



국토교통부



국토교통
과학기술진흥원

[건설 AI·로보틱스 정책포럼] 건설 AI 전환, 미래 건설의 새로운 가능성

피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발 및 산업 활성화

발표자

| 안창범 교수



서울대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

일시 : 2026년 6월 25일 (목)

장소 : 서울 COEX 컨퍼런스룸 E6



피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발 및 산업 활성화

Contents



Chapter

01

피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 현황

Chapter

02

건설로봇 기술 개발 및 산업 활성화: 도전과제 및 전략

Chapter

01

피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 현황

피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발 및 산업 활성화



건설로봇 기술 개발 배경 및 필요성

핵심이슈

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

해결방안

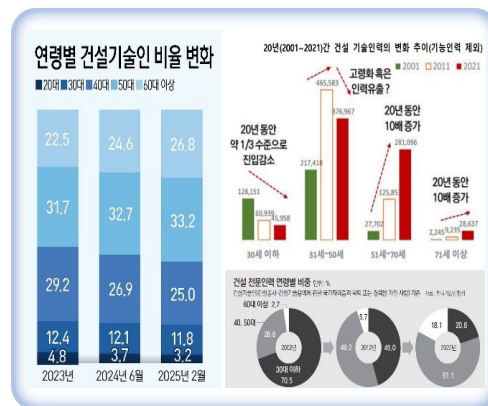
건설현장 안전성·생산성 혁신을 위한
자동화·디지털화 기술 구현 필요

건설현장의 안전관리 요구 증대



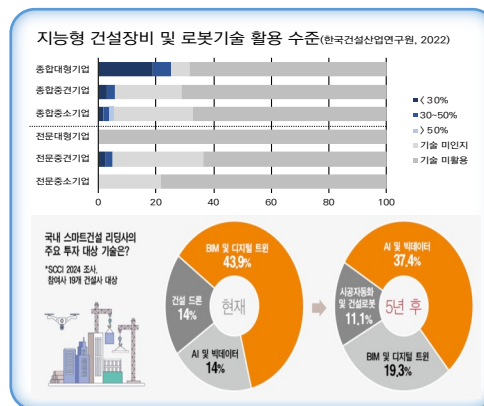
전 산업의 중요한 산업재해문재인
건설작업 **근로자 위험 격리**를 위한
무인화·자동화 기술 개발이 필요

열악한 산업구조 개선 및 생산성 향상



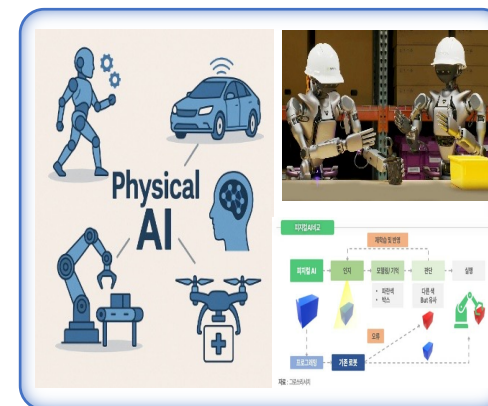
건설현장 **디지털화·자동화** 기술
도입을 통한 **기존 인력 역량 강화** 및
기능 계승에 대한 필요성 증대

건설현장 자동화 수준 저조



4차 산업 혁명의 주요 기술을 융합하는
건설 자동화 기술의 국산화로
선진국 대비 기술 격차 해소 필요

피지컬 AI 시대 도래

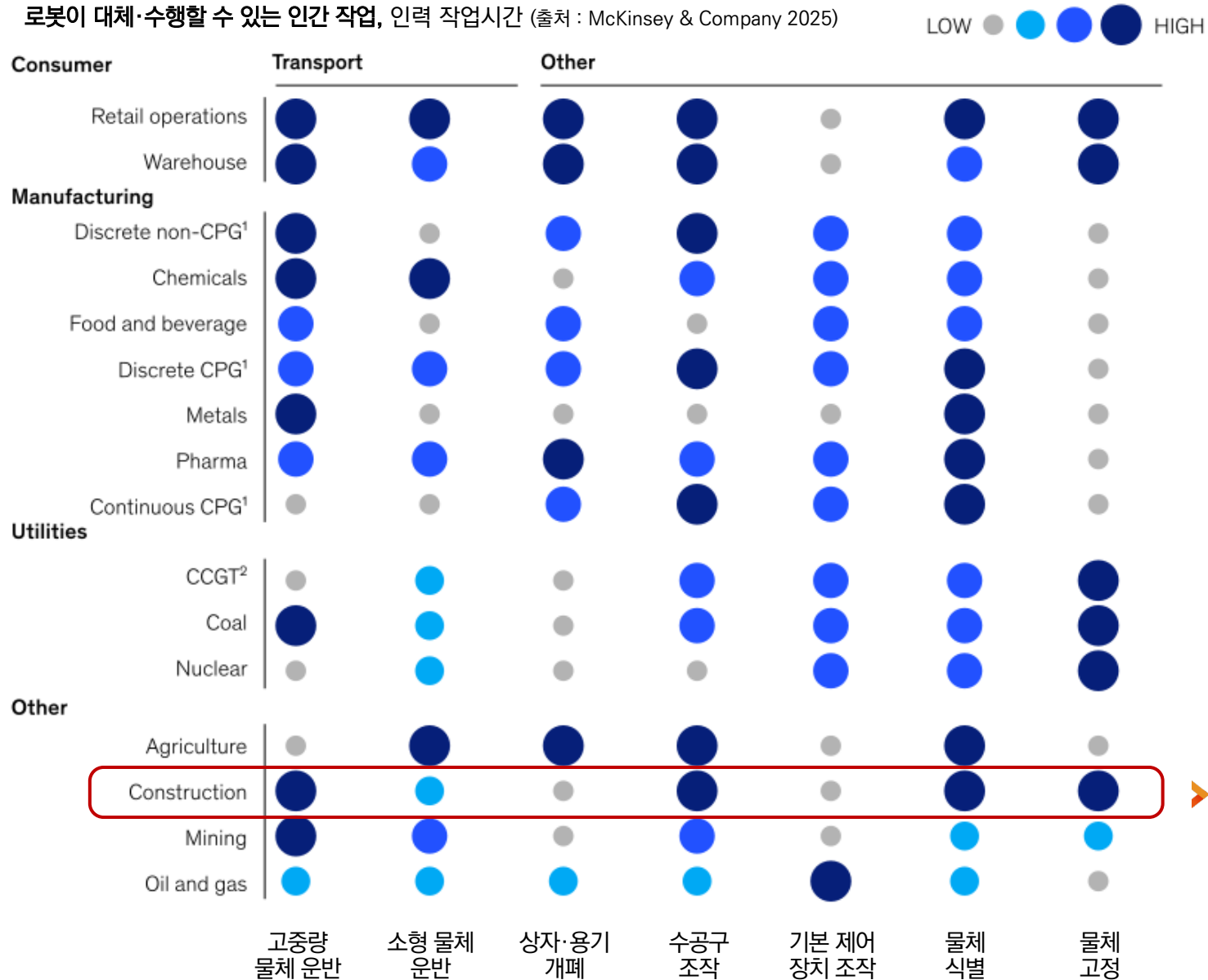


기술개발 시급성

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

건설로봇 기술 개발 배경 및 필요성

로봇이 대체·수행할 수 있는 인간 작업, 인력 작업시간 (출처 : McKinsey & Company 2025)



➤ 건설에서는 가까운 미래에
자재 운반, 공구 조작(작업),
물체 식별(작업대상 인식) 등이
로봇 수행작업으로 전환될
것으로 예상됨

건설로봇·자동화 기술 동향

국내 건설로봇 기술 개발 본격화

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

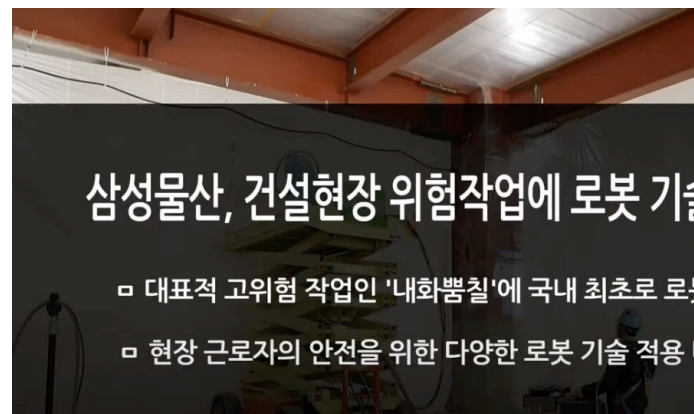
960억

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) 내화뿔칠 작업 로봇 : 모바일 리프트에 로봇암을 얹은 형태



- (좌) (현대엔지니어링) 외벽 도장 로봇 : 도장 전용 말단 궤적 생성 기술을 통해 도료 도포. 실시간 모니터링 및 원격 제어 기술 적용
- (우) (삼성물산) 액세스 플로어 시공 로봇 및 자재 운반 로봇

건설로봇·자동화 기술 동향

건설사 중
65%

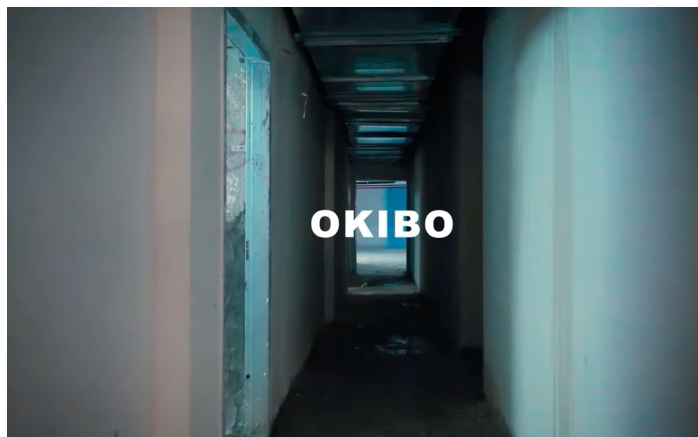
≥1개 프로젝트 적용 경험 有 (31%)

개발 기술 파일럿 테스트 중 (35%)

출처 : BuiltWorlds 연구 보고서(2024)

해외 건설로봇·자동화 도입 가속화

- ✓ 미국, 일본 등 로봇틱스 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



- (좌) (이스라엘) **실내 도장 마감 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 용접 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

피지컬 AI의 도래와 자동화 패러다임 전환

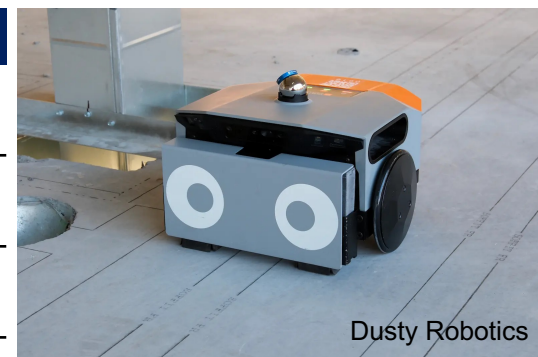
전 세계 건설업 사업체 중 **건설로봇을 실제 현장에 상업 운용하는 비율은 0.05~0.09%로 추정됨**

[추정 근거]

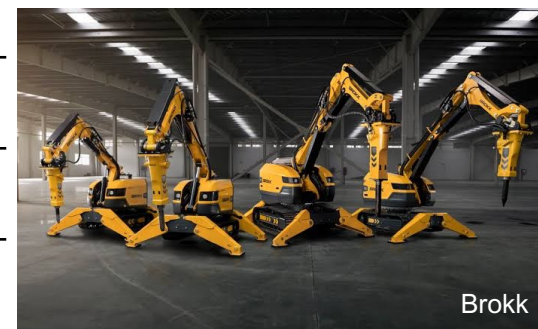
- ✓ 2026년 기준 전 세계 건설업 사업체 수 추정 : 1,150만~1,450만(전문건설업체 포함) (출처: IFR, ILO, 각국 정부·공식기관)
- ✓ 공개된 정기적·상업적으로 쓰이는 장비(아래 표 참고) 통계에 의하면 전 세계 실제 운용 로봇 재고는 약 9,000~15,000대, 이를 운용하는 사업체 수는 약 6,500~10,500로 보수적으로 추정 - 자율 및 원격조종 철거로봇까지 포함하는 넓은 범위의 건설장비
- ✓ 자율 기능이 명시된 건설·해체용 전문서비스 로봇만을 포함하면 운용 비율은 0.008~0.015% 수준(사업체 수 1,100~1,700)

주요 상업 운용 사례

국가/지역	기업·현장	로봇 종류	용도	도입 시점(추정)
미국	Dusty Robotics / Turner·Skanska 등	자율 레이아웃 로봇	BIM 기반 바닥 마킹	2020~현재
미국·전세계	HP SitePrint / 다수의 전문시공사	자율 레이아웃 로봇	실내 레이아웃 마킹	2022~현재
유럽·전세계	Hilti / Jaibot 도입 현장	반자율 천공 로봇	앵커홀 천공	2020~현재
미국	Built Robotics	자율 굴착·파일링 장비	트렌칭·태양광 파일링	2021~현재
이스라엘·유럽·미국	Okibo	자율 도장·건식마감 로봇	페인팅·마감	2024~현재
미국	Canvas / Daley's Drywall, Nevell Group	건식벽체 마감 로봇	Drywall finishing	2022~현재
전세계	Brokk (8,000+대 실제 상용화)	원격조종 철거로봇	해체·철거	장기 상용화



Dusty Robotics



Brokk

(출처: 각 기업 공식자료 및 웹사이트)

피지컬 AI의 도래와 자동화 패러다임 전환

전통적 로봇틱스·자동화

사전 정의된 자재를 다루는 예측 가능한 작업이나 통제된 환경에서 효과적

자동화
범위

로봇 프로그래밍 및 학습에 많은 수작업과 복잡한 설정 필요

구현
과정

현장 도입까지 중장기 시간이 소요됨
(프로그래밍 및 구현에 수주~수개월)

현장 도입
소요 기간

유사한 현장 및 작업 시나리오, 활용 사례로 확장하는 데 한계

확장성

사람이 인터페이스를 통해 로봇을 조작

인간-로봇
상호작용

피지컬 AI 기반 로봇틱스·자동화

예측하기 어려운 비정형 상황과 미지의 자재 처리 가능 (예: 무작위 자재 집기, 유연 소재 핸들링)

기술적
구현
가능

Training과 self-learning을 통해 엔지니어링 부담 감소 (최대 70% 절감)

Few-shot/Zero-shot 또는 모방학습을 통해 도입 기간 단축 (Time-to-value 최대 50% 개선)

경제적
실현
가능

다양한 작업, 환경, 로봇 유형으로 유연하게 확장 가능

자연어, 제스처, 음성 명령을 통한 직관적 제어

Chapter

02

건설로봇 기술 개발 및 산업 활성화: 도전과제 및 전략

피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발 및 산업 활성화

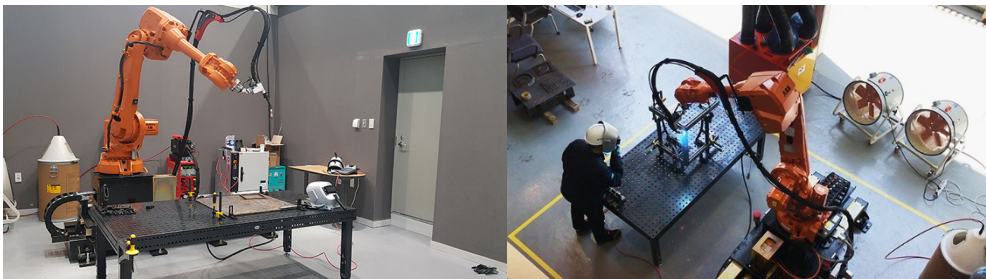


건설로봇 개발 병목: 반복 현장 실증 애로

“ 반복적 현장 실증이 건설로봇 개발의 필수 요소이나,
공정 지연·비용 부담·안전 리스크로 인해 개발 병목 존재 ”

건설로봇
현장 검증
애로

- ✓ 개발된 건설로봇의 현장 검증 시 공사 일시 중단 등이 불가피하며, 이로 인해 공정 지연, 오시공, 품질저하, 안전사고 등 다양한 리스크 발생 우려
- ✓ 현장 투입 시 장비 이동, 설치, 작업자 교육 등에 막대한 비용이 소요되어 반복 실증의 경제성 저하
- ✓ 건설작업은 인력 의존도가 높아 작업자의 작업 숙련도에 따라 품질 및 생산성이 크게 상이하므로, 첨단기술 투자에 대한 ROI 불확실성이 상당하며, 신기술 반복 적용에 대한 수용성 낮음



LAB 환경 TEST

- ✓ 통제된 조건 하에서 반복 실험 가능, 안전 문제 최소화
- ✓ 실제 현장의 복잡성·비정형성 반영 한계로 인한 성능 과리



FIELD 환경 TEST

- ✓ 실제 적용 현장에서 현실성 높은 데이터 확보 가능
- ✓ 반복 테스트 불가, 다양한 환경 변화로 데이터 일관성 확보 어려움

건설로봇 실증을 위한 스마트사이트 구축 필요성

“필드로봇 피지컬 AI 구현을 위해서는 반복적 필드 실험을 통한 대규모 데이터 획득이 필수”

건설로봇 현장 검증/인증 애로

- 실증 인프라 미비로 개발된 건설로봇의 성능 검증을 위해 실제 건설현장을 이용해야 하므로 기업 부담 발생
- 반복 필드 실험 제한, 환경 변화로 인한 데이터 일관성 저하

현장 검증/인증

1:1 모사 스마트사이트 구축

- 실 환경 1:1 스케일로 모사한 스마트사이트 구축을 통해 개발 로봇의 환경별/공종별 반복적 실증 가능

건설로봇 현장 검증 시 리스크 발생 우려

- 개발된 건설로봇의 현장 검증 시 공사 일시 중단 등이 불가피하며, 이로 인해 공정 지연, 오시공, 품질저하, 안전사고 등 다양한 리스크 발생 우려

리스크 발생위험

건설로봇 품질확보, 안전사고 등 리스크 완화

- 건설사가 임대 가능한 건설로봇 테스트베드를 제공하여 개발된 건설로봇의 품질확보 및 안전사고 발생위험 감소

기술 실증 및 시험평가체계 미비

- 건설 로봇에 대한 관련 법규 및 제도, 상용화를 위한 체계가 미비한 실정

시험평가 체계

스마트사이트를 활용한 시험평가체계 구축

- 스마트사이트를 활용한 기술 실증 및 시험평가 체계 구축을 통해 건설로봇 상용화 지원 체계 마련

건설로봇 실증센터 구축

건설사·로봇·장비 기업의 현장 PoC 가능한 **국내 최초·최대 규모 건설로봇 실증센터**

- ✓ 위치 : 전북특별자치도 김제시 공덕리 947-18, 945-19(김제 공항부지)
- ✓ 규모 : 부지면적 3,925㎡, 연면적 1,820㎡, 건축면적 1,570㎡ (실외실증시험장 330㎡ 포함)
- ✓ 구축시설 : 연구동(지상 2층), 실내·외 실증시험동(높이 약 28 m)
- ✓ 건축일정(설계 포함) : 2025. 10월 ~ 2027. 12월
- ✓ 주요일정 : 테스트베드 실증을 위해 2028년도 시범운영 시작을 목표로 건축 진행 예정



구분

기능

구성

연구동
(580㎡)

- 건설로봇 R&D 지원 및 연구기관 협업
- (장비) 고소작업 건설로봇 3종 작업데이터 취득 및 로봇 성능 개선 등을 위한 서버 스토리지



실내 실험동
(660㎡)

- 고소작업 건설로봇 실내 실증시험
- 고소작업 환경인식 및 맵핑 장비(1종)
- 건설로봇 품질검사 장비(2종)
- (인프라) 단위시험실 및 관제/원격제어실



실외 실험동
(330㎡)

- 고소작업 건설로봇 실내 실증시험
- 실외 실증시험 및 폐기물 처리 등

건설로봇 산업 생태계

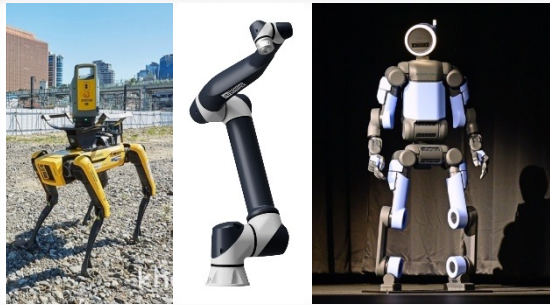
> 건설로봇 개발 구조

종합건설사 (General Contractor, GC)



- ✓ 공정·시공 관리, 건설 기술 개발 · 투자
- ✓ 대형 현장 보유, R&D 전문 조직 운영
- ✓ 직접 시공 인력 부족

로봇 전문업체



- ✓ 로봇 장비 개발 · 공급 · 유지보수
- ✓ 로봇 제작 및 제어 기술 보유
- ✓ 건설 현장 · 공정 이해도 낮음

56%

국내 전문건설사 *건설공사액 비율
(종합건설사 약 44%)

*기성액을 집계한 명목금액, 출처 : 통계청 (2024)

전문건설사 (Sub-Contractor, SC)



- ✓ 실제 시공, 품질 · 생산성 직접 영향
- ✓ 공종 노하우 및 숙련공 보유
- ✓ 인력 고령화, 기술개발 투자여력 부족

! 핵심 이슈

- ✓ 건설로봇 개발은 종합건설사(GC) 주도로 로봇 전문업체(SW · HW 개발)와 함께 진행
- ✓ 건설로봇의 주 활용 영역은 전문건설사(SC)가 수행하는 **용접, 도장, 내화뿔칠 등의 실제 시공 작업**
- ✓ 전문건설사(SC)는 장비구매 · 운영인력 · 정비체계 확보가 어려워 직접 도입에 소극적
- ❗ **개발 주체 ↔ 사용 주체가 분리되는 구조적 공백 발생**

건설로봇 확산 병목 : 운영 체계의 공백

“ 종합건설사(GC) 개발, 전문건설사(SC) 사용 구조 → **운영 · 관리 · 책임 주체 공백 발생** ”

구매 · 보유 주체

- ☑ GC가 개발한 로봇을 SC가 살 것인가?
- ☑ GC로부터 SC가 로봇을 임대할 것인가?

운용 · 교육 주체

- ☑ SC소속 기능공이 운용할 것인가?
- ☑ 별도 로봇 오퍼레이터가 필요한가?

비용 · 편익 배분

- ☑ 투자비와 교육비는 누가 부담하는가?
- ☑ 생산성 개선 효과는 누구에게 귀속되는가?

책임 · 리스크

- ☑ 고장, 공정 지연, 하자, 안전사고 발생 시 누가 책임지는가?

운영 체계 필요성

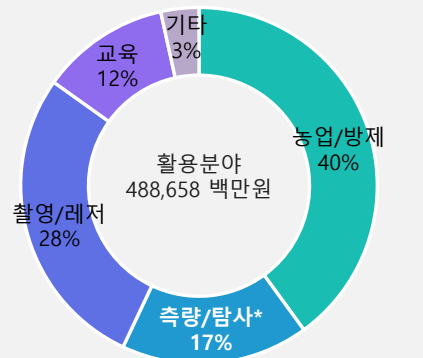
운영·책임 주체의 공백은 건설로봇 현장 도입의 핵심 병목
→ 개발(GC)과 사용(SC)을 잇는 **운영 주체 · 자격 · 책임 · 비용배분 체계 설계 필요**

유사 사례 분석 : 드론

건설현장 드론 활용 현황

- ✓ 2010년대 후반 스마트건설 흐름과 함께 건설현장 본격 도입되었으며, 건설 드론 시장 꾸준한 성장세를 보이고 있음
- ✓ 설계 · 시공 · 유지관리 단계의 공정/품질 관리에 활용 : 부지 측량, 현장 모니터링, 위험 구역 점검 등

국내 드론 적용 분야



*측량/탐사 : 건설·토목 측량, 시설물 안전 점검 등
출처: 국토교통부 (2026)

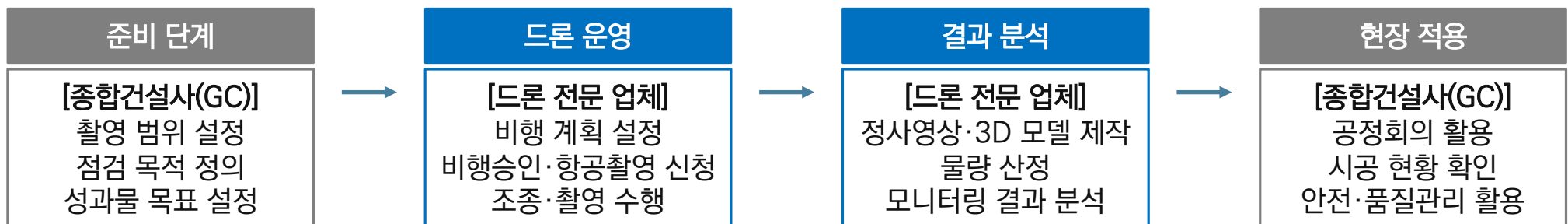
건설 드론 연도별 시장 규모



주요 활용 분야

- 측량 및 토공량 산정
부지 현황 측량, 현황도 및 3D 모델 생성
- 공정관리 · 안전관리
시공 진행상황 모니터링, 작업자 안전 관리
- 위험 구역 점검
고층부 · 교량 등 고소/협소/위험 구역 점검
- 유지관리 · 시설물 점검
외관 촬영으로 건축물 상태 확인 (AI 영상분석 연계)

🔍 건설현장 드론 운영 체계 : 주로 **전문 업체 위탁 운영**, 일부 GC는 전담조직(스마트건설 부서) 구성하여 드론 운영 지원

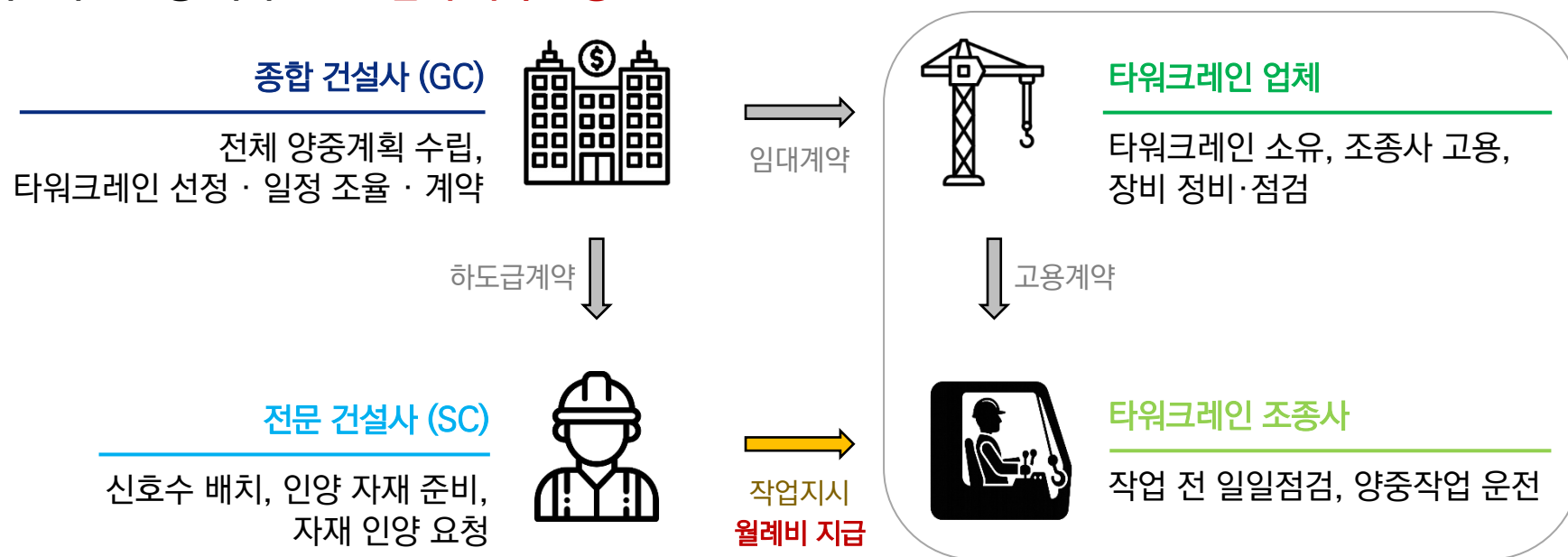


유사 사례 분석 : 건설장비(타워 크레인)

건설현장 타워 크레인 활용

- ✓ 고층·대형 건설현장의 핵심 양중 장비 : 철근, 거푸집, 철골, 마감재 등 자재 수직 · 수평 운반
- ✓ 종합 건설사 ↔ 전문업체 계약 : 타워크레인만은 고가 · 고위험 · 고숙련 장비로, 전문업체로부터 크레인만과 조종사 제공 받아 운영

🔍 타워크레인 운영 체계 : 전문 업체 위탁 운영



“ 계약 주체(GC ↔ 타워크레인 업체)와 작업지시 주체(SC ↔ 타워크레인 조종사)가 분리되어
책임 · 비용 구조가 불명확 해지며, **임금 외 별도 금품인 월레비 관행 발생** ”

건설로봇 운영 : 단계별 확산 전략

유사사례 분석 결과

- ✓ 건설산업에서 드론, 타워크레인, 펌프카, 굴착기, 덤프트럭은 일반적으로 전문업체 위탁 방식으로 운영
- ✓ 건설로봇 역시 전문업체가 제공하는 서비스(장비+운영+정비+데이터) 형태로 출발하는 것이 합리적

“

위탁 운영은 도입 초기의 출발점
로봇이 현장에서 검증될수록 **운영 주체를 사용 주체(SC)로 이전**하여,
개발 · 사용 주체분리가 만든 운영 · 책임 공백을 해소

”

STEP 1. 도입기

로봇 전문 기업 위탁

운영 주체
로봇 운영 전문기업

핵심
장비 · 오퍼레이터 · 정비 · 안전관리 ·
데이터 분석을 하나의 패키지로 제공

과제
로봇 운영 서비스 생태계 형성 필요



STEP 2. 확산기

GC 로봇 운영팀 + SC 협업

운영 주체
종합건설사(GC) 내 전담조직

핵심
GC 보유 현장에 반복 적용으로
운영데이터 축적 → 로봇운영 표준 정립

과제
실제 공종 노하우는 SC에 의존



STEP 3. 성숙기

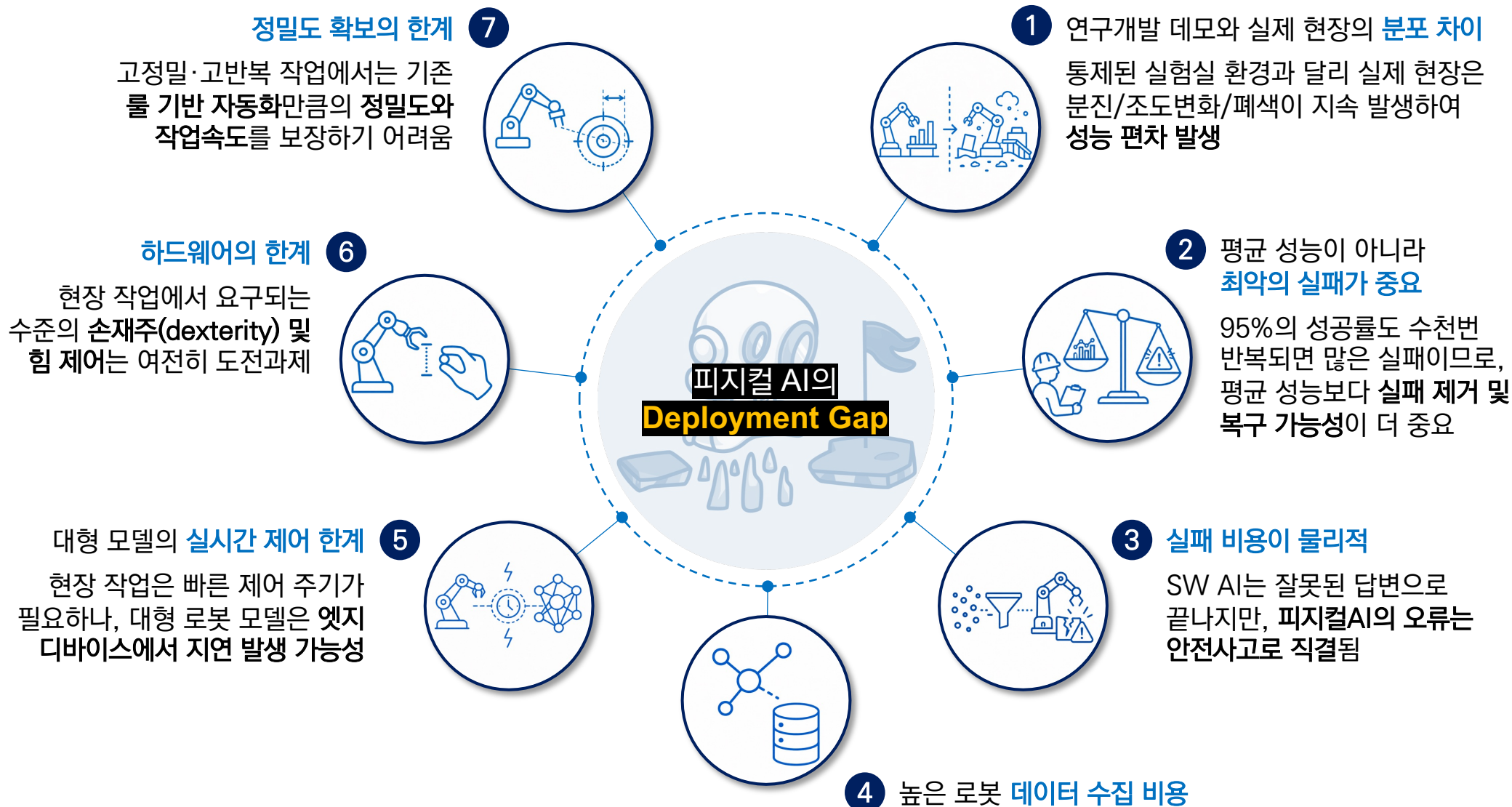
SC 직접 운영

운영 주체
전문건설사(SC) 작업반

핵심
SC가 보유한 공종 노하우를 바탕으로
로봇을 직접 운영
→ 운영·작업지시·책임이 SC로 일원화

과제
교육·정비·안전관리 부담

피지컬 AI 현장 도입의 어려움



출처: World Economic Forum (2025), Hsu (2026), Li et al. (2026)

피지컬 AI 시대의 건설 자동화 전략

“ 한 공정 내에서도 **반복 작업, 변동성, 예외 처리**가 공존하므로, 단일 접근보다는 **계층형 자동화 전략***이 필요 ”

* 작업 상황에 따라 룰 기반, 학습 기반, 맥락 기반 자동화 접근 조합

자동화 잠재력(기능성)



룰 기반 자동화

- ✓ 정밀도, 일관성, 빠른 사이클타임이 중요한 작업에 적합
- ✓ 작업 조건이 바뀌면 재프로그래밍 부담 존재
- ✓ 최근 AI 기반 코딩 및 인터페이스를 통해 적용 범위가 확대되고 있음

학습 기반 자동화

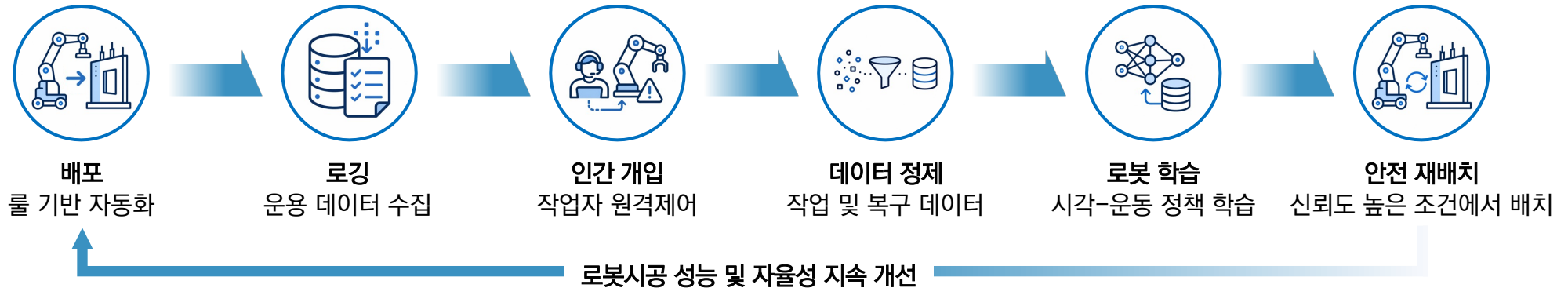
- ✓ 강화학습, 시뮬레이션, 실제 경험을 통해 로봇이 작업을 학습
- ✓ 시뮬레이션에서 먼저 학습·검증할 수 있어 실제 배치 부담 감소
- ✓ 룰 기반 자동화 방식이 유연하지 못한 영역에서 경제성 증가

맥락 기반 자동화

- ✓ 로봇 파운데이션 모델과 제로샷 학습 활용
→ 휴머노이드/범용 로봇 핵심기술
- ✓ 사전 학습 없이 낯선 환경에서 상황을 인식하고 추론하고 행동
- ✓ 고수준 지시를 이해하고, 미지의 자재나 새로운 환경에 대응

현장 데이터 기반 휴먼인더루프(Human-in-the-Loop) 건설로봇 학습 프레임워크

현장 데이터 기반 휴먼인더루프 페루프(Closed-Loop) 학습 프레임워크



(1단계) 현장 배치 및 데이터 수집

① 룰 기반 자동화로 즉시 도입

- ✓ 초기 도입을 위한 룰 기반 자동화
- ✓ 검증된 로봇 기술을 활용한 예측 가능/고정밀 작업 수행
- ✓ 반복적/구조화 작업 우선 도입
- ✓ AI 기반 코딩 및 프로그래밍 인터페이스 활용 병목 해소



② 운용 중 백그라운드 로깅

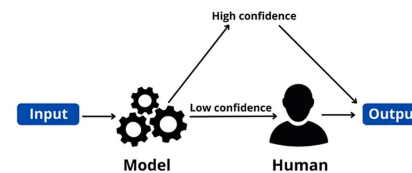
- ✓ 실환경 운용 데이터 지속 수집
- ✓ 정상 작업 데이터 및 실패 데이터 동시 수집 및 태깅
- ✓ 로봇/센서/작업/환경 데이터 동기화



(2단계) 학습 및 개선

③ 인간 개입형 데이터 수집

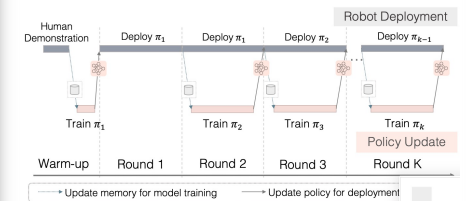
- ✓ 실패 및 예외 상황에 대해 원격제어를 통한 인간 개입



- ✓ 실패 및 예외 대응을 위한 전문가 개입 데이터 캡처
- ✓ 예외 상황 대응 및 복구 전략을 학습 데이터로 축적

④ 로봇 정책 학습 및 점진적 자율성

- ✓ 수집된 데이터를 통해 시각-운동(visuomotor) 정책 학습



- ✓ 현장 데이터를 활용한 반복 개선
- ✓ 신뢰도 높은 조건에서 배치
- ✓ 안전 제약 하에 점진적으로 자율성 수준 확대

1. 피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발은 ‘대규모·다학제 R&D 프로젝트’이다.

- 로봇 플랫폼, 정밀 센싱, AI 기반 작업지능, 인간-로봇 협업, 디지털 트윈/BIM, 제도·규제까지 통합되어야 한다.



2. 기술의 발전만으로는 건설로봇 산업 활성화가 보장되지 않는다.

- AI, 로봇틱스 기술의 준비도와 투자 수준은 빠르게 높아지고 있지만, 실제 현장 도입과 생산성 개선을 위해서는 기술을 현장 적용 가능한 구조로 만드는 제도, 표준, 업무 방식, 책임 구조가 필요하다.

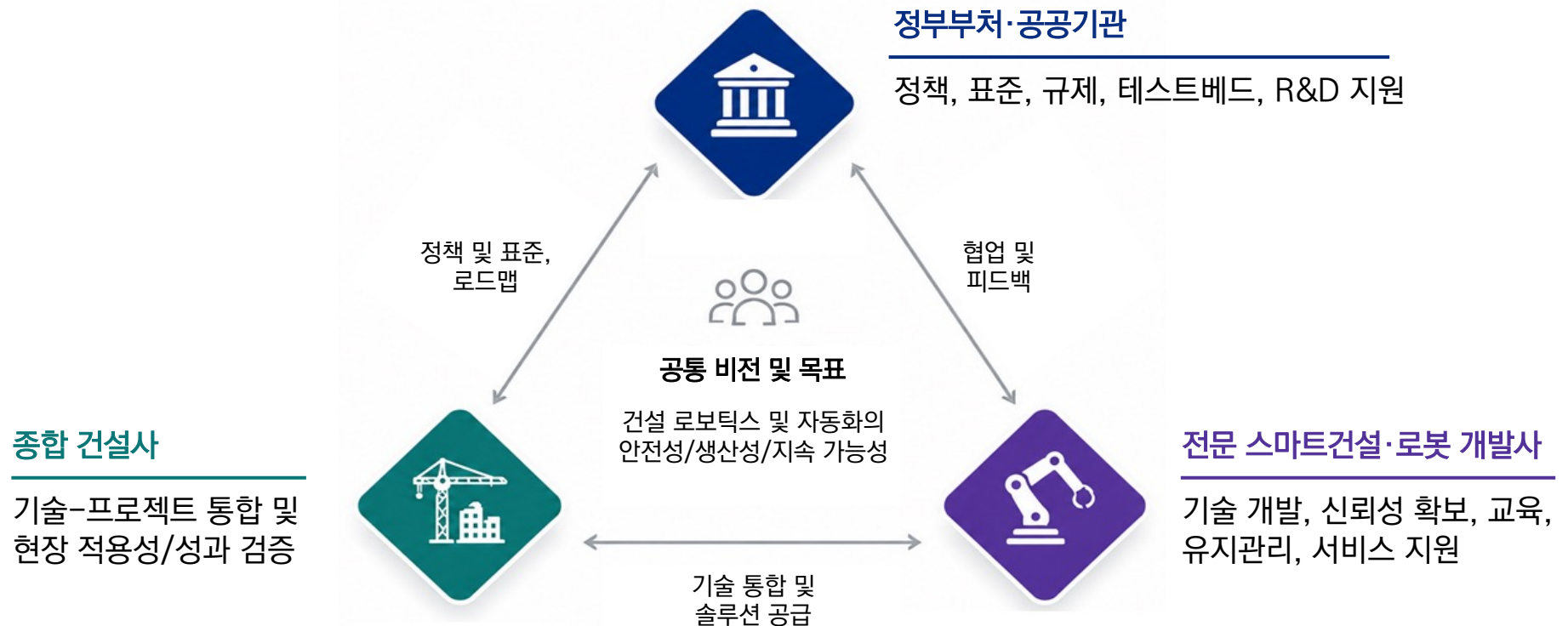


3. 건설로봇 확산은 단일 주체가 아닌 ‘정부·건설사·기술기업이 함께 움직이는 생태계’가 필요하다.

- 정부는 제도·표준·테스트베드를 만들고, 종합건설사는 현장 적용과 검증을 담당하며, 기술기업은 기술개발·신뢰성·교육·유지관리를 담당한다.

4. 건설로봇의 최종 과제는 기술 도입이 아니라 운영 체계화이다.

- 데이터, 프로세스, 현장 검증, 인력 역량, 거버넌스가 함께 갖춰져야 건설로봇이 실제 운영 현실이 된다.



피지컬 AI 시대의 건설로봇 기술 개발 및 산업 활성화

감사합니다.

