중점과제 2] AI 기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발	- 다용도-다중 건설로봇 (2종 4기능) 동시 사용가능 통합운용 실증 - 실증단계 건설로봇 가동률 85% 이상	- 다용도-건설작업로봇 통합관리기술(S/W) - 인간-로봇 협업 공정 시뮬레이션(S/W) - AI기반 다수 로봇 군집제어 및 모니터링기술(S/W)
[중점과제 3] 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발	- 건설로봇 개발 기간 25% 단축 - 공동주택 건설작업로봇 요건 만족도 100% 달성	- 건설작업 기반 건설로봇 표준설계지원 시스템 (S/W) - 공동주택 작업용 로봇 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 (H/W) - 현장운행 최적 제어기술(알고리즘,S/W)
[중점과제 4] 산업화를 위한 제도기반 마련	- 제도 개선(안) 마련 및 제도 반영 6건 이상 - 건설로봇 표준 및 정보 표준제정 3건 이상	- 공동주택 건설로봇 데이터 표준 및 표준정보 체계 - 로봇작업 표준품셈 외 제도/기준

□ 사업 세부내용

- **(중점과제 1) 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증**
 - 공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발
 - 건설작업로봇 요소기술 구현
 - 건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증
- **(중점과제 2) AI기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발**
 - 인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술개발
 - 인간-로봇 연계 작업관리(계획-통제-모니터링) 시스템 개발
 - AI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발
- **(중점과제 3) 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발**
 - 건설작업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템

- 공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 개발
- 로봇친화형 공동주택 현장 구축 및 운행최적제어 기술 개발
- **(중점과제 4) 산업화를 위한 제도기반 마련**
 - 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준 수립
 - 다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립
 - 다용도-건설작업로봇 정보표준체계 구축

□ R&D 전후 수준(모습) 비교

표 51. 본 사업의 전후 수준 비교

핵심 항목(내용)	현재 수준(모습) ~'25(착수 전)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습) '31~(종료이후)
		'26년 수준 '26(착수년도)	목표수준 '30(종료년도)	
중점과제 1 공동주택 최적화 다용도-건설작업 로봇 개발 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 작업 환경과 내용에 적합하지 않은 작업로봇 작업로봇의 현장 적용성, 협업성, 통합 운용성이 실증을 통해 확인되지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 작업 환경과 내용에 최적화된 작업로봇 설계 (가설작업 지원, 수직부재 설치) 작업로봇 테스트 환경 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 최적화 건설작업로봇 개발 (가설작업 지원, 수직부재 설치) 건설작업로봇의 현장 협업성 및 통합 운용성 실증 	<ul style="list-style-type: none"> 현장 협업성과 통합운용성이 높은 실효성 있는 공동주택 최적화 작업로봇 개발 보급 (가설작업 지원, 수직부재 설치)
중점과제 2 AI 기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로 봇 통합관리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 시범 위주의 단일 혹은 동종 로봇 현장 적용 로봇 작업을 위한 계획 작성 방법론과 도구 부재 공동주택 건설작업 로봇 관리 플랫폼 시스템 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 다수 로봇 군집제어를 위한 프레임워크 설계 인간-로봇 연계 작업관리를 위한 방안 설계 공동주택 건설작업 로봇 통합 플랫폼 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 다수 로봇 위치확인, 군집제어, 모니터링 기술 개발 인간-로봇 연계 작업관리 알고리즘 개발 공동주택 건설작업 로봇 통합 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 현장에서 다수 로봇 군집제어 및 모니터링 SW 제공으로 통합관리 가능성 확보 로봇, 작업일정에 따른 로봇작업 계획 자동작성으로 실질적 로봇 적용 공동주택 건설작업 로봇 통합 플랫폼을 통해 편리한 현장 로봇 운용
중점과제 3 공동주택 건설작업 로봇의 확산을 위 한 다용도 로봇 플 랫폼 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 작업 운용에 적합하지 않은 주행체 로봇 친화적이지 않은 공동주택 현장 공동주택 최적화 작업로봇 설계지원 기술 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 초기설계 로봇 친화형 공동주택 현장 요구사항 정의 로봇작업분류체계 데이터 구조 작성 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 플랫폼 개발 센싱, 통신 등 로봇 친화형 공동주택 현장 구축 로봇작업분류체계기반의 다용도 로봇 설계기술 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 작업용 로봇 설계 플랫폼 기반의 다양한 작업로봇 개발 활용 로봇 친화형 공동주택 현장에서 다수 다종 로봇의 움직임 최적화 공동주택 작업용 로봇 설계 플랫폼 SW 제공으로 로봇 개발 및 공급 활성화
중점과제 4 산업화를 위한 제도기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> 건설로봇 설계, 제작, 운영, 유지관리를 통합하는 표준기술 부재 건설현장 로봇기술 개발 및 활용 생태계 구축을 위한 제도기반 부족 	<ul style="list-style-type: none"> 건설로봇 표준화 요구사항 정의 및 표준화 전략 수립 건설현장 로봇 도입 저해요인 및 해소방안 작성 	<ul style="list-style-type: none"> 건설로봇 표준 정보체계 작성 및 건설로봇 표준기술 주도 건설로봇 산업화를 위한 해결방안 및 정책 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택 건설로봇 표준 기술 제공으로 건설로봇 산업 생태계 활성화 건설현장 로봇 도입을 저해하는 요인을 정책적으로 제거하여 로봇 건설 활성화

2. 연구개발과제 구성 및 내용

2.1. 연구개발과제의 최종목표 및 구성

□ 최종목표

- 본 연구개발과제의 최종목표는 **다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발**을 통한 **공동주택 공기 단축 6%, 로봇-인력 대체율 10%, 현장 안전사고 감소율 15%**으로, 이를 달성하기 위한 4개의 중점과제로 구성됨.

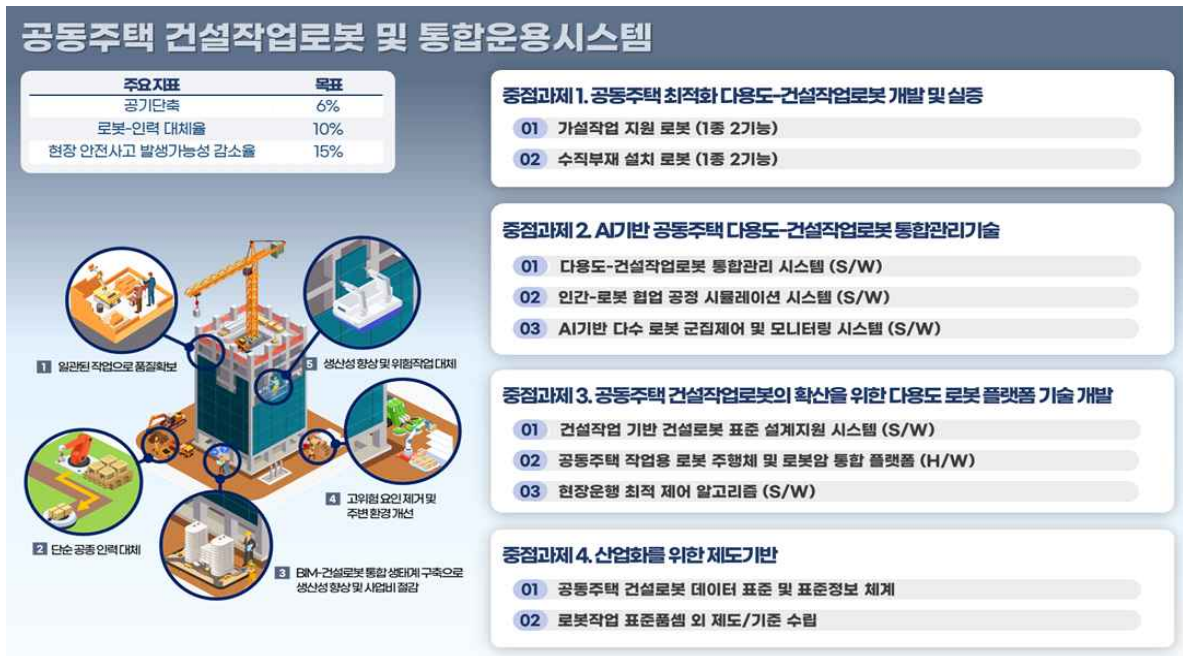


그림 63. 주요 성과물

□ 연구개발과제 구성

- 본 연구개발과제는 아래 표와 같이 4개 중점과제와 12개 세부과제로 구성됨.

표 52. 중점과제별 세부과제

구분	과제명
중점과제 1	공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증
세부과제 1-1	공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발
세부과제 1-2	건설작업로봇 요소기술 구현
세부과제 1-3	건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증
중점과제 2	SI기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발
세부과제 2-1	인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술개발
세부과제 2-2	인간-로봇 연계 작업관리(계획-통제-모니터링) 시스템 개발
세부과제 2-3	SI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발
중점과제 3	공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발
세부과제 3-1	건설작업 기반 건설로봇 표준설계 지원 시스템 개발
세부과제 3-2	공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 개발
세부과제 3-3	로봇친화형 공동주택 현장 구축 및 운영최적제어 기술 개발
중점과제 4	산업화를 위한 제도기반 마련
세부과제 4-1	공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준수립
세부과제 4-2	다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립
세부과제 4-3	다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축

2.2. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

2.2.1. (중점과제 1) 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증



① 기술개발 개요 및 정의

- 공동주택 건설작업 중 인력 의존적이고 반복적이며 숙련도에 의한 시공품질 영향이 큰 작업인 수직부재 설치 로봇, 가설작업 지원 로봇을 개발함.
 - 건설현장에서 임시 구조물(거푸집 등)을 설치/운반/해체하는 작업을 보조하거나 자동화하는 로봇 기술을 개발하고 실증을 위한 **공동주택 가설작업지원 로봇 개발, 다기능 구현**
 - 석고보드 등 수직부재를 자동으로 정렬하여 설치하는 로봇을 개발하고 실증을 위한 **공동주택 수직부재 설치 로봇 개발, 다기능 구현**
- 다양한 건설작업을 수행할 수 있는 다용도 로봇의 실증을 통해 현장 적용성과 인간-로봇, 로봇-로봇 간 협업 가능성을 검증하기 위한 **다용도-건설작업로봇에 대한 현장 적용성 및 협업성 실증**.
 - 로봇의 작업 효율성, 안정성, 적용성 등을 실제 건설현장에서 검증하고 개선 방안을 도출함.
 - 협업환경에서 로봇 간 작업 분담, 데이터 공유, 작업 충돌 방지 등의 성능에 대해 평가함.

② 기술개발 필요성

- 공동주택 가설작업 지원 로봇, 수직부재 설치 로봇 개발 및 이들 로봇에 대한 현장적용성 및 협업성 실증 필요
 - 가설작업은 구조물 축조를 위해 설치되는 임시 시설물로 설치, 해체 시 안전사고가 빈번하게 발생함. 또한 거푸집 등 가설재는 비교적 중량으로 작업자에게 신체적 부담을 누적시키는 문제가 있음. 이에 인력 의존도를 낮추고 정확하고 일관된 작업을 통해 시공 품질을 높이며 생산성을 확보할 수 있는 가설작업 로봇 개발이 필요함.
 - 수직부재 설치작업은 인력 의존도가 높고 반복작업으로 인한 작업자 피로도가 크며 시공품질이 작업

자의 숙련도에 영향을 받음. 이에 인력에 의존하지 않고 일정한 속도와 정확성으로 작업을 수행하여 품질의 일관성을 유지하고 생산성을 확보할 수 있는 수직부재 설치작업 로봇 개발이 필요함.

- 다용도-건설작업로봇에 대한 현장 적용성 및 협업성 실증 필요
 - 공동주택 현장은 협소한 공간, 장애물, 다수의 작업자 등 특성으로 인해 개발 로봇의 현장 적용성 평가가 필수임.
 - 또한 개발되는 로봇은 인간과 협업하기에 작업자의 안전을 확보한 상태에서 협업성에 대한 실증이 필수임.

③ 상세기술개발 내용

□ (세부과제 1-1) 공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 기술은 건설 현장에서 임시 구조물(거푸집 등)을 설치/운반/해체하는 작업을 보조하거나 자동화하는 로봇 기술을 개발하고 실증을 통해 검증함. 또한, 석고보드 등 수직부재를 자동으로 정렬하여 설치하는 로봇을 개발하고 실증을 통해 검증함. - 고위험, 고강도 작업을 대신 수행하여 작업자의 부담을 줄이고 작업의 정밀도/효율성을 향상시킴. - 수직부재 설치의 정밀도를 향상시키고, 균일한 품질을 유지하기 위해 로봇을 활용한 자동화 기술을 개발함. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 가설작업은 구조물 축조를 위해 설치되는 임시 시설물로 설치, 해체 시 안전사고가 빈번하게 발생함. 또한 거푸집 등 가설재는 비교적 중량으로 작업자에게 신체적 부담을 누적시킴. ▪ 수직부재는 미세한 위치 오차가 누적되면 품질에 부정적인 영향을 미칠 수 있어 정밀한 설치가 필수적임. ▪ 수직부재 설치작업은 인력 의존도가 높고 반복작업으로 인한 작업자 피로도가 크며 시공품질이 작업자의 숙련도에 영향을 받음. ▪ 이에 인력에 의존하지 않고 일정한 속도와 정확성으로 작업을 수행하여 품질의 일관성을 유지하고 생산성을 확보할 수 있는 가설작업 로봇 및 수직부재 설치작업 로봇 개발이 필요함. 	
연구개발 현황	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (가설작업) 가설작업은 인력 중심이며 안전사고가 빈번하게 발생함. ▪ (설치작업) 수직부재 설치의 반복적인 부재 운반과 정렬로 인해 작업자의 신체적 부담이 큼. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (가설작업) 로봇 활용으로 노동 강도를 줄이고, 업자의 안전을 확보. ▪ (설치작업) 로봇이 부재를 정렬·설치하고 시공 속도 최적화.
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 가설작업(알폼 해체 및 운반)을 지원하는 매니플레이터 및 EOAT 개발 ▪ 수직부재 설치(경량벽체 설치(석고보드 본드 시공 및 스크류 시공)를 지원하는 매니플레이터 및 EOAT 개발 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 가설작업지원 로봇 ▪ 수직부재 설치 로봇 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 가설작업지원 /수직부재 설치 로봇 설계 및 구조 정립 ▪ 2차년도: 가설작업지원 /수직부재 설치 로봇의 요소기술 통합 적용 및 기능 구현 ▪ 3차년도: 가설작업지원 /수직부재 설치 로봇 파일럿 테스트 ▪ 4차년도: 가설작업지원 /수직부재 설치 로봇 현장 실증 ▪ 5차년도: 가설작업지원 /수직부재 설치 로봇 상용화 방안 수립 	

□ (세부과제 1-2) 건설작업로봇 요소기술 구현

<p>정의(개요)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설로봇의 지능화와 자율화를 위해, 공정별 작업에 최적화된 AI 기반 정밀동작제어, 상황판단 기술, 지속적인 작업을 위한 에너지 최적화 기술을 개발함 - 로봇이 다양한 건설 작업 상황에 적응할 수 있도록, 작업공정별 정밀 모션을 제어하는 기술을 개발함. - 작업환경을 신속하게 인식하고 자율 판단할 수 있는 경량 엣지 AI 기술을 구현함. - 효율적 에너지 사용을 위한 기술을 개발함. 	
<p>필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 예측 불가능한 외부 자극(자재 방치, 협소 공간, 비정형 구조 등)에 유연하게 대응 가능한 지능형 판단 기능 필요함. ▪ 잦은 이동과 고하중 작업에 대응하기 위해 에너지 효율적 로봇운용을 위한 최적화 기술이 필요함. ▪ 사람 수준의 작업 정확도를 확보하기 위해, 공정별 특화된 AI기반 정밀 제어 기술이 요구됨. 	
<p>연구개발 현황 및 수준</p>	<p style="text-align: center;">As-is</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (정밀동작제어) 일반적인 제조 로봇에서 정형화된 환경 내 단순 반복 작업에는 적용되고 있으나, 비정형 공간인 건설현장에는 활용이 제한적임. ▪ (상황판단) 건설현장의 가변성 작업환경에 대한 상황판단이 어려움 ▪ (에너지 최적화) 일반 산업용 로봇은 배터리 용량 소진 시 작업 중단이 불가피하며, 건설현장의 이동 및 고하중 작업을 위한 에너지 효율에 대한 고려가 미흡함. 	<p style="text-align: center;">To-be</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (정밀동작제어) 작업 대상의 특성과 현장 여건을 반영한 건설 맞춤형 동작제어 기술개발로, 비정형 환경에서도 높은 정밀도와 안정성을 확보할 수 있도록 함. ▪ (상황판단) 가변적 건설작업 환경을 실시간 인식하는 기술을 고도화하여, 로봇의 작업성 향상 ▪ (에너지 최적화) 에너지 관리 소프트웨어를 통해 배터리 모니터링 및 장시간 작업성 확보
<p>주요 연구내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AI기반 공동주택 작업 맞춤형 정밀동작제어 기술 개발 ▪ 엣지AI 기반 상황판단 기술 개발 ▪ 에너지 최적화 기술 개발 	
<p>대표 성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 가설작업을 위한 정밀 동작제어/ 작업환경 상황판단 / 에너지 모니터링 소프트웨어 ▪ 수직부재 설치작업을 위한 정밀 동작제어/ 작업환경 상황판단 / 에너지 모니터링 소프트웨어 	
<p>차년도별 목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: AI 기반 건설작업 맞춤형 정밀 동작 제어 기술 구현 ▪ 2차년도: 엣지 AI 기반 상황 인식 및 판단 기술 개발 ▪ 3차년도: 에너지 사용량 모니터링 기술 구현 ▪ 4차년도: 모듈형 센서/AI 알고리즘 통합 및 검증 ▪ 5차년도: 지능형 요소기술의 확장 적용 	

□ (세부과제 1-3) 건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공동주택 건설현장에서의 공정 최적화, 안전성 확보, 운영 효율성을 실증함. - 공동주택 현장에서 다수의 이기종 로봇이 동시에 또는 순차적으로 협력하는 작업 체계를 실증함 - 로봇 작업과 인력 작업의 순차 연계, 위험 구역 회피 등 협업 시나리오 적용함 - BIM 기반 작업계획에 따라 공정 간 로봇 연계 작업이 가능하도록 통합 운용 프로세스 구현함 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 서로 다른 기능의 로봇이 공정 상 연계 작업을 수행하려면 일관된 통합 운용 체계가 필요함. ▪ 로봇과 사람의 순차 작업 등 작업관리 방안 마련이 필수임 ▪ 단일 작업 자동화를 넘어 공정 단위 운영 체계를 통해 실질적 공기단축 효과를 검증함. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (다중 로봇 운용) 일부 중장비(MC/MG)에서 병렬 운용 시도 중이나, 공정 간 연계성 없음 ▪ (사람-로봇 협업) 체계적인 사람-로봇 간 협업계획 방법론 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (다중 로봇 운용) 다수의 건설작업로봇이 공정 흐름에 따라 유기적으로 협업 가능한 운용 체계 실현 ▪ (사람-로봇 협업) 시공 공정에 따라 작업 순서를 자동 배정하고 순차작업이 가능한 협업 체계 확립
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 단일 로봇 단위의 기본 성능 및 현장 적용성 검증 ▪ 사람-로봇, 로봇-로봇 간 협업성 및 통합 운용성 테스트 ▪ 로봇 작업에 따른 시공품질 데이터 수집 및 분석 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공동주택 1개동 3개~5개층 이상을 대상으로 실증 수행 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 건설작업로봇 협업·운용 요구사항 도출 및 실증환경 설계 ▪ 2차년도: 로봇-작업자 협업 시나리오 기반 통합 운용 프레임워크 설계 ▪ 3차년도: 통합 운용시스템 구현 및 시험실 기반 검증 ▪ 4차년도: 공동주택 시공환경 기반 실증운용 적용 ▪ 5차년도: 통합 운용 최적화 및 기술 고도화 	

④ 추진전략

□ 목표성과물 및 평가방법

대표성과	성능지표	개발 목표성능	비고 (산정기준)	
가설작업 지원로봇 (1종 2기능)	거푸집해체 생산성	17.5m ² /hr 이상	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 거푸집 설치해체 인력작업 생산성은 70m²/일 25%는 해체, 75%는 설치로 가정 시 해체 70m²/2hr, 설치 70m²/6hr → 거푸집해체 생산성 = 35m²/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 17.5m²/hr 	
수직부재 설치로봇 (1종 2기능)	수직부재설치 생산성	2.8m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 석고보드 설치 (2겹) 인력작업 생산성은 45m²/일 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 2.8m²/hr 	
	수직 부재	나사간격	주변부 : 200±20mm 중간부 : 300±30mm	-
		평활도	3m당 3mm	-
공통	자재운반 생산성	250kg/hr 이상	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 벽돌 운반 인력작업 생산성(1개 층 수평운반 기준)은 약 500kg/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 250kg/hr 	
	틀 위치 정밀도	2mm 이내	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 10mm 이내 (삼성물산, 빌딩포인트코리아, 지오시스템즈 “스마트 드릴링 로봇”) 국외: 1mm 이내 (Printstones “Baubot”) - 공종에 따라 허용오차가 상이하므로, 목표 정밀도는 마감 공사 기준의 요구수준으로 설정함. 	

□ 기술성숙도 목표

세부과제	As-is 기술성숙도 (TRL)	To-be 기술성숙도 (TRL)
(세부과제 1-1) 공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발	3	7
(세부과제 1-2) 건설작업로봇 요소기술 구현	3	7
(세부과제 1-3) 건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증	3	7

2.2.2. (중점과제 2) AI기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발



① 기술개발 개요 및 정의

- 로봇을 활용한 건설 작업의 효율성을 극대화하기 위해 다양한 공정을 시뮬레이션하고 작업 프로세스를 최적화하기 위한 **인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술 개발**
 - 공정 시뮬레이션을 통해 로봇의 작업순서를 최적화하여 공정 생산성과 품질을 향상시킴.
 - 공정 시뮬레이션 데이터는 작업계획을 조정하는 데 활용될 수 있으며, 건설 현장 작업의 가변성에 대응함.
- 다양한 건설 작업을 수행하는 다수의 로봇의 작업현황을 효과적으로 파악 및 관리하고 조율하여 작업 효율성과 안정성을 극대화할 수 있는 **공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발**
 - 다용도-건설작업 로봇들을 통합하여 작업할 수 있도록 조정하고, 작업 간 간섭을 최소화하여 공정을 최적화함.
 - 건축 단계별 로봇 운용 전략을 수립하고, 로봇의 역할을 체계적으로 배분하여 중복 작업과 비효율을 최소화함.
 - 실시간 데이터 분석을 통해 로봇 협업 및 자원 활용 최적화를 지원함.
- 건설현장 인간-로봇 연계 작업에 있어서 작업자와 로봇의 특성을 고려해 작업목표를 설정하고 생산성과 안정성을 확보하기 위한 **인간-로봇 연계 작업관리 시스템 개발**
 - 인간-로봇 연계 작업 과정에서 생산성과 작업 안정성을 지속적으로 유지할 수 있도록 관리함.
 - 연계작업 절차 표준화와 작업 간 조율을 통해 공정의 원활한 진행을 지원함.
 - 작업 중 발생하는 다양한 변수를 효과적으로 분석하고, 연계 시스템이 최적의 방식으로 대응할 수 있도록 조정함.
- 건설 현장에서 다수의 로봇이 협업하여 작업을 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하기 위한 **다수 로봇 간 위치 확인, 군집제어 및 작업 모니터링 기술 개발**

- 다수의 로봇이 실시간으로 위치를 파악하고 서로 간의 간섭을 최소화하며 효율적인 작업 분배를 가능하게 함.
- 군집제어 알고리즘을 적용하여 로봇 간 최적의 협업이 이루어질 수 있도록 조정하고, 작업 중 충돌을 방지함.

② 기술개발 필요성

- 인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술 개발 필요
 - 기존 건설 공정 계획은 인력 중심으로 설계되어 로봇 적용 시 비효율성이 발생할 수 있음. 또한 건설 현장의 복잡성과 작업 환경의 가변성은 계획 대비 작업 효율성을 저하시킴.
 - 이에 공정계획 단계에서부터 로봇 작업 데이터를 반영한 공정 시뮬레이션을 통해 비효율적인 작업 순서 및 자재 낭비를 줄이고, 건설로봇 작업의 효율성과 생산성을 향상시키기 위해 작업 프로세스 최적화 기술이 필요함.
- Si기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발 필요
 - 건설 현장은 공간이 제한적이며 다수의 로봇이 협업하는 경우 작업 간 간섭이 빈번하게 발생함. 작업 일정 변경, 환경 변화 등의 변수를 반영할 수 있는 유연한 로봇 운영 체계가 없으면, 공정 관리가 어려워지고 작업 생산성이 저하될 우려가 있음.
 - 기존에는 개별 로봇 중심으로 운영되어 협업 및 작업 조율의 최적화가 어려움.
 - 이에 공동주택에서 작업 중인 다수 건설로봇의 상태를 확인하고 통합적으로 조율 및 운용할 수 있는 시스템이 필수적임.
- 인간-로봇 연계 작업관리 시스템 개발 필요
 - 인간-로봇 연계 작업에서 협업이 원활하지 않을 경우, 작업 속도의 불균형과 조율 부족으로 인해 생산성이 저하되고, 시공 품질의 편차가 커질 위험이 있음.
 - 작업 일정과 진행 상황이 체계적으로 관리되지 않으면, 인간과 로봇 간의 역할 분배가 명확하지 않아 작업 간 간섭이 발생하는 문제점이 있음.
 - 인간-로봇 연계 작업을 체계적으로 관리하여 작업 흐름을 최적화하고, 중복 작업과 대기 시간을 최소화함으로써 공기 단축 효과를 기대할 수 있음.
- 다용도-다중 건설작업로봇의 현장 협업성 및 통합운용성 실증 필요
 - 다양한 건설로봇이 실제 현장에서 효율적으로 운용되기 위해서는 실증을 통한 검증이 필요함.
 - 다양한 환경을 모사한 실증 과정에서 로봇의 생산성 등 평가기준에 기반해 성능지표들을 평가하고 로봇 적용 시 발생할 수 있는 문제를 식별하고 해결해야 안정적인 로봇 운용이 가능함.
 - 통합운용성 실증은 향후 로봇 기술 상용화와 표준화의 기반이 될 수 있음.
- 다수 로봇 간 위치 확인, 군집제어 및 작업 모니터링 기술 개발 필요
 - 로봇 간 충돌을 방지하고 원활한 협업을 위해 정교한 위치 확인 및 군집제어 기술이 필요함.
 - 다수 로봇의 작업을 실시간으로 모니터링하고 최적화하면 생산성을 동시에 확보할 수 있음.
 - 군집제어 기술을 활용하면 로봇 간 작업 동선을 최적화하고 역할을 효율적으로 분배하여 불필요한 대기 시간을 줄일 수 있어 공기를 단축할 수 있음.

③ 상세기술개발 내용

□ (세부과제 2-1) 인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술개발

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 시뮬레이션은 건설현장 인간-로봇 연계 작업에 있어서 작업자와 로봇의 특성을 고려해 작업목표를 설정하고 최적 작업 할당 등을 통해 생산성과 안정성을 확보할 수 있도록 지원함. - 인간-로봇 연계 작업 과정에서 생산성과 작업 안정성을 지속적으로 유지할 수 있도록 관리함. - 연계작업 절차 표준화와 작업 간 조율을 통해 공정의 원활한 진행을 지원함. - 작업 중 발생하는 다양한 변수를 효과적으로 분석하고, 연계 시스템이 최적의 방식으로 대응할 수 있도록 조정함. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인간-로봇 연계 작업에서 협업이 원활하지 않을 경우, 작업 속도의 불균형과 조율 부족으로 인해 생산성이 저하되고, 시공 품질의 편차가 커질 위험이 있음. ▪ 작업 일정과 진행 상황이 체계적으로 관리되지 않으면, 인간과 로봇 간의 역할 분배가 명확하지 않아 작업 간 간섭이 발생하는 문제점이 있음. ▪ 인간-로봇 연계 작업을 체계적으로 관리하여 작업 흐름을 최적화하고, 중복 작업과 대기 시간을 최소화함으로써 공기 단축 효과를 기대할 수 있음. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (작업관리체계) 로봇과 인간의 작업을 통합 관리할 시스템 부재. ▪ (데이터 분석 및 활용) 현장 데이터와 작업 일정이 효과적으로 연계되지 않아 협업 최적화가 어려움. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (작업관리체계) 인간-로봇 연계 작업관리 시스템 개발로 공정 효율성과 신뢰성 향상. ▪ (데이터 분석 및 활용) 협업 데이터 분석과 체계적인 연계를 통해 작업 방식 개선, 품질 유지, 자동 조정 시스템을 구현.
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사람-로봇 협업 환경에서의 스케줄링 기법 개발 ▪ 사람-로봇 협업 환경에서의 최적 자원투입계획 기법 개발 ▪ 인간-로봇 협업 공정 시뮬레이션 시스템 개발 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인간-로봇 협업 공정 시뮬레이션 시스템 (S/W) 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 인간-로봇 협업 공정 주요 요구사항 정의 및 초기 프레임워크 설계 ▪ 2차년도: 협업 공정 시뮬레이션 개발 및 테스트 ▪ 3차년도: 고도화된 협업 공정 시뮬레이션 개발 및 테스트 ▪ 4차년도: 협업 공정 시뮬레이션의 현장 적용 가능성 검증 ▪ 5차년도: 협업 공정 시뮬레이션의 상용화 및 표준화 전략 수립 	

□ (세부과제 2-2) 인간-로봇 연계 작업관리(계획-통제-모니터링) 시스템 개발

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 시스템은 다양한 건설 작업을 수행하는 다수의 로봇의 작업현황을 효과적으로 파악 및 관리하고 조율하여 작업 효율성과 안정성을 극대화하는 기술임. - 다용도-건설작업 로봇들을 통합하여 작업할 수 있도록 조정하고, 작업 간 간섭을 최소화하여 공정을 최적화함. - 건축 단계별 로봇 운용 전략을 수립하고, 로봇의 역할을 체계적으로 배분하여 중복 작업과 비효율을 최소화함. - AI 기반 자동화 및 실시간 데이터 분석을 통해 로봇 협업 및 자원 활용 최적화를 지원함. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설현장은 공간이 제한적이며 다수의 로봇이 협업하는 경우 작업 간 간섭이 빈번하게 발생함. 작업 일정 변경, 환경 변화 등의 변수를 반영할 수 있는 유연한 로봇 운영 체계가 없으면, 공정 관리가 어려워지고 작업 생산성이 저하될 우려가 있음. ▪ 기존에는 개별 로봇 중심으로 운영되어 협업 및 작업 조율의 최적화가 어려움. ▪ 이에 공동주택에서 작업 중인 다수 건설로봇의 상태를 확인하고 통합적으로 조율 및 운용할 수 있는 시스템이 필수적임. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (운용 시스템) 개별 로봇 단위로만 운영되며 통합적 운용 및 관리 기술 부족. ▪ (운용 최적화) 로봇 간 작업 조율 및 협업 최적화 미흡. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (운용 시스템) 다용도 건설 로봇을 통합 운용시스템 개발로 작업 효율 증대. ▪ (운용 최적화) AI 기반 최적화 기술 적용으로 로봇 간 협업 및 운용 극대화.
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 작업 중 안전 모니터링 체계 구축 ▪ 오작동 등 로봇 이상 상황 모니터링 체계 구축 ▪ 진도관리 기준 및 모니터링 체계 구축 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 다용도-건설작업로봇 통합관리시스템 (S/W) 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 공동주택 건설작업 로봇 통합 플랫폼의 초기 설계 ▪ 2차년도: 통합 플랫폼의 데이터 처리 및 시각화 기능 및 테스트 ▪ 3차년도: 다수 로봇의 통합 관리 및 제어 기능 개발 ▪ 4차년도: 통합 플랫폼의 현장 실증 및 성능 최적화 ▪ 5차년도: 지속 가능한 통합 플랫폼 운영체계 설계 및 상용화 방안 수립 	

□ (세부과제 2-3) AI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 기술은 건설 현장에서 다수 로봇 간 위치 확인, 군집제어 및 작업 모니터링을 통해 다수의 로봇이 협업하여 작업을 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 기술임. - 다수의 로봇이 실시간으로 위치를 파악하고 서로 간의 간섭을 최소화하며 효율적인 작업 분배를 가능하게 함. - 군집제어 알고리즘을 적용하여 로봇 간 최적의 협업이 이루어질 수 있도록 조정하고, 작업 중 충돌을 방지함. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 로봇 간 충돌을 방지하고 원활한 협업을 위해 정교한 위치 확인 및 군집제어 기술이 필요함. ▪ 다수 로봇의 작업을 실시간으로 모니터링하고 최적화하면 생산성을 동시에 확보할 수 있음. ▪ 군집제어 기술을 활용하면 로봇 간 작업 동선을 최적화하고 역할을 효율적으로 분배하여 불필요한 대기 시간을 줄일 수 있어 공기를 단축할 수 있음. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (위치 확인) 개별 로봇의 위치만 확인 가능하며 다수 로봇 간 위치 인식 기술 부족. ▪ (군집제어) 로봇 간 작업 충돌 방지 및 협업 최적화 기술 미흡. ▪ (작업 모니터링) 실시간 다중 로봇 작업 모니터링 시스템 부족. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (위치 확인) 실시간 다수 로봇 간 상대적 위치 인식 및 조정 기술 개발. ▪ (군집제어) 군집제어 기반 로봇 작업 최적화 및 충돌 방지 기술 확보. ▪ (작업 모니터링) 실시간 작업 모니터링 기술 확보로 작업 효율성 극대화.
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 다수 로봇 간 상호 위치 확인 기술 개발 ▪ AI기반 다수 로봇 군집제어 및 모니터링 시스템 개발 ▪ 다용도-건설작업로봇 통합관리 시스템 개발 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AI기반 다수 로봇 군집제어 및 모니터링 시스템(S/W) 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 다수 로봇 위치확인, 군집 제어, 작업 모니터링 기술 초기 프레임워크 설계 ▪ 2차년도: 다수 로봇 위치확인, 군집 제어, 작업 모니터링 기술의 프로토타입 제작 및 현장 테스트 ▪ 3차년도: 다수 로봇 위치확인, 군집제어, 작업 모니터링 시스템 통합 ▪ 4차년도: 현장 환경에 최적화된 위치확인, 군집제어, 작업 모니터링 기술의 실증 ▪ 5차년도: 지속 가능한 위치확인, 군집제어, 작업 모니터링 기술 운영 체계 구축 및 상용화 방안 수립 	

④ 추진전략

□ 목표성과물 및 평가방법

대표성과	성능지표	개발 목표성능	비고 (산정기준)
다용도-건설작업로봇 통합관리 시스템 (S/W)	이상상황 검출 정확도	전문가 탐지 대비 95% 이상	-
인간-로봇 협업 공정 시뮬레이션 시스템 (S/W)	스케줄 및 자원투입 계획 정확도	전문가 분석 대비 95% 이상	-
AI 기반 다수 로봇 군집제어 및 모니터링 시스템 (S/W)	이종 다수 건설로봇 통합운용 시 가동률	2종 4기능 로봇 통합운용 시 가동률 85% 이상	-
	원격 제어 지연 시간* * 명령 이행 시작 확인에 걸리는 시간 기준	200ms 이하	<ul style="list-style-type: none"> • 국내: 10ms (ETRI, 280km 원격 제어 스마트공장 기술개발) • 국외: 300ms (캐나다, University of Saskatchewan) Madder et al. (2019)의 연구에 따르면, 250ms 이하에서는 사용자가 지연을 인지하지 못하며, 0~400ms 사이에서는 작업정밀도에 차이가 거의 없음

□ 기술성숙도 목표

세부과제	As-is 기술성숙도 (TRL)	To-be 기술성숙도 (TRL)
(세부과제 2-1) 인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술개발	3	7
(세부과제 2-2) 인간-로봇 연계 작업관리(계획-통제-모니터링) 시스템 개발	3	7
(세부과제 2-3) AI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발	3	7

2.2.3. (중점과제 3) 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발

▶ 중점과제 3
공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발

작업특성 조합

로봇안 중심의 행동: 파면플래시, 조립 및 결합, 패턴링, 용접작업, 단관절 굴착임

작업-로봇동작 맵핑: 자재유치이동, 자재운반, 중간이동, 정지 및 대기

이동 모듈 중심의 행동: 장애표회피, 회전 및 돌트, 그림자도 조절

그리퍼 및 엔드 이펙터 중심 행동: 화전 및 절단, 마당 분류 및 정렬, 세밀한 조작

개발자 A, B, C, D

건설로봇 설계 및 제어 통합 플랫폼

AS-IS

로봇안과 주행체가 별도의 시스템으로 개발되어 시스템 연계 및 확장성이 낮으며, 설계지원 기술 부족

작업 계획을 체계적으로 수립할 로봇 액션 분류체계 및 실시간 경로 계획, 장애물 회피 기술이 미흡

건설 현장에서 로봇 적용성이 낮으며, 실내 위치인식 및 경로 추적 기술이 부족하여 로봇 운용의 효율성 저하

인간-로봇 안전 통합 기술, 센서 기반 작업자 인식 및 위험 알림 기술이 부족하며, 환경 변화 대응 및 다용도 활용성이 제한적

TO-BE

공동 플랫폼 개발을 통해 로봇안과 주행체의 통합 제어 및 연동을 강화하여 시스템 확장성과 유연성을 확보

표준화된 액션 분류체계와 AI 기반 동작 제어를 적용하여 작업 계획의 최적성 확보

DfMA 기반 설계와 다중 센서 융합 기술을 활용하여 로봇 제조 품질을 높이고, 실내 위치인식 및 경로 최적화를 통해 안전성 강화

건설 로봇의 환경 적응성과 다용도성을 고려한 설계 및 검증 기술을 확보하여 생산성 극대화

① 기술개발 개요 및 정의

- 공동주택 다용도-건설작업로봇의 설계과정의 효율화 및 적용성 담보를 위한 **건설작업 로봇액션 분류체계 기반 설계지원 및 검증 기술 개발**
 - 공동주택 건설작업 로봇의 동작을 표준화하고 체계적으로 분류하여 효율적인 작업 계획과 제어를 지원할 수 있는 **건설작업 로봇액션 분류체계** 개발
 - 건설작업로봇 설계과정에서 발생할 수 있는 비효율성을 줄여 생산성을 높이고, 로봇의 목적에 맞는 최적의 설계안을 도출할 수 있도록 지원하는 **공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계지원 기술 개발**
 - 실제 공동주택 현장에서 작업자와 로봇이 원활히 협업할 수 있도록 인간-로봇 작업을 시뮬레이션하고 검증하여 현장 적용성 및 신뢰성 확보를 위한 **인간-로봇 작업계획 기반의 다용도-건설작업로봇 설계 검증 기술 개발**
- 공동주택 현장에서 로봇의 원활한 운용 및 상호 안전 확보를 위한 **현장 구축, 로봇 운행, 동작 제어, 안전 확보 기술 개발**
 - 건설작업로봇의 제작과 조립 과정의 효율성을 극대화하고 건설작업로봇이 공동주택 현장에서 원활하게 작업할 수 있도록 지원하는 **로봇친화형 공동주택 현장 및 DfMA 구축기술 개발**
 - 현장에서 인간과 로봇, 로봇과 로봇이 함께 작업할 때 발생할 수 있는 위험을 예방하고 안전하게 작업할 수 있도록 지원하는 **인간-로봇, 로봇-로봇 간 상호안전 확보 기술 개발**
 - 현장에서 수행되는 다양한 공종에서 건설작업로봇이 정밀하고 안정적으로 자동화 작업을 수행하기 위한 **공동주택 작업용 동작 제어 및 현장 자동운행 기술 개발**
- 공동주택에서 로봇이 다양한 동작의 건설작업을 수행하는데 있어서 공통적으로 필요한 작업용 로봇암 및 주행체와 제어 소프트웨어를 통합한 **공동주택 작업용 로봇암 및 주행체 공통 플랫폼 개발**

- 다양한 작업환경 및 건설 공정에 맞춰 로봇암과 주행체의 기능을 쉽게 확장하거나 변경할 수 있고 다양한 종단장치와 호환되는 표준기반 하드웨어 및 소프트웨어 개발

② 기술개발 필요성

- 공동주택 다용도-건설작업로봇의 설계과정의 효율화 및 적용성 담보를 위한 건설작업 로봇액션 분류체계 기반 설계지원 및 검증 기술 개발 필요
 - 공동주택 건설작업은 다양한 공종에서 다양한 방법으로 수행되는데 이러한 복잡성과 다양성은 로봇 설계와 운영과정에서 작업 효율성과 정확도를 저해할 수 있어 표준화된 건설작업 로봇액션 분류체계가 필요함.
 - 공동주택은 한정된 공간에서 여러 공종의 작업들이 동시에 진행되고 로봇이 이동하기 위한 개구부와 이동통로가 좁으며 건설작업별 작업특성이 달라 로봇 설계 요구사항이 다양함. 이에 공동주택 건설작업의 다양한 특성과 요구사항을 고려하여 다양한 설계안을 빠르게 도출하고 이들 중 최적안을 선정할 수 있도록 설계를 지원하는 기술이 필요함.
 - 건설 작업의 복잡성과 비정형적 환경을 고려하여 로봇 도입 시 발생할 수 있는 오류를 사전에 예측하고, 비용 절감 및 작업 효율 향상이 가능한 설계 검증 기술이 필요함.
- 공동주택 현장에서 로봇의 원활한 운용 및 안전 확보를 위한 현장 및 DfMA 구축, 로봇 운행, 동작 제어, 안전 확보 기술개발 필요
 - 기존 현장은 로봇의 적용을 고려하여 구축되지 않기 때문에 로봇의 이동 장애물, 협소한 작업 공간, 전력공급이 필요한 로봇의 충전장소 미흡 등으로 인해 건설로봇의 적용성과 작업 효율성을 저하시킨다는 한계가 있음. 이에 건설 로봇이 원활하게 작업할 수 있는 로봇 친화형 현장을 구축하여 건설로봇 적용을 위한 현장 준비시간을 줄이고 작업성을 높일 수 있는 기술이 필요함.
 - 공동주택 건설현장은 협소한 공간에서 다수의 사람이 투입되어 진행되기 때문에 건설로봇 투입 시 인간-로봇, 로봇-로봇 간 작업 중 충돌과 사고 위험이 높음. 이에 공동주택 건설현장에서 작업자의 안전을 보장하면서 로봇의 작업 안정성을 동시에 높일 수 있는 상호안전 확보 기술이 필요함.
 - 기존 로봇 동작 제어 시스템은 건설작업에 특화되어 있지 않고 환경 변화에 대한 대응이 미흡하여 공동주택 건설작업 효율성과 안전성을 저하시킬 수 있음. 또한 기존 건설로봇은 일반적으로 사람이 작업공간으로 이동시키는 방식을 활용하고 있으며 이는 인력 개입율을 높여 자동화율을 저해하고 비용 상승을 초래함. 이에 로봇의 반복 작업 정밀도를 향상시키고, 환경변화에 대응해 동작을 보정하며, 작업 속도를 최적화할 수 있는 동작 제어 및 현장 자동 운행 기술이 필요함.
- 공동주택 건설작업시 공통적으로 적용될 수 있는 로봇암 및 주행체 공통 플랫폼 개발 필요
 - 기존 건설로봇은 단위작업에 특화되어 개별적으로 개발되었기 때문에 서로 연계하거나 다용도 작업에 활용하기 어려움. 이는 중복된 자원 투입으로 인한 경제적 비효율성을 초래함.
 - 이에 다양한 건설작업에 공통적으로 활용될 수 있는 표준화된 로봇암 및 주행체와 이를 연계/확장 및 제어할 수 있는 소프트웨어가 통합된 플랫폼이 필요함.

③ 상세기술개발 내용

□ (세부과제 3-1) 건설작업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템 개발

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 기술은 공동주택 다용도-건설작업로봇 설계과정에서 발생할 수 있는 비효율을 줄여 생산성 향상 및 로봇의 목적에 맞는 최적 설계안 도출 지원/검증하는 기술임. - 설계단계에서 건설작업 로봇액션분류체계를 바탕으로 건설작업 특성과 요구사항을 고려해 다용도-건설작업로봇 설계를 지원함. - 다양한 설계안을 도출·제시하고 검증함으로써 로봇 설계자가 최적의 안을 선택할 수 있도록 지원함. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공동주택은 한정된 공간에서 여러 공종의 작업들이 동시에 진행되고 로봇이 이동하기 위한 좁은 개구부와 이동통로 등 고유의 특징들이 있음. 또한 건설작업 별로 작업특성이 달라 로봇 설계 요구사항이 다양함. 설계자가 이러한 특성들을 모두 고려하여 로봇 설계를 수행하는 것엔 한계가 있음. ▪ 이에 공동주택 건설작업의 다양한 특성과 요구사항을 고려하여 다양한 설계안을 빠르게 도출하고 이들 중 최적안을 선정할 수 있도록 검증하는 기술이 필요함. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (액션 분류) 로봇의 작업 동작을 체계적으로 관리할 분류체계 부재. ▪ (설계지원 및 검증) 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 설계지원 및 검증 기술이 부족하여 로봇설계 작업 효율성 저하. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (액션 분류) 표준화된 로봇액션 분류체계 구축으로 작업 계획과 제어 최적화. ▪ (설계지원 및 검증) 건설작업 환경 특성과 요구사항을 고려한 신속한 최적 설계안 도출로 로봇 설계작업 효율성 및 생산성 향상.
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설작업-로봇액션 분류체계 및 DB 개발 ▪ 공동주택 건설작업에 최적화된 작업로봇 기본 성능기준 정립 ▪ 건설로봇 설계 표준 프로세스 구축 및 설계지원 시스템 개발 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설작업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템 (S/W) 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 초기 로봇 액션 분류체계(Robot Action Breakdown Structure; RABS) 개발 ▪ 2차년도: RABS 기반 설계지원 및 검증 기술을 이용한 다용도 로봇 설계 기능 구체화 ▪ 3차년도: RABS 기반 설계지원 및 검증 기술의 자동화 기능 개발 및 기술 통합 ▪ 4차년도: RABS 기반 설계지원 및 검증 기술의 현장 적용 가능성 검증 ▪ 5차년도: RABS 기반 설계지원 및 검증 기술의 상용화 및 표준화 전략 수립 	

□ (세부과제 3-2) 공동주택 작업용 로봇 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 개발

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 플랫폼은 공동주택에서 로봇이 다양한 동작의 건설작업을 수행하는데 있어서 공통적으로 필요한 작업용 로봇암 및 주행체 하드웨어(H/W)와 이들을 제어할 수 있는 소프트웨어(S/W)을 통합한 표준 플랫폼임. - 다양한 작업환경 및 건설 공정에 맞춰 로봇암과 주행체의 기능을 쉽게 확장하거나 변경할 수 있는 표준기반 하드웨어 및 소프트웨어 구조를 채택하여 로봇의 유연성을 높임. - 공통 플랫폼을 사용하여 확장성을 고려한 통합 제어 시스템 구축으로 주행체-로봇암-종단장치 간 원활한 호환 및 연계가 가능함. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기존 건설로봇은 단위작업에 특화되어 개별적으로 개발되었기 때문에 서로 연계하거나 다용도 작업에 활용하기 어려움. 이는 중복된 자원 투입으로 인한 경제적 비효율성을 초래함. ▪ 이에 다양한 건설작업에 공통적으로 활용될 수 있는 표준화된 로봇암 및 주행체와 이를 제어할 수 있는 소프트웨어가 통합된 플랫폼이 필요함. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (플랫폼) 로봇암과 주행체가 별도의 시스템으로 개발되어 시스템 연계 및 확장성이 낮음. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (플랫폼) 로봇암과 주행체 등 공통 플랫폼 적용으로 건설로봇 개발의 확장성 및 유연성 확보.
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 골조작업 맞춤형 공통 플랫폼 개발 ▪ 마감작업 맞춤형 공통 플랫폼 개발 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 골조작업 맞춤형 공통 플랫폼 개발 ▪ 마감작업 맞춤형 공통 플랫폼 개발 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 공동주택 작업 공정을 수행할 로봇 공통 플랫폼 개념 설계 ▪ 2차년도: 초기 설계를 기반으로 공통 플랫폼 프로토타입 개발 ▪ 3차년도: 공통 플랫폼의 고도화 설계 및 현장 적응성 강화 ▪ 4차년도: 공통 플랫폼의 상용화를 위한 설계 표준화 ▪ 5차년도: 최종 공통 플랫폼 설계 완성 및 상용화 방안 수립 	

□ (세부과제 3-3) 로봇친화형 공동주택 현장 구축 및 운행최적제어 기술개발

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 기술은 건설현장에서 다용도 건설로봇이 최적의 방식으로 이동, 작업을 수행할 수 있도록 하는 최적 제어 알고리즘 및 S/W 기술을 개발하는 것을 목표로 함. - 로봇의 이동 경로 최적화, 로봇 작업 적용성 및 효율성 등을 향상시킴. - 실시간 데이터 기반 적응형 제어 기술을 구축함. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기존 건설현장은 로봇의 적용을 고려하여 구축되지 않기 때문에 로봇의 이동 장애물, 협소한 작업 공간, 전력공급이 필요한 로봇의 충전장소 미흡 등으로 인해 건설로봇의 적용성과 작업 효율성을 저하시킨다는 한계가 있음. ▪ 이에 건설작업로봇이 원활하게 작업할 수 있는 현장 운행에 대한 최적 기술에 대해 개발할 필요성이 있으며, 이는 로봇 적용을 위한 현장 준비시간을 줄이고 작업성을 높일 수 있음. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (로봇 적용 환경) 건설로봇 작업을 고려한 현장 구축이 미흡함. 건설 로봇의 이동 경로 확보, 자재 반입·반출 최적화 등이 이루어지지 않아 로봇 적용성 및 효율성이 낮음. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (로봇 적용 환경) 건설로봇의 원활한 이동 및 작업, 충전 등을 고려한 공동주택 현장 구축으로 로봇 적용성 및 효율성 향상.
연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공동주택 맞춤형 로봇 자율주행 네비게이션 기술 개발 ▪ 로봇 적용성 확보를 위한 장애물 회피 로봇주행 기술 개발 	
대표성과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 현장운행 최적 제어 알고리즘 (S/W) 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 건설현장 운영을 위한 로봇 제어 요소 및 요구사항 분석 ▪ 2차년도: 실시간 데이터 기반 적응형 제어 기술 개발 ▪ 3차년도: 로봇 운행 최적 제어기술의 고도화 및 시스템 통합 ▪ 4차년도: 로봇 운행 제어 기술의 산업 적용 가능성 검증 ▪ 5차년도: 산업 전반에 로봇 운행 최적화 기술 확산 	

④ 추진전략

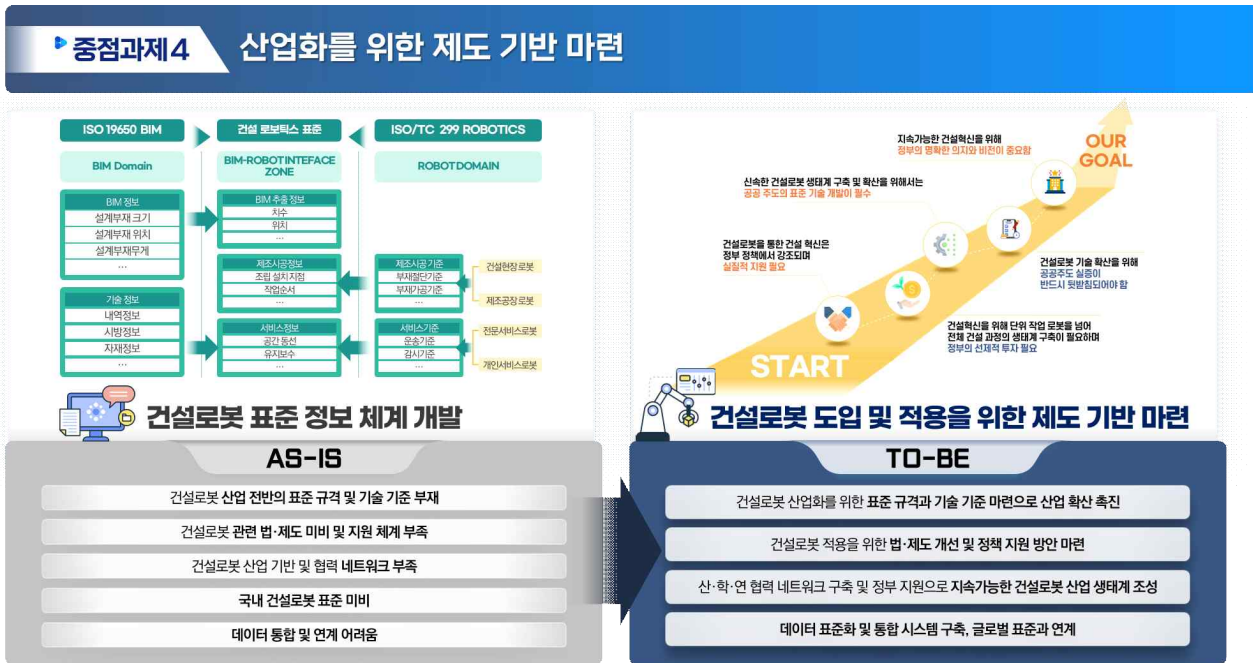
□ 목표성과물 및 평가방법

대표성과	성능지표	개발 목표성능	비고 (산정기준)
건설작업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템 (S/W)	건설로봇 개발기간	25% 단축	(기존 로봇설계개발 기간-제안 로봇설계개발 기간) ÷ (기존 로봇설계개발 기간) (현재) 24개월 → (목표) 18개월
공동주택 작업용 로봇 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 (H/W)	로봇 자체 중량	200kg/m ² 이내	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 무게 90kg/m² 이내 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 “AI 바닥 미장 로봇”) 국외: 무게 80kg/m² 이내 (NASKA.AI “건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램”) 100kg/m ² 이하의 경량화 설계 기술은 일부 보유하고 있으나, 작업 유형에 따라 편차가 매우 크며, 대부분의 건설로봇 자체중량은 공동주택 설계하중을 초과하고 있음. 예를 들어 타공 로봇은 약 1.2ton 수준임.
	협소공간 이동성	폭 800mm 이내 전방향 이동	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 세로 634mm 단방향 이동 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 “AI 바닥 미장 로봇”) 국외: 세로 698mm 단방향 이동 (NASKA.AI “건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램”)
현장운영 최적 제어 알고리즘 (S/W)	주행위치 정밀도	30mm 이내	-

□ 기술성숙도 목표

세부과제	As-is 기술성숙도 (TRL)	To-be 기술성숙도 (TRL)
(세부과제 3-1) 건설작업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템 개발	3	7
(세부과제 3-2) 공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 개발	2	7
(세부과제 3-3) 로봇친화형 공동주택 현장 구축 및 운영최적제어 기술 개발	3	7

2.2.4. (중점과제 4) 산업화를 위한 제도기반 마련 및 실증



① 기술개발 개요 및 정의

- 건설로봇 기술이 산업 전반에 걸쳐 확산되고 안정적으로 정착할 수 있도록 표준 규격과 기술 기준 마련을 위한 **공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준 수립**
 - 로봇 제조, 운용, 유지보수 전반에 걸친 표준화된 규격 및 시공 기준 등을 개발하여 산업계가 공통으로 활용할 수 있는 기반을 제공함.
 - 표준화된 기술과 프로세스를 통해 건설로봇의 대량 생산, 보급, 운용 비용 절감이 가능하도록 지원함.
- 다용도-건설작업로봇 도입 활성화를 위해 필요한 정책적 지원과 산업 기반을 구축하기 위한 **다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립**
 - 건설로봇 적용에 필요한 법·제도적 개선 방안을 도출함.
 - 산업계, 학계, 연구기관 간 협력 네트워크를 구축하여 기술 개발과 상용화 촉진.
 - 정부 지원 정책과 인센티브 방안을 수립하여 건설로봇 시장의 활성화와 지속 가능한 생태계 조성을 유도함.
- 건설현장에서 사용되는 다양한 로봇과 디지털기술 간 데이터 통합, 상호 운용성 및 확장성 확보를 위한 **다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축**
 - 다용도-건설작업로봇의 설계, 제작, 운영, 유지관리까지 전단계를 대상으로 국내외 규제 및 산업 동향에 부합하는 정보표준 체계를 마련함.
 - 디지털 트윈, BIM, IoT 등과의 정보 호환성을 높여 건설로봇 도입 및 확산 촉진 가능.

② 기술개발 필요성

- 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 필요
 - 현재 건설 로봇의 표준 운용 방식과 데이터 호환성이 부족하여 각 현장별 맞춤 적용이 필요하고 확산이 어려운 실정임.
 - 표준화된 기준이 없으면 제조사별 기술 차이로 인한 호환성 문제와 유지보수의 어려움이 발생할 수 있음.
 - 이에 건설 로봇의 경제성을 확보하고 건설로봇 확산을 지원할 수 있는 공동주택 다용도-건설작업로봇 제반기술 및 기준 등에 대한 표준화가 필요함.
- 다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립 필요
 - 건설로봇이 현장에 도입되기 위해선 현장에서의 로봇 운용을 저해하는 제도에 대한 개선이 필요함.
 - 새로운 기술에 대한 저항이 높은 건설산업에서 건설로봇의 보급과 활성화를 위해서는 제도적 기반과 정책적 지원이 필요함.
 - 건설로봇 기술 개발, 인력 양성, 시장 확대 등 건설로봇의 지속 가능한 발전을 위해 산업생태계 구축이 필요함.
- 다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축 필요
 - 건설로봇 간 데이터 통합과 상호운용성 및 확장성을 고려한 정보표준이 부족함. 이로 인해 이종 로봇이나 기기 간에 정보 호환이 어려워 정보 교환을 위한 부가적인 제어 장치가 요구되는 등 로봇 활용성을 확장하는데 한계가 있음.
 - 이에 건설작업로봇과 각종 시스템이나 장비(예: PMIS, IoT센서, 건설장비 등) 간 연계 및 확장이 용이하게 할 수 있는 다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축이 필요함.

③ 상세기술개발 내용

□ (세부과제 4-1) 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준수립

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 과제는 공동주택 건설현장에서 적용 가능한 다용도 건설작업로봇의 물리적 규격, 성능 요건, 품질 및 안전관리 기준 등을 표준화하고, 모듈형 인터페이스 및 공동주택 특화 운영 조건을 반영한 기술기준과 시험평가 절차를 수립함. - 공동주택 건설 현장에서 적용 가능한 다용도 건설작업로봇의 물리적 규격, 성능 요건, 품질 및 안전 기술기준 등을 표준화하여 산업계 전반에 적용 가능한 기준을 마련함. - 주행체, 로봇암, 작업툴 등 모듈화된 로봇의 인터페이스와 운영 조건에 대한 표준 규격을 제시하고, 호이스트 연계, 층간 이동 등 공동주택 특화 기술 기준을 포함함. - 산업 적용성과 인증 연계를 고려한 시험평가 항목과 절차를 설계하여 향후 법제도 기반 마련과 기업의 로봇 개발 및 보급 촉진을 목표로 함. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공동주택 건설 현장은 출입구, 복도 폭 등 구조적 제약이 존재하여 로봇 설계 시 표준화된 가이드라인 없이는 현장 적용이 어려움. ▪ 로봇의 다기능화 및 협업 작업 수행을 위해 기계 간 상호운용성 확보를 위한 인터페이스 규격화가 필요함. ▪ 품질관리 및 안전관리 기술기준 등 공공 프로젝트 적용을 위한 법제도 연계 기준 마련을 위해 정부 주도의 표준화 작업이 요구됨. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (표준규격) 개별 로봇 개발 중심의 설계로, 로봇 간 호환성이나 규격 통일 부족 ▪ (기술기준) 중장비, 물류로봇 등 일부 분야에 서만 국가 수준의 인증체계 존재 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (표준규격) 다용도 로봇의 물리적·기능적 규격 표준 제시 및 상호호환성 확보 ▪ (기술기준) 공동주택 현장에 맞춘 적용성 기반 품질 및 안전관리 기술기준 및 시험체계 정립
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공동주택 건설현장에서의 사람-로봇 협업 가이드라인 개발 ▪ 로봇 건설작업의 품질관리 및 안전관리 기준 정립 ▪ 로봇 건설작업을 위한 건축공사시방서 및 품셈체계 개발 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사람-로봇 협업 가이드라인(안) ▪ 로봇 작업 품질·안전관리 기준(안) ▪ 로봇 건설작업용 시방서 및 품셈(안) 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 국내외 로봇 규격 및 기준 분석, 공동주택 특화 요구사항 조사 ▪ 2차년도: 다용도 로봇 구성요소(주행체, 로봇암, 툴) 표준 규격(안) 도출 ▪ 3차년도: 작업별 기술 성능 기준(작업정밀도, 안정성 등) 정립 및 시나리오 설계 ▪ 4차년도: 실증 기반 시험항목 및 체크리스트 개발, 현장 적용성 검토 ▪ 5차년도: 건설로봇 기술표준 정립 및 실용화 기반 강화 	

□ (세부과제 4-2) 다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 연구는 건설현장에서 다용도 건설로봇의 원활한 도입과 활용을 위해 표준품셈 및 제도적 기준을 마련하는 것을 목표로 함. - 기존의 인간 중심 건설작업 기준을 로봇작업에 맞게 개편하고, 로봇 도입의 경제적·기술적 타당성을 반영한 표준화된 기준을 정립 - 로봇의 생산성, 원가 산정 기준을 명확히 함. - 법·제도적 기반을 마련하여 로봇의 건설업 도입을 촉진함. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설로봇이 현장에 도입되기 위해선 현장에서의 로봇 운용을 저해하는 제도에 대한 개선이 필요함. ▪ 새로운 기술에 대한 저항이 높은 건설산업에서 건설로봇의 보급과 활성화를 위해서는 제도적 기반과 정책적 지원이 필요함. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (제도정책) 건설로봇 관련 법·제도적 미비 및 지원 체계 미흡. ▪ (산업생태계) 건설로봇 산업 기반 및 협력 네트워크 부족. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (제도정책) 건설로봇 적용을 위한 법·제도 개선 및 정책 지원 방안 마련. ▪ (산업생태계) 산·학·연 협력 네트워크 구축 및 정부 지원으로 지속 가능한 건설로봇 산업 생태계 조성.
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설로봇 인증체계 개발 및 운영방안 정립 ▪ 건설로봇 현장 도입을 위한 건설기계 관련 규정 제·개정 ▪ 건설로봇 현장 도입을 위한 하도급 관련 제도 정비 ▪ 건설로봇 전문인력 양성 체계 구축 및 시범운영 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설로봇 인증체계(안) 및 운영매뉴얼 ▪ 건설기계 관련 규정 제·개정(안) ▪ 하도급·계약제도 정비(안) ▪ 건설로봇 전문인력 양성 체계 및 시범교육 프로그램 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 로봇 도입 관련 제도·정책 개선 방향 정립 ▪ 2차년도: 로봇 도입 관련 제도·정책 개선방안(안) 수립 ▪ 3차년도: 로봇 도입 관련 제도·정책 구체화 ▪ 4차년도: 제도 실행 기반 마련 및 민간 확산 유도 체계 마련 ▪ 5차년도: 국내외 확산 기반 마련 및 국제 표준화 대응 	

□ (세부과제 4-3) 다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축

정의(개요)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 과제는 건설현장에서 사용되는 다양한 로봇과 디지털기술 간 데이터 통합, 상호 운용성 및 확장성 확보를 목표로 정보표준 체계를 구축함. - 다용도-건설작업로봇의 설계, 제작, 운영, 유지관리까지 전단계를 대상으로 국내외 규제 및 산업 동향에 부합하는 정보표준 체계를 마련함. - 디지털 트윈, BIM, IoT 등과의 정보 호환성을 높여 건설로봇 도입 및 확산 촉진 가능. 	
필요성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설로봇 간 데이터 통합과 상호운용성 및 확장성을 고려한 정보표준이 부족함. 이로 인해 이종 로봇이나 기기 간에 정보 호환이 어려워 정보 교환을 위한 추가적인 제어 장치가 요구되는 등 로봇 활용성을 확장하는데 한계가 있음. ▪ 이에 건설작업로봇과 각종 시스템이나 장비(예: PMIS, IoT센서, 건설장비 등) 간 연계 및 확장이 용이하게 할 수 있는 다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축이 필요함. 	
연구개발 현황 및 수준	As-is	To-be
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (정보표준) 국내 건설로봇 표준 미비, 데이터 통합 및 연계 어려움. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (정보표준) 데이터 표준화 및 통합 시스템 구축, 글로벌 표준과 연계.
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공동주택 맞춤형 BIM 기반 표준건설정보분류체계 정립 ▪ BIM-로보틱스 융합표준 개발 	
대표 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공동주택 BIM 기반 표준건설정보분류체계(안) ▪ BIM-로보틱스 통합 정보모델(안) 	
차년도별 목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도: 다용도 건설작업 로봇의 정보 요구사항 정의 및 초기 표준정보 체계 설계 ▪ 2차년도: 표준정보 체계의 프로토타입 개발 및 테스트 ▪ 3차년도: 고도화된 표준정보 체계 개발 및 확장 가능성 검증 ▪ 4차년도: 표준정보 체계의 적용 가능성 평가 및 경제적 효과 분석 ▪ 5차년도: 표준정보 체계의 상용화 및 국제 표준화 전략 수립 	

④ 추진전략

□ 목표성과물 및 평가방법

최종성과물	성능지표	성능목표	목표치 산출근거	측정산식 (또는 측정방법)	자료수집방법
공동주택 건설작업로봇 표준	건설로봇표준 제정	2건 이상	건설로봇표준 제정 건수	건설로봇표준 제정 건수	건설로봇표준
건설작업로봇의 현장도입 및 산업생태계 구축을 위한 제도 개선	제도개선(안) 마련 및 제도 반영	6건 이상	로봇작업 표준품셈 외 제도/기준 마련 및 반영 건수	로봇작업 표준품셈 외 제도/기준 마련 및 반영 건수	제도/기준 마련 및 반영
공동주택 건설로봇 정보표준체계	정보표준체계 제정	1건 이상	건설로봇 정보표준체계 제정 건수	건설로봇 정보표준체계 제정 건수	건설로봇정보 표준체계

□ 기술성숙도 목표

세부과제	As-is 기술성숙도 (TRL)	To-be 기술성숙도 (TRL)
(세부과제 4-1) 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준수립	3	7
(세부과제 4-2) 다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립	3	7
(세부과제 4-3) 다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축	3	7

3. 사업 운영 및 관리 전략

3.1. 세부과제별 인력투입 및 소요 예산계획 수립

□ 세부과제별 연구개발 소요인력

- 사업기간 5년('26 ~ '30) 동안 총 348명이 투입될 것으로 추산
 - 박사급(책임급) 인력 69명, 석사급 137명, 학사급 142명

표 53. 과제별 인력투입 계획

과제구분	구분	'26	'27	'28	'29	'30	계
중점과제 1. 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증	박사급	3	3	3	3	3	15
	석사급	5	8	8	8	5	34
	학사급	4	5	8	8	5	30
	소계	12	16	19	19	13	79
중점과제 2. SI기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발	박사급	5	5	4	3	3	20
	석사급	10	10	10	8	5	43
	학사급	10	15	15	7	3	50
	소계	25	30	29	18	11	113
중점과제 3. 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발	박사급	3	4	3	3	3	16
	석사급	3	8	7	8	3	29
	학사급	3	11	12	7	3	36
	소계	9	23	22	18	9	81
중점과제 4. 산업화를 위한 제도기반 마련	박사급	3	3	5	5	2	18
	석사급	6	6	7	7	5	31
	학사급	6	6	6	6	2	26
	소계	15	15	18	18	9	75
합계		61	84	88	73	42	348

□ 소요예산계획 수립

- 총 5년('26 ~ '30) 동안 국고 280억 원 규모로 추진

표 54. 본 사업의 연차별 사업예산

(단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
중점과제 1	627	2,373	2,776	3,650	4,492	13,918
중점과제 2	337	1,148	2,234	1,547	413	5,680
중점과제 3	800	1,520	1,437	1,050	413	5,221
중점과제 4	245	559	1,053	1,053	272	3,182
합계	2,009	5,600	7,500	7,300	5,591	28,000

◦ 중점과제별 사업예산은 다음과 같음.

표 55. 중점과제별 사업예산 (단위: 백만원)

구분	과제명	총사업비
중점과제 1. 공동주택 최적화 다용도-건설작업 로봇 개발 및 실증	1-1 공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발	8,270
	1-2 건설작업로봇 요소기술 구현	1,361
	1-3 건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증	4,287
	소계	13,918
중점과제 2. AI기반 공동주택 현장 다용도-건설작업 로봇 통합관리기술 개발	2-1 인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술개발	1,664
	2-2 인간-로봇 연계 작업관리(계획-통제-모니터링) 시스템 개발	1,563
	2-3 AI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발	2,453
	소계	5,680
중점과제 3. 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발	3-1 건설작업 기반 건설로봇 표준설계 지원 시스템 개발	1,054
	3-2 공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 개발	3,166
	3-3 로봇친화형 공동주택 현장 구축 및 운행최적제어 기술 개발	1,001
	소계	5,221
중점과제 4. 산업화를 위한 제도기반 마련	4-1 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준수립	1,061
	4-2 다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립	1,061
	4-3 다용도-건설작업로봇 정보표준 체계 구축	1,060
	소계	3,182

표 56. 중점과제 1 상세 소요예산 (단위: 백만원)

구분	비목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1-1. 공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇개발	인건비	82	111	142	125	107	567
	연구장비 재료비	260	1,665	1785	2,700	300	6,710
	기타경비	45	62	70	83	50	310
	간접비	35	165	180	262	41	683
	소계	422	2,003	2,177	3,169	498	8,270
1-2. 건설작업로봇 요소기술 구현	인건비	82	110	157	156	117	622
	연구장비 재료비	20	100	150	30	30	330
	기타경비	39	61	70	83	43	296
	간접비	13	24	34	24	17	112
	소계	154	295	411	294	207	1,361
1-3. 건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증	인건비	33	44	64	64	187	391
	연구장비 재료비	-	-	-	-	3,215	3,215
	기타경비	14	25	108	108	72	327
	간접비	4	6	15	15	313	354
	소계	51	75	187	188	3,786	4,287
합계		627	2,373	2,775	3,650	4,492	13,918

표 57. 중점과제 2 상세 소요예산 (단위: 백만원)

구분	비목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
2-1. 인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술개발	인건비	66	213	235	149	18	681
	연구장비 재료비	-	-	411	89	50	550
	기타경비	37	73	77	86	22	295
	간접비	9	26	65	29	8	137
	소계	112	312	788	353	98	1663
2-2. 인간-로봇 연계 작업관리(계획-통제-모니터링) 시스템 개발	인건비	66	213	225	157	18	679
	연구장비 재료비	-	135	215	80	30	460
	기타경비	37	73	76	87	22	295
	간접비	9	38	46	29	6	128
	소계	112	459	562	353	76	1562
2-3. AI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운영 시스템 개발	인건비	66	213	235	171	27	712
	연구장비 재료비	-	60	500	512	166	1238
	기타경비	38	73	77	89	27	304
	간접비	9	31	73	69	20	202
	소계	113	377	885	841	240	2,456
합계		337	1,148	2,235	1547	414	5,681

표 58. 중점과제 3 상세 소요예산 (단위: 백만원)

구분	비목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
3-1. 건설작업 기반 건설로봇 표준설계 지원 시스템 개발	인건비	49	128	128	128	40	473
	연구장비 재료비	-	100	60	50	-	210
	기타경비	35	65	64	84	34	282
	간접비	8	26	23	24	7	88
	소계	92	319	275	286	81	1,053
3-2. 공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 개발	인건비	50	192	225	70	40	577
	연구장비 재료비	500	547	500	344	151	2042
	기타경비	25	72	76	78	34	285
	간접비	52	73	72	44	20	261
	소계	627	884	873	536	245	3,165
3-3. 로봇친화형 공동주택 현장 구축 및 운영최적제어 기술 개발	인건비	49	171	149	107	27	503
	연구장비 재료비	-	50	50	20	20	140
	기타경비	25	70	66	82	33	276
	간접비	7	26	24	19	7	83
	소계	81	317	289	228	87	1002
합계		800	1,520	1,437	1,050	413	5,220

표 59. 중점과제 4 상세 소요예산 (단위: 백만원)

구분	비목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
4-1. 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준 수립	인건비	49	133	250	243	48	723
	연구장비 재료비	-	-	-	-	-	0
	기타경비	26	38	72	79	35	250
	간접비	7	15	29	29	8	88
	소계	82	186	351	351	91	1061
4-2. 다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립	인건비	49	133	250	243	48	723
	연구장비 재료비	-	-	-	-	-	0
	기타경비	26	40	72	79	35	252
	간접비	7	15	29	29	8	88
	소계	82	188	351	351	91	1,063
4-3. 다용도-건설작업로봇 정보표준체계 구축	인건비	49	133	250	243	48	723
	연구장비 재료비	-	-	-	-	-	0
	기타경비	25	37	72	79	35	248
	간접비	7	15	29	29	7	87
	소계	81	185	351	351	90	1058
합계		245	559	1,053	1,053	272	3,182

3.2. 연구수행체계

□ 사업특성을 고려한 연구수행체계 설계

- 다용도-건설작업로봇 및 통합관리 플랫폼을 개발하여 공동주택 시공현장에 도입하여 공기를 단축하고 생산성을 혁신하기 위한 기술개발이라는 사업의 특성을 고려
 - 중점분야 및 핵심기술(세부과제) 간의 연계와 이를 종합한 실증 등 전체적인 사업수행을 총괄하기 위한 사업단을 선정해 추진
 - 사업단과 중점분야 내의 세부과제 간 긴밀한 협약을 통해 사업단을 중심으로 한 세부과제 간 유지적인 협력체계 구축
 - 로봇시장의 급속한 성장과 국내 공동주택 시공시장의 급격한 변화 등을 고려하여 사업추진 중에도 대내외 환경변화에 유기적으로 대응할 수 있는 수행체계 구축 및 세부적인 역할이 필요
 - 사업 특성에 부합하는 사업관리 체계를 구축하여 “전략수립 → 사업관리 → 성과관리”의 3단계 사업관리 체계를 운영
 - 공동주택 건설사업에의 건설로봇 도입을 위한 정책 추진 및 방향에 맞추어 제도 개선이 효율적으로 가능하도록 국토교통부 내 스마트건설기술 전문위원회 및 스마트 얼라이언스를 활용
 - 성과 활용 및 확산이 효율적으로 이루어 질 수 있도록 성과계획 및 관리를 수행하고, 관련 인프라 지원, 사업화 컨설팅, 실증 지원, 후속 지원 및 홍보 등의 성과확산체계를 마련하여 추진

□ 사업추진체계 및 역할

- 전체적인 사업의 총괄은 국토교통부가 담당하며, 사업주관은 국토교통과학기술진흥원, 기술개발 사업관리하는 본 과제 사업단에서 수행토록 함
 - (국토교통부) 사업총괄 주관부처로서 사업추진과 관련한 정책적 판단 및 주요의사결정, 사업 기본 시행계획 수립, 관련 부처간 협의 등을 수행하도록 함
 - (스마트건설기술 전문위원회) 스마트건설기술과 관련된 다양한 전문가 및 기술의 사용자 및 수혜자 등으로 구성하여 사업추진 및 정책개선 등을 지속적으로 혁신할 거버넌스 역할 수행
 - (스마트건설 얼라이언스) 스마트건설 도입을 위한 산-학-연의 전문적인 지식과 경험, 노하우를 공유하여 본 과제의 개발기술의 실증, 성과확산, 사업화 등에 있어 지속적인 소통창구로 활용
 - (국토교통과학기술진흥원) 사업추진 전담 관리기관으로 사업의 기획, 평가, 운영 위원회를 구성, 운영하고, 사업단의 세부과제 선정, 평가 및 진도점검, 성과확산 지원 등을 수행
 - (운영위원회) 사업의 세부시행 계획, 주요 변경내용, 지원 우선순위 등 국토교통부 및 전문기관의 요청 사항에 대한 검토, 심의 조정을 수행
 - (사업단) 사업수행을 총괄하는 주체로 세부과제 수행, 연차평가, 진도관리, 예산조정, 성과관리 및 사업화 지원 등을 수행함.
 - (세부과제 수행기관) 사업내 중점분야별로 기술개발을 직접 수행하는 기관으로 전문성을 갖춘, 산-학-연 전문가로 컨소시엄을 구성하여 기술개발을 수행하고, 해외의 협력이 필요한 경우 해외 연구기관과 공동연구를 수행

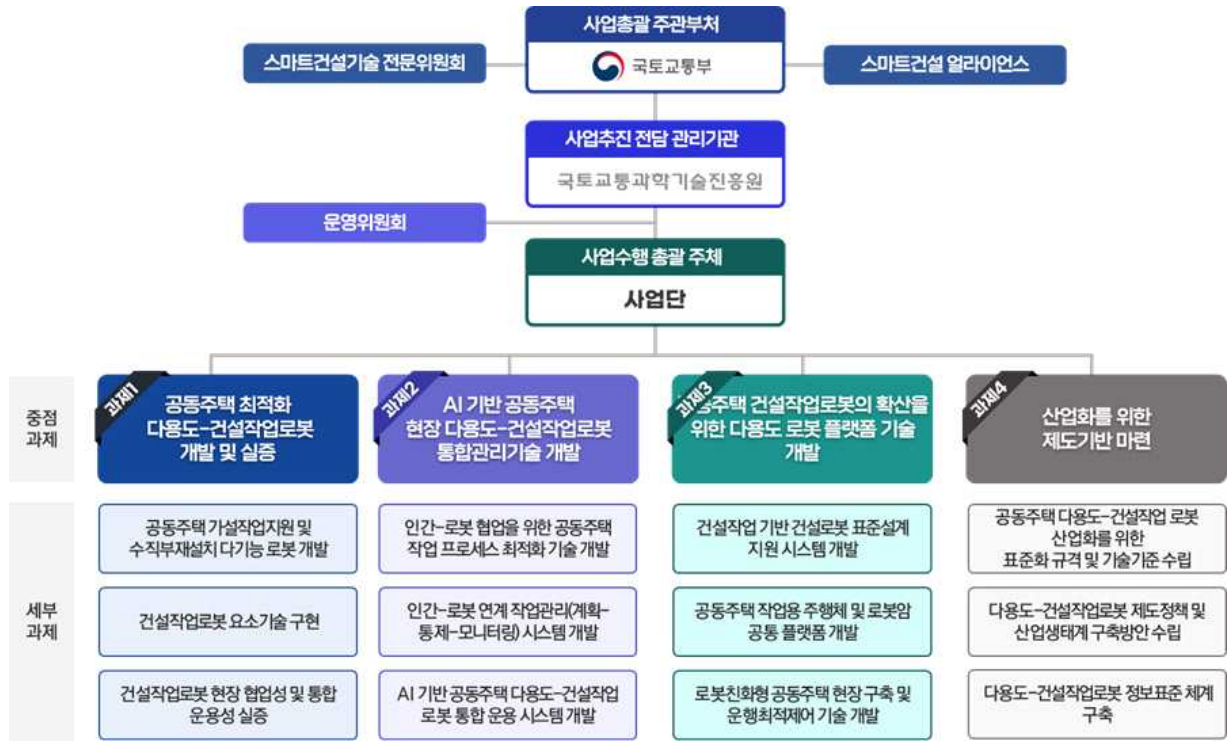


그림 64. 연구사업 추진체계도

□ 사업관리 체계 및 프로세스

- 동 사업은 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 사업단을 중심으로 하여 전략수립-사업관리-성과관리의 3단계 사업관리 체계를 구축하여 운영



그림 65. 사업관리체계 및 프로세스

- (전략수립) 기존과제와의 중복성 및 차별성 검토를 강화하여 동 사업의 필요성을 강조하고, 유사과제와의 구체적인 연계방안을 계획함으로써 목표달성을 지향하는 과제추진전략 수립
- (사업관리) 성과창출 및 활용을 장려하기 위해 주기적인 성과의 조사와 관리를 실시하고 과제평가와 연동하여 주기적인 진도수행 점검을 통한 효과적인 연구성과 달성을 목표
- (성과관리) 연구수행 과정을 평가결과에 반영하고, 과제평가위원회를 구성하고 운영하여 평가의 내실화와 평가결과 환류체계 구성을 통한 평가실효성을 강화

3.3. 성과목표 및 평가기준 제시

- 본 성과목표치는 ‘가설작업 지원 로봇, 수직부재 설치 로봇’으로 구성된 다용도 건설로봇(2종 4기능) 개발의 결과이며, 추가로 ‘수평부재 설치 로봇’, ‘습식작업 지원 로봇’(총 4종 8기능)까지 개발할 수 있는 연구비가 확보(약 63,000백만원)될 경우, 공기단축 효과를 최대 10%까지 달성할 것으로 예상함.

표 60. 세부성과지표별 목표

성과지표	2026	2027	2028	2029	2030	목표치 산출근거	측정산식 (또는 측정방법)	자료수집방법 (또는 자료출처)
공동주택 공기단축 (단위: %)	-	-	시뮬레이션 기준 6%	-	현장실증 기준 6%	건설로봇 통합운영에 따른 공기단축 사례 분석	단축공기 ÷ 원래공기	아파트 1개 동 3층 이상 적용
로봇-인력 대체율 (단위: %)	-	-	시뮬레이션 기준 10%	-	현장실증 기준 10%	로봇 운영에 따른 작업인력 대체 효과 분석	(유사규모 타현장 출역인원-로봇투입현장출 역인원) ÷ (유사규모 타현장 출역인원)	아파트 1개 동 3층 이상 동시 적용 및 전문가 검증
현장 안전사고 발생가능성 감소율 (단위: %)	-	-	시뮬레이션 기준 15%	-	현장실증 기준 15%	로봇 운영에 따른 아차사고 예방효과 분석	(일반현장 아차사고 건수-로봇투입 현장의 아차사고 건수)÷(일반현장 아차사고 건수)	랜덤 샘플링 데이터 분석 및 전문가 검증
건설작업로봇 작업품질 불량률 (단위: %)	-	-	10%	-	5%	건설로봇을 이용한 4개 기능별 작업수행 품질에 대한 감리원 품질검측 수행 및 불량률 분석	(로봇 오류로 인한 불량 발생 횟수) ÷ (품질검측 시행횟수)	랜덤 샘플링 품질검측 결과 및 전문가 검증
건설작업로봇 가동률 (단위: %)	-	-	70%	-	85%	건설로봇이 오류없이 지속 작업가능한 시간	(건설로봇 연속작업 시간) ÷ (작업계획 시간, 12시간)	아파트 1개 동 3층 이상 동시 적용 및 전문가 검증

3.4. 과제별/연차별 성과로드맵

○ 본 과제의 중점과제별 차년도별 성과 로드맵은 다음과 같음.

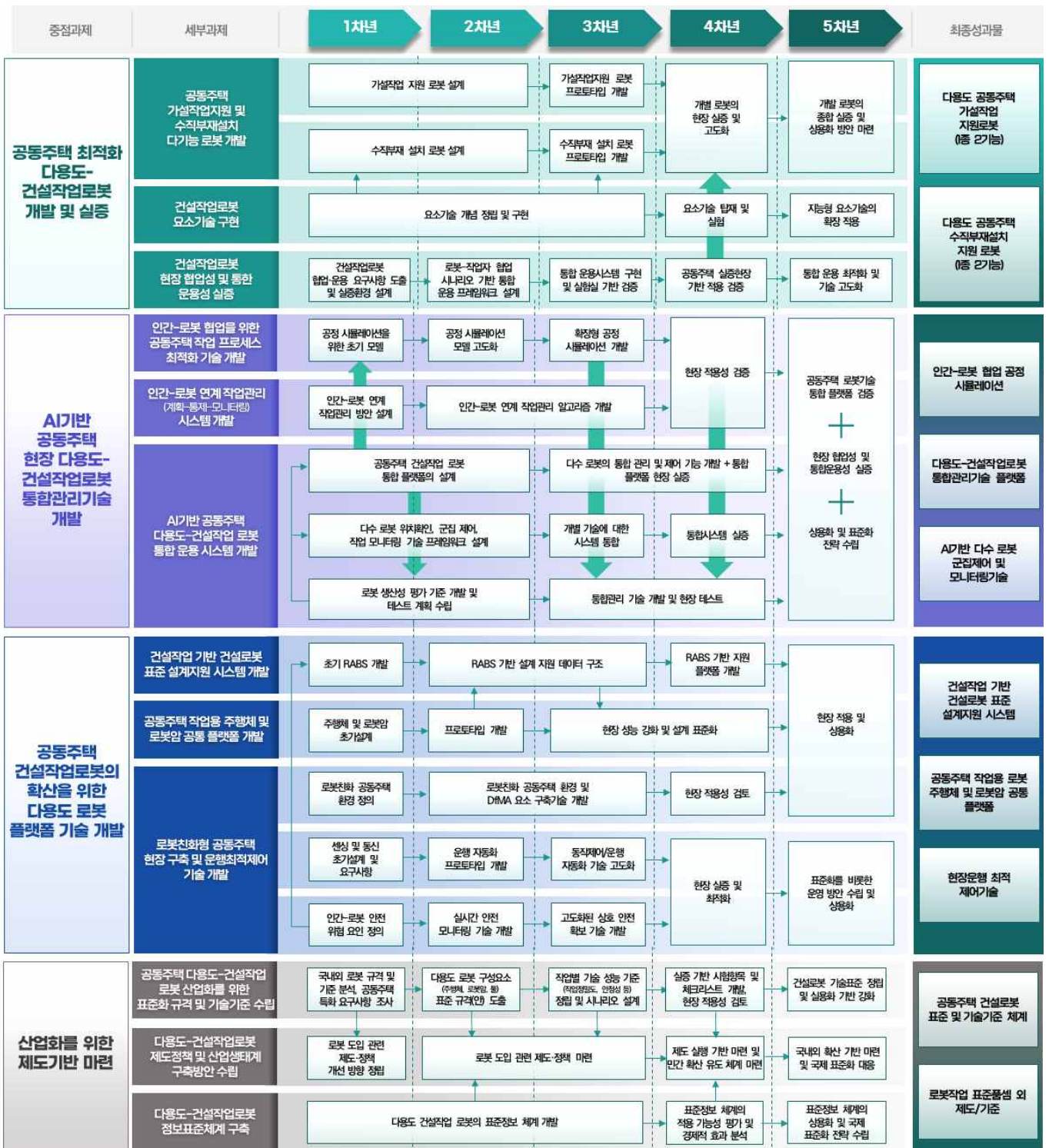


그림 66. 성과로드맵

4. 연구성과 실용화 및 확산전략

4.1. 성과분석 및 검증방안 제시

□ 연구개발성과물 분석 및 검증 방안

- 달성 성과목표 분석을 위한 연차별 기술 개발 점검
 - 성과목표의 달성 방안 및 실패요인 분석을 통한 연차별 성과 및 달성도 점검
 - 조직·인력·예산 등 성과관리 방안 및 체계 도출
 - 사업별 성과관리 활용 보고서 제출 및 기술개발 연구 효율화 방안 도출
 - 사업별 성과관리 활용 보고서(현장 적용 결과, 연차별 성과목표 증빙자료 등)를 통한 주요 성과관리 및 연차별 최종 보고서 작성
- 최종목표의 종합적 달성도 점검 및 사업 종료 후의 연구성과 가치 창출 강화 및 체계적 성과관리 방안 수립
 - 사업목표 달성도 연차별 점검, 성과활용 및 지표 달성 정도를 분석하여 전체적 성과 평가에 대한 선제적 대응 필요
 - 개발된 기술의 활용 극대화를 통한 관련 연구기관의 참여유도 및 추가 기술개발 수행 지원
 - 관련 분야 현장 적용 및 실증 지원 기술 개발
 - 연구기관 및 기업 수요 연구 수행 및 사업화 촉진
 - 중소·중견기업 기술 연구 활성화 및 사업화 지원
- 본 연구의 중점과제별 성과목표에 따른 연구성과 검증방안은 다음 표와 같음.
 - 중점과제 1: 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증

표 61. 중점과제1의 대표성과물별 연구성과 및 검증방안

주요성과	성과목표	연차별 성과목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
공동주택 가설작업 지원 로봇 개발, 다가능 구현 및 현장 적용성 실증	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인
	지적재산권 보유		출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	보고서
	시제품			시제품 등록여부		
	MOU					
	산업체 기술교육					

공동주택 수직부재 설치 로봇 개발, 다기능 구현 및 현장 적용성 실증	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인
	지적재산권 보유		출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	보고서
	시제품			시제품 등록여부		
	MOU					
	산업체 기술교육					

- 중점과제 2: 시 기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발

표 62. 중점과제2의 대표성과물별 연구성과 및 검증방안

주요성과	성과목표	연차별 성과목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
다용도-건설작 업로봇 통합관리 시스템 (S/W)	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인
	지적재산권 보유		출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	보고서
	시제품			시제품 등록여부		
	MOU					
	산업체 기술교육					
인간-로봇 협업 공정 시뮬레이션 시스템 (S/W)	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인
	지적재산권 보유		출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	보고서
	시제품			시제품 등록여부		
	MOU					
	산업체 기술교육					
시 기반 다수 로봇 군집제어	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인

및 모니터링 시스템 (S/W)	지적재산권 보유		출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	보고서
	시제품			시제품 등록여부		
	MOU					
	산업체 기술교육					

- 중점과제 3: 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발

표 63. 중점과제3의 대표성과물별 연구성과 및 검증방안

주요성과	성과목표	연차별 성과목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
건설작업 기반 건설로봇 표준설계 지원 시스템 (S/W)	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인
	지적재산권 보유		출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	보고서
	시제품			시제품 등록여부		
	MOU					
	산업체 기술교육					
공동주택 작업용 로봇 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 (H/W)	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인
	지적재산권 보유		출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	보고서
	시제품			시제품 등록여부		
	MOU			MOU 체결	MOU 체결	MOU 체결
	산업체 기술교육			기술강연회 개최	기술강연회 개최	기술강연회 개최
현장운행 최적 제어 알고리즘 (S/W)	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인
	지적재산권 보유		출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인	출원서/등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	보고서

	시제품			시제품 등록여부		
	MOU					
	산업체 기술교육					

- 중점과제 4: 산업화를 위한 제도기반 마련

표 64. 중점과제4의 대표성과물별 연구성과 및 검증방안

주요성과	성과목표	연차별 성과목표				
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
공동주택 건설로봇 데이터 표준 및 표준정보 체계	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인
	지적재산권 보유			출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	
	시제품					
	MOU			MOU 체결	MOU 체결	
	인증제안				인증(안)	
	표준시방서/ 지침(안)					
	산업체 기술교육					
로봇작업 표준품셈 외 제도/기준 수립	학술적 성과	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인	게재 또는 발표논문 확인
	지적재산권 보유			출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인	출원서/ 등록증 확인
	프로그램 구현			등록증		
	현장시험				보고서	
	시제품					
	MOU			MOU 체결	MOU 체결	
	인증제안				인증(안)	
	표준시방서/ 지침(안)				표준시방서/ 지침(안)	표준시방서/ 지침(안)
	산업체 기술교육			기술강연회개최	기술강연회개최	기술강연회개최

4.2. 실증 운영계획(안) 수립

□ 실증 운영 개요

- 공동주택건설현장에서 필요한 로봇 및 운영 시스템의 체계적인 성능 검증체계를 구축하여 연구개발(R&D) 과정에서 생성된 실증 데이터를 효과적으로 활용할 수 있도록 함. 또한, 관련 기업 및 연구기관 간 협력을 촉진하여 혁신 기술의 실증과 상용화를 가속화함. 실증을 통한 핵심개발기술 및 성과물의 검증을 실시하고, 다용도-건설작업로봇 개발 기술 구현의 성능을 평가함.

□ 실증 규모

- 실증은 공동주택 1개 동, 3개 층 이상의 실제 시공환경을 대상으로 함.

□ 실증대상 기술

- 실증대상 기술은 본 연구에서 개발되는 다기능 건설작업로봇 및 연계 운영 시스템 전반을 포함함.

표 65. 실증대상별 세부 내용

실증 대상 기술	세부내용
<p>가설작업지원 로봇의 개발 및 현장 적용성 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> • 중점과제 1: 가설작업(거푸집 해체 및 운반)을 지원하는 매니플레이터 및 EOAT • 중점과제 3: 골조작업 맞춤형 공동 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 가설작업지원 로봇의 다기능(거푸집 해체 및 운반 등 2기능) 구현 가능성 검증 • 임의 현장 환경에서의 통합 적용성 테스트
<p>수직부재설치 로봇의 개발 및 현장 적용성 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> • 중점과제 1: 수직부재 설치(경량벽체 보드류, 벽체 보드류)를 지원하는 매니플레이터 및 EOAT • 중점과제 3: 마감작업 맞춤형 공동 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 수직부재 설치작업 로봇의 다기능(석고보드 스크류 및 본드 시공 기능 등 2기능) 구현 가능성 검증 • 임의 현장 환경에서의 통합 적용성 테스트
<p>건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> • 중점과제 1: 공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발 • 중점과제 2: AI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 다용도 건설로봇(4개 기능 이상이 구현되는 로봇)의 현장 적용성 및 통합운용 효율성 테스트 • 다용도-다중 건설로봇과 작업자 간 순차작업 가능성 및 협업성 테스트 • 아차사고 건수 모니터링 및 통계분석(제 3자 위탁) • 시공품질수준 목표치 달성에 대한 통계분석(제 3자 위탁)

□ 실증 운영방향

- **실증 데이터 및 타겟 스펙 공유**
 - 유사한 목표 및 적용 기술을 개발하는 연구자 및 기업 간 실증 데이터 공유 체계를 마련함.
 - 필수 요소기술을 연계하여 연구개발(R&D) 성과를 극대화할 수 있도록 데이터 공유 플랫폼을 구축함.
 - 실증 과정에서 수집된 데이터는 기술개발 및 상용화 단계에서 활용할 수 있도록 체계적으로 관리함.
- **컨트롤타워 구축**
 - 실증 주체를 모니터링하고 조정할 수 있는 컨트롤타워 기관을 지정하여 운영함.

- 컨트롤타워 기관은 소관 부처와 협의하여 실증 데이터 및 운영 권한을 부여받고, 연구개발 세부과제 간 연계를 촉진함.
- 정부 연구개발 실증 정보를 데이터베이스화하여 성공 요인 및 필수 고려 사항을 정리하고, 공백 기술과 우선 지원 요소를 도출함.

□ 실증 운영

○ 실증환경 조성

- 실제 공동주택 건설현장을 대상으로 하되, 실험실 테스트 환경을 병행하여 실증 비용을 절감하고, 위험도가 높은 기능은 가상환경에서 사전 검증한 후 현장에 적용함.

○ 실증 기대효과

- 건설업의 자동화 및 스마트화 촉진으로 생산성 향상 및 안전성 강화함.
- 연구개발 실증 데이터의 체계적인 관리 및 활용을 통해 기술 혁신 및 산업경쟁력 강화함.

□ 실증 후보지

- 한국토지주택공사(LH), 서울주택도시공사(SH)와 경기주택도시공사(GH) 협업이 필요함. 노후 임대주택(30년 이상) 재정비 사업이 추진 예정이며, 준공연도가 오래된 단지 중 사업시기 규모 기술적 난이도 등을 고려하여 시범사업으로 선정가능함.

표 66. 서울주택도시공사 노후 임대주택 목록 (후보지 예시)

구분	단지명	세대수
1	성산단지	1,807
2	중계3단지	2,619
3	면목단지	905
4	대치1단지	1,623
5	수서1-1단지	984
6	수서6단지	1,508
7	가양4단지	1,998
8	중계4단지	1,979
9	가양8단지	1,110
10	가양9-1단지	914

표 67. 경기주택도시공사 노후 임대주택 목록 (후보지 예시)

구분	단지명	세대수
1	화성동탄 2 A76-2블록	1,524
2	화성동탄2 A78블록	1,170
3	평택고덕 A4블록	517
4	안양판양고 A1-A4블록	1,317
5	광명학은 S1블록	1,079
6	광명학은 S2-S3블록	1,313

4.3. 연구개발성과물 성과관리 및 분석

□ 연구개발성과물 성과관리 기본구조

- 연구개발성과물의 성과분석 및 검증을 위해 정부업무평가 기본법에 따라 아래와 같은 구조로 성과관리를 실시함.



그림 67. 성과관리 체계

□ 성과관리 계획 수립 및 연구성과활용 보고

- 공동주택 다용도-건설작업로봇 개발사업은 정부업무평가 기본법의 기본철학에 기반하여 성과관리 계획을 도출함.
- 세부과제 수행기관은 매년 당해 연도 협약종료 1개월 전 중간(연차)보고서, 주관기관 자체평가 의견서, 세부과제별 연구개발결과 활용계획서(최종연차시)를 국토교통부에 제출하고, 세부과제별로 연구성과 활용유형 및 성과지표 설정 후 체계적으로 관리함.
- 세부과제 수행기관은 연구개발성과 활용보고서를 연구종료 후 다음 연도부터 최장 5년간 매년 전문기관에 제출함.

□ 성과분석

- 성과관리의 주체는 전문기관인 국토교통과학기술진흥원으로 하되, 성과분석기관은 사업단 및 세부과제 수행기관으로부터 성과자료를 제출받아 확인·취합하여 연구개발 목표 달성에 대한 성과검증 및 분석 수행함.
- 국토교통과학기술진흥원은 성과분석 결과를 확정하고, 중간 및 최종평가에 이를 활용하여 지원유지 여부 및 예산조정 반영 등 사업운영에 대한 피드백 실시

□ 추적평가

- 성과의 실용화 및 확산을 위해 과제 종료 후 5년간 발생성과에 대한 정기적 추적평가를 실시하여 성과의 사후관리를 수행함.
- R&D 전문기관의 성과활용조사·평가 전문가가 추적평가 실무를 담당하고, 사업단 및 세부과제 수행기관과 유기적인 협력을 통해 평가를 실시함.

4.4. 성과 활용계획 및 기대효과

□ 성과 활용계획

- (성과물 직접 활용) 본 사업에서 개발한 건설로봇 설계 플랫폼, 건설로봇 요소기술 등을 포함하는 공동주택 건설로봇을 개발하고 R&D 실증사업을 통해 그 성능과 성과를 검증할 것임. 이를 바탕으로 '31년 이후 실제 공동주택 건설사업을 대상으로 R&D 성과물 적용을 추진할 예정
- (수요처 현황) 현재 국내 건설업계는 대형 종합건설사 및 전문시공사를 중심으로 스마트 건설기술 도입이 활발히 추진되고 있으며, 건설로봇에 대한 관심이 증가하고 있음. 본 사업의 성과물을 적극 활용할 주요 수요기업 및 실증 적용 대상은 다음과 같음
 - 공공 공동주택 공급기관 : LH, SH 등 공공기관은 공동주택 공급의 공기 단축 및 생산성 향상이 시급한 과제로, 건설로봇 도입을 통한 시공 효율화 및 품질 개선이 요구됨.
 - 정부 정책 기관: 건설기술진흥기본계획 및 스마트건설 정책과 연계하여 공공 프로젝트에서 로봇 활용을 촉진
 - 대형 종합건설사: 주요 건설사가 스마트 건설 기술 도입을 적극 추진하고 있으며, 건설로봇을 활용한 공정 자동화, 생산성 향상, 안전성 강화에 높은 관심을 보이고 있음
 - 전문시공사 및 협력업체: 철근·콘크리트, 미장·타일, 도장·방수 등 로봇 적용이 유리한 공종을 담당하는 전문업체를 중심으로, 반복적이고 노동집약적인 작업의 자동화를 통해 생산성과 품질을 향상시키고자 하는 업체들이 있음
 - 로봇 제조 및 ICT 기업: 로봇 제조업체와 디지털 트윈·BIM 솔루션 기업이 협업하여 건설로봇 기술의 상용화 및 현장 적용을 지원하고, 데이터 기반 자동화 및 로봇-작업자 협업 기술을 고도화할 수 있음
- (수요처 중심 확산 방안) 건설로봇의 도입 및 확산을 가속화하기 위해, 주요 수요처를 중심으로 단계적인 확산전략을 추진할 계획임
 - 실증 및 초기 보급: 대형 건설사 및 공공 건설 현장에서 건설로봇을 우선 적용하여 실증 데이터를 확보하고, 주요 공정별 성능 평가 및 작업 표준을 수립하여 현장 적용 가능성을 검증
 - 기술 검증 및 표준화: 스마트건설 실증단지, 국가건설기준센터 등 공공 테스트베드를 활용하여 로봇 기술의 성능을 평가하고, 건설 현장 적용을 위한 표준화 및 인증체계를 구축하여 산업 확산 기반 마련
 - 제도 정비 및 정책 연계: 건설로봇 도입 활성화를 위해 기술형 입찰 가점 부여, 스마트건설 장비 도입 의무화 등의 제도 개선을 추진하고, 스마트건설 얼라이언스 및 로봇산업협회 등과 협력하여 보급 촉진 정책 마련
 - 시장 확산 및 해외 진출: 국내 스마트건설 프로젝트를 통해 민간 건설사 중심으로 로봇 활용을 확대하고, 중동·동남아 등 해외 건설시장 진출을 위해 로봇 제조사 및 글로벌 건설사와의 협력을 강화

표 68. 중점과제별 성과활용계획

중점과제	주요성과	기술수요처	실용화 방안
[중점과제 1] 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증	공동주택 가설작업 지원 로봇 개발, 다기능 구현 및 현장 적용성 실증	가설재 업체, 대형 건설사 스마트건설 기술기업	1) 공동주택 건설로봇 성과자료 배포 2) 건설로봇 통합 스마트 건설관리 플랫폼 구축 및 활용 지침 배포 3) 건설로봇 표준화 지침 배포 4) 건설로봇 실용화 지침 배포 (표준품셈등 관련 건설기준 포함) 5) 건설로봇 도입 촉진 정책 제안 (스마트건설 기술 가점 제도 등)
	공동주택 수직부재 설치 로봇 개발, 다기능 구현 및 현장적용성 실증	수장공사 업체, 대형 건설사, 스마트건설 기술기업	
[중점과제 2] AI 기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발	다용도-건설작업로봇 통합관리 시스템 (S/W)	대형 건설사, 건설 자동화 연구기관	
	인간-로봇 협업 공정 시뮬레이션 시스템 (S/W)	건설사 및 스마트건설 솔루션 업체	
	SI기반 다수 로봇 군집제어 및 모니터링 시스템 (S/W)	건설 IT 솔루션 기업 국책연구소, 건설 자동화 연구기관, 로봇 개발 기업	
[중점과제 3] 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발	건설작업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템 (S/W)	건설관련 공공기관, 종합 건설사	
	공동주택 작업용 로봇 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 (H/W)	건설관련 공공기관, 종합 건설사	
	현장운영 최적 제어 알고리즘 (S/W)	로봇 시스템 개발업체, 공공기관	
[중점과제 4] 산업화를 위한 제도기반 마련	공동주택 건설로봇 데이터 표준 및 표준정보 체계	국토교통부, 스마트건설기술연구소, 건설관련 연구원, 국가표준원	
	로봇작업 표준품셈 외 제도/기준 수립	국토교통부, 산업통상자원부, 대한건설협회, 건설관련 연구원	

5. 사전타당성 분석

5.1. 정책적 타당성

5.1.1. 국가전략적 중요성

- 국가의 4차산업기술 및 미래 신성장 동력과 관련된 미래 비전에 대하여 다부처에서 정책을 수립하고 추진하고 있음.
- 4차산업혁명 시대와 함께 등장한 다양한 디지털 기술들은 각 산업의 서비스, 제품, 일자리 등의 분야에서 기존 생산 체계와 업무 수행 방식의 혁신적인 변화를 유인하고 있으며, 이러한 변화의 흐름에서 건설산업도 예외일 수 없음.
- 4차 산업혁명 시대의 도래와 포스트-코로나 시대에서의 생존과 번창을 위하여 건설산업의 전 생산주기에 걸쳐 다양한 스마트 건설기술의 도입을 통한 생산성 혁신 및 신성장동력 확보를 추구하고 있는 현황.
- 국내 건설산업은 스마트 기술과 자동화를 통해 생산성, 안전, 품질 문제를 해결하고 4차 산업혁명 대응과 체질 개선을 목표로 정책적 지원도 추진 중에 있음.
- 국내 건설산업의 정부 정책 방향은 건설 프로세스 전반에 걸친 스마트 건설기술의 활용을 촉진하고 있으며, 이 중 로봇을 활용한 건설 자동화 기술의 도입은 하나의 주요한 축을 이루고 있음.
- 그 중, 건설로봇 개발은 건설생태계의 혁신을 주도하여 국가 경제의 신성장을 견인할 수 있어 현재 과학기술 정책적 기조와 부합함.
- 국토부의 스마트건설기술 관련 종합계획 및 활성화 방안에 건설로봇은 핵심 키워드로 건설 생산성 혁신의 동력이 될 수 있음.
- 스마트건설 및 자동화에 대한 정부의 높은 관심에도 불구하고 건설 붐에 대한 표준이나 관련 법규 및 제도 상용화에 필요한 테스트 인프라 등이 선진국 대비 부족한 실정임.
- 이러한 점으로 볼 때, 건설로봇 개발, 특히 국내 건설시장의 다수를 차지하는 공동주택 건설현장의 로봇 개발 및 적용을 위한 연구개발은 국가전략적으로 매우 중요한 것으로 분석.

□ 국가전략적 측면

- 최근 2D 기반의 설계정보가 3D 기반으로 전환되면서 모든 설계데이터를 3D 모델을 통해 통합 관리되어 국가적인 차원의 정보손실을 최소화하기 위한 신규 기술을 도입하기 위해 연구가 시급.
- 또한, 스마트 건설 및 자동화에 대한 정부의 높은 관심에도 불구하고, 건설로봇에 대한 표준이나 관련 법규 및 제도, 상용화에 필요한 테스트 인프라 등이 선진국 대비 부족한 실정으로 관련된 기술개발, 표준화 및 법령 제정이 시급함.
- 최근 정부 정책은 「제7차 건설기술진흥기본계획 (‘23.12)」, 「제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(‘23.9)」, 「스마트 건설기술 로드맵(‘18.10)」, 「스마트 건설 활성화 방안(‘22.07)」, 「스마트건설 얼라이언스 (‘23.7)」 등을 통해 건설 현장의 생산성 및 안전성을 혁신하고, 산업의 경쟁력 향상에 기여할 수 있는 건축생산 체계의 혁신 기반을 조성할 필요가 있음.

- 건설현장에서 로봇 사용을 활성화할 수 있는 기술개발을 정책적으로 지원하여 안전성과 생산성을 높이고, 경쟁력을 강화함으로써 국내 건설기업들의 해외 건설시장진출 기회를 확대할 기반을 마련할 필요가 있음.
- 현재까지 개발되고 있는 로봇기술은 특정 단위 작업에만 국한돼 있어 좁은 공간에서 다양한 작업이 동시에 이뤄지는 공동주택 현장의 특성을 반영하지 못한다는 점이 한계임. 이에 따라 현장 맞춤형 건설 작업 로봇 개발과 다수 로봇을 실시간으로 통합 제어 및 관리하는 기술개발이 시급한 과제임.
- 공동주택은 타 건축물에 비해 평면이 복잡하지만 층간 반복성이 높아, 로봇의 기술적 완성도를 높이는 데 적합하며 적용 효과를 극대화하는 데도 적합함. 따라서, 공동주택 건설 현장의 낮은 생산성과 수익성을 개선하기 위해서는 기술 혁신과 제도적 지원 등의 종합적인 노력이 필요함.
- 국내 건설산업의 주력시장인 시공분야에서 개도국과의 기술격차가 좁혀질 경우, 세계시장에서의 급격한 경쟁력 저하 및 입지 위축이 우려되기에 연구 개발이 시급한 상황임.

□ 공동주택 생산성 혁신 측면

- 최근 정부는 OSC 기반 공동주택 생산시스템 혁신 기술 개발 연구, 스마트건설기술연구개발사업 등과 같은 국토교통부의 기존 연구 사업과 연계를 통해 건설로봇 친화적인 공동주택 생산 현장 모델 구축을 통한 건설로봇의 도입 촉진과 공동주택 생산성 혁신을 이루고자 함.
- 공동주택 특성상 작업자의 고소작업 노출도가 높음. 고소작업의 자동화를 통해 안전관리 인력의 부담을 줄이고, 작업자의 전체 작업 시간 중 보다 안전하고 효율적인 작업에 할당하는 시간을 증가시켜 노동생산성 향상 효과를 기대할 수 있음.
- 다중로봇 실시간 모니터링 등 통합관제 기술을 이용한 건설로봇의 효율류적 운영을 통해 공동주택 건설작업의 생산성 확보가 기대됨.
- 일반적으로 단일 작업자-다중 로봇 시스템이 건설현장의 낮은 노동생산성 개선에 효과적인 것으로 알려져 있으나, 건설현장 다중 로봇시스템의 제어 및 관제를 위한 연구는 전세계적으로 아직 매우 초기 단계임.
 - 미국 미시간대학 연구진(Wu et al. 2022)에 따르면, 건설현장에서 단일 작업자-단일 로봇의 생산성 대비 단일 작업자-다중 로봇의 생산성은 평균 11% 이상 증가하는 것으로 나타났음.
- 이러한 점으로 볼 때, 공동주택 생산성 혁신을 위한 로봇 개발 및 적용은 국가차원에서 건설산업의 경쟁력 향상을 위해 필수라고 볼 수 있음.

□ 건설시장 신규 수요창출 및 신기술 개발 측면

- 건설산업은 IT기술의 도입이 뒤쳐져 있고, 막대한 자본이 투입되어 건설하는 구조물의 효율적 생애주기 관리방안의 조기도입이 필요하므로 이의 혁신을 위한 신기술 개발 측면에서 기획연구의 수행이 필요함.
- 정부는 건설기술진흥법 제14조에 따라 건설기술의 발전을 도모하고 건설산업의 경쟁력을 제고하기 위하여 건설 신기술 제도를 도입하여 건설공사에 신기술을 의무적으로 사용하고 신기술이 활성화될 수 있도록 지속적인 제도개선을 추진
- 한국의 경우 '18년 향후 5년간의 건설기술정책 로드맵인 「제6차 건설기술진흥기본계획」을 수립하여

정책적 지원을 하고 있으며, 최근 대형 건설사 중심으로 건설 로봇의 개발 및 적용을 서두르고 있는 현황임.

- 국토교통부의 보고서에 따르면 앞으로는 노후시설의 리모델링 등 난이도가 높고 정교한 기술이 요구되는 사업 중심으로 건설시장이 재편될 것으로 전망됨. 이는 정확한 시공이 장점인 건설로봇의 활용성이 증대될 수 있는 기회가 될 수 있음.
- TMR (Transparency Market Research) 보고서에 따르면 2021년 세계 시장에서 준 자율 로봇 부문이 차지하는 비중은 58.4%로 달한다고 보고됨. 또한 이 부분은 2022년부터 2031년까지 연평균 15.3%의 성장률을 보일 것으로 예상.
- 제1차 국토교통과학기술 연구개발종합계획(2018~2027)에서는 국토교통 8대 혁신성장동력 중 하나로 자율구동 건설 장비·로봇 기술을 포함한 “건설 자동화분야”를 선정하여 중점적으로 육성할 계획
- 공동주택 건설현장에 적용가능한 시공혁신기술 개발과 시공 프로세스 혁신을 통해 단순 노무의 개입을 최소화하고, 건설 현장에서 요구되는 기능 인력에 대한 수요를 감소시키는 노력이 필요함. 이를 위해 건설로봇 기반 시공 자동화 기술 등의 연구개발이 필수적임.
- 로봇팔 등의 건설로봇은 낮은 경제성 및 실현장 적용 가능성에 대한 우려로 건축프로젝트 적용이 어려웠으나, 최근 로봇가격의 하락, 현장공급인력 부족 및 안전에 대한 관심 증대 등의 요인에 따라 지속적인 수요가 있을 것으로 판단됨.
- 건설산업의 자동화를 통한 생산성 및 안전도 증대를 위해 미국, 일본, 유럽 등의 선진국가에서는 이미 현장에서 건설로봇을 활용하고 있으며, 주로 하나의 로봇이 하나의 특정 작업을 수행하는 특징이 있음. 하지만 건설현장에서의 작업공간의 제약 및 다수의 동시 작업으로 인해 하나의 로봇이 다양한 작업을 수행하는 건설작업 로봇 기술에 대한 투자와 신기술의 개발이 필요함.
 - 미국, 일본 등 고령화로 인한 노동력 부족 및 안전성 문제 해결이 필요한 선진국에서 건설 로봇 시장을 선도하고 있으며 미국, 유럽 등은 로봇 기업 주도로 개발 및 상용화를 적극 추진
 - 반면, 일본, 중국, 싱가포르 등은 정부 정책과 대형 건설업체 또는 로봇기업과의 협력을 통해 기술 개발 및 상용화를 추진함.
 - 네덜란드 호주 싱가포르 등 건설현장에서 외국인 노동자 의존도가 높은 국가에서도 적극적으로 건설 로봇 개발중임.
 - 2010년 후반 들어 대형 건설사, 엔지니어링 회사를 중심으로 건설기계 자동화(토공 부문), 드론을 활용한 스마트 현장관리 등 기술 개발 및 상용화가 본격화되고 있으며, 기업 간 활발한 협력시도가 이루어져 오고 있으나, 드론, BIM, 모듈러, 빅데이터 및 시순으로 활용수준이 높으나, ‘지능형 건설 장비 및 로봇기술’은 활용수준이 가장 낮게 나타남.
 - 이에 따라, 공동주택 건설로봇 개발 연구는 로봇도입을 가속화 할 수 있고, 정부는 건설시장 신규 수요창출을 위한 환경적, 제도적 지원정책을 연계한 세부계획 수립이 필요할 것으로 보임.

□ 4차 산업시대 건설시장의 니즈변화 측면

- 건설산업은 4차산업환경 변화에 대응하기 위해 기존의 낙후된 건설산업 인식과 패러다임 변화를 요구하고 있고, 건설 생애주기 Data의 효율적인 활용과 사용자 접근성 및 활용성 강화를 위한 산, 학, 연의 협업이 증대되는 추세임.
- 건설산업 분야에서 건설산업 구조 개편을 통한 건설 생산성 혁신을 추진 중에 있고 전통적 건축 생산 기술에서 탈피하여 건축분야 4차산업 신기술도입으로 고부가가치 시장을 창출하고 있음.
- 전 세계적 스마트 건설 붐과 AI 붐에 맞춰 미국과 일본을 중심으로 건설로봇 시장이 확대되고 있으며, 최근 로봇가격의 하락, 현장 공급인력의 부족, 안전에 대한 관심 증대 등의 요인에 따라 지속적 수요가 있을 것으로 예상됨.
- 미국 AMG(Automated Machine Guidance), 일본 I-Construction(ICT 토공) 등생산성 증대 효과가 입증된 대단위 단순 반복 공종(토공, 포장공 등)에 대한 자동화 기술적용 중임.
- 건설로봇 시장은 연평균 17~25% 성장할 전망이며, 특히 모듈형 주택 개발 자동화, 맞춤형 구조주택, 3D 프린팅, 자동 용접, 현장 자재 취급 등 건설로봇의 범위가 넓어지고 시장성도 확대되고 있음.
- 현재 건설로봇 시장은 실제 작업을 수행하여 생산성과 안전성을 향상시키는 중장비 및 관절 로봇 시장이 주를 이루고 있으나, 측량 및 검측, 현장정보 전달, 자재 이동과 같이 비생산작업의 효율과 정확성을 향상시켜 낭비되는 비용과 시간을 절감하는 건설 로봇이 스타트업 기업을 중심으로 시장을 형성하고 있는 추세임.
- 건설로봇을 활용한 자동화 분야는 인공지능, 센싱기술 등과의 융합을 통한 지속적인 성장이 예상되며, 시장형성 단계인 만큼 기술개발을 통한 시장선점이 중요한 시점임. AI 기술 성숙으로 단순반복 작업이 많은 건설현장에 로봇의 개발을 통한 단순 반복 공종의 자동화가 가능할 것으로 보임.

5.1.2. 상위계획과의 부합성

- 본 과제에서 제안하는 내용과 상위계획과의 부합성 분석 결과는 다음과 같음.

표 69. 상위계획과의 부합성 분석 결과

국가 상위계획	상위계획 부합성	동 사업(중점과제)의 부합성			
		중점과제 1	중점과제 2	중점과제 3	중점과제 4
120대 국정과제 (22.7)	120대 국정과제 중 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약, 반도체·AI·배터리 등 미래전략산업 초격차 확보 등에 부합	●	●	●	●
제5차 과학기술기본계획 (23-27) (22.12)	12대 국가전략기술 중 인공지능, 첨단로봇·제조 분야가 포함됨.	●	●	●	●
제4차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획 (23-27) (22.12)	건설업 현장 추락 등 중대재해 예방을 위한 관리 지능화 및 고위험 작업 대체 로봇 개발 지원에 부합	●	●	●	●
국가전략기술선정(안) (23.12)	12대 국가전략기술 및 50개 세부 중점과제 중 첨단로봇의 고난도 자율조작 기술 및 인간-로봇 상호작용 기술에 해당	●	●	●	●

스마트 건설기술 로드맵 (18.10)	2030년에 건설 자동화를 완성하는 것을 목표로 스마트 건설기술 로드맵. 건설 자동화와 관련하여 30년 건설기계 자동화, 로봇 등을 활용한 조립시공 자동화 등을 목표로 설정	●	●	●	○
제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 (23-32) (안) (23.9)	4가지 전략 중 하나인 지속 가능한 국토교통 기반시설 고도화 중 스마트 디지털 건설(자동화·로보틱스)에 부합	●	●	●	○
스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030 (22.7)	'2030년 건설 전 과정 디지털화·자동화'라는 목표를 제시 3대 중점과제 ① 건설산업 디지털화 ② 생산시스템 선진화 ③ 스마트 건설산업 육성	●	●	●	●

5.1.3. 사업추진의지

- 국토교통부에서는 '국토교통 비전 2045'의 수립 과정에서 기술 융복합 및 가상공간을 메가 트렌드의 하나로 파악하였으며, 건설기술에서의 적용을 위해 각종 정책 계획에 첨단기술을 반영하여 수립 중임.
 - 국토부에서 제시하는 건설산업이 나아가야 할 메가 트렌드에는 설계 패러다임의 변화, 건설자동화를 통한 생산 패러다임 변화, IoT 기반 스마트 홈 보편화 등이 있음.
 - 건설산업은 신기술적용을 통한 새로운 시장 창출과 건설 생산성 제고라는 과제에 직면해 있으며, 이를 위하여 융복합 기술개발과 적용을 통해 산업 혁신을 달성하려는 정부의 추진 의지가 매우 높은 것으로 판단됨.
- 최근 제6차 건설기술진흥 기본계획의 수립 과정에서 국토부가 선정한 건설산업의 5대 문제점에는 4차 산업혁명의 대응 부족과 미래 환경변화 대응 역량 부족, 건설현장의 과도한 사고 발생이 포함됨.
 - 초급기술자의 등급 기준이 높고 기술자 역량의 불균형으로 청년층의 시장진출과 경력 축적 기회가 박탈되는 현상을 문제점으로 꼽았으며, 이에 대한 해결책으로 건설현장 교육 및 기술 개발을 통한 생산시스템의 혁신을 설정함.
 - 공동주택 건설로봇은 생산성 향상을 통한 노동집약적인 생산시스템을 탈피할 수 있고 장기적인 관점에서 국가 경제부양의 원동력으로 미래 환경변화에 대응할 수 있는 기술임.
 - 국토부에서는 현재 부실공사와 건설현장 사고 발생을 매우 큰 이슈로 인식하고 있으며, 이를 위하여 공동주택 건설로봇의 도입의 목표인 작업 현장 안전과 생산성 향상은 높은 추진 근거가 될 것임.
- 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.

5.1.4. 본 연구를 통한 정책적 효과

- 본과제의 중점과제별 정책적 효과는 다음과 같음.

표 70. 중점과제별 정책적 효과

중점과제 1	공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증
	▪ 저부가가치 고반복 작업의 인력 대체를 통한 인력 부족 현상 해결
	▪ 신기술 공유 및 협업환경 조성 및 미래사회 직능변화에 선제적 대응
	▪ 타 산업과의 융합을 통한 일자리 창출 및 경제 활성화
	▪ 공동주택 건설환경 및 사용자 안전 확보
	▪ 침체된 건설산업의 부흥과 3D 업종 인식 개편
	▪ BIM 연계 건설로봇 플랫폼 개발을 통한 건설산업 전반의 BIM 활용 수준 향상
	▪ 공동주택 최적화 다용도 건설작업로봇 개발을 통한 건설산업의 디지털화
	▪ 4차 산업혁명 기술 도입을 통한 신시장 창출 및 젊은 인력의 유입
▪ 건설현장 외부 환경 및 요인에 의한 불확실성 최소화	
중점과제 2	SI기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발
	▪ 건설작업 로봇의 관리 및 운영체계 구축을 통한 기술 투입 기반 마련
	▪ 건설작업 로봇의 위치 및 작업 모니터링 기술을 통한 원거리 업무 지원
	▪ 건설작업 로봇을 활용한 공동주택 시공 자동화 기술을 통해 인력 낭비 최소화
	▪ 건설 현장 사용자 교육 프로그램 및 기술 지원을 통한 작업자의 능력 향상
	▪ 건설로봇을 통한 공기단축 및 비용 절감을 통해 건설업의 부가가치 향상
	▪ 공동주택 건설작업 로봇의 효율적인 관리를 통한 건설산업의 생산성 향상
▪ 다중 로봇의 통합과 상호작용 기술 개발을 통해 로봇 관리 효율 증대	
중점과제 3	공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발
	▪ 공동주택 주요 작업 공정별 표준 동작 DB화를 통한 로봇작업 분류 기준 마련
	▪ 공동주택 로봇 표준 요건 DB를 통해 국제 표준화 추진
	▪ 공동주택 시공현장에 최적화된 주행체 및 로봇암의 상용화
	▪ 신기술 개발을 통한 새로운 시장 개척 및 일자리 유치
	▪ 타 산업과의 융합 촉진 및 건설산업 시장 혁신 도모
▪ 기술의 사업화 및 상용화 전략 기반 마련	
중점과제 4	산업화를 위한 제도기반 마련
	▪ 건설작업 로봇 국제 표준화를 통해 국가 경쟁력 향상
	▪ 공동주택 건설작업 로봇의 안착 및 확산을 위한 최적의 법제도 인프라 구축
	▪ 공동주택 건설작업 로봇의 표준 및 기준제시를 통한 제도적 기반 마련
	▪ 관계기관과의 협의체 구축을 통한 실질적인 기술수요처 확보
	▪ 국제 표준화를 통한 글로벌 산업생태계 구축 전략 수립
▪ 공동주택 건설작업 로봇 특화 교육을 통한 미래 건설전문인력 수요에 대응	

5.2. 기술적 타당성

5.2.1. 기존 사업과의 중복성 및 차별성

- 본 연구단에서 추진하는 과제는 기획 타당성 평가를 통해 기존 연구와의 중복성을 검토하여 기존 연구와 연계, 활용, 차별화 전략을 제시하여 중복성을 최소화함.
- 본 연구에 대한 중복성 조사는 1차적으로 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 중복 가능성이 있는 사업과 과제들을 스크리닝하였음.
- 각 단계별로 전문가 워크숍을 추진하여, 1차 스크리닝 결과에 대해 검토를 하였으며, 착수 보고 및 1차례의 기획 타당성 평가 시 제기된 중복과제에 대해 면밀한 검토를 하였음.
- 중복성 검토는 세부 과제별로 기존과제 연구 성과 활용을 통한 시간 단축 및 시행착오 최소화를 위한 연계 가능 방안, 기존과제 연구 성과의 성능 및 수준 향상을 통한 성과의 고도화 방안으로 구분하여 분석함.
- NTIS 및 각부처 연구진행 자료의 중복성 조사를 한 결과, 기존 진행되고 있는 로봇의 경우 센싱기술 개발 연구, 운반 및 시공자동화를 위한 시 기반 머신 가이던스 연구 인간-로봇 협업 기술 및 일부 시공작업을 대체하는 로봇에 대한 연구개발이 주를 이루고 있음.
- 기존 연구는 공동주택 시공의 공기단축 및 생산성 향상에 초점을 맞추기 보다는 각 작업을 대체할 수 있는 로봇의 운용기술 또는 로봇 자체 개발 주를 이루고 있음.

5.2.2. 기술개발 계획의 적절성

- 공동주택 건설 현장은 인력 수급의 어려움 및 고령화, 낮은 건설 생산성, 변화하는 건설 환경, 안전사고 위험의 고착화, 경제성 확보의 어려움과 같은 다양한 문제에 직면해 있음.
- 본 연구에서는 위의 문제를 해결하기 위해 건설로봇을 통해 추구하고자 하는 사업비전/목적/목표를 수립하였으며, 이를 달성하기 위한 시의성 있고, 개발이 가능하며, 기대효과가 큰 연구과제들을 도출함.
- 공동주택 공기단축을 통한 생산성 증가와 마감품질 확보를 위해서는 건축물 생산단계에서 반복성이 높은 저부가가치 단순작업을 로봇이 대체하고, 마감품질 확보를 위한 작업에 인력을 투입하는 형태로 이루어져야함.
- 공동주택의 현장 특성상 한 층의 평면복잡성은 높고, 층간 작업 반복성은 높기 때문에, 로봇을 투입하여 반복적인 작업을 수행하고, 주간에 숙련된 인력이 마감할 수 있는 새로운 작업 패러다임의 도입을 통한 공기단축을 기대할 수 있음.
- 공동주택 건설은 좁은 현장에서 다양한 작업이 동시에 이루어지는 특성으로 기존에 제시되고 있는 건설로봇으로는 적용성이 부족함. 따라서, 새로운 작업 패러다임의 도입을 위한 로봇의 설계 및 개발과 로봇관리 시스템이 필요함.
- 또, 고유의 건설사업관리시스템과의 연동을 통한 로봇의 도입에 따른 품질, 공정, 안전, 원가관리 등이 직관적으로 이루어져야하므로 관련된 로봇기반의 통합사업관리 시스템의 개발이 필수적이라고 할 수 있음.

5.2.3. 기술수준 및 성공가능성

- 최근 코로나19 등에 따른 비대면 서비스의 확산과 로봇 기술과 AI(인공지능), ICBM(IoT, Cloud, Big Data, Mobile), 5G 등 첨단정보통신 기술 등 4차 산업혁명의 빠른 발전은 건설산업의 스마트화를 가속화 시킬 것으로 예상됨.
- 특히, 공사 기간 단축과 공사비 절감 등이 가능한 다양한 기술 적용을 통해 궁극적으로는 건설산업이 직면한 낮은 생산성을 해결하려는 노력이 절실한 상황임.
- 이러한 변화 요인에 따라 최근 ‘스마트 건설’ 개념이 빠르게 대두되고 있는데, ‘스마트 건설’이란 전통적인 건설(토목, 건축) 기술에 4차 산업혁명의 첨단기술(BIM, 드론, 로봇, IoT, 빅데이터 등)을 융합한 기술을 말함.
- 스마트 건설은 크게 설계와 시공, 유지관리, 미래 분야로 구분할 수 있는데, 설계 분야에는 BIM 설계 및 설계 자동화 기술이 접목될 수 있음. 드론 측량 및 데이터 분석 플랫폼 기술이나 VR(가상현실)을 활용한 다양한 시뮬레이션 기술도 기대됨.
- 건설로봇은 위험한 환경에서 작업하는 작업자를 대체하여 안전성을 향상시키며, 높은 시공 정확도로 공사비를 절감할 수 있을 것으로 기대되고, 공사 기간을 획기적으로 단축할 수 있으며, 작업자의 숙련도나 컨디션에 영향을 받지 않아 시공 시 균일한 품질을 얻을 수 있는 장점을 가짐.

표 71. 본 과제의 세부목표별 기술수준 및 성공가능성

중점과제 1	공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증
수준	<ul style="list-style-type: none"> • 공동주택 최적화를 위한 벽체 AL폼 로봇 개발 및 실증 • 공동주택 최적화를 위한 보드류 설치 로봇 개발 및 실증
성공 가능성 (달성 확인 방법)	<ul style="list-style-type: none"> • 로봇별 시뮬레이션, 실증 테스트 및 성능 평가 • 공정별 로봇 투입 효과 정량적 분석 • 공동주택 건설작업로봇의 시공 품질과 효율성 종합 분석
중점과제 2	SI기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발
수준	<ul style="list-style-type: none"> • 상용 로봇 마켓 기반 현장 로봇 투입 공정 계획 기술 • 다수 로봇 위치 확인 및 작업 모니터링 기술 • 현장 최적화 센싱-통신 및 IoT기반 현장 운영 자동화 기술 • AI 엣지 컴퓨팅 기반 다수 로봇 군집제어 기술 • 건설로봇 기반공정 시뮬레이션 및 작업 계획 수립 기술 • 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 플랫폼 • 공동주택 다용도-건설작업 로봇 생산성 향상 통합 실증
성공 가능성 (달성 확인 방법)	<ul style="list-style-type: none"> • 파일럿 현장에서 로봇 투입 공정 기술 실증 테스트 수행 및 피드백 수집 • 다양한 현장 조건에서 기술별 실증 테스트 및 기술 적용성, 비용 효율성, 안정성 등 검토 • 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 플랫폼 실증 테스트 및 기술 검토 • 공동주택 다용도-건설작업 로봇 생산성 향상 기술 실증 테스트 및 검토

중점과제 3	공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발
수준	• 공동주택 최적화 건설작업 로봇 설계 기술 개발
	• 로봇 액션 분류체계 및 건설작업 로봇 설계 지원 기술 개발
	• 공동주택 최적화 공통 플랫폼 개발
성공 가능성 (달성 확인 방법)	• 표준 동작 DB의 현장 적용 시범 프로젝트 수행을 통한 검증 실시
	• 표준 DB 기반 설계 시뮬레이션 및 현장 테스트를 통한 기능 검증
	• 표준 요건 DB를 활용한 현장 실증 프로젝트 수행 및 검증
	• 최종 공통 플랫폼 현장 검증을 통한 기술 검토
중점과제 4	산업화를 위한 제도기반 마련
수준	• 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 제도 기반 마련
	• 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화
성공 가능성 (달성 확인 방법)	• 데이터베이스를 활용한 체계 성능 평가 및 적용 가능성과 한계점 분석
	• 현장 데이터 수집 및 체계 적용 효과 분석과 생산성 향상 평가
	• 산업생태계 적용 사례 및 성과 분석
	• 사업화 모델의 기술적·경제적 타당성 분석 및 적용 가능성 평가

5.3. 경제적 타당성

5.3.1. 경제성 분석 개요 및 방법론

- 경제성 분석에 사용되는 비용추정은 본 연구개발산업에 소요되는 총 사업비로 가정함.
- 본 사업의 총 사업기간은 2026년~2030년(5년), 총 사업비 280.0억 원임.
- 본 사업은 4개의 세부과제로 구성되어 있으며, 1차년도 20.0억 원, 2차년도 78.0억 원, 3차년도 65.0억 원, 4차년도 65.0억 원, 5차년도 50.0억 원이 각각 소요되어 총 사업비는 280.0억 원으로 소요됨.

5.3.2. 편익추정

- 본 사업 경제성 분석의 편익은 공동주택 건설시공 로봇의 매출편익을 추정함.
- 편익의 경우 본 기술개발사업이 편익 발생에 기여한 부분만을 고려하기 위해 사업기여율, R&D기여율, 사업화성공률 및 부가가치율을 적용함.
- 편익발생 시점은 연구개발이 종료되는 2030년 이후부터이며, 2031년부터 발생하는 것으로 산정함.
- 시장 매출편익은 아래와 같은 식을 통해 산정함.

〈매출편익 산정을 위한 수식〉

$$B_m = \sum_{T=2031}^n \frac{(M_q(T) \times C_p \times C_t \times S_c \times V_c)}{(1+r)^{(T-2025)}}$$

B_m : 본 사업의 시장 매출편익
 $M_q(T)$: T년도 예상 건설시공로봇 시장 규모
 n : 기술의 경제적 수명 기간
 C_p : 사업기여율(%)
 C_t : R&D기여율(%)
 S_c : 사업화성공율(%)
 V_c : 부가가치율(%)
 r : 사회적 할인율(%)

□ 연간 공동주택 시장

- 통계청의 대한건설협회 건축분야 세부공사 종류별 기성실적에 따르면 전체 건축공사 기성액은 2019년 131조 1,332억원에서 2023년 166조 316억원으로 꾸준히 증가하고 있음.
- 이 중 아파트(공동주택)은 전체 건축공사 기성액의 39.68%를 차지함.

표 72. 건축분야 세부공사 종류별 기성실적(출처: 통계청)

(단위: 억원)

구분	2019	2020	2021	2022	2023	합계	비중
합계	1,311,332	1,301,181	1,425,791	1,630,528	1,660,316	7,329,148	100%
단독주택 및 연립주택	49,515	50,998	64,178	67,221	47,253	279,165	3.81%
아파트	518,750	516,144	567,045	627,649	678,258	2,907,846	39.68%
주거.상업용 겸용건물	107,178	104,571	110,196	113,287	95,755	530,987	7.24%
상가.백화점.쇼핑센터	77,211	67,169	67,094	69,711	58,540	339,725	4.64%
사무용빌딩	128,257	123,728	133,967	147,322	162,377	695,651	9.49%

관공서건물	32,047	34,013	37,641	43,068	46,215	192,984	2.63%
호텔.숙박시설	33,279	38,902	34,556	36,639	44,823	188,199	2.57%
학교	35,738	36,089	33,673	38,901	47,074	191,475	2.61%
병원	19,357	18,165	17,915	17,620	16,669	89,726	1.22%
종교용건물	9,132	9,169	7,787	7,857	8,105	42,050	0.57%
전통양식건축	474	388	735	693	737	3,027	0.04%
공연.집회장소	4,002	4,161	3,826	3,579	3,898	19,466	0.27%
경기장.운동장	3,652	4,285	5,096	7,785	7,999	28,817	0.39%
전시시설	10,006	8,409	7,745	8,064	7,160	41,384	0.56%
공장.작업장건물	171,011	165,642	191,940	261,680	242,200	1,032,473	14.09%
기계기구설치	1,695	1,809	252	804	695	5,255	0.07%
변.발전소용건물	3,488	4,158	6,601	8,692	6,451	29,390	0.40%
창고.차고. 터미널용건물	35,530	43,911	57,754	84,477	98,419	320,091	4.37%
위험물저장소	1,491	1,503	2,131	2,284	2,343	9,752	0.13%
기타건물	69,519	67,967	75,659	83,195	85,345	381,685	5.21%

- 공동주택 기성액의 경우 국내 공동주택 수요 및 주택보급률 등을 고려한 보수적인 시장 산정을 위해 2019년~2023년 공동주택 기성액 평균인 58조 1,569억 원에 공사비 증가 등의 요인을 고려하기 위해 2019년부터 2023년까지의 소비자물가상승률의 평균인 2.4%를 기준으로 하여 매년 증가하는 것으로 가정하여 계산하였음.

표 73. 소비자물가상승률 평균 (2019~2023)

년도	2019	2020	2021	2022	2023	연평균 물가상승률
물가상승률	0.4	0.5	2.5	5.1	3.6	2.4

□ 건설로봇 관련 시장

- 공동주택 시장에서 시공의 비중은 약 82%에 해당하며, 이 중 노무비가 약 46%의 비율을 차지하는 것으로 분석됨. 건설로봇 도입의 주 목적은 공기단축을 통한 생산성 향상에 따른 노무비 단축과 관계가 있을 것으로 보이며, 이를 편익분석의 시장기준으로 가정함
- 또한 2019년 한국건설산업연구원의 연구보고서에 따르면 국내 건설기업의 지능형 건설장비 및 로봇기술의 활용은 5.5% 수준으로 조사된 바 있음. 본 사업에 대한 경제적 타당성 분석은 건설 로봇의 활용 수준이 증가할 것으로 사료되나, 보수적인 산정을 위해 5.5%수준으로 일정하다고 가정하여 계산함.

표 74. 본 사업을 통해 점유 가능한 공동주택 건설로봇 시장

(단위: 억원)

구분	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	소계
공동주택 시장	703,073.8	719,947.6	737,226.3	754,919.7	773,037.8	791,590.7	810,588.9	5,290,385
공동주택 시공시장 (82%)	576,520.5	590,357.0	604,525.6	619,034.2	633,891.0	649,104.4	664,682.9	4,338,116
공동주택 시공시장 노무비 (시공시장의 46% 점유)	265,199.4	271,564.2	278,081.8	284,755.7	291,589.9	298,588.0	305,754.1	1,995,533
로봇시장 (노무비의 5.5% 점유)	14,586.0	14,936.0	15,294.5	15,661.6	16,037.4	16,422.3	16,816.5	109,754.3

□ 사업기여율

- 본 경제성 분석에서 활용한 사업기여율은 (본 사업 예산(안))/(본 사업 예산(안) + 유사 (국가+민간) 사업 예산)로 산정하였으며, 19.5%를 적용함.
- NTIS를 활용하여 최근 11년간(2015~2025년) 진행된 건설로봇과 관련된 R&D 사업을 검색하여 총 39개의 사업을 선별함.
- 39개 국가 R&D 사업의 총 사업비는 약 274.1억 원, 민간 R&D 사업비는 과학기술정보통신부의 2023년 보도자료를 참고하여 정부(23.4%):민간(76.6%)의 비율로 약 897.3억원으로 산출함.
- 총 사업비는 700.0억 원으로 사업기여율은 284.0/(284.0+274.1+897.3) = 19.5%임

표 75. 건설로봇 관련 유사 과제 및 사업 예산(출처: NTIS)

NO	과제명(국문)	총 연구비 (백만원)
1	인공지능 가이드스 원격 건설 로봇 기술 개발	522.50
2	AI 기반 건설로봇 기술 RaaS 글로벌 협력거점	25.00
3	디지털 기반 건축시공 및 안전감리 기술개발	13,627.20
4	굴삭기 기반 강관말뚝 두부정리 및 절단 부위 핸들링 로봇 시제품 개발	370.00
5	건설 구조물 조립성능 진단을 위한 지능형·원격 건설로봇 기술 개발	134.60
6	건설현장의 고위험 저효율 시공 무인화 기술 개발 기획	100.00
7	이기종 건설로봇 군집제어 및 시공 테스트베드 시스템	600.00
8	멀티레이어 마킹 툴킷을 이용한 시공현장 레이아웃 프린팅 자율주행 로봇 개발	462.50
9	AI·디지털트윈 기반 현장적응형 건설로봇	246.46
10	건설 현안 대응을 위한 작업자-로봇 협업 기반 다목적 건설 로봇 시스템 개발	1,083.00
11	(3차)속련 작업자 고령화 대응을 위한 고정밀 추적 센서 기반 바닥 마감재 시공 로봇 개발	397.53
12	다목적 건설 로봇 기술 기반 콘크리트 천장 앵커 볼트 시공 로봇 개발	154.07
13	건설 및 산업현장 근로자의 근력보조를 위한 엑소스uits 개발	13.93
14	건설산업 현안 해결을 위한 건설로봇 및 추적센서 기술 융합 기반 클린룸 바닥 패널 설치 로봇 개발	124.00
15	자율주행로봇을 활용한 건설현장내 건설자재 새벽배송 서비스	335.00
16	복개 구조물 유지보수용 철근 콘크리트 치핑 로봇 시스템 개발	720.00
17	지능형 페인팅-마스킹 협동로봇 개발	490.00
18	프리랩 기반 지하도시 모듈 제작을 위한 로봇 자동화 건설기술 (I)(2022년도)	150.00
19	가변 중력보상모듈 기술을 기반한 건설 근로자용 어깨 보조 웨어러블 로봇의 시제품 개발 및 시험분석	8.00
20	사회적 주행 로봇을 활용한 DCNN 기반 건설현장 작업자 안전성 평가 모델	219.95
21	건설현장 패트롤 로봇의 자율주행 성능 개선을 위한 센서 융합 기술	685.53
22	프리랩 기반 지하도시 건설을 위한 프리캐스트 유닛 제작 기술 (II)	112.50
23	인간공학적 형틀 설치·해체 협동로봇 및 시공체제 개발	699.80
24	로봇 활용 건설작업을 위한 신체 움직임 기반 작업지시 및 제어 기술	62.98
25	창틀돌출부 회피기술을 활용한 지능형 외부유리창 청소로봇	1,208.00
26	인공지능 기반의 자율 구동 관절(Extra-Limb)을 갖는 건설 근로자 협업 로봇	407.50
27	인간-로봇 상호작용을 통한 협력 건설생산 기술에 관한 연구	131.62
28	스마트 제어기술 기반의 프리캐스트 바닥판 설치용 가설봇 개발	134.00

29	인공지능 로봇 기반 건설 안전관리 시스템 개발	12.50
30	고가의 저속탐상장치를 보완하는 상시적용 가능한 레일상태 자동검출 로봇 개발	34.00
31	건설재료의 성능 평가 및 품질관리를 위한 데이터 사이언스 기법	170.65
32	건설재료의 성능 평가 및 품질관리를 위한 데이터 사이언스 기법	189.61
33	10kgf이상의 근력보조를 할 수 있고 착용성이 우수한 건설근로자용 웨어러블 로봇 개발	2,662.39
34	지능형 로봇 기반 실시간 시공품질관리 시스템	78.05
35	엣지컴퓨팅을 활용한 건설시공관리 자동화 체제	375.00
36	밀폐형 건설현장의 비산먼지 저감을 위한 자율주행 로봇 개발	5.56
37	건설현장 고소용접작업을 위한 확장현실 기반 원격제어 및 시각화 기술 개발	12.50
38	모바일 로봇 및 심층학습 기반 건설현장 정보모델 통합 관리를 위한 3차원 데이터 생성 및 처리 기술	587.77
39	건설현장 증강현실 기반 인간-로봇 현장 협업 기술 개발 공동기획연구	56.32
소계		27,409.98

R&D 기여율

- 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2024)에서 제시한 R&D기여율 35.4%를 적용함

사업화 성공률

- R&D 사업화 성공률은 2016년 현대경제연구원에서 제시한 20% 수준으로 조사되었으나 건설교통 분야의 사업화 성공률의 경우 더 보수적으로 보아 15%로 가정함.

부가가치율

- 2020 산업연관표, 한국은행경제통계시스템 (2024. 09) 기준 건설업의 부가가치율은 44.6%를 적용함.

할인율

- '예비타당성조사 수행 총괄지침, 2023. 12. 27. 개정'에서 제시하는 사회적 할인율인 4.5%를 적용함.

편익기간

- 특허청의 4차산업혁명 관련 7대 기술분야 특허분류 체계 중 지능형로봇의 IPC 코드로 기술의 경제적 수명(TCT)의 중앙값의 평균값은 7.3년이고, 소수점을 절삭하고 7년으로 산정하였음.

표 76. 기술의 경제적 수명(TCT)을 통한 편익기간 산정

IPC CODE	구분	TCT 중앙값
B25J	매니플레이터(manipulater); 매니플레이터 장치를 갖는 저장공간	7년
G01S	무선에 의한 방위 결정; 무선 항행; 무선 전파의 사용에 의한 거리 또는 속도의 결정; 무선 전파의 반사 또는 재방사의 사용에 의한 위치 또는 유무의 탐지; 기타의 파류를 사용하는 유사한 방식	8년
G05D	비전기적 변량의 제어 또는 조정계	7년
평균 (소수점 절삭)		7년

5.3.3. 편익 및 경제성 분석 결과

- 공동주택 건축로봇 개발을 통한 시장편익은 2031년 67.4억 원에서 2037년 약 77.7억 원이 발생하며, 총 매출편익은 507.2억 원임.
- 본 과제를 통한 연구개발의 총 편익을 현재가치로 환산하면 약 341.2억 원이 도출되었음.

표 77. 공동주택 건설 시공 로봇 기술개발 편익 산정 결과

구분	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	소계
로봇시장 (억원)	14,586.0	14,936.0	15,294.5	15,661.6	16,037.4	16,422.3	16,816.5	
사업 기여율	19.5%	19.5%	19.5%	19.5%	19.5%	19.5%	19.5%	
R&D 기여율	35.40%	35.40%	35.40%	35.40%	35.40%	35.40%	35.40%	
사업화 성공률	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	
부가 가치율	44.60%	44.60%	44.60%	44.60%	44.60%	44.60%	44.60%	
매출편익 (억원)	67.4	69.0	70.7	72.4	74.1	75.9	77.7	507.2
편익의 현재가치	51.8	50.7	49.7	48.7	47.7	46.8	45.8	341.2

- 본 사업은 연구개발 이후 2031년~2037년까지 총 341.2억 원의 시장창출 편익이 발생하며, 소요되는 비용은 2026년~2030년까지 246.7억 원이 소요됨에 따라 B/C Ratio는 1.38로 분석됨.

표 78. 공동주택 건설시공 로봇 기술개발 비용 및 편익의 흐름

연 도	비용 (억 원)		편익 (억 원)	
	비용발생액	현재가치	편익발생액	현재가치
2026	24	22.97		
2027	56	51.28		
2028	75	65.72		
2029	88	73.79		
2030	41	32.90		
2031			67.4	51.8
2032			69.0	50.7
2033			70.7	49.7
2034			72.4	48.7
2035			74.1	47.7
2036			75.9	46.8
2037			77.7	45.8
합계	284	246.7	507.2	341.2
B/C Ratio (341.2 / 246.7)				1.38

5.3.4. 경제적 효과 및 활용방안

□ 경제적 기대효과

- 기존 사업 및 민간기술 등 유관연구 경험지식을 보유한 기관과의 연계를 통한 기획의 시너지효과를 기대할 수 있음.
관련 국가 R&D 사업 경험을 다수 보유하고 있는 다양한 대학 연구진의 참여 및 협력을 통해 다양한 역량의 융합과 연구 간 상호보완이 가능해지며, 민간 기술 보유기관과의 상호 간 피드백 기반 협업으로 신기술 창출과 시장성 확보가 가능함.
- 공동주택 건설작업 로봇의 도입에 따른 비용 절감효과를 기대할 수 있음.
 - 건설산업은 프로젝트마다 다변화적 현장조건을 갖는 특수성으로 인해 상대적으로 타 산업에 비해 과학 기술의 발전 속도는 늦고, 현장에서 요구되는 기술 성숙도는 4차 산업혁명 기술 중에서도 융·복합적인 높은 수준의 기술을 요구하고 있음. 이는 건설산업이 다양한 영역에서 4차산업혁명 기술도입에 따라 비용 절감효과를 볼 수 있기 때문임.
 - 건설 현장에서의 로봇 도입은 초기 투자 비용이 발생하지만, 로봇 투입으로 공기단축과 공사비 절감으로 이어져 비용 절감효과를 볼 수 있음. 또한 일관된 시공품질을 유지할 수 있어 품질하자로 인해 발생하는 공사비용의 절감도 가능함.
- 신산업 창출을 통한 고용효과 및 내수시장경제 활성화를 기대할 수 있음.
 - 공동주택 건설작업 로봇 기술 개발은 건설현장의 미숙련자 및 인력문제를 해결할 수 있으며, 인공지능 기술과 IT 기술의 도입 및 적용을 통해 4차 산업혁명 관련 기술의 영향력과 타 산업과의 융합화를 통한 시너지 효과를 창출하여 우리나라 산업의 경쟁력이 향상될 것으로 기대됨.

□ 경제적 활용방안

- 연구 개발품에 대하여 오픈마켓 플랫폼을 구축하고, 이를 발판으로 새로운 기술의 도입비용 부담, 기술 적용 및 활용을 위한 기준 부재, 데이터 생성 및 공유에 대한 부담감 등 현실적인 시장진출의 어려움을 느끼는 민간기업들에게 선순환적 동반성장이 가능한 환경을 제공함.
- 국제 학술대회 및 학술지에 한국의 공동주택 건설작업 로봇에 대하여 추진방향 및 기대효과를 소개함으로써 국제적인 홍보 효과를 통해 해외자본 유치를 위한 초석으로 활용 가능함.
- 건설산업의 공동주택 건설작업 로봇 기술의 표준화 연구 및 데이터 구축체계에 대한 부분을 주도하며 국제 표준화 기술로의 기반을 마련할 수 있음.
- 우리나라를 중심으로 본 과제에 관련된 연구가 지속적으로 이루어질 수 있도록 연구개발 사업에 대하여 해외 기업의 참여를 유도함으로써 국내·외 관련 산업 기술 및 경제발전의 계기로 활용 가능함.
- 공동주택 맞춤형 건설작업 로봇 기술을 통해 새로운 시장 개척 및 선점, 응용 분야 확산 및 서비스 개발의 사업화를 촉진할 수 있음.
- 지속적인 데이터 축적을 통해 다음 프로젝트에서 활용이 가능한 미래형 공동주택 시공 및 프로젝트 관리 시스템을 구축하고, 공동주택 중심의 건설작업 로봇 적용 기술 선도과 건설산업에서부터 파생적인 시장을 창출할 수 있음.

5.4. 사회 및 환경적 타당성

- 건설 로봇의 도입 및 활용의 산업적 저해요인은 건설업계 관리자의 로봇 관련 지식 및 역량 부족과 교육 및 훈련의 한계, 비표준화 등을 들 수 있음.
- 또한, 사회/문화/환경적 저해요인으로는 건설업계의 신기술 도입에 대한 반감, 로봇-인간의 협업체계의 미비, 자동화 및 로봇활용의 이점 인식에 대한 부족 등을 꼽을 수 있음.
- 본 연구개발을 통한 기술의 개발, 국제 표준화, 신기술 인재육성 등의 파급효과를 볼 때, 공동주택 건설로봇은 기술개발에서 오는 생산성 혁신뿐만 건설산업의 이미지 제고, 인력수급 문제 해결, 국제경쟁력 확보 등을 꾀할 수 있으므로 타당함.
- 더불어, 전체 산업재해 발생현황의 46%를 차지하고, 사고사망자 비율(74.6%)이 매우 높은 특징을 가진 건설업의 안전성 향상을 위한 첨단로봇기술 적용 필요성 및 사회적 요구가 증대함.
 - 공동주택은 대표적인 고소작업으로 건설현장에서 빈번히 발생하는 공중이나, 건설업의 전체 재해유형 중 가장 많은 비율을 차지하는 추락사고로 이어질 수 있으므로 위험성이 높음.
 - 산업안전보건법, 중대재해처벌법 등 정부의 다양한 정책 개선에도 불구하고 건설업의 재해자 수는 증가하는 추세임.
 - 추락사고에 의한 사고사망자는 건설업의 전체 사고사망 사례 중 절반 이상(53.5%)으로, 전체 재해유형 중 가장 많은 비율을 차지함.
 - 숙련인력의 고령화와 생산연령 인구의 감소로 인한 인력부족으로 인해 건설업계의 현장에서는 디지털화 및 자동화를 통한 기능 계승에 대한 필요성이 증대되고 있음.
- 건설산업 생태계는 종합건설사-전문시공사 등 복잡한 이해관계에 따른 공기 단축-원자재 의존성이 높고 서비스/장비 활용 중심으로 장기적 관점의 자동화 기술개발 추진에 한계가 있음.
 - 건설산업계에서 장기적 본 사업에서 제시하는 고소 작업 5종(용접, 내화뿔칠, 도장, 볼팅, 드릴링)은 타 공중 대비 노무 의존도가 높은 작업이며 작업자의 작업 숙련도에 따라 품질 및 생산성이 크게 상이하므로 첨단기술 투자에 대한 ROI 리스크가 상당함.
 - 건설현장 자동화/로봇화 기술은 현재 성장기에 막 진입한 초기 전환기술로 정부 지원을 통한 민간기업의 투자를 유도할 수 있음.
- 건설산업의 전통적 지식과 로봇, 인공지능 등 첨단분야 지식이 융합된 건설 로봇의 개발은 다학제 전문가 및 산학연관 협력이 필요하며 이를 효과적으로 추진하기 위한 정부의 구심점 역할 필요.
- 우리나라 국내총생산의 5.22%(2020년 기준)를 차지하는 건설산업의 로봇화/자동화를 통해 생산성을 확보함과 동시에 중대 산업재해를 저감함으로써, 정부의 국정목표 및 공익적 가치 달성에 기여할 수 있음.

5.5. 국제표준화 타당성

5.5.1. 건설로봇기술 표준 확보의 필요성

- 현재 국내 건설로봇의 설계, 제작, 운영, 유지관리까지 통합할 수 있는 표준 기술이 부족하고, 다양한 건설 현장에서 사용되는 로봇 간 데이터 통합과 상호운용성을 지원하는 표준이 부재.
 - ‘산업표준화법’에 따른 한국산업표준(KS)에는 건식 가정용 청소 로봇, 교구용 로봇, 교육 보조 로봇, 실내 안내 로봇, 실내 배송 로봇 등이 포함되어 있으나 건설과 관련된 로봇은 포함되어 있지 않음.
 - ‘건설기계관리법’에 따른 건설기계 등록 및 ‘산업안전보건법’에 따른 인증에서도 새롭게 개발되는 건설기계는 건설기계관리법을 근거로 등록과 안전에 대한 인증이 필요하며, 개발되는 건설로봇이 기존의 건설기계관리법의 관리 범위에서 벗어나는 경우 산업안전보건법을 근거로 한 인증이 필요.
 - 그러나 건설로봇의 개발이 시작되는 시점에서 명확히 어느 분류로 인증이 필요한지 구분이 어렵고, 필요에 따라 일원화된 제도의 운영이 필요할 수 있음.
 - 또, 국토교통부에서는 건설기계관리법을 근거로 건설기계를 등록·관리 중이거나 특수건설기계의 목록에 건설로봇과 유사한 형태의 장비는 포함되어 있지 않으므로 향후 건설로봇의 등록 가능성은 확실하지 않음.
- 안전 규제에 대응하기 위한 로봇 안전 기준도 구체적으로 마련되지 않았으며, 기존에 활용 가능한 국제 표준은 건설 현장의 특수성을 충분히 반영하지 못하고 있음.
 - 산업안전보건법 근거의 안전 인증의 로봇 관련 안전 규제가 주로 제조업과 같은 고정 사업장, 대량 생산 제품 위주의 규제에 이루어져 있어 건설현장 적용을 위한 건설로봇에 적용하기에 한계가 있음.
 - 즉, 대량생산 성격의 제조업의 경우 제조, 설치, 사용의 각각 3단계 인증절차에 시간 및 비용의 문제가 비교적 적지만, 건설현장의 특성을 반영한 건설로봇의 경우 다품종 소량생산방식으로 1~2대의 건설로봇을 사용하기 위해 인증 절차에 소요되는 기간 및 비용의 과다한 문제가 발생할 수 있음.
 - 건설로봇이 포함될 수 있는 것으로 판단되는 산업용 로봇의 경우 임의안전인증 제도(KISA 제품인증, 대한산업안전협회)가 운영되고 있음.
 - 하지만 건설로봇에 대한 제품인증의 가능성에 대해서는 세부적인 절차와 건설기계관리법과의 충돌에 대한 검토도 필요할 것으로 보임.
- 건설산업은 전통적으로 인력 의존도가 높고, 생산성과 안전성이 주요 과제였으나 최근 스마트 건설과 로봇 자동화의 발전은 건설 산업의 혁신적 변화를 이끌고 있으며 파급 효과가 큼.
- 건설로봇 기술의 표준화를 통해 글로벌 시장에서의 신뢰성을 확보하고, 수출 장벽을 낮추며, 해외 시장 진출을 촉진할 수 있음. 또한 글로벌 시장에서 안정성과 품질을 인정받아, 건설 현장에서의 신뢰도를 높이고 기술 도입을 촉진하여 건설 로봇 기술의 상용화에 기여할 수 있음.
- 본 기술의 국제 표준화는 디지털 트윈, BIM 등 첨단 기술과의 통합을 통해 건설 산업의 디지털 전환을 촉진할 수 있으며, 고위험 작업의 자동화를 통해 작업자 안전을 강화하고 에너지 효율성과 자원 절약을 통해 친환경 건설 환경을 구현하여, 전 세계적으로 강화되고 있는 환경 규제와 지속 가능성 목표에 부합할 수 있음.

표 79. 건설로봇 분야의 국제 표준화 필요성

필요성	내용
산업 내 디지털 전환과 자동화 촉진	<ul style="list-style-type: none"> 건설 산업에서 디지털 전환과 자동화가 필수적으로 요구되며, 이를 위한 BIM, IoT, 디지털 트윈 기술과의 연계가 필요함. 표준 기술을 통해 설계-시공-유지관리 전 단계에서 데이터 통합 관리가 가능해짐으로써 로봇 기술 도입이 촉진될 수 있음.
현장 효율성과 비용 절감	<ul style="list-style-type: none"> 비표준화된 로봇 기술은 프로젝트별로 조정 비용과 시간 낭비를 초래함. 표준 기술을 통해 일관된 로봇 운영 프로세스 제공이 가능해지며 생산성과 현장 효율성이 극대화될 수 있음.
안전성 강화와 법적 규제 대응	<ul style="list-style-type: none"> 건설로봇은 고위험 작업(고소 작업, 중량물 운반 등)에서 사용되며, 사고 예방을 위한 안전 표준이 필수적임. 표준 기술은 국내 안전 규제를 충족하며 근로자의 생명 보호와 작업 환경 개선에 기여할 수 있음.
기술 도입 장벽 해소와 확산 촉진	<ul style="list-style-type: none"> 제조사와 건설 현장 운영자 간 기술 호환성을 높여, 로봇 기술 도입 장벽을 낮출 수 있음. 표준 기술을 통해 건설로봇의 다양한 활용 사례를 제시하여 기술 확산을 촉진할 수 있음.
데이터의 체계적 관리와 활용	<ul style="list-style-type: none"> 건설로봇에서 생성되는 데이터는 설계, 시공, 유지관리에서 중요한 자산이지만, 표준이 없어 데이터 관리가 어려운 상황임. 표준 기술은 데이터의 일관성과 호환성을 보장하여 의사결정과 분석에서 데이터 활용도를 높일 수 있음.
국내 기술 경쟁력 강화	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해 ISO, ASTM 등 국제 표준과의 연계가 요구됨. 표준 기술은 국내 로봇 기술의 글로벌 인증과 수출 가능성을 높이며, 산업 발전을 촉진할 수 있음.

5.5.2. 건설로봇기술의 국제 표준화 가능성

- 표준화는 기술, 제품, 서비스의 규격과 기준을 통일하여 신뢰성과 상호 호환성을 확보하고, 기술 발전과 산업 생태계의 효율성을 높이는 과정을 의미하며 표준화된 기술을 통해 생산성 및 안전성 향상이 가능하여 건설 현장 효율성 극대화 및 지속 가능한 건설 환경 구현에 기여 가능.
- 특히, 국제 표준화는 국내 뿐만 아니라 글로벌 시장에서 기술적 신뢰성을 확보하고, 산업 생태계의 성장을 촉진할 수 있으며 개발 기술의 상호 호환성과 품질 보증을 통해 글로벌 시장 접근성을 확대할 수 있기 때문에 그 가능성을 필수적으로 검토할 필요가 있음.
- 건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술의 국제 표준화 가능성을 검토하기 위해 국제 표준화 프로세스를 이해하고, 제안 기술의 적합성과 차별성을 분석하며 체계적인 표준화 전략 수립이 필요함.
- 제안 기술은 다양한 작업 환경에서의 유연한 적용 가능성이 있는 다목적성의 특징을 가지고 있음. 구조적 설계의 유연성을 통해 동일 로봇이 다양한 작업을 수행할 수 있어서 기존 로봇 대비 높은 활용도를 제공하며 다양한 작업 환경 변화에 유연하게 적응할 수 있도록 설계되어 지역 별로 건설 환경이 다르더라도 글로벌 시장에서의 적용 가능성이 높음.
- 디지털 트윈 및 AI 기반 통합 관리 플랫폼과의 결합을 통해 로봇의 실시간 작업 상태를 모니터링하고 제어할 수 있어서 작업 효율성과 정확성을 크게 향상시킬 수 있으며 현장에 적합한 운영이 가능하고 공동주택과 같이 층간 동일한 작업이 빈번하게 발생할 때 효율성이 극대화.
- 제안한 건설 로봇을 통해 정밀 작업 수행으로 자재 낭비를 최소화하고, 전력 소비를 최적화하여 탄소 배출 감소에 기여하며, 강화되는 글로벌 환경 규제에도 부합하는 지속 가능성을 실현하는 데 기여가

가능함.

- 국제 표준화 기구는 기술, 서비스, 제품의 상호 호환성과 품질을 보장하여 글로벌 시장의 신뢰성을 높이고 기술 확산을 촉진하기 위한 기구로 ISO(국제표준화기구)와 IEC(국제전기기술위원회)가 대표적인 기구임.
- 국제표준기구(ISO, IEC 등) 내에서 건설작업 로봇 기술에 대한 새로운 기술 위원회(TC)를 구성하거나 기존 위원회 내 작업 그룹(WG)을 구성하는 가능성을 검토하는 것은 기술의 국제 표준화를 효과적으로 추진하기 위해 필수적인 과정임.
- 제안 기술은 국제 표준화 기구에서 논의되고 있는 스마트 건설 및 로봇 기술 관련 위원회와의 연계 가능성이 높으며 ISO/TC184(자동화 시스템 및 통합), ISO/TC59(건설의 지속 가능성), ISO/TC121(건축 공정 및 장비) 등과 연계성이 높음.

5.5.3. 해외건설 경쟁력 요소로서의 활용가능성

- 본 연구에서 제안하는 건설작업로봇 기술은 생산성, 안전성, 지속 가능성을 통해 글로벌 건설시장에서 차별화된 경쟁력을 제공할 수 있으며 대규모 인프라 프로젝트 및 스마트 건설 트렌드에 효과적으로 대응할 수 있음.
- 한국 기술의 국제적 위상을 강화할 수 있는 기회이며 현지화 전략과 기술 맞춤형화를 통해 글로벌 수주 경쟁력을 확보하고, 기술 확산과 시장 점유율 확대를 동시에 실현하기 위해 다음과 같이 경쟁력을 분석.

□ 해외건설 시장과 한국기술의 경쟁력

- 세계 건설시장은 도시화, 인구 증가, 대규모 인프라 개발의 수요 증가로 지속적인 성장이 예상되고 있으나 동시에 노동력 부족과 강화되는 환경 규제는 건설 산업에 큰 도전 과제로 작용하고 있음.
- 대표적으로 아시아와 중동 시장은 신도시 개발, 스마트시티 프로젝트 등 대규모 건설 프로젝트가 활발히 진행되고 있으며 유럽과 북미 시장은 지속 가능한 건설 기술과 자동화를 요구하며, 고위험 작업 자동화와 노동력 대체 기술이 주요 관심사가 됨.
- 이러한 환경에서 스마트 건설 기술과 로봇 자동화는 생산성과 효율성을 높이는 핵심 솔루션으로 주목받고 있어 제안 기술은 국제적인 경쟁력을 가지고 있음.
- 제안 기술은 디지털 트윈, BIM, AI 등 최신 기술과 통합된 설계로 첨단 기술 기반의 글로벌 시장의 스마트 건설 트렌드에 적합하며 다양한 건설 작업에 활용 가능한 다목적성으로 인해 고층 빌딩, 인프라 프로젝트 등 대규모 건설 현장에서 강점을 발휘할 수 있음. 또한 고위험 작업을 대체하고, 자재 절감과 에너지 효율성을 통해 지속 가능한 건설 환경 지원이 가능.

□ 공동주택 건설로봇 기술의 경쟁력 확보

- 본 기술은 반복적이고 노동 집약적인 작업을 자동화하여 생산성과 비용 효율성을 크게 향상시킬 수 있으며 공사 기간 단축, 인건비 절감, 정확성과 품질 향상과 같은 장점이 있음.
- 건설작업로봇은 고위험 작업 환경에서 인간 작업자를 대체하여 작업자 안전을 보장할 수 있어서 고층 빌딩 외벽 작업이나 위험 물질 취급 작업 등에서 로봇을 활용할 수 있으며 자동화를 통해 작업 사고

및 산업 재해를 줄여서 강화되는 글로벌 산업 안전 규제를 충족할 수 있음.

- 또한 자재 낭비 감소, 에너지 소비 절감 등 지속 가능성을 고려한 설계로 글로벌 환경 규제 요구를 충족하며 건설 현장에서 탄소 배출을 줄여 친환경 건설 기술로서의 가치 입증 가능.

□ 해외건설 수주 경쟁력 확보

- 본 제안 기술은 스마트 건설 솔루션을 제공하여 단순한 건설 장비를 넘어 데이터 기반의 통합 관리 및 예측 유지보수를 포함한 종합 솔루션을 제안하며 각 프로젝트의 요구 사항에 따라 커스터마이징된 로봇 설계와 기능을 제공.
- 현지 건설사와 협력하여 로봇 기술의 적용성을 높이고 지역 시장 요구에 부응할 수 있으며 현지 작업자들이 로봇을 효과적으로 운영할 수 있도록 교육과 기술 지원을 제공하여 도입 장벽을 낮출 수 있음.
- 개발 기술은 반복 작업이 많은 대규모 도시 개발 프로젝트나 고속도로, 공항, 철도 등 대규모 공공 인프라 프로젝트, 지속 가능성을 요구하는 유럽과 북미의 친환경 건설 프로젝트 등에 활용될 수 있어서 경쟁력이 높음.

**사업명: 공동주택 건설의 생산성과 안전성을 향상시키기 위한
'다용도-건설작업로봇'개발 및 활용 기술개발**

작성자	작성 부서	국토교통부 주택건설공급과	작성 실무자 및 연락처	김진성 사무관 / 전화번호 / e-mail
	작성 책임자			국토교통과학기술진흥원 김지희 수석연구원/ 031-389-6455 /jjie@kaia.re.kr

1. 사업개요

① 사업명

사업명	단위사업	건설기술혁신(R&D)
	세부사업	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발
	내역사업	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발

② 사업목적

사업목적	<p>공동주택 건설에 최적화된 다용도-건설작업로봇* 설계·운용 기술개발 및 실증을 통한 산업화 기반 마련</p> <p>* (목표) 공동주택 공기단축 6%, 로봇-인력 대체율 10%, 현장 안전사고 감소율 15%</p> <p>* '다용도 로봇'이란 이동체 또는 로봇암 등 공유 가능한 물리적 플랫폼을 최소 유형으로 공통화하고, 개별 작업에 따라 그리퍼나 작업 도구를 선택적으로 적용함으로써, 공유부와 개별부의 조합을 통해 경제적으로 다기능 작업을 수행할 수 있도록 설계된 로봇을 의미함.</p>
------	---

③ 사업추진경위

추진 근거	법적 근거	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통과학기술육성법 <ul style="list-style-type: none"> - 제8조(연구개발사업의 추진) ① 국토교통부장관은 종합계획을 효율적으로 추진하기 위하여 국토교통과학기술 연구개발사업을 할 수 있다. ○ 건설기술진흥법 <ul style="list-style-type: none"> - 제7조(건설기술 연구·개발 사업) ① 국토교통부장관은 건설기술을 향상시키고 기본계획을 효율적으로 추진하기 위하여 대통령령으로 정하는 기관 또는 단체와 협약을 체결하여 건설기술 발전에 필요한 건설기술 연구·개발 사업을 할 수 있다.
	상위계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신성장 4.0 15대 프로젝트 2025 추진계획 ('25.3) <ul style="list-style-type: none"> - 'AI 전환 가속화 및 지능형 로봇'을 주요 과제로 선정하고, 전 산업 AX 전환 촉진 및 휴머노이드·이동형 로봇 HW/SW R&D 지원을 추진 ○ 제4차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획('23~27)('22.12) <ul style="list-style-type: none"> - 가정과 일터 등 국민의 안전한 생활을 보장하고 안전취약계층의 재난 사각지대를 해소하기 위한 맞춤형 기술에 지속 투자 방향에 부합 ○ 국가전략기술 선정(안) ('23.12) <ul style="list-style-type: none"> - 12대 국가전략기술 및 50개 세부 중점기술 중 첨단로봇의 고난도 자율조작 기술 및 인간-로봇 상호작용 기술에 해당 ○ 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획('23~32) ('23.9)

	<ul style="list-style-type: none"> - 4가지 전략 중 하나인 지속 가능한 국토교통 기반시설 고도화 중 스마트 디지털 건설(자동화·로보틱스)에 부합 ○ 제4차 지능형 로봇 기본계획('24~'28) ('24.1) <ul style="list-style-type: none"> - 2030년 K-Robot 산업규모 4배 이상 확대 추진(5.6조원→20조원+α)에 부합 ○ 첨단로봇 산업 비전과 전략 ('23.12) <ul style="list-style-type: none"> - 주요전략으로 2030년까지 ① 민관합동 3조원 이상 투자해 기술, 인력, 기업 경쟁력 강화, ② 전산업 영역에 100만대 이상 로봇 보급, ③ '지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법' 전면 개편 제시 ○ 스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030 ('22.7) <ul style="list-style-type: none"> - '2030년 건설 전 과정 디지털화·자동화'라는 목표를 제시하며 3대 중점과제 중 생산시스템 선진화에 부합 ○ 120대 국정과제 ('22.7) <ul style="list-style-type: none"> - 120대 국정과제 중 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약, 반도체·AI·배터리 등 미래전략산업 초격차 확보 등에 부합 ○ 제5차 산재예방 5개년 계획(2020-2024) ('20.5) <ul style="list-style-type: none"> - 산업현장 사각지대 해소를 위해 밀폐공간 작업관리 강화를 위한 로봇·센서 등 혁신기술 도입을 정책적으로 제시
--	--

4 사업 현황

사업구분	계속사업 <input type="checkbox"/> 기한사업 <input checked="" type="checkbox"/>		
사업추진방식	상향식 <input type="checkbox"/> 혼합식 <input type="checkbox"/> 하향식 <input checked="" type="checkbox"/>		
사업유형	중장기산업기술개발		
다부처 여부	해당 없음	참여부처 (다부처사업)	해당 없음
사업기간	'26년 ~ '30년	총사업비	280억 원
사업규모	1개 과제	지원대상	대학, 기업, 출연(연) 등
지원형태	출연(참여기업이 있는 경우 Matching)	지원조건	정부출연 및 민간 매칭
사업시행주체	국토교통부(국토교통과학기술진흥원)		
예비타당성 통과여부	해당 없음		

5 사업추진체계 및 전략

사업수행주체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국토교통부(정책총괄 및 재정지원), 국토교통과학기술진흥원(사업기획, 평가, 관리) 및 주관연구기관을 중심으로 '전략수립→사업관리→성과관리' 3단계의 사업관리 체계 구축 - (전략수립) 선행과제와의 중복성 및 차별성 검토를 강화하고 유사과제와의 구체적인 연계·활용방안을 계획함으로써 과제 추진의 목적 지향성을 확보 - (사업관리) 성과창출 및 활용을 장려하기 위해 주기적인 성과 조사·관리 및 평가와 연동한 과제 진도수행 점검으로 연구성과의 효과성을 강화 - (성과관리) 연구수행 과정을 평가결과에 반영하고, 단계(연차) 및 최종평가위원회를 구성·운영하여 평가의 내실화와 평가결과 환류체계 등 평가의 실효성 강화 	
	수행주체	역할 세부내용
	국토교통부 (주관부처)	○ 사업총괄 주관부처로서 사업추진과 관련한 정책적 판단 및 주요 의사결정, 사업 기본 시행계획 수립, 관련 부처간 협의 등 수행
국토교통과학	○ 주관부처 사업추진 전담 관리기관으로서 사업 기획·평가·운영위원회를 구성·	

수행주체	역할 세부내용
기술진흥원 (전문기관)	운영하고, 주관연구기관/세부과제 선정·평가(단계), 진도점검 및 성과확산 지원 등 수행
운영위원회	○ 사업 세부시행계획, 주요 변경내용, 지원 우선순위 등 국토교통부 및 전문기관의 요청사항에 대한 검토·심의·조정 수행
평가단	○ 이해관계인을 제외한 전문가를 중심으로 구성하여 해당 연구개발과제에 대한 객관적 평가를 수행
주관연구기관	○ 사업수행을 총괄하는 주체로서 세부과제 기획·연차평가, 진도관리 및 과제간 예산조정, 연구성과 관리 및 사업화 지원 등 수행
공동연구기관	○ 연구개발과제 내에서 주관연구기관 외 세부 과제를 담당하는 기관으로 연구 개발과제 목표 달성을 위한 기술개발을 함께 수행

추진전략	
사업추진전략	<ul style="list-style-type: none"> ○ (추진전략 1) 핵심 기술 중심의 연차별 목표·성과 로드맵 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 핵심 연구개발성과를 중심으로 연차별 정량 목표(성능, 경제성, 시공성 등)를 설정하고, 단계별 마일스톤, 성과지표 및 기술로드맵을 연계하여 목표 달성 가능성을 체계적으로 관리함. ○ (추진전략 2) 실증·시범적용 기반 성능 검증 및 효과 입증 <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발 목표가 실증 또는 시범적용을 통해 입증 가능하도록 테스트베드 선정, 실증 규모, 일정 및 예산을 포함한 단계별 실증 계획을 수립하고 성능·경제성 효과를 검증함. ○ (추진전략 3) 기술·성과·평가지표 연계형 성과관리 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 명확히 드러나도록 기술개발·성과 로드맵을 구성하고, 단계별·연차별 성과 평가지표(안)를 설정하여 평가 활용성을 확보함. ○ (추진전략 4) 기존·연관 연구성과 연계 및 범부처 협력 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 기존 연구개발성과 및 현재 수행 중인 연관 사업과의 연계·통합 활용 방안을 포함하고, 타 부처와 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 협력 및 공동 활용 방안을 함께 제시함. ○ (추진전략 5) 수요자 중심 실증 협력 및 객관적 검증체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 정부·지자체·공공기관·기업 등 기술수요처와의 협업체계를 기반으로 주택건설현장에서 필요한 로봇 및 운영시스템에 대한 실증을 추진하고, 체계적인 테스트베드 구축과 공인시험·평가단 운영을 통해 연구개발 과정에서 생성된 실증 데이터를 성능 검증, 개선 환류 및 성과 확산에 활용함.
	R&D 전주기 사업관리 계획
	<ul style="list-style-type: none"> ○ (추진절차) 과제 발굴·기획 → 과제 선정 → 과제 관리 → 과제종료 → 성과활용·확산 ① (과제 발굴 및 기획) 기술수요조사 를 통해 연구과제를 발굴하고, 필요시 사전 단계로 <ul style="list-style-type: none"> * 기획연구 수행(총 연구비 50억원 이상 경우 등) * On-line을 통한 상시 수요조사 및 Off-line을 통한 반기별(매년 1월, 7월) 수요조사 병행 추진 ※ 국가R&D사업 일몰제 도입에 따른 예타성 대형사업 기획연구 추진 중(KAIA 기획그룹) ② (신규과제 선정) 사업담당관(실·국)이 우선순위를 매겨 미래전략담당관에게 제출하면, 별도 선정회의를 통해 예산편성안에 반영 <ul style="list-style-type: none"> * 과기부(4~7월), 기재부(8월), 국회 예산심의(~12월)를 거쳐 신규 추진여부 확정 ③ (과제 확정 및 관리) 예산에 반영된 신규과제는 진흥원을 통해 차년도에 연구자 선정을 거쳐 평가·성과 관리 등 과제 관리 진행 <ul style="list-style-type: none"> ※ 계속사업의 경우, 매년 차년도 투입 예산요구 및 결산, 성과평가 업무 추진 ④ (과제 종료) 최종 평가를 통해 과제의 성공·실패 결정 ⑤ (성과활용·확산) 성과의 활용 및 확산을 위한 성과정보시스템 운영, 추적평가, 공모전, 전시회 등 활동을 정기적으로 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 성과 및 사업화정보 시스템 운영 : 국토교통기술촉진연구사업을 포함한 국토교통 R&D 사업의 성과관리를 위하여 국토교통 R&D 사업관리시스템(http://rnd.kaia.re.kr) 운영 - 성과활용·확산실적 수집 : 성과의 활용 및 확산을 위하여 종료된 R&D과제를 대상으로 과제 종료 후 5년간 발생성과에 대한 정기적 성과활용보고서를 접수하여 성과의 사후관리를 수행

	<ul style="list-style-type: none"> - 국토교통기술대전 개최 : 매년 국토교통 R&D 성과물에 대한 대국민 홍보와 기술교류 확산을 위해 국토교통 R&D 우수성과 전시 등을 추진 - 국토교통기술 아이디어 공모전 개최 : 국토교통 기술 분야에 대한 국민 관심 증대와 기술저변 확대를 위해 국토교통기술 아이디어를 발굴 - 국토교통 R&D 대표성과 사례집 발간 : 매년 대국민을 대상으로 국토교통 R&D 성과물에 대한 홍보추진을 위해 대표성과 사례집 발간 	
위험요인 및 극복방안	위험요인	극복방안
	<p style="text-align: center;">현장 실증 여건 변화에 따른 실증 지연·축소 위험</p> <hr style="border-top: 1px dotted black;"/> <p style="text-align: center;">현장 여건 차이에 따른 로봇·운영시스템 성능 편차 위험</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 실증 대상 현장 및 운영기관과의 사전 협의(참여의향서 확보 등)와 단계별 점검 체계를 통해 공정·안전·운영상의 제약요인을 조기에 파악하고, 이를 실증 계획에 선제적으로 반영함. - 현장 인프라 수준, 작업 환경, 공정 특성 등을 종합적으로 고려하여 로봇 및 운영시스템의 적용 방식과 운영 수준을 현장 여건에 맞게 유연하게 구성함. - 실증 과정에서 수집된 운용 및 성능 데이터를 기반으로 성능 분석 및 개선 환류를 반복 수행하여 현장 적용성을 단계적으로 고도화함.
수혜자	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차 수혜자 : 종합·전문건설사 혹은 공동주택 전문업체 ○ 2차 수혜자 : 산업현장 로봇·자동화 전문기업 ○ 3차 수혜자 : 건설 IT/SW 개발기업 	

⑥ 사업기대효과

과학기술적 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> □ 공동주택 건설현장에 적합한 다용도 건설작업로봇 및 통합 운용 기술개발을 통해 로봇기반 생산체계의 실용화와 표준화 기술 확보가 가능함. ○ 정밀 시공 자동화 기술 확보로 공정 효율성·신뢰성 향상 ○ 인력대체율 10% 실현으로 로봇 중심의 작업 자동화 구조 정착 ○ 안전사고 15% 감소를 통한 자율협업·원격작업 기술 실증 ○ 균질한 시공품질 확보로 숙련도 편차 해소 및 품질 신뢰도 향상 ○ 표준기술 기반 로봇개발 환경구축으로 협업성·호환성 강화 및 지속적 기술혁신 촉진
사회경제적 기대효과	<ul style="list-style-type: none"> □ 건설산업의 생산성 향상·비용 절감·안전성 강화 등을 통해 산업 경쟁력과 사회적 안전망을 동시 강화함. ○ 공기단축으로 적기 주택 공급 실현 및 주택정책 목표 달성 기여 ○ 안전사고 감소로 사회적 비용 절감 ○ 인력대체로 인력난 완화 및 노동생산성 제고

⑦ 사업 내용

예산 규모	(백만원)						
	구분	2026년도 예산	2027년도 예산	2028년도 예산	2029년도 예산	2030년도 예산	
	<ul style="list-style-type: none"> □ 공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술개발 	28,000	2,009	5,600	7,500	7,300	5,591
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술개발 	28,000	2,009	5,600	7,500	7,300	5,591

세부내용	내역사업	주요 내용
	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ (중점과제 1) 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발 - 건설작업로봇 요소기술 구현 - 건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증 ○ (중점과제 2) AI기반 공동주택 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 인간-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술개발 - 인간-로봇 연계 작업관리(계획-통제-모니터링) 시스템 개발 - AI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발 ○ (중점과제 3) 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 건설작업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템 개발(S/W) - 공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 개발(H/W) - 로봇친화형 공동주택 현장 구축 및 운행최적제어 기술 개발(S/W) ○ (중점과제 4) 산업화를 위한 제도기반 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준 수립 - 다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립 - 다용도-건설작업로봇 정보표준체계 구축

연차별 추진내용(로드맵)

중점과제	세부과제	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	최종성과물
공중주택 최적화 다용도- 건설직업로봇 개발 및 실증	공중주택 가설직업자원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발	가설직업 자원 로봇 설계	가설직업자원 로봇 프로토타입 개발	가설직업자원 로봇 프로토타입 개발	가설 로봇의 현장 실증 및 고도화	가설 로봇의 중점 실증 및 상용화 방안 마련	다용도 공중주택 가설직업 자원로봇 (중 2기능)
	건설직업로봇 요소기술 구현	수직부재 설치 로봇 설계	수직부재 설치 로봇 프로토타입 개발	수직부재 설치 로봇 프로토타입 개발	요소기술 탑재 및 실증	지능형 요소기술의 확장 적용	다용도 공중주택 수직부재설치 자원 로봇 (중 2기능)
	건설직업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증	건설직업로봇 협업 운용 요구사항 도출 및 실증환경 설계	로봇-작업자 협업 시나리오 기반 통합 운용 프레임워크 설계	통합 운용시스템 구현 및 실증성 기반 검증	공중주택 실증환경 기반 적용 검증	통합 운용 최적화 및 기술 고도화	
시기관 공중주택 현장 다용도- 건설직업로봇 통합관리기술 개발	인간-로봇 협업을 위한 공중주택 작업 프로세스 최적화 기술 개발	공중주택 작업환경을 위한 초기 모델	공중주택 작업 환경 고도화	확정된 공중 주택에 따른 개발	현장 적용성 검증	공중주택 로봇기술 통합 플랫폼 검증	인간-로봇 협업 공중 주택 시뮬레이션
	인간-로봇 연계 작업관리 (계획-동작-인-로봇) 시스템 개발	인간-로봇 연계 작업관리 방안 설계	인간-로봇 연계 작업관리 일고리즘 개발	다수 로봇의 통합 관리 및 제어 기능 개발 + 통합 플랫폼 현장 실증	현장 협업성 및 통합운영성 실증	현장 협업성 및 통합운영성 실증	다용도-건설직업로봇 통합관리기술 플랫폼
	시기관 공중주택 다용도-건설직업 로봇 통합 운용 시스템 개발	다용도-건설직업 로봇 통합 운용 시스템 설계	다수 로봇 유연한 군집 제어 작업 모-투입 기술 프레임워크 설계	개발 기술에 대한 시스템 통합	통합시스템 실증	상용화 및 표준화 전략 수립	시기관 다수 로봇 군집제어 및 모니터링기술
공중주택 건설직업로봇의 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발	건설직업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템 개발	초기 RABS 개발	RABS 기반 설계 지원 데이터 구조	RABS 기반 지원 플랫폼 개발	현장 적용 및 상용화	현장 적용 및 상용화	건설직업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템
	공중주택 작업을 수행해 및 로봇암 공통 플랫폼 개발	주행해 및 로봇암 초기 설계	프로토타입 개발	현장 성능 강화 및 설계 표준화	현장 적용성 검토	현장 적용성 검토	공중주택 작업을 로봇 주행해 및 로봇암 공통 플랫폼
	로봇최적화 공중주택 환경 정의	로봇최적화 공중주택 환경 정의	로봇최적화 공중주택 환경 및 DIMA 요소 구축기술 개발	현장 적용성 검토	현장 적용성 검토	현장 적용성 검토	공중주택 작업을 로봇 주행해 및 로봇암 공통 플랫폼
	로봇최적화 공중주택 환경 구축 및 운영최적화 기술 개발	생산 및 통신 초기 설계 및 요구사항	운영 자동화 프로토타입 개발	동작제어/운영 자동화 기술 고도화	현장 실증 및 최적화	표준화를 비롯한 운영 방안 수립 및 상용화	현장운영 최적 제어기술
	인간-로봇 안전 위험 요인 정의	인간-로봇 안전 위험 요인 정의	실시간 안전 모-투입 기술 개발	고도화된 상호 안전 확인 기술 개발	현장 실증 및 최적화	표준화를 비롯한 운영 방안 수립 및 상용화	현장운영 최적 제어기술
산업화를 위한 제도기반 마련	공중주택 다용도-건설직업 로봇 산업화를 위한 표준화 규정 및 기술기준 수립	국내외 로봇 규정 및 기준 분석, 공중주택 특화 요구사항 조서	다용도 로봇 구성요소 (주행해, 로봇암, 플랫폼) 표준 규정안 도출	적용될 기술 성능 기준 (Performance, 안전성 등) 정립 및 시나리오 설계	실증 기반 사용범위 및 제어요소 개발, 현장 적용성 검토	건설로봇 기술표준 정립 및 실용화 기반 강화	공중주택 건설로봇 표준 및 기술기준 체계
	다용도-건설직업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립	로봇 도입 관련 제도 정책 개선 방안 정립	로봇 도입 관련 제도 정책 마련	제도 실행 가능성 마련 및 민간 확산 유도 체계 마련	제도 실행 기반 마련 및 민간 확산 유도 체계 마련	국내외 확산 기반 마련 및 국제 표준화 대응	공중주택 건설로봇 표준 및 기술기준 체계
	다용도-건설직업로봇 정보표준체계 구축	다용도-건설직업 로봇의 표준정보 체계 개발	다용도-건설직업 로봇의 표준정보 체계 개발	표준정보 체계의 적용 가능성 평가 및 경제적 효과 분석	표준정보 체계의 적용 가능성 평가 및 경제적 효과 분석	표준정보 체계의 상용화 및 국제 표준화 전략 수립	로봇직업 표준물센 외 제도/기준

2. 단계별 성과목표 및 지표

① 전략목표

전략목표	공동주택 건설에 최적화된 다용도-건설작업로봇 및 운용 기술 확보 및 실증
------	--

가. 1단계 성과목표 및 지표

② 단계별 성과목표

단계(평가주기)		1단계		기간		2026 ~ 2028	
단계별 성과목표						관련 내역사업명	
성과목표-1	공동주택 건설에 최적화된 다용도-건설작업로봇 핵심 기술 개발	가중치	70	설정 근거	공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇의 시공성 및 안전성을 시뮬레이션·실험실 환경에서 검증할 수 있는 성과지표 설정	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발	
성과목표-2	AI 기반 인간-로봇 협업 및 공동주택 건설작업 로봇 통합관리·운용 기술 개발	가중치	30	설정 근거	AI 기반 공동주택 건설작업로봇 통합관리·운용 성능을 시뮬레이션 기준으로 검증할 수 있는 성과지표 설정		

③ 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과지표명	단위	구분 연도	실적 및 목표치			성과 분야	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
					2026	2027	2028				
성과목표-1 공동주택 건설에 최적화된 다용도-건설작업로봇 핵심기술 개발	70	공동주택 공기단축율	%	목표	-	-	6	기술적 성과	산출 (질)	V	거부집 해체 및 운반, 수직부재 설치 로봇 적용 공정의 생산성을 정량적으로 평가하기 위해, 2025년 건설공사 표준품셈에 근거한 단위시간당 작업량을 측정 지표로 설정하고, 개별 공정의 생산성 향상 효과를 종합하여 공동주택 공기단축 정도를 평가하기 위한 성과지표로 설정
				실적	-	-	-				
		로봇-인력 대체율	%	목표	-	-	10	기술적 성과	산출 (질)	V	
				실적	-	-	-				

												평가하기 위해 로봇-인력 대체율을 성과지표로 설정
			현장 안전사고 발생가능성 감소율	%	목표	-	-	15	기술적 성과	산출 (질)	V	로봇을 통해 위험 작업이 대체됨에 따라 기대되는 현장 안전성 개선 효과를 평가하기 위해, 인력 대체 수준에 비례한 안전사고 발생가능성 감소 정도를 성과지표로 설정
			건설작업로봇 작업품질 불량률	%	목표	-	-	10	기술적 성과	산출 (질)	V	수직부재 설치 작업에서 요구되는 나사 간격, 평활도 등 정량적 시공 품질 기준 충족 여부를 평가하여, 로봇 작업의 품질 안정성을 검증하기 위한 성과지표로 설정
			건설작업로봇 가동률	%	목표	-	-	70	기술적 성과	산출 (질)	V	가상의 공동주택 현장 작업 조건을 고려하여, 로봇이 계획된 작업 시간 동안 안정적으로 연속 운용 가능한지를 평가함으로써 로봇 시스템의 운용 신뢰성과 활용 가능성을 검증하기 위한 성과지표로 설정함.
성과목표-2	AI 기반 인간-로봇 협업 및 공동주택 건설작업 로봇 통합관리·운용 기술 개발	30	이상상황 검출 정확도	%	목표	-	-	95	기술적 성과	산출 (질)	V	로봇 작업 중 발생 가능한 작업 오류 및 장비 이상 등을 통합관리 시스템이 얼마나 정확하게 인지·판단할 수 있는지를 정량적으로 평가하기 위해 이상상황 검출 정확도를 성과지표로 설정
					실적	-	-	-				
			스케줄 및 자원투입 계획 정확도	%	목표	-	-	95	기술적 성과	산출 (질)	V	인간-로봇 협업 기반 공동주택 건설작업에서 통합관리 시스템이 수립한 작업 스케줄 및 자원투입 계획이 전문가 판단과 어느 정도 일치하는지를 평가하여, 계획·의사결정 지원 성능을 검증하기 위한 성과지표로 설정
					실적	-	-	-				
			원격 제어 지연 시간	ms	목표	-	-	200	기술적 성과	산출 (질)	V	다중 로봇의 정밀한 협업 및 통합 제어를 위해 관제 플랫폼과 로봇 간 동기화 지연 최소화가 필수적이므로, 로봇-관제 플랫폼 간 원격 제어 지연 시간을 성과지표로 설정
					실적	-	-	-				
계												

4] 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기	자료 출처												
<p>공동주택 공기단축율</p>	<p>- 본 과제에서는 다용도 건설작업로봇 적용에 따른 거푸집 해체 및 운반 생산성, 수직부재 설치 생산성의 향상 효과를 공정별 작업기간 단축으로 환산하여 공기단축 효과를 산정함.</p> <p>- 1단계에서는 시뮬레이션 및 공정 분석을 기준으로, 각 공정에서 설정한 로봇 생산성 목표가 달성될 경우, 해당 공정의 작업기간 단축 효과가 누적되어 전체 공기가 단축할 수 있는 것으로 목표를 설정함.</p> <p>- 공동주택 공기단축율은 (31.6개월 → 29.7개월)로, 약 1.9개월(약 6%) 수준의 공기단축 효과를 목표로 설정함.</p> <table border="1" data-bbox="367 638 1249 890"> <thead> <tr> <th>성능지표</th> <th>개발 목표성능</th> <th>비교 (산정기준)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>거푸집해체 생산성</td> <td>17.5m²/hr</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 거푸집 설치해체 인력작업 생산성은 70m²/일 25%는 해체, 75%는 설치로 가정 시 해체 70m²/2hr, 설치 70m²/6hr → 거푸집해체 생산성 = 35m²/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 17.5m²/hr </td> </tr> <tr> <td>수직부재설치 생산성</td> <td>2.8m²/hr</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 석고보드 설치 (2겹) 인력작업 생산성은 45m²/일 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 2.8m²/hr </td> </tr> <tr> <td>자재운반 생산성</td> <td>250kg/hr</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 벽돌 운반 인력작업 생산성(1개층 수평운반 기준)은 약 500kg/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 250kg/hr </td> </tr> </tbody> </table>	성능지표	개발 목표성능	비교 (산정기준)	거푸집해체 생산성	17.5m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 거푸집 설치해체 인력작업 생산성은 70m²/일 25%는 해체, 75%는 설치로 가정 시 해체 70m²/2hr, 설치 70m²/6hr → 거푸집해체 생산성 = 35m²/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 17.5m²/hr 	수직부재설치 생산성	2.8m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 석고보드 설치 (2겹) 인력작업 생산성은 45m²/일 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 2.8m²/hr 	자재운반 생산성	250kg/hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 벽돌 운반 인력작업 생산성(1개층 수평운반 기준)은 약 500kg/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 250kg/hr 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : 단축공기÷원래공기 ○ 측정방법 : 아파트 1개 동 3층 이상을 대상으로 공정 시뮬레이션을 수행하여, 로봇 적용 전·후 전체 공기를 비교 산정 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료
성능지표	개발 목표성능	비교 (산정기준)													
거푸집해체 생산성	17.5m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 거푸집 설치해체 인력작업 생산성은 70m²/일 25%는 해체, 75%는 설치로 가정 시 해체 70m²/2hr, 설치 70m²/6hr → 거푸집해체 생산성 = 35m²/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 17.5m²/hr 													
수직부재설치 생산성	2.8m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 석고보드 설치 (2겹) 인력작업 생산성은 45m²/일 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 2.8m²/hr 													
자재운반 생산성	250kg/hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 벽돌 운반 인력작업 생산성(1개층 수평운반 기준)은 약 500kg/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 250kg/hr 													
<p>로봇-인력 대체율</p>	<p>- 건설작업로봇 도입에 따른 공기단축 효과를 인력 투입량(man·hr) 변화로 환산하여 로봇-인력 대체율을 산정함.</p> <p>- 1단계에서는 시뮬레이션 및 사례 분석을 기반으로, 로봇 적용 시 공기단축에 따라 최소 7.8%(마감공사 적용 시)에서 최대 10.5%(마감·골조·가설 일부 적용 시) 수준의 인력 대체 할 수 있는 것으로 목표를 설정함.</p> <p>- 로봇-인력 대체율은 사람이 작업 가능한 공동주택 현장 공간에 로봇이 직접 투입되어 동일 작업을 수행할 수 있을 때 실질적으로 달성 가능하므로, 로봇의 물리적 제약을 충족하는 성능 기준을 보조 성능기준으로 설정함.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : (유사규모 타현장 출역인원-로봇투입현장출역인원)÷(유사규모 타현장 출역인원) ○ 측정방법 : 아파트 1개 동 3층 이상을 대상으로 공기단축 시나리오별 인력 투입량(man·hr 또는 출역인원)을 산정하고, 로봇 적용 전·후를 비교하여 대체율 산정 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료 												

	성능지표 개발 목표성능		비고 (산정기준)		
	성능지표	개발 목표성능			
	로봇 자체 중량	200kg/m ² 이내	<ul style="list-style-type: none"> • 국내: 무게 90kg/m² 이내 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 "시 바닥 미장 로봇") • 국외: 무게 80kg/m² 이내 (NASKA.AI "건설현장 모니터링 로봇 및 시 기반 현장관리 프로그램") • 100kg/m² 이하의 경량화 설계 기술은 일부 보유하고 있으나, 작업 유형에 따라 편차가 매우 크며, 대부분의 건설로봇 자체중량은 공동주택 설계하중을 초과하고 있음. 예를 들어 타코 로봇은 약 1.2ton 수준임. 		
	협소공간 이동성	폭 800mm 이내 전방향 이동	<ul style="list-style-type: none"> • 국내: 세로 634mm 단방향 이동 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 "시 바닥 미장 로봇") • 국외: 세로 698mm 단방향 이동 (NASKA.AI "건설현장 모니터링 로봇 및 시 기반 현장관리 프로그램") 		
현장 안전사고 발생가능성 감소율	<ul style="list-style-type: none"> - 공동주택 건설공사는 최근 5년간 전체 건설사고의 약 27%를 차지할 정도로 안전사고 위험도가 높은 공사 유형이며, 넘어짐·떨어짐·물체에 맞음 등 실내·저고도 작업에서 반복적으로 발생하는 사고 유형의 비중이 높음. - 본 과제에서는 실제 중대사고 발생 건수가 제한적이라는 점을 고려하여, 사고 발생 건수 대신 '아차사고 기반 사고 발생가능성 지수'를 성과지표로 설정함. - 1단계에서는 시뮬레이션 및 사고 유형 분석을 기준으로, 사고 발생가능성 지수를 로봇 미적용 상태를 1.0(기준값)으로 설정하고, 로봇 적용 시 사고 발생가능성 지수를 0.85 수준으로 감소시키는 것을 목표로 함 			<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : (일반현장 아차사고 건수-로봇투입 현장의 아차사고 건수) ÷ (일반현장 아차사고 건수) ○ 측정방법 : 기존 공동주택 아차사고 사례 데이터를 활용한 시뮬레이션을 통해 사고 유형별 로봇 대체 가능 공정의 위험노출 감소 효과를 분석하고, 전문가 검증을 통해 사고 발생가능성 감소율을 산정 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료
건설작업로봇 작업품질 불량률	<ul style="list-style-type: none"> - 건설작업로봇 작업품질 불량률은 로봇을 활용한 공동주택 건설작업 수행 결과에 대해 감리원 품질검측을 통해 확인된 불량 발생 비율로 정의하며, 로봇 작업의 시공 품질 안정성을 평가하기 위한 핵심 지표로 설정함. - 본 과제에서는 공동주택 건설작업에 요구되는 품질 기준을 안정적으로 충족하는 로봇을 개발하는 것을 목표로 하며, 공중별 허용 오차가 상이하다는 점을 고려하여 공동주택 마감공사 기준의 품질 요구 수준을 목표 정밀도로 적용함. - 1단계에서는 로봇 핵심기술 개발 단계로서, 상기 품질 기준을 만족하는 작업 수행 결과를 바탕으로 작업품질 불량률 10% 수준의 중간 성과를 도출하는 것을 목표로 설정함. 			<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : (로봇 오류로 인한 불량 발생 횟수) ÷ (품질검측 시행횟수) ○ 측정방법 : 시뮬레이션·실험실 환경에서 로봇 작업 수행 후, 감리원 또는 품질검측 담당자가 랜덤 샘플링 방식으로 품질검측을 실시하고 전문가 검증을 통해 불량률 산정 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료
	성능지표	개발 목표성능	비고 (산정기준)		
수직 부재	나사간격	주변부 : 200±20mm 중간부 : 300±30mm	건축공사 표준시방서 기준		
	평활도	3m당 3mm	건축공사 표준시방서 기준		
틀 위치 정밀도		2mm 이내	<ul style="list-style-type: none"> • 국내: 10mm 이내 (삼성물산, 빌딩포인트코리아, 지오시스템즈 "스마트 드릴링 로봇") • 국외: 1mm 이내 (Printstones "Baubot") • 공중에 따라 허용오차가 상이하므로, 목표 정밀도는 마감 공사 기준의 요구수준으로 설정함. 		
주행위치 정밀도		30mm 이내	-		

<p>건설작업로봇 가동률</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 건설작업로봇 가동률은 다기능 건설작업로봇과 통합운용 시스템의 운용 안정성과 연속 작업 가능성을 평가하기 위한 핵심 지표로 설정함. - 개발 대상의 로봇이 계획된 작업 시간 대비 실제 가동 가능한 비율을 산정하여 가동률 70% 이상 달성 여부를 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : (건설로봇 연속작업 시간) ÷ (작업계획 시간, 12시간) ○ 측정방법 : 아파트 1개 동 3층 이상 적용 시나리오에서 로봇 운용 로그를 기반으로 실제 작업 수행 시간을 집계하고, 전문가 검증을 통해 가동률 산정 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료
<p>이상상황 검출 정확도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 이상상황 검출 정확도는 로봇 작업 중 발생 가능한 작업 오류 및 장비 이상을 통합관리 시스템이 얼마나 정확하게 인지·판단할 수 있는지를 평가하기 위한 지표로 설정함. - 1단계에서는 시뮬레이션 및 실험실 환경에서 전문가 판정 결과와의 비교를 통해 검출 정확도를 산정하고, 정확도 95% 이상 달성 여부를 목표치로 설정하여 성능을 검증함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : (시스템이 인지한 이상상황 중 전문가 판정과 일치한 건수) ÷ (전문가 판정 이상상황 총 건수) ○ 측정방법 : 시뮬레이션 및 실험실 환경에서 생성된 작업 데이터에 대해 시스템이 인지한 이상상황 결과를 전문가 판정 결과와 비교하여 인지 정확도를 산정함. ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료
<p>스케줄 및 자원투입 계획 정확도</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 스케줄 및 자원투입 계획 정확도는 인간-로봇 협업 기반 건설작업에서 통합관리 시스템의 계획 수립 및 의사결정 지원 성능을 평가하기 위한 지표로 설정함. - 1단계에서는 가상 공정 시나리오를 기반으로 통합관리 시스템이 수립한 계획을 전문가 분석 결과와 비교하여 정확도를 산정하고, 전문가 계획 대비 95% 이상 일치 여부를 목표치로 설정하여 성능을 검증함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : (통합관리 시스템이 수립한 계획 중 전문가 계획과 일치한 항목 수) ÷ (전문가 계획 항목 수) ○ 측정방법 : 가상 공정 시나리오를 대상으로 통합관리 시스템이 수립한 작업 스케줄 및 자원투입 계획을 전문가 분석 결과와 비교하여 일치율을 산정함. ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료
<p>원격 제어 지연 시간</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 원격 제어 지연 시간은 인간-로봇 협업 환경에서 로봇 제어 명령의 응답성과 작업 안정성을 평가하기 위한 핵심 지표로 설정함. 선행 연구에 따르면 250ms 이하에서는 사용자가 지연을 인지하지 못하며, 0~400ms 범위에서는 작업 정밀도에 유의미한 차이가 없는 것으로 보고되고 있어, 이를 근거로 목표치를 200ms 이하로 설정함. - 1단계에서는 시뮬레이션 및 실험실 환경에서 지연 시간을 검증함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : 명령 송신 시각과 로봇 동작 이행 시작 시각 간 시간 차(ms) ○ 측정방법 : 시뮬레이션·실험실 환경에서 원격 제어 명령을 반복 입력하여 지연 시간을 측정하고, 평균값을 기준으로 목표치(200ms 이하) 충족 여부 검증 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료

나. 2단계 성과 목표 및 지표

① 단계별 성과목표

단계(평가주기)		2단계			기간		2029 ~ 2030	
단계별 성과목표								관련 내역사업명
성과목표-1	공동주택 건설에 최적화된 다용도 건설작업로봇 실증 및 고도화	가중치	40	설정 근거	공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇의 시공성 및 안전성을 실제 건설현장에서 실증적으로 검증할 수 있는 성과지표 설정	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술 개발		
성과목표-2	AI 기반 인간-로봇 협업 및 공동주택 건설작업 로봇 통합관리·운용 기술 실증 및 고도화	가중치	40	설정 근거	AI 기반 공동주택 건설작업로봇 통합관리·운용 성능을 실제 현장 환경에서 검증할 수 있는 성과지표 설정			
성과목표-3	공동주택 건설작업로봇의 확산과 산업화를 위한 표준·제도 기반 정립	가중치	20	설정 근거	공동주택 건설작업로봇의 확산 및 산업화를 위한 제도·표준 기반의 실효성을 검증할 수 있는 성과지표 설정			

② 성과지표

단계별 성과목표명	가중치	성과지표명	단위	구분	실적 및 목표치		성과 분야	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
				연도	2029	2030				
성과목표-1 공동주택 건설에 최적화된 다용도 건설작업로봇 실증 및 고도화	40	공동주택 공기단축율	%	목표	-	6	기술적 성과	산출 (질)	V	거푸집 해체 및 운반, 수직부재 설치 등 로봇 적용 공정의 생산성을 평가하기 위해, 2025년 건설공사 표준품셈에 근거한 단위시간당 작업량을 측정 지표로 설정하고, 개별 공정의 생산성 향상 효과를 종합하여 공동주택 공기단축 정도를 평가하기 위한 성과지표로 설정
				실적	-	-				
		로봇-인력 대체율	%	목표	-	10	기술적 성과	산출 (질)	V	
				실적	-	-				
현장 안전사고 발생가능성 감소율	%	목표	-	15	기술적 성과	산출 (질)	V			
		실적	-	-						
건설작업로봇	%	목표	-	5	기술적	산출	V	수직부재 설치 작업에서 요구되는 나사 간격, 평할도 등 정량		

			작업품질 불량률	실적	-	-	성과	(질)		적 시공 품질 기준 충족 여부를 평가하여, 로봇 작업의 품질 안정성을 검증하기 위한 성과지표로 설정	
			건설작업로봇 가동률	목표		85	기술적 성과	산출 (질)	V	공동주택 현장 작업 조건을 고려하여, 로봇이 계획된 작업 시간 동안 안정적으로 연속 운용 가능한지를 평가함으로써 로봇 시스템의 운용 신뢰성과 활용 가능성을 검증하기 위한 성과지표로 설정함.	
				실적	-	-					
			건설로봇 개발기간 단축률	목표	-	25	기술적 성과	산출 (질)	V	건설로봇 생태계 확산을 위해 로봇 설계·개발 과정의 효율성 개선 여부를 평가하기 위한 지표로, 제안하는 설계지원 및 플랫폼 기술 적용 시 건설로봇 개발기간이 얼마나 단축되는지를 정량적으로 평가하기 위해 성과지표로 설정	
				실적	-	-					
성과목표-2	AI 기반 인간-로봇 협업 및 공동주택 건설작업 로봇 통합관리·운용 기술 실증 및 고도화	40	이상상황 검출 정확도	목표	-	95	기술적 성과	산출 (질)	V	로봇 작업 중 발생 가능한 작업 오류 및 장비 이상 등을 AI 기반 통합관리 시스템이 얼마나 정확하게 인지·판단할 수 있는지를 평가하기 위해 이상상황 검출 정확도를 성과지표로 설정	
				실적	-	-					
			스케줄 및 자원투입 계획 정확도	목표	-	95	기술적 성과	산출 (질)	V	인간-로봇 협업 기반 공동주택 건설작업에서 통합관리 시스템이 수립한 작업 스케줄 및 자원투입 계획이 전문가 판단과 어느 정도 일치하는지를 평가하여, 계획·의사결정 지원 성능을 검증하기 위한 성과지표로 설정	
				실적	-	-					
			원격 제어 지연 시간	ms	목표	-	200	기술적 성과	산출 (질)	V	다중 로봇의 정밀한 협업 및 통합 제어를 위해 관계 플랫폼과 로봇 간 동기화 지연 최소화가 필수적이므로, 로봇-관계 플랫폼 간 원격 제어 지연 시간을 성과지표로 설정
					실적	-	-				
			이종·다수 건설로봇 통합운용 시 가동률	%	목표	-	85	기술적 성과	산출 (질)	V	다기능 건설작업로봇과 운영시스템의 통합운용 성능을 검증하기 위한 지표로, 이종·다수 로봇을 동시에 운용하는 환경에서 계획된 작업 시간 대비 실제 가동 가능한 비율을 평가하기 위해 성과지표로 설정
					실적	-	-				
성과목표-3	공동주택 건설작업로봇의 확산과 산업화를 위한 표준·제도 기반 정립	20	건설작업로봇 현장도입 및 산업생태계 구축을 위한 표준 마련 및 제도 개선안 제안	건	목표	-	9	사회적 성과	산출 (양)	공동주택 건설작업로봇 도입을 저해하는 제도적·운영상 요인의 해소를 위한 개선방안 도출 성과를 평가하기 위해 성과지표로 설정	
					실적	-	-				
계											

③ 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거		측정산식 및 방법, 시기	자료 출처												
<p>공동주택 공기단축율</p>	<p>- 본 과제에서는 다용도 건설작업로봇 적용에 따른 거푸집 해체 및 운반 생산성, 수직부재 설치 생산성의 향상 효과를 공정별 작업기간 단축으로 환산하여 공기단축 효과를 산정함.</p> <p>- 2단계에서는 실제 공동주택 현장 실증에서, 각 공정에서 설정한 로봇 생산성 목표가 달성될 경우, 해당 공정의 작업기간 단축 효과가 누적되어 전체 공기가 단축할 수 있는 것으로 목표를 설정함.</p> <p>- 공동주택 공기단축율은 (31.6개월 → 29.7개월)로, 약 1.9개월(약 6%) 수준의 공기단축 효과를 목표로 설정함.</p> <table border="1" data-bbox="394 600 1285 833"> <thead> <tr> <th>성능지표</th> <th>개발 목표성능</th> <th>비교 (산정기준)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>거푸집해체 생산성</td> <td>17.5m²/hr</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 거푸집 설치해체 인력작업 생산성은 70m²/일 25%는 해체, 75%는 설치로 가정 시 해체 70m²/2hr, 설치 70m²/6hr → 거푸집 해체 생산성 = 35m²/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 17.5m²/hr </td> </tr> <tr> <td>수직부재설치 생산성</td> <td>2.8m²/hr</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 석고보드 설치 (2겹) 인력작업 생산성은 45m²/일 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 2.8m²/hr </td> </tr> <tr> <td>자재운반 생산성</td> <td>250kg/hr</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 벽돌 운반 인력작업 생산성(1개층 수평운반 기준)은 약 500kg/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 250kg/hr </td> </tr> </tbody> </table>		성능지표	개발 목표성능	비교 (산정기준)	거푸집해체 생산성	17.5m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 거푸집 설치해체 인력작업 생산성은 70m²/일 25%는 해체, 75%는 설치로 가정 시 해체 70m²/2hr, 설치 70m²/6hr → 거푸집 해체 생산성 = 35m²/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 17.5m²/hr 	수직부재설치 생산성	2.8m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 석고보드 설치 (2겹) 인력작업 생산성은 45m²/일 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 2.8m²/hr 	자재운반 생산성	250kg/hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 벽돌 운반 인력작업 생산성(1개층 수평운반 기준)은 약 500kg/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 250kg/hr 	<p>○ 측정산식 : 단축공기÷원래공기</p> <p>○ 측정방법 : 아파트 1개 동 3층 이상 현장 실증에서 로봇 적용 전·후(또는 비교구간)의 실제 공정 소요시간(착수~완료) 및 전체 공기를 집계하고, 필요 시 동일 조건의 공정 시뮬레이션 결과와 비교하여 단축율을 산정</p> <p>○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말)</p>	<p>○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료</p>
성능지표	개발 목표성능	비교 (산정기준)														
거푸집해체 생산성	17.5m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 거푸집 설치해체 인력작업 생산성은 70m²/일 25%는 해체, 75%는 설치로 가정 시 해체 70m²/2hr, 설치 70m²/6hr → 거푸집 해체 생산성 = 35m²/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 17.5m²/hr 														
수직부재설치 생산성	2.8m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 석고보드 설치 (2겹) 인력작업 생산성은 45m²/일 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 2.8m²/hr 														
자재운반 생산성	250kg/hr	<ul style="list-style-type: none"> 2025년 건설공사 표준품셈 기준 벽돌 운반 인력작업 생산성(1개층 수평운반 기준)은 약 500kg/hr 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 250kg/hr 														
<p>로봇-인력 대체율</p>	<p>- 건설작업로봇 도입에 따른 공기단축 효과를 인력 투입량(man·hr) 변화로 환산하여 로봇-인력 대체율을 산정함.</p> <p>- 2단계에서는 실제 공동주택 현장 실증에서, 로봇 적용 시 공기단축에 따라 최소 7.8%(마감공사 적용 시)에서 최대 10.5%(마감·골조·가설 일부 적용 시) 수준의 인력 대체 할 수 있는 것으로 목표를 설정함.</p> <p>- 로봇-인력 대체율은 사람이 작업 가능한 공동주택 현장 공간에 로봇이 직접 투입되어 동일 작업을 수행할 수 있을 때 실질적으로 달성 가능하므로, 로봇의 물리적 제약을 충족하는 성능 기준을 보조 성능기준으로 설정함.</p> <table border="1" data-bbox="394 1158 1285 1366"> <thead> <tr> <th>성능지표</th> <th>개발 목표성능</th> <th>비교 (산정기준)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>로봇 자체 중량</td> <td>200kg/m² 이내</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내: 무게 90kg/m² 이내 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 "AI 바닥 미장 로봇") 국외: 무게 80kg/m² 이내 (NASKA.AI "건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램") 100kg/m² 이하의 경량화 설계 기술은 일부 보유하고 있으나, 작업 유형에 따라 편차가 매우 크며, 대부분의 건설로봇 자체중량은 공동주택 설계하중을 초과하고 있음. 예를 들어 타공 로봇은 약 1.2ton 수준임. </td> </tr> <tr> <td>협소공간 이동성</td> <td>폭 800mm 이내 전방향 이동</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내: 세로 634mm 단방향 이동 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 "AI 바닥 미장 로봇") 국외: 세로 698mm 단방향 이동 (NASKA.AI "건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램") </td> </tr> </tbody> </table>		성능지표	개발 목표성능	비교 (산정기준)	로봇 자체 중량	200kg/m ² 이내	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 무게 90kg/m² 이내 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 "AI 바닥 미장 로봇") 국외: 무게 80kg/m² 이내 (NASKA.AI "건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램") 100kg/m² 이하의 경량화 설계 기술은 일부 보유하고 있으나, 작업 유형에 따라 편차가 매우 크며, 대부분의 건설로봇 자체중량은 공동주택 설계하중을 초과하고 있음. 예를 들어 타공 로봇은 약 1.2ton 수준임. 	협소공간 이동성	폭 800mm 이내 전방향 이동	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 세로 634mm 단방향 이동 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 "AI 바닥 미장 로봇") 국외: 세로 698mm 단방향 이동 (NASKA.AI "건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램") 	<p>○ 측정산식 : (유사규모 타현장 출역인원 - 로봇투입현장 출역인원)÷(유사규모 타현장 출역인원)</p> <p>○ 측정방법 : 아파트 1개 동 3층 이상 현장 실증에서 로봇 투입 공정의 실제 출역인원 및 man·hr를 집계하고, 유사 규모·유사 공정의 비교 현장(또는 로봇 미적용 구간) 자료와 비교하여 대체율을 산정</p> <p>○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말)</p>	<p>○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료</p>			
성능지표	개발 목표성능	비교 (산정기준)														
로봇 자체 중량	200kg/m ² 이내	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 무게 90kg/m² 이내 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 "AI 바닥 미장 로봇") 국외: 무게 80kg/m² 이내 (NASKA.AI "건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램") 100kg/m² 이하의 경량화 설계 기술은 일부 보유하고 있으나, 작업 유형에 따라 편차가 매우 크며, 대부분의 건설로봇 자체중량은 공동주택 설계하중을 초과하고 있음. 예를 들어 타공 로봇은 약 1.2ton 수준임. 														
협소공간 이동성	폭 800mm 이내 전방향 이동	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 세로 634mm 단방향 이동 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 "AI 바닥 미장 로봇") 국외: 세로 698mm 단방향 이동 (NASKA.AI "건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램") 														

<p>현장 안전사고 발생가능성 감소율</p>	<p>- 공동주택 건설공사는 최근 5년간 전체 건설사고의 약 27%를 차지할 정도로 안전사고 위험도가 높은 공사 유형이며, 넘어짐·떨어짐·물체에 맞음 등 실내·저고도 작업에서 반복적으로 발생하는 사고 유형의 비중이 높음.</p> <p>- 본 과제에서는 실제 중대사고 발생 건수가 제한적이라는 점을 고려하여, 사고 발생 건수 대신 '아차사고 기반 사고 발생가능성 지수'를 성과지표로 설정함.</p> <p>- 2단계에서는 실제 공동주택 현장 실증에서 수집된 아차사고 및 위험징후 자료를 기반으로, 사고 발생가능성 지수를 로봇 미적용 상태를 1.0(기준값)으로 설정하고, 로봇 적용 시 사고 발생가능성 지수를 0.85 수준으로 감소시키는 것을 목표로 함</p>	<p>○ 측정산식 : (일반현장 아차사고 건수-로봇투입 현장의 아차사고 건수) ÷ (일반현장 아차사고 건수)</p> <p>○ 측정방법 : 현장 실증 구간에서 아차사고/위험징후 기록(점검표·관찰기록·안전일지 등)을 수집·샘플링하고, 로봇 미적용 구간(또는 유사 현장)의 아차사고 자료와 비교하여 감소율을 산정(전문가 검증 포함)</p> <p>○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말)</p>	<p>○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료</p>																			
<p>건설작업로봇 작업품질 불량률</p>	<p>- 건설작업로봇 작업품질 불량률은 로봇을 활용한 공동주택 건설작업 수행 결과에 대해 감리원 품질검측을 통해 확인된 불량 발생 비율로 정의하며, 로봇 작업의 시공 품질 안정성을 평가하기 위한 핵심 지표로 설정함.</p> <p>- 본 과제에서는 공동주택 건설작업에 요구되는 품질 기준을 안정적으로 충족하는 로봇을 개발하는 것을 목표로 하며, 공종별 허용 오차가 상이하다는 점을 고려하여 공동주택 마감공사 기준의 품질 요구수준을 목표 정밀도로 적용함.</p> <p>- 2단계에서는 현장 실증 단계로서, 아래 품질 기준을 만족하는 작업 수행 결과를 바탕으로 작업품질 불량률 5% 수준의 중간 성과를 도출하는 것을 목표로 설정함.</p> <table border="1" data-bbox="392 821 1288 1072"> <thead> <tr> <th colspan="2">성능지표</th> <th>개발 목표성능</th> <th>비고 (산정기준)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">수직 부재</td> <td>나사간격</td> <td>주변부 : 200±20mm 중간부 : 300±30mm</td> <td>건축공사 표준시방서 기준</td> </tr> <tr> <td>평행도</td> <td>3m당 3mm</td> <td>건축공사 표준시방서 기준</td> </tr> <tr> <td colspan="2">틀 위치 정밀도</td> <td>2mm 이내</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내: 10mm 이내 (삼성물산, 빌딩포인트코리아, 지오시스템즈 "스마트 드릴링 로봇") 국외: 1mm 이내 (Printstones "Baubot") 공종에 따라 허용오차가 상이하므로, 목표 정밀도는 마감 공사 기준의 요구수준으로 설정함. </td> </tr> <tr> <td colspan="2">주행위치 정밀도</td> <td>30mm 이내</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	성능지표		개발 목표성능	비고 (산정기준)	수직 부재	나사간격	주변부 : 200±20mm 중간부 : 300±30mm	건축공사 표준시방서 기준	평행도	3m당 3mm	건축공사 표준시방서 기준	틀 위치 정밀도		2mm 이내	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 10mm 이내 (삼성물산, 빌딩포인트코리아, 지오시스템즈 "스마트 드릴링 로봇") 국외: 1mm 이내 (Printstones "Baubot") 공종에 따라 허용오차가 상이하므로, 목표 정밀도는 마감 공사 기준의 요구수준으로 설정함. 	주행위치 정밀도		30mm 이내	-	<p>○ 측정산식 : (로봇 오류로 인한 불량 발생 횟수) ÷ (품질검측 시행횟수)</p> <p>○ 측정방법 : 현장 실증에서 로봇 작업 수행 결과에 대해 감리원/품질검측 담당자가 기준(나사간격, 평행도, 정밀도 등)으로 품질검측을 수행하고, 랜덤 샘플링 결과를 바탕으로 불량률을 산정(전문가 검증 포함)</p> <p>○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말)</p>	<p>○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료</p>
성능지표		개발 목표성능	비고 (산정기준)																			
수직 부재	나사간격	주변부 : 200±20mm 중간부 : 300±30mm	건축공사 표준시방서 기준																			
	평행도	3m당 3mm	건축공사 표준시방서 기준																			
틀 위치 정밀도		2mm 이내	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 10mm 이내 (삼성물산, 빌딩포인트코리아, 지오시스템즈 "스마트 드릴링 로봇") 국외: 1mm 이내 (Printstones "Baubot") 공종에 따라 허용오차가 상이하므로, 목표 정밀도는 마감 공사 기준의 요구수준으로 설정함. 																			
주행위치 정밀도		30mm 이내	-																			
<p>건설작업로봇 가동률</p>	<p>- 건설작업로봇 가동률은 다기능 건설작업로봇과 통합운용 시스템의 운용 안정성과 연속 작업 가능성을 평가하기 위한 핵심 지표로 설정함.</p> <p>- 2단계에서는 실제 공동주택 현장 실증에서, 계획된 작업 시간 대비 로봇이 정상적으로 작업을 수행한 시간을 집계하여 가동률을 산정하고, 가동률 85% 이상 달성 여부를 목표로 설정함.</p>	<p>○ 측정산식 : (건설로봇 연속작업 시간) ÷ (작업계획 시간, 12시간)</p> <p>○ 측정방법 : 현장 실증에서 로봇 운용 로그 기반으로 실제 작업 수행 시간을 집계(전문가 검증)</p> <p>○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말)</p>	<p>○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료</p>																			
<p>건설로봇 개발기간 단축률</p>	<p>- 건설로봇 개발기간 단축률은 건설작업로봇의 확산과 산업화를 위해, 로봇 설계·개발 과정에서 소요되는 기간을 얼마나 단축할 수 있는지를 평가하기 위한 성과지표로 설정함.</p>	<p>○ 측정산식 : (기존 로봇설계개발 기간-제안 로봇설계개발 기간) ÷ (기존 로봇설계개발 기간)</p>	<p>○ 연차별 실적 보고서 및</p>																			

	<ul style="list-style-type: none"> - 본 과제에서는 건설작업 기반 표준 설계지원 시스템(S/W)과 공동주택 작업용 주행체·로봇암 공통 플랫폼(H/W)을 기반으로 작업-모듈-동작 구성의 재사용성과 설계 표준화를 확보하여, 작업별 로봇 개발 시 반복되는 기본 설계·검증·문서화 공정을 최소화함으로써 개발기간 단축 효과를 도출함. - 현행 건설로봇 설계·개발에 소요되는 기간을 24개월(기준값)로 설정하고, 표준 설계지원 및 공통 플랫폼 적용을 통해 (24개월 - 18개월) ÷ 24개월 × 100 = 25%를 목표치로 설정함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정방법 : 공동주택 작업용 건설작업로봇을 대상으로 표준 설계지원 시스템(S/W)과 공통 플랫폼(H/W)을 적용하여 설계·제작·시험·검증·문서화까지의 실제 개발 소요 기간을 측정하고, 기존 개발기간과 비교하여 단축률을 산정 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	증빙자료
이상상황 검출 정확도	<ul style="list-style-type: none"> - 이상상황 검출 정확도는 로봇 작업 중 발생 가능한 작업 오류 및 장비 이상을 통합관리 시스템이 얼마나 정확하게 인지·판단할 수 있는지를 평가하기 위한 지표로 설정함. - 2단계에서는 실제 공동주택 현장 실증에서 수집된 작업 데이터를 기반으로, 시스템의 이상상황 인지 결과를 전문가 판정과 비교하여 검출 정확도 95%를 목표치로 설정함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : (시스템이 인지한 이상상황 중 전문가 판정과 일치한 건수) ÷ (전문가 판정 이상상황 총 건수) ○ 측정방법 : 현장 실증에서 수집된 작업 데이터에 대해 시스템이 인지한 이상상황 결과를 전문가 판정과 비교하여 정확도를 산정 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료
스케줄 및 자원투입 계획 정확도	<ul style="list-style-type: none"> - 스케줄 및 자원투입 계획 정확도는 인간-로봇 협업 기반 건설작업에서 통합관리 시스템의 계획 수립 및 의사결정 지원 성능을 평가하기 위한 지표로 설정함. - 2단계에서는 실제 공동주택 현장 조건을 반영한 실증 환경에서, 시스템이 수립한 작업 스케줄 및 자원투입 계획을 전문가 계획과 비교하여 정확도 95%를 목표치로 설정함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : (통합관리 시스템이 수립한 계획 중 전문가 계획과 일치한 항목 수) ÷ (전문가 계획 항목 수) ○ 측정방법 : 현장 실증 조건(공정·자원 제약)을 반영해 통합관리 시스템이 수립한 계획을 전문가 계획과 비교하여 일치율 산정 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료
원격 제어 지연 시간	<ul style="list-style-type: none"> - 원격 제어 지연 시간은 인간-로봇 협업 환경에서 로봇 제어 명령의 응답성과 작업 안정성을 평가하기 위한 핵심 지표로 설정함. 선행 연구에 따르면 250ms 이하에서는 사용자가 지연을 인지하지 못하며, 0~400ms 범위에서는 작업 정밀도에 유의미한 차이가 없는 것으로 보고되고 있어, 이를 근거로 목표치를 200ms 이하로 설정함. - 2단계에서는 실제 현장 통신 환경에서 명령 입력 후 로봇 동작 이행 시작까지의 지연 시간을 측정하여 목표치 충족 여부를 검증함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : 명령 송신 시각과 로봇 동작 이행 시작 시각 간 시간 차(ms) ○ 측정방법 : 실제 현장 통신환경에서 원격 제어 명령 입력 후 로봇 동작 이행 시작까지의 지연시간을 반복 측정하여 평균값 기준으로 목표치(200ms 이하) 충족 여부를 검증 ○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말) 	○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료
이종·다수 건설로봇 통합운용 시 가동률	<ul style="list-style-type: none"> - 이종·다수 건설로봇 통합운용 시 가동률은 인간-로봇 협업 기반 통합관리·운용 기술이 공동주택 현장에서 서로 다른 작업 기능을 수행하는 복수의 건설작업로봇을 동시에 운용할 수 있는지를 평가하기 위한 지표로 설정함. - 2단계에서는 공동주택 현장 실증에서 2종·4기능의 건설작업로봇을 동시에 투입하여, 계획된 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정산식 : (이종·다수 건설로봇이 통합운용 상태에서 정상적으로 작업을 수행한 시간) ÷ (통합운용 계획 작업시간) ○ 측정방법 : 공동주택 실제 현장 또는 유사 현장에서 	○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료

	<p>작업 시간 대비 통합운용 상태가 유지된 시간을 기준으로 가동률을 산정하고, 통합운용 시 가동률 85% 이상을 목표로 설정함.</p>	<p>2종·4기능의 건설작업로봇을 동시에 통합 운영하고, 통합관리 시스템 로그를 기반으로 전체 작업계획 대비 정상 운용 시간이 유지된 비율을 산정함. 개별 로봇의 단독 가동 여부가 아닌, 통합운용 상태가 유지된 시간을 기준으로 가동률을 산정하며, 전문가 검증을 통해 결과의 타당성을 확인함.</p> <p>○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말)</p>									
<p>건설작업로봇 현장도입 및 산업생태계 구축을 위한 표준 마련 및 제도 개선안 제안</p>	<p>공동주택 건설작업로봇의 현장 적용과 산업적 확산을 위해, 사람-로봇 협업 환경, 기존 건설공사 관리 체계, 제도·정보 기반 측면에서의 도입 저해요인을 해소하는 기준과 체계 마련이 필요함. 이에 본 과제에서는 다음 세 가지 측면에서 개선방안 도출 여부를 통해 성과를 검증함.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사람-로봇 협업 및 작업 관리 기준: 공동주택 현장 적용을 전제로 한 협업 절차, 로봇 작업 품질·안전관리 기준(안) 도출 여부를 통해 검증 - 시방·품셈 및 제도 정합성: 로봇 건설작업의 현장 적용을 고려한 시방·품셈 체계 및 관련 제도 개선(안) 제시 여부를 통해 검증 - 운영·인력·정보 기반: 로봇 운영·인력 양성 체계와 BIM 기반 건설정보-로봇 운용 정보 연계 구조(안) 도출 여부를 통해 검증 <table border="1" data-bbox="389 858 1288 965"> <thead> <tr> <th>대표성과</th> <th>성과목표</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>공동주택 건설작업로봇 표준</td> <td>건설로봇 표준 제안 2건 이상</td> </tr> <tr> <td>건설작업로봇 현장도입 및 산업생태계 구축을 위한 제도개선</td> <td>제도개선(안) 마련 6건 이상</td> </tr> <tr> <td>공동주택 건설작업로봇 정보 표준</td> <td>정보표준 제안 1건 이상</td> </tr> </tbody> </table>	대표성과	성과목표	공동주택 건설작업로봇 표준	건설로봇 표준 제안 2건 이상	건설작업로봇 현장도입 및 산업생태계 구축을 위한 제도개선	제도개선(안) 마련 6건 이상	공동주택 건설작업로봇 정보 표준	정보표준 제안 1건 이상	<p>○ 측정산식 : 건설작업로봇 현장도입 및 산업생태계 구축을 위한 표준 마련 및 제도 개선안 제안 건수</p> <p>○ 측정방법 : 공동주택 건설작업로봇 도입을 저해하는 제도적·운영상 요인을 해소하기 위해 도출한 표준(안), 제도 개선(안), 정보 표준(안)의 산출물 건수 확인</p> <p>○ 측정시기 : 실적치 집계 완료 시점 (다음해 1월 말)</p>	<p>○ 범부처통합연 구지원시스템 (IRIS)</p> <p>○ 연차별 실적 보고서 및 증빙자료</p>
대표성과	성과목표										
공동주택 건설작업로봇 표준	건설로봇 표준 제안 2건 이상										
건설작업로봇 현장도입 및 산업생태계 구축을 위한 제도개선	제도개선(안) 마련 6건 이상										
공동주택 건설작업로봇 정보 표준	정보표준 제안 1건 이상										

[참고] 성과목표 및 지표 총괄표

구 분	내용			
전략목표	공동주택 건설에 최적화된 다용도-건설작업로봇 및 운용 기술 확보 및 실증			
(최종) 성과목표	공동주택 건설에 최적화된 다용도-건설작업로봇 설계·운용 기술개발 및 실증을 통한 산업화 기반 마련 * (목표) 공동주택 공기단축 6%, 로봇-인력 대체율 10%, 현장 안전사고 감소율 15%			
단계별 성과목표 및 지표	1단계(2026년도~2028년도)			
	단계별 성과목표	가중치	성과지표	
			지표명	지표구분
	공동주택 건설에 최적화된 다용도 건설작업로봇 핵심기술 개발	70	공동주택 공기단축율	산출(질)
			로봇-인력 대체율	산출(질)
			현장 안전사고 발생가능성 감소율	산출(질)
			건설작업로봇 작업품질 불량률	산출(질)
			건설작업로봇 가동률	산출(질)
	AI 기반 인간-로봇 협업 및 공동주택 건설작업 로봇 통합관리·운용 기술 개발	30	이상상황 검출 정확도	산출(질)
			스케줄 및 자원투입 계획 정확도	산출(질)
			원격 제어 지연 시간	산출(질)
	2단계(2029년도~2030년도)			
	단계별 성과목표	가중치	성과지표	
			지표명	지표구분
	공동주택 건설에 최적화된 다용도 건설작업로봇 실증 및 고도화	40	공동주택 공기단축율	산출(질)
로봇-인력 대체율			산출(질)	
현장 안전사고 발생가능성 감소율			산출(질)	
건설작업로봇 작업품질 불량률			산출(질)	
건설작업로봇 가동률			산출(질)	
건설로봇 개발기간			산출(질)	
AI 기반 인간-로봇 협업 및 공동주택 건설작업 로봇 통합관리·운용 기술 실증 및 고도화	40	이상상황 검출 정확도	산출(질)	
		스케줄 및 자원투입 계획 정확도	산출(질)	
		원격 제어 지연 시간	산출(질)	
		이중·다수 건설로봇 통합운용 시 가동률	산출(질)	
공동주택 건설작업로봇의 확산과 산업화를 위한 표준·제도 기반 정립	20	건설작업로봇 현장도입 및 산업생태계 구축을 위한 표준 마련 및 제도 개선안 제안	산출(양)	

※ 사업 특성상 필요시 '3단계' 사업추진 단계로 양식을 변경하여 추가·작성 가능

3. 사업평가 계획(중간평가 자체평가 실시연도 기재)

평가연도	평가대상 기간/ 해당 단계	평가대상 성과목표	평가 시기 설정 사유
2029	2026년도~2028년도 (총 3년)/1단계	<ul style="list-style-type: none"> - 공동주택 건설에 최적화된 다용도 건설작업로봇 핵심 기술 개발 - AI 기반 인간-로봇 협업 및 공동주택 건설작업 로봇 통합관리·운영 기술 개발 - 공동주택 건설작업로봇의 확산과 산업화를 위한 플랫폼·표준·제도 기반(안) 도출 	사업추진 일정 및 성과발생 기시등을 고려하여 1단계 종료 후 중간평가 추진

4. 핵심특허 등 지식재산권 창출 활동(해당사항 없음)

5. 성과 관리·활용 계획서 및 효과성 분석 보고서 제출 계획

사업 종료 연도	성과 관리·활용 계획서 제출 연도	효과성 분석 보고서 제출 연도
2030년	2031년	2035년

붙임 2. 과제 제안요구서

연구개발과제명	공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술개발사업
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공동주택 건설에 최적화된 다용도-건설작업로봇* 설계·운영 기술개발 및 실증을 통한 산업화 기반 마련 * (목표) 공동주택 공기단축 6%, 로봇-인력 대체율 10%, 현장 안전사고 감소율 15% * ‘다용도 로봇’이란 이동체 또는 로봇암 등 공유 가능한 물리적 플랫폼을 최소 유형으로 공통화하고, 개별 작업에 따라 그리퍼나 작업 도구를 선택적으로 적용함으로써, 공유부와 개별부의 조합을 통해 경제적으로 다기능 작업을 수행할 수 있도록 설계된 로봇을 의미함.
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	<ul style="list-style-type: none"> □ 연구개발 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ (주택건설 현장 로봇도입, 생산성 제고) 건설현장은 숙련 노동자 부족*, 고령화 심화**, 낮은 생산성, 근로시간 단축***, 빈번한 안전사고**** 등 다양한 문제에 직면하고 있으며, 이는 적시 주택공급을 위협하는 요인으로 작용 - 이러한 문제는 인력 중심 생산방식의 구조적 한계에서 비롯된 것으로, 로봇 중심의 생산방식으로 전환하여 주택공급 수단의 첨단화가 시급 * 외국인 기능인력 숙련도는 내국인 대비 약 65% 수준(철근콘크리트 공중기준)(건설기능인력 활용 효율화 방안연구, '24, 국토부) ** 연간 필요 건설기능인력(약 155만명) 대비 부족 인력(내국인)은 11%(약 17만 명)(한국건설산업연구원, '22) 건설 근로자 중 61%(50대 이상), 계속 증가 중(근로자공제회, '23) *** 혹서기 작업 제한과 주 52시간 근무제로 공사 기간 지연, 비용 증가로 이어질 가능성 높음 **** 공동주택 건설시 안전사고(국토안전관리원, '19.07~'24.06) : 넘어짐(30%), 떨어짐(14%), 물체에 맞음(15%), 끼임(9%), 부딪침(8%), 절단베임(7%) 등. 특히 떨어짐 사고 중 46% 이상은 2m 미만 높이에서 발생 ○ (기존 건설로봇 적용의 한계 극복 필요) 국내외 건설로봇은 특정 단위작업의 자동화에 국한(용접, 도장, 드릴링 등)되어 있으며, 무인화 자율작동 수준은 낮고, 공동주택과 같은 좁은 작업공간에서의 운전 성능 확보 미흡, 다수·다종 작업의 동시 수행 대응 미흡 등의 한계가 있음 - 총간·동간 반복 작업이 많은 공동주택 현장의 생산성 향상을 위해서는 서로 다른 다수의 작업에 로봇 동시 활용가능한 다중 로봇 운용* 반드시 필요 * 미국 미시간대학 연구진(Wu et al. 2022)에 따르면, 건설현장에서 단일 작업자-단일 로봇의 생산성 대비 단일 작업자-다중 로봇의 생산성은 평균 11% 이상 증가하는 것으로 나타남 ○ (건설현장 특성반영 주택건설 로봇 확산 기반 조성) 건설현장은 제조업과 달리 작업 환경이 현장별로 상이하고, 다품종 소량 생산방식이므로 기술개발 지원을 넘어 실증사업 확대, 성능평가체계 구축, 공공 프로젝트 적용 등 전반적인 생태계 조성을 위한 적극적인 정부 지원 필요 ○ (현장 적용성 검증 필수) 주택건설 로봇은 국민 생활과 직결되어 현장 실증이 반드시 필요하며, 농업·방재·보건·환경 등 타 분야처럼

국토부에서도 주택공급에 직접 요구되는 건설로봇 (주택건설기준 성능에 부합) 개발 필요

- **(민간주도 한계 및 정부 개입)** 특정 공종의 인력 대체로 종합건설사와 전문건설사 간 이해관계 충돌 가능성, 초기 막대한 개발투자비 등으로 민간주도는 한계가 있으므로, 건설 현장에 로봇 도입 장벽을 낮추기 위한 정부 지원 필요
- **(정부지원(국고) 필요성)** 정부는 스마트건설·로봇 기술을 국가 전략분야로 지정하고, 건설산업의 디지털 전환 및 자동화 확산을 위한 지원 근거를 지속 확대하고 있음.
 - 과학기술정보통신부: 「2026년도 국가연구개발 투자방향 및 기준(25.3)」에서 로봇을 활용한 건설 자동화 기술을 통한 생산성 향상 필요성을 명시하고, 「과학기술기본계획(2023~2027)」에서는 첨단로봇 제조를 12대 국가전략기술로 포함.
 - 국토교통부: 「스마트건설 활성화 방안(S-Construction 2030)」과 「제2차 국토교통과학기술 R&D 종합계획(23.9)」을 통해 건설 전 과정의 디지털화·자동화 및 로봇 기술 확보를 핵심 추진과제로 제시.
 - 산업통상자원부: 「첨단로봇 산업 비전과 전략(23.12)」에서 2030년까지 민관 합동 3조 원 이상 투자, 전 산업 100만대 로봇 보급 계획을 발표하였으며, 지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법 개편을 추진 중.
 - 관계부처 합동: 「제1차 국가전략기술 육성 기본계획(24~28)」과 「신성장 4.0 프로젝트(25.3)」를 통해 지능형 로봇 및 AI 전환을 핵심 플래그십 분야로 지정하고 휴머노이드·이동형 로봇 HW/SW R&D를 중점 지원.

□ 기술동향

〈국내기술동향〉

- 2024년 기준 국내 스마트건설 시장의 연평균성장률(CAGR)은 16.5%이며 2030년 이후 2.7배로 성장할 전망. 현재 국내 스마트 건설시장은 매출 누적액 기준 IoT센서, OSC/모듈러, 드론, 영상분석 기술이 핵심이나, 2035년에는 로봇/드론과 OSC/모듈러 기술의 연평균 성장률이 46.0%, 31.3%로 추정(대한건설정책연구원, 2024)
 - (GS건설) 국내 최초로 LiDAR, 360° 카메라, IoT 센서를 탑재한 4족 보행 로봇 ‘스팟(SPOT)’을 건설현장에 도입하여 현장 모니터링 및 데이터 수집 자동화 기술을 실증함.
 - (현대건설) 천장 타공 위치를 스스로 인식하고 무인 시공하는 드릴 타공 로봇을 현장에 적용하여, 고위험 작업의 무인화와 시공 정밀도 향상을 달성함
 - (삼성물산) 플로어 시공 로봇과 자재를 자동으로 공급하는 이동형 운반 로봇으로 구성된 통합 로봇 시공 시스템을 개발하여, 작업 효율과 시공 품질 향상을 달성함.
 - (포스코건설) 콘크리트 표면 요철 생성 로봇을 개발하여 시공 효율성과

품질을 향상시켰으며, 원격조정 및 반자율 주행 기능을 통해 인력 투입을 최소화함.

〈국외기술동향〉

- 건설로봇 글로벌 시장의 연평균 성장률(CAGR)은 20.3%, 2037년에는 시장 규모가 약 36억 3,000만 달러에 다다를 것으로 전망(Research Nester, 2024)
 - (미국) NCG 및 NITRD를 통한 건설 자동화·AI·로봇틱스 R&D 투자 확대
 - (일본) I-Construction 정책을 통해 2040년까지 건설 자동화·무인화 추진
 - (중국) 14차 5개년 계획과 로봇산업발전계획을 통해 스마트 건설과 로봇 도입을 확대, 2025년까지 로봇 밀도 2배 목표
 - (영국) Construction 2025 및 Sector Deal을 통해 스마트 건설 및 생산성 개선, RAS 2020 전략을 통해 세계 로봇 시장 10% 점유 목표

3. 연구개발 내용

□ 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증

- 공동주택 가설작업지원 및 수직부재설치 다기능 로봇 개발
 - 가설작업(알폼 해체 및 운반)을 지원하는 매니퓰레이터 및 EOAT 개발
 - 수직부재 설치(경량벽체 설치(석고보드 본드 시공 및 스크류 시공))를 지원하는 매니퓰레이터 및 EOAT 개발

○ 건설작업로봇 요소기술 구현

- AI기반 공동주택 작업 맞춤형 정밀동작제어 기술 개발
- 엣지AI 기반 상황판단 기술 개발
- 에너지 최적화 기술 개발

○ 건설작업로봇 현장 협업성 및 통합 운용성 실증

- 단일 로봇 단위의 기본 성능 및 현장 적용성 검증
- 사람-로봇, 로봇-로봇 간 협업성 및 통합 운용성 테스트
- 로봇 작업에 따른 시공품질 데이터 수집 및 분석

※ 실증 규모 및 대상

* (실증규모) 공동주택 1개 동 3개 층 이상을 대상으로 실증 수행

* (실증대상) 가설작업 지원로봇(1종 2기능), 수직부재 설치로봇(1종 2기능), 다용도-건설작업로봇 통합관리 시스템(S/W), 인간-로봇 협업공정 시뮬레이션 시스템(S/W), AI기반 다수 로봇 군집제어 및 모니터링 시스템(S/W)

□ AI기반 공동주택 현장 다용도-건설작업로봇 통합관리기술 개발

- 사람-로봇 협업을 위한 공동주택 작업 프로세스 최적화 기술개발
 - 사람-로봇 협업 환경에서의 스케줄링 기법 개발
 - 사람-로봇 협업 환경에서의 최적 자원투입계획 기법 개발
 - 인간-로봇 협업 공정 시뮬레이션 시스템 개발
- 인간-로봇 연계 작업관리(계획-통제-모니터링) 시스템 개발

- 작업 중 안전 모니터링 체계 구축
- 오작동 등 로봇 이상상황 모니터링 체계 구축
- ※ 외부침입 차단 및 보안 모니터링체계 포함
- 진도관리 기준 및 모니터링 체계 구축
- AI 기반 공동주택 다용도-건설작업 로봇 통합 운용 시스템 개발
 - 다수 로봇 간 상호 위치 확인 기술 개발
 - 시기반 다수 로봇 군집제어 및 모니터링 시스템 개발
 - 다용도-건설작업로봇 통합관리 시스템 개발
- **공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 기술 개발**
- 건설작업 기반 건설로봇 표준 설계지원 시스템 개발
 - 건설작업-로봇액션 분류체계 및 DB 개발
 - 공동주택 건설작업에 최적화된 작업로봇 기본 성능기준 정립
 - 건설로봇 설계 표준 프로세스 구축 및 설계지원 시스템 개발
- 공동주택 작업용 주행체 및 로봇암 공통 플랫폼 개발
 - 골조작업 맞춤형 공통 플랫폼 개발
 - 마감작업 맞춤형 공통 플랫폼 개발
- 로봇친화형 공동주택 현장 구축 및 운행최적제어 기술 개발
 - 공동주택 맞춤형 로봇 자율주행 네비게이션 기술 개발
- ※ 공동주택 현장에 적합한 통신망 제안 포함
- 안전성 확보를 위한 장애물 회피 로봇주행 기술 개발
- **산업화를 위한 제도기반 마련**
- 공동주택 다용도-건설작업 로봇 산업화를 위한 표준화 규격 및 기술기준 수립
 - 공동주택 건설현장에서의 사람-로봇 협업 가이드라인 개발
 - 로봇 건설작업의 품질관리 및 안전관리 기준 정립
 - 로봇 건설작업을 위한 건축공사시방서 및 품셈체계 개발
- 다용도-건설작업로봇 제도정책 및 산업생태계 구축방안 수립
 - 건설로봇 인증체계 개발 및 운영방안 정립
 - 건설로봇 현장 도입을 위한 건설기계 관련 규정 제·개정
 - 건설로봇 현장 도입을 위한 하도급 관련 제도 정비
 - 건설로봇 현장 도입 활성화를 위한 인센티브 제도 정립
 - 건설로봇 전문인력 양성 체계 구축 및 시범운영
- 다용도-건설작업로봇 정보표준체계 구축
 - 공동주택 맞춤형 BIM 기반 표준건설정보분류체계 정립
 - BIM-로보틱스 융합표준 개발

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
 - 핵심 연구개발성과의 연차별 목표 및 성능 수준 등 제시
 - 핵심 연구개발성과 제시 및 그에 따른 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 연차별 세부 추진전략 및 일정계획, 핵심성과, 기술로드맵을 제시할 것

- 단계별, 연차별 달성목표(마일스톤)를 구체적으로 제시하고 성과평가 방법을 명시할 것
- 연구개발목표는 가능한 정량화하여 제시하고 제품, 공법 개발의 경우(제품 성능, 경제성, 시공성 등)는 기존 제품, 공법과 대비하여 설정 근거와 함께 정량적으로 반드시 제시할 것
 - * 예) 기존 대비 00% 비용 절감, 00% 수준의 성능 향상, 00까지 00% 보급 등
- 제시한 목표는 실증 또는 시범적용 등을 통해 입증 가능하도록 연구수행계획을 작성할 것
- 연구개발내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되도록 기술개발·성과로드맵 및 연차별 성과 평가지표(안) 제시
 - * 단계별/연차별 성과 평가지표(안)는 향후 단계/중간 평가시 참고 예정
- 기존에 수행되었거나 국외 및 국내에서 현재 수행 중인 관련 연구개발결과의 구체적인 연계 또는 통합 활용 방안을 연구개발계획에 포함시켜 추진
 - 현재 수행 중인 연관 사업과의 성과 공유 및 연계 방안 제시
 - 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구개발내용에 대해서는 부처 간의 협력 방안 또는 연계, 공동 활용방안 등을 제시
- 정부 및 지자체, 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
 - 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보
 - 관련 정부부처 및 전문기관과 협의 수행
 - 관련 업계 전문가로 구성된 포럼 등을 구성하여 요구조건 파악
 - 로봇 관련 타부처 및 업계 전문가로 구성된 협의체 등을 구성하여 요구조건 및 협의내용 파악
- 기술의 객관성 및 실효성 확보를 위하여 검증시험(예. 공인시험성적서 등) 등을 수행하고, 평가단을 구성하여 공정하고 신뢰성이 있는 결과 도출
- 연구개발성과물을 연구개발계획서에 구체적으로 제시
 - 연구개발내용 및 성과물은 단계별/연차별로 구분하여 제시
 - 수요자 중심으로 연구성과물 활용방안 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 객관적 방안 제시
 - 연구개발성과의 보급으로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출 근거 제시
 - * 제시한 성과지표가 부족하다고 판단될 경우, 협약 시 조정(추가) 될 수 있음
- 연구개발성과 도출의 기간, 예산, 적정성을 고려하여 주어진 조건 내에서 구체적인 실증 혹은 시범적용 계획(대상지 선정, 실증규모, 소요예산 및 일정 등) 및 방안을 연구개발계획서에 제시
 - 개발 기술의 실증 혹은 시범적용을 위한 테스트베드와 관련하여, 대상 지자체(기초자치단체 등), 운영·관리기관(공공기관 등) 등과의 협업 등 구체적인 실증 방안 제시
 - 연구기간 내 실증 건축물 설계, 착공, 준공, 성능 검증 및 평가, 경제성

분석까지 추진되도록 연구개발계획에 반드시 상세일정 등을 포함하여 제시

□ 추진체계

- 본 연구개발과제는 주관연구개발기관, 공동연구개발기관으로 편성된 컨소시엄 공모로 진행
 - 주관연구개발기관은 개발 기술간 연계·활용, 최종 연구개발성과물의 실용화 등을 고려하여 컨소시엄을 구성하고 연구개발과제의 총괄 역할을 수행
 - 연구책임자는 역할 분담의 필요성 및 명확성 등을 고려하여 공동연구개발기관과의 협의를 통해 구체적인 연구개발계획을 수립하고, 전체 연구개발과제를 책임지고 진행·관리
 - 본 사업은 공동주택 시공단계에 실증을 필수적으로 수행해야 하므로, 컨소시엄 구성 시 반드시 로봇 개발 기업, 로봇 수요기관 등을 포함 해야함
- 컨소시엄 구성시 과다한 연구개발기관의 참여 및 연구개발계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양할 것
 - * 연구개발기관 구성 시 합리적으로 구성하여야 하며, 연구개발내용 및 역할이 중복된다고 판단될 경우 선정평가 및 협약체결 시 조정될 수 있음
- 컨소시엄 구성시 참여하는 기관 특성에 따라 기술개발 추진내용 명시 필요
 - ※ (예) 효과적인 성과물 구축체계 마련을 위해 대학은 알고리즘 개발 중심 및 민간기관은 코드 구현 및 패키징화 중심, 시스템 구축을 전담 수행하는 전문기업(SI: 시스템 통합)을 중심으로 구성
- 연구개발내용 검증 및 객관성 확보를 위해 외부전문가 자문위원회 구성·운영하고 연구개발내용의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문 실시
- 연구자의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요
- 연구개발성과 실용화를 위해 실수요처 또는 실시기업이 주도적으로 참여할 수 있도록 추진체계를 구성하여 제안할 것
- 산·학·연 간의 긴밀한 협력, 기술공급자와 수요자 간의 긴밀한 협력을 통한 수요 지향적 기술개발 및 수행 체계 구축 필요(지속적인 기술 동향 조사 및 수요 조사 등)
- 유관 기술분야의 국내·외 선진 시험/연구기관/기업 등과의 연구 공조
- 관계부처, 전문기관 및 업계 간 유기적 협의체계 구축을 통한 의견수렴 및 교류 활성화
 - 본 연구과제의 성공적인 성과 도출이 가능하도록 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원과의 적극적인 의견 교환 및 교류를 통해 연구개발 진행

5. 최종 성과물

【 과제 전체 공통 성능지표】

성과지표	2026	2027	2028	2029	2030	측정산식	자료수집방법
공동주택 공기단축 (단위: %)	-	-	시뮬레이션 기준 6%	-	현장실증 기준 6%	단축공기·원래공기	아파트 1개 동 3층 이상 적용
로봇-인력 대체율	-	-	시뮬레이션 기준	-	현장실증 기준	(유사규모 타현장)	아파트 1개 동 3층 이상

성과지표	2026	2027	2028	2029	2030	측정산식	자료수집방법
(단위: %)			10%		10%	출역인원-로봇투입현장출역인원)-(유사규모 타현장출역인원)	동시 적용 및 전문가 검증
현장 안전사고 발생가능성 감소율 (단위: %)	-	-	시뮬레이션 기준 15%	-	현장실증 기준 15%	(일반현장 아차사고 건수-로봇투입 현장의 아차사고 건수) ÷ (일반현장 아차사고 건수)	랜덤 샘플링 데이터 분석 및 전문가 검증
건설작업로봇 작업품질 불량률 (단위: %)	-	-	10%	-	5%	(로봇 오류로 인한 불량 발생 횟수) ÷ (품질검측 시행횟수)	랜덤 샘플링 품질검측 결과 및 전문가 검증
건설작업로봇 가동률 (단위: %)	-	-	70%	-	85%	(건설로봇 연속작업 시간) ÷ (작업계획 시간, 12시간)	아파트 1개 동 3층 이상 동시 적용 및 전문가 검증

□ 공동주택 최적화 다용도-건설작업로봇 개발 및 실증

- 대표 성과물: 가설작업 지원로봇(1종 2기능), 수직부재 설치로봇(1종 2기능)
- 목표:

대표성과	성능지표	개발 목표성능	비고 (산정기준)
가설작업 지원로봇 (1종 2기능)	거푸집해체 생산성	17.5m ² /hr 이상	<ul style="list-style-type: none"> • 2025년 건설공사 표준품셈 기준 거푸집 설치해체 인력작업 생산성은 70m²/일 • 25%는 해체, 75%는 설치로 가정 시 해체 70m²/2hr, 설치 70m²/6hr → 거푸집해체 생산성 = 35m²/hr • 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 17.5m²/hr
수직부재 설치로봇 (1종 2기능)	수직부재설치 생산성	2.8m ² /hr	<ul style="list-style-type: none"> • 2025년 건설공사 표준품셈 기준 석고보드 설치 (2겹) 인력작업 생산성은 45m²/일 • 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 2.8m²/hr
	수직부재 나사 간격	주변부 : 200±20mm 중간부 : 300±30mm	-
	평활도	3m당 3mm	-
공동	자재운반 생산성	250kg/hr 이상	<ul style="list-style-type: none"> • 2025년 건설공사 표준품셈 기준 벽돌 운반 인력작업 생산성(1개층 수평운반 기준)은 약 500kg/hr • 로봇작업 생산성 목표를 인력작업 생산성의 50%로 설정 시 250kg/hr
	틀 위치 정밀도	2mm 이내	<ul style="list-style-type: none"> • 국내: 10mm 이내 (삼성물산, 빌딩포인트코리아, 지오시스템즈 “스마트 드릴링 로봇”) • 국외: 1mm 이내 (Printstones “Baubot”) <p>공중에 따라 허용오차가 상이하므로, 목표 정밀도는 마감 공사 기준의 요구수준으로 설정함.</p>

□ 다기능 건설작업로봇의 작업관리 및 통합 운용 기술 개발

- 대표 성과물 : 다용도-건설작업로봇 통합관리 시스템(S/W), 인간-로봇 협업공정 시뮬레이션 시스템(S/W), AI기반 다수 로봇 군집제어 및 모니터링 시스템(S/W)
- 목표:

대표성과	성능지표	개발 목표성능	비고 (산정기준)
다용도-건설작업로봇	이상상황 검출	전문가 탐지 대비	-

대표성과	성능지표	개발 목표성능	비고 (산정기준)
통합관리 시스템 (S/W)	정확도	95% 이상	
인간-로봇 협업 공정 시뮬레이션 시스템 (S/W)	스케줄 및 자원투입 계획 정확도	전문가 분석 대비 95% 이상	-
시 기반 다수 로봇 군집제어 및 모니터링 시스템 (S/W)	이종 다수 건설로봇 통합운용 시 가동률	2종 47개 로봇 통합운용 시 가동률 85% 이상	-
	원격 제어 지연 시간* * 명령 이행 시작 확인에 걸리는 시간 기준	200ms 이하	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 10ms (ETRI, 280km 원격 제어 스마트공장 기술개발) 국외: 300ms (캐나다, University of Saskatchewan) Madder et al. (2019)의 연구에 따르면, 250ms 이하에서는 사용자가 지연을 인지하지 못하며, 0~400ms 사이에서는 작업 정밀도에 차이가 거의 없음

□ 공동주택 건설작업로봇의 확산을 위한 다용도 로봇 플랫폼 및 현장 구축 기술 개발

- 대표 성과물 : 건설작업 기반 건설로봇 표준설계 자원 시스템(S/W), 공동주택 작업용 로봇 주행체 및 로봇암 공동 플랫폼(H/W), 현장운행 최적 제어 알고리즘(S/W)
- 목표:

대표성과	성능지표	개발 목표성능	비고 (산정기준)
건설작업 기반 건설로봇 표준설계 자원 시스템 (S/W)	건설로봇 개발기간	25% 단축	(기존 로봇설계개발 기간-제한 로봇설계개발 기간) ÷ (기존 로봇설계개발 기간) (현재) 24개월 → (목표) 18개월
공동주택 작업용 로봇 주행체 및 로봇암 공동 플랫폼 (H/W)	로봇 자체 중량	200kg/m ² 이내	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 무게 90kg/m² 이내 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 “AI 바닥 미장 로봇”) 국외: 무게 80kg/m² 이내 (NASKA.AI “건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램”) 100kg/m ² 이하의 경량화 설계 기술은 일부 보유하고 있으나, 작업 유형에 따라 편차가 매우 크며, 대부분의 건설로봇 자체중량은 공동주택 설계하중을 초과하고 있음. 예를 들어 타공 로봇은 약 1.2ton 수준임.
	협소공간 이동성	폭 800mm 이내 전방향 이동	<ul style="list-style-type: none"> 국내: 세로 634mm 단방향 이동 (현대엔지니어링, 로보블럭시스템 “AI 바닥 미장 로봇”) 국외: 세로 698mm 단방향 이동 (NASKA.AI “건설현장 모니터링 로봇 및 AI 기반 현장관리 프로그램”)
현장운행 최적 제어 알고리즘 (S/W)	주행위치 정밀도	30mm 이내	-

□ 산업화를 위한 제도기반 마련

- 대표 성과물: 공동주택 건설작업로봇 표준, 건설작업로봇 현장도입 및 산업생태계 구축을 위한 제도개선, 공동주택 건설작업로봇 정보표준 체계
- 목표: 건설로봇 표준 제정 2건 이상, 제도 개선(안) 마련 6건 이상, 정보표준 제안 1건 이상

6. 활용방안 및 기대효과

- 활용방안
 - 건설로봇 설계 플랫폼과 요소기술을 기반으로 다기능 건설 로봇을 개발하고, LH 등 공공 투자사업과 연계한 R&D 실증 및 '29년 이후 실용화 적용 추진
 - (사업화 생태계) 공공·민간 수요기관 활용 시나리오 및 요구사항 도출 → R&D·실증 추진 → 인증·표준·공법·제도 개선 → 민간 사업화 및 시장 확산
 - (시범사업 연계) 개발된 건설로봇 설계플랫폼 및 요소기술을 실증현장(LH·SH 등)에 적용하여 Track-Record 확보 및 공정별 성능 검증
 - (기술이전) 로봇 주행·작업지능 SW, 설계·운용 모듈 기술 등 핵심 요소기술을 기업·기관에 단계적 기술이전 추진
 - (신뢰성 확보 및 고도화) 수요기업의 현장 도입 시 기술지원·데이터 분석을 통한 성능 개선을 수행하여 현장 신뢰성 및 재현성 확보, R&D 결과의 실증 기반 고도화
- 기대효과
 - (과학기술적 기대효과) 공동주택 건설현장에 적합한 다용도 건설작업로봇 및 통합 운용 기술개발을 통해 로봇기반 생산체계의 실용화와 표준화 기술 확보가 가능함.
 - 정밀 시공 자동화 기술 확보로 공정 효율성·신뢰성 향상
 - 인력대체율 10% 실현으로 로봇 중심의 작업 자동화 구조 정착
 - 안전사고 15% 감소를 통한 자율협업·원격작업 기술 실증
 - 균질한 시공품질 확보로 숙련도 편차 해소 및 품질 신뢰도 향상
 - 표준기술 기반 로봇개발 환경구축으로 협업성·호환성 강화 및 지속적 기술혁신 촉진
 - (경제·사회적 기대효과) 건설산업의 생산성 향상·비용 절감·안전성 강화 등을 통해 산업 경쟁력과 사회적 안전망을 동시 강화함.
 - 공기관축으로 적기 주택 공급 실현 및 주택정책 목표 달성 기여
 - 안전사고 감소로 사회적 비용 절감
 - 인력대체로 인력난 완화 및 노동생산성 제고
 - 표준기술 기반 생태계 조성으로 산업 혁신 및 지속 성장 기반 확보
 - (산업적 기대효과) 건설로봇 산업 생태계 확립과 기술 중심 산업구조 전환을 통해 지속가능한 스마트건설 기반을 조성함.
 - 스마트생산 전환으로 청년층 유입 확대 및 기능직의 첨단 직무화
 - 로봇 활용 전문인력 양성과 신규 산업·인력 수요 창출
 - 로봇 운용 전문 일자리 확대로 고급 기술인력 생태계 확산
 - 표준화·플랫폼 기반 구축으로 국내 시장 형성 및 해외 경쟁력 강화

7. 연구개발 기간 및 소요예산

- 총 연구개발기간 : 2026.04 ~ 2030.12(4년 9개월)
[1단계]

- 1차년도 연구개발기간 : 2026.04 ~ 2026.12(9개월)
 - 2차년도 연구개발기간 : 2027.01 ~ 2027.12(12개월)
 - 3차년도 연구개발기간 : 2028.01 ~ 2028.12(12개월)
- [2단계]
- 4차년도 연구개발기간 : 2029.01 ~ 2029.12(12개월)
 - 5차년도 연구개발기간 : 2030.01 ~ 2030.12(12개월)
- 총 정부지원연구개발비 : 28,000백만원 이내
 - 1차년도 정부지원연구개발비 : 2,009백만원 이내

8. 기타

- 본 연구개발과제의 보안등급은 “일반과제”임
- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP) 및 기획보고서에 제시된 연구개발내용을 참고하여 작성하되, 연구개발목표 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 연구개발내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함
- 필요시 공모된 연구개발과제명 외에 연구개발목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구개발과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구개발과제명으로 수정하여 제안할 수 있음
- 기 수행하였거나 현재 수행 중인 유사 연구개발과제와 연구개발내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함
 - * 국토교통과학기술진흥원 홈페이지(www.kaia.re.kr)의 ‘지식’-‘성과도서관’-‘과제보고서’ 및 과학기술 지식인프라 통합서비스(ScienceON) 참고
- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행 중인 연구개발과제의 결과물과 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구개발계획에 포함
- 제안된 연구개발내용이 타 유사 연구개발과제와 연구개발방법이나 목표 등이 차별화 되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함
 - * 연구개발 수행 도중 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음
- 연구개발 착수 시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 핵심 연구개발성과별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시
- 연구개발계획서에 구성기술 간 연구개발내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시
 - 기획보고서에 제시한 기술개발 로드맵을 기반으로 전체 개발기술과 성과물 간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시
 - * (예시) 개발기술 상호간, 연구개발성과물 상호간, 개발기술-연구개발성과물 간 연계성
 - 과학기술적 성과물을 포함하여 최종 연구개발성과물을 구체화하여 제시
- 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치), 연구개발 일정계획 및 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
 - 개발된 기술 및 성과물의 목표 수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을

제시해야 함

- * 연구개발과제 선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용
- 성과지표별 목표는 도전적으로 설정해야 하며 목표치 설정근거 제시
- * 성과지표·목표 적정성 및 도전성은 선정평가 평가항목이며, 미흡할 경우 협약 시 조정
- 제시한 성과지표는 사전검토 및 선정평가를 통해 조정(추가) 가능
- 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 연구개발과제 내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 연구개발과제의 연구개발기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관연구개발기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구개발목표, 내용 및 범위 등의 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구개발 추진과정에서 관련 기술 및 연구환경 변화 등에 따라 연구개발내용(연구개발비 포함)이 조정될 수 있음
- 연구개발계획 수립·추진 시, 국토교통과학기술 연구개발사업 성과로 구축된 12개 대형실험시설 적극 활용 권고

참고문헌

- 관계부처합동. (2024). 제1차 국가전략기술 육성 기본계획(2024-2028).
- 관계부처합동. (2025). 신성장 4.0 15대 프로젝트 2025 추진계획.
- 과학기술정보통신부. (2022). 제 5차 과학기술기본계획 2023-2027.
- 과학기술정보통신부. (2025). 2026년도 국가연구개발 투자방향 및 기준.
- 국토교통부. (2022). 스마트 건설 활성화 방안(S-Construction 2030).
- 국토교통부. (2023). 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획.
- 국토교통부. (2023). 제7차 건설기술진흥기본계획.
- 행정안전부. (2022). 제4차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획(2023-2027).
- 산업통상자원부. (2023). 첨단로봇 산업 비전과 전략.
- 대통령실. (2022). 국정과제: 대한민국 도약과 민생 안정.
- 한국로봇산업진흥원. (2021). KIRIA ISSUE REPORT: 스마트 건설을 선도하는 건설로봇 동향
- 한국건설산업연구원. (2019). 국내 건설기업의 스마트 기술 활용 현황과 활성화 방향, 연구보고서
- 대한전문건설신문. (2024, November). 국내 스마트건설 방향, 글로벌 시장 흐름과 괴리. 대한전문건설신문.
- 양현진, & 안용한. (2024). 건설 현장 내 이동형 로봇의 적정 안전거리 산정을 위한 기초연구. 한국건축시공학회 논문집.
- 송영재외 2인. (2023). 건설현장 위험요소 계측을 위한 센서 패키지 구성 연구. 대한건축학회 논문집.
- 심우석외 4인. (2023). 건설현장 안전을 위한 로봇 기반 안전장비 식별 시스템. 제어로봇시스템학회 논문집.
- 이승열외 3인. (2023). 건설용 다목적 자율주행 작업 로봇 시스템. 한국정밀공학회 논문집.
- 손석운외 8인. (2023). 건설로봇 유지보수에 대한 FRACAS 적용. 한국정밀공학회 논문집.
- 이대국, & 박태준. (2023). 건설현장에 협동로봇 적용 시 조작 모델리티와 인식정확도가 사용자의 신뢰와 수용에 미치는 영향. 숭실대학교 석사학위논문.
- 주성하외 3인. (2023). 사족보행로봇(SPOT)을 활용한 건설현장 스마트 안전 모니터링 적용 연구. 한국측량학회 논문집.
- 황영서, & 양강혁. (2023). 인간-로봇 협동 건설작업 수행을 위한 객체탐지 모델 기반 핸드오버 상황 인식 기술 개발. 전남대학교 석사학위논문.
- 최성웅외 2인. (2022). 스마트 필드로봇의 시뮬레이션 모델 구축 및 심층강화학습을 이용한 작업경로 학습에 관한 연구. 울산대학교 석사학위논문.
- 김명준, & 박문서. (2022). 건설로봇의 오작동과 신뢰 회복. 서울대학교 박사학위논문.
- 박규선외 4인. (2022). 건축물 골조공사 먹매김 시공 자동화 로봇 프로토타입 개발. 한국건축시공학회 논문집.
- 조재범외 4인. (2022). 수중건설 로봇 실시간 해석을 위한 유체력 모델 개발. 대한기계학회 논문집.
- 정명수외 6인. (2021). 상수도 배관의 갱생 공정을 위한 배관 건설 로봇 개발. 한국로봇학회 논문집.
- Chang, S., Lyu, Z., Chen, J., Hu, T., Feng, R., & Liang, H. (2025). Automated six-degree-of-freedom Stewart platform for heavy floor tiling. *Automation in Construction*, 170, 105932.

Chen, X., et al. (2022). Recent advancements of robotics in construction. *Automation in Construction*, 140, 104391.

Feng, R., et al. (2024). Development of a multi-robot system for pier construction. *Machines*, 12(2), 145.

Halder, S., et al. (2023). Construction inspection and monitoring with quadruped robots. *Journal of Building Engineering*, 65, 105850.

Hartmann, V. N., et al. (2023). Cobot uptake in construction. *Construction Robotics*, 7(2), 89-104.

Kim, H. G., et al. (2024). Recent advances in robotics and intelligent robot applications. *Applied Sciences*, 14(3), 1125.

Lee, D., et al. (2024). Vision-based construction robot for real-time automated welding with human-robot interaction. *Automation in Construction*, 160, 105270.

Lee, D., Lee, S., Masoud, N., Krishnan, M. S., & Li, V. C. (2022). Digital twin-driven deep reinforcement learning for adaptive task allocation in robotic construction. *Advanced Engineering Informatics*, 53, 101710.

Le, Q. H., & Yang, S. Y. (2015). Field robot remote monitoring system for teleoperation. Ulsan University.

Li, S., et al. (2024). Research on system design and target recognition of a rebar-tying robot. *Buildings*, 14(1), 98.

Li, S., Zhou, X., Cheng, G., Teng, W., Zeng, Y., Wei, G., & Chen, Y. (2024). A scheme of installing ALC wall panels based on autonomous mobile robot. *Journal of Building Engineering*, 94, 109991.

Li, X., et al. (2021). An ontology-based approach to data exchanges for robot navigation on construction sites. arXiv preprint arXiv:2103.06789.

Lin, T. H., et al. (2023). Long-horizon multi-robot rearrangement planning. *IEEE Transactions on Robotics*, 39(4), 2871-2887.

Lu, L., Sun, N., Wang, Z., & He, B. (2025). Tile detection using Mask R-CNN in non-structural environment for robotic tiling. *Automation in Construction*, 171, 106010.

Parascho, S. (2023). Safe human-robot collaboration in construction. *Journal of Safety Research*, 86, 102-114.

Park, S. H., et al. (2009). Performance criteria analysis model for automated construction systems in high-rise buildings. *Journal of the Architectural Institute of Korea*.

Shi, Q., Wang, Z., Zheng, Z., Zhou, Z., Wang, Z., Guo, Y., & Wu, P. (2024). Trajectory tracking control of a wall-building robot in an uncertain viscoelastic environment. *Automation in Construction*, 166, 105611.

Wang, S., Zhou, H., Zhang, Z., Zheng, X., & Lv, Y. (2021). Robot floor-tiling control method based on finite-state machine and visual measurement in limited FOV. *Advances in Civil Engineering*, 2021, Article 8372815.

Wang, Y., et al. (2024). Autonomous mobile robot-based ALC wall panel installation

scheme. *Journal of Building Engineering*, 82, 108215.

Xu, W., et al. (2023). Construction robotics: From automation to collaboration. *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, 6, 349-373.

Xu, X., & de Soto, B. G. (2023). Deep reinforcement learning-based task assignment and path planning for multi-agent construction robots. In *Proceedings of the 2nd Future Construction Workshop at the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 20-23).

Ye, X., Guo, H., & Luo, Z. (2024). Two-stage task allocation for multiple construction robots using an improved genetic algorithm. *Automation in Construction*, 165, 105583.

Zhao, X., et al. (2022). Research focus for construction robotics and human-robot teams. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 20(6), 1641-1660.

Zhou, Y., Li, P., Ye, Z., Yue, L., Gui, L., Jiang, X., Li, X., & Liu, Y. (2022). Building information modeling-based 3D reconstruction and coverage planning enabled automatic painting of interior walls using a novel painting robot in construction. *Journal of Field Robotics*, 39(8), 1178-1204.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업 공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇 설계 및 통합관리 기술개발 기획과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통연구기획사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.