

Agentic AI 기반 건설사업관리 디지털 인프라 구축 방향

강고운 KICT 건설정책연구본부 수석연구원

1. 건설산업 디지털 전환의 필요성 및 추진배경

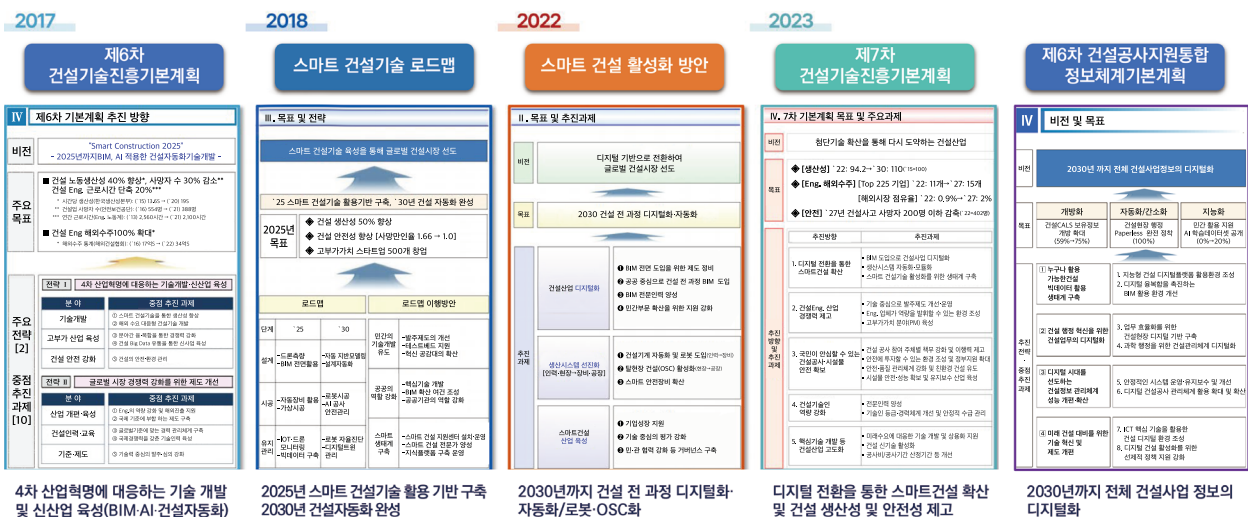
최근 국내에서 발생한 아파트 지하주차장 붕괴, 교량 붕괴 등의 부실 건설공사 사례를 통해 업계 전반의 투명성 및 신뢰성 개선에 대한 사회적 요구가 증대되고 있다. 정확하고 객관적인 정보에 기반한 의사결정을 위해서 고품질의 데이터 축적이 선제되어야 하는 만큼, 업계 전반에서는 디지털화 기술 활용에 대한 관심이 높아지고 있다.

정부 또한 설계·감리·시공 등 부실 및 시설물 안전점검 및 보수·보강 미흡 문제를 인식하고 건설산업 전반 수행 프로세스의 점검을 통한 개선 정책을 지속적으로 펼쳐왔다. 디지털 전환(DX)을 통한 스마트 건설기업의 성장지원 도약 기반이 마련되었으나, 건설 전 과정(설계·시공·유지관리)에서 발생하는 데이터를 연계·활용하여 생산성을 향상시키기 위한 전략 기술 융합·개발 및 활용은 타산업 대비 미흡

한 상황이다. 국토교통부는 「제6차 건설기술진흥기본계획(2017)」, 「건설산업 혁신방안(2018)」, 「스마트건설기술 로드맵(2018)」, 「스마트건설 활성화 방안(2022)」 등을 통하여 전과정 자동화 기술 개발을 포함하여 건설산업의 디지털화를 위한 정책을 꾸준히 펼쳐오고 있으나, 다양한 기술들이 개발 중이거나 본격적인 사업화 수준까지는 도달되지 못한 한계로 성과는 미흡한 상황이다.

건설업의 4차 산업혁명 기업 비율은 7.5%로 전 산업 평균(13.2%)의 약 57% 수준으로 신기술 적용에 취약한 것으로 나타났다. PMIS, 기본적 데이터분석, 모바일 플랫폼 등은 상대적으로 활용이 되고 있는 편이나 머신러닝, AI, RPA, 디지털트윈 등은 아직 채택 수준이 매우 저조하며, '디지털화' 단계 완성 및 '디지털 전환' 준비가 필요한 상황이다.

[그림 1] 스마트건설기술 관련 정부(국토교통부) 주요 정책 연혁



[그림 2] 중대재해처벌법 관련 서류 유형(직원 22인 레미콘 업체 사례)
 (출처: “안전서류만 37개, 현장 볼 틈이 없다” 조선일보, 24.3.13)

1 경영방침	14 안전 보건 조직도	27 위험성 평가 체크리스트
2 안전보건목표	15 안전 보건 관리 담당 업무 배치표	28 위험성 평가 회의 결과
3 목표 달성 세부 추진계획	16 안전 보건 관리 준수 서약서	29 작업 전 안전 점검 회의 결과
4 개선 시정명령 등 지시 사항 관리 대장	17 안전 보건 관리 책임자 선임서	30 재해 재발 방지 대책
5 관리감독자 선임서	18 안전 보건 교육 계획서	31 안전 보건 제안서
6 비상 훈련 실시 보고서	19 안전 보건 교육 일지	32 제안 제도 시행 공고문
7 산업재해 사고 조사 보고서	20 안전 보건 담당자 선임서	33 중대 재해 등 비상시 조치 매뉴얼
8 산업재해 조사표	21 안전보건 예산 관리 대장	34 중대 재해 발생 보고서
9 수급인 선정 기준표	22 예산 편성 원칙	35 중대 재해 발생 시 대응 조치 흐름도
10 수급인 선정 절차도	23 예산 편성 주요 항목	36 중대 재해 비상 연락망
11 이차 사고 보고 및 예방 대책	24 위험성 평가 교육 결과	37 훈련 실시 보고서
12 안전보건 예산 편성 내역서	25 위험성 평가 사전 교육 결과	
13 안전보건 전문 인력 담당 업무 배치표	26 위험성 평가 조직도	

2. 건설 공정·품질관리 AI 모델 개발 및 플랫폼 구축 방향

2-1 건설현장 사업관리 문서업무의 디지털화 필요성

건설사업관리는 공정관리, 품질관리, 안전관리, 자원관리 등 다양한 분야에 걸쳐 법적 의무사항과 발주청 지침에 따른 지속적인 문서 작성 및 보고 업무가 요구되는 특성을 가지고 있다. 현재 건설현장에서는 월별·분기별 공무담당자의 경험 기반 및 수기로 공정, 품질, 기성 등 관리를 하고 있는 실정으로, 업무 효율성 및 정확성이 저하되어 의사결정의 어려움이 존재한다. 건설 현장에서는 일당 12회 검측요청 업무가 발생하며, 시공 후 사진촬영 및 검측요청서 작성 업무에 약 23시간이 소요되고 있다. 또한 중대재해법 제정 이후 강화된 규정에 따라 안전 관련 서류 종류가 37개에 달하고 있으며, 해당 관리자는 서류작성 업무 강도 때문에 실제로 현장을 살펴볼 틈이 없는 실정이다. 관리자 업무시간의 60% 이상이 서류 작업에 소요된다는 보고도 있다. 건설현장의 안전, 품질, 시공 문제는 주로 관리자 부재 시 발생하기 때문에, 단순히 보이는 사항이더라도 서류업무 부담 완화는 매우 중요한 문제이다.

또한 AI의 실질적 적용을 위해서라도 현재 산업에서 통용되고 있는 아날로그 데이터들을 디지털화하여 축적하는 것은 매우 중요하다. 건설현장에서 생성되는 대부분의 데이터가 도면, 보고서, 검측기록 등 비정형·반정형 형태로 존재하고 있어, 이를 AI가 학습하고 활용할 수 있는 표준화된 디지털 형태로 변환하는 과정이 선행되어야 한다. 건설분야 특화 AI 학습용 데이터 부족 문제는 AI 전환의 주요 장애요인으로 지적되고 있으며, 체계적인 데이터 디지털화 전략 수립과 실행이 실질적인 건설산업 AI 적용 및 확산의 핵심 전제조건이라 할 수 있다.

이에 본 연구진은 AI 기반 건설사업관리 디지털 인프라 구축 내용을 핵심으로 하는 연구개발 과제를 기획 중이다.

2-2 AI 기반 공정·품질·자원관리 전주기 절차 페이퍼리스 기술 및 통합 플랫폼 구축 방향

건설현장 공정·품질·자원관리 전주기 절차 페이퍼리스 기술은 AI를 결합한 지능형 문서이해 및 자동화(non-robotic automation)를 통하여 건설사업관리 정보의 디지털화를 자동화하고 데이터 파이프라인을 구축하는 것을 목표로 한다. 주요 기술 구성요소로는 IDP(Intelligent

Document Processing) 기반 비정형·아날로그 공정·품질·자원관리 정보 디지털화, 태스크 마이닝 및 프로세스 마이닝 기반 공정·품질·자원관리 디지털 활동 추적 및 작업흐름 분석, RPA를 활용한 공정·품질·자원관리 업무 자동화 및 데이터 파이프라인 구축 등이 포함된다.

기존의 공사사진 실시간 공유, 사진첩 자동작성, 중요위치 마크업 등과 분사 현장간 실시간 데이터 정렬 등의 기능에서 더 나아가, IDP, RPA 기반의 멀티모달 데이터 디지털화를 기반으로 실시간 상호작용 및 자동화된 의사결정 지원이 가능한 건설 공정 품질 자원관리 기술 및 서비스를 개발하고자 한다.

3. 향후 기획 확장 방향 :

Agentic AI 및 전주기 건설엔지니어링

3-1 Agentic AI의 개념과 건설산업 적용 가능성

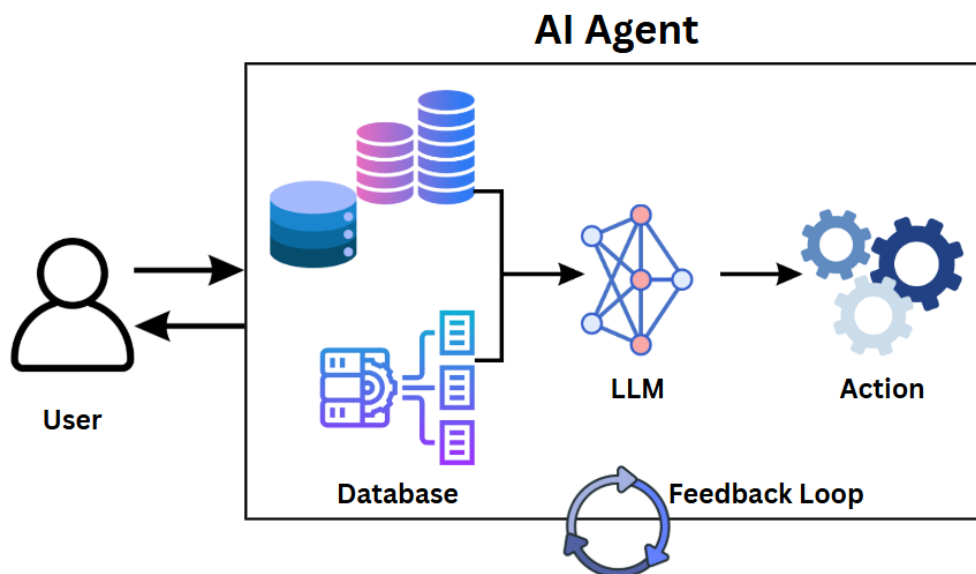
Agentic AI는 단순한 작업 수행을 넘어서 자율적으로 목표를 설정하고, 환경을 인식하며, 복잡한 문제를 해결하기 위한 계획을 수립하고 실행할 수 있는 인공지능 시스템을 의미한다. 기존의 반응형 AI와 달리 Agentic AI는 능동적으

로 환경과 상호작용하며, 다중 에이전트 간의 협력을 통해 복잡한 업무를 병렬적으로 처리할 수 있는 특징을 가진다. 특히 복수의 전문 에이전트가 각자의 역할을 수행하면서 동시에 상호 협력하여 전체적인 목표를 달성하는 다중 에이전트 시스템(Multi-Agent System) 구조를 통해 건설산업과 같은 복합적이고 다단계적인 업무 환경에서 효과적인 솔루션을 제공할 수 있다.

건설산업 전반에서 Agentic AI의 적용 가능성은 매우 광범위하다. 설계 단계에서는 건축, 구조, 설비 등 각 분야별 전문 에이전트가 협력하여 통합 설계 검토 및 최적화를 수행할 수 있으며, 시공 단계에서는 공정관리, 품질관리, 안전관리, 자원관리 등의 전문 에이전트가 실시간으로 현장 상황을 모니터링하고 대응 방안을 제시할 수 있다. 또한 유지관리 단계에서는 시설물 상태 진단, 예방보전 계획 수립, 생애주기 비용 최적화 등의 업무를 자율적으로 수행하는 것이 가능하다. 이러한 전주기 적용을 통해 건설 설계 단계의 반복작업 및 설계 오류, 건설사업 추진 중 사회적 갈등 등의 요인으로 인한 건설 비용·공기 증가 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 핵심 기술로 평가되고 있다.

[그림 3] Agentic AI의 개념

(출처: <https://www.codecademy.com/article/agentic-ai-with-langchain-langgraph>)



3-2 건설엔지니어링 전주기로의 디지털 인프라 구축 확대

건설엔지니어링 분야에서 Agentic AI 기반 디지털 인프라 구축의 확대는 숙련 엔지니어의 고령화와 신규 인력 부족으로 인한 설계 및 유지관리 품질 저하 문제를 해결하는 핵심 방안이다. 기존 설계방식의 디지털화 미흡으로 인한 설계-시공-유지관리 간 정보 단절 심화 문제를 해결하기 위해서는 전주기에 걸친 통합적 디지털 인프라 구축이 필수적이다.

Agentic AI 기반 건설엔지니어링 전주기 데이터 디지털화는 RPA, OCR, 자연어처리(NLP) 등을 활용하여 기술보고서, 감리기록 등 다양한 형식의 문서 데이터를 자동 추출, 분류, 메타정보화함으로써 AI 학습 및 분석이 가능한 표준 데이터셋으로 전환하는 기술을 정립하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 현재 건설산업에서 통용되고 있는 아날로그 데이터들을 디지털화하여 축적함으로써 AI의 실질적 적용을 위한 기반을 마련할 수 있다.

업무자동화 측면에서는 다중 에이전트 기반의 AI 업무 자동화 시스템을 구축하여 반복적이고 규칙 기반의 설계 검토, 문서 작성, 문서간 참조 추적, 감리이력 매핑 등의 업무를 병렬적·지능적으로 자동 수행하고 엔지니어의 의사결정을 보조하는 에이전트 프로토타입 개발이 핵심이다. 세계 최고 기술 수준으로는 LLM 기반 다중 에이전트 프레임워크를 개발하여 자연어 명령을 통해 3D 모델 또는 BIM을 자동으로 생성하는 시스템 구현, 자연어 설명을 기반으로 P&ID(Piping and Instrumentation Diagram) 다이어그램을 자동으로 생성하는 에이전트 기반 워크플로우 제안 등이 포함될 수 있다.

결론

정부가 추진 중인 AI 전환(AI) 정책에 따라 건설산업 전반의 공공 AI 도입 촉진 필요성이 부각되고 있으나, 건설분야 특화 AI 학습용 데이터 부족이 AI 적용 확산의 주요 장애 요인으로 지적되고 있다. 따라서 Agentic AI 기반 건설엔지니어링 전주기 AI 학습용 멀티모달 데이터셋 구축이 우선적으로 필요하다. 또한 건설엔지니어링 전주기 다중 에이전트 기반 의사결정 시스템의 고도화를 통해 단순한 업무 자동화를 넘어서 창의적이고 전략적인 의사결정 지원까지 가능한 통합 플랫폼으로 발전시켜야 한다. 최근 개방화·자동화·지능화로 발전하고 있는 건설정보 패러다임 변화를 반영하여 건설 데이터 활용을 고도화할 수 있는 디지털 전환 추진 핵심 기술 개발이 지속적으로 필요하며, 이를 통해 건설산업의 생산성 혁신과 글로벌 경쟁력 강화를 달성할 수 있을 것이다.

건설산업의 디지털 전환은 단순한 기술 도입을 넘어서 업무 프로세스의 근본적 혁신과 조직 문화의 변화를 수반하는 종합적 과제이다. Agentic AI 기반 디지털 인프라 구축을 통해 건설산업이 4차 산업혁명 시대에 걸맞는 스마트 산업으로 진화할 수 있는 기반을 마련해야 할 것이다. **KICT**

참고자료

- 국토교통부 (2017) 제6차 건설기술진흥기본계획
- 국토교통부 (2018) 스마트 건설기술 로드맵
- 국토교통부 (2022) 스마트 건설 활성화 방안
- 국토교통부 (2023) 제7차 건설기술진흥기본계획
- 국토교통부 (2023) 제6차 건설공사 지원 통합정보체계 기본계획
- 송영근, 박안선, 심진보 (2022) 디지털전환의 개념과 디지털 전환 R&D의 범위, ETRI Insight 기술정책 트렌드 2022-02
- Mark Gibson, Eric Ottinger, and Harshit Minglani (2020) Technological advancements disrupting the global construction industry, Ernst & Young LLP
- 대한전문건설신문, "건설업 4차 산업혁명 기업 7.5% 불과... 전산업 대비 57% 수준", 2022.04.11., <https://www.koscaj.com/news/articleView.html?idxno=226209>
- 조선일보, 직원 22명인데 안전서류만 37개... "서류 만드느라 현장 안전 볼 틈 없다", 2024.03.13., <https://www.chosun.com/economy/smb-venture/2024/03/13/F54IVL4IUNFDXCSYR2HRPMU4AI/>
- Codecademy, How to Build Agentic AI with LangChain and LangGraph, <https://www.codecademy.com/article/agentic-ai-with-langchain-langgraph#heading-what-is-agentic-ai>