

2025 스마트건설·안전·AI 엑스포

SMART CONSTRUCTION & SAFETY & AI EXPO 2025

한국도로공사,
한국건설자동화로봇틱스학회
공동주관 전문포럼

로봇 기술로 열어가는
스마트건설의 미래

11.6.(목)
14:00 - 15:40

AI와 함께하는
스마트건설,
더 안전한 미래로

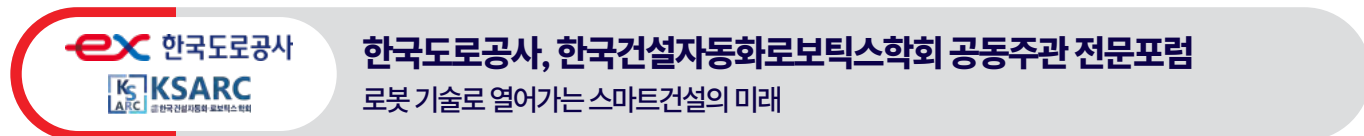
Smart Construction with AI:
The Safer Future

2025 스마트건설·안전·AI 엑스포
전문포럼 발표자료집

한국도로공사, 한국건설자동화로보틱스학회

로봇 기술로 열어가는 스마트건설의 미래

한국도로공사, 한국건설자동화로보틱스학회 공동주관 전문포럼



일 시 | 11. 6.(목) 14:00 - 15:40

장 소 | 킨텍스 제2전시장 7, 8홀 내 전문 포럼장 2

시간	프로그램	연사
14:00 - 14:05	개회사	조성민 한국도로공사 도로교통연구원 연구처장
14:05 - 14:10	환영사	서종원 한국건설자동화 로보틱스학회 학회장
14:10 - 14:20	Physical AI와 건설 고소작업 로봇	김정렬 인하대학교 건축학부 교수
14:20 - 14:30	고속도로 유지관리를 위한 고하중 양팔로봇 기술 개발	박종원 한국원자력연구원 로봇응용연구실 책임연구원
14:30 - 14:40	교량 원격시공을 위한 로보틱스(기술 개발 사례)	이상윤 한국건설기술연구원 구조연구본부 연구위원
14:40 - 14:50	AI기반 차량형 로보틱스 도로파손 탐지 시스템, 로드와치(Road Watch) 개발	조준상 한국도로공사 디지털융합연구실 연구위원
14:50 - 15:00	건설 로봇 개발 사례	이성재 삼성물산 건설로보틱스 그룹 그룹장
15:00 - 15:10	건설현장 로봇 도입의 현실과 로봇 기술 정책 방향	조원석 현대건설 스마트건설연구실 RX 연구팀 책임연구원
15:10 - 15:40	[토론] 건설분야 로봇기술 활성화를 위한 정책제언	[좌장] 서종원 한국건설자동화 로보틱스학회 학회장 [토론] 박명주 국토교통부 기술정책과장 조성민 한국도로공사 도로교통연구원 연구처장 이상윤 한국건설기술연구원 구조연구본부 연구위원 최영호 한국로봇융합연구원 스마트모빌리티연구본부 본부장 이성재 삼성물산 건설로보틱스 그룹 그룹장

연사 약력



김정렬 | 인하대학교 건축학부 교수

한국건설자동화로보틱스학회 부회장
대한건축학회 건설관리위원장
(전)인하대학교 공과대학 부학장
(전)한국건설관리학회 학술교류위원장



박종원 | 한국원자력연구원 로봇응용연구실 책임연구원

2015.1 ~ 현재, 한국원자력연구원 책임연구원
2023.9 ~ 현재, UST 인공지능전공 부교수
2024, 고하중 듀얼암 로봇 기술이전 (아이티윈)
2025, 원전해체 고하중 듀얼암 로봇 기술이전 (빅텍스)
2019, 한국과학기술자협회 과학언론상 - 과학커뮤니케이터상



이상윤 | 한국건설기술연구원 구조연구본부 연구위원

스마트건설사업단 5세부과제 연구책임자



조준상 | 한국도로공사 디지털융합연구실 연구위원

(1995.10 ~ 현 재) 한국도로공사 도로교통연구원 연구위원
(2023.03 ~ 2024. 02) 국토교통부 중앙건설기술심의위원회 심의위원
(2025.01 ~ 현 재) 경기도 설계심의분과위원회 심의위원



이성재 | 삼성물산 건설로보틱스 그룹 그룹장

2023.12 ENG혁신실 건설로보틱스그룹 그룹장
2022.04 ENG실 건설로보틱스팀 팀장
2021.03 기술Solution팀 친환경기술그룹 그룹장
2020.12 기반기술팀 기반기술그룹 그룹장



조원석 | 현대건설 스마트건설연구실 RX 연구팀 책임연구원

현대건설 스마트건설연구실 RX 연구팀 책임연구원

발표자료집 목차

01. Physical AI와 건설 고소작업 로봇 김정렬 인하대학교 건축학부 교수	01
02. 고속도로 유지관리를 위한 고하중 양팔로봇 기술 개발 박종원 한국원자력연구원 로봇응용연구실 책임연구원	14
03. 교량 원격시공을 위한 로보틱스(기술 개발 사례) 이상윤 한국건설기술연구원 구조연구본부 연구위원	31
04. AI기반 차량형 로보틱스 도로파손 탐지 시스템, 로드와치(Road Watch) 개발 조준상 한국도로공사 디지털융합연구실 연구위원	47
05. 건설 로봇 개발 사례 이성재 삼성물산 건설로보틱스 그룹 그룹장	56
06. 건설현장 로봇 도입의 현실과 로봇 기술 정책 방향 조원석 현대건설 스마트건설연구실 RX 연구팀 책임연구원	69

01

Physical AI와 건설 고소작업 로봇

김정렬 | 인하대학교 건축학부 교수

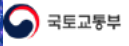


[2025 스마트건설·안전·AI 엑스포]
한국도로공사-한국건설자동화로보틱스학회 공동주관 전문포럼

Physical AI와 건설 고소작업 로봇

2025. 11. 06

인하대학교 건축학부
김정렬







CONTENTS



1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

1

**건설로봇 개발
현황
및 Physical AI**

발표 순서

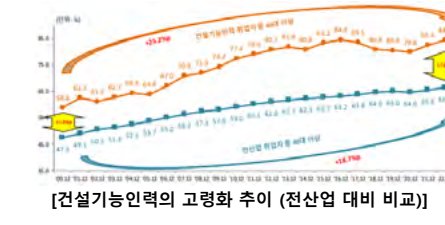
1. 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI
2. 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개



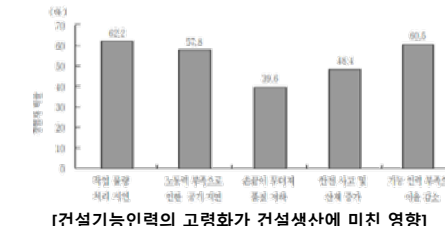
1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

■ 건설 로봇 개발의 필요성

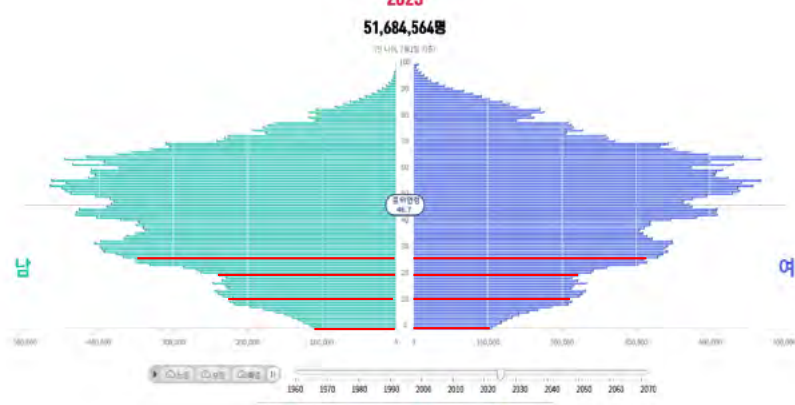
- 현재 대한민국은 인구부족 문제에 직면하고 있으며, 건설산업의 기능인력 부족 문제는 더욱 심각해지고 있음.
- 더하여, 한국건설산업연구원의 설문에 따르면 **작업 물량 처리 지연, 기능 인력 부족으로 이윤 감소, 노동력 부족으로 인한 공기 지연 등이 고령화의 건설생산 영향요인으로 도출**되었음
- 따라서, 건설자동화/디지털화를 통한 인력 대체와 생산성 증진 및 품질확보가 시급한 실정임
- (인력부족, 고령화보다 AI/자동화/로봇 기술의 발전 자체가 변화를 이끌 수도 있음)



[건설기능인력의 고령화 추이 (전산업 대비 비교)]



[건설기능인력의 고령화가 건설생산에 미친 영향]



[대한민국 인구 통계]

1 건설로봇 개발 필요성

▶ 건설 로봇 개발의 필요성

핵심이슈

건설현장 추락사고 예방(안전성), 숙련인력 고령화 및
생산인구 감소로 인한 노동생산성 저하 문제 극복(생산성)

해결방안

건설현장 고위험 고소작업 안전성·생산성 혁신을 위한
자동화·디지털화 기술 구현 필요

이슈

고소작업의 안전관리 요구 증대

열악한 산업구조 개선 및 생산성 향상

피지컬 AI 시대 도래

현황



시사점

“ 전 산업의 중요한 산업재해문제인
고소작업 근로자 위험 격리를 위한
무인화·자동화 기술 개발이 필요 ”

“ 건설현장 디지털화·자동화 기술
도입을 통한 기존 인력 역량 강화 및
기능 계승에 대한 필요성 증대 ”

“ 로봇·AI 융합을 통한 비정형 환경
적응·학습으로 기존 응용 분야 제약을 넘어
필드 로봇 산업 전반에 대한 변화 기대 ”

기술개발 시급성

건설현장의 생산성과 안전성을 혁신적으로 높일 수 있는 **지능형 로봇 및 로봇 작업** 원천기술 확보를 통해
필드로봇 피지컬 AI 분야에서 글로벌 경쟁력 확보 시급

-출처: 안창범, 피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발(피지컬 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

5

1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

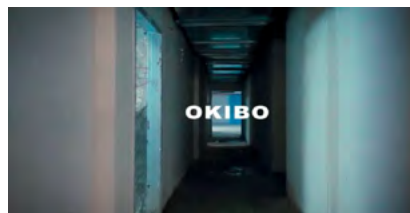
▶ 건설로봇·자동화 기술 동향

해외 건설로봇·자동화 도입 가속화

- 미국, 일본 등 로보틱스 선진국을 중심으로 정부 주도 하에 지속적으로 건설 로봇 연구개발 및 상용화에 투자
- 최근 중국 정부 주도의 실증 사업과 정책 지원을 바탕으로 민간 건설로봇 기업들의 빠른 성장세

건설사 중
65%

≥1개 프로젝트 적용 경험 유 (31%)
개발 기술 파일럿 테스트 중 (35%)
출처: BuiltWorlds 연구 보고서(2024)



- (좌) (이스라엘) **실내 도장 마그네틱 로봇**: 작업영역을 스캔한 뒤 3D 모델 생성을 통해 자율 작업 수행
- (우) (미국) **천장 타공 로봇**: BIM 모델 데이터를 사용하여 콘크리트 표면 드릴링 및 앵커 삽입을 위한 경로 계획



(중국) 리프트형 자동 운반 로봇: 철골 구조를 따라 이동하며 용접 수행



(미국) 철근 결속 로봇: 컴퓨터 비전 기반 결속 지점 자율 탐색 및 결속



(스위스) 자율 굴삭기(HEAP): 내장 센서로 주위 환경을 스캔하고 각 돌의 최적 설치 장소를 결정

-출처: 안창범, 피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발(피지컬 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

6

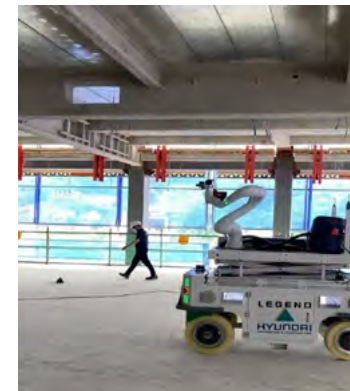
1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

▶ 건설로봇·자동화 기술 동향

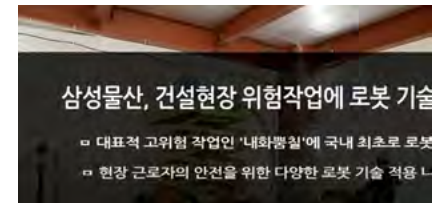
국내 건설로봇 기술 개발 본격화

- 중대재해처벌법 등 안전 규제가 강화됨에 따라 건설 로보틱스 기반 스마트 기술 개발 가속화 추세
- 최근 삼성물산, 현대건설 등 대형 건설사 중심으로 건설로봇 개발이 활발, 일부는 시범 및 자체사업을 위한 현장 실증까지 완료

960억 국내 건설로봇 시장 규모(단위:원)
(전 세계 건설로봇 시장의 약 5.3%)
출처: Grand View Research (2024)



(현대건설) 천장 드릴 타공 로봇: 자율 주행 및 내장 카메라를 활용한 비전 기반 마커 인식을 통해 작업 수행



(삼성물산) 내화봉철 작업 로봇: 모바일 리프트에 로봇암을 얹은 형태



- (좌) (현대엔지니어링) **외벽 도장 로봇**: 도장 전용 말단 액츄에이터를 통해 도료 도포, 실시간 모니터링 및 원격 제어 기술 적용
- (우) (삼성물산) **엑세스 플로어 시공 로봇** 및 **자재 운반 로봇**

-출처: 안창범, 피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발(피지컬 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

7

1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

▶ 로봇 작업 제어 - 정형작업

- 원격 제어 외에도 자율작업 방식의 기술 개발이 진행된 바 있으며, 기존의 개발로봇들은 대다수 정해진 정형작업Set을 구축하고, 이를 단순 반복하는 구조로 개발되어 왔음. 예를 들어, 벽체 미장의 경우 상하 운동만을 정형작업Set으로 설정하고, 엔드이펙터를 일정간격 움직이는 방식 등을 결합하여 정형작업 방식을 구축하였음
- 최근 개발된 대부분의 로봇들은 정형작업 기반의 로봇 작업 제어 방식을 채택하고 있음. 그러나, 높은 시공품질과 섬세한 작업을 요구하는 작업에는 단순한 정형작업보다 복잡한 작업 제어 방식이 요구될 수 있음 (인하대학교 - 실내 바닥 미장(방통미장) 로봇 개발)



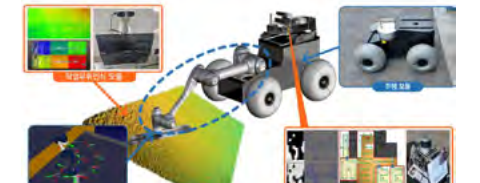
[삼성물산의 천장 앵커링 로봇]



[현대엔지니어링의 외벽 도장 로봇]



[삼성물산의 Access Floor 설치 로봇]



[인하대학교의 실내 바닥 미장 로봇(정형+인식)]



[시미즈 건설의 건설용 용접로봇]



[Derutu의 벽체 미장 로봇]



[인하대학교의 실내 바닥 미장 로봇(정형+인식)]

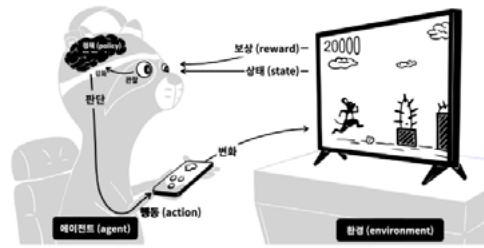
8

1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

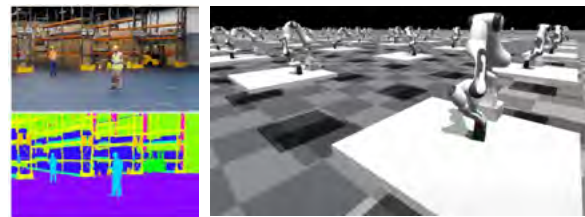
로봇 작업 제어 - 학습기반(강화학습, 모방학습) - Physical AI

강화학습(Reinforcement Learning)

- 로봇이 주어진 상태(State)에 대해 최적의 행동(Action)을 선택할 수 있는 최적의 정책(Policy)을 학습하는 방법
- 로봇이 환경과 상호작용을 하며 받을 수 있는 보상(Reward)을 최대화 할 수 있는 정책이 최적의 정책이며 보상함수(로봇이 행동을 하는 순간순간마다 상/벌을 어떻게 줄 것인지에 대한 함수)를 로봇 행동의 목적에 맞도록 적절히 설계하는 것이 중요함
- 보상함수만 적절히 설계되어 있다면 전문가의 데이터 없이도 학습이 가능하며 스스로 시행착오를 통해 학습하므로 새로운 상황이나 환경의 변화에 적응력이 높음
- 보상함수 설계가 어려워 다수의 시행착오를 필요로 하므로 학습속도가 느리고 데이터 요구량이 큼



- 강화학습은 사람의 직접적인 제어가 어려운 고차원적이고 연속적인 제어 문제에서도 효과적인 성능을 도출할 수 있다는 점에서 로봇 제어 방식으로 주목 받았음
- 특히, 경험하지 못한 비 정형적인 환경이 계속해서 발생하는 자율주행이나, 4족보행 및 휴머노이드 로봇이 특정 방향으로 이동하기 위한 각 관절의 움직임 등에 있어서 매우 강력한 적응성이 확인됨
- 이에 강화학습을 보다 효과적으로 적용하기 위해 강화학습을 수행하는 시뮬레이션 환경이 실제 현실을 가능한 비슷하게 반영할 수 있도록 정교한 물리엔진을 개발하거나, GPU가속을 활용한 병렬학습을 통해 여러 개체를 동시에 학습하여 학습에 소요되는 시간을 대폭 절감하는 등으로 개선되고 있음



[NVIDIA의 시뮬레이션 Tool 'Isaac Lab(강화/모방/Motion Planning)]

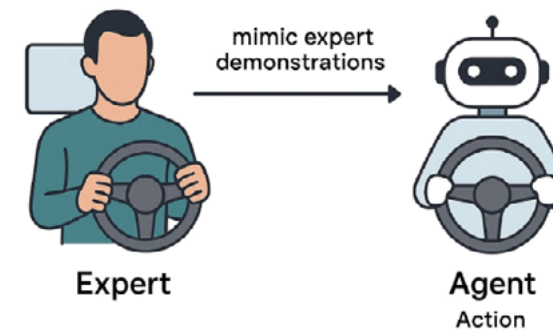
9

1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

로봇 작업 제어 - 학습기반(강화학습, 모방학습) - Physical AI

모방학습(Imitation Learning)

- 전문가(Expert)의 시연(Demonstration) 데이터를 수집하여 로봇이 전문가의 행동을 따라하도록 하는 지도학습 기반의 방법
- 전문가의 시연 데이터를 그대로 학습하므로 전문가의 지식을 직접 반영이 가능하며 학습 속도가 빠름
- 학습 성능이 학습에 사용되는 전문가의 데이터 품질에 크게 의존하며 훈련에 사용되지 않은 새로운 상황에 대한 적응이 어려움



- 최근 로봇분야, 특히 로봇암에 있어서는 모방학습의 적용 및 개발이 활발함. 이는 로봇구동에 있어서 강화학습의 가장 큰 어려움인 보상함수를 설계하지 않고도 전문가의 행동을 어느정도 따라할 수 있다는 부분이 매우 강력한 장점이기 때문임
- 이에 모방학습의 성능을 향상시키기 위해 양질의 전문가 시연 데이터를 대량으로 수집할 수 있는 시연 장비를 개발, 적용하거나 그럼에도 발생할 수 있는 시연 데이터의 공백을 대처하기 위해 지도학습 중 발생하는 오차를 실시간으로 전문가가 수정하는 방식(Dagger: 학습 중 경험하지 못한 환경에서 좋지 않은 행동을 했을 경우 전문가가 실시간으로 행동을 수정해줌)으로 개선되고 있음



[테슬라(Tesla)의 휴머노이드 로봇 학습을 위한 시연 데이터 수집 모습]

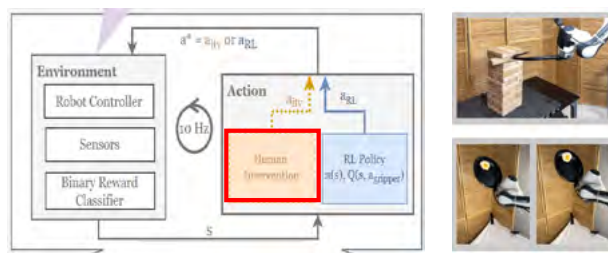
11

1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

로봇 작업 제어 - 학습기반(강화학습, 모방학습) - Physical AI

최신 적용 사례 (강화학습)

- UC Berkeley의 연구진은 정밀하고 복잡한 로봇 조작 과제를 위해 인간 개입(human-in-the-loop)을 결합한 비전 기반 강화학습 방식을 제안함
- 로봇은 RGB 카메라 입력만을 사용하여 동적 조작, 양팔 협력, 섬세한 정밀 제어 등을 학습하는데, 초기 학습 단계에서 인간이 보조적 교정 신호나 추가 피드백을 제공함으로써 학습 안정성을 크게 향상시킴
- 이를 통해 순수 자율 학습보다 적은 데이터로도 빠른 수렴이 가능하며, 시각 기반 입력만으로도 높은 성공률을 달성했음. 특히 장기적이고 연속적인 작업에서도 정책이 붕괴하지 않고 일반화된 성능을 보이며, 실환경 조작에서 RL 활용 가능성을 크게 확장한 사례임



[Human-in-the-loop Vision-Based RL for Dexterous Manipulation (2024)]

- 중국의 System Design and Intelligent Manufacturing (SDIM) 연구진은 휠과 4족 보행 기능, 로봇 팔을 결합한 하이브리드 플랫폼에서 강화학습을 활용해 이동과 조작을 동시에 최적화하는 전신 제어 정책을 학습함
- 목표는 End-effector의 6자유도 포즈를 안정적으로 추적하는 것으로, 보상 융합 모듈(RFM)을 도입해 균형 유지, 경로 정확도, 에너지 효율 등 다중 목표를 통합적으로 고려하였음
- 실험 결과, 실제 환경에서도 위치 오차 5cm, 회전 오차 0.1rad 이하의 높은 성능을 달성했으며, 복잡한 지형과 조작이 결합된 상황에서 RL이 전통적 제어보다 뛰어난 적응성과 범용성을 제공할 수 있음을 입증함



[Whole-Body Loco-Manipulation for Wheeled-Quadrupedal Robots (2024)]

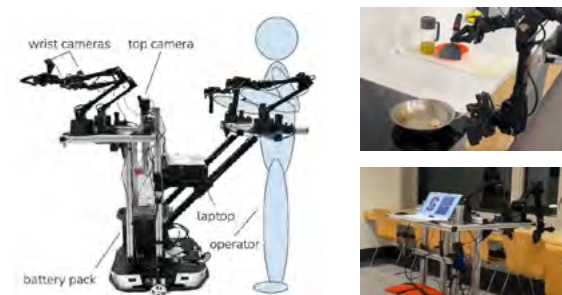
10

1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

로봇 작업 제어 - 학습기반(강화학습, 모방학습) - Physical AI

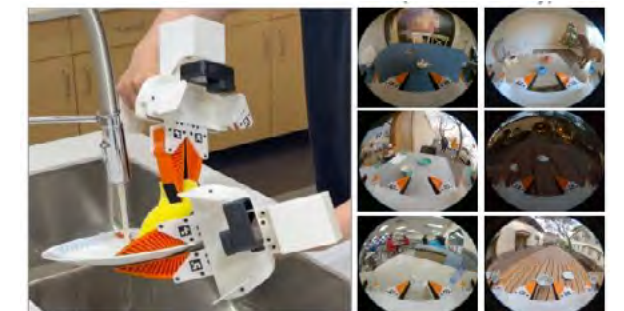
최신 적용 사례 (모방학습)

- Mobile ALOHA는 이동 플랫폼과 양손 로봇암, 전신 텔레오퍼레이션을 통합한 형태로, 사람이 직접 시연한 데이터를 활용해 로봇이 이동·조작 작업을 학습하도록 하는 모방학습 기반의 로봇 시스템
- 기존의 Single ALOHA 데이터와의 Mobile ALOHA의 데이터를 함께 사용하는 공동 학습(Co-training) 전략을 통해 학습 속도 및 성능을 향상시킴
- 모든 시스템이 동일한 사양이어야 하며, 오픈소스로 공개되어 재현성이 높으나 이동 환경 제약, 충돌 위험, 데이터 부족 문제 및 5,000만원 정도의 고가 시스템이라는 부분은 한계



[Mobile ALOHA(Stanford)]

- UMI (Universal Manipulation Interface)는 로봇의 모든 관절 없이도 End-effector 만으로도 시연 데이터를 기록하고, 이를 기반으로 학습해 실제 로봇에 적용할 수 있게 하는 모방학습 프레임워크임
- End-effector의 시연만으로 학습이 가능하므로 다양한 로봇간 일반화가 가능하며 다양한 작업에서 70% 이상의 성공률을 확인함
- 설치와 데이터 수집이 간단하고 비용이 낮다는 장점이 있으나, 방법론에 따른 로봇 기구학 제약, 정밀 조작 한계, 데이터 품질 관리 문제가 여전히 도전 과제로 남아 있음



[UMI(Universal Manipulation Interface, Stanford)]

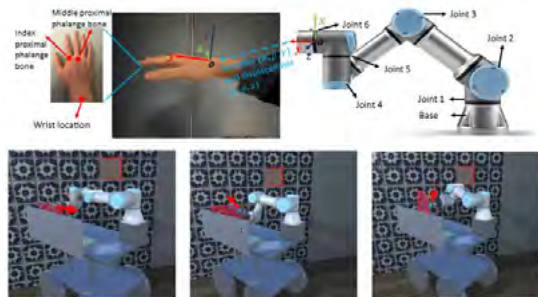
12

1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

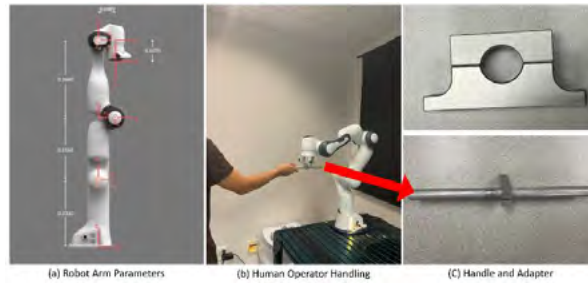
로봇 작업 제어 - 학습기반(강화학습, 모방학습) - Physical AI

최신 적용 사례 (건설산업)

- British Columbia 대학의 연구진은 건설 작업 환경에서 전문가의 조작을 로봇이 학습하는 모방학습 프레임워크를 제안함
- 먼저 VR(가상현실) 플랫폼을 통해 전문가가 손의 위치, 회전, 동작을 실시간으로 제어하며 시연을 기록하고, 이 시연 데이터를 기반으로 행동 복제(Behavior Cloning) 방식으로 초기 정책을 학습함
- 이후 Generative Adversarial Imitation Learning (GAIL)과 PPO(강화학습) 등 강화학습을 적용해 모방과 탐색 사이의 균형을 맞추는 방식으로, 제한된 학습 스텝에서도 수렴 속도를 높였으며 타일부착 작업에서 그 적응성을 확인함
- Florida 대학의 연구진은 배관 삽입이나 용접 등 힘 제어가 중요한 건설 조립 과제에 모방학습을 적용함
- 첫 번째 단계에서는 사람이 조작할 때의 힘-토크 데이터를 로봇 팔과 가상 시뮬레이터(ROS-Sharp) 연결해 기록하고, 두 번째 단계에서는 이 힘 데이터를 행동 생성 모델에 포함해 학습하는 방식으로 학습함
- 이를 통해 시연자가 느낀 촉각적 특성(force feedback)을 반영한 조작 정책을 얻을 수 있으며, 실제 과제 수행 시 성공률과 속도가 향상됨을 확인함



[Learning from demonstrations:
An intuitive VR environment for imitation learning of construction robots]



[Force-Based Robotic Imitation Learning:
A Two-Phase Approach for Construction Assembly Tasks]

13

1 건설로봇 개발 현황 및 Physical AI

로봇 작업 제어 - 학습기반(강화학습, 모방학습) - Physical AI

건설산업의 특수성

작업환경의 비정형성

- 건설현장은 매번 다른 구조와 조건을 가지며 바닥의 울퉁불퉁함, 자재 배치, 기상 조건 등으로 인해 표준화된 작업 환경을 만들기 어려움
- 같은 공정이라고 하더라도 작업면의 크기, 형상, 재료적 특성에 따라 학습 데이터의 일반화가 어려움
- 건설작업은 단순 반복작업으로 보일 수 있으나 요구되는 품질을 확보할 수 있는 로봇의 제어 및 보상 설계가 매우 복잡함



데이터 확보의 제약

- 모방학습을 위한 전문가 시연 데이터 확보에 있어서 작업자의 숙련도, 안전 규정, 장비 차이 등으로 인해 균질한 데이터를 확보하기 어려움
- 강화학습에 있어서는 많은 시행착오를 필요로 하지만, 건설현장은 실험적 반복 수행 자체가 비용과 위험을 초래하므로 시뮬레이션 기반 학습이 필수적임
- 그러나 시뮬레이션 환경에서 현장의 특성을 완전히 재현하는 것에 한계가 있음



안전성 및 신뢰성 문제

- 건설현장은 작업자와 장비가 혼재하는 공간으로, 로봇의 작은 오작동에도 큰 안전사고로 이어질 수 있음
- 강화학습의 탐험 과정과 모방학습의 데이터 오류 모두 현장 적용에서 위험 요소가 될 수 있음



14

2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

발표 순서

1. 건설로봇 개발 필요성

2. 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개



2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

연구개발 최종 목표

사업 목표

- 건설현장 고소작업 안전 향상을 위해 확장현실 기반 인간-로봇 원격 협업 작업이 가능한 **고소작업 3종 로봇 시스템**과 다중 건설로봇 통합운영 시스템으로 구성된 **고소작업 건설로봇 플랫폼** 개발

- 01 인력 기반 생산성 달성
- 02 인력 기반 시공품질 달성

- ✓ 2024 건설공사 표준품질 기준
- ✓ 2024 건축공사 표준시방서 기준

As-is



To-be



-출처: 안창범, 퍼지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발(퍼지컬 AI 정책포럼 자료, 2025.09.08)

16

2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

▶ 주요 개발 방향 ① : 표준화 건설 로봇 플랫폼 및 로봇팔 종단장치 개발

🔥 대상작업에 따라 최적화하여 활용 가능한
표준화된 건설 로봇 플랫폼* 개발

① 모바일 모듈, ② 리프트 모듈, ③ 매니퓰레이터, ④ 로봇팔 종단장치(EOAT)로 구성

참여부처 R&R

- 공중별 로봇팔 종단 장치 (EOAT) 및 자재공급장치 개발
- 모듈형 모바일 로봇, 고소 리프트 모듈, 범용 매니퓰레이션 로봇 개발

굴삭기 구성요소

건설고소작업 자율로봇 구성요소



-출처: 안창범, **피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발**(피지컬 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

17

2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

▶ 주요 개발 방향 ② : 건설로봇 자율작업 및 원격제어 기술 개발

로봇이 스스로 반복 작업을 처리할 수 있는 부위(정형화 부위)는 자율적으로 수행하고, 복잡한 부위(비정형화 부위)는 사람이 원격으로 조작해 대응함으로써 고소작업에서 인력 의존도를 최소화하고 로봇 작업의 생산성과 품질을 확보

- **(자율작업)** 로봇이 작업 주체, 인간은 검증 및 조정 역할을 수행
- **(원격작업)** 인간이 작업 주체가 되어 로봇에게 직접 경로를 명령



-출처: 안창범, **피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발**(피지컬 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

18

2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

▶ 주요 개발 방향 ③ : 건설로봇 실증센터 구축

건설사·로봇·장비 기업의 현장 PoC 가능한 **국내 최초·최대 규모(약 484평) 건설로봇 실증센터 구축**

- 위치 : 전북특별자치도 김제시 부거리 1596(지식산업센터 잔여 부지)
- 규모 : 부지면적 2,072 ㎡, 연면적 1,600 ㎡, 건축면적 1,450 ㎡(실외실증시험장 330 ㎡ 포함)
- 구축시설 : 연구동(지상 2층), 실내·외 실증시험동(높이 약 28 m)



-출처: 안창범, **피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발**(피지컬 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

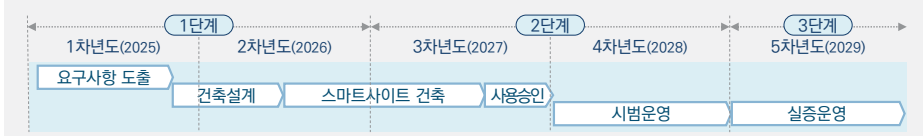
9

2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

▶ 주요 개발 방향 ③ : 건설로봇 실증센터 구축

실증센터 구축 추진 일정

- 건축일정(설계 포함) : 2025. 10월 ~ 2027. 12월
- 주요일정 : 테스트베드 실증을 위해 2028년도 시범운영 시작을 목표로 건축 진행 예정



구축 시설 개요

- 시설구성(안) : 연구동(지상 2층), 실내·외 실증시험동(높이 약 28m)

구분	연구동	실내 실험동	실외 실험동
구성			
기능	• 단위공동 시험 • 공정 품질검사 • 통합관리 및 원격제어 • 연차실 및 회의실 등	• 실내 고소공정 실증시험 • 로프 성능측정 • 실내 주행데스트 • 정비보관 등	• 실외 고소공정 실증시험 • 실외 주행데스트 • 폐기물처리 등

-출처: 안창범, 피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발(피지컬 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

0 |

2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

최종 성과물



-출처: 안창범, 디지털 AI 시대의 건설로봇 기술 개발(디지털 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

21

2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

기대효과



-출처: 안창범, 디지털 AI 시대의 건설로봇 기술 개발(디지털 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

23

2 고소작업 건설로봇 연구개발사업 소개

연구개발성과의 활용방안

현장적용 및 시범사업 연계

- 시범 현장 구축을 통해 개발된 기술 및 시제품을 참여 수요기업 현장에 설치하여 Track-Record 확보 및 향후 수요기관인 한국도로공사와의 협력을 통해 토목건설분야 확장성 검토 및 플랜트 고소작업까지 후속 프로젝트 확대 적용 추진

실용화·사업화 및 기술이전

- 개별 구성기술·제품은 기관별로 사업화를 추진함과 동시에, 기술 실증 후 호환의 주도로 통합 패키징형 제품화를 병행하여, 개별 기업의 특화 기술은 단독 적용이 가능하면서도 컨소시엄 전체 역량은 통합 시스템으로 제공될 수 있는 유연성을 확보

건설로봇 실증 센터 운영

- 수요기업의 현장 도입 시 기술 지원 및 데이터 수집·분석을 통한 시스템 개선과 신뢰성 확보
- 건설 로봇의 성능과 안전성을 검증할 수 있는 공인 시험·인증기관으로 발전하여 국내외 로봇 개발 기업 및 건설사에 서비스 제공

정책 제언

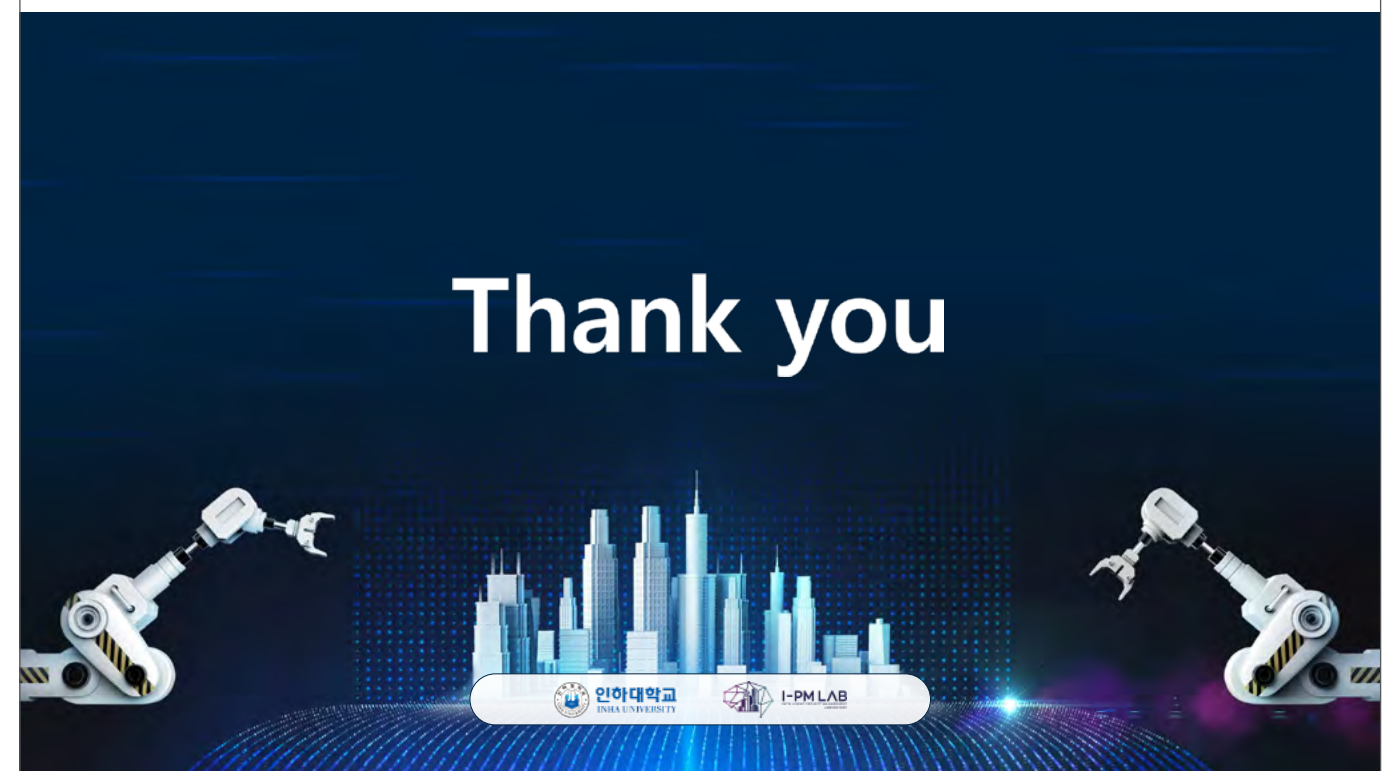
- 건설로봇 실증센터 기반 성능·안전성 평가체계를 구축·제도화
- 고소작업 로봇 자격제도 및 인증 상호인정 제도 도입을 통해 현장별 중복 인증으로 인한 기업의 애로사항을 해소

신산업 창출

- 기존 건설 기계에서 자율작업 기반의 지능형 건설 로봇 산업 시장 창출
- 건설 로봇 관리 감독 등 전문 인력 양성 프로그램 운영을 통한 건설 로봇 전문 교육 및 관리·감독 일자리 창출 및 생태계 확장

-출처: 안창범, 디지털 AI 시대의 건설로봇 기술 개발(디지털 AI 정책포럼 자료), 2025.09.08

22



02

고속도로 유지관리를 위한 고하중 양팔로봇 기술 개발

박종원 | 한국원자력연구원 로봇응용연구실 책임연구원



고속도로 유지관리 로봇의 필요성

2

추진배경 및 필요성

치사율	손실 비용	위험 노출
70%	22만원/h	100%
고속도로 유지관리 작업 사고 시 치명적 결과 초래	교통차단에 따른 시간당 사회적 손실 비용	기존 안전대책으로는 근본적 위험 제거 불가능

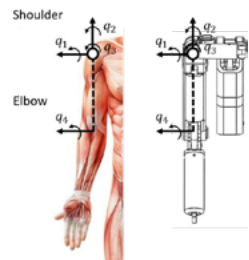
- 고속도로 유지관리 작업의 높은 사고율 및 치사율
- 경고 및 통제 중심의 기존 안전대책 한계
- 작업자 위험 근본적 제거를 위한 로봇 기술 도입 필요



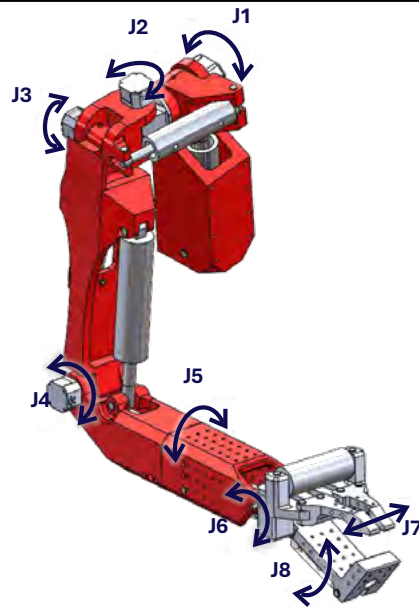
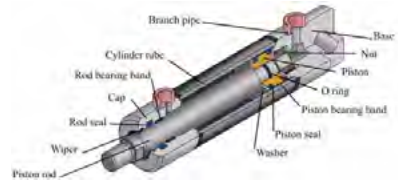
Manipulator design

3

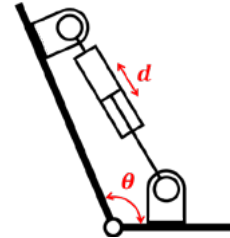
❖ Human-arm inspired design



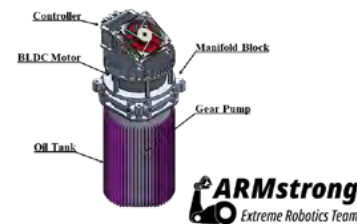
❖ Hydraulic actuators



❖ Closed linkage mechanism



❖ Micro Hydraulic Power Unit

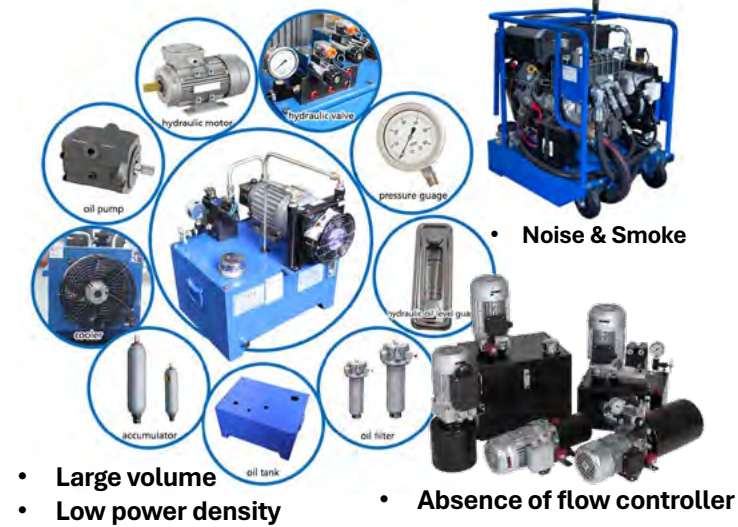


ARMstrong
Extreme Robotics Team

Micro Hydraulic Power Unit

5

[Conventional HPU]



[micro - HPU]

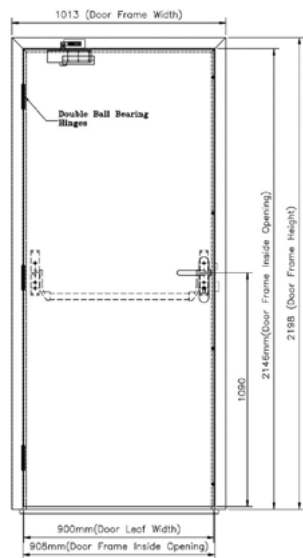


- Electrically driven
- Compact size
- High power density
- Variable flow rate control

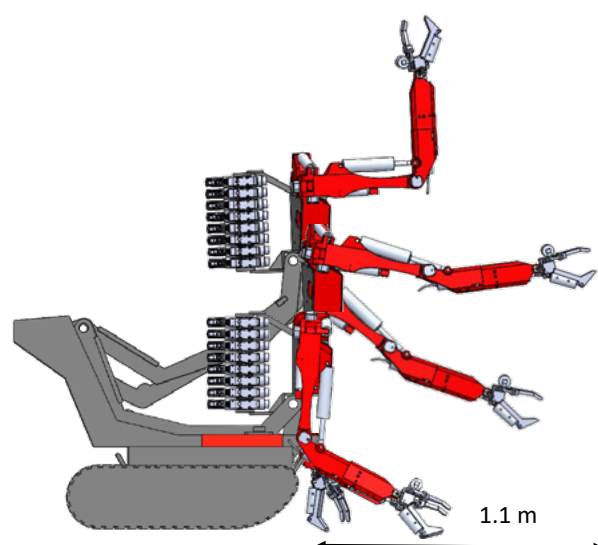
ARMstrong
Extreme Robotics Team

Size, workspace

4



Fire door width: < 800 mm



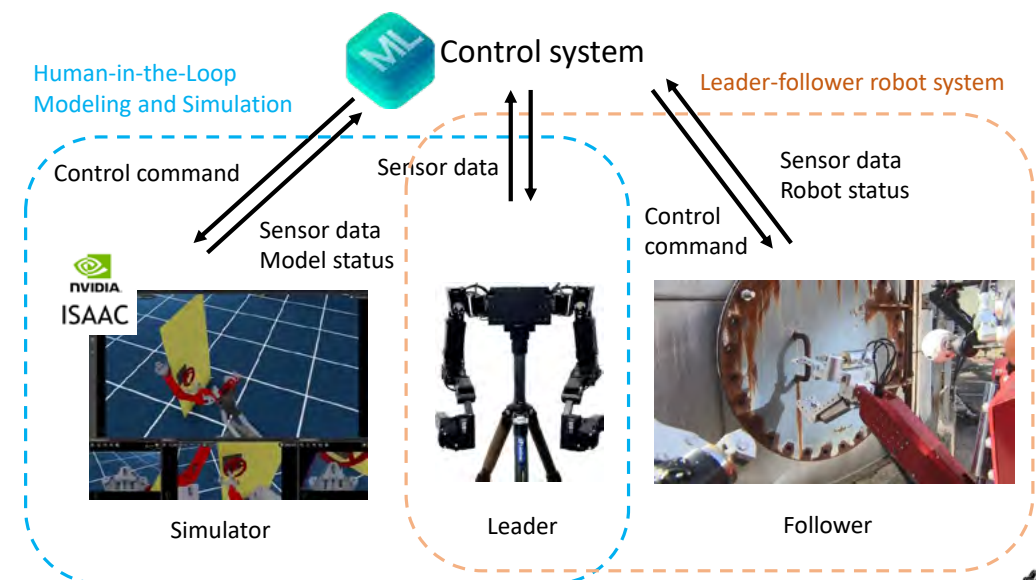
2.2 m

1.1 m

ARMstrong
Extreme Robotics Team

Control system

6



ARMstrong
Extreme Robotics Team

ARMstrong robot

7



Applications

- Valve control
- Connecting hoses
- Hazardous material handling
- Heavy weight lifting
- Assembly (from LAN cable to heavy pipes)
- Fire equipment control
- Construction tool handling
- Stacking bricks
- Debris removal
- Waste disposal
- General door open
- Dismantling
- Logistics



ARMstrong
Extreme Robotics Team

Item	Specification
Size	180 (L) x 70 (W) x 120 (H) cm
Weight	620 kg
Speed	6 km/h
Arm length	110 cm
Workspace	Height: 0~220 cm Width: 260 cm
Payload	200 kg = 100 kg x 2

상용툴 결합 메커니즘

임팩트 렌치 선정



Dewalt
브러쉬리스 미드토크
임팩트 렌치 (1/2인치)
DCF892

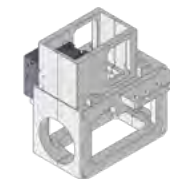
SPEC.		
Max RPM	[RPM]	2500RPM
Max Torque	[Nm]	조임 812 풀림 1084 > [1000]
Max hit per min	[IPM]	3250 IPM
Size (L * H)	[mm]	171 * 210 < [200x250]
Weight (w/o bat.)	[kg]	1.7 < [2]

트리거 방식



- 모터의 회전운동 → 트리거의 병진운동

마운트 설계



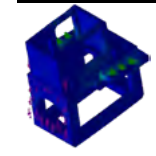
3D Modeling



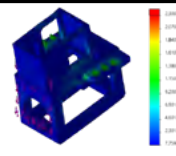
3D printed model

구조 해석

응력 해석



변형률 해석



- 응력 해석 결과 : 8.4Mpa (PLA 항복강도 13.1%)
- 변형률 해석 결과 : 최대 0.58mm (변형률 0.64)

ARMstrong
Extreme Robotics Team

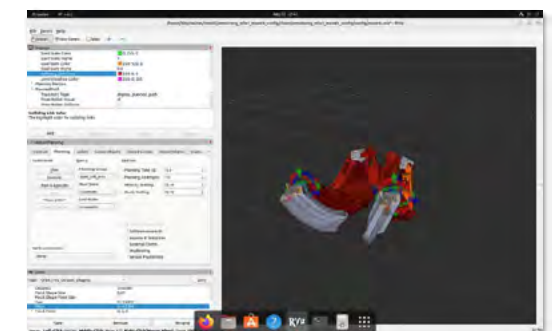
볼트체결작업

ARMstrong
Extreme Robotics Team

볼트 체결 작업용 마스터 유저인터페이스 개발



ARMstrong 마스터 유저 인터페이스



Motion Planning 용 인터페이스

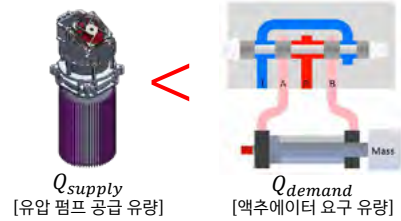
- 볼트 체결 로봇 및 상용툴 제어를 위한 마스터 유저 인터페이스
- 직관적 인터페이스, 실시간 모니터링 및 피드백
- 상용툴 직접 제어 및 pre-defined 작업 시퀀스
- 작업의 정밀도 향상과 사용자 경험 개선을 통한 작업 속도 증가

ARMstrong
Extreme Robotics Team

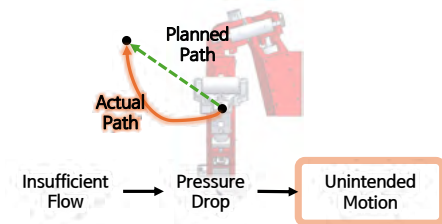
볼트 체결 작업을 위한 제어 알고리즘 개발

Flow Distributor

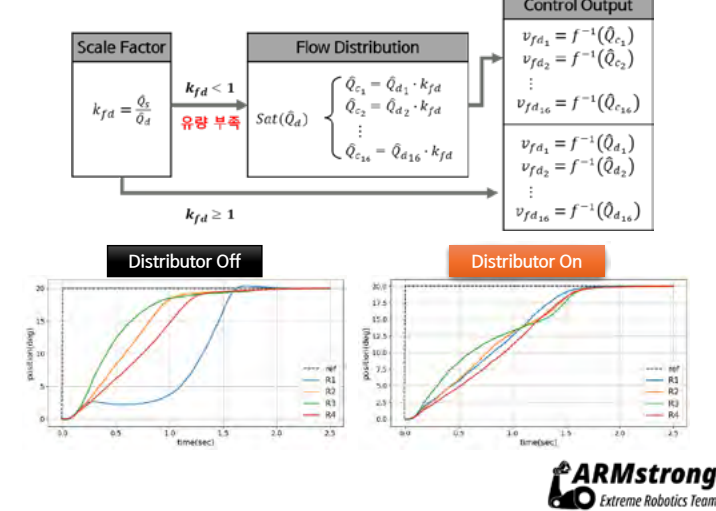
- 상용틀 작업시 유량 부족 상황



- 유량 부족 상황시 문제 발생

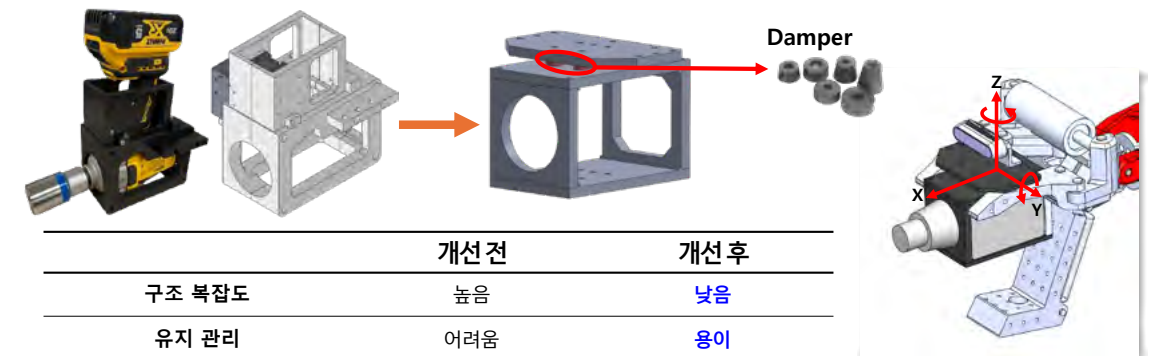


- 유량 분배 제어 알고리즘



볼트 체결작업 기술 신뢰성 향상 – 상용틀 체결 장치

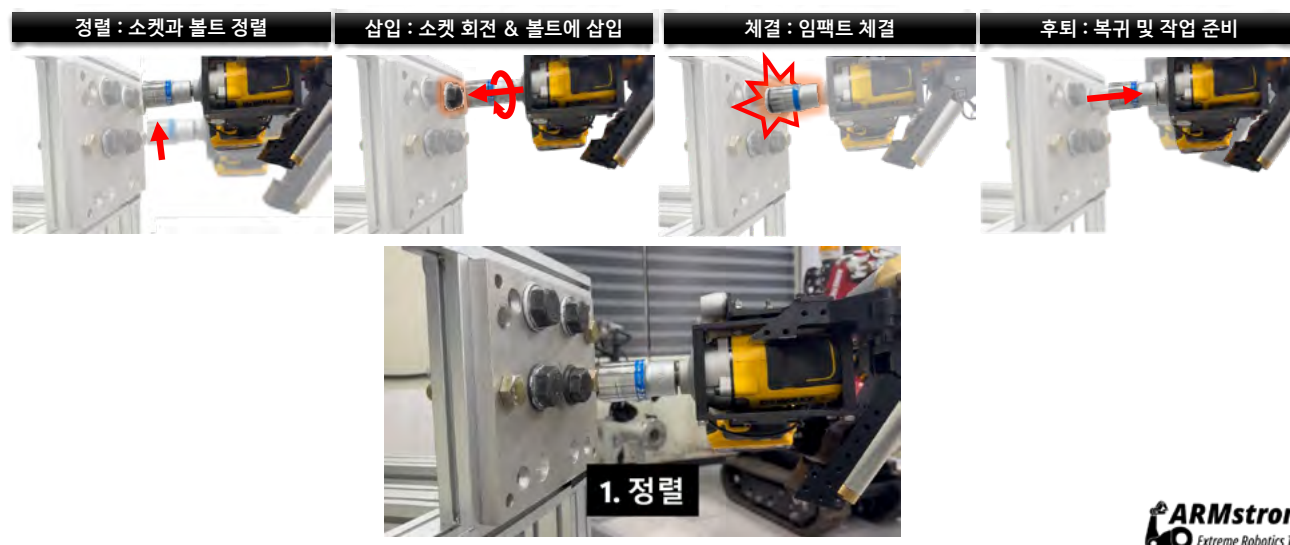
설계 개선



	개선 전	개선 후
구조 복잡도	높음	낮음
유지 관리	어려움	용이
비전 센서 확장	불가능	가능
Alignment Tolerance	X [mm]	1
	Y [mm]	1
	Pith, Yaw [deg]	3

볼트 체결작업 단위 기능별 성능시험 및 평가

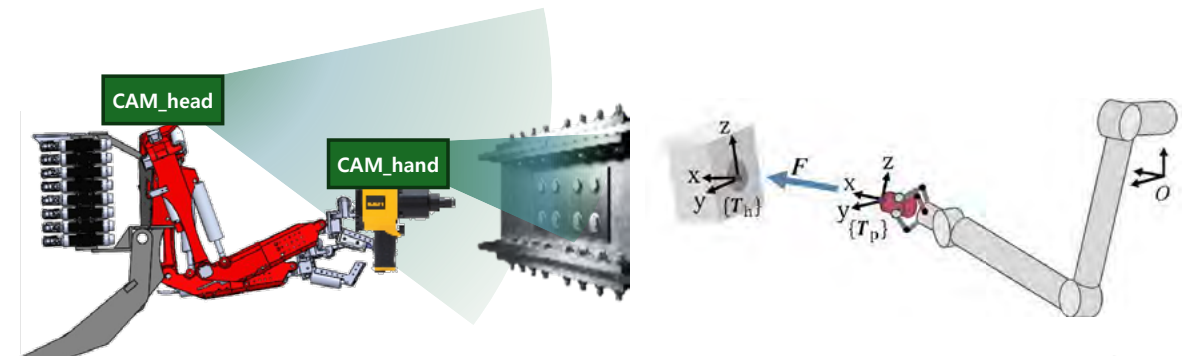
단위 기능 세분화



듀얼암 로봇의 통합 제어 알고리즘 개발 – 체결 작업 자동화

비전 기반 볼트 체결 자동화

1. 볼트 탐지	2. 볼트 자세 추정	3. 접근 및 정렬	4. 체결
- 볼트 객체 검출 - 고유 ID 할당	- Depth 기반 위치 추정 - SVD 기반 법선 벡터 계산	- 초기 접근 - SAM 기반 정밀 접근	- 접근 → 삽입 → 체결 → 후퇴 - 자가 정렬 회전 삽입



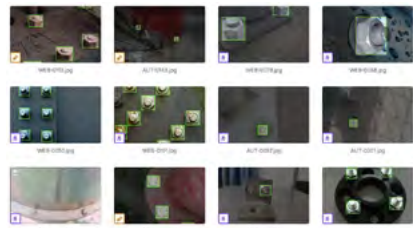
듀얼암 로봇의 통합 제어 알고리즘 개발 – 체결 작업 자동화

비전 기반 볼트 체결 자동화

1. 볼트 탐지	2. 볼트 자세 추정	3. 접근 및 정렬	4. 체결
- 볼트 객체 검출 - 고유 ID 할당	- Depth 기반 위치 추정 - SVD 기반 법선 벡터 계산	- 초기 접근 - SAM 기반 정밀 접근	- 접근 → 삽입 → 체결 → 후퇴 - 자가 정렬 회전 삽입

1. 볼트 객체 검출

- YOLOv12n Turbo
- Roboflow 공개 데이터셋으로 학습



2. 고유 ID 할당

- BoT-Sort 트래커 사용
- 볼트에 ID 할당

mAP@50	0.9103
Precision	0.8976
Recall	0.8625
Speed (RTX3090Ti)	5.5 [ms]



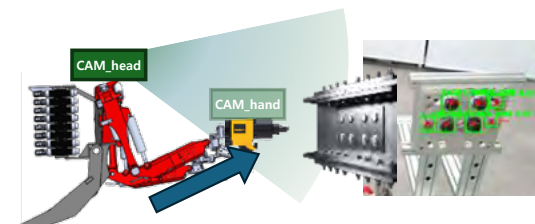
듀얼암 로봇의 통합 제어 알고리즘 개발 – 체결 작업 자동화

비전 기반 볼트 체결 자동화

1. 볼트 탐지	2. 볼트 자세 추정	3. 접근 및 정렬	4. 체결
- 볼트 객체 검출 - 고유 ID 할당	- Depth 기반 위치 추정 - SVD 기반 법선 벡터 계산	- 초기 접근 - SAM 기반 정밀 접근	- 접근 → 삽입 → 체결 → 후퇴 - 자가 정렬 회전 삽입

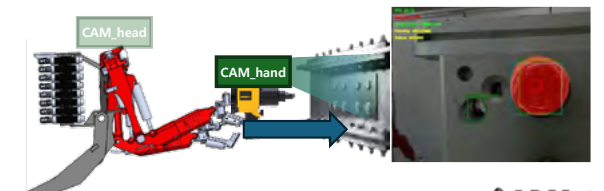
1. 1차 정렬 (초기 정렬)

- 헤드카메라 이미지 사용
- 넓은 영역의 볼트 검출 및 자세 추정
- 목표 볼트 근처로 엔드이펙터 이동



3. 볼트 자세 추정

- 핸드카메라 이미지 사용
- 이미지 영역 기반 거리 추정
- 핸드카메라 렌즈와 볼트 정렬



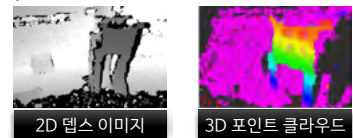
듀얼암 로봇의 통합 제어 알고리즘 개발 – 체결 작업 자동화

비전 기반 볼트 체결 자동화

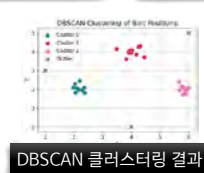
1. 볼트 탐지	2. 볼트 자세 추정	3. 접근 및 정렬	4. 체결
- 볼트 객체 검출 - 고유 ID 할당	- Depth 기반 위치 추정 - SVD 기반 법선 벡터 계산	- 초기 접근 - SAM 기반 정밀 접근	- 접근 → 삽입 → 체결 → 후퇴 - 자가 정렬 회전 삽입

1. 볼트 위치 추정 (Depth 기반)

- Depth → 포인트클라우드 변환 → 위치 정보 추출



2. 그룹화



3. 볼트 자세 추정

- SVD 활용 포인트 선정 및 볼트 자세 결정

그룹 내 볼트 3개 이상

- 각 볼트의 중심점 활용
- 그룹 내 볼트 : 같은 평면에 위치

그룹 내 볼트 3개 미만

- 볼트 주변 포인트클라우드 활용
- KD트리 기반 근접점 검색

- SVD 수행: $A = U\Sigma V^T$
- 법선벡터 추출: 최소 고유값에 해당하는 고유 벡터 선택
- Roll 0도 가정: 볼트의 회전 자유도 제한
- 볼트 자세 결정: 로봇 기준으로 Z축 정렬



통합 제어 알고리즘

볼트 체결 패턴 최적화

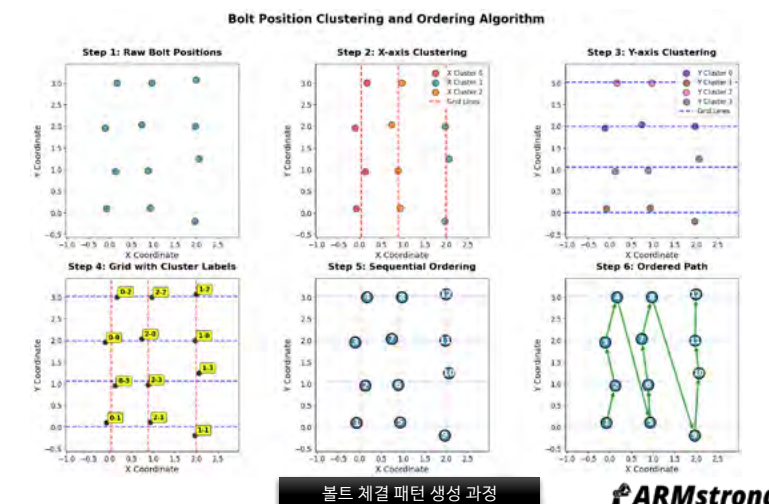
목적

- 여러 볼트를 연속으로 조일 경우의 행동 순서 최적화
- 불필요한 초기 자세 복귀 과정 생략
- 최적의 볼트 체결 순서 생성

방법

: 볼트 위치 측정 과정의 노이즈로 인해 손실된 격자 구조 복원

- 각 점의 x, y 좌표 분리
- 분리된 x, y 좌표 각각에 Kmean 군집화 수행
- 각 그룹의 중심점 결정
- 중심점을 기반으로 이상적인 격자 위치 결정
- 격자 순서에 맞춰 체결 순서 생성

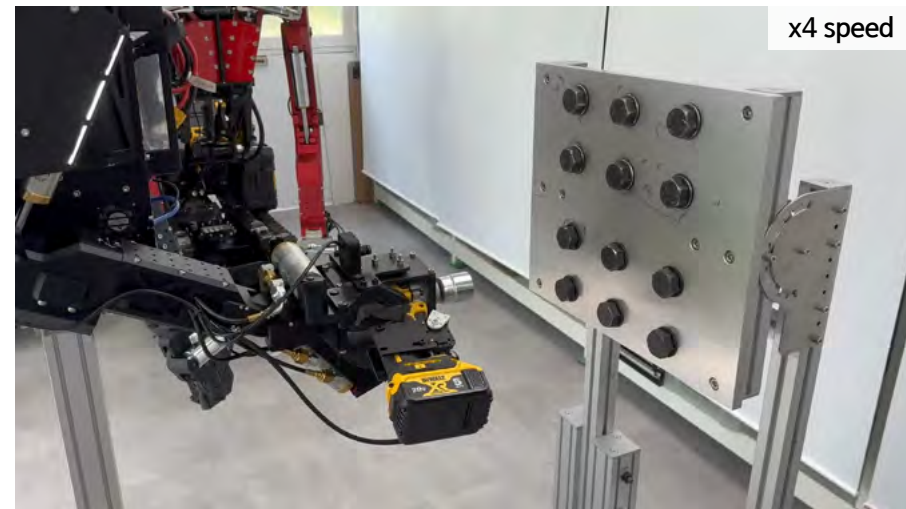


볼트 체결 패턴 생성 과정



통합 제어 알고리즘

최적화 패턴 적용 및 연속 체결 작업



ARMstrong
Extreme Robotics Team

삭초작업

ARMstrong
Extreme Robotics Team

요구사항

21

- 한국도로공사 요구 사항
 - 가드레일 하부 삭초



- 가려진 표지판의 식생 삭초



노견 삭초 작업 절차 및 환경 특성 분석 - 가드레일 규격

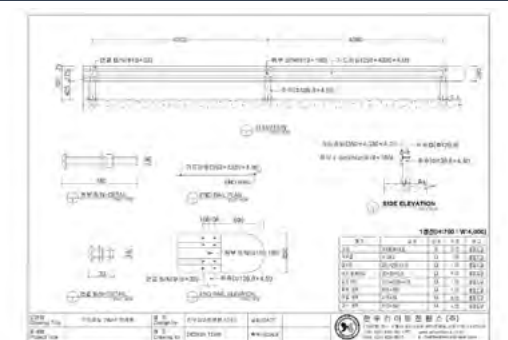
22

가드레일 규격

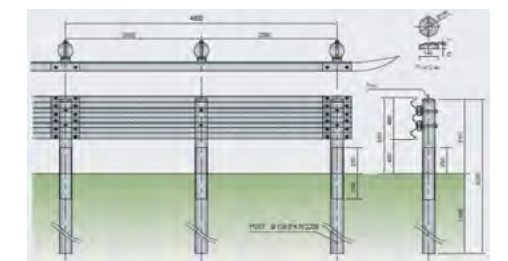
- 표준형 SB1등급 평지부
 - 규격 : 810(H) X 4000(W) mm
 - 지주 간격 : 4m
- 표준형 SB2등급 평지부
 - 규격 : 775(H) X 4000(W) mm
 - 지주 간격 : 4m
- 표준형 SB3등급 평지부
 - 규격 : 810(H) X 2000(W) mm
 - 지주 간격 : 2m

등 급	SB1	SB3
단 면 도		
적용구간	나들목 연결로	고속도로 본선

〈등급별 가드레일 규격〉



〈SB2 규격〉



〈SB3 규격〉

노건 삭초 작업 절차 및 환경 특성 분석 - 도로 표지판 설치 규정

23

도로 표지판 설치 규정

단주식 표지판

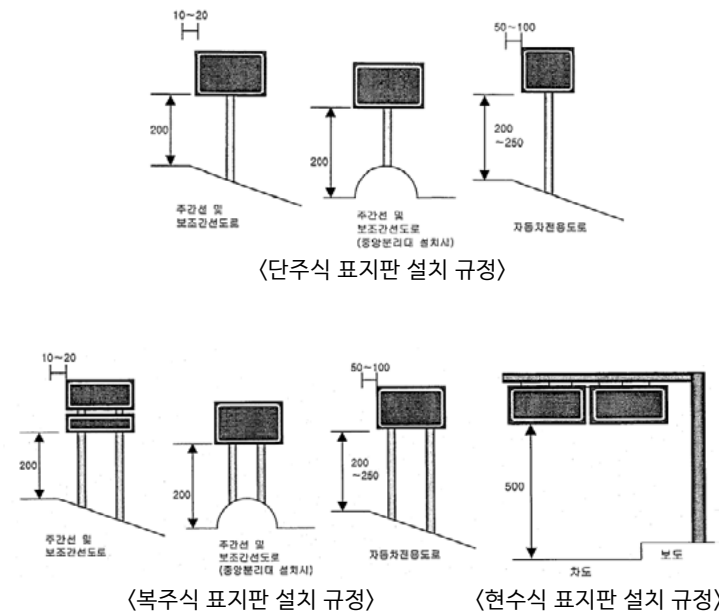
- 표지판을 하나의 기둥에 부착하여 도로의 가장자리, 보도에 설치
- 필요한 경우 추가적으로 도로의 중앙 또는 중앙분리대 등에 설치
- 지면으로부터 최소 2~2.5m 이상 떨어진 위치에 설치

복주식 표지판

- 표지판을 두 개의 기둥에 부착하여 도로의 가장자리, 보도에 설치
- 지면으로부터 최소 2~2.5m 이상 떨어진 위치에 설치

현수식 표지판

- 도로 상부 공간을 활용, 안전성과 시야 확보를 고려해 설치
- (기본 설치 높이) 4.5m, (시공 고려) 5m 높이에 설치



삭초 어태치먼트 메커니즘 설계 - 비정형 지형 대응 메커니즘

25

삭초기 인터페이스

- : 비정형 지형에 대응하며 로봇 팔과 삭초기를 고정
- 고르지 않은 지형이나 경사면에서도 안정적인 예초 성능 확보
- 피동적 기구 설계로 환경 적응성 향상



요구 조건

- 지면 추종 자유도 확보
 - : 외력에 의한 Pitch 방향 자유 운동
- 자동 복구 시스템
 - : 외력 제거 시 기준 위치 복귀
- 장애물 대응
 - : 소형 장애물 극복 성능 확보
- 시스템 단순화
 - : 메커니즘 복잡도를 최소화하여 고장률 감소 도모
- 경사 적응각
 - 대응 경사각 : 20° 이내
 - 커팅 평면 오차 : ±3°

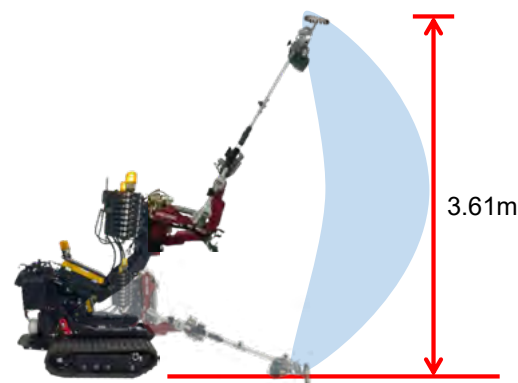
워크스페이스

24

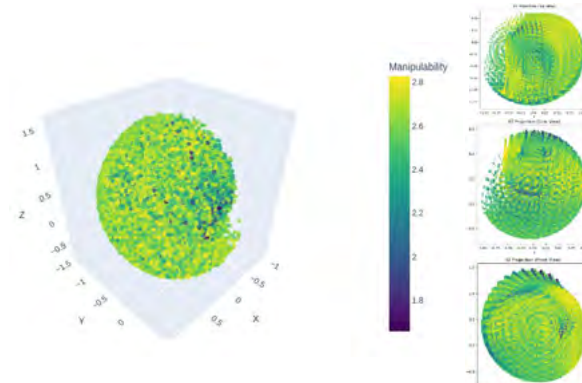
워크 스페이스

로봇 삭초 워크스페이스

- 로봇팔 길이 및 예초기 길이, 회전 범위를 고려한 최대 작업 높이는 3.61m
- 일반적으로 도로에 비치된 단주식·복주식 표지판을 가리는 식생 제거 가능



〈로봇 삭초 워크스페이스〉



〈로봇 삭초 워크스페이스 분석〉

도로 유지보수 로봇

26

기계화 장비를 보조하는 휴머노이드 로봇

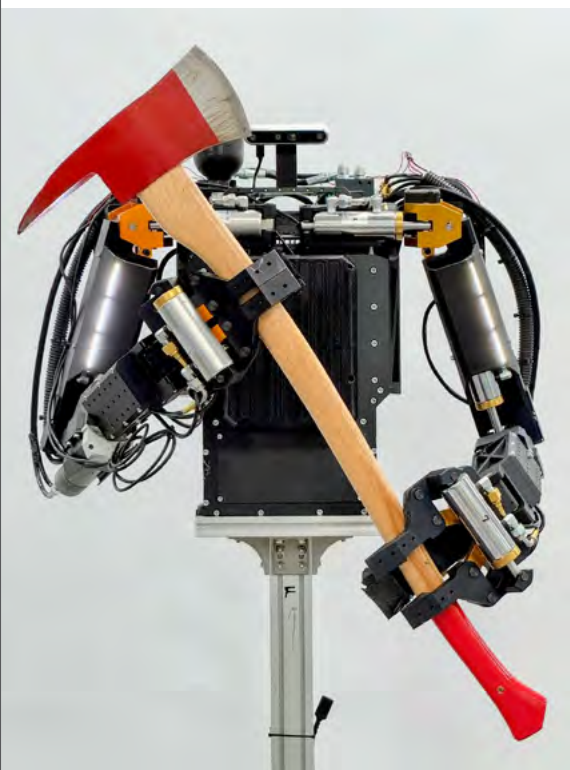
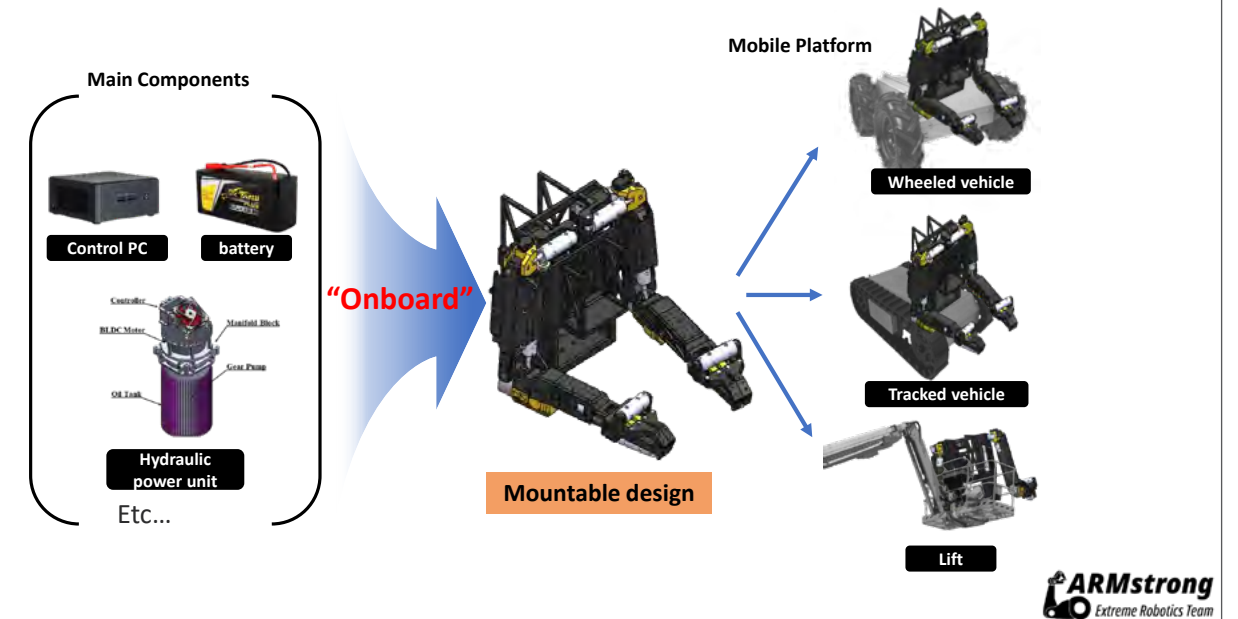


- 기계화 장비가 접근하지 못하는 영역 처리

Next Step

Mountable design

29

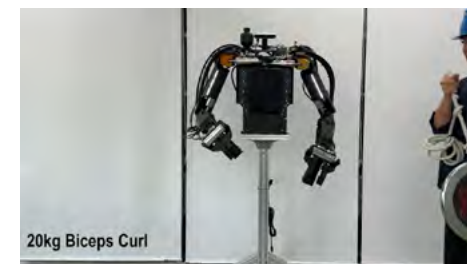


ARMstrong Dex (Accident Response Manipulator)

ARMstrong Dex Extreme Test

30

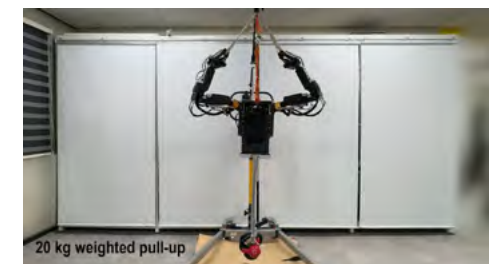
40 kg Biceps Curl test



500ml Water bottle throwing test



20kg Weighted Two-Arm Sling Pull-Up

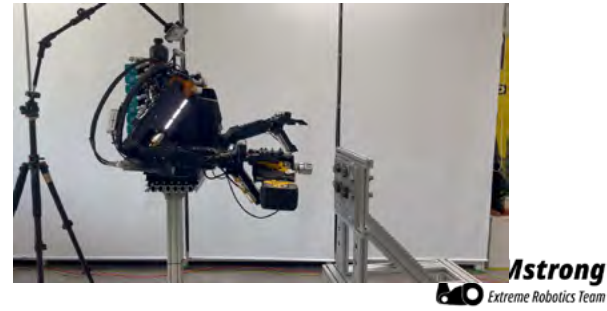


Sawing a thick wood beam (40 x 90 mm)



Long-distance teleoperation test

- 2025 IEEE World Haptics Conference (25.7.9)
- Remote communication
 - Suwon Convention Center ↔ KAERI (Daejeon)
 - Direct distance: **100.0 km**
- Network: KT 5G
- System
 - Leader: KAIST, dual arm robot
 - Follower: KAERI, ARMstrong dex
- Task: Bolt Fastening



03

교량 원격시공을 위한 로봇틱스
(기술 개발 사례)

이상윤 | 한국건설기술연구원 구조연구본부 연구위원



Thank you

Jongwon Park, jwpark@kaeri.re.kr
Korea Atomic Energy Research Institute



교량
원격시공을 위한
로보틱스
(기술 개발 사례)

한국건설기술연구원
연구위원
이상윤

개발 배경

SCX 스마트건설·안전·AI 엑스포

교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

배경 / 고령화

건설기능인력 연령대비별 구성비 (2001~2023)

개발 배경

※ 출처: 건설근로자공제회 조사연구센터, 건설기술 및 건설기능인력 동향, 2024.10.

교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

배경 / 건설업 산업재해

근로자 10만명 당 사고 사망자 수

개발 배경

2017년 OECD 회원국 전체산업 근로자 10만명당 사고사망자 수

건설산업: OECD 1위 (한국, 25.45)

전체산업: OECD 5위 (한국, 8.61)

※ 출처: 국가통계포털(kosis.kr)

교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

개발 배경

배경/ 건설업 산업재해

교량용 거더 거치 작업



※ 출처: "교량 전문가 "시흥 교량 붕괴사고, 작업 미숙이 부른 人災", 대한경제, 2024.5.10.

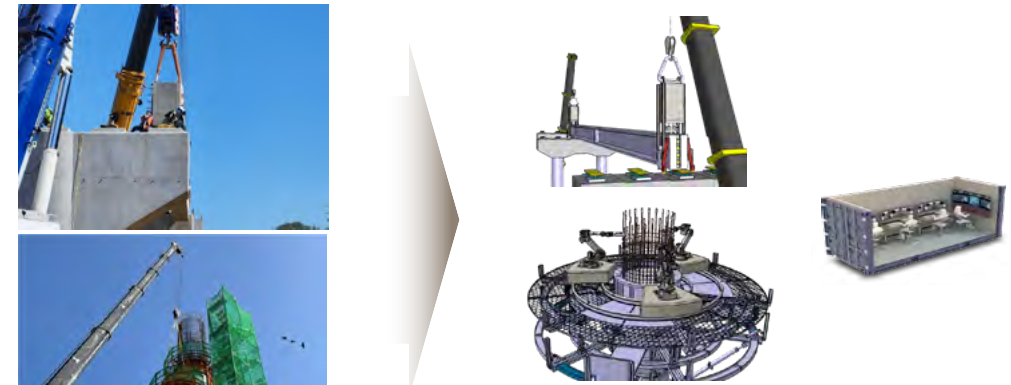
교량 원격시공을 위한 자동화 로봇릭스 (기술개발 사례)

5

개발 배경

기술 개발 방향

대표적인 고위험 작업의 무인화(현장 작업자 대체)



교량 원격시공

교량 원격시공을 위한 자동화 로봇릭스 (기술개발 사례)

7

개발 배경

배경/ 건설업 산업재해

현장타설 교각 시공 작업

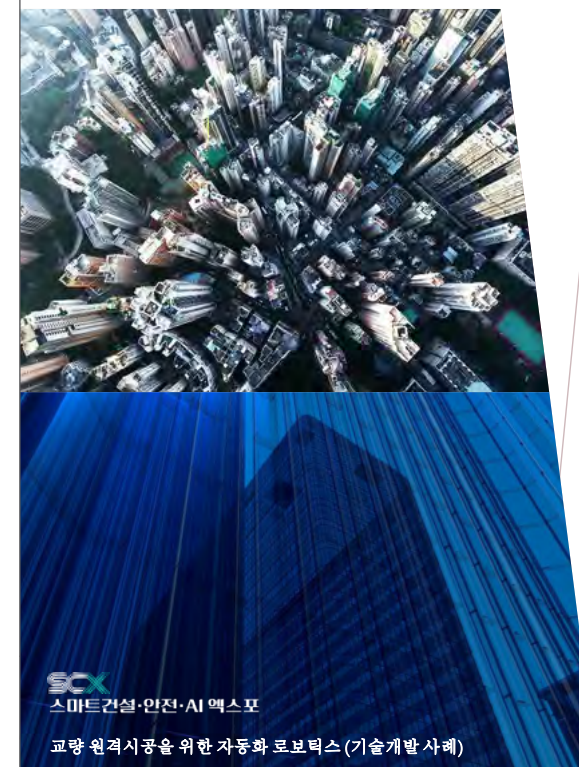
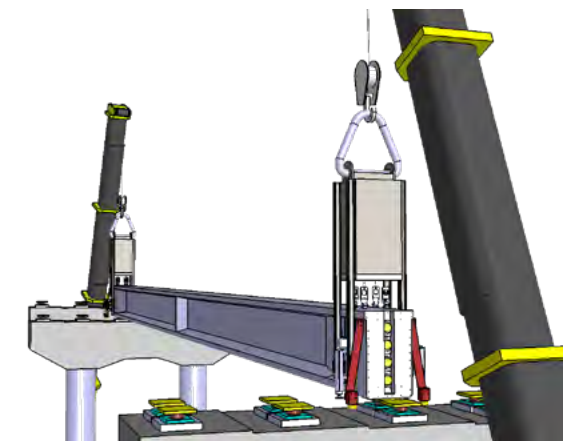


※ 출처: <https://kdoyoung.tistory.com>

교량 원격시공을 위한 자동화 로봇릭스 (기술개발 사례)

6

교량 거더 원격거치 기술

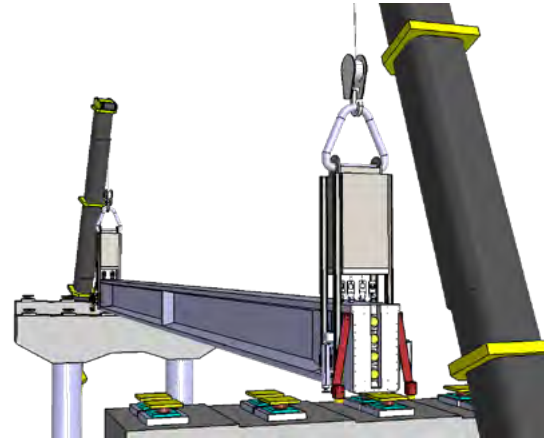


SCX 스마트건설·안전·AI 엑스포

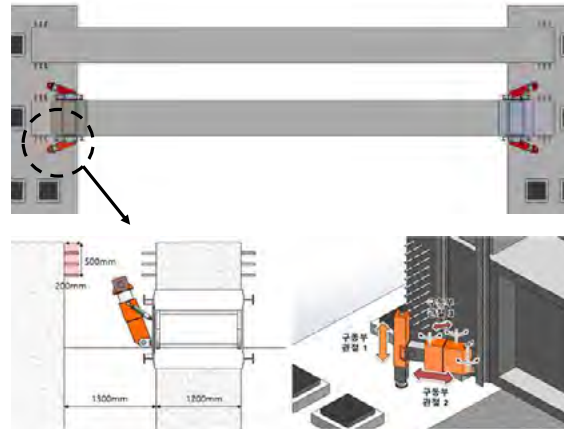
교량 원격시공을 위한 자동화 로봇릭스 (기술개발 사례)

8

기술의 개요



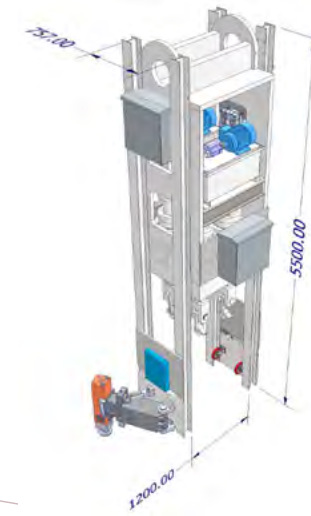
교량 거더 원격거치 기술



교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

9

주요 기능



- 위치 확인
- 위치 조정/유지
- 마찰력(다리)
- 거더 인양 & 높이 조정
- 거더-로봇 체결 & 자동풀림



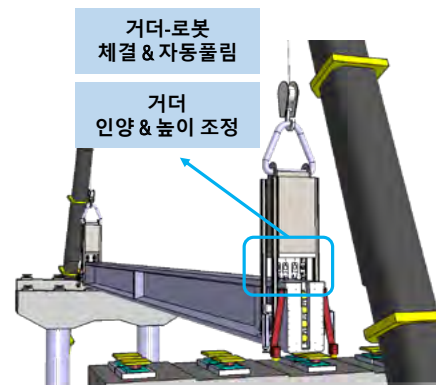
교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

11

주요 기능



교량 거더 원격거치 기술



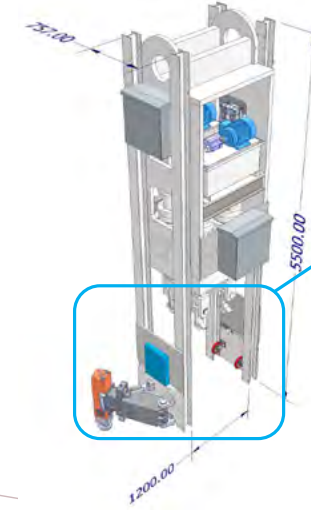
- 위치 확인
- 위치 조정/유지
- 마찰력(다리)

- 거더-로봇 체결 & 자동풀림
- 거더 인양 & 높이 조정

교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

10

주요 기능



- 위치 확인
- 위치 조정/유지
- 마찰력(다리)
- 거더 인양 & 높이 조정
- 거더-로봇 체결 & 자동풀림

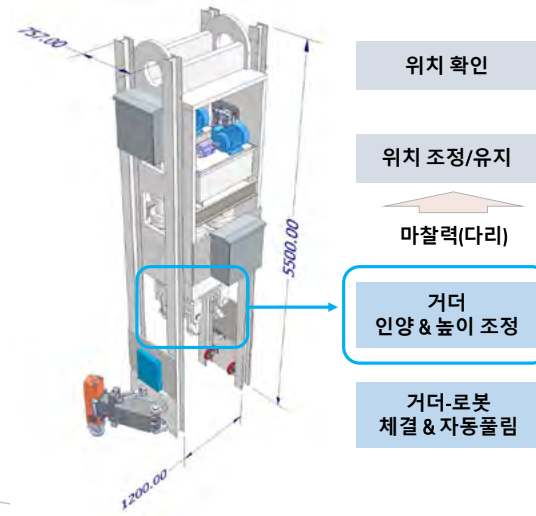


교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

12

교량 거더 원격거치 기술

주요 기능



교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

13

교량 거더 원격거치 기술

현장 시험적용

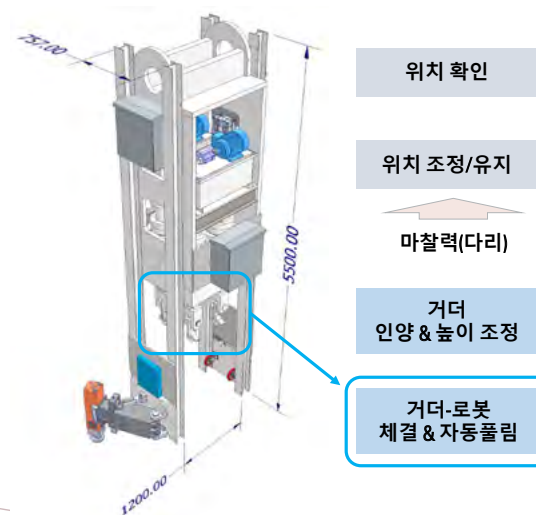


교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

15

교량 거더 원격거치 기술

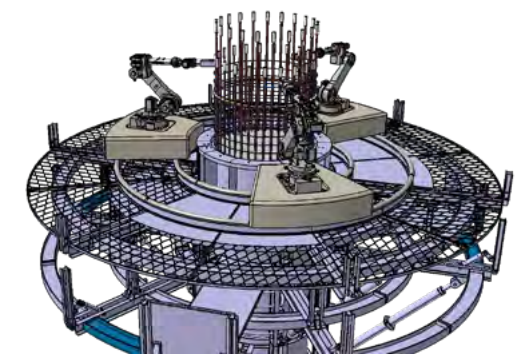
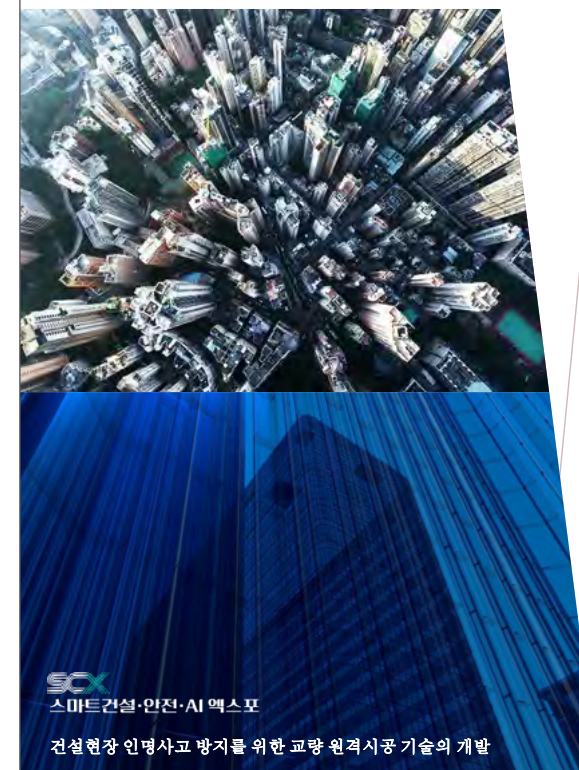
주요 기능



교량 원격시공을 위한 자동화 로보틱스 (기술개발 사례)

14

교각 원격시공 기술



16

교각 원격시공 기술

기술의 개요



교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

17

주요 기능



콘크리트타설
(바이브레이팅)

철근 조립

거푸집
설치/해체

작업대
설치/해체

현황 모니터링

원격 제어



교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

19

교각 원격시공 기술

주요 기능



철근 조립

콘크리트타설
(바이브레이팅)

거푸집
설치/해체

작업대
설치/해체



현황 모니터링

원격 제어

교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

18

주요 기능



콘크리트타설
(바이브레이팅)

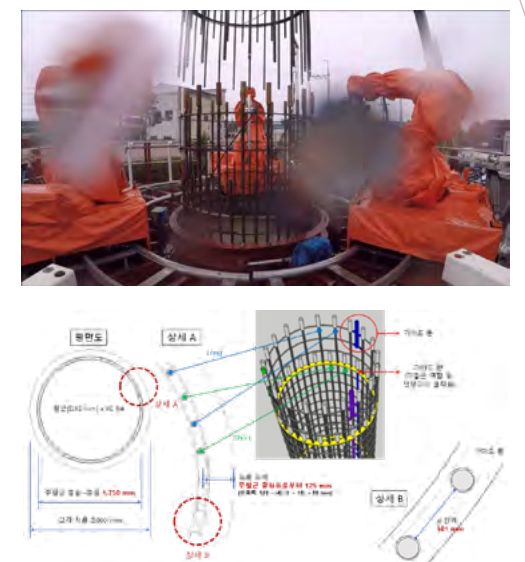
철근 조립

거푸집
설치/해체

작업대
설치/해체

현황 모니터링

원격 제어



교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

20

교각 원격시공 기술

주요 기능



- 콘크리트타설 (바이브레이팅)
- 철근 조립
- 거푸집 설치/해체
- 작업대 설치/해체
- 현황 모니터링
- 원격 제어

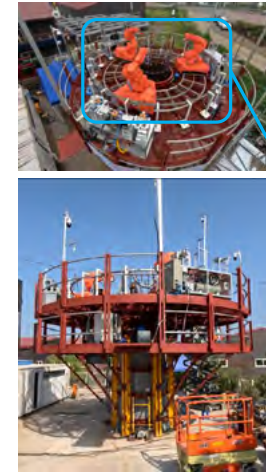


교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

21

교각 원격시공 기술

주요 기능



- 콘크리트타설 (바이브레이팅)
- 철근 조립
- 거푸집 설치/해체
- 작업대 설치/해체
- 현황 모니터링
- 원격 제어

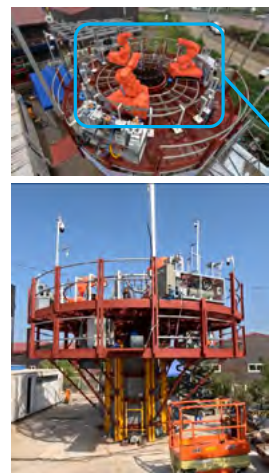


교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

23

교각 원격시공 기술

주요 기능



- 콘크리트타설 (바이브레이팅)
- 철근 조립
- 거푸집 설치/해체
- 작업대 설치/해체
- 현황 모니터링
- 원격 제어

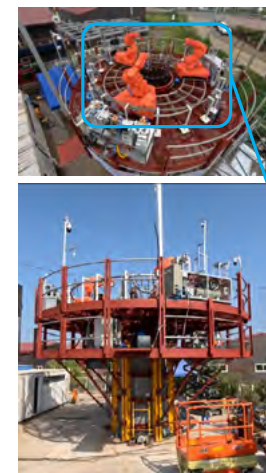


교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

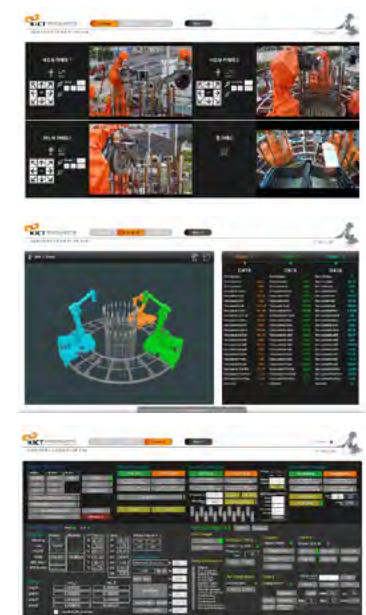
22

교각 원격시공 기술

주요 기능



- 콘크리트타설 (바이브레이팅)
- 철근 조립
- 거푸집 설치/해체
- 작업대 설치/해체
- 현황 모니터링
- 원격 제어



교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

24

주요 기능



콘크리트타설
(바이브레이팅)

철근 조립

거푸집
설치/해체

작업대
설치/해체

현황 모니터링

원격 제어



교각 원격시공 기술

교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

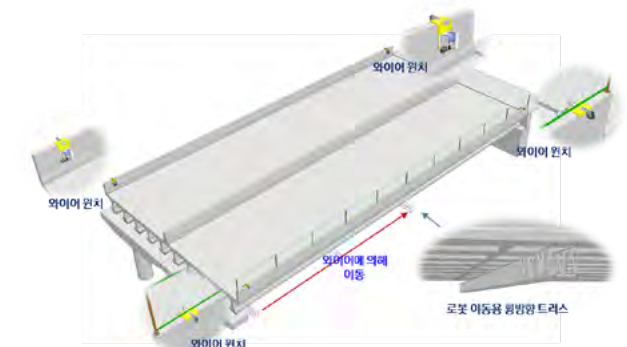
25



SCX
스마트건설·안전·AI 엑스포

교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

마치며...



27

적용 사례 (TESTBED)



교각 원격시공 기술

교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)

26



SCX
스마트건설·안전·AI 엑스포

교량 원격시공을 위한 자동화 로봇틱스 (기술개발 사례)



건설 로봇...

- ✓ 현장의 기대를 충족시키기까지 시간이 좀 더 필요하지만...
- ✓ 위험하고, 접근할 수 없는 작업을 위한 최선의 대안

28



04

AI기반 차량형 로보틱스 도로파손 탐지 시스템, 로드와치 (Road Watch) 개발

조준상 | 한국도로공사 디지털융합연구실 연구위원

함께하는 R&D, 내 삶을 바꾸는 플랫폼 고속도로

ex 한국도로공사

AI기반 차량형 로봇릭스 도로파손 탐지 시스템, 로드와치(Road Watch) 개발

2025. 11

한국도로공사 도로교통연구원 연구위원

조 준 상

목 차

ex 한국도로공사 2

1. 배 경
2. 시스템 개발 및 점검체계
3. 연구 진행 현황
4. 대내외 기술 확산
5. 주요 성과
6. 마 무 리

1 국민생명을 위협하는 도로파손 및 도로숯음



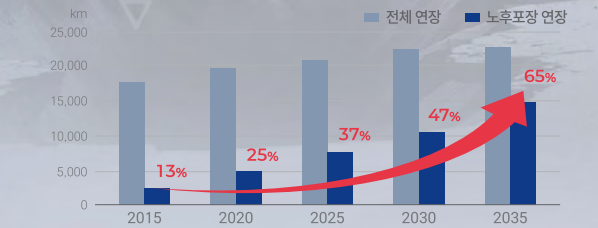
도로 노후화와 이상 기후에 따른
도로파손 및 피해액 급격히 증가



포트홀 : 평택 39번 국도('18.6) / 블로우업 : 미국 미주리주('25.6)

- 도로파손 및 숯음으로 운전자 사망 사고 등 대형사고 유발
- 고속주행 환경에서의 인력점검은 기술적, 구조적 한계 봉착

고속도로 포장 노후화 (향후 10년간 77% 증가), 도로처



도로파손 피해액 증가 (최근 3년간 40.3억원)

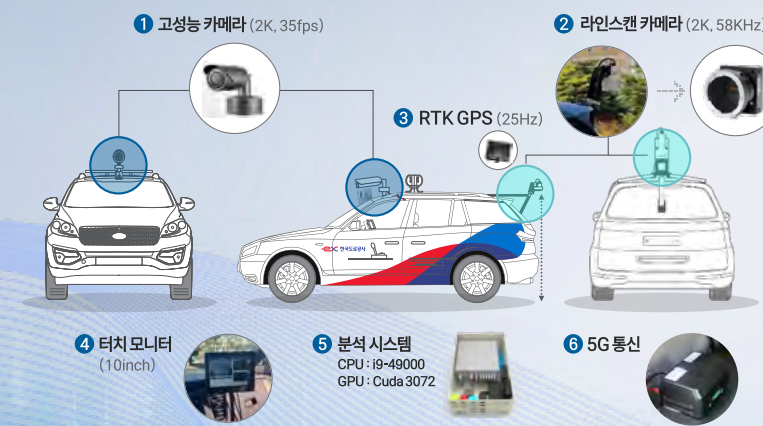


DX·AX 전환을 통한 근본적인 시스템 변화 요구

2 로드와치 시스템 개발

ex 한국도로공사 4

고속도로를 고속주행(100km/hr)하며 영상 데이터 시분석 탐지모델을 이용하여 도로파손, 응력완화줄눈, 도로포장 외관광도를 자동 생성하는 **도로파손 및 줄눈 자동탐지 조사장비(로드와치) 시스템 개발**

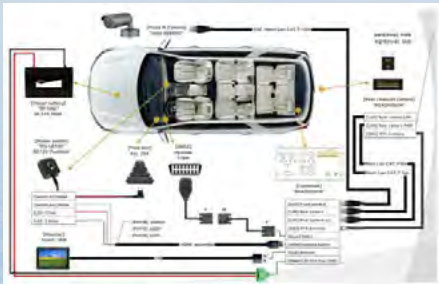


2 시스템 구성체계

시스템 제어 및 통합운영시스템

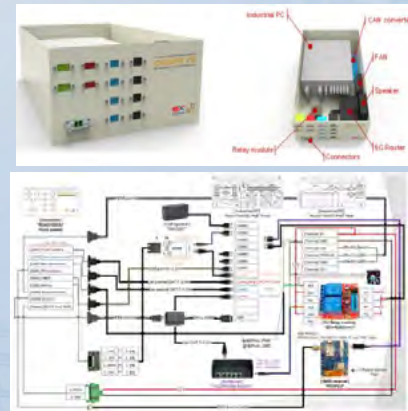
조사장비 내부 시스템 설계

- 산업용 표준 인터페이스 사용
 - 전방 카메라(실시간 탐지, 도로파임)
 - 후방 라인 스캔 카메라(응력 완화 줄눈)
 - RTK GPS(위치 정보) / 5G 라우터(데이터 전송)
 - OBD2(차량 속도 측정)



통합운영체계 하드웨어 설계 및 제작

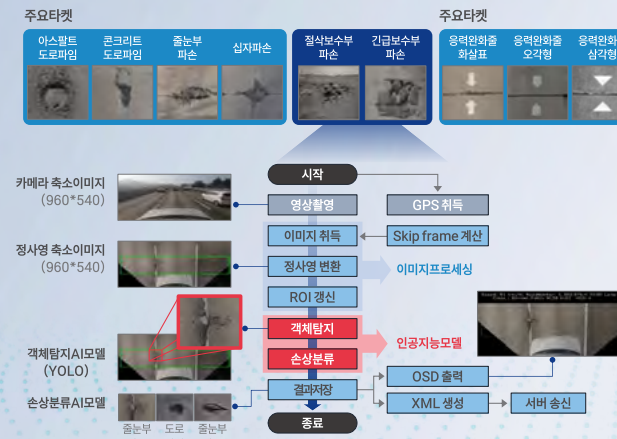
- 분석 PC 인공지능에 최적화된 산업용 컴퓨터 설계
- 5G 기술을 활용한 본부, 지사와 실시간 통신



2 고성능 인공지능 탐지모델 개발

도로파손 현장학습 데이터를 통한 탐지모델 개발

- 한국도로공사 + 한국지능정보사회진흥원(NIA) 협업을 통한 25만건 이상의 학습데이터를 통한 인공지능 탐지모델 개발



시험지사 검증을 통한 공인기관 성능인증

도로파손 정확도
도로파손 90% 이상,
긴급파손 95% 이상
줄눈탐지 97% 이상

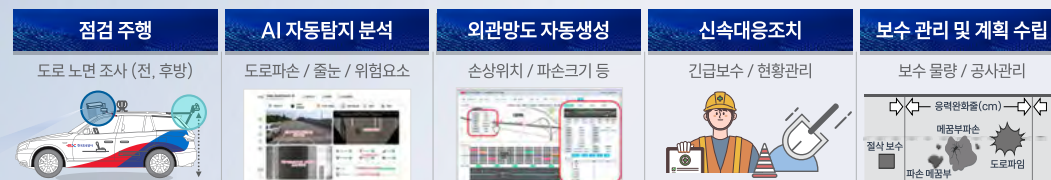
등급	탐지건수	정탐	정밀도
긴급	19	19	100%
위험	5,480	5,434	99.16%
후보	3,373	3,267	96.86%
합계	8,872	8,720	98.29%

공인기관
시험성적 획득
KCL,
(한국건설생활환경시험연구원)



2 상시적인 도로포장 유지관리 점검체계

상시적인 유지관리 점검체계 구축

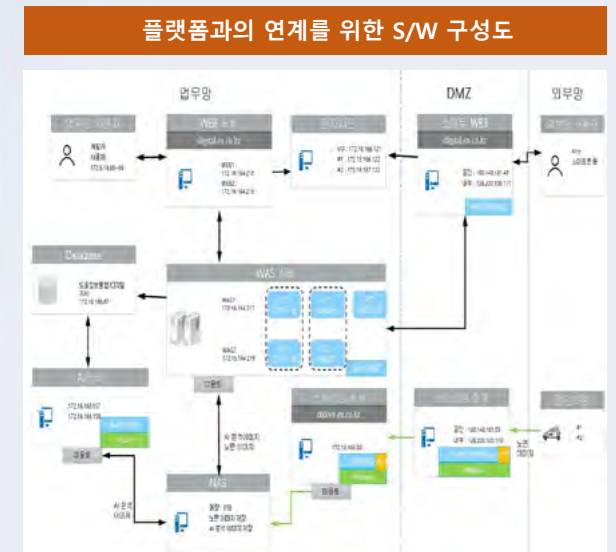
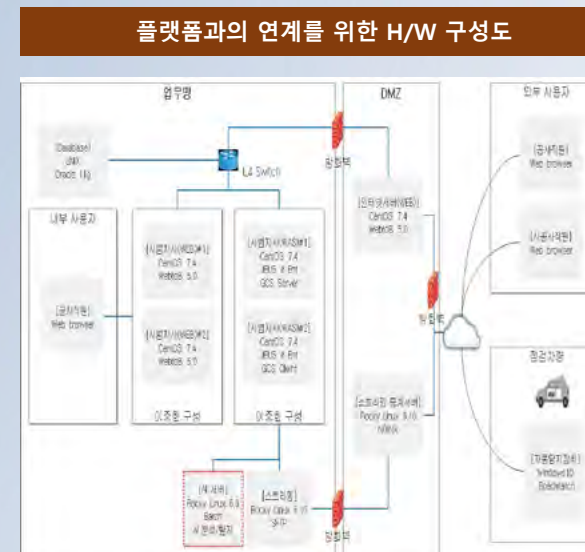


핵심기능 및 특징



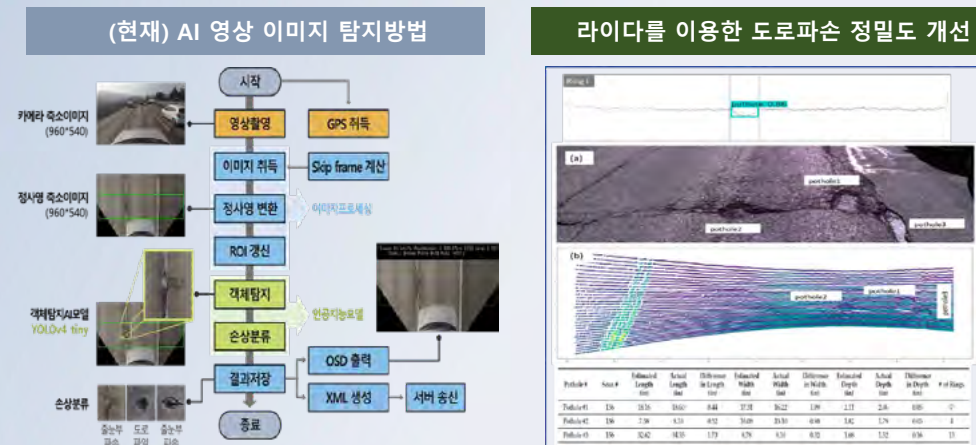
2 도로공사 플랫폼과의 연계체계

플랫폼과의 H/W 및 S/W 연계 구성체계



3 복합센서를 이용한 정밀도 향상

라이다 및 이미지 센서를 활용한 파손깊이 및 보수물량 정확도 향상



- 라이다 포인트 클라우드와 영상데이터를 결합한 CNN, PointNet 기법 적용
- 이동식 라이다 시스템(Mobile LiDAR System)과 RTK GPS를 활용한 위치정보 획득

3 AI분석을 이용한 도로파손 예측 모델 제시

복합 데이터 분석을 통한 아스팔트포장 및 콘크리트 포장의 도로파손 예측모델 제시

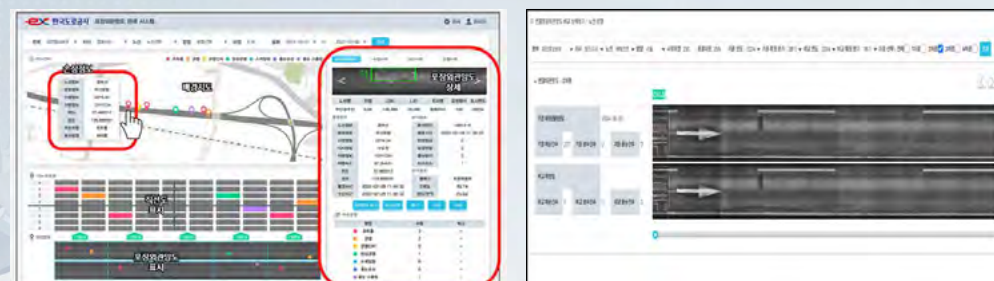


- 장기적인 분기별 도로파손 학습데이터를 통한 도로파손 예측모델 제시

3 디지털 포장외관망도 분기별 생성

디지털 도로포장 외관망도를 이용하여 분기별 손상도 및 변화율 분석

- 생성된 분기별 도로포장 외관망도 활용 포장 손상 비교 및 알고리즘 개발 (변화율분석) 동일구간에서의 손상유형 및 정도 변화비교
- 도로손상이 진행중 또는 악화 속도 파악 (추세예측) AI 기반의 예측모델을 사용하여 도로손상 패턴 예측 등



4 협업을 통한 59개 지자체 확대 도입

데이터 기반의 59개 지자체 도로 통합관리로 DX·AX 전환 선도

9개본부 59개 전지사 확대보급
無차단, 無정차 점검 수행



4 기술 패키징을 통한 대외기관으로 기술확산

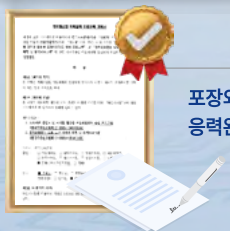
13

자체 기술 확보



특허 3건,
프로그램 7건,
상표권 2건,
등록안료

지적재산권 사용권 협약



협약서 체결

포장외관망도 생성 프로그램
응력완화줄눈 분석 프로그램

대외기관 기술확산



한국도로공사
55년 노하우

- ✓ 캄보디아 공공사업교통부 1대
- ✓ 국토안전관리원 2대

향후



국도, 지자체,
민자노선 등



해외사업
동반진출

기술 패키징화



장비제조



소프트웨어



엔지니어링

5 주요성과 및 기대효과

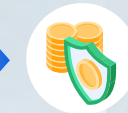
한국도로공사 15

AI 혁신으로 생산성 향상 / 우리 공사 55년 도로관리 노하우에 대한 DX·AX 전환 실현

안전한 도로 환경 조성



긴급파손
750건 조치완료
'25년 7월



피해배상액
18억 절감
'24년 대비

31억
'24.7
13억
'25.7

재무적 성 과

- ✓ 사망자수 감소 48.1억원
- ✓ 피해 보험금 감소 44.4억원
- ✓ 차단비용 감소 24.5억원

- ✓ AI 프로그램 기술료 14.6억원
- ✓ 인건비 감소 4.6억원

136.4억
/년 절감

기대 효과

데이터 기반의 59개 지자체
도로 통합관리로 DX·AX 전환 선도

프로그램 사용권 협약 및
기술 패키징화를 통한 기술 확산

정부의 세계 AI 3강 달성을 위한
도로분야 기술선도

5 주요언론, 학술발표, 국내외기관 시연 및 홍보

14

주요 언론 소개

SBS 방송 : AI 도로를 만나다



동아일보 : 고속도로 안전지키는 AI

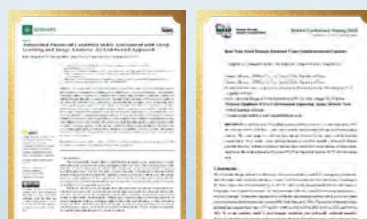


국내외 학회 발표

도로교통박람회 기초발표



SCIE 논문 및 국제학술발표 등



국내외 기관 시연회 및 홍보

주요연구성과 CEO 시연회



해외 공무원 기술 소개



Development of a Future-Oriented Road Watch System

데이터가 길을 읽고,
AI가 우리의 미래를 연다



05

건설 로봇 개발 사례

이성재 | 삼성물산 건설로보틱스 그룹 그룹장

건설 로봇 개발 사례

2025. 11. 6

삼성물산

Contents

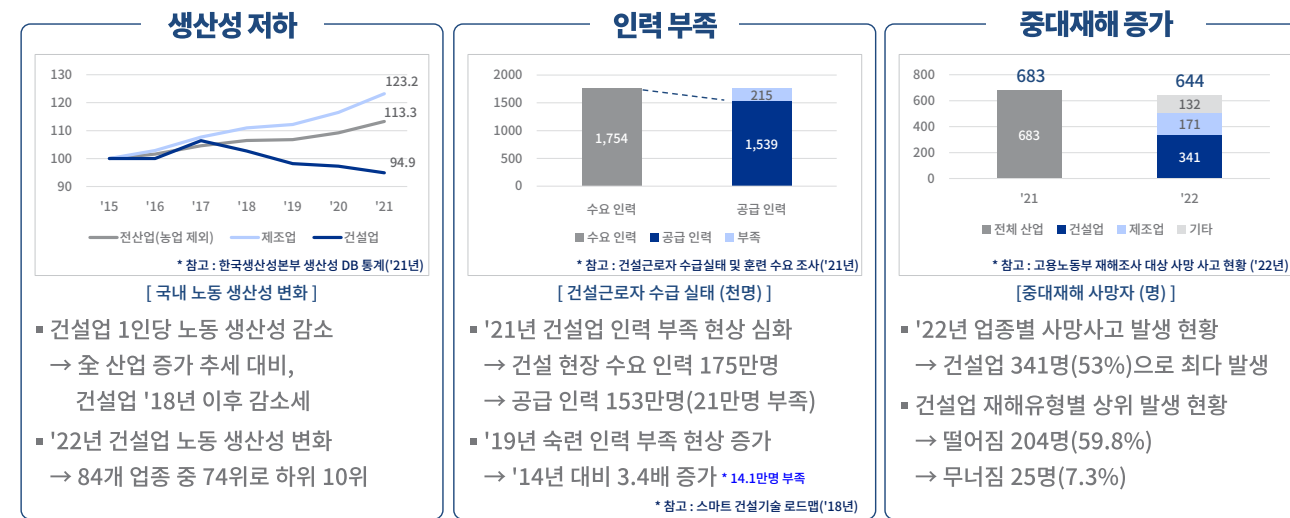
I. 개발 배경 및 현황

II. 개발 사례

III. 결론

I. 개발 배경 및 현황 I 개발 배경

시장/고객의 변화에 기인한 **건설 환경 변화**로 생산성 향상, 안전/품질 확보를 위한 **건설 로봇틱스 기술 개발 및 도입 필요성이 증대**



3

II. 개발 사례

5

I. 개발 배경 및 현황 I 개발 현황

'00년대 기술연구소 중심 **산업용 로봇** 활용한 건설 로봇 연구 개발 수행,
'19년 이후 전사, 사업부 단위 **로봇·자동화 조직 구성, 건설 로봇 개발 및 적용**



4

II. 개발 사례 I 1. 건설용 앵커 설치 로봇

드릴링, 펀칭, 너팅 앵커 설치 작업을 **자동화한 로봇**으로 고소, 반복, 위험 작업 저감

구분	1세대 ('19년)	2세대 ('20년)	3세대 소형 모델 ('21년)	4세대 실용화 모델 ('22~'23년)	4.1세대 실용화 모델 ('24~'25년)
장비 제원	 1.95m(W)*3.95m(D)*3.6m(H), 5.4ton	 2.2m(W)*4.4m(D)*4.2m(H), 6.5ton	 1.2m(W)*2.8m(D)*2.76m(H), 3.0ton	 1.0m(W)*2.3m(D)*2.3m(H), 2.2ton	 2.0m(W)*2.6m(D)*2.9m(H), 3.8ton
시공 자재	 Set Anchor 1/2"	 Set Anchor 1/2"	 Drop-In Anchor 3/8" (HDI-P Flush, TZ)	 Set Anchor, Wedge Anchor, Drop-In Anchor 1/2", 3/8"	 Set Anchor, Wedge Anchor, Drop-In Anchor 1/2", 3/8"
특징	- 최대 시공 높이 12m - AGV 수동 조작 - 하이테크 전기실 - 현장 Pilot Test를 통한 개선 필요	- 최대 시공 높이 12m - 자율주행 AGV / 절근 회피 / 안전 센서 - 하이테크 전기실 외 (CSF/FSF, 소방) - 일반 빌딩 공항, 전기/기계실 등	- 최대 시공 높이 5m - 절근 회피 기능, 수동 주행 - 일반 빌딩 오피스, 연구시설 등 - 주택 지하주차장 / 지하철, 터널 등	- 최대 시공 높이 5m - 구동부, 기구부 소형/경량화 - 필수 기술 적용 - 일반 빌딩/주택 등	- 최대 시공 높이 10m - 구동부, 기구부 소형/경량화/초고충화 - 상용화 확대 장비 - 초고소 물류 창고 및 반도체 공장 등

6

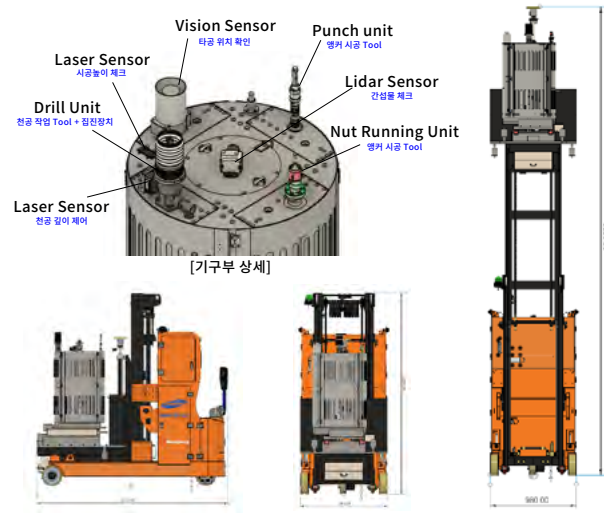
II. 개발 사례 | 1. 건설용 앵커 설치 로봇 ① 기술개요

적용 앵커 종류 확대, 생산성 및 작업 신뢰성 확보를 위한 기술 적용

로봇 제원

항 목	사 양
Size (mm)	1,000(W)x2,300(D)x2,300(H)
무게 (ton)	2.2
사용 앵커	3/8", 1/2" 드롭인 앵커 3/8", 1/2" 웨지 앵커
시공 높이	최저 2.3m / 최대 5.5m
사용 전원	AC 220V, 60Hz / 단상 / 콘센트 사용 (완충 시 6시간 운영 가능)
주요 기능	- 천장 간섭 사항 확인 - 자동 상승 높이 조절 - 현장 도면 기반 작업 위치 확인(RTS) - 드릴, 펀칭, 너팅 일괄 시공 - Tool Change

적용 기술

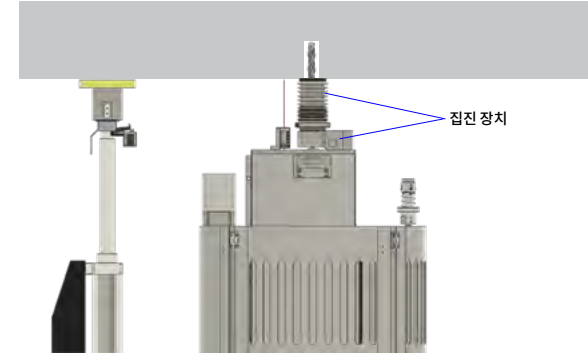


7

II. 개발 사례 | 1. 건설용 앵커 설치 로봇 ① 기술개요

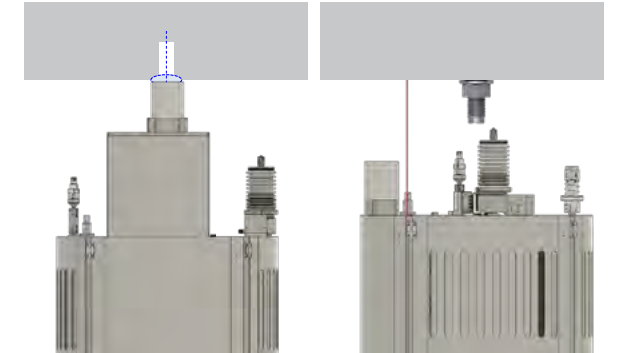
타공 깊이 제어 및 시공 품질 즉시 확인으로 작업 신뢰성 확보

타공 깊이 제어



- 레이저 변위 센서를 통한 타공 깊이 제어 가능
- 드릴링 시작 시 거리 측정 후 입력된 시공 깊이까지 작업하도록 제어
- 콘크리트 강도, 슬래브 타입에 상관없이 균일한 깊이로 타공 가능
- 집진 기능으로 작업 시 비산 분진 저감

시공 품질 확인



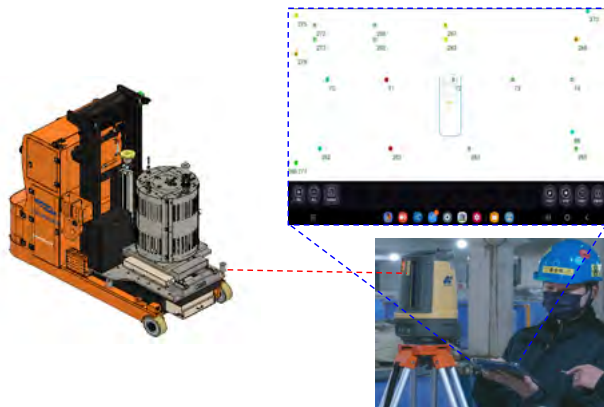
- 타공 후 정해진 위치 시공 여부 확인(비전 센서)
- 앵커 시공 완료 후 시공 품질 확인(레이저 변위 센서)
- 시공 후 천장과 앵커 높이 차로 근입 깊이 측정
- 측정값 저장 및 리포트화 가능

9

II. 개발 사례 | 1. 건설용 앵커 설치 로봇 ① 기술개요

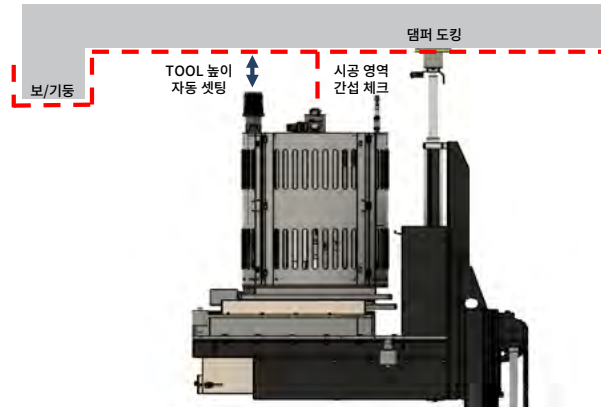
로봇 위치 자동 추출 및 작업 높이/영역 확인 기능 적용으로 작업 효율 증가

로봇 시공 위치 자동 추출



- 현장 도면 입력 및 RTS를 통한 시공 위치 자동 추출
- 태블릿과 연동하여 시공 영역 및 로봇 위치 확인 가능
- 시공/미시공 포인트 체크하여 확인 가능

작업 높이, 시공 영역 확인



- 시공 영역 내 간섭물 발생 시 시공 회피 후 미 시공 영역 통보
- 높이 측정 후 기구부 높이 및 이동 속도 가변 적용
- 앵커 시공 후 시공 깊이 측정하여 정상 시공 여부 확인(검측)

8

II. 개발 사례 | 1. 건설용 앵커 설치 로봇 ① 기술개요

작업 속도 증가 및 적용 앵커 다양화로 생산성/범용성 향상

전동 대차형 구동부

- 전동 대차형 구동부 적용
 - 조작 편의성 증가로 인한 작업 구역 접근 용이
 - 이동/상·하강 속도 증가로 생산성 향상
 - 고소 작업 및 운행 시 안전성 확보
 - 상부 덤퍼를 통한 전도 안전성 확보
 - 이동, 시공 간 시야 확보를 위한 여러운드류 적용



[협소 구간 작업]

[어라운드뷰 화면]

Tool Change

- 적용 앵커 범위 확대
 - 기구부 상단에서 분리/결합하는 방식 적용
 - 앵커 종류/크기별 Tool 제작으로 앵커 적용범위 확대
 - * 3/8", 1/2" 드롭인, 3/8", 1/2" 웨지 앵커 Tool 보유
 - 사용 빈도에 따라 추가 제작 예정
 - 앵커 종류 및 크기별 시공 레시피 보유
 - 간단 조작으로 레시피 변경 가능



[Punching Tool]

[Nutting Tool]

[Recipe 화면]

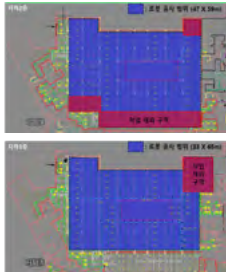
10

II. 개발 사례 | 1. 건설용 앵커 설치 로봇 ① 기술개요

현장 Pilot Test 및 지속적인 실증을 통해 문제점 개선 및 상용화 추진

현장 Pilot Test

- 부산 온천4 재개발 현장 Pilot Test 수행
 - 기간 : '23. 03. 13 ~ 03. 25 (12일간, W/D 기준)
 - 장소 : 부산 온천4 재개발 현장 211동 지하2, 3층
 - 지하주차장 스프링클러, 몰드바용 앵커 873포인트 시공
 - 인력 시공 대비 133%의 생산성 확인
 - 1일 400점 작업 기준, 일별 100 포인트 시공
 - 현장 시연회 및 생산성 분석을 통한 개선사항 발굴 및 완성도 제고



[Pilot Test 작업 구역]



[현장 시연회]

현장 실증 지속

- H社 신축 오피스텔 현장
 - 기간 : '23. 09. 04 ~ 09. 08 (5일간, W/D 기준)
 - 장소 : H社 신축 오피스텔 현장 지하 3층
 - 지하주차장 스프링클러, 몰드바용 앵커 189포인트 시공
 - 인력 시공 대비 116%의 생산성 확인
 - 현장 전야제 돌출 및 월간 건설 동으로 인한 시공 시간 지연 발생
 - 건설 로봇 기술 상호 이용의 일환으로 앵커 로봇 적용
- 이문1 재개발 아파트 현장 / 잠실 진주 재건축 현장
 - 기간 : '23. 10. 23 ~ 11. 03 / '24. 10. 08 ~ 10. 17
 - 다양한 앵커 적용으로 생산성 추가 검토
 - 현장 근로자 사용으로 추가 개선점 도출 및 로봇 작업 최적화 제고



[H社 현장 실증 구역]



[H社 현장 시연회]

11

II. 개발 사례 | 1. 건설용 앵커 설치 로봇 ② 소개영상



13

II. 개발 사례 | 1. 건설용 앵커 설치 로봇 ① 기술개요

앵커 설치 전 공정 로봇 공법 대체로 고소 작업 위험 최소화 및 생산성 향상

작업명	시공위치 확인	장비 이동	장비 상승/하강	앵커 드릴링 공정	앵커 삽입 공정	앵커 너팅 공정
As-is 인력 작업						
	먹줄 치기	상부 작업자 운전	작업자 운전	인력 작업(고소 작업)	인력 작업(고소 작업)	인력 작업(고소 작업)
To-be 로봇 작업						
	시공 좌표 확인	시공 위치 이동	시공 위치 상/하강	자동화 드릴링	자동화 앵커 삽입	자동화 앵커 너팅

12

II. 개발 사례 | 1. 건설용 앵커 설치 로봇 ③ 시공영상



14

II. 개발 사례 | 2. 현장 자재 운반 로봇

K-건설 대표 기업 협업을 통한 건설 로봇 공동 기술 개발 및 현장 적용 확산



건설 로봇은 일반 로봇과 달리 수요가 작고 생태계가 활성화되어 있지 않아
수요자인 건설회사가 개발을 주도해야 함



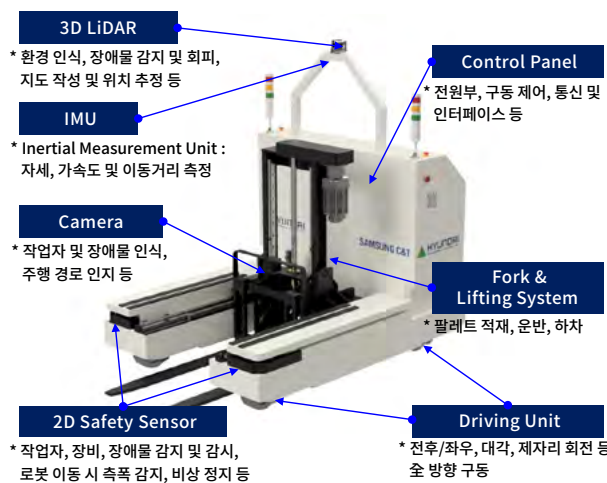
양사가 축적한 건설 현장 노하우 및 로봇 개발역량을
협업하여 실제 건설 환경에 최적화된 로봇 개발

15

II. 개발 사례 I 2. 현장 자재 운반 로봇 ① 기술 개요

복잡·가변적 건설 현장 환경 적응을 위한 기술 사양을 선정하여 시스템 구성

주요 제원		로봇 상세	
구분	내용		
크기 (m)	2.2(L) * 1.4(W) * 2.2(H)		
중량	1 ton		
허용 단차 / 경사도	35mm / 10°		
양중 하중	500kg (Max)		
LiDAR 정밀도	±50mm		
주행 속도	최대 1m/s (4-Wheel 구동 방식)		
통신방식	WiFi		
가동 시간	6~8시간		
충전 시간	완충 2.5시간 내 (급속 충전방식)		



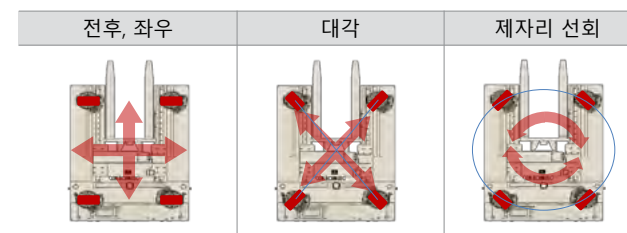
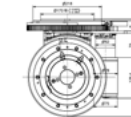
16

II. 개발 사례 I 2. 현장 자재 운반 로봇 ① 기술 개요

열악한 주행 환경 극복을 위한 주행 메커니즘 및 대상물 인식, 장애물 감지를 위한 기술

4-Wheel 메커니즘

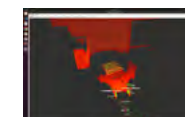
- 현장 내 요철 및 경사 극복을 위한 4-Wheel 기술
 - 전방향 주행을 위한 조향, 구동 모터 동시 제어
 - 건설 현장 바닥 단차, 경사면 주행을 위한 Wheel 구조 적용
 - QD Type 기구학 해석
 - * Quad-Drive



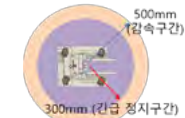
[3자유도 로봇 조향 구동 방식]

인식 및 Safety

- 다종 팔레트 및 팔레트 위치, 자세 인식
 - 팔레트 형상 및 팔레트 틀어짐 자세 인식
 - 위치 정보 기반의 피킹을 위한 팔레트 Hole 도킹



- 안전을 위한 동적, 정적 장애물 감지
 - 360도 장애물 감지 및 감지 거리에 따른 주행 가속속
 - 국제기준 ISO13849-1, ISO3691-4에 의거한 **로봇 안전 제어**
* PL d, CAT. 3 level



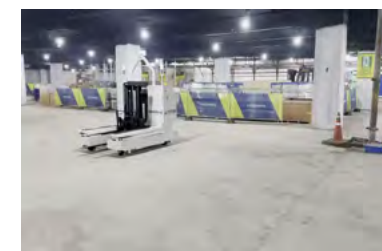
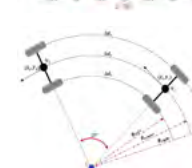
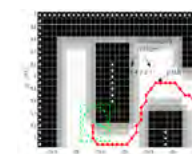
17

II. 개발 사례 I 2. 현장 자재 운반 로봇 ① 기술 개요

로봇 자세 안정성 향상, 자율주행 원격 관제를 위한 구동 제어, SLAM 기술

구동 제어

- 경로 생성 최적화 및 자세 제어
 - 주행 경로 최적화 및 위치 정확도 향상을 위한 경로 추종 제어
 - 관성 측정 센서(IMU)를 통한 로봇 자세 안정화 제어
 - 8축 모터 동시 컨트롤에 의한 협로 및 곡선



SLAM(자율주행)

- 지도 생성 및 측위
 - 건설 현장 지도 생성을 위한 3D LiDAR 기반의 PCD 취득
 - * Point Cloud Data
 - SLAM 기술을 통한 동적 환경 내 로봇 위치 추정 및 실시간 경로 업데이트



- 자율주행 관제 시스템
 - 조작성 향상을 통한 경로 편집, 작업 생성 및 효율적 Task 관리
 - 실시간 통신 기능을 통한 자율주행, 로봇 위치 원격 모니터링



18

II. 개발 사례 | 1. 건설용 앵커 로봇 ② 소개영상



19

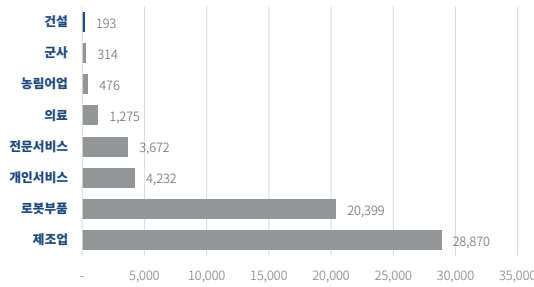
IV. 결론 I 개발 한계

건설 로봇은 개발~공급 생태계 비활성화로 수요자인 **건설사 주도가 필요**(단기적)
* 건설 현장에 최적화된 로봇 시스템 공급 * 건설 Domain Knowledge(공정, 현장 이해도) 보유

국내 로봇 시장 ('23년)

■ 제조업 집약적 로봇 공급과 건설 로봇 시장 비활성화

- '23년 로봇 전체 매출 중 건설용 로봇 시장은 미약 (0.3% 수준)
* 5조 9,435 억 중 193억, 27개 업종 중 24위
- 품질 관리 분야 제한적 활용 중, 시공 분야 세부용도 분류 체계
* 1) 유지/관리용, 2) 공사 검사용, 3) 기타 공사용



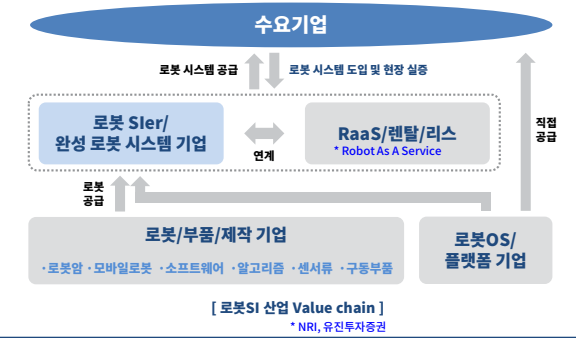
[로봇 산업 분야별 매출액(억원)]

* '23년 로봇 산업 실태 조사(24.8월, 산업통상자원부 발간)

로봇 시스템 공급 구조

■ 건설 로봇 시스템 적용을 위한 수요기업 주도적 실증 요구

- 건설 向 로봇 시스템 공급을 위한 시스템 통합 수행 필수
- 로봇 기업의 주체적 솔루션 제공 難, 건설 현장 Needs 반영, 실증 必



21

III. 결론

III. 결론 I 건설 로봇 생태계 구축

건설 경쟁력 확보를 위한 **건설 로봇 개발 패러다임 변화 대응**
* 숙련 인력 부족, 낮은 생산성과 높은 재해율 등 * 기술의 자급자족 한계 극복 등

전략적 상호 협력

■ 建設 - 현대건설 공동 연구개발 양해각서 체결 ('23.4월)

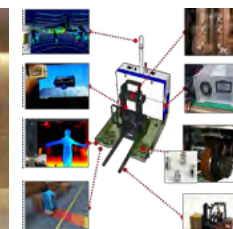
- 건설로봇 분야 Eco-System 구축 및 공동 연구개발

■ 건설 로봇 확산 및 안전, 생산성 개선을 위한 공동개발

- 현장 내 수평, 수직 자재 운반 로봇 개발 진행 중
* 건설 현장 내 자율주행 기술 구현, 로봇 운영 플랫폼 구축



[MOU 체결 사진]



[System Configuration]

스마트건설 얼라이언스

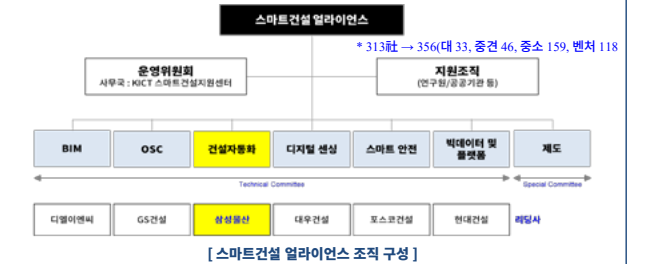
* '23.7월 출범 (국토교통부 주관) / '25년 당사 2대 의장사

■ 스마트 건설 기술의 확산 보급 및 스마트 건설 생태계 구축을 위한 민간 주도 협의체

* 대 중소 벤처기업이 운영을 주도하고, 학계 연구원 및 공공이 지원

- 6개 분야 기술위원회와 제도 검토 특별위원회로 구성

- 건설 자동화 기술위원회를 통한 건설 현장의 실질적 적용 및 보급 활성화
* 87회 → 97(대 15, 중견 18, 중소 40, 벤처 24) * 최신 기술 공유, BP 발굴, 기술 도입 및 개발, 정책 제언



22

End of Document

23

06

건설현장 로봇 도입의 현실과 로봇 기술 정책 방향

조원석 | 현대건설 스마트건설연구실 RX 연구팀 책임연구원

In Construction

건설현장 로봇 도입의 현실과 로봇 기술 정책 방향

기술연구원 스마트건설연구실
2025. 09



건설로봇 개발 현황

VISION

건설 자동화 기술 개발을 통한 시공 생산성 향상



Part I . 현재

- 건설 로봇 개발 현황 및 한계점
- 1) 3D 프린팅 2) 시공 로봇 (커튼 월 / 운반)

Part II. 미래

- 미래 개발 로봇 및 예상 한계점

Part I . 현재

- 건설 로봇 개발 현황 및 한계점
- 1) 3D 프린팅 2) 시공 로봇 (커튼 월 / 운반)

Part II. 미래

- 미래 개발 로봇 및 예상 한계점

I. 건설로봇 개발 현황 – 1) 3D 프린팅

○ 3D 프린팅 기술개발 현황

주요기술

✓ 비정형 구조물 3D 프린팅 출력 기술



→ 현장적용 (힐스테이트 용인 둔전역)

* '24년 IDEA 외 총 4개 국제 디자인상 수상



I. 건설로봇 개발 현황 – 1) 3D 프린팅

○ 콘크리트 3D 프린팅 한계점

다관절로봇 3D 프린팅 출력 시스템



제약요인 분류	현재 한계	세부 내용
구조적 안정성	고층건물 하중 지지 불가	층간 점착력(interlayer bonding) 부족
	지진·강풍 취약성	내진설계 및 수평하중 저항력 부족
	품질 일관성 확보 어려움	층별 경화시간과 결합품질 불균일
철근 보강 한계	다층 건물 철근배치 불가능	철근 배치 기술 미완성
	구조적 강도 한계	철근-콘크리트 복합구조 재현 어려움
	철근콘크리트 대비 성능 부족	파이버 보강재의 철근 대비 강도 부족
재료 및 공정	높은 구조물 출력 시 하중부 변형	균질 않은 콘크리트 전단강도 한계
	구조적 강도 제한	골재 사용 어려움, 모르타르 수준만 가능
	다층 시공시 품질관리 복잡	프린팅 속도-경화시간 균형 어려움
장비 기술	건물보다 큰 장비 필요/정확도 저하	대형 프린터 크기 및 정밀도 제약
	구조적 문제 야기	상층부 누적 오차 발생
	대규모 건물 건설 비효율	출력속도 한계
법적·제도적	다층 건물 허가 어려움	3D프린팅 구조물 설계기준 부재
	상용화 신뢰도 부족	장기 내구성·안전성 검증데이터 부족

I. 건설로봇 개발 현황 – 1) 3D 프린팅

○ 법적·제도적 한계점

- 구조해석 방법 및 재료 성능 검증 절차가 국내 현행 건축 관련 법규 및 기준에 반영되지 않아 구조물로 인정받지 못함

일반 주택 공사 핵심 절차	국내 법적 규제 현황
사업계획 설계 및 인허가 발주·입찰·계약 착공 본 공사 준공검사·사용승인 하자보수	✓ 국내 건축법 기준 - 실시설계 과정 정밀 구조해석 필요 - 인허가 시 구조안전확인서 제출 필요 - 「건축구조기준(KBC)」, 「콘크리트 구조기준(KCI)」 등은 전통적인 타설 콘크리트, 조적, 철골 구조를 전제로 함 ✓ 건설용 3D프린팅 활용 시 절차 - 건축물로 인허가를 받으려면 구조기술사가 기준 코드에 맞춰 구조안전확인서를 작성해야 함 - 해당 코드 적용이 불가능하여 구조안전확인서 발급 불가로 법적으로 건축물 인정받지 못함
	✓ 주거용 3D프린팅 건축물은 현재 법상 불허 - 구조, 단열, 설비, 소방 등 건축법상의 여러 기준을 동시에 만족시켜야 함. - 하지만, 이에 대한 개별적인 법령이나 규정이 마련되지 않아 사실상 불법으로 간주 - 국내 규제 부재로 일부 업체는 3D프린팅 건축을 해외에서 수행하고 국내에서는 조정 구조물 제작에만 활용 UAE 플랜트공사 대상 부속동 조정 구조물 ✓ 건축기준법 제20조 '인정' 절차 필요 - 건축 내력을 확보하더라도, 개별적으로 국토교통부의 시험·심사를 받아 인정을 얻어야 함 - 절차가 복잡하고 반복 시 사업성 저하

I. 건설로봇 개발 현황 – 1) 3D 프린팅

○ 해외 사례

- [미국/유럽/사우디] 3D 프린팅 건축 표준 및 인증 제도 마련

미국 / 유럽 사례	사우디아라비아 사례
✓ 미국 3D 프린팅 활성화를 위한 AM* Forward 정책 발표 - 3D프린팅을 미국 중소기업 제조공정에 확대 - 해외 의존도 줄임과 동시에 중소기업 경쟁력 확보 (GE, Siemens, Honeywell 등 참여) *AM : Additive Manufacturing 바이트 AM Forward 연설 ✓ 미국·유럽은 3D프린팅 건축 표준·인증으로 산업 확산 가속화 - 미국은 'AC509' 등 기술표준을 통해 3D프린팅 벽체 품질 인증 제도를 마련 - 유럽 각국도 산업 생태계 구축 적극 나서는 중. ✓ 3D 프린팅 건축 사례 - [미국] 에스큐포디(SQ4D), 39.5평 규모의 3D 프린팅 주택 - [프랑스] 낭테르, 로봇팔 활용 29평 규모 단독주택 단독 주택 제작 (미국) 단독 주택 제작 (프랑스)	✓ 사우디 건축 규정 - 3D프린팅 건축물에 대한 별도 설계·시험·검증 기준을 마련하여 코드 반영 - 구조물로 승인 가능 - 사우디 건축 규정 준수 사례 ▷ Saudi building code 기준 아래, 3D프린팅으로 제작한 강화콘크리트 기둥을 시험하고 구조 성능을 검증함 ▷ 3D 프린팅 구조물의 하중 지지 능력, 처짐, 압축 강도 등을 코드 기준에 따라 테스트하여 구조 안전성을 입증 ✓ 3D프린팅 건축 사례 - 사우디 아람코는 삼성엔지니어링과 협력하여 대피소 시공 (1층 / 3.85m) - 3층 규모의 3D프린팅 빌라 (세계 가장 높은 3D프린팅 건축물) 아람코 삼성엔지니어링 협력 센터 3층규모 3D프린팅 빌라(COBOD)

1. 건설로봇 개발 현황 – 2) 시공로봇

○ 개발 로봇

커튼 월 시공 로봇



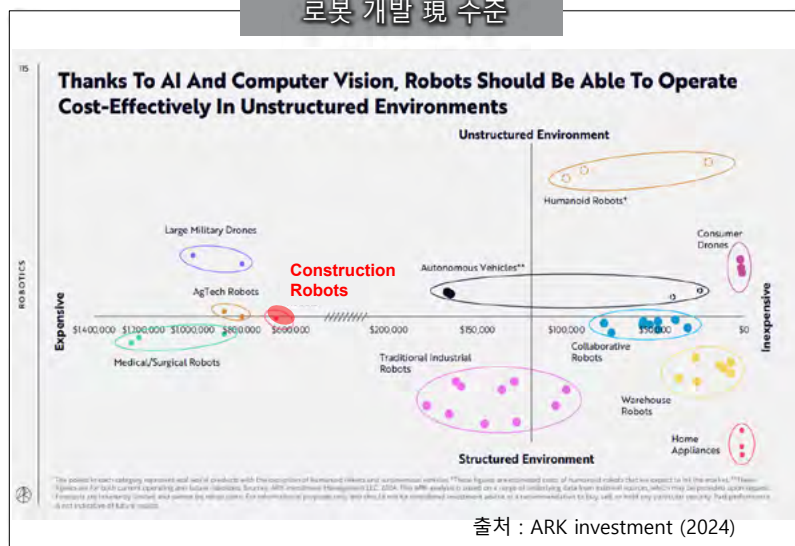
건설현장 운반 로봇



1. 건설로봇 개발 현황 – 2) 시공로봇

○ 건설로봇기술

로봇 개발 現 수준



건설로봇 개발 및 상용화 한계

산업
구조

- 개발주체의 모호함
 - 종합건설사
 - 위탁건설사
 - 장비개발사

기술

- 높은 기술적 난이도
 - 비정형적 외부환경 적응
 - 복잡한 작업동작 구현 어려움
 - 제어 불확실성으로 안전제어 위험

비용

- 건설로봇 개발 **고 비용**
 - 다품종 소량생산
 - 수행주체 불분명

1. 건설로봇 개발 현황 – 2) 시공로봇

○ 산업구조적 문제

- [현장관리] 당사가 직접 수행하는 업무 → 현장 관리로봇 투입을 통해 단순/반복작업(현장점검/단순서류작업) 절감
- [현장시공] 외주용역을 통해 수행되는 업무 → 현장 시공로봇 투입을 통해 위험 작업 절감

구분	현장관리	현장시공
중점업무	【공정/품질 관리】 반복적인 현장 점검 및 작업지시 【안전 관리】 작업자/장비 상태점검 및 위험작업 지도	【일반 작업 수행】 TBM(작업지시) 후 작업 수행 【위험 작업 수행】 DABs(일일안전점검회의) 후 작업 수행
로봇유형	UGV SPOT 무인드론 관제 수중드론	용접로봇 토공사자동화 양중로봇 물류로봇
수행주체	건설사 직영 운영 (당사 직접투자 당위성 높음)	외주 용역 운영 (당사 직접 투자 당위성 낮음)

적용 한계

- ✓ 기술적 한계
 - : 자율주행 / AI / 학습데이터 부족

- ✓ 산업 구조적문제
 - : 사용자 - 개발주체 - 관리주체 상이

Gray Area 발생
누가 개발 ?

1. 건설로봇 개발 현황 – 2) 시공로봇

○ 기술적 문제

- [작업환경] 장비 이동 및 시설물 위치 변화로 인한 자동화 난이도 ↑
- [현장시공] 외주용역을 통해 수행되는 업무 → 현장 시공로봇 투입을 통해 위험 작업 절감

✓ 산업별 작업 환경 비교

구분	제조업	건설업
사진		
생산체계	소품종/대량생산	다품종/소량생산
작업 장비	고정	이동
환경 시설	고정	변화
자동화 난이도	하 (고정 위치에서 단일 작업 수행)	상 (다양한 위치 및 작업 수행)

출처 : Global auto news, 연합뉴스

✓ 시공자동화 기술 수준

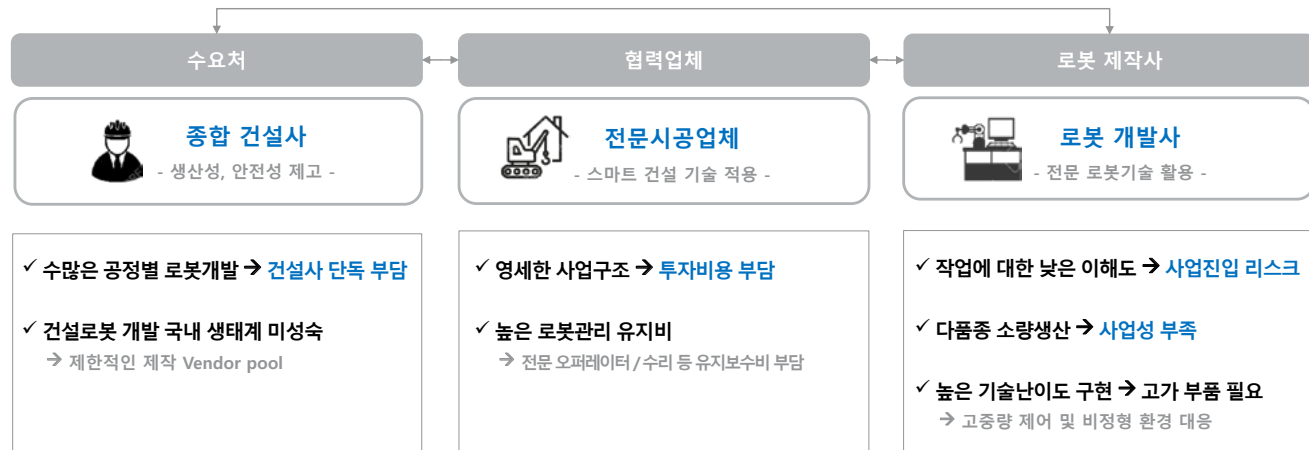
기술 분류			건설 분야 기술개발 성숙도
대분류	중분류	소분류	
자동화 기술	하드웨어 기술 (몸체 역할)	1. Manipulator	
		2. End Effector	
		3. 동력공급장치	
		4. 컨트롤러	
	ICT 기술 (오감 역할)	1. 센싱(센서, 계측)	
		2. 제어	
		3. 통신(네트워크)	
		4. 비전	
		5. 사용자 인터페이스	
로봇화 기술	지능 (두뇌 역할)	1. Data	공간/시설
		2. Information	데이터 표준화
		3. 지식/지능	플랫폼
			빅데이터
	시뮬레이션		
		인공지능(AI)	

출처 : KICT (2019 주요사업 보고서)

I. 건설로봇 개발 현황 – 2) 시공로봇

○ 비용적 문제

- [종합건설사] 제한적인 Vendor pool로 가격 상승, 시공자동화를 위한 로봇 제작비 상승
- [협업체] 높은 개발비 및 유지비 부담



I. 건설로봇 개발 현황 – 2) 시공로봇

○ 제도적 문제

- [규정·인증] 법적 분류 모호, 안전인증·무선·배터리 등 기준의 중복/불일치, 위험성평가 기준 불명확
- [운영·조달] 작업허가·자격 충돌, 품셈·조달 부재, 품질검측 법적 효력 부재, 보험/책임 미정



키워드	상세 내용
법적 정의 부재	"건설로봇"의 법적 지위가 불명확 → 어떤 규정/인증에 따라야 하는지 애매
안전인증 중복/부재	KCs(산안법 계열), KC(전기·무선), S-Mark(서비스로봇) 등 요구 기준이 상이
위험성 평가 기준 미정	ISO 13849/IEC 62061 등 일반 기준은 있으나 건설로봇 안전 기준 부재
작업허가/자격 충돌	리프트·크레인 등 유자격 장비 규정과 로봇 자율작업의 충돌 (신호수·감시자 의무 등)
품셈·계약/조달	표준 품셈·단가 부재 → 임대/운영비 계상 어려움, 공공 조달 결함
품질검측/책임	로봇 측정/시공 결과 의 법적 효력 및 책임소재(제조사·운영사·원도급사) 불명
보험/배상	자율장비 사고 시 책임·사업자배상 간 경계 불명확 (사업자-작업자-제조사)

✓ 운반로봇 적용 시 예상되는 문제점



- ▶ 차량계 건설기계 또는 무인 산업트럭으로 불것인가 애매
- ▶ 야간 운반작업에서 로봇 자율작업의 신호수/감시자 배치 의무
- ▶ 건설용 리프트 단독 탑승 가능 유무

I. 건설로봇 개발 현황

○ 건설로봇 개발 문제점 및 개선 방향

구분	문제점	추진 현황	
건물 건축	입찰	• 스마트건설 기술 적용 활성화 필요 • 입찰평가기준 공사실적에 스마트건설기술 가산점 부여 필요	• [국내] 공공 대형공사 기술형 입찰 설계심의회서 스마트 건설 기술 배점 - 스마트건설 기술 최소 7점 이상 반영, '스마트 팀키'는 10~20점 배점 • [일본] 신규 공사 발주에 로봇 도입 시 입찰평가기준에 가산점 부여
	시공	• 전문시공사에서 건설로봇 개발/적용/운영 할 재정적 여유 부족 - 23년 전문건설사 폐업을 18%↑ (22년 대비) - 건설로봇 도입 시 정부 보조금 필요 예) 건설로봇 구매 및 적용 금액의 30% 정부 지원	• [국내] 오픈이노베이션 및 공동개발 시 전문시공사 연계 개발 및 PoC 비용 지원 (구도 : 종합건설사-제조사-전문시공사) • [일본] 중소기업에 개발/적용에 대한 지속적인 세제 혜택 진행
건설로봇 개발/운영	법·제도	• 건설로봇에 대한 법 제도 및 표준 구축 필요 (타산업 표준과 별도) 예) 건설현장 팔레트 운반로봇(포크형) 등	• [국내] MG/MC 등 건설기준 관련 제도 정비('22~) • [일본] ICT 기술 개발시 국가에서 기술 도입시 필요한 설계도서 작성부터 검사방법까지 각종 규정을 정비
	지원금	• 국내 Contech 기업 육성 필요 : 정부 R&D 지원금 확대 등 - 현황 : 세계 228개 Contech 기업 중 29개 아시아 기업 존재 (투자 비중 12.7%) (출처 : 2023 contech startup)	• [국내] 오픈인큐베이션 프로그램, 스마트건설 혁신 기업 프로그램 (건기연) - 스마트건설 분야 유망 스타트업을 발굴하고 선발, 창업 역량을 강화시키고 성장기업으로 육성, 동반성장 - 온라인 마켓(스마트건설 마당, 건기연, 나라장터) 연계 시공사·발주자 구매 유도 • [일본] 중소기업에 개발/적용에 대한 지속적인 세제 혜택 진행
	실증	• 건설로봇 실증을 위한 실증 시설 필요 - 건설환경 모사 (비정형, 가변)	• [국내] SOC 성능시험장* 구축('22~'26, 경기 연천 69만m2) * (1단계) 도로 포장/비탈면에 적용되는 점단공법에 대한 성능시험장('22~'24) (2단계) 스마트 측량/안전점검·진단, 자동화 장비 등 대상으로 한 성능시험장('24~'26) • [일본] 코노이케구미, 건설로봇 테스트필드 개설 - 각종 건설로봇 테스트 가능한 로봇파크
	로드맵	• 스마트건설 기술 로드맵 발표 ('18년)	• [국내] 스마트건설 활성화 방안 S-Construction 2030 추진 발표('22년) • [일본] 국토교통성 스마트 건설 고도화 로드맵 I-Construction 2.0 발표('24년)



Part I. 현재

- 건설 로봇 개발 현황 및 한계점

- 1) 3D 프린팅 2) 시공 로봇 (커튼 월 / 운반)

Part II. 미래

- 미래 개발 로봇 및 예상 한계점

II. 미래 건설로봇 - 1) 휴머노이드

○ 건설로봇 개발 트렌드



II. 미래 건설로봇 - 1) 휴머노이드

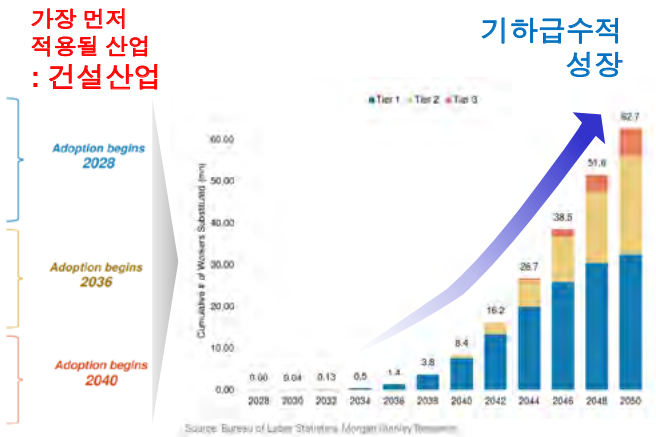
○ 미래 휴머노이드 적용 산업

- [Tier 1] 건축 및 굴착

Tier	Industry	US Total Employment (mn)	# Adoptable (mn)	% Adoptable
1	Construction and Extraction	6.2	4.4	70%
1	Production	8.8	6.0	68%
1	Farming, Fishing, and Forestry	0.4	0.3	67%
1	Building and Grounds Cleaning and Maintenance	4.4	3.0	67%
1	Installation, Maintenance, and Repair	6.0	4.0	66%
1	Healthcare Support	7.1	4.6	66%
1	Food Preparation and Serving Related	13.2	8.4	64%
1	Personal Care and Service	3.0	1.9	61%
2	Protective Service	3.5	2.0	58%
2	Transportation and Material Moving	13.8	7.6	55%
2	Sales and Related	13.4	5.8	43%
2	Healthcare Practitioners and Technical	9.3	3.8	41%
2	Life, Physical, and Social Science	1.4	0.5	39%
2	Architecture and Engineering	2.5	0.8	33%
3	Educational Instruction and Libraries	8.7	2.9	33%
3	Office and Administrative Support	18.5	4.4	24%
3	Management	10.5	1.3	12%
3	Arts, Design, Entertainment, Sports, and Media	2.1	0.2	11%
3	Business and Financial Operations	10.1	0.6	6%
3	Legal	1.2	0.0	2%
3	Community and Social Service	2.4	0.0	1%
N/A	Computer and Mathematical	5.2	0.0	0%
Total		151.9	62.7	41%

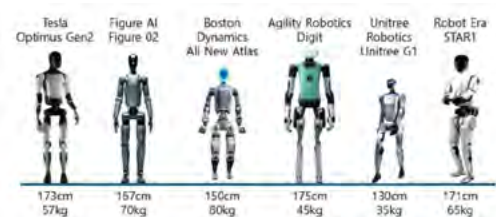
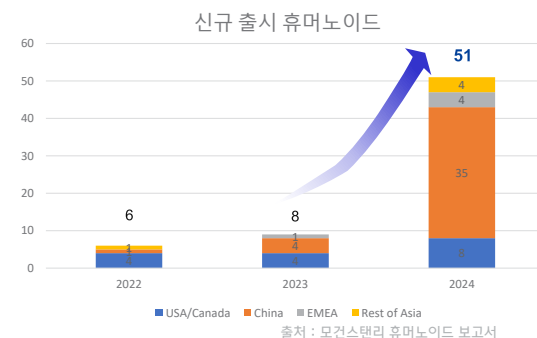
Source: Bureau of Labor Statistics, Morgan Stanley Research

○ 누적 적용 휴머노이드 수

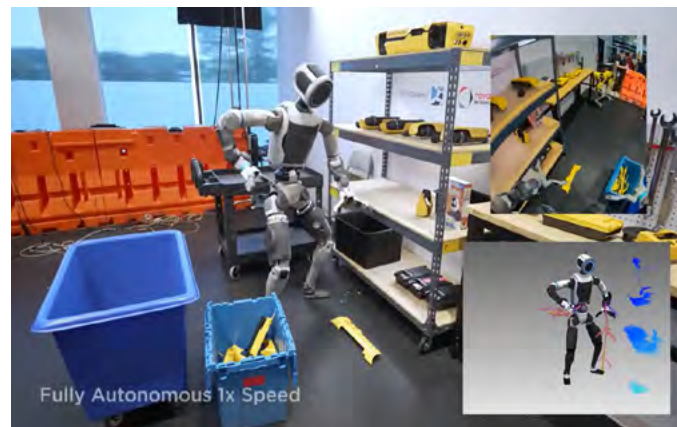


II. 미래 건설로봇 - 1) 휴머노이드

○ 현재 휴머노이드 로봇 기술



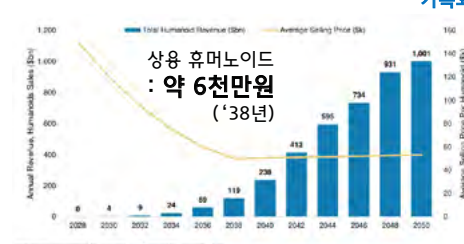
출처: 한국전자통신연구원



II. 미래 건설로봇 - 1) 휴머노이드

○ 휴머노이드 기술 발전 가속화

✓ 휴머노이드 AI 기술 발전 속도 및 생산 (y축)



✓ 노동력 부족도 (x축)

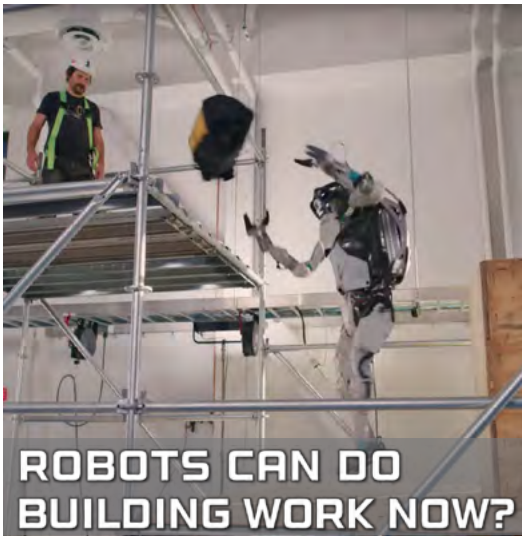


노동력 이슈

II. 미래 건설로봇 - 1) 휴머노이드

○ 휴머노이드 한계점

- 주된 현안 : 1) 안전/신뢰성, 2) 법적·제도적



분류	문제 유형	세부 내용
기술적 한계	환경 적응성	비정형 지형, 협소 공간, 계단 등 복잡환경 대응 미흡 거친 환경에서 기계적 견고성 부족 (먼지, 진동, 온도 변화)
	작업 능력	정밀/고난도 작업 수행 어려움 (철근 배근, 콘크리트 타설 등) 복잡한 도구 조작 및 다중 작업 동시 수행 제약
	배터리 성능	짧은 배터리 수명, 지속적 작업을 위한 충전 인프라 구축 부담 무게 대비 배터리 용량 확보 기술적 어려움
경제성	높은 초기비용	1대당 최소 5,700만원 이상(S/W 개발비 포함 시 비용 급증) 중소·중견 건설사 도입 부담 과중
	유지관리비	전문 기술자 필요로 운영비 증가, - 고장 시 수리비용 및 작업 중단 손실
	ROI 불확실	투자 대비 효과 측정 어려움, - 장기적 경제성 평가 데이터 미비
인적 자원 및 조직 관련	노동자 저항	기존 숙련공 기술 전수 체계와 상충, - 노조와의 합의 도출 필요성
	전문인력 부족	운용·프로그래밍 전문가 부족, - 기존 인력의 로봇 기술 이해도 낮음
	인간-로봇 협업	협업 방식 및 역할 분담 기준 미정립, - 의사소통 및 작업 조율 방법 부재
운영 및 관리	현장 통합	작업 공정 재설계 필요, - 현장 물류·통신 계획 복잡성 증가
	데이터 관리	성능 모니터링 및 최적화 시스템 필요, - 사이버 보안 위협 노출
	응급 상황 대응	고장·오작동 시 즉각 대응 체계 부족 원격 제어 시스템 장애 대비 방안 미비
안전 / 신뢰성	물리적 안전	고소작업, 중량을 취급 시 오작동 중대사고 사람과 동일 공간 작업 시 충돌 위험
	예측 불가능성	돌발 상황 대응 능력 부족 (턱, 좁은 통로, 장애물) 동적 환경 변화 행동 예측 어려움
	표준 및 인증	건설현장 특화 안전 기준 부재, - 안전성 검증 데이터 부족
법적·제도적	책임 소재	기존 산재보험 체계 사고 대응 한계, - 법적 분쟁 시 판례 부족
	규제 공백	휴머노이드 운용 관련 건설업법·산업안전보건법 미비 - 인어가 철차 및 검사 기준 부재
	표준화 부족	건설현장 적용 가이드라인 부재, - 품질 관리 및 검사 방법 표준 필요

II. 미래 건설로봇 - 2) 규제

○ 국내 사례

- 중소벤처기업부 : '27년까지 전면적 네거티브 규제 시행



II. 미래 건설로봇 - 2) 규제

○ 포지티브 규제 vs 네거티브 규제

- 네거티브 규제 : 금지된 것만 할 수 없음 → 신기술/신사업 대응 용이함



구분	Positive 규제 (포지티브)	Negative 규제 (네거티브)
정의	허용된 것만 할 수 있음 "원칙 금지, 예외적 허용"	금지된 것만 할 수 없음 "원칙 허용, 예외적 금지"
국가	한국, 일본, 독일, 프랑스	미국, 영국, 싱가포르, 중국
규제 강도	강함 - 광범위한 사전 통제	약함 - 최소한의 사후 관리
규제 방식	허용 목록(Positive List) 작성 방식	금지 목록(Negative List) 작성 방식
자유도	낮음 - 정부 허가/승인 필요	높음 - 사업자 판단으로 자유 추진
신기술/신사업 대응	어려움 - 새로운 기술마다 법령 개정 필요	용이함 - 금지되지 않으면 바로 시도 가능
행정 부담	높음 - 허가, 인증 등 사전 절차 복잡	낮음 - 신고, 등록 등 간소한 절차
혁신 환경	제한적 - 기존 틀 내에서만 활동	활발함 - 창의적 시도와 실험 가능
안전성	높음 - 사전 검증으로 위험 최소화	상대적 낮음 - 사후 문제 발생 가능성
법적 근거	열거주의 - 구체적 허용 사항 명시	개괄주의 - 포괄적 금지 사항만 명시
예시	- 의료법: 허가된 의료행위만 가능 - 건설업: 등록된 업종만 시공 가능 - 금융업: 인가받은 업무만 영업	- 규제샌드박스: 금지사항 외 자유 - 영미법계 국가 일반 원칙 - 포괄적 네거티브 규제 정책
적합 분야	- 보건, 안전, 환경 등 고위험 분야 - 전문성이 요구되는 분야 - 공공성이 강한 분야	- ICT, 플랫폼, 스타트업 - 신기술, 융합산업, 창의적 서비스업

맺음말

○ Chat GPT가 말하는 스마트 건설기술

✓ Designed by DALL E on ChatGPT



스마트건설기술이 왜 건설현장에서 아직 잘 쓰여지지 못하니까?

- 스마트건설 기술이 아직 건설 현장에서 잘 쓰여지지 못하는 이유는 다양합니다. 그 중에서도 대표적인 이유는 다음과 같습니다.
- 기술적인 한계점:** 스마트건설 기술은 최신 기술을 활용한 것이기 때문에 기존 건설 방식과 다르며, 기존에는 없던 복잡한 기술이 적용되어 있습니다. 이로 인해 기술적인 문제로 발생하는 장애물이 있을 수 있습니다.
 - 예산적인 문제:** 스마트건설 기술 도입은 현장에서의 작업 시간을 줄이고, 에너지 절감 등 여러 이점을 가져다 줍니다. 그러나 초기 비용이 많이 드는 문제가 있어, 현장에서는 예산적인 측면에서 이를 도입하기 어렵습니다.
 - 인력 자원의 한계:** 스마트건설 기술은 새로운 기술들이 많이 사용되기 때문에, 이에 대한 교육과 훈련이 필요합니다. 그러나, 이를 제대로 하기 위해서는 건설인력과 높은 기술 수준이 요구되어, 이를 갖춘 전문가들의 부족으로 인해 스마트건설 기술이 활용되기 어려울 수 있습니다.
 - 기존 건설문화의 변화:** 스마트건설은 건설분야에서의 디지털 전환을 의미하므로, 기존의 건설문화와는 많은 변화가 필요합니다. 그러나, 이를 적극적으로 받아들이지 않는 기존 건설업계의 문화적인 저항으로 인해 스마트건설 기술이 활용되지 못하는 경우가 있습니다.
- 이러한 이유들 때문에 스마트건설 기술이 아직 건설 현장에서 잘 쓰여지지 않을 수 있습니다. 그러나, 기술의 발전과 함께 이러한 문제들도 차츰 해결될 것으로 기대됩니다.

감사합니다



스마트건설·안전·AI 엑스포
SMART CONSTRUCTION & SAFETY & AI EXPO 2025