

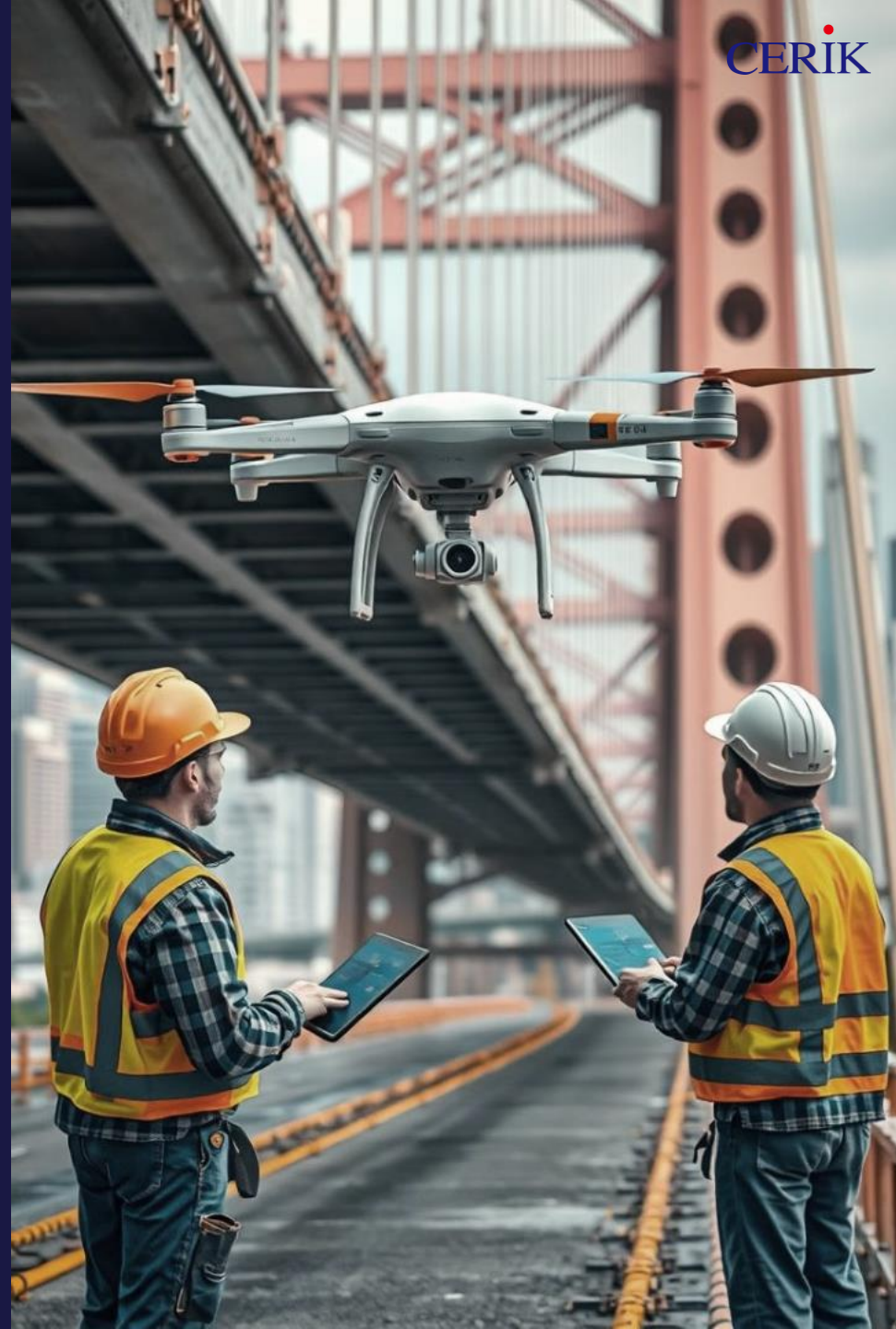
지속가능한 경쟁력 확보를 위한 스마트 기반 건설혁신 세미나

CERIK

스마트 기반의 건설생산시스템 혁신 방향

2024.10.24.

한국건설산업연구원 박희대 부연구위원





개요

01. 건설환경 변화와 생산시스템의 한계

02. 스마트 건설기술과 기회

03. 우리 건설산업의 대응과 문제점

04. 스마트 기반의 생산시스템 혁신 전략

맥킨지 리포트: 우리나라의 산업 전환과 생산성 향상 필요성



■ 2013년, ‘한국 경제는 서서히 가열되는 냄비 속 개구리’

- 저생산성 문제 등 위기에 대한 **문제인식과 해결방안 부재** 지적

■ 2023년, ‘끓는 물 속 개구리를 냄비 밖으로 꺼내야’

- 인구 구조 불균형, 노동생산성 감소, 기간산업 글로벌 경쟁 심화와 중소기업 생산성 부진 등 산업 여건이 복합적으로 심화
- 물의 온도가 내리길 기다리기 보다 **과감한 변화**가 필요

■ 건설산업의 산업 전환 필요성과 방향은? 그 범위는?

‘건설’ 그리고 ‘건설산업’이 갖는 의미

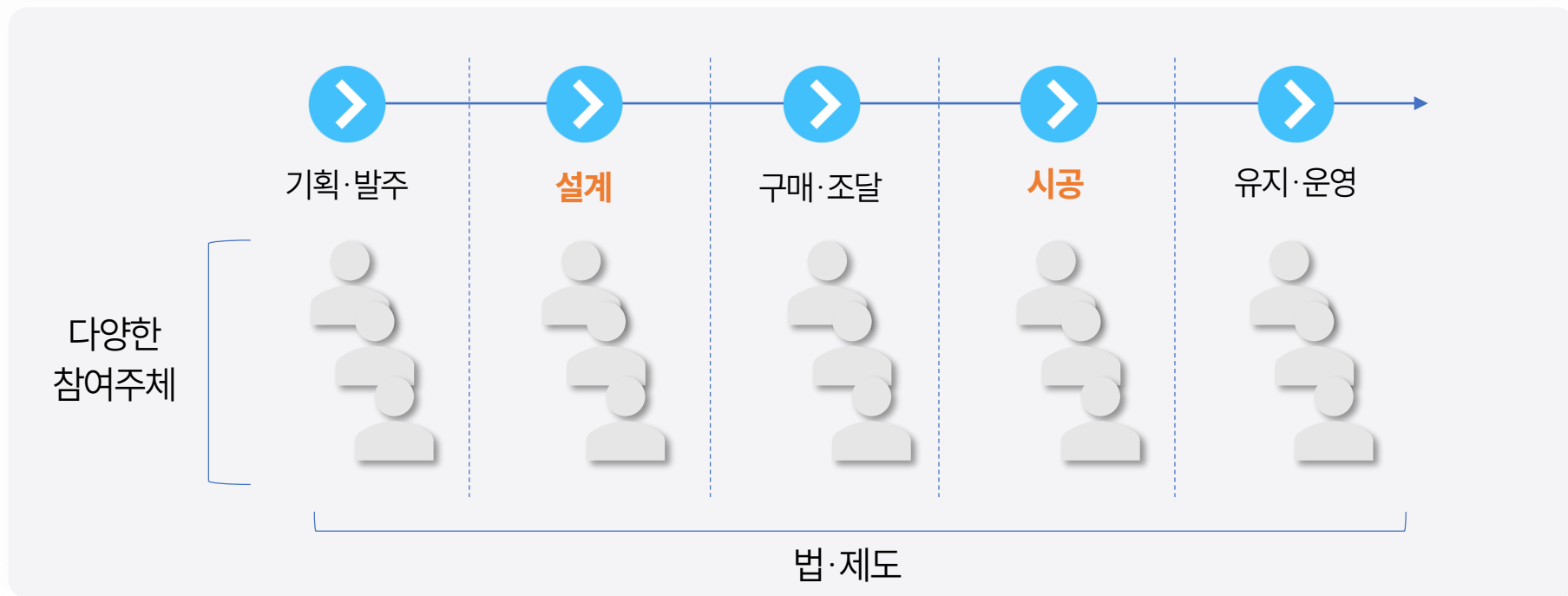
- **자연환경(Natural Environment)과 대비되는 개념으로서의 건설(Built Environment)**
 - 자연환경이 아닌 인간의 모든 주거·경제·사회·환경을 창조, 운영하고 다시 재창조하는 산업
- **건축물, 도로, 철도, 항공 등 교통인프라와 플랜트 등 시설물과 모든 산업의 기반을 구축하는 산업**
 - 건설산업의 전환, 혁신은 모든 산업과 인간의 생활 환경에 영향을 미침



건설산업의 전환, 혁신의 범위

■ 기존 건설산업의 혁신은 설계·시공기술, 이와 관련한 규제 중심으로 논의

- 건설산업의 범위, 역할, 기능에 대한 협소한 인식에서 기인
- 지속가능한 건설산업의 혁신방향은 가치사슬과 다양한 참여주체를 고려한 시스템 관점의 접근 필요



01

건설환경 변화와 생산시스템의 한계

건설환경 변화로 인한 생산시스템 위기와 혁신의 필요성

■ 생산성 정체 지속 가운데 인력·자재·안전 및 품질 규제 등 여건 변화로 한계 직면

- 건설근로자 고령화 및 숙련근로자 감소 : 대부분의 선진국 건설시장의 공통적 현상
- 원자재 가격 상승 및 수급 불안정, 품질 및 안전 규제 강화 : 건설사업 수익성 및 생산성 저하
- 건설 생산시스템 혁신을 위한 **건설산업 대전환** 필요성 증가



생산성 정체 지속



근로자 고령화,
신규인력 감소



원자재 가격 상승
및 수급 불안정



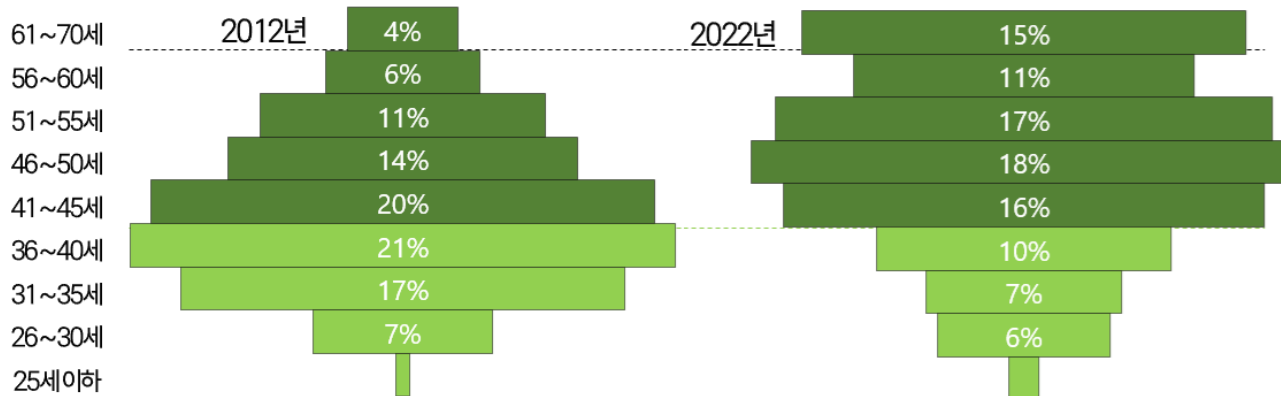
품질·안전규제
강화

건설산업의 인력구조 변화 추이

■ 건설 기술인력·기능인력 고령화 심화, 신규인력 진입 감소

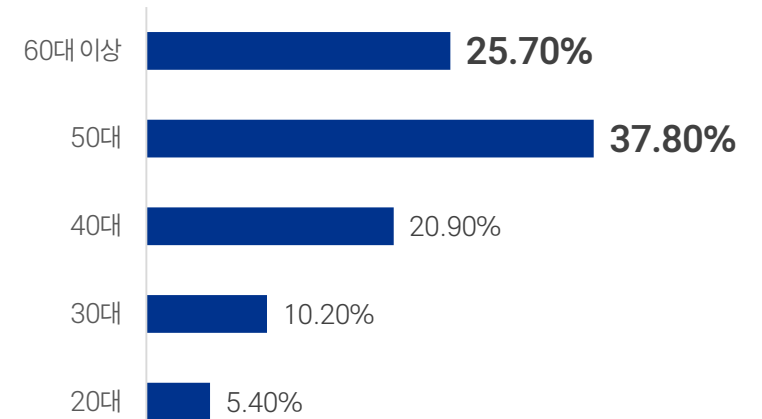
- 기술인력 40세 이하 비중 10년간 **22%p** 감소, 기능인력 40대 이상 비중 84.4%... 단기 개선 가능성 小
- **노동의존도** 높은 건설산업의 생산기반 위협 : 극심한 인력난 맞이한 조선산업의 전철 밟을 우려

[건설 기술인력 연령 비중 변화]



Source: 성유경 (2024) 건설산업의 혁신 잠재력 MZ세대 확보하기, 건설산업발전포럼 창립 30주년 기념세미나.
자료: 한국건설기술인협회 '건설기술인통계' 각 연호

[건설 기능인력 연령별 비중('23)]



Source: 대한경제 (2023) 건설산업 고령화도 역대 최고치 찍었다 (2023.05.24).
자료: 건설근로자공제회.

건설산업의 인력구조 변화와 영향

■ 현장 작업자 인력구조 변화로 생산성 하락 및 품질관리 애로 증가

- 숙련근로자 고령화 및 감소, 내국인 신규인력 진입 감소, 외국인 근로자 증가로 현장 생산성 감소



근로자 고령화,
신규인력 감소

작업생산성 하락

- ✓ 현장 작업방식 개선 필요
- ✓ 현장 작업지원 기술 필요

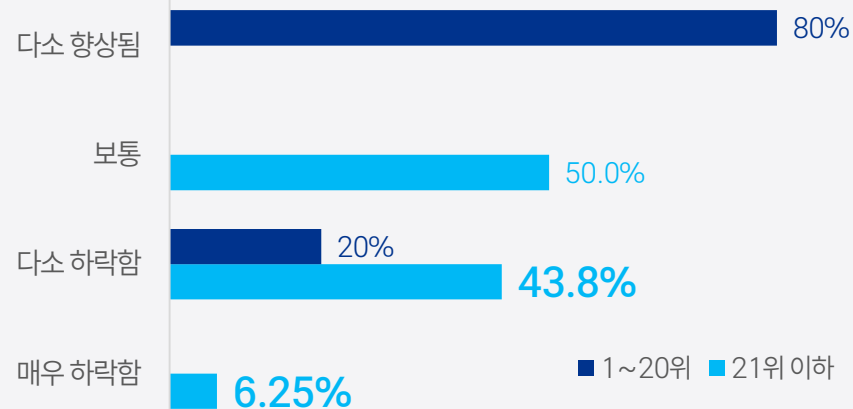
공사인력 간 품질편차 확대

- ✓ 생산성 모니터링 개선 필요
- ✓ 현장 작업지원 기술 필요

현장근로자 확보 애로

- ✓ 인력투입 작업 대체기술 필요

[최근 5년간 현장 작업생산성 변화는?]



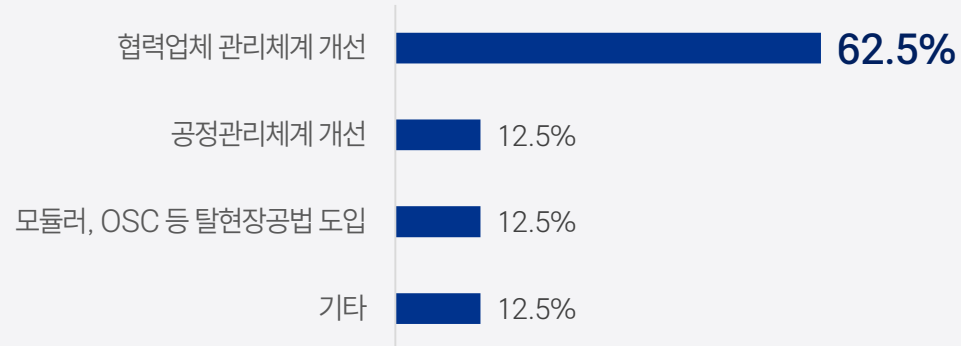
Source: 한국건설산업연구원 (2024.10)

건설산업의 인력구조 변화와 영향

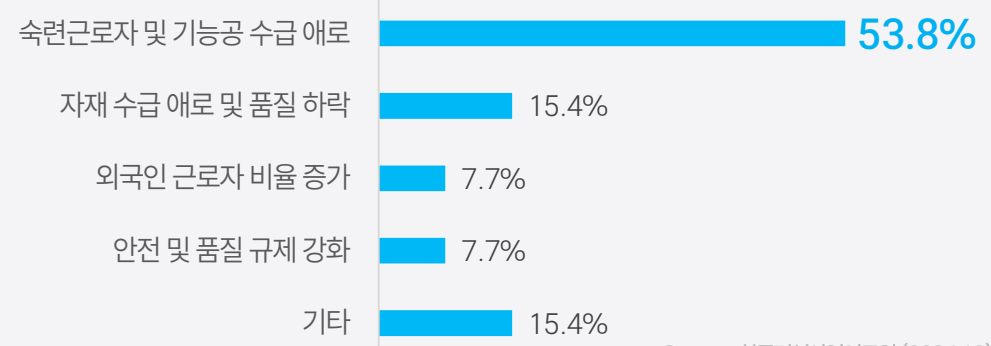
■ 현장 생산성 하락 원인으로 현장 작업자 인력구조 변화 지목

- 상위 기업은 협력업체 관리, 탈현장 공법 도입 등으로 생산성 향상
- 생산성 하락 주요 원인 : 숙련근로자 및 기능공 수급 애로(53.8%), 외국인 근로자 비율 증가(7.7%)
- 채용 인센티브, 규제완화 등 다양한 근로자 유인책 시행, 효과는?

[생산성 향상의 주요 원인은?]



[생산성 하락의 주요 원인은?]

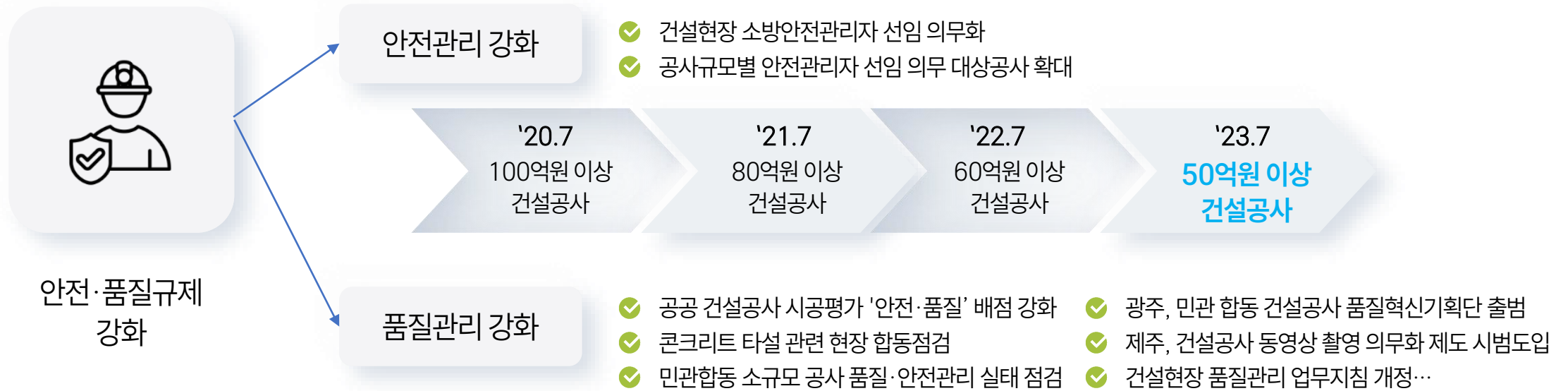


Source: 한국건설산업연구원 (2024.10).

건설공사 안전·품질관리 수준 강화

■ 안전·품질 강화 기조 및 규제 대응을 위한 인력 투입 및 관리 강화 필요성 증가

- 시설물 및 건설현장 안전 확보에 대한 사회적 요구 증가, 안전관리자 선임 의무 대상공사 확대, 품질관리 강화 기조
- 전담 조직(인력) 확보, 효과적인 안전·품질관리를 위한 기술 활용 불가피





02

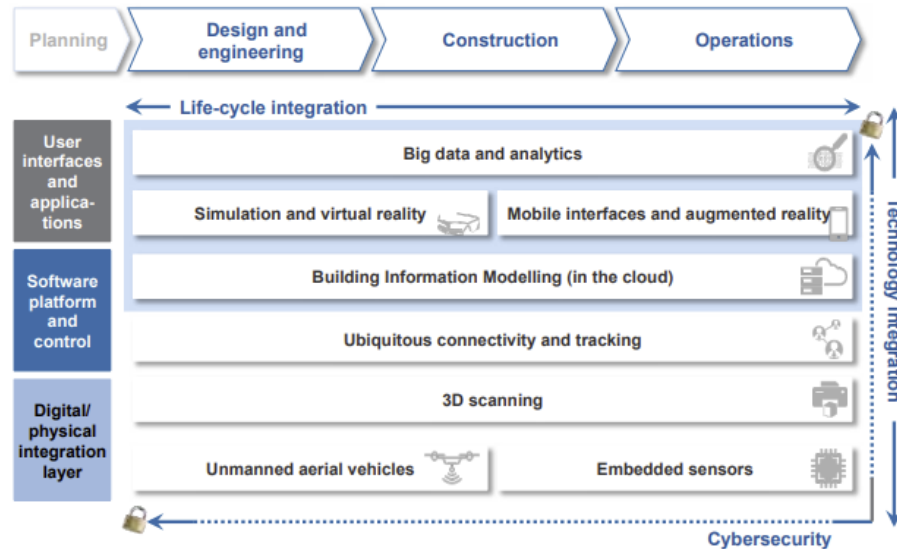
스마트 건설기술과 기회

디지털 기반 첨단기술과 건설산업 혁신

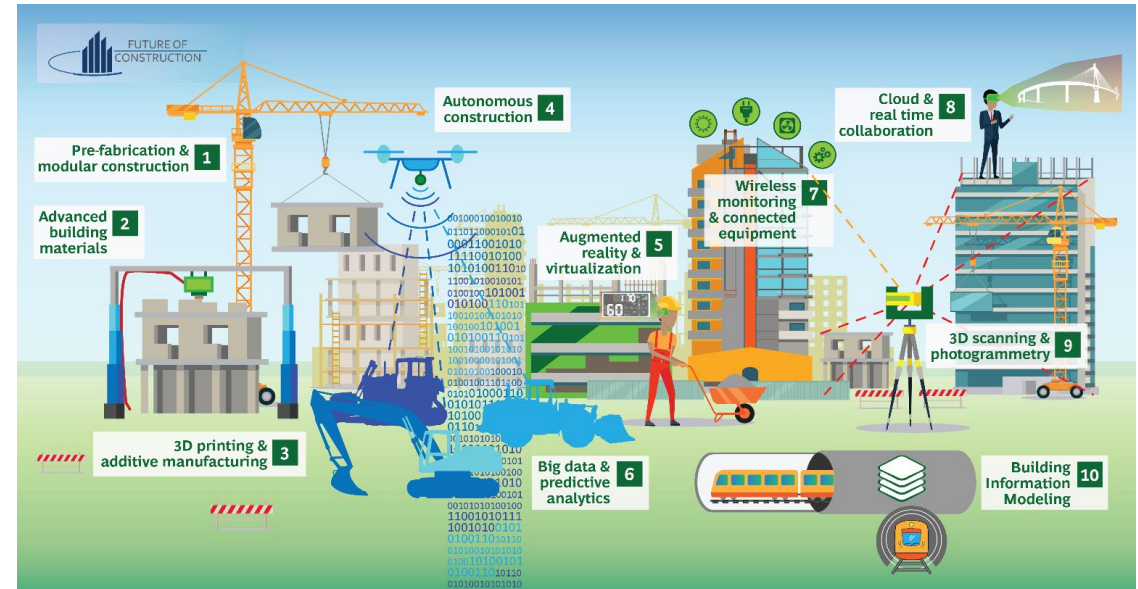
■ 스마트 건설기술, '16년부터 **건설 생애주기 전반**의 적용 가능성 논의 시작

- 첨단기술 기반의 건설산업 디지털화, 자동화... 건설산업을 혁신할 미래 기술로 평가
- 특정 생산단계에 국한되지 않은 가치사슬 전반의 활용 가능성 제시

Figure 8: Digital Technologies Applied in the E&C Value Chain⁴⁸



Source: World Economic Forum (2016).



Source: World Economic Forum, Boston Consulting Group (2018).

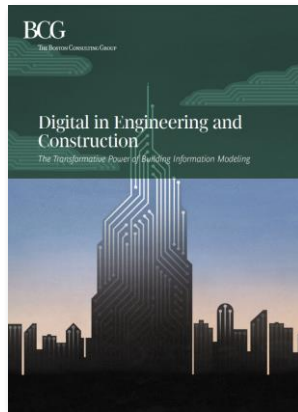
디지털 기반 첨단기술과 건설산업 혁신

■ 디지털 전환, 미래 건설산업 패러다임 전환의 필수 요소로 지목

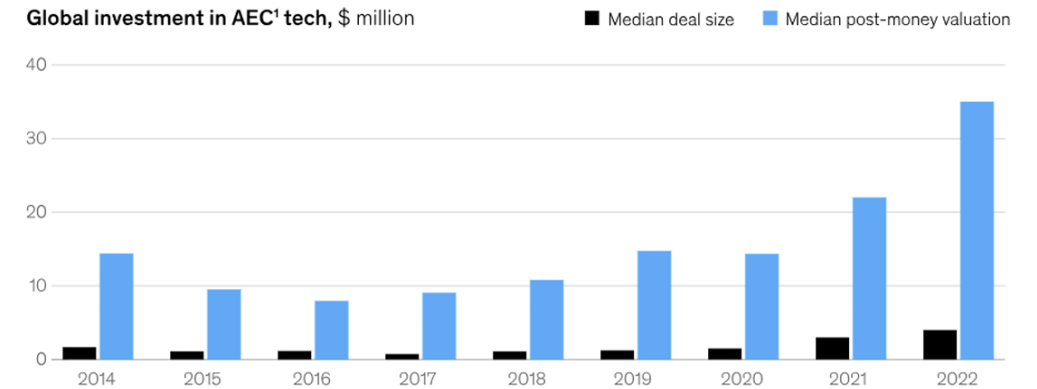
- WEF·BCG (2016) : 미래 건설산업의 변화를 이끌 10대 첨단기술의 핵심은 디지털 전환
- MGI (2017) : 디지털 전환, 건설사업의 **생산성 향상**(14~15%) 및 **사업비 절감**(4~6%)에 기여

■ 최근 스마트 기술분야 관심 및 투자 증가, 글로벌 건설산업 투자 지속 성장

- '20~'22 투자 500억 달러 규모, 이전 3년 대비 85% 증가



[글로벌 건설산업 스마트 기술 투자 추이]



Source: McKinsey & Company (2023) From start-up to scale-up accelerating growth in Construction Technology.

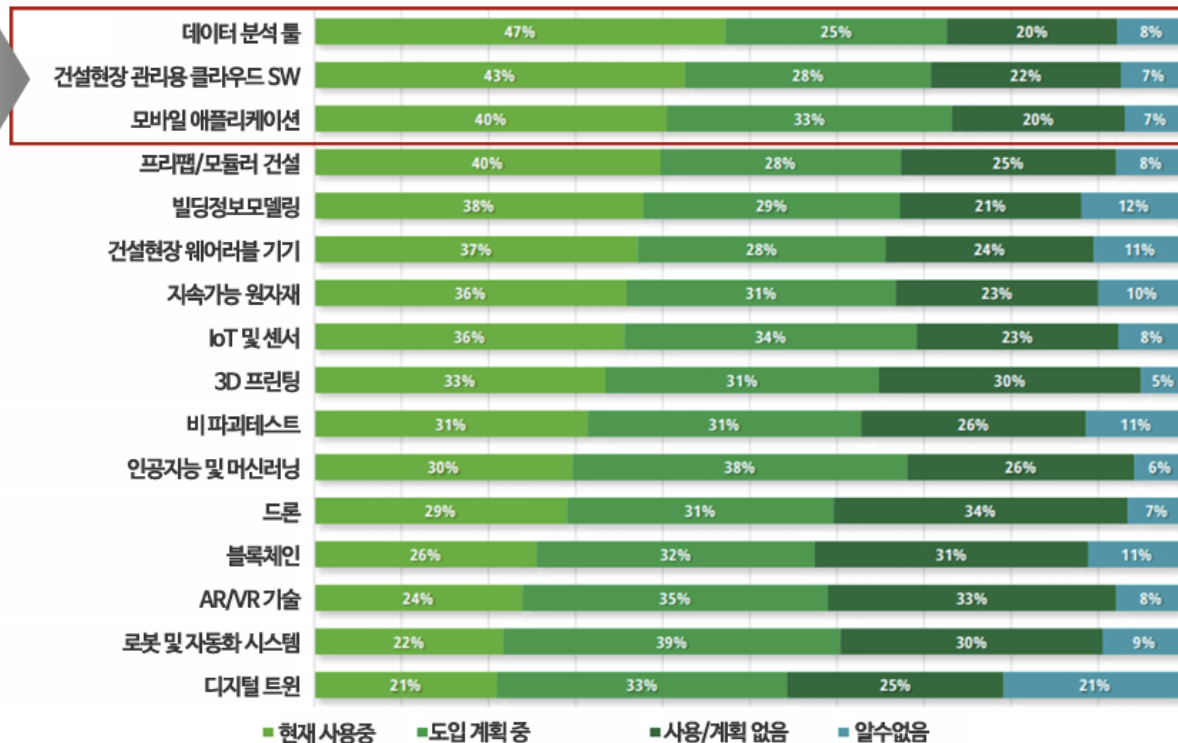
해외 건설기업 스마트 건설기술 도입 현황

■ 아·태평양 6개국 주요 건설기업, 스마트 건설기술 도입 활발

- 디지털 기술 도입을 통한 건설 프로세스 생산성 향상, 수익 증가, 비용 절감, 공기 준수 개선

기술 분야	도입률 (응답률)
데이터 분석	47%
건설 프로젝트 관리 SW (e.g. Procore, PlanGrid)	43%
모바일 앱 (e.g. Autodesk 등)	41%
Prefab(프리팹)와 모듈러(Modular) 건축	40%
빌딩 정보 모델링 (Building Information Modelling, BIM)	38%

현장 생산성
향상



Source: Deloitte (2024) 건설산업의 디지털 기술 도입 및 활용 전략.

우리 건설산업과 스마트 건설기술

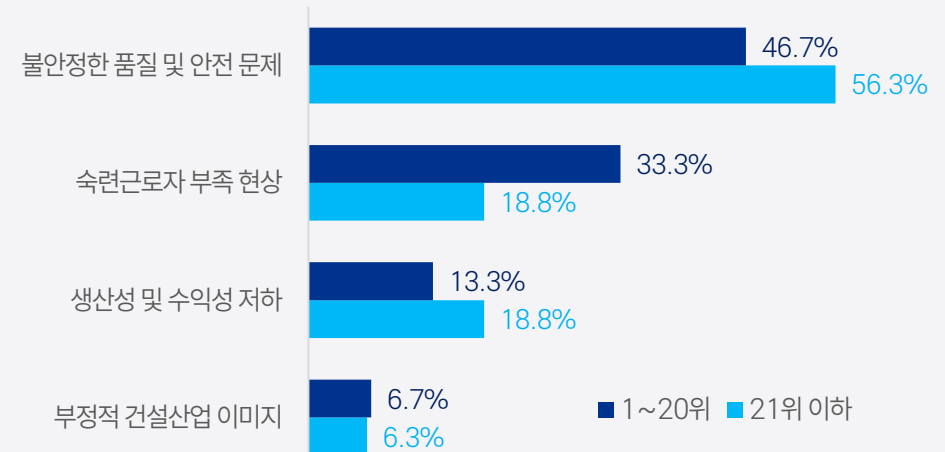
■ 건설산업의 지속가능한 경쟁력 확보를 위해 선택이 아닌 필수적 요소

- 생산성, 근로자 수급, 안전·품질 등 기존 시스템 위협하는 현안 산재
- 스마트 건설기술의 현업 문제점 개선 기대
 - 불안정한 품질 및 안전 문제 해소 56.3%(21위 이하 기업)
 - 숙련근로자 부족현상, 생산성·수익성 개선 기대

■ 건설산업 대전환 기회로써의 스마트 건설기술

- 지엽적 개선을 넘어 생산방식, 전체 시스템 혁신 기회
- 건설산업의 재탄생(Re-birth)을 이끌 동력

[스마트 건설기술 적용 확대로 개선이 기대되는 현업의 문제점은?]



Source: 한국건설산업연구원 (2024.10)



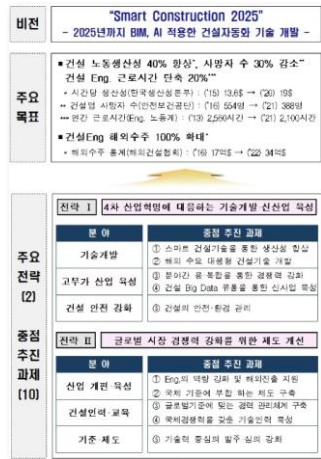
03

우리 건설산업의 대응과 문제점

[정부] 스마트 건설기술 기반의 산업 혁신 추진

■ '17년부터 스마트 건설기술 개발·활용기반 구축, 건설산업의 디지털화·자동화 추진

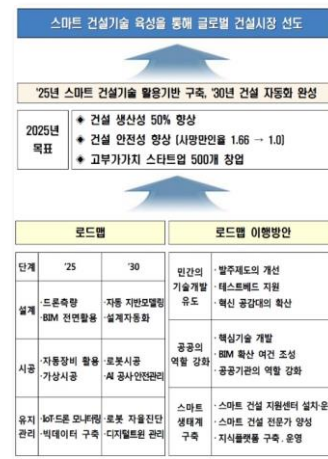
- 건설 생애주기 디지털화·자동화를 통한 생산성·안전성 향상, 글로벌 경쟁력 확보 목표
- 설계·시공·유지관리 단계 기술로드맵 마련, 디지털화·자동화·모듈화 및 스마트 생태계 구축



제6차 건설기술진흥기본계획(17.12)



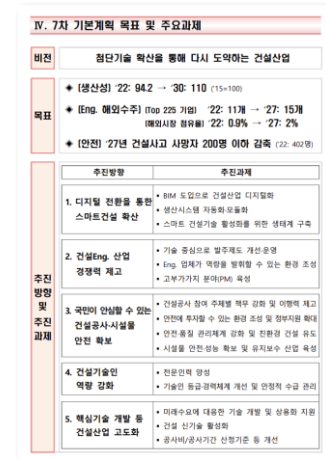
건설산업 혁신방안('18.06)



스마트 건설기술 로드맵('18.10)



스마트 건설 활성화 방안('22.07)

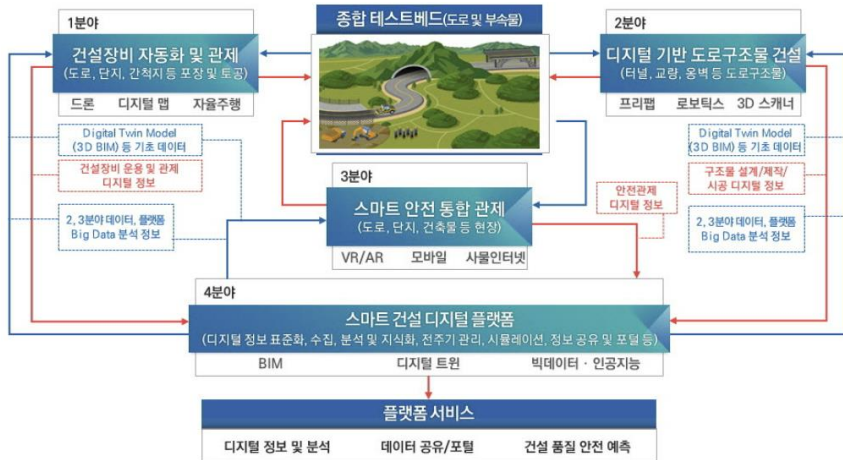


제7차 건설기술진흥기본계획('23.12)

[정부] R&D를 통한 혁신기술 확보 및 스마트 건설 생태계 구축

■ 스마트 건설기술 개발사업 ('20~'25)

- ① 건설장비 자동화 및 관제 분야
- ② 디지털 기반 도로구조물 건설 분야
- ③ 스마트 안전 통합 관제 분야
- ④ 스마트 건설 디지털 플랫폼 분야



■ 스마트 건설산업 육성을 위한 생태계 조성

- 6개 핵심 스마트 건설기술 선정, 민간 주도 상호협력 기반 마련
- 기술 실증, 제도 개선, 비즈니스 모델 개발 등 협력



Source: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원 (2019) 스마트 건설기술 개발사업 기획 최종보고서.

[문제점] 파편화된 건설산업의 가치사슬 고려 한계

■ 건설 가치사슬 파편화, 갑-을 계약관계 : 시공, 시공관리 등 특정 분야 개선의 한계성

- 시공 및 시공관리 등 특정 분야 기술 개선만으로는 전체 생산시스템 향상 한계



Source: 최석인 (2023) 국내 건설산업 생산체계 개편의 필요성과 방향, 한국건설산업연구원 내부자료.

■ 건설 생산시스템 혁신전략 수립에 있어 ‘가치사슬 전반’ 고려 미흡, 지속가능성 부족

- 선도기업 중심의 스마트 건설기술 도입: 해당 기업만의 경쟁력 향상 기여
- 산업 차원의 보편화된 기술 적용 및 지속 가능한 경쟁력 향상 한계
- 기술 사용 및 확산 주체인 중소 종합·전문건설기업, 후방기업 고려한 전략 미흡

[문제점] 스마트 기술 확보 주력, 활용기반 정비 미흡

■ 기술 활용 방안 수립은 지연, 혁신 기술 확보를 우선한 스마트 건설정책으로 확산 유도 부족

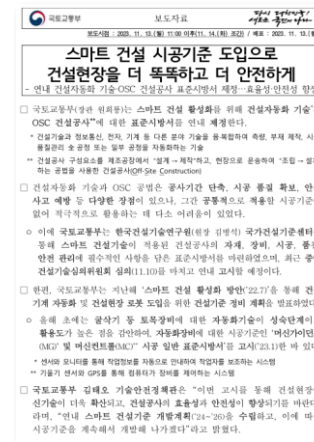
- 디지털화·자동화 등 스마트 건설기술 개발 우선 추진, 현재 발주, 계약, 공사비 등 제도적 기반 단계적 추진
- 해외는 기술 확보와 지침 정비 함께 추진, 공공공사 첨단기술 적극 반영을 통한 신속한 기술 확산 유도



Source: 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원 (2019) 스마트 건설기술 개발사업 기획 최종보고서.



MG/MC 시공
일반 표준시방서 (2301.)



스마트건설 시공기준 (23.12)

참고 1 | 건설자재와 기술·OSC 건설공사 표준시방서 주요 내용

□ 건설자재와 일반 표준시방서 : KCS 10 70 05

구분	주요 내용
지침	KCS 10 10 20(2023년판)에 따라 관리
시공 및 장비	생체정보·개인정보·위치·기타 민감한 기술·자재 시·제품정보를 통째로 담지 원자재를 또는 자재 장비·기계·자재 시·제품의 사용 시 안전한 사용기준과 표시 원자재를 또는 자재 장비·기계·자재 시·제품의 사용 시 안전한 사용기준과 표시
안전	원자재를 또는 자재 장비·기계·자재 시·제품의 사용 시 안전한 사용기준과 표시 원자재를 또는 자재 장비·기계·자재 시·제품의 사용 시 안전한 사용기준과 표시

□ OSC 건설공사 표준시방서 : KCS 10 70 50

구분	주요 내용
지침	KCS 10 10 20(2023년판)에 따라 관리
시공 및 장비	생체정보·개인정보·위치·기타 민감한 기술·자재 시·제품정보를 통째로 담지 원자재를 또는 자재 장비·기계·자재 시·제품의 사용 시 안전한 사용기준과 표시 원자재를 또는 자재 장비·기계·자재 시·제품의 사용 시 안전한 사용기준과 표시
안전	원자재를 또는 자재 장비·기계·자재 시·제품의 사용 시 안전한 사용기준과 표시 원자재를 또는 자재 장비·기계·자재 시·제품의 사용 시 안전한 사용기준과 표시

[문제점] 디지털화 및 자동화 지원 표준화 전략 미흡

■ BIM 상세수준 및 라이브러리 등 표준 부재

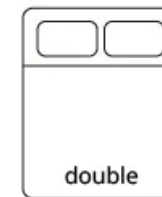
- “설계 BIM 따로, 시공 BIM 따로” 업무 비효율 초래, 디지털화를 통한 설계-시공 연계성 미흡

■ 제조업의 생산 및 조립 프로세스 최적화, 자동화 전제조건은 표준화, 규격화

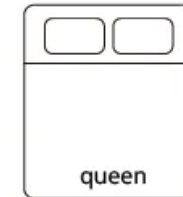
- 표준화된 부품 설계 기반, 생산 설비 및 프로세스의 자동화, 효율화 추진

■ 건설산업 부·자재 표준화 및 규격화를 통한 설계·생산·공급 생산성 향상 전략 부재

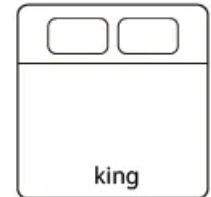
- PC, 모듈러 등 OSC/Prefab 생산설비 자동화의 주요 장애요인 중 하나
- 기업 및 현장마다 상이한 주요 자재 및 공간 설계 단위 활용: **호환성 低**
 - 예: 공동주택의 방문, 창호, 지하주차장 PC빔·슬래브 등
 - A기업 : 아파트 모든 구조 및 가구를 450mm, 600mm, 900mm 단위 설계
- Modular Coordination 설계, 생산, 시공을 통한 생산성 향상 전략 필요



double
135 x 189 cm
(53" x 75")



queen
150 x 200 cm
(59" x 79")



king
180 x 200 cm
(71" x 79")

Source: IKEA.

[문제점] 현장수요 및 작업인력 변화 대응 기술개발 미흡

■ 근로자 고령화, 미숙련근로자 증가에 대응한 작업 지원형 기술 필요

- 조선산업의 경우 공정 특성에 따른 간이·부분·완전 자동화 기술 개발
- 건설 공정 특성에 따른 적합한 자동화 도입방식 및 가능 수준 상이
- 자동화 스마트 건설기술 ≠ 무인화 기술

■ 대표적 작업 지원 기술사례: 협업로봇(Cobot)

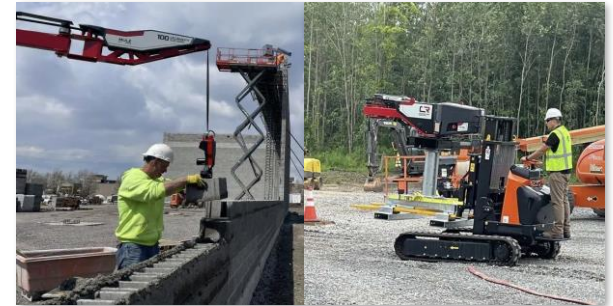
- 자재 운반, 사전제작, 조립(볼트 등), 검사 분야 활용
- 현장밀착형 수요 진단을 통한 간이 및 부분 자동화 필요 영역 발굴

조선소 용접 협동 로봇



Source: 한화오션.

건설분야 협업 로봇(Cobot) 사례



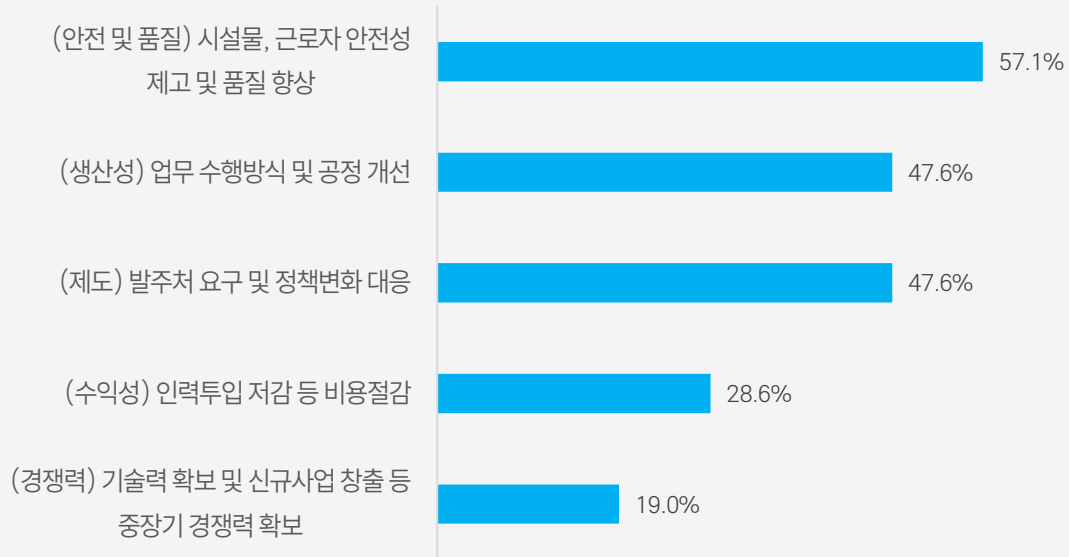
Source: Construction Robotics.

[기업] 스마트 건설기술 도입 현황

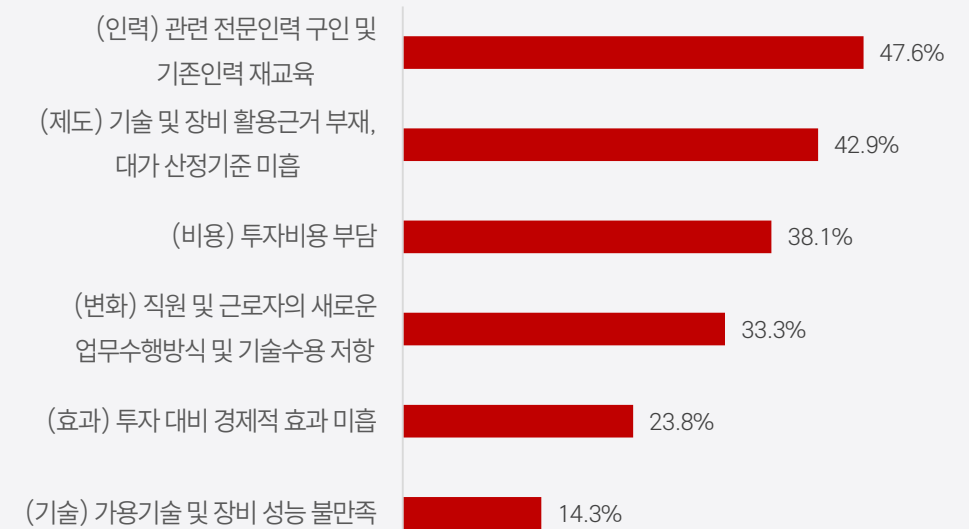
■ 프로세스 효율화, 디지털화, 무인화, 인력 절감 등 기업별 중점 추진기조에 따라 기술 도입, 활용

- 안전 및 품질 확보, 생산성 향상, 발주처 요구 및 정책변화 대응을 위한 기술 도입 비중 높아
- 전문인력 확보, 스마트 건설기술 활용 제도, 투자비용 부담은 애로사항으로 작용

[스마트 건설기술 확산 **촉진**요인은? (복수응답)]



[스마트 건설기술 확산 **저해**요인은? (복수응답)]

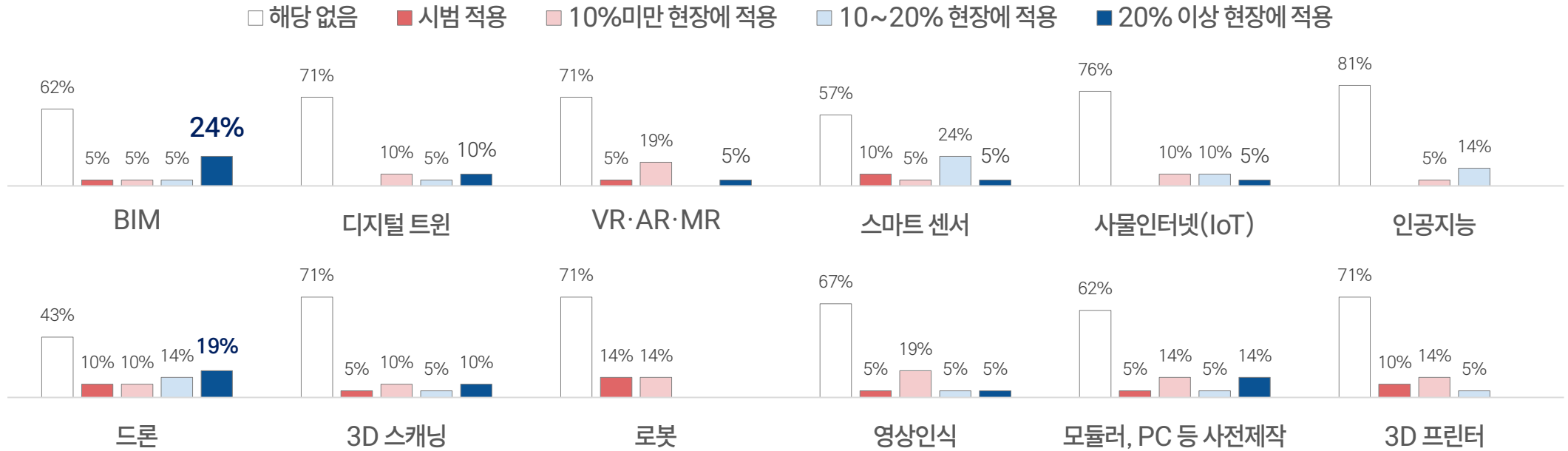


Source: 한국건설산업연구원 (2024.10)

[기업] 스마트 건설기술 현장 적용 현황

■ 스마트 건설기술 활용 **양극화**... 주요 기술 미적용 기업 평균 67%

- 상위 선도기업은 BIM, 디지털 트윈, 드론, 사전제작 기술 **20% 이상 현장 적용** (=기업내 **보급화** 단계)
- 드론, 스마트 센서기술 활용 **高**, 인공지능, 사물인터넷, 로봇 등 적용 가장 낮아



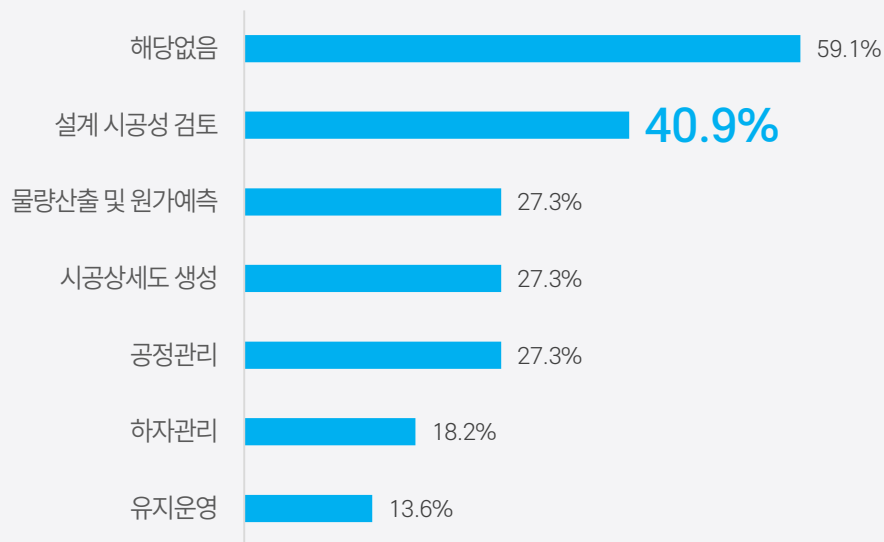
Source: 한국건설산업연구원 (2024.10)

[기업] 주요 스마트 건설기술 상세 활용현황

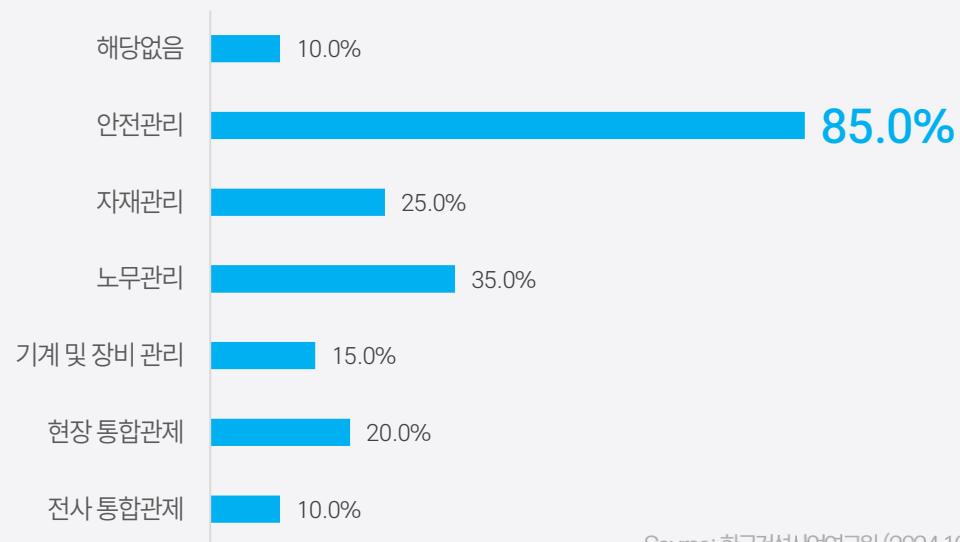
■ BIM 활용분야 점차 확대, 스마트 센서는 안전관리 활용 高

- BIM : 설계 시공성 검토 비중 가장 높으나 물량산출 및 원가예측·시공상세도 생성·공정관리 활용 비율 27.3%
- 스마트 센서 : 안전관리 활용 85%, 통합관제 등 사업관리와 연계한 활용 小

[BIM 활용분야는? (복수응답)]



[스마트 센서 활용분야는? (복수응답)]



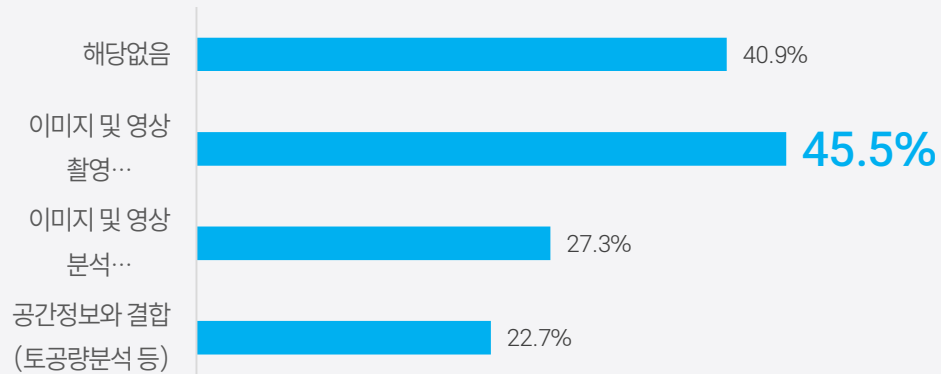
Source: 한국건설산업연구원 (2024.10)

[기업] 주요 스마트 건설기술 상세 활용현황

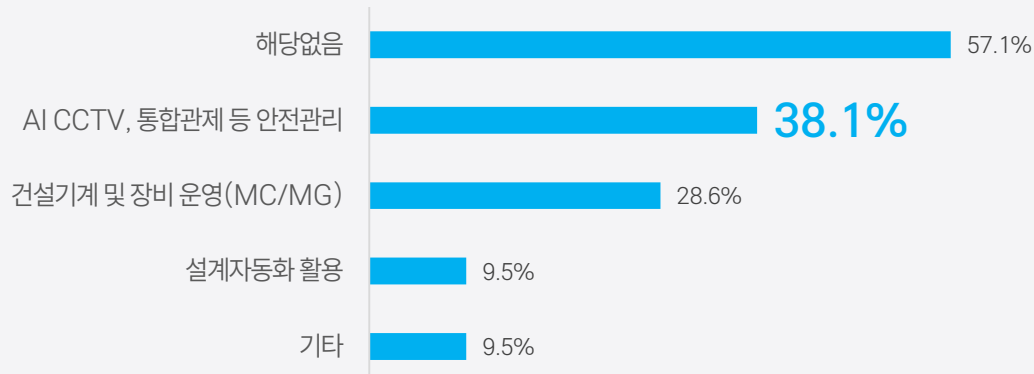
■ 드론 활용비율 및 분야 확대, 인공지능은 안전관리 외 활용 소

- 드론 : 단순 이미지 및 영상 촬영 45.5%, 영상 분석기술, 공간정보 결합 활용 비율 25% 내외
- 인공지능 : AI CCTV 등 안전관리 활용 높아, 일부 기업 설계자동화 및 기술안전관리 등 활용

[드론 활용분야는? (복수응답)]



[AI 활용분야는? (복수응답)]



Source: 한국건설산업연구원 (2024.10)

[기업] 정부 지원정책 개선 수요

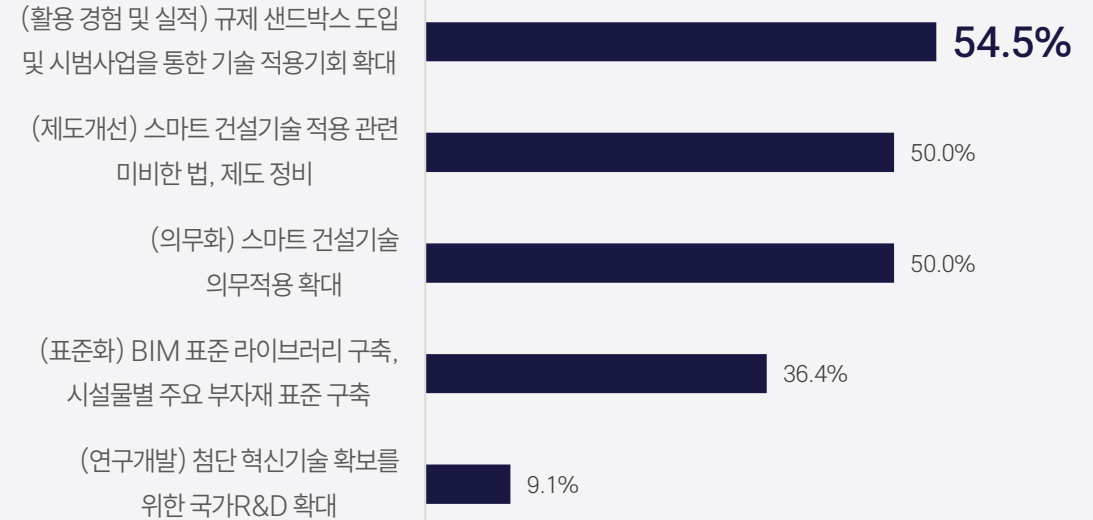
■ 건설기업, 보다 많은 스마트 건설기술 **활용경험** 요구

- 기술 적용을 위한 투입비용 대비 효과, 기술 대가 인정 등 이슈로 현장 적용 애로
- 현장 적용실적 부재로 인한 신규 사업 참여 제한

■ 규제 샌드박스, 시범사업 확대 수요 多

- 스마트 건설기술 적용 경험 확대
- 산업 차원의 실증데이터 축적 및 개선 활용
- 활용기반 제도개선과 의무화 요구 높아

[스마트 건설기술 적용 **확대**를 위해 필요한 지원정책은? (복수응답)]



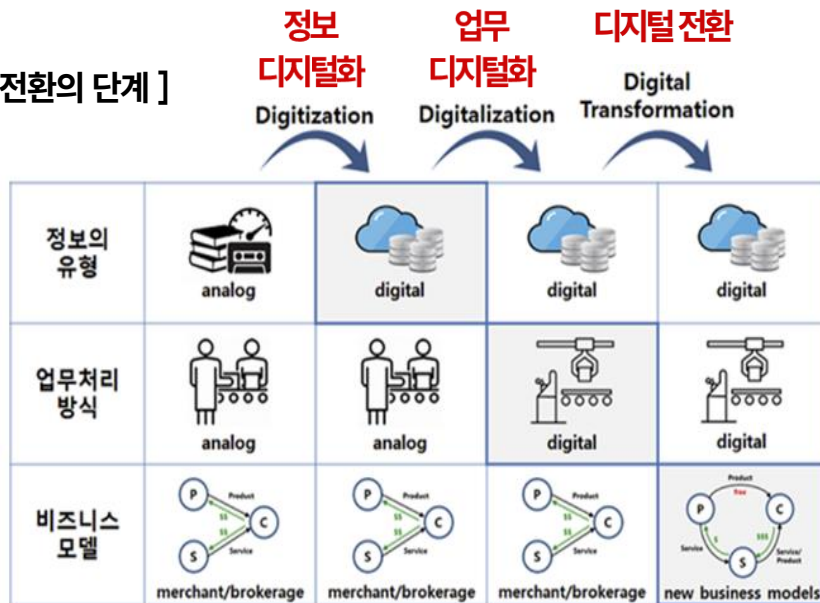
Source: 한국건설산업연구원 (2024.10)

[문제점] 디지털 전환 미흡, 기술 도입 우선주의

■ 일부 선도기업 제외한 대부분 건설기업, 업무 디지털화 미흡

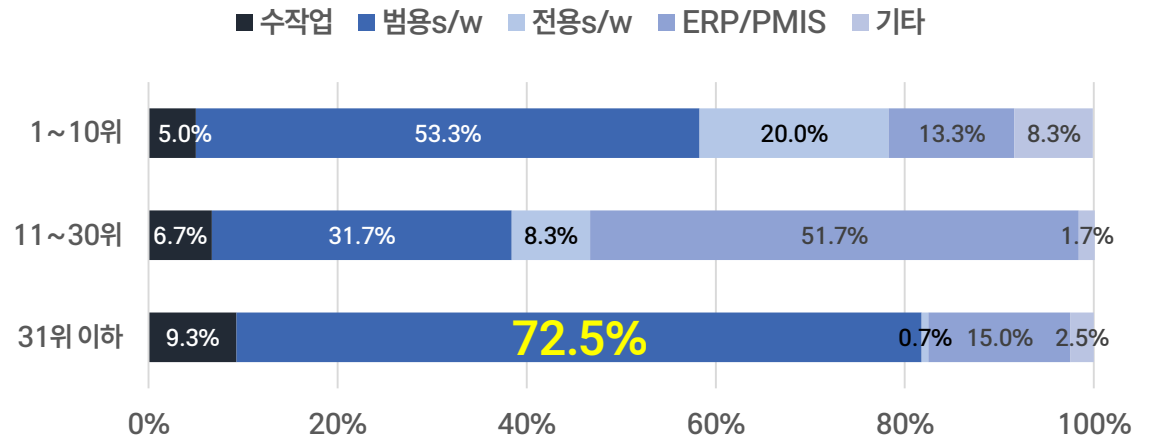
- 디지털 기반 업무 프로세스 개선이 수반되지 않은 **기술 도입 우선주의** : 도입효과 低, 실패 가능성 高
- 31위 이하 건설기업 업무의 72.5% 엑셀 의존, ERP·PMIS 등 연계수준 낮아

[디지털 전환의 단계]



Source: IoT 전략연구소 (2020).

[건설기업 업무 디지털화 현황]



Source: 김우영 (2022) 건설산업의 디지털 전환 동향과 대응 방향, 한국건설산업연구원.

건설산업의 대응과 문제점 소결

■ 산업차원의 생산시스템 혁신 전략 필요

- 설계·시공기술 중심 혁신의 한계성, 가치사슬 전반을 고려한 혁신 전략 필요

■ 스마트 건설기술 적용 확산을 위한 활용기반 정비 필요

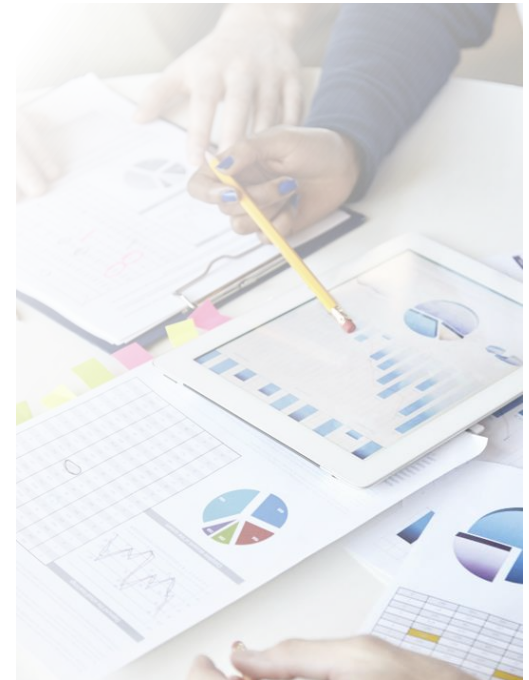
- 혁신 기술 확보를 우선한 스마트 건설정책, 관련 법·제도 활용기반 정비 지연
- 디지털화 및 자동화를 지원하기 위한 표준화·규격화 미흡

■ 디지털 전환 업무 수행체계 역량 강화 필요

- 업무 프로세스 개선이 없는 기술 도입 우선주의 : 도입효과 低, 실패 가능성 高

■ 당면한 작업자구조 변화 대응 기술개발 필요

- 근로자 고령화, 미숙련근로자 증가에 대응한 작업 지원형 기술 필요



04

스마트 기반의 생산시스템 혁신 전략

건설 생산시스템 혁신 방향

■ 디지털화, 스마트 기반 건설산업 혁신의 최우선 조건

- 건설사업 단계별 업무 프로세스의 효율화·최적화, 나아가 신기술 적용 및 비즈니스 창출의 필요조건
- 스마트 기술 적용효과 향상, 산업 보편화를 위한 기반
- 시공에 한정되지 않은 가치사슬 전반의 개선 필요

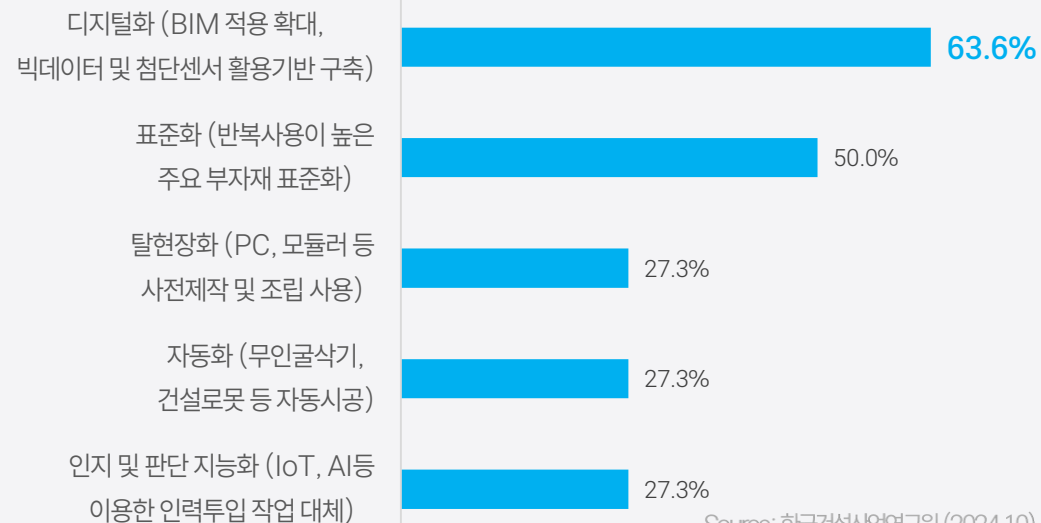
■ 생산성 향상을 위한 표준화·규격화 중요성

- PC, 모듈러부터 다양한 부품·자재 호환성 제고
- 생산시스템의 부분적 제조업화를 통한 산업 혁신

■ 제도, 정책, 가치사슬, 생태계 종합적 고려 필요

- 정부, 발주처, 분야별 기업 등 참여주체별 역할
- 제도·기술뿐만 아니라 ESG 등 가치·문화적 접근도 필요

[건설산업의 생산시스템 혁신전략 수립의 핵심 분야는? (복수응답)]



Source: 한국건설산업연구원 (2024.10)

건설 생산시스템 혁신을 위한 주체별 역할

정부

스마트 건설기술 적용 **대가기준** 개선
발주, 계약, 공사비 등 제도적 기반 정비

정부

주요 시설물 BIM 표준 구축
주요 부자재 설계·생산 규격화

정부

중견 및 중소건설기업 스마트 기술 도입 지원
스마트 건설기술 시범적용 사업 확대, 인센티브 도입

스마트기술
활용기반
정비

표준화
규격화

기술도입 및
실증 지원

스마트기반
생산시스템혁신

디지털
역량 제고

기업

디지털 기반 업무 수행체계 전환 (정부지원)
스마트 기술분야 기초역량 확보 (교육훈련)

현장
수요맞춤형
기술개발

R&D

현장수요 기반 **간이**, 부분 자동화 기술
적용분야 발굴 및 장비 개발

스마트기술
테스트베드

발주처

스마트 건설기술 적용 사업 발주 확대 (정부지원)
산업 차원 **실증데이터** 축적, 활용

스마트 기반의 건설생산시스템 혁신, 산업 대전환의 시작

■ 생산시스템 혁신에 대한 논의는 **건설산업 패러다임 대전환**을 위한 출발점

- 법·제도, 기술개발, ESG 등 지속적인 연구 및 논의를 통한 건설산업 대전환, 재탄생(Re-birth) 방향 제시

관련 법·제도 정비

스마트 건설 기반 제도 마련
발주방식 및 계약제도 개편



정부 지원정책 수립

산업 차원의 디지털화·자동화 전략 보완
기업 유형별 맞춤형 지원정책 수립



기술 개발 및 성숙화

디지털 기반 스마트 기술 역량 강화
스마트 건설기술 실증을 통한 신뢰성 제고

ESG 정착

기업 지배구조 개선
친환경·사회적 책임



가치·문화

상생·협력적 문화 정착
건설산업 이미지 혁신

스마트 기반의 건설생산시스템 혁신, 산업 대전환의 시작

