

AI 시대가 바꾸는 건설산업

Copilot 에서 Autopilot 으로

한국건설산업연구원 편저

CERiK

Construction & Economy Research Institute of Korea
한국건설산업연구원

AI 시대가 바꾸는 건설산업

Copilot 에서 Autopilot 으로



I 권두언 I

한국건설산업연구원 원장

이충재



그 시대의 최첨단 기술과 문화가 집약되는 건설산업은, 국가 경제와 국민의 일상 전반을 작동시키는 근간 산업입니다. 피라미드에서 만리장성으로, 댐에서 마천루까지, 시대마다 건설은 인류 문명의 수준을 가장 직접적으로 구현해 왔습니다. 도로·철도·에너지·통신 인프라부터 주거·산업·문화 공간에 이르기까지, 국민이 생활하고 이동하고 일하고 즐기는 모든 경제활동의 토대를 만들어냅니다. 또한, 전·후방 산업으로의 파급효과를 통해 생산·고용·소비를 동시에 견인하는 대표적인 내수 성장 엔진입니다. 제조·금융·부동산·운수업 등 연관 산업 전체를 아우르는 건설 생태계는 우리나라 전체 공급규모와 취업자의 약 30%를 차지합니다. 즉, 건설은 국민의 삶의 질과 국가 경쟁력을 좌우하는 필수 운영체제(OS)입니다.

그러나 지금 건설산업은 복합적인 도전에 직면해 있습니다. 건설업 사고사망자는 전체의 약 40%에 이를 정도로 안전과 품질 문제가 반복되고 있으며, 디지털 전환 속도도 다른 산업에 비해 현저히 더딘 상황입니다.

이로 인해 국민의 신뢰가 약해지고, 그 결과 징벌적·다층적 규제는 더욱 강화되는 악순환이 이어지고 있습니다. 이러한 현상의 근저에는 산업의 가치와 문화 문제가 자리하고 있습니다. 단기 성과와 개별 이익을 우선하는 관행 속에서 생산체계는 분절되고 파편화되었고, 참여 주체들이 공동의 가치보다 각자의 입장을 앞세우면서, 협력과 상생보다 단절과 불신이 쌓여온 측면이 있습니다. 건설산업이 본연의 사회적 가치와 역할에 대한 공감대를 회복하지 않고서는, 이 악순환의 고리를 끊기 어렵습니다.

이러한 위기는 단순히 현재의 문제에 그치지 않습니다. AI의 급속한 발전, 인구구조의 변화, 탄소중립 압력, 노후 인프라 급증 등 시대적 전환의 파고가 건설산업 안팎에서 동시에 몰려오고 있기 때문입니다. 다른 산업들이 AI와 디지털 기술을 앞세워 빠르게 재편되는 동안, 건설산업은 여전히 노동집약적 생산방식과 분절된 체계에 머물러 있습니다. 과거의 성장 방식이 한계에 봉착한 상황에서, 기존의 산업 구조와 운영 방식으로는 AI 시대가 요구하는 변화의 속도와 방향을 도저히 따라갈 수 없습니다. 전환의 시대는 기회이기도 하지만, 변화하지 못하는 산업에게는 생존의 위협이기도 합니다.

한국건설산업연구원은 이러한 현실을 냉철하게 진단하고, 2025년 3월 ‘건설산업 재탄생(Rebirth)’이라는 비전을 선포하였습니다. 과거의 혁신 방안들이 개별 현안에 매몰되었던 것과 달리, 재탄생 1.0은 ‘건설산업을 어떻게 봐야 하는지’, 그리고 ‘어떻게 바뀌야 하는지’에 대한 대전환을 위한 새로운 방향과 틀을 제시하였습니다. 4대 목표(①Responsible·②Revolutionary·③Reliable·④Resilient)와 ①공정·상생, ②융합·확장, ③자율·혁신의 3대 원칙을 바탕으로, ‘산업 중점가치의 재정립’, ‘생산체계의 디지털 전환’, ‘건설시장 및 상품 혁신’의 3대 전

략분야를 설정하였습니다. 당시 세미나에는 정부, 업계, 학계를 아우르는 수많은 이해관계자들이 참석하여 건설산업 대전환의 필요성에 뜨겁게 호응하며, 산업 참여 주체 간 전략적 공감대를 형성하는 뜻깊은 자리가 되었습니다.

재탄생 1.0이 건설산업의 본질과 역할에 대한 인식 전환에 집중하였다면, 올해 선포한 재탄생 2.0은 그 담론을 실제 제도·투자·현장 운영으로 옮기는 실행의 단계입니다. 1.0이 ‘무엇을 위해 건설산업이 존재하는가’를 물었다면, 2.0은 ‘그 미래를 어떻게 구현할 것인가’에 답합니다. 비전은 ‘공간과 가치까지 책임지는 국가산업으로 재탄생’으로 확장되었으며, 사람(People)·거버넌스(Governance)·기술(Technology)의 3대 실행기반을 중심으로 10대 전략과제를 제시하였습니다. 무엇보다 재탄생 전략은 과거의 수많은 건설혁신 방안들처럼 일회성 선언에 그치지 않습니다. 산업의 작동 원리(OS) 자체를 근본적으로 바꾸는 장기적이고 지속적인 여정으로, 앞으로도 시대의 변화에 맞춰 끊임없이 진화해 나갈 것입니다.

재탄생 2.0의 3대 실행기반 중에서도 기술(Technology)은 가장 근본적인 변화의 동력입니다. 건설산업은 산업혁명의 역사 속에서 기회를 잡으며 시대를 이끌기도, 변화에 뒤처지며 기회를 놓치기도 했습니다. 이제 AI 혁명이라는 또 한 번의 대전환이 찾아왔습니다. 이번만큼은 같은 실수를 반복해서는 안 됩니다. AI와 로봇틱스의 급속한 발전은 분절된 생산체계, 고질적인 안전사고, 만성적인 생산성 저하 등 기존 방식으로는 풀기 어려웠던 문제들을 근원적으로 해결할 마지막 기회이기도 합니다. 본서 「AI 시대가 바꾸는 건설산업」은 바로 이 기술적 대전환의 방향과 가능성을 구체적으로 제시하는 이정표입니다.

제1장 ‘산업혁명과 건설산업’에서는 4차례 산업혁명의 흐름 속에서

건설산업이 어떻게 변화해 왔는지를 들여다봅니다. 1·2차 산업혁명 시기 근대 도시와 인프라를 구현하는 핵심 기간산업으로 성장했던 건설이, 3·4차 산업혁명에서는 왜 변화에 가장 둔감한 산업으로 전락했는지를 짚어봅니다. 과거의 흐름을 건설의 시각으로 재해석하며, 매년 기회를 놓쳐온 건설산업이 AI라는 마지막 대전환의 파도를 이번만큼은 반드시 잡아야 한다는 메시지를 담고 있습니다.

제2장 ‘AI 패러다임 전환과 건설산업 혁신의 지능형 연결고리’에서는 1956년 다트머스 컨퍼런스부터 2026년 피지컬 AI의 부상에 이르기까지 AI 기술의 발전 과정을 따라가 봅니다. 엔비디아·테슬라·팔란티어 등 AI 선도 기업들의 전략을 건설산업 관점에서 벤치마킹하고, AI가 건설산업의 고질적 문제들을 어떻게 풀어낼 수 있는지를 모색합니다. AI는 더 이상 선택이 아닌, 건설산업이 반드시 올라타야 할 거대한 파도입니다.

제3장 ‘AI가 그리는 건설의 신세계’에서는 에이전틱 AI와 피지컬 AI가 상용화될 미래, 발주자·설계사·공급사·시공사 등 건설사업 참여자별 역할과 사업방식이 어떻게 바뀌는지를 구체적으로 그려냅니다. 발주자는 수개월에 걸리던 기획을 AI 시뮬레이션으로 며칠 만에 완성하는 ‘지능형 의사결정자’로 변모하고, 설계와 시공은 데이터 기반의 플랫폼 산업으로 진화합니다. 준비된 자에게는 건설 르네상스가, 그렇지 못한 자에게는 돌이킬 수 없는 위기가 찾아올 것입니다.

제4장에서는 AI 시대 대전환을 실현하기 위한 정부와 기업의 구체적인 실행 전략을 다룹니다. 정부는 혁신을 가로막는 규제를 걷어내고 산업 표준과 데이터 인프라를 선제적으로 마련해야 하며, 기업은 경영·본사·현장 전반에 걸쳐 AI 수용 체계를 갖춰야 합니다. 동시에 이 장은 미래 비전만을 이야기하지 않습니다. 기술 대전환을 통해 분절된 업역, 적정 공기·

공사비 등 오랜 현안들을 새롭게 풀어낼 방안도 함께 모색합니다. 미래로 가는 길은 현재의 문제를 외면하지 않는 데서 시작되기 때문입니다.

이 책은 결국 건설산업 재탄생이라는 긴 여정의 일부입니다. 재탄생 1.0이 건설산업 대혁신의 모멘텀을 만들었다면, 2.0은 국가 플랫폼 산업으로의 전환을 위한 실행기반을 다졌습니다. 앞으로의 여정은 건설산업이 국가 경제와 국민의 일상을 실질적으로 작동시키는 핵심 운영 산업으로 완전히 탈바꿈하는 단계로 나아갈 것입니다. 이 여정은 특정 주체만의 노력으로는 완성될 수 없습니다. 발주자·설계사·공급사·시공사·정부·학계 등 건설산업을 둘러싼 모든 참여자가 함께 움직여야 합니다. 건설 생태계가 AI와 데이터로 연결되고 함께 작동하기 시작하면, 그동안 좀처럼 풀리지 않던 숙제들도 새로운 가능성을 열어갈 것입니다. 사용자 입장에서는 안전·품질 문제가 획기적으로 개선되고, 공급자는 적정 공기·공사비 확보라는 오랜 숙원이 실현되며, 이 과정에서 불필요한 규제도 자연스럽게 사라질 것입니다. 서로 다른 입장과 이해관계를 가졌던 참여자들이 데이터와 기술을 매개로 신뢰와 협력의 생태계를 만들어갈 때, 비로소 건설산업의 진정한 재탄생이 완성됩니다. 한국건설산업연구원은 그 여정에서 산업의 나침반이 되어, 앞으로도 끊임없이 연구하고 방향을 제시하는 역할을 다해 나갈 것입니다.

건설산업이 다시 국민의 신뢰를 얻고, 대한민국의 미래를 설계하는 국가 중추 산업으로 자리매김하는 것, 그것이 재탄생이 향하는 최종 목적지입니다. 건설이 제 역할을 다할수록 국민의 삶은 더 안전하고 풍요로워지며, 대한민국의 경쟁력도 함께 높아집니다. 모쪼록 이 책이 건설산업 재탄생의 여정을 함께 고민하는 정책당국·산업계·학계 모든 이해관계자에게 실질적인 마중물이자 길잡이가 되기를 기대합니다.

I 추천사 I



건설산업의 '전면적 리셋', AI로 여는 재탄생 2.0의 시대

대한건설단체총연합회 회장
한승구

대한민국 성장을 견인해 온 건설산업은 지금 생산성 저하, 중첩된 규제, 산업 구조의 분절화·파편화라는 구조적 한계에 직면해 있습니다. 이러한 위기를 극복하기 위해서는 부분적 개선이나 단편적 처방으로는 충분하지 않습니다. 이제는 산업 전반을 아우르는 다층적이고 종합적인 해법, 나아가 '전면적 리셋'에 준하는 근본적 전환이 요구되는 시점입니다.

이러한 절박한 문제의식 속에서 한국건설산업연구원은 2022년부터 '건설산업 재탄생'을 위한 일련의 특화연구를 꾸준히 추진해 왔습니다. 지난 수년간 쉽지 않은 과업을 묵묵히 수행하며 우리 산업의 미래를 모색해 온 연구원의 통찰과 헌신에 깊은 경의를 표합니다.

저 또한 건설산업의 가치를 만들어 온 수많은 건설인들과 함께 현장의 목소리가 정책과 혁신의 중심에 반영되도록 힘써 왔습니다. 그 과정에서

분명히 확인한 사실은, 우리가 직면한 문제와 불확실성이 더 이상 경험과 직관만으로 해결할 수 있는 수준을 넘어섰다는 점입니다. 이제는 데이터에 기반한 의사결정과 지능형 기술을 통해 미래를 예측하고 대응하는 체계로의 전환이 필요합니다.

2025년 3월 발표된 '건설산업 재탄생 1.0'이 건설 본연의 가치 회복과 규제 혁신의 필요성을 제기했다면, 올해의 '재탄생 2.0'은 산업 구조, 인력, 기술, 제도의 전면적 혁신과 더불어 AI와 로봇틱스를 기반으로 건설산업을 디지털 중심산업으로 전환하기 위한 구체적 방향을 제시하고 있습니다.

특히 「AI 시대가 바꾸는 건설산업」은 발주, 설계, 조달, 시공 등 전 과정에 걸쳐 AI와 로봇틱스가 어떻게 적용되고, 산업 운영 방식이 어떻게 변화할 것인지를 입체적으로 보여줍니다. 동시에 정부와 산업이 준비해야 할 정책적·전략적 과제도 균형 있게 담아내고 있습니다. 이 책은 단순한 기술 소개를 넘어, 건설산업이 무엇을 바꾸고 어디로 나아가야 하는지를 제시하는 미래 전략서이자 청사진이라 할 수 있습니다.

AI와 로봇틱스는 그동안 쉽게 해결되지 못했던 안전과 품질, 생산성과 재산성, 제도와 규제 등 건설산업의 고질적 과제를 근본적으로 개선할 수 있는 핵심 수단입니다. 앞으로 건설기업의 경쟁력은 AI 기반 데이터 활용 능력과 플랫폼 역량에 의해 좌우되는 시대가 도래할 것입니다.

이제 우리는 낡은 규범과 관행을 전면적으로 정비하고, 데이터 중심의 고도화된 산업 질서를 강력하게 구축해야 합니다. 기술 대전환의 거센 물결은 이미 돌이킬 수 없이 시작되었으며, 더 이상 유예나 관망이 허용되지 않는 절박한 현실입니다. 우리 건설산업이 AI라는 거대한 패러다임 변화를 과감히 선도하여, 글로벌 경쟁 지형을 주도하는 역동적 도약과 구조적 체질 개선을 반드시 이뤄내기를 기대합니다.

I 추천사 I



AI시대 건설산업의 근본적 혁신을 묻다

대한경제신문 회장

김상수

올해 창간 62주년을 맞이한 대한경제신문은 반세기가 넘는 세월 동안 한국 건설산업과 희로애락을 함께해 왔습니다.

무에서 유를 창조하며 세계를 놀라게 한 우리 건설인들의 도전마다 본지는 가장 가까운 곳에서 정직한 기록자이자 든든한 동반자로 자리를 지켜 왔습니다. 이제 건설산업은 흙과 철근을 넘어, 데이터와 알고리즘으로 뼈대를 세우는 근본적인 패러다임의 전환을 마주하고 있습니다. 그 거대한 혁신의 여정 중심에 'AI'라는 지능형 파트너가 있습니다.

언론과 AI는 수많은 정보 속에서 가치를 정제하여 시대가 필요로 하는 '통찰'을 제공한다는 점에서 본질적인 공통점이 있습니다. 언론이 현장의 치열한 목소리를 담아 투명한 시대의 지표를 제시한다면, AI 기술은 흠어진 현장의 데이터를 융합해 가장 효율적이고 안전한 분석과 대

안을 만들 수 있습니다. 데이터의 유기적인 연결을 통해 불확실성을 견어내고 산업의 투명성을 극대화한다는 점에서, 언론의 본분과 AI시대가 지향하는 바는 결국 하나의 결로 이어진다고 할 수 있습니다.

AI를 통한 건설산업의 '지식 집약형 체질 개선'은 단순한 기술 도입을 넘어 미래 생존과 직결된 핵심 동력입니다. 파편화되어 있던 현장의 경험과 지식을 하나의 지능형 생태계로 통합하는 과정은, 건설산업을 한 차원 높은 고부가가치 산업으로 도약시키는 강력한 자양분이 될 것입니다.

이러한 역사적 변곡점에서 출간된 「AI 시대가 바꾸는 건설산업」은 무척이나 반갑고 시의적절하다고 봅니다. 이 책은 급변하는 기술의 파도 속에서 건설산업이 나아가야 할 명확한 방향을 제시하고 있습니다. 단순한 기술 트렌드의 나열을 넘어, AI가 건설산업의 근본을 어떻게 바꿀 수 있는가를 상상도 하였고, 그에 따른 건설산업의 대응 방향도 함께 모색하였습니다.

우리 건설산업이 AI와 로봇 등 첨단 지능형 도구를 날개 삼아 전 세계를 무대로 다시 한번 도약할 수 있도록, 이 책은 AI 시대의 흐름을 가장 정직하게 조명하며 든든한 길잡이가 되어줄 것입니다.

연구원의 해안이 담긴 이 귀한 결과물이 새로운 내일을 준비하는 모든 건설인과 정책 입안자들에게 앞날을 비추는 밝은 햇불로 널리 활용되기를 진심으로 바랍니다.

I 추천사 I



**건설의 비효율을 걷어내고,
청년과 AI가 공존하는
'지능형 일터'를 꿈꾸며**

우미건설 사장

김영길

지난해 '건설산업 재탄생 1.0' 세미나에서 토론자로 직접 참여하여 우리 산업의 가치 회복과 미래를 함께 고민했던 기억이 여전히 생생합니다. 당시 논의되었던 문제의식과 혁신의 방향이 이번 「AI 시대가 바꾸는 건설산업」을 통해 한층 구체화되고, '재탄생 2.0'이라는 새로운 도약의 핵심 테마로 이어졌다는 점에서 큰 의미가 있습니다.

이 책은 AX(AI 전환)와 RX(로봇 전환)가 건설산업의 생산체계를 어떻게 변화시킬 것인지에 대해 단순한 전망을 넘어, 실행 가능한 방향과 과제를 균형 있게 제시하고 있습니다. 건설기업을 경영하는 입장에서 AI는 더 이상 선택이나 유행의 문제가 아니라 산업의 지속가능한 성장을 위한 필수 조건입니다.

특히 인상 깊은 점은 '인재'에 대한 통찰입니다. 앞으로 건설산업의 경

쟁력은 데이터를 이해하고, 디지털 기술을 현장에 적용하며, 복합적인 문제를 해결할 수 있는 인재를 얼마나 확보하고 육성하느냐에 달려 있습니다. 이는 단순한 기술 도입의 문제가 아니라, 산업의 운영 방식과 일하는 문화를 근본적으로 재구성하는 과제이기도 합니다.

미래 건설산업은 데이터 기반 의사결정과 AI 기술을 통해 더욱 정교하고 예측가능한 산업으로 진화할 것입니다. 이 과정에서 기존 인력의 재교육과 역량 전환은 선택이 아닌 필수이며, 이를 얼마나 체계적으로 추진하느냐가 기업과 산업의 미래를 좌우하게 될 것입니다.

또한 이 책에서는 건설현장을 '지능형 일터'로 전환해야 한다는 방향을 분명히 제시하고 있습니다. 건설산업은 앞으로 노동집약적 산업이 아니라, 첨단 기술과 인간의 전문성이 결합된 지식기반 산업이 되어야 한다고 생각합니다. 이러한 변화는 산업 전반의 비효율성을 해소하고, 안전과 품질을 동시에 높이는 계기가 될 것입니다.

AI가 우리의 일자리를 대체할 것이라는 우려도 존재합니다. 그러나 저는 AI가 현장의 부담을 줄이고, 사람의 역량을 더욱 확장시키는 도구가 될 것이라 확신합니다. 특히 디지털 환경에 익숙한 젊은 인재들에게 건설산업은 이전과는 전혀 다른 가능성과 매력을 지닌 산업으로 다가갈 것입니다.

「AI 시대가 바꾸는 건설산업」은 이러한 전환의 방향과 과제를 균형 있게 담아낸, 매우 시의적절한 책입니다. 건설산업의 체질 개선과 지속가능한 성장을 위해 이 책이 의미 있게 활용되기를 바랍니다.

I 목차 I

Part 01 산업혁명과 건설산업 : 대전환 시기, 건설은 어떻게 변해왔고 무엇이 문제인가?

1·2차 산업혁명 : 건설, 산업으로 태어나다	24
3·4차 산업혁명 : 질적변화의 가속과 건설산업의 적응 지체	29
건설산업의 특징과 기술 대전환 시기에 노출된 구조적 한계	36

Part 02 AI 패러다임 전환과 건설산업 혁신의 지능형 연결고리

1. 인공지능(AI) 기술 패러다임의 변화와 현재

AI 기술 발전사 : '지식의 주입'에서 '데이터 학습'으로	52
기술적 변곡점, 딥러닝의 재도약과 ChatGPT의 등장	61
물리적 한계를 넘어 행동하는 실제로 다가오는 AI	71

2. AI 플랫폼 패권 경쟁과 산업별 리더들의 AI 혁신 전략

AI 인프라를 지배하기 위한 빅테크의 투자 경쟁	82
엔비디아 동맹과 디지털 트윈 혁명	93
테슬라의 수직 계열화가 만들어내는 독보적인 AI 실행력	99
팔란티어가 연결하는 온톨로지 기반 의사결정 체계	106

3. 인공지능의 핵심 역량과 현실적 과제

인간처럼 판단하되, 인간보다 더 넓게 보는 AI	116
AI가 주는 기술적 환상과 현실적 제약	123
지속 가능한 AI를 위한 필수 조건, 현실 세계의 검증과 인간의 개입	130

4. 건설산업에게 AI란?

AI 기술 대혁신이 열어주는 건설산업의 미래 가능성	138
AI 시대 건설산업 변화 스케치 : 잃어버린 혁신의 고리를 연결하다	144

Part 03 AI가 그리는 건설의 신세계

1. 발주자가 만드는 새로운 건설 질서

목소리가 큰 사람이 이기던 시대의 종말 : AI가 만드는 신속·투명·경제적 기획	180
AI가 최적화하는 건설의 두 가지 방향 : 민간의 수익 vs. 공공의 편익	186
시설물의 전 생애주기 데이터의 실시간 관리	194
중소형 시설물도 '랜드마크'급 기획을 : 기술의 보편화가 만든 평등한 기회	201
AI 시대가 만드는 건설 르네상스	206

2. AI가 재정의하는 설계·용역사의 미래 지형도

초가속·무결점으로 향하는 설계 프로세스	214
생성자에서 검토자로의 역할 전환	223
기술 중심의 업계 재편, 화색지대의 소멸	232
데이터 공유에 기반한 성과 공유형 발주 체계 정착	237

3. 조달에서 플랫폼까지, 공급사의 재편

구매·조달은 더 이상 '후속 공정'이 아니다	246
미래 건설 현장의 중심, AI 플랫폼	249
장비를 넘어 건설 솔루션을 공급하는 건설기계·로봇 공급사	255
자재 공급사의 공급망 리스크 관리 및 표준화 주도	259
OSC·모듈러, 건설의 제조 플랫폼 탄생	263

4. 실패 없는 건설 현장

생산성 혁명이 진행된다	270
디지털 트윈으로 먼저 짓는다	275
AI가 현장을 관리하고 로봇이 시공한다	280
안전사고와 품질 하자를 예측한다	287
조직과 인력의 역할이 재편된다	293
건설기업의 경쟁 구조가 바뀐다	299
데이터가 새로운 경쟁력이 된다	304

Part 04 건설 AI 시대를 준비하는 정부와 기업의 역할 방향

1. 정책·제도 방향①

건설사업 AX 성공의 열쇠, 데이터 생태계

보이는 건 빙산의 일각이다	316
데이터 인프라로 건설산업 AX 동력 강화하기	326
건설산업 AX 지원 환경 조성하기	347

2. 정책·제도 방향②

미룰 수 없는 생산 분절 구조 재편 : AI 시대에 부합하는 통합체계로의 전환

AI의 물결 앞에 업역이라는 성벽이 무너진다	362
하나의 집을 짓는데 하나의 계약서면 충분하다	383
신분증 없는 근로자, 건설 로봇이 현장으로 출근하려면?	394
낡은 법의 리모델링 : 거대한 AI를 포용할 새 그릇을 빚어라	411

3. 정책·제도 방향③

AI 건설 시대를 맞이하기 위한 낯은 규범과의 이별

건설산업 AI 혁신 : 규제 허파와 지능형 시스템 구축	426
AI 가속화로 변화하는 공공 조달의 미래①	447
새로운 시장과 진짜 실력자의 출현	447
AI 가속화로 변화하는 공공 조달의 미래②	460
원팀으로 전환하여 '네 탓 내 탓' 해소	460
AI 가속화로 변화하는 공공 조달의 미래③	469
AI가 자동 정산하는 하이패스 현장	469
AI 가속화로 변화하는 공공 조달의 미래④	479
공공 조달의 변화 전략	479
기술 격차를 넘는 '디지털 사다리'와 상생 생태계	482

4. 정책·제도 방향④

건설에 지능을 더하는 R&D, AI 산업 도약의 시작점

AI 시대 공공 건설R&D 현황	498
건설 특화 AI R&D, 산업 혁신의 킬러 솔루션을 완성하다	498
AI 시대 공공 건설R&D 변화 방향①	513
AI Tech와 건설기업이 주도하는 실증 중심의 Agile R&D	513
AI 시대 공공 건설R&D 변화 방향②	525
AI 문턱을 허물다, 공공 R&D 성과로 중소기업 AI 체질 전환	525
AI 시대 민간 건설R&D 변화 방향	534
지능의 강도를 높이는 민간 R&D, AI Tech 기업으로의 진화	534

5. 정책·제도 방향⑤ AI 시대, '준비된 자에게는 르네상스',
그렇지 못한 자에게는 '파괴적 위기'

기술은 앞서가는데, 사람의 체계는 멈춰 있다	542
직무와 자격, 교육 제도는 왜 여전히 제자리 걸음인가	549
기능-테크니션-기술 경력 사다리 붕괴와 재교육 제도의 공백	558
사람과 로봇이 함께 일하는 현장, 그러나 안전 기준은 아직 '사람만' 보고 있는가	566
그들은 어떻게 '사람과 기술'을 연결했는가	570
기술은 있는데 실행이 없는 건설 현장, 인적자원 육성 경로의 재설계	582
AI 시대 건설 인력 정책 : 지금 당장 가능한 것부터, 구조 전환까지	596

6. 기업 대응 전략①
건설기업의 경영혁신, AI가 이끈다

AI 시대, 건설기업의 경영환경 확 바뀐다	604
AI 시대에 대응한 건설기업 이렇게 혁신하라	616

7. 기업 대응 전략②
AI 시대, 경쟁력 있는 건설기업의 인재관리

AI는 기업 인적자원관리의 질을 개선한다	634
AI를 활용한 건설기업의 인적자원관리 혁신은 이렇게 한다	645

8. 기업 대응 전략③
AI 시대, 기업 금융환경과 건설기업의 재무전략

AI가 기업 금융환경을 바꾼다	658
AI가 건설기업의 전략적 재무관리를 이끈다	667

9. 기업 대응 전략④
AI로 건설기업의 혁신적 사업전략 구축

AI가 비즈니스 패러다임을 바꾸고 있다	678
AI 시대, 건설기업 사업전략 재설계가 필요하다	687

10. 기업 대응 전략⑤
AI 시대, 건설기업 조직문화 혁신 전략

AI의 성공적 안착, 조직문화에 달려 있다	700
건설기업의 AI 혁신, 조직문화 개선에서 출발한다	710

Part **01**

산업혁명과 건설산업 :
대전환 시기,
건설은 어떻게 변해왔고
무엇이 문제인가?





산업혁명과 건설산업 :

대전환 시기, 건설은 어떻게 변해왔고 무엇이 문제인가?

지난 300년 동안 인류는 네 차례의 산업혁명을 거치며 생산 방식과 산업 구조, 도시의 형태와 삶의 방식까지 근본적으로 바꾸어 왔다. 증기기관에서 시작된 기계화, 전기와 대량생산체계의 확립, 디지털 전환, 그리고 오늘날 AI(인공지능)와 데이터 기반 지능화에 이르기까지, 산업혁명은 단순한 기술 변화가 아니라 사회 전체의 작동 원리를 다시 쓰는 사건이었다.

지금 우리가 마주하고 있는 변화 역시 그 연장선 위에 있다. 인공지능(AI), 빅데이터, 디지털 트윈, 자동화 기술은 산업과 시장의 질서를 재편하고 있으며, 건설산업 역시 그 영향권 한가운데 놓여 있다. 다만 건설은 언제나 변화의 초기에 선도자가 아니라, 다소 늦게 반응하고 천천히 흡수해 온 산업이었다는 점도 함께 돌아볼 필요가 있다.

그렇다면 과거 산업혁명기에도 사람들은 지금과 같은 충격과 기대를 동시에 느꼈을까. 그리고 그 시기마다 건설산업은 기술 변화에 어떻게 연결되고, 무엇을 받아들이고, 무엇에는 적응하지 못했을까. 산업혁명의 흐름을 건설

의 관점에서 다시 짚어보는 일은 단순한 역사 정리가 아니라, 현재의 AI 전환을 이해하기 위한 중요한 좌표가 된다.

이 장에서는 1차부터 4차 산업혁명까지의 변화 흐름을 따라가며, 시기마다 건설산업이 어떤 방식으로 산업 구조에 편입되고, 기술을 흡수하고, 혹은 구조적 한계를 드러냈는지를 차례로 살펴보고자 한다.

각 산업혁명의 특징과 건설산업의 변화와 영향

산업혁명	주요 혁신기술·동향	핵심 특징	건설산업의 영향
1차 산업혁명 (18세기 후반~19세기 초)	증기기관, 기계화, 탄광+제철	사람·동물 → 증기력	· 철의 사용 확대 · 철도 등 수요 증가 · 공학기반기술 도입
2차 산업혁명 (19세기 후반~20세기 초)	전기, 내연기관, 대량생산	에너지(전기) 체계의 확장·표준화·조립생산	· 강철 대량 생산 · 표준화, 대형화 · 엘리베이터 보급
3차 산업혁명 (20세기 후반~21세기 초)	컴퓨터, 정보통신, 자동화	아날로그 → 디지털	· CAD/BIM 도입 · 공정 등 전산화 · 부분적 효율 향상
4차 산업혁명 (2010년대 이후)	AI, 빅데이터, IoT, 클라우드, 로봇	지능화·연결성 기반의 시스템 변화	· BIM 고도화 · 디지털 트윈 · AI, 자동화 장비 · data기반 의사결정

자료 : David S. Landes(2003) 외 3개 [1]~[4]

1·2차 산업혁명 : 건설, 산업으로 태어나다



1차 산업혁명에서는 인공 동력이, 2차 산업혁명에서는 강철과 전기 등에 힘입어 규모, 높이, 그리고 속도 측면에서 건설산업은 비약적인 발전을 이룩하였다. 이를 통해 건설은 단순 생산 행위를 넘어 산업의 모습을 갖추기 시작했다. 그 결과 근대 도시·인프라·산업 성장을 견인하는 핵심 산업으로 성장하였다.

1차 산업혁명 : 기계 동력의 등장, 건설의 환골탈태

제1차 산업혁명은 인류가 근력과 풍력, 수력이라는 자연 동력의 한계

를 넘어 인공적인 동력을 스스로 만들어 활용하기 시작한 거대한 전환점이었다. 증기기관의 등장은 생산 활동의 속도와 범위를 비약적으로 확대시켰고, 이러한 동력 혁신은 건설자재와 시공 방식의 변화로 곧바로 이어졌다. 나무와 돌 중심이던 건설 재료 체계에 철(iron)이 본격적으로 등장하면서, 건설의 규모와 속도, 구조 개념 자체가 새롭게 정의되기 시작했다.

이전까지의 건축이 자연 재료를 가공하고 쌓아 올리는 축조 중심의 활동이었다면, 이 시기부터는 공장에서 생산된 재료가 현장으로 공급되는 산업형 생산 구조가 서서히 형성되었다. 특히 코크스 제련법^[5]의 발전으로 철 생산이 확대되면서, 더 강하고 균질한 재료를 안정적으로 확보할 수 있게 되었고, 이는 구조 형식의 변화로 직결되었다. 철은 돌보다 가볍고 인장 성능이 뛰어나 대형 구조물에 적합했으며, 일정 수준의 유연성을 가져 횡력에도 효과적으로 대응할 수 있었다.

이러한 재료 혁신은 건축물의 높이와 내부 공간 구성의 자유도를 함께 끌어올렸다. 하중을 벽체가 아니라 골조가 담당하는 구조 개념이 등장하면서, 가느다란 기둥과 보로 뼈대를 구성하는 방식이 자리 잡기 시작했다. 이는 훗날 철골 구조와 고층 건축으로 이어지는 구조 혁신의 출발점이 되었다.

증기기관차와 철도의 등장은 건설 수요의 성격 자체를 바꾸어 놓았다. 전국적 철도망 구축이 본격화되면서 교량, 터널, 역사, 차량기지 등 대형 인프라 시설 건설이 급증했고, 공사의 규모와 난이도 역시 이전과 비교할 수 없을 정도로 높아졌다. 이러한 난공사를 해결하는 과정에서

경험과 숙련에 의존하던 기술은 점차 수학과 물리학에 기반한 공학 체계로 정리되기 시작했다. 구조 계산, 재료 역학, 지반 조사, 시공 관리 개념이 체계화되면서 현대 토목·건축공학의 학문적 토대가 형성되었다.

이 시기의 건설은 단순히 건축물을 만드는 행위를 넘어, 산업화 사회를 지탱하는 기반 시설을 구축하는 역할을 수행했다. 철도망은 산업의 혈관이 되었고, 공장과 물류 시설은 생산 시스템의 핵심 거점이 되었다. 건설은 점차 국가 경제와 산업 성장을 떠받치는 핵심 기간산업으로 인식되기 시작했다.

동시에 건설산업 내부의 역할 구조도 변화하기 시작했다. 설계와 시공이 명확히 구분되기 시작했고, 발주자, 설계자, 시공자, 기술자 집단이 분화되었다. 자본, 기술, 시공 조직이 프로젝트 단위로 결합하는 현대적 건설 프로젝트 체계의 원형이 이 시기에 형성되었다고 볼 수 있다. 제1차 산업혁명은 건설에 공학적 기반과 산업적 조직 구조를 동시에 부여한 결정적 출발점이었다.

2차 산업혁명 : 건설산업, 근대 도시·인프라·산업 성장을 견인

건설 생산과 제2차 산업혁명의 연결고리를 보여주는 대표 키워드는 강철(Steel)의 대량생산, 전기와 내연기관의 발명, 그리고 표준화와 대량생산체계의 확립이다. 이 세 가지 변화는 산업 전반의 생산 규모를 폭발적으로 키웠고, 도시와 산업 인프라의 물리적 형태를 근본적으로 바

꾸는 기술적 기반이 되었다.

1차 산업혁명이 기계화와 공장 생산의 출발점이었다면, 2차 산업혁명은 기술과 생산 방식이 체계적으로 정리되고 확산된 시기였다. 설계와 제작, 시공 과정에 계산과 규격, 표준 개념이 본격적으로 도입되었고, 생산 활동은 점차 반복 가능하고 예측 가능한 체계로 정비되었다. 건설 역시 경험과 감각 중심의 영역에서 벗어나 공학과 시스템 기반의 접근으로 이동하기 시작했다.

무엇보다 강철의 대량생산은 산업과 도시의 형태를 직접적으로 변화시킨 핵심 요인이었다. 제강 기술의 발전으로 많은 양의 강철을 비교적 저렴하게 생산할 수 있게 되면서, 대형 기계, 공장 설비, 철도, 교량, 선박 제작이 급격히 늘어났다. 강철 구조는 장대 교량과 대공간 건축, 고층 건축을 가능하게 했고, 항만과 철도 인프라의 확장에도 결정적 역할을 했다. 이는 산업 간 연결성과 물류 효율을 동시에 끌어올리는 기반이 되었다.

전기와 내연기관의 발명은 산업 운영 방식과 도시의 생활 패턴을 함께 바꾸었다. 전기 동력은 공장 설비 배치를 자유롭게 만들었고, 개별 기계 구동이 가능해지면서 생산 효율이 크게 향상되었다. 조명과 전력 설비의 확산은 작업 시간과 도시 활동의 범위를 확장시켰다. 내연기관 기반의 자동차와 트럭은 도로 교통 체계를 발전시키며 사람과 물자의 이동 반경을 넓혔고, 도시 확산과 산업 입지 구조에도 중요한 변화를 가져왔다.

강철 구조와 전기 기술이 결합된 엘리베이터의 보급은 상징적인 전환

점이었다. 엘리베이터는 고층 이동의 물리적 제약을 해소하면서 건물 높이의 한계를 실질적으로 낮추었고, 도심의 수직 개발과 고층화를 촉진했다. 이는 토지 이용 방식과 도시 밀도, 구조, 스카이라인 형성에 직접적인 영향을 미쳤다.

표준화와 대량생산체계의 확립 역시 빼놓을 수 없는 변화였다. 포드의 조립라인 방식은 공정을 세분화하고 부품을 규격화하여 생산성을 극적으로 높인 대표 사례다. 이러한 생산 원리는 건설 분야에서도 자재 규격화, 설계 기준 정리, 공정 분업과 전문화로 이어졌다. 조립식, 프리패브, 모듈러 방식과 같이 공장에서 일부를 제작하고 현장에서 조립하는 생산방식의 기반도 이 시기에 형성되었다.

종합하면, 2차 산업혁명은 재료, 에너지, 생산체계의 변화가 동시에 진행된 시기였으며, 이 흐름 속에서 건설산업은 더 큰 규모, 더 높은 복잡도, 더 강한 공학적 기반을 갖춘 산업으로 성장했다. 건설은 도시와 산업 인프라를 물리적으로 구현하는 핵심 실행 산업으로서 위상을 확고히 하게 되었다.

3·4차 산업혁명 : 질적변화의 가속과 건설산업의 적응 지체



건설산업에 있어 3·4차 산업혁명은 또 다른 성장의 기회가 될 수 있었다. 하지만 건설산업의 구조적 한계와 특징 등으로 3·4차 산업혁명 기술을 제대로 수용하지 못하였다. 그래서 1·2차 산업혁명과 달리 이 시기 동안 건설산업은 산업의 근본 변화보다는 부분적·지엽적 변화에 머문 시기였다고 평가된다. 이때 노출되었던 건설산업의 특징과 한계를 중심으로 3·4차 산업혁명과 건설산업을 살펴보자.

3차 산업혁명 : 디지털 내재화 실패, 부분적 흡수에 따른 건설산업

3차 산업혁명은 컴퓨터와 정보통신기술의 발전을 바탕으로 산업의 작동 방식이 아날로그에서 디지털로 넘어가기 시작한 전환기였다. 전자기술과 반도체, 컴퓨팅 성능의 비약적 향상, 통신망의 확산은 산업 전반의 정보 흐름을 빠르게 재편했고, 데이터의 생성과 저장, 분석과 전달 방식까지 근본적으로 바꾸어 놓았다. 사람의 경험과 수작업, 아날로그 장비에 의존하던 영역들이 점차 디지털 시스템과 자동화 설비로 대체되기 시작했으며, 생산성과 품질, 속도에 대한 기준도 새롭게 정의되었다.

제조업에서는 자동화 설비와 수치제어 장비, 전산 제어 시스템이 빠르게 확산되었고, 공정은 점점 더 정밀하고 반복 가능하게 관리되기 시작했다. 서비스 산업에서도 정보 시스템 기반 운영이 일상화되면서 회계, 물류, 고객 관리, 의사결정 체계가 데이터 중심으로 재편되었다. 산업 경쟁력은 설비 규모보다 정보 처리 능력과 운영 효율성에서 갈리기 시작했다.

건설산업도 이러한 흐름에서 완전히 비켜 있지는 않았다. 설계 분야에서는 CAD가 빠르게 보급되면서 수작업 도면이 디지털 도면으로 전환되었고, 구조와 설비 분야에서도 전산 해석 프로그램이 활용되기 시작했다. 복잡한 구조 계산과 시뮬레이션이 가능해지면서 설계 검토 수준과 정확도는 분명히 향상되었다. 공정 관리 소프트웨어와 원가 관리 시스템이 도입되면서 일정과 비용을 보다 체계적으로 통제할 수 있는

기반도 마련되었다. 도면, 문서, 물량, 계약 정보가 디지털 데이터로 관리되기 시작한 것도 중요한 변화였다.

그러나 이러한 기술 도입은 업무 처리 효율을 높이는 수준에 머무는 경우가 많았다. 디지털 기술이 설계와 관리 영역에는 비교적 빠르게 스며들었지만, 실제 시공 생산방식과 현장 운영 구조까지 깊게 재구성하지는 못했다. 건설 생산은 여전히 현장 중심, 인력 중심의 방식이 주류였고, 공정은 여러 전문 공종이 순차적으로 참여하는 분절적 구조를 유지했다.

또한 건설산업은 프로젝트 단위로 조직이 구성되고 해체되는 특성을 가지고 있어, 디지털 시스템에 대한 장기적 투자와 표준화가 쉽지 않았다. 공급망 역시 다층적 다수 참여 구조를 가지다 보니 데이터 형식과 프로그램이 통일되지 않았고, 정보가 산업 전체 자산으로 축적되기보다는 프로젝트별로 단절되는 경향이 반복되었다.

결과적으로 3차 산업혁명 시기의 건설산업은 디지털 도구를 받아들이는 했지만, 이를 산업의 체질로 완전히 내재화하는 단계까지는 나아가지 못했다. 변화의 출발선에는 올라섰지만, 구조 전환까지는 이어지지 못한 과도기적 적응 단계였다고 정리할 수 있다.

4차 산업혁명 : 디지털화 자동화 지지부진, AI 압박도 견디는 골목 산업

4차 산업혁명은 디지털 기술이 단순한 정보 처리 수단을 넘어, 산업과 사회의 작동 구조를 실시간으로 연결하고 지능화하기 시작한 시기다. 인공지능(AI), 빅데이터, 사물인터넷(IoT), 클라우드, 로봇틱스, 디지털 트윈 기술이 결합되면서 물리적 세계와 디지털 세계가 동시에 작동하는 환경이 만들어지고 있다. 과거에는 데이터를 기록하고 사후 분석하는 데 그쳤다면, 이제는 데이터가 즉시 의사결정과 제어로 이어지고, 시스템이 스스로 학습하며 최적화를 시도하는 단계로 진입했다.

제조업에서는 스마트팩토리가 확산되며 설계 - 생산 - 유통 - 유지관리까지 전 과정이 하나의 데이터 흐름으로 통합되고 있다. 설비와 공정 은 센서와 네트워크로 연결되고, 생산 과정은 실시간으로 모니터링되며, AI 기반 분석을 통해 품질과 생산성이 동시에 관리된다. 산업 경쟁력의 기준도 설비 규모나 인력 수가 아니라 데이터 활용 역량과 시스템 통합 능력으로 빠르게 이동하고 있다.

건설산업에도 이러한 변화가 본격적으로 밀려들고 있다. BIM은 3차원 설계 도구를 넘어 설계, 시공, 운영 정보를 통합하는 데이터 플랫폼으로 발전하고 있으며, 드론과 3D 스캐닝, IoT 센서는 현장 데이터를 실시간으로 수집하는 수단이 되고 있다. 공정관리에는 데이터 기반 예측 기법이 적용되고, 안전관리 역시 영상 분석과 센서 기술을 활용한 사전 대응 중심으로 바뀌고 있다. 디지털 트윈은 시설물의 가상 모델을 통해

운영과 유지관리까지 연계하려는 시도를 가능하게 하고 있다.

시공 방식에서도 변화의 흐름이 나타나고 있다. 건설 로봇, 자동화 장비, 3D 프린팅, 모듈러와 오프사이트 생산 방식이 점차 확산되면서 현장 중심 생산 구조를 일부 대체하려는 움직임이 이어지고 있다. 이는 인력 의존도가 높고 변동성이 큰 현장 생산 구조의 한계를 기술적으로 보완하려는 시도이기도 하다.

특히 최근의 AI 기술 발전은 건설산업에 새로운 전환 압력을 가하고 있다. AI는 단순 자동화를 넘어 설계 대안 생성, 공정 위험 예측, 공사비 추정, 안전 이상 징후 탐지, 유지관리 예측까지 의사결정 영역에 직접 개입하기 시작했다. 과거에는 전문가 경험에 의존하던 판단 영역이 데이터 기반 추천과 확률 기반 예측으로 전환되고 있는 것이다.

다만 산업 전반으로 보면 기술 적용 수준의 편차는 여전히 크다. 일부 선도 기업과 대형 프로젝트에서는 디지털 기반 통합 관리가 지엽적 수준에서 통합적 접근으로 확대가 점차 되고 있지만 다수의 현장에서는 개별 기술 도입에 그치는 경우도 많다. 건설산업을 둘러싼 제도, 발주 방식, 계약 구조, 책임 체계가 여전히 분절적으로 운영되면서 기술 통합의 효과가 충분히 발휘되지 못하는 한계도 존재한다.

그럼에도 분명한 점은, AI와 데이터 기반 기술이 이제 건설산업에도 선택이 아닌 생산 구조 전환의 조건으로 작용하기 시작했다는 사실이다. 설계 - 시공 - 운영이 하나의 데이터 체계로 연결되고, AI가 의사결정 파트너로 참여하는 생산체제로 이동하지 못할 경우 생산성, 품질, 안전, 비용 경쟁력에서 타 산업 대비 점차 도태될 가능성이 크다.

결국, 과거 산업혁명 시기마다 건설산업이 재료와 동력, 생산 방식의 변화를 흡수하며 진화해 왔다면, 지금은 데이터와 인공지능을 산업의 기본 인프라로 받아들여야 하는 변곡점에 서 있다고 할 수 있다. 이번 변화는 단순한 기술 도입이 아니라, 건설이라는 산업의 작동 방식을 근본에서부터 다시 설계하는 문제에 가깝다.

돌이켜보면 산업혁명의 흐름은 언제나 동력과 재료, 그리고 정보 처리 방식의 변화가 생산 구조를 바꾸는 과정이었다. 건설산업 역시 예외는 아니었다. 증기와 철의 시대에는 인프라 구축의 주역으로 부상했고, 강철과 전기의 시대에는 대형 구조물과 현대 도시를 만들어내는 핵심 산업으로 자리 잡았다. 디지털 기술이 확산된 이후에는 설계와 관리 방식이 전산화되며 일정 수준의 효율 개선을 이루었다. 그러나 생산 구조 전반을 다시 설계하는 수준의 변화까지는 이어지지 못했고, 현장 중심·인력 중심의 기본 틀은 크게 달라지지 않았다.

지금 전개되고 있는 AI 중심 기술 환경은 과거의 어느 변화보다도 산업 운영의 깊은 층위를 건드리고 있다. 단순한 도구의 개선이 아니라, 판단과 예측, 의사결정의 영역까지 기술이 관여하기 시작했다는 점에서 변화의 성격이 다르다. 이는 건설산업에도 더 이상 부분적 기술 도입이나 보조적 활용만으로는 대응하기 어려운 단계에 들어섰음을 의미한다. 생산방식, 계약 구조, 발주 체계, 역할 분담, 데이터 축적 방식까지 함께 재구성하지 않으면 기술의 효과를 제대로 흡수하기 어렵다.

결국 앞으로의 질문은 ‘새로운 기술을 얼마나 도입할 것인가’가 아니라, ‘건설산업의 작동 방식을 어디까지 다시 설계할 것인가’에 가깝다.

이를 위해 다음 절에서는 건설산업이 가지는 고유의 특성과 3·4차 산업혁명에서 노출된 건설산업의 구조적 한계 등을 좀 더 살펴보기로 한다.

건설산업의 특징과 기술대전환 시기에 노출된 구조적 한계



건설산업의 본질과 특징 : 강점이 이제는 약점으로

건설산업은 사회와 경제 활동이 이루어지는 물리적 기반을 만들어내는 산업이다. 도로와 철도, 항만과 공항, 산업시설과 주거 공간, 도시 인프라와 국가 기간시설에 이르기까지 우리의 일상과 산업 활동은 모두 건설이 형성한 공간 위에서 이루어진다. 눈에 잘 띄지는 않지만, 사회가 정상적으로 작동하기 위해 반드시 존재해야 하는 무대가 바로 건설을 통해 만들어진다. 이런 점에서 건설산업은 여러 산업 가운데 하나라기 보다, 산업 생태계 전체를 떠받치는 기반 산업에 가깝다.

이러한 역할에도 불구하고 건설산업은 다른 산업과 뚜렷이 구별되는 생

산 구조를 갖는다. 건설산업을 규정하는 가장 핵심적인 특징은 ‘프로젝트 기반 생산 산업’이라는 점이다. 제조업이 동일한 제품을 반복적으로 생산하며 효율과 자동화, 기술 축적을 이뤄 온 산업이라면, 건설은 개별 프로젝트 단위로 기획되고 수행되며 종료된다. 하나의 시설물이 완성되면 이를 위해 구성된 조직은 해체되고, 다음 프로젝트에서는 다시 새로운 참여자 조합이 만들어진다. 생산의 기본 단위가 공장이나 생산라인이 아니라 프로젝트라는 점에서, 건설은 구조적으로 일회성과 비반복성을 동시에 지닌다.

이러한 구조는 다양한 수요와 조건에 유연하게 대응할 수 있는 강점으로 작용해 왔다. 그러나 동시에 경험과 기술, 데이터가 지속적으로 축적되기 어려운 구조이기도 했다. 하나의 프로젝트에서 얻어진 성과와 교훈이 다음 프로젝트로 자연스럽게 이어지기보다는, 현장 단위의 경험으로 머무는 경우가 많았기 때문이다. 이 특성은 기술 환경이 비교적 안정적이던 시기에는 큰 문제가 되지 않았지만, 기술 변화의 속도가 빨라진 오늘날에는 점차 구조적 제약으로 드러나고 있다.

건설은 또한 생산 장소가 고정되어 있지 않은 산업이다. 제품을 안정적 생산 인프라가 구축된 공정에서 만드는 방식이 아니라, 인력과 장비, 자재와 조직이 현장으로 이동해 결과물을 완성한다. 이른바 ‘현장 생산’이라는 특성이다. 이에 건설 현장은 기후와 지형, 지반 조건, 접근성, 주변 환경, 안전 여건 등 수많은 외부 변수에 노출되어 있다. 동일한 설계와 공법이라 하더라도 현장 조건에 따라 시공 방법과 작업 순서는 달라질 수밖에 없으며, 계획 단계에서 예상하지 못한 조정이 빈번하게 발생

한다. 이러한 환경은 건설 생산이 본질적으로 환경 적응형 구조를 가질 수밖에 없음을 보여준다.

이러한 현장 중심 구조는 사람의 판단과 경험, 즉 숙련을 중요한 생산 요소로 만들어 왔다. 동시에 표준화와 자동화, 공정의 정밀한 통제를 어렵게 만드는 요인이기도 했다. 통제된 환경에서 반복 생산이 가능한 산업과 달리, 건설에서는 예외 상황이 상시적으로 발생하며, 그때마다 현장 판단이 요구된다. 이 점은 건설산업이 기술을 받아들이는 방식이 다른 산업과 다를 수밖에 없는 배경이 된다.

건설의 생산물 역시 다른 산업과는 성격이 다르다. 건설의 결과물은 대체로 규모가 크고 구조적으로 복잡하다. 단일 제품이라기보다 다양한 기술 요소가 결합된 종합 시스템에 가깝다. 하나의 건축물이나 인프라 시설에는 구조, 설비, 전기, 통신, 마감, 안전, 운영 요소가 동시에 포함된다. 단일 기술의 완성도보다 여러 기술이 얼마나 유기적으로 통합되었는지가 성능과 품질을 좌우한다. 이 과정에서 설계, 엔지니어링, 시공, 유지관리 간의 연계는 선택이 아니라 필수 조건이 된다.

이러한 특성은 산업 조직 구조에도 그대로 반영된다. 건설산업은 발주자, 설계자, 엔지니어, 시공사, 전문 공종 업체, 자재 공급자, 장비 업체, 감리 및 관리 조직 등 다수의 주체가 참여하는 구조를 갖는다. 각 주체는 계약 관계를 기반으로 결합하며, 서로 다른 역할과 책임 범위를 가진다. 이러한 구조는 건설을 단일 기업 중심 산업이 아니라, 다층적 협업을 통해 움직이는 네트워크형 산업으로 만든다. 복잡한 프로젝트를 수행하는 데에는 효과적인 구조였지만, 의사결정과 기술 적용을 일관되

게 추진하는 데에는 높은 조정 비용을 필연적으로 요구해 왔다.

분업과 전문화 역시 건설산업의 중요한 구조적 속성이다. 설계와 시공, 감리와 관리 기능은 명확히 분화되어 있으며, 시공 단계에서도 공종별 전문업체 중심의 수행 체계가 일반화되어 있다. 그뿐만 아니라, 토목, 건축, 플랜트, 설비, 전기, 통신 등 분야별 기술 체계는 각기 독립적으로 발전해 왔다. 결국 프로젝트가 대형화·복합화될수록 전문 영역 간 조정과 통합의 중요성은 더욱 커진다. 건설은 종합 산업이면서 동시에 고도의 분업 산업이라는 이중적 성격을 지닌다.

또 하나의 중요한 특징은 주문형 생산 구조이다. 건설은 사전에 완성된 제품을 시장에 공급하는 산업이 아니다. 수요자가 요구하는 기능과 성능, 예산과 일정에 맞추어 설계와 시공이 이루어지는 맞춤형 생산 방식을 따른다. 발주 방식과 계약 조건, 성능 요구 수준은 생산 과정 전반에 직접적인 영향을 미친다. 동일한 유형의 시설이라 하더라도 발주 조건에 따라 결과물은 서로 다른 방식과 절차, 형태로 구현된다. 이러한 구조는 수요자 맞춤형 가치 창출이라는 장점을 가지지만, 표준화와 반복 생산을 통한 생산성 향상의 장점을 포기하게 만드는 요인이기도 하다.

더 나아가 건설산업은 시설물의 전 생애주기와 맞닿아 있다. 기획과 타당성 검토에서 시작해 설계, 시공, 운영, 유지관리, 개보수와 해체에 이르기까지 긴 시간 축 위에서 가치가 형성된다. 초기 단계의 설계와 의사결정은 수십 년에 걸친 운영 비용과 성능, 안전 수준에 영향을 미친다. 건설은 단기 생산 활동을 넘어 장기 자산 형성과 직결되는 산업이며, 이로 인해 공공성과 책임성이 강하게 요구되어 왔다.

이처럼 건설산업은 프로젝트 기반 생산, 현장 생산형 구조, 다수 주체 협업, 고도의 분업과 통합, 주문형 생산, 생애주기 연계라는 특성을 동시에 지닌 산업이다. 이러한 속성은 오랫동안 건설산업의 경쟁력이자 차별성이었다. 그러나 디지털 기술과 AI, 그리고 로봇을 중심으로 기술 환경이 급격히 변화하는 오늘의 전환기에는, 바로 이 강점들이 기존 방식 그대로는 작동하기 어려운 조건으로 전환되고 있다. 건설산업의 본질적 특징을 어떻게 재해석하고 재구성하느냐가, 앞으로의 기술 대전환이 단순한 도구 도입에 그칠지, 산업 구조의 변화로 이어질지를 가르는 갈림길에 서 있다고 할 수 있다.

기술 대전환을 위해서는 부분이 아닌 구조적 한계를 넘어서야

건설산업은 오랜 기간 국가 인프라와 도시 환경을 구축해 온 핵심 산업이다. 사회와 경제가 작동하는 물리적 기반을 제공해 왔다는 점에서, 언제나 국가 발전의 중심에 있었다. 그럼에도 불구하고 건설산업의 생산 방식과 운영 구조는 다른 산업에 비해 변화의 속도가 상대적으로 완만했다. 이는 단순히 보수적인 산업 문화의 문제가 아니라, 앞서 살펴본 건설산업의 구조적 특성과 깊이 연결되어 있다. 프로젝트 단위 생산, 다수 참여자 구조, 현장 중심 작업, 주문형 생산체계는 오랫동안 건설의 강점으로 작용해 왔지만, 기술 대전환 국면에서는 동시에 제약 조건으로 드러나고 있다. 건설산업의 본질적 특징과 구조적 한계를 넘는다면

1·2차 산업혁명때와 같이 다시 한번 도약할 수 있을 것이다.

기술 대전환기는 개별 기술의 도입 여부를 넘어, 산업 운영 구조 전반이 함께 정렬될 때 비로소 성과로 이어진다. 단계적 개선만으로는 한계가 있으며, 구조적 관점에서의 접근이 점점 더 중요해지고 있다. 이러한 측면에서 AI와 로봇틱스는 단순 기술을 넘어 산업 구조를 변화시키는 파급력을 가지고 있으며, 디지털 시대에 건설산업이 보여왔던 한계도 극복할 수 있는 기반을 제공할 것으로 기대된다. 여기에 다음과 같은 동력이 더한다면 건설산업은 1·2차 산업 혁명때와 같이 또 다른 성장을 기대할 수 있을 것이다. 산업 구조 개편을 위한 동력은 첫째, 인적자원의 역할과 가치의 재설정, 둘째, 기존 제도를 넘어선 규제 철폐와 제도 혁신, 셋째, 첨단기술의 적극적 활용을 위한 산업 차원의 노력일 것이다.

더 구체적으로 부연해 보자. AI 등에 따른 산업혁명의 변화는 기술이 사람을 대체하는 과정이라기보다, 사람의 역할이 재정의되는 과정에 가깝다. 향후 건설산업에서 인적자원의 핵심 기능은 오랜 기간 이어진 수행 중심에서 판단과 조정, 통합과 책임으로 이동할 가능성이 크다. 이는 기술 발전이 오히려 사람의 전문성과 윤리적 판단을 더 강하게 요구하는 역설적인 구조를 만든다는 점을 의미한다. 왜냐하면 건설산업은 공공성과 안전성, 장기적 사회적 영향을 함께 지니는 산업이기에 하나의 의사결정이 수십 년 동안 도시와 사회에 영향을 미칠 수 있는 만큼, 기술 효율성만으로는 최대 공리의 달성이 불가능하기 때문이다. 인간의 판단과 책임, 윤리적 기준은 기술보다 앞서야 한다.

이와 함께 규제와 제도의 혁신도 중요한 과제로 부각된다. 건설산업은 다른 산업에 비해 강한 규제와 제도적 틀 안에서 작동해 왔다. 건설의 결과물이 공공 안전과 직결되고 장기간 사회적 영향을 미친다는 점에서, 기술 선택과 생산 방식, 책임 구조까지 법과 제도로 관리되어 왔다. 이러한 제도 기반 구조는 산업의 안정성과 공공성을 지켜 온 중요한 장치였지만, 동시에 기술 변화의 속도를 늦추는 역할도 함께 해왔다.

AI를 중심으로 한 기술 대전환 국면에서도 이러한 규제와 제도의 전제가 다시 질문받을 수밖에 없다. 기존 제도는 사람 중심, 공정 분절형 생산 방식을 기준으로 설계되기에 데이터 기반 의사결정과 자동화·지능화 기술을 충분히 설명하거나 수용하는 데 한계를 드러낼 수 밖에 없다. 이제 규제 혁신은 단순한 완화나 폐지가 아니라, 안전과 책임이라는

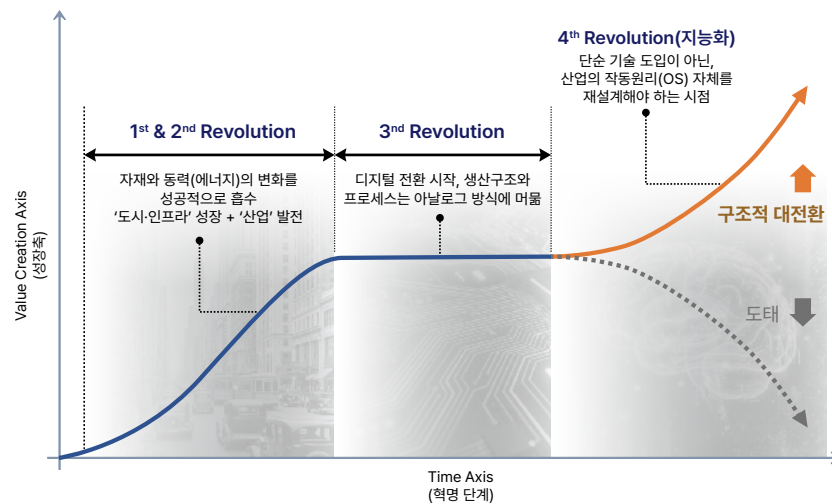
목적을 유지하면서도 기술 적용 방식을 유연하게 허용하는 방향으로의 재설계를 요구받고 있다. 건설산업의 기술 대전환은 결국 기술 도입과 함께 제도와 규제가 어떻게 합리적으로 진화하느냐에 의해 성패가 갈릴 수밖에 없다.

마지막으로 기술의 적극적 활용이 중요하다. AI를 비롯한 새로운 혁신 기술의 활용은 결국 건설 종사자와 기업의 선택, 그리고 그 선택에 중요한 영향자인 비용 구조와 직결된다. 기술은 그 자체로 산업을 바꾸지 않는다. 이를 실제로 도입하고 운영하며 학습하는 주체는 사람과 조직일 수 밖에 없다. 건설 종사자에게는 새로운 도구와 시스템을 이해하고 활용할 수 있는 역량이 요구되며, 기업에게는 단기 성과를 넘어 중장기 경쟁력을 고려한 투자 판단이 필요해진다. 특히 프로젝트 단위로 수익성과 리스크가 관리되는 건설산업에서는, 기술 도입이 곧 비용 증가로 인식되기 쉽다는 점에서 변화의 속도는 자연스럽게 제약을 받는다.

그러나 기술 도입 비용만을 기준으로 판단할 경우, AI와 디지털 기술이 가져올 유무형의 효과를 놓치기 쉽다. 생산성 향상과 공기 단축, 안전 사고 감소, 품질 편차 축소, 운영·유지관리 비용 절감과 같은 효과는 단기 프로젝트를 넘어 산업 전반의 비용 구조와 위험 관리 방식을 바꾸는 요소다. 문제는 누가 비용을 부담하고, 누가 그 편익을 회수하느냐의 구조다. 기술 전환이 현장과 기업, 발주와 계약 구조 속에서 지속 가능하게 작동하기 위해서는 비용 부담과 성과 배분 방식 역시 함께 재설계되어야 한다. 이것이 AI 기술 활용의 확산 여부를 좌우하는 핵심 조건이 될 것이다.

지금까지 산업혁명 시기별로 건설산업이 기술 변화를 어떻게 흡수해

산업혁명별 건설산업의 변화 결과와 미래 방향



건설산업의 특징과 기술 대전환의 구조적 한계와 동력



왔는지, 그리고 어떤 한계를 드러내 왔는지를 살펴보았다. 아울러 기술 혁명과 맞물려 드러난 건설산업의 고유한 특징과 구조적 제약, 그리고 변화의 방향도 함께 논의했다. 다음 장에서는 이러한 논의를 바탕으로, 기술 대전환의 중심에 있는 AI가 건설산업에 어떤 변화를 요구하고 있는지를 본격적으로 살펴보려고 한다.

I 참고문헌 I

- [1] David S. Landes(2003), The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present, Cambridge University Press
- [2] Manuel Castells (2009), The Rise of the Network Society, Wiley-Blackwell
- [3] Jeremy Rifkin(2011), The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World, St. Martin's Press
- [4] Klaus Schwab(2016), The Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum
- [5] 백덕현(2010), 근대 한국 철강산업 성장사, S&M 미디어

Part **02**

**AI 패러다임 전환과
건설산업 혁신의
지능형 연결고리**

AI 패러다임 전환과 건설산업 혁신의 지능형 연결고리

오늘날 인공지능(Artificial Intelligence, 이하 AI)은 기술적인 유행을 넘어 인류의 산업 지형을 근본적으로 재편하고 있다. 과거의 AI가 인간이 만든 규칙의 틀 안에 갇혀 있었다면, 현재의 생성형 AI와 다가올 피지컬(Physical) AI는 스스로 학습하고 추론하며 물리 세계와 서로 작용하는 단계로 진입했다. 각 산업에서의 AI 도입은 더 이상 선택의 문제가 아니라, 생존을 위해 반드시 올라타야 하는 거대한 파도와 같다.

AI를 잘 활용하기 위해서는 먼저 그 기술을 알아야 한다. 따라서 본 장에서는 그동안 AI 기술이 인간의 지능을 모사하기 위해 어떠한 과정을 거쳐 진화해 왔는지 살펴본다. 그리고 지금의 기술 수준이 어떠한 수준이며, 앞으로 어느 정도의 수준까지 발전해 나갈 수 있을지 조사하였다.

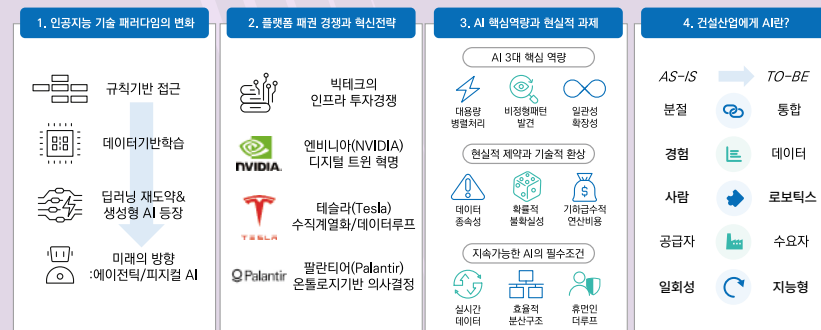
이어서 최근 AI 기술의 패권을 가지기 위해 빅테크 기업들이 얼마나 치열하게 경쟁하고 있는지 비교한다. 그리고 엔비디아, 테슬라, 팔란티어와 같은 핵심 플레이어들이 어떤 독자적인 전략으로 산업의 문법을 바꾸고 있는지

와 건설산업이 차용해야 할 점을 도출하였다.

또한, AI가 가진 압도적인 데이터 처리 능력과 확장성 이면에 숨겨진 확률적 불확실성과 막대한 연산 비용이라는 현실적 한계를 냉철하게 짚어본다. 인공지능은 완벽한 신이 아니며, 지속 가능성을 확보하기 위해서는 여전히 인간의 개입과 양질의 데이터 수집이 필수적이기 때문이다.

마지막으로 이 모든 기술적 흐름이 건설이라는 거대하고 보수적인 산업과 만나 그동안의 해묵은 과제들을 어떻게 해결할 수 있을지 분석한다. 인공지능이라는 거스를 수 없는 미래 앞에서, 건설산업이 마주한 혁신의 본질은 무엇인지 본 장을 통해 그 해답을 찾아보자.

AI 패러다임 전환과 건설산업 혁신을 연결하는 본장의 구성





1

인공지능(AI) 기술 패러다임의 변화와 현재



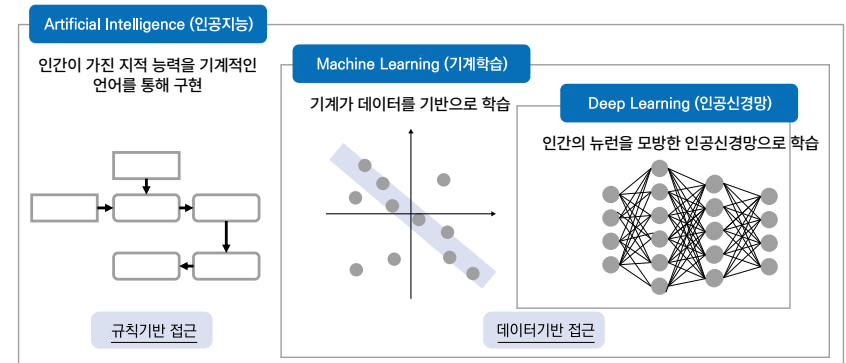
AI 기술 발전사, '지식의 주입'에서 '데이터 학습'으로

인공지능(AI) 기술 패러다임의
변화와 현재



인공지능의 역사는 인간의 지능을 기계적으로 구현하려는 끊임없는 시도에서 시작되었다. 그 과정에서 기술적 한계로 인한 좌절과 이를 극복하기 위한 혁신적인 방법론의 등장도 교차했다. 초기의 AI 연구자들은 인간의 지식을 명시적인 규칙으로 정의하여 컴퓨터에 주입하는 방식을 시도했었다. 그러나 모든 예외 상황을 인간이 사전에 정의하기에는 현실 세계의 복잡성이 컸다. 또한, 고정된 규칙만으로는 데이터에 내재된 비정형적 패턴과 변화에 유연하게 대응할 수 없었다. 이에 따라 연구의 흐름은 기계가 방대한 데이터를 통해 스스로 경험을 학습하는 패러다임으로 전환되었다. 이러한 변화는 단순히 기술적 수단의 진보를 넘어 지능을 구현하는 근본적인 접근 방식 자체가 재정의된 것을 의미한다.^[1]

인공지능의 정의 및 개념



기호와 규칙의 시대 : '인간의 논리를 복사하면 지능이 된다'라는 가설

인공지능이라는 단어는 1956년 다트머스 컨퍼런스에서 처음 공식화되었다.^[2] 당시 존 매카시(John McCarthy) 교수를 비롯한 연구자들은 기계가 인간의 지능을 완벽히 모사할 수 있다고 믿었다. 회의 직후인 1960년대 초는 AI의 첫 번째 황금기였다. 이 시기의 연구자들은 인간의 지능 중 하나인 논리적 추론을 기계로 구현하는 데 성공하며 눈부신 성과를 거두었다. 컴퓨터가 체스를 두고, 복잡한 수학 정리를 증명해 냈다. 초기 형태의 챗봇인 '엘리자(ELIZA)'¹⁾는 학계를 열광시켰다.^[3] 존 매카시, 앨런 튜링(Alan Turing)과 함께 AI 연구의 공동 창시자로 불리는 마빈 민스키(Marvin Minsky)는 당시에 “한 세대 안에 AI를 만드는

1) Joseph Weizenbaum 이 1966년 MIT에서 개발한 초기 자연어처리 프로그램, 사용자의 발화를 반영·재구성하는 방식으로 인간과의 대화를 모사한 대표적 초기 챗봇 사례

문제가 해결될 것”^[4]이라고 낙관했다. 그러나 1970년대에 들어서며 AI의 기술적 한계가 드러났다. 당시 연산 능력으로는 실세계의 복잡한 데이터를 처리하기에 부족했고, 기계는 문맥이나 상식을 전혀 이해하지 못했다. 이러한 한계 위에서 1970년대 중반 AI 연구 예산이 대규모로 삭감되는 ‘첫 번째 AI 겨울(AI Winter)’이 도래했다. 영국의 Lighthill 보고서^[5]와 1966년 자동언어처리 자문위원회(ALPAC) 보고서^[6]가 지원 축소의 분기점으로 자주 거론된다. 기호와 규칙만으로 일반지능을 구현하려던 초기 AI 접근법이 당시의 계산 자원과 이론적 한계에 직면한 결과이다.

이러한 반성 속에서 1980년대 AI 연구는 모든 영역의 지능 대신, 문제가 잘 정의된 특정 전문 영역의 지식을 집중적으로 적용하는 방향으로 전략적 전환을 시도했다. 그 결과 등장한 것이 전문가 시스템이다.^[7] 전문가 시스템은 특정 도메인에 한정된 지식을 규칙 기반으로 모델링한 AI 접근법으로 1980년대 산업·의료·공정 제어 분야에서 실용적으로 활용되었다. 대표적으로 의료 진단 분야의 MYCIN^[2]은 감염 질환에 대한 전문가의 판단을 수백 개의 IF-THEN 규칙으로 정형화하여 항생제 처방을 제안했다. 제조 분야에서는 XCON(eXpert CONFIGurer)^[3]이 컴퓨터 부품 구성 자동화에 성공하여 상업적으로 유의미한 성과를 거두었다^[8]. 이처럼 전문가 시스템은 제한된 범위 내에서는 인간 전문가와

2) MYCIN : 1970년대 스탠퍼드에서 개발된 의료 진단 시스템으로 혈액 감염 질환에 대해 600여 개의 IF-THEN 규칙 활용에 항생제 처방 제안

3) XCON : DEC(Digital Equipment Corporation)에서 VAX 컴퓨터 시스템의 복잡한 부품 구성을 자동화하기 위해 도입 한 시스템으로 매년 수만 건의 구성 주문을 처리

근접한 판단을 수행할 수 있다는 점에서 AI 연구의 현실적 대안으로 주목받았다.

전문가 시스템의 핵심 원리는 인간 전문가의 판단을 ‘만약 ~라면, ~이다(IF - THEN)’ 형태의 규칙으로 정형화하여 컴퓨터에 입력하는 방식이다. 이러한 접근은 수치와 조건이 명확한 문제일수록 효과적이었다.

건축법규 체크 시스템을 구축한다고 가정해 보자.

규칙기반 접근 예시

- 규칙 1: ‘IF 용도가 공동주택이면, THEN 가구당 1대의 주차면을 확보해야 한다 (IF 용도=공동주택 THEN 세대 당 주차대수 ≥ 1).’
- 규칙 2: ‘IF 대지 경사도가 10% 이상이면, THEN 주차장 램프의 기울기는 1/6 이하여야 한다 (IF 대지 경사 $\geq 10\%$ THEN 램프 기울기 $\leq 1/6$).’
- 규칙 3: ‘IF 소방차 전용 구역이 필요하면, THEN 회전 반경 15m를 추가 확보해야 한다 (IF 소방차 접근 필요 THEN 회전 반경 $\geq 15m$ 확보).’

이처럼 명확한 수치는 프로그래밍하기 쉽다. 그러나 실제 설계 환경에서는 수천 개의 규칙이 동시에 작동하여 서로 충돌하기 일쑤다. 예를 들어 경사가 심한 대지에서 소방 동선 확보가 필요하고, 동시에 보존 식생이나 일조 규제가 적용되는 경우 개발자는 모든 경우의 수를 조합한 ‘IF - THEN - AND - OR’ 규칙을 사전에 정의해야 한다. 규칙이 늘어날수록 시스템은 비대해지고 서로 충돌하는 규칙들 사이에 논리적 모순이 발생하는 조합의 폭발 현상이 나타났다. 이에 더해 예외 조건이 무한대로 늘어나는 현상과, 새로운 지식이 생성되면 규칙을 매번 다시 고쳐

야 하므로 시스템 유지비용의 증가가 문제로 작용했다. 이후 1987년 전후로 Lisp 머신⁴⁾ 시장 붕괴와 전문가 시스템의 기대 붕괴가 겹치며 2차 AI 겨울이 찾아왔고, 1990년대까지 침체가 이어졌다.

결국 사람이 규칙으로 컴퓨터에 지식을 주입하는 방식은 현실세계의 복잡성과 변화 속도를 감당하지 못했다. 이러한 실패는 AI 연구의 방향성을 논리와 규칙에서 통계와 확률로 전환하는 계기가 되었다. 연구자들은 인간의 지식을 일일이 주입하는 방식이 아니라 데이터로부터 기계가 스스로 패턴을 학습하는 방식의 필요성을 절감하게 된 것이다.

데이터 기반의 시대 : 기계가 스스로 패턴을 발견하는 ‘기계학습’

2000년대 이후 인터넷을 통한 빅데이터의 축적과 연산용 하드웨어의 발전은 인공지능을 논리와 규칙에서 통계와 확률의 영역으로 옮겨 놓았다. 핵심 발상은 사람이 규칙을 다 사전 정의(코딩)하지 말고 기계가 데이터에서 패턴을 스스로 찾게 하자는 것이다.

규칙 기반 접근은 “주차장을 이렇게 배치해야 한다”를 사람이 문장 또는 규칙으로 정의했다. 반면에 머신러닝 기반 접근은 문제를 다음과 같이 재정의한다.

머신러닝 기반 접근 예시

- 입력(X): 대지 형상, 진입로 조건, 도로 폭, 경사, 법규, 동선, 공사비 등
- 출력(Y): 실제 준공 도면에서의 주차 레이아웃
- 학습: 다수의 설계 도면을 통해 이 조건 조합에서는 이런 레이아웃이 반복적으로 성공한다는 경험적 규칙을 모델 내부 파라미터로 압축

학습 기반의 AI는 수만 건의 실제 준공 도면 데이터를 분석한다. 기계는 대지의 형태, 도로와의 인접성, 주차 효율성 간의 보이지 않는 패턴을 경험적으로 학습한다. 이때 모델이 배우는 것은 사람이 말로 설명하기 어려운 설계적 판단의 일부일 수 있다. 인간이 언어로 설명하기 어려운 미묘한 설계적 판단이나 최적화의 원리를 데이터에서 스스로 찾아내는 것이다.

사람이 규칙을 정해주는 대신 기계가 데이터를 통계적으로 분석하여 스스로 확률적 패턴을 도출하는 방식을 ‘기계학습(Machine Learning)’으로 정의했다. 이때 널리 쓰인 ‘의사결정나무(Decision Tree)’는 데이터를 스무 고개 하듯이 분류하여 최적의 판단을 내리는 알고리즘이다. 건축 부지 선정이나 사업성 분석 등에서 직관적인 근거를 제시하는 데 유용하게 활용될 수 있다. 또한 고차원적인 데이터를 분류하는 데 탁월한 ‘서포트 벡터 머신(SVM)’이나 변수들의 인과관계를 확률적으로 계산하는 ‘베이지안 네트워크’ 같은 알고리즘이 도입되었다. 예를 들어 공정 지연 리스크를 베이지안 네트워크로 연결하면 특정 변수가 전체 프로젝트 비용에 미칠 확률적 영향을 계산한다. 이는 인간의 주관적 판단이 개입되기 쉬운 영역에서 데이터에 기반한 합리적 의사결정 체계를 마련한 계기가 되었다.

⁴⁾ Lisp 머신 : AI 연구에 널리 사용되던 프로그래밍 언어 Lisp의 실행에 최적화되도록 설계된 전용 컴퓨터 하드웨어로, 1980년대 초인공지능 개발을 위한 특수 목적 워크스테이션

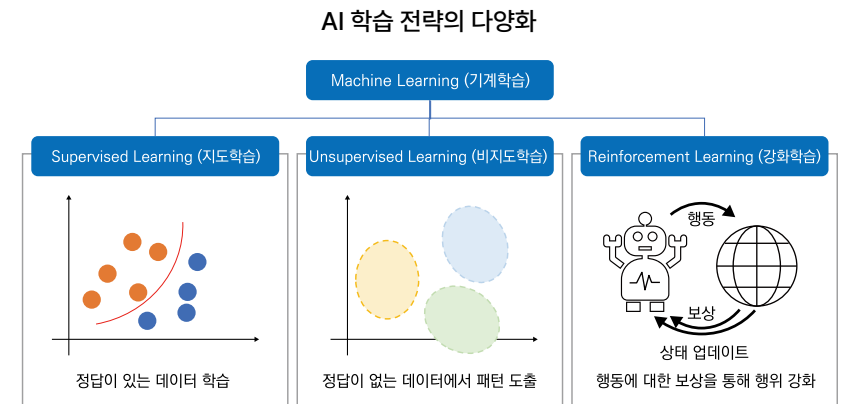
학습 방식의 진화 : 정답을 맞히는 공부와 스스로 분류하는 공부

데이터 기반의 패러다임이 정착하면서 AI 학습 전략은 목적에 따라 분화되었다. 첫째는 정답이 있는 데이터를 학습하는 ‘지도 학습(Supervised Learning)’이다. 여러 개의 의사결정나무를 결합해 정확도를 높은 ‘랜덤포레스트(Random Forest)’ 알고리즘이 대표적이다. 이 알고리즘은 수만 건의 과거 데이터를 통해 현재 조건에서 결괏값을 가장 정확하게 맞히는 예측에 특화되어 있다. 예를 들어 기상 조건과 자재 특성을 결합하여 건축물의 에너지 사용량을 예측하거나 자재의 내구연한을 산출하는 업무에 널리 활용될 수 있다.

둘째는 정답 없이 데이터 자체의 유사성을 찾는 ‘비지도 학습(Unsupervised Learning)’이다. 대표적으로 데이터를 비슷한 성격끼리 묶어주는 ‘K-평균 군집화(K-Means Clustering)’와 복잡한 데이터의 핵심 특징만 남기고 차원을 줄여주는 ‘차원 축소(PCA)’ 기술이 있다. 이를 활용하면 방대한 도시 거주민의 이동 패턴을 분석해 유사한 라이프스타일을 가진 그룹으로 묶거나, 수만 개의 도면 데이터에서 유사한 평면 타입을 자동으로 분류하여 새로운 설계 유형을 탐색하는 것이 가능해진다.

세 번째는 시행착오를 통해 최적의 행동 방침을 찾아가는 ‘강화학습(Reinforcement Learning)’이다. 이는 정답지나 데이터의 유사성에 의존하는 대신, 특정 환경 속에서 AI가 내린 결정에 대해 보상(Reward)을

주어 학습시키는 방식이다. 마치 바둑 AI가 승률을 높이기 위해 수천만 번의 대국을 반복하며 최적의 수를 찾아내듯이 반복된 시뮬레이션을 통해 목표 달성을 위한 최적의 경로를 스스로 깨닫는다. 이러한 강화학습은 동적인 변화가 많은 건설 현장의 운영 및 자동화 영역에서 강력한 힘을 발휘한다. 예를 들어, 자율주행 굴착기가 복잡한 지형에서 장애물을 피해 토공 작업을 수행할 때, 실시간으로 변화하는 지반 상태에 맞춰 가장 효율적인 경로와 버킷의 각도를 스스로 결정하도록 학습될 수 있다.



정리하자면, 지도학습이 과거의 성공 사례를 정교하게 복제하고 예측하는 데 유용하며, 비지도 학습은 인간 전문가가 미처 발견하지 못한 데이터 속의 숨겨진 구조와 새로운 통찰을 제공한다. 여기에 강화학습이 더해지면서 AI는 고정된 데이터를 분석하는 수준을 넘어时时刻刻 변하는 환경에 스스로 대응하며 최적의 해답을 도출하는 판단력까지 갖추게 되었다.

이러한 학습 방식의 분화와 발전은 이후 머신러닝(Machine Learning)

에서 딥러닝(Deep Learning)으로의 거대한 전환을 불러왔다. 기존의 머신러닝은 데이터에서 유의미한 특징을 추출하기 위해 인간 전문가의 개입과 가이드가 필수적이었지만, 딥러닝은 층을 깊게 쌓은 인공신경망을 통해 데이터로부터 직접 핵심적인 특징을 스스로 추출하고 학습한다. 인간의 개입을 최소화하고 데이터 자체의 잠재력을 극대화하는 이 방식은 인공지능이 인간의 인지 능력을 모방할 수 있는 기술적 토대를 마련하였다.

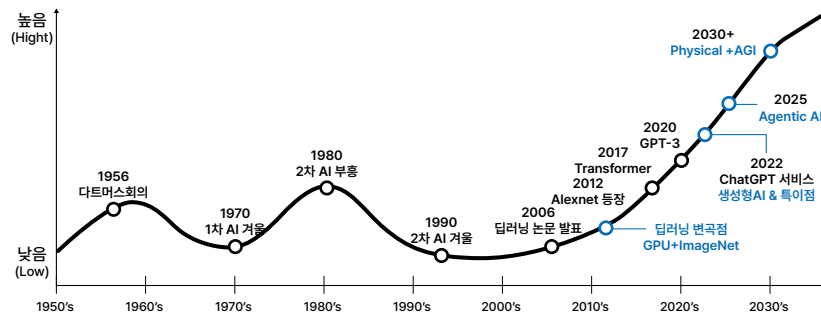
기술적 변곡점, 딥러닝의 재도약과 ChatGPT의 등장



인간의 뇌를 기계가 모사하도록 하는 인공신경망의 개념은 매우 그럴듯 했지만 실질적인 성과를 내지 못하고 침체에 빠져있었다. 이는 모델을 학습시킬 데이터가 부족했고, 복잡한 연산을 감당할 하드웨어의 성능이 뒷받침되지 못했기 때문이다. 그러나 2012년 인공지능 역사에 기록될 반전이 일어났다. 수십 년의 정체기를 깨고 인공지능이 다시 도약할 수 있었던 비결은 폭발적으로 늘어난 데이터와 강력한 병렬 연산력을 가진 GPU(그래픽 처리 장치)의 만남이었다. 인공지능은 마치 어린 아이가 수백만 권의 그림책을 순식간에 읽어치우며 사물을 구별해나가듯 방대한 데이터 속에서 특징을 스스로 학습하여 인간의 인식 능력을 따라잡고 있다.

이러한 변화는 AI의 능력을 사물을 구별하는 수준을 넘어 맥락을 읽어내는 수준으로 발전시켜나갔다. 단어와 단어 사이의 미묘한 상관관계를 동시에 처리할 수 있는 혁신적인 기술적 토대가 마련되면서 AI는 인간과 자연스럽게 대화하고 복잡한 논리를 추론하는 수준으로 올라섰다. 전 세계를 놀라게 한 ChatGPT와 같은 높은 성능의 AI 서비스는 일반인들도 AI 서비스를 쉽게 사용할 수 있도록 진입장벽을 크게 낮췄다. 이제 AI 기술은 일부 선도 분야에서 제한적으로 사용되던 실험적인 기술을 뛰어넘어 일반 사용자들도 매우 친숙하게 활용할 수 있게 되었다. 수시로 새로운 AI 서비스가 출시되는 상황 속에서, 이제는 AI 기술을 통해 실제 생활과 업무에서 어떻게 이득을 볼 수 있을지 고민하는 단계로 진입했다.

AI 기술의 변천사



인공신경망의 재도약 : 인간 뇌의 뉴런을 모방하여 데이터의 특징 학습

인간 뇌의 뉴런 구조를 흉내 내어 인공지능을 만들어내려는 시도는 1950년대부터 있었다. 그러나 컴퓨터 연산 능력의 부족으로 신경망이 깊어질수록 학습이 제대로 이루어지지 않는 문제로 수십 년간 외면을 받아왔다. 이러한 침묵을 깨고 인공신경망을 ‘딥러닝’이라는 이름으로 부활시킨 것은 2012년 AlexNet의 등장이다.⁵⁾

AlexNet이 인공신경망의 재도약을 이끌어 낸 비결은 세 가지 핵심 요소의 결합에 있었다. 첫째는 빅데이터의 활용이다. 100만 장 이상의 이미지를 담은 이미지넷(ImageNet)⁵⁾ 데이터를 통해 신경망이 복잡한 패턴을 충분히 학습할 수 있는 기반이 마련되었다. 둘째는 GPU의 혁명이다. 복잡한 수치 계산을 병렬로 동시에 처리하는 GPU는 신경망의 거대한 연산량을 감당할 수 있게 해주었다. 셋째는 알고리즘적 개선이다. 학습 과정에서 정보가 사라지는 현상을 막는 활성화 함수(ReLU)⁶⁾와 불필요한 연결을 끊어 과적합을 방지하는 기술(Dropout) 등이 도입되면서, 신경망은 비로소 깊게 쌓여도 제대로 작동할 수 있게 되었다.

이러한 기술적 도약은 AI를 산업 현장에 적용하는 단계로 이끌었다. 특히 이미지 인식에 특화된 ‘CNN(합성곱 신경망)’의 등장은 건설 분야

5) ImageNet : 수백만 장의 이미지와 계층적 객체 라벨로 구성된 대규모 시각 데이터 셋으로, 딥러닝 기반 컴퓨터 비전 모델의 학습과 성능 평가를 촉진한 대표적인 벤치마크 데이터 셋

6) ReLU : 입력값이 0 보다 크면 그대로 출력하고, 0 이하이면 0 으로 변환하는 비선형 활성화 함수로, 신경망 학습 과정에서 기울기 소실 문제를 완화하고 계산 효율성을 높이는 역할을 하는 함수

의 컴퓨터 비전(Computer Vision) 연구를 활성화하는 결정적인 기폭제가 되었다. 그 대표적인 사례가 바로 건설 현장 CCTV 영상을 활용한 작업자 안전모 착용 여부 실시간 분류 기술이다. 과거에는 영상 내에서 사

주요 알고리즘과 개념적 예시 정리

구분	알고리즘	활성화시기	주요 내용	건설 분야 적용 예시
머신러닝	Decision Tree	2000년대 초	Yes/No 질문을 던지며 데이터를 분류하고 답을 찾는 방식	현장 입지에 건물을 지었을 때 수익이 날지 사업성 여부 판단
	SVM (Support Vector Machine)	2010년대 초	데이터 집단 사이에 가장 명확한 경계선을 그어 종류를 나누는 기술	센서 데이터를 분석해 건물이 안전한지 위험한지 자동 분류
	Bayesian Network	2000년대 후	원인과 결과의 연결고리를 파악해 특정 사건이 일어날 확률을 계산	비가 올 때 공사가 지연되어 손실이 발생할 확률 계산
	Random Forest	2010년대 중	여러 개의 결정 트리가 투표하여 가장 신뢰도 높은 정답을 결정	건물이 내년에 전기를 얼마나 쓸지 예측
	K-means Clustering	2010년대 초	정답 없이도 비슷한 특징을 가진 데이터끼리 알아서 묶어주는 기술	수천 장의 도면 중 비슷한 형태끼리 자동 그룹화
딥러닝	CNN (Convolutional Neural Network)	2012년 이후	이미지 속의 특징을 분석해 사물을 구별하는 인공지능의 '눈'	CCTV 영상에서 작업자가 안전모를 썼는지 분류
	RNN (Recurrent Neural Network)	2010년대 중	과거의 데이터를 기억해 다음에 올 데이터를 순서대로 예측하는 지능	지난달 공사 속도를 바탕으로 다음 달 진척도 예상
	LSTM (Long short-term memory)	2010년대 후	중요한 정보를 잊지 않고 길게 기억해 더 정확하게 미래를 예측	기계의 진동 변화를 지켜보고 고장나기 전에 미리 알림

람의 형태나 안전모의 색상을 추출하기 위해 인간이 수동으로 특징을 정의해야 했다. 하지만 이제 신경망은 수십만 장의 현장 사진을 통해 안

전모의 기하학적 형태와 미묘한 질감 차이를 스스로 학습한다. 이를 통해 복잡하고 역동적인 건설 현장 환경에서도 80~90% 이상의 높은 정확도로 미착용자를 식별해 낼 수 있게 되었다. 이는 단순한 감시를 넘어 지능형 안전관리가 현장에 실질적으로 도입되는 결정적 계기가 되었다.

또한, 시간적 선후 관계를 기억하며 데이터를 처리하는 'RNN'이나 'LSTM' 알고리즘은 시계열 데이터 처리에 탁월한 성능을 보였다. 과거의 공정 데이터를 학습하여 미래의 지연 가능성을 예측하거나, 설비의 진동 데이터를 분석하여 고장 징후를 미리 포착하는 예방적 유지보수가 가능해진 것이다.

결론적으로 딥러닝의 재도약은 기계가 세상을 표현하고 해석하는 법을 배우도록 성능을 향상시켰으며, AI 기술에 대한 산업계의 관심을 높이는 결정적인 발판이 되었다.

대규모 언어모델 서비스 : 기계가 문맥과 언어를 이해하다

컴퓨터가 인간의 언어를 이해하도록 하는 자연어처리(NLP, Natural Language Processing) 기술은 AI가 가장 어려워하는 분야 중 하나였다. 불과 10여 년 전만 해도 자연어처리 기술은 문장의 의미를 파악하기보다는 단순한 단어의 나열을 통계적으로 처리하는 수준에 머물러 있었다.

과거 자연어처리 기술의 한계는 단어의 고정된 의미에 갇혀 있었다는

점이다. 예를 들어 ‘배’라는 단어가 과일인지, 선박인지, 신체 부위인지를 구분하기 위해선 앞뒤 문맥을 파악해야 한다. 하지만 이전의 자연어 처리 기술은 단어를 고정된 숫자로만 인식해서 문장의 길이가 길어지거나 종의적 표현이 나오면 맥락을 놓치고 오역했다. 2013년에 등장한 Word2Vec⁷⁾은 단어 사이의 거리와 관계까지 수치화해서 성능을 일부 개선했다. 그러나 여전히 한 단어가 상황에 따라 다르게 쓰이는 문맥을 해석하지 못했다.

2017년 구글이 발표한 트랜스포머(Transformer) 아키텍처⁸⁾와 어텐션(Attention) 메커니즘은 기존 자연어처리 성능의 한계를 넘는 데 중요한 역할을 했다.^[10] 어텐션(Attention) 메커니즘은 기계가 문장을 읽을 때 핵심이 되는 단어들에 스스로 주의를 집중하여 문맥을 파악하도록 하는 기술이다. AI가 문장 안에서 핵심이 되는 단어와 그 관계를 병렬적으로 파악하여 문맥과 의도를 정확히 파악하는 것이다. 이후 이러한 기술적 발전이 바탕이 되어, 샘 올트먼(Sam Altman)이 설립한 OpenAI에서 이 트랜스포머 아키텍처를 응용해 방대한 텍스트 데이터를 학습시킨 GPT(Generative Pre-trained Transformer)⁹⁾ 시리즈를 출시했다.

7) Word2Vec : 대규모 텍스트 데이터에서 단어의 주변 문맥 정보를 학습하여, 의미상으로 유사한 단어가 벡터 공간 상에서 가깝게 위치하도록 표현하는 단어 임베딩(Word Embedding) 알고리즘

8) Transformer : 2017년 구글 연구진이 발표한 논문에서 처음 제안된 신경망 아키텍처로 데이터 처리의 병렬성을 극대화하여 연산 효율 높이고 장거리 의존성 문제를 극복한 모델

9) GPT : 대규모 텍스트 데이터를 사전 학습한 Transformer 기반 언어모델로 이전 문맥을 바탕으로 다음 토큰의 확률을 예측함으로써 자연어 생성 및 이해를 수행하는 생성형 인공지능 모델

GPT는 인간이 전 생애 동안 읽을 수 있는 양을 수만 번 반복한 수준의 기하급수적인 데이터를 사전 학습했다. 과거의 모델들은 특정 목적을 위해 수십 메가바이트(MB)에서 수 기가바이트(GB) 정도의 선별된 데이터를 학습했다. GPT-3의 경우 약 45테라바이트(TB)에 달하는 방대한 텍스트 데이터를 훑어낸 후 정제된 570GB의 데이터를 집중적으로 학습했다.^[11] 이는 약 1,750억 개의 매개변수를 통해 언어의 구조와 지식의 연관성을 통째로 내재화한 결과이다. GPT와 같은 모델을 거대언어모델(Large Language Model, LLM)이라 정의한다. 거대언어모델은 수천억 개의 매개변수를 가진 거대한 신경망을 통해 인류가 축적한 방대한 지식을 학습하여 자연어 속의 문맥과 의미를 파악하는 능력을 갖추게 되었다. 그리고 이 거대언어모델을 엔진으로 삼아 탄생한 것이 바로 생성형 AI(Generative AI)이다.

생성형 AI의 핵심 원리는 다음에 올 확률이 가장 높은 단어를 예측하는 것이다. 단순히 정보를 검색해 주는 검색엔진과 달리 학습한 방대한 데이터를 바탕으로 새로운 문장, 이미지, 코드를 직접 생성해 낸다. 이러한 기술이 일반인에게 서비스되면서 사용자는 일상적인 대화를 입력창에 입력하면 AI와 협업이 가능해졌다. AI가 인간의 언어를 완벽한 인터페이스로 삼게 된 이 변화는 기술의 문턱을 획기적으로 낮추는 결과를 가져오고 있다.

건설 분야에도 자연어처리 기술이 적용되면서 수만 장에 달하는 시방서, 법규, 설계 지침서를 다루는 방식이 바뀌고 있다. 초창기 연구의 핵심은 계약 리스크 관리였는데, 특히 계약문서에서 독소조항이나 면책

조항을 자동으로 추출하는 업무에 집중됐다. 특정 키워드나 문장 패턴을 인식하는 수준이었음에도 수작업 대비 검토 시간을 획기적으로 줄여 전문가의 의사결정을 지원했다. 이후 거대언어모델 기반의 생성형 AI 서비스는 더욱 적극적으로 적용되고 있다. 초반에는 해외 건설 프로젝트의 진행을 위해 메일을 대신 작성해 주거나 외국인 근로자와 실시간 의사소통을 돕는 음성 번역의 역할로 활용되었다. 최근에는 생성형 AI 모델을 사내 데이터베이스와 연결하여 전문적인 질의응답이 가능하도록 개발하여 활용도를 높이고 있다.

국내 건설기업 생성형 AI 도입 사례

적용 분야	생성형 AI 기술 도입 사례
현장 지식 챗봇	사내 문서·매뉴얼 등을 결합한 현장형 질의응답으로 작업자·감리의 정보 접근 시간 단축 (예: 롯데건설 'AI Member' 등)
업무 특화 생성형 AI	계약 검토·공문 작성·보고서 초안 등 사무·협업 업무의 자동화 (예: 대우건설 '바로답 AI/바로레터 AI', 우미건설 'LynnGPT' 등)
플랫폼/설계특화 LLM	구조·배관 등 도메인 지식을 반영한 LLM 기반 설계 보조 및 자동 설계 시도 (예: 현대엔지니어링의 플랫폼 특화 LLM 등)
생태계 결합	MS Copilot, 사내 ChatGPT 등 범용 플랫폼을 CDE·BIM·문서 관리 체계와 연결해 현장-본사 협업 촉진(예: GS건설 ChatGPT Enterprise 도입 등)

자료 : 대한경제 편집부(2025)^[12]

이러한 언어모델의 고도화는 분산되어 있는 건설산업의 지식 통합 역할을 수행할 수 있는 기반을 마련한다. 수조 개의 문장을 포함한 데이터를 학습한 AI는 건설사업 프로세스 전반에 걸친 지식을 연결하여 전문

가의 질문에 논리적인 답변을 제시할 가능성을 열어준다.

멀티모달로의 확장 : 텍스트를 넘어 이미지, 코드 등 새로운 데이터를 생성하는 파트너

생성형 AI의 발전은 자연어를 넘어 서로 다른 감각 정보들을 하나로 묶는 멀티모달(Multimodal) 통합의 과정을 통해 완성되고 있다. 모달(Modal)은 데이터의 형태를 의미한다. 기존에 텍스트 데이터만 처리하던 AI가 시각(이미지, 비디오), 청각(오디오), 수치(데이터) 등 인간의 오감과 유사한 정보를 통합적으로 이해하고 결과물을 생성하게 된 것이다.

2022년에 텍스트에서 이미지를 생성하는 'Diffusion Model(확산 모델)'이 개발되며 멀티모달의 가능성을 보여줬다. 텍스트 명령어를 극도로 정교한 시각 결과물로 치환하는 미드저니(Midjourney)¹⁰⁾와 스테이블 디퓨전(Stable Diffusion)¹¹⁾ 서비스의 등장은 생성형 AI를 전문가의 도구에서 대중적인 멀티모달 파트너로 만들었다.

멀티모달 AI의 진정한 위력은 서로 다른 형태의 데이터를 복합적으로 처리할 때 발생하는 입체적 통찰에 있다. 기존의 단순 영상 분석 AI가 사고 장면을 분석하는 데 그쳤다면, 멀티모달 AI는 현장의 소음, 중장비

¹⁰⁾ Midjourney : 텍스트 프롬프트를 기반으로 고품질 이미지를 생성하는 상업용 확산(Diffusion) 기반 이미지 생성 모델로, 예술적 표현력과 스타일 변환에 강점을 가진 생성형 인공지능 서비스

¹¹⁾ Stable Diffusion : 텍스트 조건을 입력받아 잠재 공간(latent space)에서 점진적으로 노이즈를 제거하는 확산 과정을 통해 이미지를 생성하는 오픈소스 기반 생성형 이미지 모델

의 이동 경로, 당일의 안전 작업 지침서를 동시에 분석한다. 장비 가동 소음이 비정상적으로 높고 작업자가 안전 구역을 벗어났다는 복합적인 상황을 인지할 수 있게 되는 것이다. 이를 통해 AI가 인지하고 이해할 수 있는 범위가 크게 넓어지고 기술은 정교해질 수 있다.

물리적 한계를 넘어 행동하는 실체로 다가오는 AI



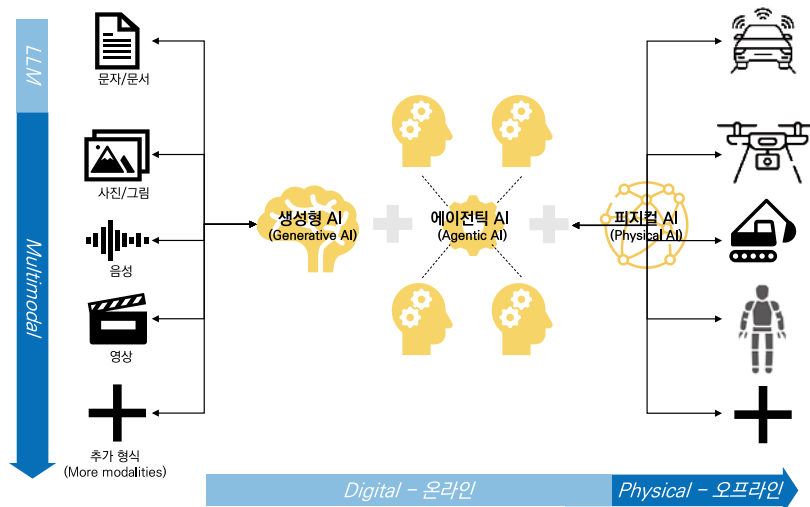
사용자의 명령에 따라 텍스트나 이미지를 만들어내는 생성형 AI의 등장은 혁신적이었으나, 여전히 사용자의 세부적인 지시(Prompt)가 있어야만 작동하는 수동적 도구라는 한계가 있었다. 그러나 최근 인공지능은 생성형 AI의 강력한 추론 능력을 바탕으로, 스스로 목표를 설정하고 계획을 세워 실행까지 완수하는 에이전틱 AI(Agentic AI)로 빠르게 진화하고 있다.

동시에 AI는 물리 세계와의 접점을 확대하며 피지컬 AI(Physical AI)라는 새로운 단계로 확장되고 있다. 피지컬 AI는 센서와 로봇 하드웨어를 통해 현실의 복잡성과 불확실성에 대응하며 가상 지능을 실제 행동으로 연결한다. 이 과정에서 핵심 기술로 부상하는 것이 월드모델이다.

월드모델은 환경의 구조와 물리법칙, 인과관계를 내부적으로 모사하여 미래 상태를 예측하는 내부 시뮬레이션 체계이다.

궁극적으로 생성형 AI에서 에이전틱 AI, 그리고 피지컬 AI로 이어지는 진화는 월드모델의 고도화를 통해 범용인공지능(Artificial General Intelligence, AGI)으로 수렴할 가능성이 높다. 이는 AI가 특정 과업에 국한되지 않고, 다양한 환경에서 일반화된 추론과 행동을 수행하는 단계로 발전함을 시사한다. 건설산업이 다가오는 AGI 시대에 효과적으로 대응하기 위해서는 현재 AI 기술의 단순 활용 수준에 머물지 않고, 데이터 구조화, 시스템 통합, 인간-AI 협업 체계 설계 등 기반 역량을 선제적으로 축적해야 한다. 미래의 도약은 갑작스럽게 도래하는 것이 아니라 오늘의 기술을 얼마나 깊이 이해하고 내재화하느냐에 의해 결정될 것이다.

AI 기술의 확장(데이터 범위 확장·오프라인 진출)



에이전틱 AI(Agentic AI) : 명령을 기다리지 않는 자율적 주체

AI는 더 이상 인간의 질문에 수동적으로 응답하는 시스템에 머물지 않는다. 최근의 기술 흐름은 목표를 이해하고 스스로 계획을 수립하며 실행 결과를 평가 및 수정하는 에이전틱 AI로 빠르게 확장되고 있다. 에이전트(Agent)란 사전적 의미로 대리인 또는 행동하는 주체를 뜻한다. 에이전트가 여러 개 결합된 에이전틱 AI는 사용자의 입력에 대한 단발적 응답이 아니라 목표 달성을 위해 사고하고 행동하는 지능 구조를 의미한다.

에이전틱 AI의 핵심은 자율성에 있다. 에이전틱 AI가 사용자로부터 어떤 상태를 달성하라는 목표를 부여받으면 이를 세부 과업으로 분해하고 실행 전략을 설계한다. 이 과정에는 과업을 분해하여 필요한 도구를 선택하고, 외부시스템 연동, 중간 결과 평가, 재계획과 같은 단계가 포함된다. 다시 말해 에이전틱 AI의 핵심은 자율적 문제해결 프로세스를 생성하는데 있다.

예를 들어 “이 부지에 수익성이 가장 높은 개발 대안을 도출하라”는 목표가 주어졌다고 가정해 보자. 에이전틱 AI는 목표 달성을 위해 ①관련 법규와 용적률 제한을 검토하고, ②인근 실거래가 및 수요 데이터를 수집·분석하며, ③복수의 설계 시나리오를 생성하고, ④일조·조망·공사비 시뮬레이션을 수행한 뒤, ⑤각 대안의 경제성을 비교하여 최적안을 제시한다. 이 과정에서 필요한 경우 외부 데이터베이스에 접근하거나 계산 도구를 호출하고 중간 결과의 타당성을 스스로 점검한 뒤 보완한다.

이러한 자율성은 AI의 역할을 기능적인 도구에서 능동적인 조력자로 변화시킨다. 설계 오류를 스스로 찾아내어 수정안을 먼저 제시하거나 법규 위반 가능성을 실시간으로 모니터링하여 대응하는 식이다. 에이전틱 AI는 건설 분야의 다양한 단순 반복 업무를 대행함으로써 인간이 더욱 본질적이고 창의적인 결정에 집중할 수 있도록 돕는 업무 파트너가 되고 있다.

피지컬 AI(Physical AI) : 디지털 지능이 물리적 실체를 갖다

피지컬 AI는 디지털 공간에서 학습된 인공지능이 로봇과 센서 기술을 통해 현실 세계에서 직접 행동하는 단계로 확장된 개념이다. 기존의 AI가 화면 속 정보 처리와 의사결정에 머물렀다면, 피지컬 AI는 그 판단을 물리적 움직임으로 연결한다는 점에서 질적으로 다르다. 이는 알고리즘과 기계공학, 제어공학, 센서 기술이 통합된 복합 지능 체계라 할 수 있다.

현실 세계는 데이터 환경과 달리 불완전하고 예측 불가능하다. 빛의 변화, 바닥의 마찰, 사람의 돌발 행동, 예상치 못한 장애물 등 수많은 변수가 동시에 작용한다. 따라서 피지컬 AI의 핵심은 환경을 인식하고 상황에 맞게 판단을 수정하며 안전하게 행동을 조정하는 능력에 있다. 즉, ‘인지-판단-행동’이 실시간으로 통합되는 구조가 본질이다. 최근에는 이러한 통합을 가능하게 하는 Vision-Language-Action(VLA) 계열 모델이 등장

하고 있다. 이 모델은 시각 정보를 통해 주변 환경을 파악하고(Vision), 언어 명령의 의미를 이해하며(Language), 이를 실제 동작으로 변환(Action)하는 과정을 하나의 학습 체계 안에서 수행한다.

예를 들어, 가사 도우미 로봇에게 “식탁 위에 있는 빈 컵을 치워줘”라고 명령을 내린다. 이후 로봇은 카메라로 컵의 위치와 재질을 파악하고(Vision), 명령의 의도를 이해하며(Language), 적절한 힘으로 컵을 쥐어 옮기는 동작(Action)을 수행한다. 과거의 로봇틱스 기술에서는 개발자가 “관절을 몇도 꺾어라”라고 일일이 코딩했어야 한다. 하지만 AI를 입은 로봇은 스스로 상황을 보고 판단해 행동할 수 있게 된 것이다.

피지컬 AI는 산업 현장에서 이미 구체화되고 있다. 아마존(Amazon)의 물류 로봇 ‘프로테우스(Proteus)’는 작업자와 같은 공간에서 자율적으로 이동하며 수천 개의 상자 중 유통기한이 임박한 것만 골라 옮긴다. 현대차그룹 계열사 보스턴 다이내믹스(Boston Dynamics)의 사족보행 로봇 ‘스팟(Spot)’은 핵폐기물 시설이나 붕괴 위험의 건물 등 고위험 시설에 인력 대신 투입되고 있다. 최근 영국의 원자력 시설 해체 현장에 투입되어 원격 점검과 데이터 수집을 담당했다. 테슬라(Tesla)의 ‘옵티머스(Optimus)’와 같은 휴머노이드는 공장에서 인간과 유사한 정밀 작업을 수행하는 시기가 임박했음을 보여준다. 디지털 지능이 실제 손과 발을 얻으면서 단순한 정보 처리를 넘어 물리적 가치를 창출하기 시작한 것이다.

대량생산 목표 휴머노이드형 Physical AI

구분	보스턴다이나믹스(현대차)	Tesla	Figure AI (OpenAI 협업)
모델명	All-New Atlas (Electric)	Optimus Gen 3 (V3)	Figure 03
공개일	2026.1.5. (CES2026 실물 공개)	2026.1.15. (CES2026 비공개 시연)	2026.1.15. (CES2026 비공개 시연)
플랫폼	Orbit	FSD v15/A15 chip	Helix
무게	약 90kg	약 57kg	약 61kg
높이	약 188cm	약 173cm	약 168cm
DoF	56개	손 22개 / 전신 총 35~40개	손 16~20개 / 전신 총 45~50개
적재하중	지속 운반 30kg/순간 리프트 50kg	약 20kg	최대 20kg
배터리	Self-Swappable(셀프 교체형), 연속 약 4시간	통합형 4680배터리, 최대 8~10시간	몸통 통합형, 무선 유도 충전, 연속 약 5시간
예상 가격	초기 약 2억 원대 목표	약 2~3만 달러 (3,000~4,000만 원대 목표)	약 2만 달러
대량생산 목표 일정	2028년 3만 대 로봇 생산 공장 가동 목표	2026년 내 양산 및 외부 판매 목표	BotQ 공장을 통해 4년 내 10만 대 생산 목표
산업 적용 테스트	현대차 HMGMA 공장 부품 분류 (시퀀싱) 투입 중	테슬라 기가팩토리 내 배터리셀 이동 및 정렬 작업	이전 모델인 Figure 02가 BMW 스파르탄버그 공장 투입 후 차체 부품 조립 작업(현재 퇴역)

자료 : 한국건설산업연구원(2026) [13]

건설산업에서의 피지컬 AI는 현장의 안전 문제를 근본적으로 해결하는 대안이 될 수 있다. 인간이 접근하기 어려운 고공 작업이나 밀폐 공간에 지능형 로봇을 투입함으로써 인명 사고의 예방이 가능하다. 물리적 지능을 갖춘 로봇들은 인간 작업자와 협동하며 건설산업의 생산성을 상향 평준화하고, 숙련공 부족 문제에 대한 실질적인 기술적 해법을 제시할 것이다.

월드모델과 범용인공지능(AGI) : 세상을 이해하는 지능과 인간에 가까운 범용성

AI 발전의 궁극적 목표는 현실 세계의 구조와 작동 원리를 내부적으로 이해하는 지능을 구현하는 데 있다. 이 개념을 설명하는 핵심 용어가 월드모델(World Model)이다. 월드모델은 외부 세계의 물리법칙, 객체 간 인과관계, 시간에 따른 상태 변화를 내부적으로 모사하는 내부적 시뮬레이터를 의미한다. 이는 관찰된 정보를 바탕으로 보이지 않는 미래 상태를 예측하고, 행동의 결과를 사전에 가늠하는 능력이다.

인간은 유리컵을 식탁 가장자리에 두면 떨어질 가능성을 직관적으로 이해한다. 실제로 떨어뜨려 보지 않아도 중력, 균형, 재질 특성에 대한 물리적 상식을 기반으로 결과를 머릿속에서 시뮬레이션할 수 있기 때문이다. 월드모델은 바로 이러한 능력을 기계 안에 구현하려는 시도이다. 즉, 단순한 패턴 인식이 아니라 왜 이런 일이 발생하는지와 다음에는 무엇이 일어날 것인가를 추론하는 구조다.

월드모델의 구현에 따른 변화는 자율주행 시스템의 사례에서 명확히 대조된다. 현재의 자율주행 시스템은 카메라나 라이다(LiDAR)¹²⁾ 센서에 포착된 객체를 식별하고 정해진 규칙에 따라 반응하는 인식 및 대응의 단계이다. 반면, 월드모델이 적용된 시스템은 도로로 굴러온 공을 보고 곧이어 아이가 뒤따라 나올 가능성을 인과적으로 추론한다. 이는 현

¹²⁾ LiDAR : 레이저 펄스를 반사하여 사물에 반사되어 돌아오는 시간 측정해 주변 환경을 3차원으로 정밀하게 인식하여 포인트 클라우드를 형성하는 기술

실 세계의 작동 원리를 바탕으로 다음에 벌어질 물리적 상황을 미리 시뮬레이션하는 예측 지능으로의 도약을 의미한다.

여러 AI 학자나 개발자들은 월드모델이 충분히 정교해질 경우, 그 위에 범용인공지능(AGI)이 구현될 것으로 전망한다. 상술했듯이 AGI는 특정 과업에 특화된 좁은 인공지능(Narrow AI)과 달리 다양한 문제 영역에서 인간 수준의 일반화된 추론과 학습 능력을 발휘하는 지능을 의미한다. 즉, 언어 이해, 공간 추론, 전략 수립, 사회적 맥락 판단 등 복합적 능력을 통합적으로 수행하는 체계이다. 현재의 거대언어모델(LLM)은 일부 영역에서 인간과 유사한 성능을 보이지만, 지속적 자율성, 장기 기억, 완전한 물리 추론 측면에서는 아직 제한적이다. 월드모델이 환경의 인과 구조를 충분히 내재화하고, 에이전트 구조가 자율적 목표 설정과 실행을 가능하게 하며, 피지컬 AI가 현실 세계에서 이를 검증하는 단계에 이르면, 기계는 단순 확률과 통계의 계산기를 넘어 세상을 이해하고 행동하는 지능에 가까워질 수 있다.

결국 월드모델과 AGI의 결합은 기술 패러다임을 기능적 자동화에서 통합적 지능 체계로 전환하는 핵심 분기점이자 특이점이라고 할 수 있다. 이는 특정 산업과 업무에 국한된 변화가 아니라, 인간의 의사결정 구조와 노동 방식 전반을 재정의할 잠재력을 가진다. AGI 시대에 접어들면 건설산업은 더 이상 분절된 건설사업의 생애주기로 인한 문제를 고민할 필요가 없다. 인간의 지능을 뛰어넘는 AI 에이전트들이 건설사업의 기획부터 설계 및 엔지니어링, 현장 시공, 유지관리 영역까지 통합적으로 관리할 수 있다. 각 사업 단계에서 단순 자동화 수준으로 적용되

었던 신기술은, 통합적인 환경 및 고도화된 지능으로 연결되면서 과거 건설산업의 낮은 생산성 문제를 해결할 것이다.

다만 AGI는 아직 실현된 기술이 아니라 AI 기술의 장기적인 목표점이라는 것을 분명히 인식해야 한다. 현재의 AI 기술 개발 수준에서 중요한 것은 월드모델의 구현, 멀티모달 데이터 통합, 자율 에이전트 구조와 같은 기반 기술을 내재화하며 미래의 변화를 점진적으로 준비하는 것이다.



2

AI 플랫폼 패권 경쟁과 산업별 리더들의 AI 혁신 전략



AI 인프라를 지배하기 위한 빅테크의 투자 경쟁



1990년대 웹(World Wide Web)이 대중화되면서 인터넷의 핵심 관문인 검색엔진 시장에서 치열한 플랫폼 경쟁이 있었다. 그 과정에서 구글은 압도적인 데이터 처리 능력과 페이지랭크(PageRank)¹³⁾ 알고리즘을 기반으로 글로벌 인터넷 시장을 장악했고 오늘날까지 이어지고 있다. 반면 경쟁에서 밀려난 야후(Yahoo)나 라이코스(LYCOS) 등의 기업은 시장에서 퇴출되었다. 이는 플랫폼 사업자가 기술 우위를 유지하지 못할 경우 기업의 존폐가 불확실해진다는 사실을 보여주는 사례이다.

2026년 현재 AI 시장에서도 승자독식을 위한 빅테크 기업들의 인

¹³⁾ PageRank : 웹 페이지 간의 하이퍼링크 연결 관계를 분석하여 많이 인용될수록 더 높은 중요도를 갖는다고 가정하는 링크 기반 순위 알고리즘

프라 투자 전쟁이 치열하게 전개되고 있다. 연일 특정 기업에서 큰 비용을 투자한다는 소식이 보도되면 주식시장이 흔들린다. 또한 GPU와 HBM(고대역폭 메모리)¹⁴⁾ 확보를 둘러싼 반도체 수급 시장, 데이터센터 가공에 필요한 막대한 전력을 확보하려는 에너지 및 유틸리티 시장, 희소한 AI 핵심 인재를 선점하려는 채용시장까지 실물 경제의 전 영역이 흔들리고 있다.

빅테크 기업들이 천문학적 자본을 투입해 AI 인프라를 선점하려는 이유는 명확하다. AI 산업에서는 데이터의 양과 질, 그리고 이를 처리하는 연산 자원의 규모가 곧 모델의 성능으로 직결되기 때문이다. 선두 기업이 확보한 방대한 사용자 데이터는 모델을 고도화로 이어지고, 고도화된 서비스는 다시 더 많은 사용자를 유입시킨다. 이 과정에서 후발 주자가 따라잡기 어려운 구조적 진입장벽이 형성된다.

이러한 흐름에 대응해 각국 정부와 공공기관 역시 컴퓨팅 인프라 투자를 공격적으로 확대하고 있다. AI 기술이 산업 경쟁력뿐 아니라 국가 안보와 직결되는 전략 자산으로 부상했기 때문이다. 특정 국가나 거대 기술 기업에 기술과 데이터가 종속될 때 발생할 수 있는 리스크를 줄이기 위한 데이터 주권 확보가 주요 정책 과제로 떠올랐다. 현재까지는 미국이 기술과 인프라 면에서 압도적인 우위를 점하고 있으나 향후 글로벌 패권의 변동성은 계속 변화할 가능성이 크다. 건설산업은 이러한 국제적 흐름과 기술 지형의 변화를 예의주시하며 전략적으로 대응해야 한다.

¹⁴⁾ High Bandwidth Memory : 여러 개의 DRAM 을 수직으로 쌓아올려 데이터 전송 속도를 획기적으로 높인 메모리로 인공지능 학습 및 추론을 위한 GPU 성능 극대화를 위해 필수적으로 결합되는 부품

경쟁의 시작 : 클라우드 전쟁에서 생성형 AI의 폭발로

AI 인프라 경쟁은 2010년대 중반, 아마존(AWS), 마이크로소프트(Azure), 구글(Google Cloud)이 주도한 클라우드 선점 경쟁에서부터 본격화되었다. 당시 기업들은 서버를 직접 구매하고 관리하는 고정비 부담을 줄이고 트래픽 변동에 유연하게 대응하기 위해 IT 인프라를 클라우드로 대거 이관했다. 대표적인 사례가 넷플릭스(Netflix)다. 넷플릭스는 전 세계적인 스트리밍 트래픽 폭증에 대응하기 위해 인프라를 유연하게 확장할 필요가 있었다. 이에 따라 자체 데이터센터를 폐쇄하고 모든 인프라를 AWS 클라우드로 이전하여 확장성을 확보했다.

이 시기 빅테크 기업들은 미국, 유럽, 아시아 주요 거점에 초대형 하이퍼스케일 데이터센터를 경쟁적으로 건설했다. 데이터센터는 수십만 대의 서버와 냉각 설비, 전력 인프라, 초고속 네트워크가 결합된 거대한 산업 시설이다. 데이터센터가 소비하는 전력량은 소도시 규모에 달하고, 입지 선정부터 전력망 연계, 냉각 효율, 해저 케이블 연결까지 국가 인프라 전략과 직결된다. 실제로 북미와 북유럽, 아시아 일부 지역에서는 전력 공급 여력과 기후 조건을 고려해 데이터센터 클러스터가 형성되었다. 각국 정부는 세제 혜택과 전력 인프라 지원을 통해 이를 유치하려는 경쟁에 뛰어들었다.

그러나 2022년 이전까지만 해도 이 경쟁의 중심은 데이터 저장 용량과 트래픽 처리 능력에 있었다. 실제로 공격적인 선투자가 지속되자 일

각에서는 인프라 과잉 공급을 우려했다. 텍사스주 댈러스에는 수요보다 훨씬 빠른 속도로 데이터센터가 완공되면서 한때 공실률이 두 자릿수를 기록하며 수익성에 의문이 제기되기도 했다.

하지만, 부정적 전망의 기류는 단숨에 일소되었다. 그 전환점은 2022년 11월, OpenAI의 ChatGPT 서비스의 출시에 기인한다. 생성형 AI 기반의 서비스는 필연적으로 사용자 요청이 발생할 때마다 거대언어모델(LLM)이 수천억 개의 매개변수를 실시간으로 연산해야 한다. 이는 단순한 데이터 전송을 넘어 대규모 병렬 연산을 요구하는 고성능 컴퓨팅 작업이다. 최근 소셜 미디어에서 유행했던 AI 프로필 생성이나 애니메이션 화풍 변환 서비스의 경우, 사용자 한 명의 요청을 처리하기 위해 수만 번의 고난도 행렬 연산이 수행된다. 단기간에 사용자가 몰리면 기존 서버로는 연산 부하를 감당하지 못해 서비스가 중단되는 사태도 빈번하게 발생했다.

이로 인해 데이터센터 관련 시장의 핵심 가치는 데이터를 저장하는 용량에서 데이터를 가공하여 지능을 생성하는 연산 능력으로 이동했다. 기업들은 엔비디아의 H100과 같은 고성능 GPU를 수만 개 단위로 묶은 클러스터를 확보하기 위해 경쟁하고 있다. 데이터센터의 설계 방식도 변화했는데, 기존의 범용 서버 중심 구조에서 AI 전용 가속기 중심 구조로 재편되면서 전력 밀도가 급격히 상승했다. 이에 따라 랙(Rack)당 전력 소모가 과거 대비 수배 이상 증가하면서 냉각 방식 또한 공랭에서 액침 냉각 및 수냉식 구조로 진화하고 있는 형상이다.

결국 AI 인프라 경쟁은 클라우드 서비스 경쟁에서 출발했지만, 생성

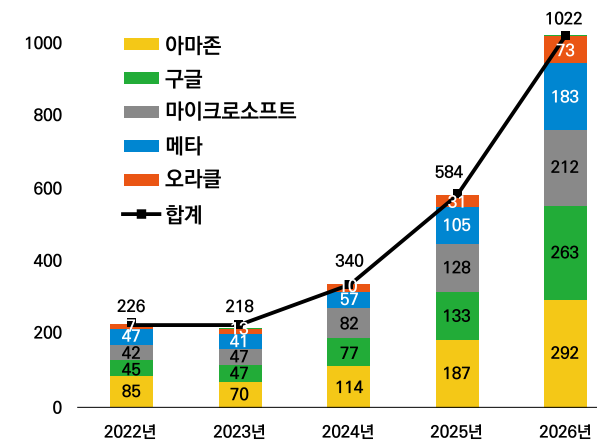
형 AI의 폭발을 계기로 초대형 데이터센터 건설 경쟁과 컴퓨팅파워 확보 전쟁으로 확대되었다. 이제 AI 산업은 알고리즘의 우열만으로 승부가 갈리지 않는다. 누가 더 빠르게, 더 대규모로, 더 효율적인 인프라를 구축하느냐가 시장 지배력을 좌우하는 시대가 도래한 것이다.

압도적 규모 : 100조 또는 '경' 단위의 투자 경쟁

현재 마이크로소프트, 구글, 메타 등 주요 빅테크 기업들이 AI 인프라에 투입하는 설비투자는 연간 수십조 원 규모에 달한다. 개별 기업 기준으로도 대형 국가 인프라 사업에 준하는 수준이고 주요 기업의 투자액을 합산하면 수백조 원 규모에 이른다. 시장에서는 향후 5년간 누적 투자액은 경(1,000조 원) 단위에 근접할 수 있다는 전망도 제기되고 있다. 이는 단순 기업 전략을 넘어 국가 경제 규모와 맞먹는 자본 투입 경쟁이다.

상징적인 사례는 2025년 1월 도널드 트럼프 미국 대통령이 직접 발표한 스타게이트(Stargate) 프로젝트다. OpenAI, 소프트뱅크(SoftBank), 오라클(Oracle) 등이 주축이 된 이 프로젝트는 약 5,000억 달러(한화 약 700조 원) 규모로 역사상 최대 수준의 AI 인프라 투자 계획이다.^[15] 이는 단순한 데이터센터 증설이 아니라, 초대형 GPU 클러스터와 차세대 네트워크, 전력 인프라를 통합 구축하는 국가 전략급 프로젝트로 평가된다. 미국 정부 역시 AI 주도권을 국가 안보 및 산업 경쟁력의 핵심 과제로 규정하고, 데이터센터 인·허가 간소화와 전력 공급 지원 정책을 병행하고 있다.

빅테크 기업 AI 투자 비용(단위=조 원)



자료 : S&P Capital IQ, Washington Post 재가공^[14]

기업별 투자 규모도 급증하고 있다. 구글은 AI 주도권의 확실한 확보를 위해 2026년 한해에만 설비투자에 최대 1,850억 달러(약 270조 원)의 투자를 계획하고 있다.^[16] 전 세계 데이터센터 900곳을 돌파한 아마존도 미국 정부를 위한 AWS AI 슈퍼컴퓨팅 역량 강화에 최대 500억 달러(약 70조 원)를 투자하겠다고 밝혔다.^[17]

이러한 경쟁은 반도체 확보를 넘어 에너지 확보 경쟁으로 확장되고 있다. AI 데이터센터는 기존 클라우드 시설보다 훨씬 높은 전력 밀도를 요구한다. 랙당 소비 전력이 수십 킬로와트(kW)에서 100kW 이상으로 상승했다. 이에 따라 일부 빅테크 기업은 원자력 발전소와 장기 전력 직접 구매계약(PPA)^[17]을 맺거나 소형모듈원전(SMR)^[18] 기술에 투자하고 있

^[17] Power Purchase Agreement : 발전사업자와 수요기업을 직접 연결하는 전력구매계약

^[18] Small Modular Reactor : 기존 대비 작은 용량과 모듈식 설계를 채택한 원자로

다. 아마존은 탈렌 에너지와 2042년까지 아마존의 하이퍼스케일 데이터 센터 캠퍼스에 1,920메가와트 규모의 무탄소 원자력 발전 전력을 공급하는 계약을 맺었다. 마이크로소프트는 콘스텔레이션 에너지(Constellation Energy)와 20년 전력 공급 계약을 체결했다.^[18]

AI 인프라는 반도체, 에너지, 건설이 결합한 초대형 장치 산업으로 변모하고 있다. 미래 산업의 주도권은 누가 더 강력하고 지속가능한 컴퓨팅과 위를 확보하느냐에 달렸다. 미국, 중동, 동아시아 등에서는 수십조 원 규모의 AI 전용 데이터센터 프로젝트가 발표되고 있다. 이는 곧 자본력, 기술력, 에너지 전략을 종합적으로 결합한 국가 단위의 경쟁으로 계속될 것을 시사한다.

선두 주자의 독주 : 하드웨어의 엔비디아와 모델의 MS·구글

초대형 데이터센터 건설 경쟁과 천문학적 자본 투입이 이어지는 가운데 AI 인프라 경쟁에서 가장 두드러진 위치에 있는 기업은 엔비디아다. 전 세계 AI 가속기 칩(GPU) 시장에서 사실상 표준을 형성하며 단순한 부품 공급사를 넘어섰다.^[19] 특히 자사의 프로그래밍 플랫폼인 쿠다(CUDA)^[19]를 통해 전 세계 AI 개발자들을 자사 생태계에 종속시켰다.

H100, H200에 이어 2024년 공개된 Blackwell^[20] 아키텍처는 대규모 언어모델과 초거대 멀티모달 모델 학습에 최적화된 차세대 데이터센터용 GPU 플랫폼이다. 최근 공개된 차세대 AI 슈퍼칩 플랫폼 역시 초대형 AI 팩토리를 겨냥하고 있다. 고성능 GPU 클러스터를 확보하지 못한 기업은 AI 모델 경쟁에서 구조적으로 불리해지는 상황이 형성되었다. AI 인프라 경쟁은 곧 엔비디아 칩 확보 경쟁으로 직결되고 있다.

하드웨어가 엔비디아에 의해 장악되고 있다면, 상위 레이어의 모델과 플랫폼 경쟁은 마이크로소프트와 OpenAI가 주도하고 있다. 마이크로소프트는 OpenAI와의 전략적 파트너십을 통해 클라우드(Azure)와 GPT 계열 모델을 결합하는 수직 통합 전략을 취하고 있다.^[20] Windows, Office, GitHub 등 기존 플랫폼에 코파일럿(Copilot)이라는 AI 비서를 탑재해 기업용 AI 시장의 표준을 선점하려는 구도다. 업무

^[19] CUDA : 엔비디아가 개발한 병렬 연산용 프로그래밍 플랫폼

^[20] Blackwell : 엔비디아에서 2024년 출시된 차세대 AI, 데이터센터용 GPU 마이크로 아키텍처

환경 자체도 AI 중심으로 재편되고 있음을 보여준다.

구글 역시 자체 설계한 TPU(Tensor Processing Unit)와 제미니(Gemini) 모델을 통해 독자 생태계를 강화하고 있다. Gemini는 텍스트·이미지·음성·코드를 통합 처리하는 멀티모달 구조를 기반으로 한다. 구글이 보유한 생태계인 검색·유튜브·안드로이드 등 자사 플랫폼과의 긴밀한 연계를 하면서 데이터 우위를 활용하고 있다. 구글의 TPU는 반도체 분야에서 엔비디아의 의존도를 점진적으로 낮추기 위해 개발한 자체 반도체 설계이다. 이를 통해 AI 인프라의 수직 계열화하여 비용과 성능을 동시에 통제하려는 전략을 추진 중이다.

이러한 구도는 과거 모바일 운영체제 시장이 소수 플랫폼 중심으로 재편된 과정과 유사하다. 안드로이드와 iOS가 생태계를 양분했듯, AI 시대 역시 소수의 파운데이션 모델과 클라우드 인프라 위에 산업 전반이 올라타는 구조로 빠르게 고착화되고 있다. 연산 인프라를 장악한 기업과, 그 위에서 작동하는 모델·플랫폼을 통합한 기업이 가치 사슬의 상단을 점유하는 형태다.

결국 현재의 AI 경쟁은 세 개의 층위에서 전개되고 있다. 첫째, 초대형 데이터센터와 에너지 인프라를 확보하는 자본 경쟁, 둘째, 엔비디아를 중심으로 한 고성능 가속기 하드웨어 경쟁, 셋째, 마이크로소프트와 구글이 주도하는 파운데이션 모델 및 플랫폼 경쟁이다. 이 세 축이 결합되면서 AI 산업은 소수 선두 기업 중심의 과점 구조로 수렴하고 있다.

이는 특정 산업에 국한된 문제가 아니다. 앞으로 기업과 산업은 어느

인프라 위에서, 어떤 모델 생태계를 기반으로 디지털 전략을 설계할 것인지 선택해야 하는 시점에 도달하고 있다. AI는 더 이상 응용 소프트웨어의 문제가 아니라, 인프라·반도체·모델·플랫폼이 결합된 거대 구조적 질서로 재편되고 있기 때문이다.

AI 인프라 투자 경쟁이 건설산업에 주는 시사점

앞서 살펴본 것처럼, AI 인프라 경쟁은 알고리즘의 우열을 가리는 단계를 넘어섰다. 초대형 데이터센터 건설, 고성능 GPU 확보, 전력망과 장기 에너지 계약까지 포함하는 물리적 자산 중심의 경쟁으로 확장되고 있다. 이는 디지털 기술 경쟁이 곧 토지·전력·설비·건축 역량을 포함하는 실물 인프라 경쟁으로 전환되었음을 의미한다. AI를 매개로 산업 질서 자체가 재편되고 있는 것이다.

이러한 변화는 건설산업에 두 가지 차원의 영향을 미친다. 첫째는 건설 시장의 확산 측면이다. 데이터센터는 더 이상 단순 건축물이 아니라 초고밀도 서버 환경, 대용량 전력 수전 설비, 고효율 냉각 시스템, 통합 네트워크 인프라가 결합된 전략 시설로 진화하고 있다. 이는 건설기업에 대규모 EPC 시장 확대라는 기회를 제공한다.^[21] 특히 재생에너지 연계 설계, 초고압 변전 인프라 구축, 모듈형 공법 적용 등 고난도 엔지니어링 역량이 차별화 요소로 부상하고 있다. 해외 시장에서도 데이터센터와 전력 인프라를 패키지로 제안하는 역량이 중요한 경쟁력이 될 가능성이 높다.

둘째는 건설산업의 내부적 경쟁력 측면이다. 기존에 건설기업은 BIM, ERP, 협업 플랫폼과 같은 디지털 도구를 사용하는 위치에 머물렀다. 이제는 어떤 AI 인프라 위에서 자사의 데이터와 시스템을 구축할 것인지가 전략적 의사결정의 대상이 된다. 특정 플랫폼에 대한 전면적 의존은 초기 비용을 낮추는 대신 장기적으로 데이터 주권과 학습 자산의 귀속 문제를 남길 수 있다. 반면 하이브리드 전략이나 제한적 자체 인프라 구축은 높은 초기 투자를 요구하지만 프로젝트 데이터의 통제권과 모델 고도화 가능성을 확보한다는 점에서 구조적 경쟁우위를 형성할 여지가 있다.

결국 AI 인프라 보유 여부는 건설기업 간 디지털 격차를 가르는 분기점이 될 것이다. 대규모 프로젝트 데이터를 지속적으로 축적하고 학습시킬 수 있는 연산 자원과 저장 체계를 갖춘 기업은 공정 최적화, 안전 리스크 예측, 설계 자동화, 디지털 트윈 기반 시뮬레이션을 내재화할 수 있다. 이는 생산성 향상을 넘어 리스크 관리 구조와 수익률 체계를 근본적으로 변화시키는 요소다. 반면 외부 플랫폼에만 의존하는 기업은 제한된 기능 활용에 머물며, 장기적으로 기술 종속 구조에 놓일 가능성이 있다.

이처럼 AI 인프라 투자 경쟁은 건설산업에 단기적으로는 데이터센터 수주 확대라는 성장기회를 제공하지만, 장기적으로는 데이터 통제력과 기술 자립성을 재편하는 계기가 된다. 즉, 개별 건설기업의 입장에선 AI를 단순한 생산성 향상 도구로 볼 것인지, 아니면 미래 생산체계를 구성하는 핵심 전략 인프라로 인식할 것인지 선택해야 하는 시점에서 서 있다.

이 선택은 개별 기업의 경쟁력은 물론, 국가 차원의 산업 구조와 기술 주권에도 중대한 영향을 미치는 결정이 될 것이다.

엔비디아 동맹과 디지털 트윈 혁명



AI 산업에서 고성능 가속기 하드웨어 전문기업인 엔비디아를 집중해 볼 필요가 있다. 게이밍 하드웨어 기업으로 출발한 엔비디아는 1999년 GPU(Graphics Processing Unit)라는 개념을 최초로 정립하며^[22] AI 시대에 들어서서는 GPU를 활용한 병렬 연산 기술을 바탕으로 산업을 이끄는 엔진 역할을 수행하고 있기 때문이다. 더 나아가 최근에는 각 기업이 자체적인 인공지능을 구축하고 운영할 수 있도록 돕는 AI 플랫폼 기업으로 정체성을 전환했다.

그 핵심에는 AI 파운드리(AI Foundry) 전략과 옴니버스(Omniverse) 플랫폼이 있다. 엔비디아는 기업이 보유한 데이터와 도메인 지식을 바탕으로 맞춤형 생성형 AI 모델을 구축하고 최적화해주는 AI 파운드리 서비

스를 제공한다.[23] 기업은 이를 통해 데이터 유출 우려 없이 자사 산업에 특화된 거대언어모델(LLM)이나 물리 AI 모델을 확보할 수 있다.

엔비디아의 생태계는 개별 기업의 파편화된 기술력을 하나로 묶어주는 거대한 가상 표준으로서 기능하며 전 산업의 지능화를 가속화하고 그 영향력을 키우고 있다. 이는 건설산업에도 시사하는 바가 크다. 독자적인 기술을 고집하다 고립될 것인가, 아니면 강력한 플랫폼 기업과 연합하여 디지털 전환의 속도를 높일 것인가에 대한 전략적 결단이 필요하다.

BMW와 엔비디아의 옴니버스 : 가동하기 전에 완벽해지는 가상 공장

구체적으로 타 산업에서의 엔비디아와 주요 기업 간 옴니버스 구축 상황을 건설산업 관점을 고려해 살펴보자. 먼저 독일의 프리미엄 자동차 제조사 BMW는 2020년 엔비디아와 전략적 파트너십을 체결하여 전 세계 30여 개 공장을 가상공간에 똑같이 복제하는 실험을 시작했다.[24] BMW는 실제 생산을 시작하기 수년 전부터 엔비디아의 옴니버스 기반의 가상 세계를 활용해 레이아웃, 로봇틱스, 물류 시스템을 최적화한다. 이는 디지털 퍼스트라는 새로운 제조 트렌드를 만들어내고 있다.

실제로 2025년 가동 예정인 헝가리 데브레첸 공장은 실제 공사를 시작하기 2년 전부터 가상공간에 먼저 완공되었다.[25] 엔비디아의 옴니버스 플랫폼 위에서 구현된 이 가상 공장은 단순한 3D 모델링이 아니

다. 실제 물리법칙이 적용된 환경에서 수천 대의 로봇과 물류 시스템이 실시간으로 시뮬레이션 된다. BMW는 새로운 전기차 생산라인을 구축하기 전에 가상공간에서 먼저 로봇의 배치를 수만 번 바꿔보고 최적화한다. 실제 공장을 멈추고 라인을 변경하던 과거의 방식과 다르게 가상에서의 완벽한 검증은 한 번의 물리적 실행으로 공정을 재편했다. 이 가상공간은 향후 생산 계획 비용을 최대 30%까지 절감할 수 있을 것으로 예상된다.[26]

폭스콘의 AI 팩토리 : 데이터와 피지컬 AI로 구동되는 자율 생산 기지

세계 최대 전자제품 위탁생산 기업인 대만의 폭스콘(Foxconn, 폭스콘 혼하이 테크놀로지 그룹)은 엔비디아와의 협업을 통해 AI 팩토리를 구축하며 제조 혁신을 주도하고 있다. 폭스콘은 최신 AI 슈퍼컴퓨터인 ‘GB200 NVL72’시스템을 생산(엔비디아 위탁)하기 위한 공장을 짓기 전에 엔비디아 옴니버스 플랫폼을 활용해 가상공간에 공장의 가상모형(디지털 트윈)을 먼저 완공했다.[27]

이곳에서 엔비디아의 로봇 시뮬레이션 도구인 ‘아이작(Isaac)’을 이용해 로봇 팔의 동선과 협동 로봇의 작업을 수만 번 테스트했다. 비전 AI인 메트로폴리스(Metropolis)는 카메라가 작업 효율과 안전을 어떻게 모니터링할지 검증해 주었다.[28] 이러한 접근은 물리적 설비를 배치하기 전

에 공정의 효율성을 극대화하고 오류를 제거하는 디지털 선행 학습을 가능하게 한다.

실제 공장이 가동되면 가상공간에서 학습된 AI 모델이 현실의 로봇에 이식되어 별도의 추가 훈련 없이도 즉각적으로 정밀 작업을 수행한다. 폭스콘의 사례는 공장이 단순한 생산 시설을 넘어서 하드웨어와 소프트웨어가 결합된 거대한 지능형 시스템으로 진화하고 있음을 보여준다. 건설 산업 또한 현장의 모든 데이터를 디지털 트윈으로 연결하고, 로봇과 장비가 자율적으로 협업하는 피지컬 AI 건설 현장을 지향해야 함을 강력하게 시사한다.

현대자동차 HMGICS와 자율형 제조 : 디지털 트윈 중심의 공장 실현

현대자동차 그룹은 싱가포르 혁신센터(HMGICS, Hyundai Motor Group Innovation Center Singapore)를 통해 컨베이어벨트가 없는 획기적인 셀(Cell) 방식의 생산 시스템을 선보였다.^[29] 셀 방식이란 다차종 소량 생산이 가능한 구조로 차종과 사양에 제한 없이 차량을 생산하도록 만든 구조이다. 현재 셀이라는 여러 개의 작업장 안에 팀 단위의 작업자와 생산 로봇이 함께 차량을 생산한다.

또한 엔비디아의 옴니버스를 활용해 가상공간에서 3차원의 공장을 만들어 메타팩토리 체계를 도입하였다. 실제 공장과 가상 공장이 실시간으

로 연결되어 데이터가 동기화되고 관리자는 멀리 떨어진 곳에서도 가상 공장을 통해 현장을 통해 현장 제어가 가능하다.

현대차의 이러한 시도는 제조 공정이 더 이상 하드웨어 중심이 아닌 소프트웨어에 의해 정의되는 ‘SDM(Software Defined Manufacturing)’로의 전환을 의미한다.^[30] 생산 라인의 변경이 필요할 때 하드웨어를 직접 개조하는 것이 아니라, 소프트웨어 설정을 변경함으로써 유연하게 대응할 수 있다. 이는 복잡도가 높은 건설 공정에서도 공기 단축과 품질 관리를 위해 반드시 도입되어야 할 시스템 아키텍처이다.

엔비디아 동맹이 건설산업에 주는 시사점은?

엔비디아는 GPU, 옴니버스 플랫폼, Isaac 등의 AI 인프라를 통해 각 산업의 기업들을 자사의 디지털 전환 생태계로 편입시키며 산업 전반을 묶는 연결자가 되고 있다. 옴니버스 플랫폼은 픽사의 USD(Universal Scene Description) 표준을 기반으로 서로 다른 3D 설계 툴의 데이터를 통합하고, 중력·충돌·마찰·유체역학까지 계산하는 고정밀 물리 엔진을 제공한다. 엔비디아의 이 기술이 의미하는 바는 단순한 3D 시각화의 고도화가 아니다. 디지털 트윈은 더 이상 설계 검토용 모델이 아니라, 실제 물리 세계를 예측하고 최적화하는 계산 엔진이 된 것이다.

과거 제조업은 경험과 현장 테스트를 통해 공정을 개선했다면, 이제는 가상공간에서 수만 번의 시뮬레이션을 수행한 뒤 단 한 번의 물리 실행

으로 완성도를 높인다. 이는 산업의 실패 비용 구조를 근본적으로 바꾸는 전환이다. 건설 공정 지연 또는 제조 지연 등의 오류는 더 이상 공장에서 발생하지 않는다. 가상공간에서 먼저 실패하고, 현실에서는 검증된 결과만 실행한다. 이로 인해 제조업은 점차 설비 중심 산업에서 연산 중심 산업으로 재편되고 있다.

건설산업 역시 동일한 전환점에 서 있다. 현재의 BIM은 주로 시각적 검토와 간섭 체크에 머무르지만, 옴니버스와 같은 물리 기반 디지털 트윈은 구조 안정성, 장비 동선 충돌, 풍하중, 홍수 시뮬레이션까지 통합 검증할 수 있다. 만약 건설 현장의 크레인 운영, 콘크리트 타설, 토공 장비 동선을 가상공간에서 수천 번 최적화한 뒤 물리적 시공을 시작한다면 재시공 비용과 안전사고 위험은 획기적으로 낮아질 수 있다. 엔비디아 동맹 전략이 시사하는 바는 명확하다. 건설 또한 현장에서 배우는 산업에서 계산을 통해 확신하고 실행하는 산업으로 이동해야 한다는 점이다. 디지털 트윈은 선택적 기술이 아니라, 불확실성을 통제 가능한 수치로 전환하는 실물 산업의 생존 전략이 되고 있다.

테슬라의 수직 계열화가 만들어내는 독보적인 AI 실행력



테슬라는 자체 설계한 AI 반도체부터 운영체제, 데이터 인프라와 함께 최종 하드웨어인 차량과 로봇까지 모든 기술 스택을 독자적으로 설계하고 통합한다.^[31] 이러한 테슬라의 수직 계열화는 외부 의존성을 제거하여 기술 혁신의 속도를 극대화한다. 동시에 하드웨어와 소프트웨어가 한 몸처럼 움직이는 최적화된 성능을 구현한다. 이는 자율주행, 우주 탐사, 로봇 공학이라는 서로 다른 영역을 하나의 거대한 자율 지능 생태계로 묶어내는 강력한 구심점 역할을 한다.

테슬라의 사례는 AI가 현실 세계에서 강력한 힘을 발휘하기 위해 소프트웨어의 고도화만큼이나 데이터를 생성하고 실행하는 물리적 하드웨어와의 결합이 필수적임을 시사한다. 이는 파편화된 공급망과 분절된 공정

으로 고심하는 건설산업이 디지털 전환을 넘어 AI 전환으로 나아가기 위해 반드시 참고해야 할 비즈니스 모델이다.

FSD와 스타링크까지 : 도로와 우주를 관통하는 자율 회피 시스템

테슬라와 스페이스X는 일론 머스크의 리더십 아래 기술 철학을 공유하며 지상과 우주를 아우르는 거대한 자율 지능 생태계를 구축하고 있다. 테슬라의 자율주행 기술인 FSD(Full Self-Driving)¹⁹⁾는 도로 위 보행자, 신호등, 타 차량의 거리와 속도를 벡터 공간에서 실시간으로 계산하여 최적의 주행 경로를 설정하고 충돌을 회피한다. 스페이스X의 스타링크(Starlink)²⁰⁾ 위성은 이를 3차원 우주 공간으로 확장하여 우주 쓰레기와 타 위성을 감지하고 회피하는 고차원적 제어 기술을 구사한다.^[32]

두 시스템 모두 고가의 라이다(LiDAR) 센서 대신 광학 카메라와 인공신경망 중심의 비전 AI를 활용했다. 이 기술은 가시적인 객체뿐만 아니라 공간의 점유 상태를 확률적으로 계산하여 물리적 장애물의 존재 여부를 판단한다. 이는 라이다가 가진 기상 조건에 따른 취약성이나 높은 비용 문제를 해결하고, 오직 시각 데이터만으로 인간 수준의 공간 인

19) FSD : 테슬라가 제공하는 고도화된 주행 보조 시스템으로 인공지능이 카메라 시각 정보를 바탕으로 조향, 가속, 제동을 스스로 결정함 . 미국자동차공학회 기준 레벨 2(운전자의 상시 주시가 필요에 해당하는 기술)

20) Starlink : 스페이스 X가 구축한 세계 최대 규모의 저궤도 위성 인터넷망으로 고도 550km 상공에서 위성 네트워크를 활용해 지리적 제약 없이 고속 통신 제공

지 능력을 구현하는 데 집중하게 한다.

이러한 테슬라와 스페이스X의 시각 지능 전략은 복잡한 건설 현장의 공간을 인식하고 행동하게 하는 핵심 열쇠가 된다. 스타링크가 구현하는 군집 위성 제어 기술은 수십 대의 로봇과 중장비가 투입되는 대규모 건설 현장에서 장비 간 충돌을 방지하고 협업 동선을 최적화하는 현장 시스템의 모태가 될 수 있다. 또한, 비전 AI 기술은 거칠고 오염이 잦은 극한의 건설 환경에서도 멈추지 않는 24/7 자율 시공을 실현하는 동력이 될 것이다.

데이터 루프 : 전 세계를 누비는 500만 대의 학습 데이터 수집기

테슬라 전기차가 가진 경쟁력의 핵심은 전 세계에 보급된 500만 대 이상의 차량이 실시간으로 수집하는 실주행 데이터에 있다. 주행 중 시스템이 판단하기 어려운 급정거 상황이나 비정형 장애물이 발견되면, 해당 영상 데이터는 클라우드를 통해 슈퍼컴퓨터 도조(Dojo)²³⁾로 전송된다.

도조는 방대한 데이터를 병렬로 처리하여 수동 작업 없이도 스스로 학습 데이터를 생성하는 자동 레이블링(Auto-labeling)²⁴⁾ 처리로 학습된다.

학습된 최신 자율주행 모델은 다시 OTA(Over-The-Air)²⁵⁾ 무선 업

23) Dojo : 테슬라가 자체 설계한 AI 학습 전용 슈퍼 컴퓨터로 방대한 영상 데이터를 고속으로 병렬처리 수 있는 독자적인 시스템

데이터를 통해 전 세계 차량에 배포되어 즉각적인 성능 향상을 이끌어 낸다. 이러한 데이터 수집, 학습, 배포의 순환 구조를 ‘데이터 루프(Data Loop)’라고 부르며, 이는 사용자가 늘어날수록 시스템이 기하급수적으로 똑똑해지는 네트워크 효과를 창출한다. 개별 차량은 지속적으로 데이터를 생산하고 진화하는 학습 단말기로 기능한다.

건설산업 역시 현장 장비의 센서 로그와 영상 데이터를 단순 소모성 정보로 취급하지 않고, 중앙 클라우드에서 학습시켜 알고리즘을 고도화하는 데이터 순환 체계 구축이 필요하다. 현장에서 발생하는 사고 사례나 시공 오차 데이터를 데이터 루프에 태워 학습시키면, 다음 프로젝트에서는 동일한 실수를 방지하는 지능형 안전관리 시스템을 운영할 수 있다. 이는 숙련공의 경험에 의존하던 건설업을 데이터 중심의 과학적 산업으로 전환하는 계기가 된다.

테슬라 옵티머스 : 자율주행의 뇌를 이식받은 범용 노동력

테슬라의 휴머노이드 로봇 옵티머스(Optimus)는 자율주행 차량에 적용된 시각 지능을 인간의 신체 구조에 이식한 피지컬 AI의 결과물이다. 옵티머스는 손가락 끝의 정밀 촉각 센서와 28개의 다중 관절 제어기를

통해 공장 내 배터리 셀을 분류하거나 복잡한 물류 상자를 운반하는 작업을 수행한다. 로봇의 하드웨어는 인간의 운동 능력을 모사하도록 설계되었으며, 이를 제어하는 소프트웨어는 차량의 FSD 아키텍처를 그대로 공유한다.

옵티머스는 엔드투엔드(End-to-End) 신경망을 활용해 사람이 시연하는 동작을 보고 스스로 물리적 법칙과 작업 순서를 학습한다. 이는 기존 로봇처럼 수만 줄의 코드를 입력하여 동작을 정의하는 방식이 아니라, 시각적 입력과 실제 출력 사이의 상관관계를 신경망이 직접 학습하는 방식이다. 따라서 옵티머스는 특정 작업에 국한되지 않고 학습 데이터에 따라 다양한 공정에 투입될 수 있는 범용 노동력을 지향한다.

건설 현장에서는 이러한 기술이 고소 작업이나 중량물 반복 이동과 같은 고위험 작업을 대체하여 인력 부족 문제와 안전사고 위험을 동시에 해결하는 실질적인 대안이 된다. 로봇이 현장의 자재를 인식하고 적재적소에 배치하는 작업을 수행함으로써 인간 근로자는 보다 고차원적인 관리 업무에 집중할 수 있다. 이는 건설 현장의 생산성을 획기적으로 높이는 동시에 산업 재해 발생률을 0%에 가깝게 줄이는 기술적 토대가 된다.

24) Auto-Labeling : AI 소프트웨어가 스스로 비정형 데이터를 분석하여 객체를 식별하고 의미를 부여하는 기술

25) Over-The-Air : 무선 네트워크를 활용해 기기의 소프트웨어 또는 펌웨어를 원격으로 업데이트하는 기술

테슬라·스페이스X는 어떻게 전통적인 산업을 바꿨을까?

테슬라는 자동차라는 전통적인 하드웨어 제품이 아니라 데이터 기반 자율 시스템을 판매하는 기업으로 산업의 정의를 바꾸었다. 기존 자동차 회사는 완성된 기계를 판매하면 관계가 종료되는 구조였으나, 테슬라는 차량을 지속적으로 학습하는 소프트웨어 플랫폼으로 전환시킨 것이다. OTA 업데이트를 통해 차량은 시간이 지날수록 성능이 개선되며, 구매 이후에도 지속적으로 진화한다. 자동차는 더 이상 고정된 기계가 아니라, 데이터 루프 속에서 성장하는 AI 단말기가 된 것이다. 이 구조는 자동차 산업의 경쟁 기준을 엔진 성능에서 AI 학습 속도로 이동시키는 계기가 되었다.

스페이스X는 우주 산업을 국가 주도 프로젝트에서 데이터 기반 민간 운영체제로 전환시켰다. 로켓 재사용 기술을 개발하여 로켓 발사 비용을 획기적으로 낮추었고 스타링크를 통해 저궤도 위성망을 촘촘히 구축했다. 이는 단순한 통신 인프라가 아니라 지구 전역을 연결하는 실시간 데이터 네트워크가 되었다. 결과적으로 우주 산업은 일회성 거대 프로젝트에서 반복 가능한 소프트웨어 기반 운영 산업으로 재정의되었다. 자동차와 우주 모두 물리적 하드웨어 위에 학습 가능한 디지털 두뇌를 엮는 방식으로 산업 패러다임이 전환된 것이다.

건설산업이 차용해야 할 핵심은 테슬라·스페이스X가 데이터 순환시키며 생산품을 플랫폼화시킨 전략이다. 건설은 여전히 프로젝트 단위로 종료되는 산업 구조를 갖추고 있다. 현장에서 생성되는 영상, 장비

로그, 공정 데이터, 안전 이벤트는 프로젝트가 끝나면 단절된다. 그러나 테슬라식 전략을 적용한다면, 굴착기·크레인·덤프트럭은 단순 장비가 아니라 학습 단말기가 된다. 현장의 데이터는 본사 클라우드로 수집되어 공정 최적화·안전 예측·원가 분석 AI를 학습시키고, 개선된 모델이 다시 현장에 배포되는 구조가 형성된다. 즉, 건설기업은 시공 회사에서 현장 학습 플랫폼 기업으로 진화할 수 있다. 이 전환이 가능할 때, 건설은 반복 불가능한 산업이 아니라 축적 가능한 산업이 된다.

팔란티어가 연결하는 온톨로지 기반 의사결정 체계



반지의 제왕²⁶⁾에 등장하는 ‘팔란티르’에서 이름을 유래한 팔란티어(Palantir Technologies)는 2003년 페이팔의 공동 창업자 피터 틸과 알렉스 카프가 설립한 미국의 AI 소프트웨어 기업이다. 넓은 범위를 감시하거나 미래를 볼 수 있는 예언의 돌을 뜻하는 이름처럼 빅데이터 분석과 보안 소프트웨어에 특화되어 있다. 2011년 미군이 파키스탄 안전 가옥에 숨은 오사마 빈 라덴을 사살할 때 주요한 역할을 수행하며 세계적인 명성을 얻었다. 현재는 정부 기관을 넘어 글로벌 기업들의 핵심 의사결정 플랫폼으로 자리 잡았다.

26) 반지의 제왕 : 영국의 언어학자 J.R.R. 톨킨이 출간한 판타지 소설

팔란티어는 AI가 인간을 대체하는 것이 아니라 인간의 판단력을 증폭시키는데 집중하고 있다. 복잡하게 얽힌 수많은 데이터를 넘어 조직이 직면한 문제를 정의하고 실제 행동으로 연결하게 돕는 운영체제로서의 정체성을 가진다. 이는 일반적인 SaaS²⁷⁾ 기업들과 차별되는 팔란티어만의 독보적인 전략이다.

용도에 따라 정부 기관용 플랫폼인 고담(Gotham)^[33], 기업용 플랫폼인 파운드리(Foundry), 소프트웨어 배포 플랫폼인 아폴로(Appolo)를 운영하고 있다. 최근에는 거대언어모델과 기업 데이터를 안전하게 연결하는 AIP(Artificial Intelligence Platform)를 출시했다. 팔란티어가 고객사에 제공하는 현장 배치 엔지니어가 직접 현장의 비즈니스 로직을 소프트웨어에 인코딩하는 방식은 기술과 실무 사이의 간극을 유효하게 메우고 있다.

국방·안보에 적합한 AI 플랫폼

팔란티어의 고담 플랫폼은 위성 이미지, 신호 정보, 인간 정보 등의 파편화된 데이터를 통합하여 전장의 가시성을 확보하는 데 사용된다. 현재 전 세계 주요 국가의 안보 핵심 부서에서 실전용 의사결정 도구로 채택되어 성능을 입증하고 있다. 우크라이나 전쟁에서는 러시아군의 이

27) Software as a Service : 소프트웨어를 사용자 로컬 환경에 설치하지 않고 중앙 클라우드에서 제공하는 소프트웨어를 웹 브라우저나 API를 통해 원격으로 구독하여 이용하는 방식

동 경로를 실시간으로 분석하고 최적의 타격 지점을 제안하는 역할을 수행했다.[34] 미국 특수작전사령부(SOCOM)는 고담을 통해 복잡한 테러 조직의 네트워크를 분석하여 위협을 사전에 차단하고 있다.[35] 영국 국방부(MoD)는 파편화된 군사 데이터를 통합하여 자국군 및 연방군과의 합동 작전을 계획하는 단일 진실 공급원(Single Source of Truth)으로 고담을 활용한다.[36] 고담은 국가 차원의 거대하고 복잡한 데이터를 실시간 작전 지능으로 변환하는 실질적인 사례를 보여준다. 단순히 정보를 보여주는 시각화 도구를 넘어서 수만 개의 변수를 실시간으로 연산하여 지휘관이 가장 확률 높은 선택을 내릴 수 있도록 돕는 인공지능 기반의 전략 자산이다.

국방 AI의 핵심은 의사결정 중심 AI(Decision-Centric AI)의 실현에 있다. 기존의 데이터 분석은 사후 보고에 치중했다. 그러나 고담은 현재 발생하고 있는 복잡한 상황들 사이의 상관관계를 온톨로지(Ontology) 체계로 엮어 미래의 결과를 예측한다. 정보의 과부하 속에서 인간이 놓치기 쉬운 미세한 징후를 포착하고 이를 작전 계획에 즉각 반영하여 의사결정의 속도와 정확도를 비약적으로 높여져 기술적 우위를 점하는 구조이다.

건설 현장은 여러 객체의 정보와 현장 기계 제어, 센서의 신호 정보 등 파편화된 데이터 속에서 숨겨진 패턴을 찾아내야 한다는 점에서 팔란티어의 로직이 필요하다. 대형 프로젝트 현장에서 발생하는 하도급 계약, 자재 수급, 날씨 변수, 노무 현황 등을 팔란티어식 온톨로지로 연결하여 실시간 리스크 관리 시스템을 구축 등을 고려할 수 있다. 현장의

사소한 지연이 전체 공기에 미칠 영향을 즉각 시뮬레이션하고 최적의 인력 재배치안을 제안받는 시스템은, 건설 현장의 불확실성을 통제 가능한 변수로 전환하는 결정적 도구가 될 수 있다.

에어버스와 스카이와이즈 : 항공산업의 데이터 통합 플랫폼

항공기는 수만 개의 센서에서 매초 단위로 생성된 시계열 데이터와 전 세계 공항의 기상, 항로, 정비 이력이 결합된 데이터를 분석해야 하는 복잡계의 대표적 개체이다. 비행 중에 발생하는 엔진 출력, 유압 시스템, 외부 온도 변화 등은 서로 유기적으로 연관되어 있어 각 변수를 개별적으로 분석하는 것은 매우 어렵다. 항공기 제작 회사인 에어버스는 팔란티어의 파운드리(Foundry)를 기반으로 스카이와이즈(Skywise) 플랫폼을 구축했다.[37] 이 플랫폼을 활용해 현재 전 세계 1만 대 이상의 항공기에서 발생하는 데이터를 관리하고 있다. 스카이와이즈는 기체에 부착된 수천 개의 센서로부터 수집되는 방대한 로그를 분석하여 부품의 결함 가능성을 예측하고 예방 정비를 수행한다.

이 플랫폼의 의의는 공급망 관리(SCM)와 유지보수 데이터의 수직적인 통합이다. 설계 데이터부터 제조 과정의 품질 정보, 실제 운항 중에 발생하는 실시간 성능 데이터가 하나의 플랫폼 내에서 상호작용하며 제품의 생애주기 전체를 최적화한다. 항공사는 운영 효율을 높이고 제

조사는 설계 결함을 조기에 발견하여 개선하는 선순환 구조를 갖춘다. 이를 통해 에어버스는 항공기 결함으로 인한 운항 지연을 획기적으로 줄였으며, 전 세계 항공사들과 데이터를 공유하는 강력한 생태계를 형성하였다. 이는 단순한 협력을 넘어 데이터로 결속된 산업 표준 플랫폼의 역할을 할 수 있다.

건설산업 역시 건축물의 생애주기 전반을 아우르는 데이터 플랫폼 구축이 필수적이다. 설계 정보와 시공 과정에서 사용된 자재의 사양, 검측 데이터, 작업 일지를 완공 한 후 유지관리 시스템과 연결해야 한다. 스카이와이즈처럼 수천 개의 건물을 하나의 네트워크로 연결하면 특정 설비의 고장 패턴을 학습하여 전체 자산의 유지관리 비용을 최적화할 수 있다. 이는 건설사가 시공 후에도 운영 수익을 창출하는 서비스 기업으로 진화하는 발판이 된다.

AIP의 실전 응용 사례 : 현장 지능화의 구체적 성과

팔란티어 AIP(Artificial Intelligence Platform)는 여러 산업 현장에서 실행 가능한 지능으로 자리 잡고 있다. 미국의 최대 의료 시스템 중 하나인 HCA Healthcare는 AIP를 도입하여 간호사들의 교대 근무 인수 인계와 환자 케어 흐름을 지능화했다.^[38] 기존에는 수천 명의 환자 데이터를 간호사가 수기로 정리해야 했으나, AIP는 실시간 의료 기록과

환자 상태를 온톨로지로 연결하여 핵심 브리핑 리포트를 자동 생성한다. 이를 통해 간호 인력은 행정 업무 시간을 줄이고 실제 환자 치료에 집중할 수 있게 되었으며, 병원 운영의 병목 현상을 실시간으로 해결하고 있다.

중장비 및 물류 분야의 WesTrac의 사례 또한 주목할 만하다. 세계 최대의 캐터필러(Caterpillar) 딜러사 중 하나인 WesTrac은 AIP를 활용하여 수만 개의 중장비 부품 재고와 판매 예측을 최적화했다.^[39] AIP는 단순한 수요 예측을 넘어, 현장의 장비 고장 신호와 전 세계 공급망 데이터를 결합하여 어떤 부품이 언제 필요할지를 자연어로 질의하고 즉각적인 조달 계획을 수립하게 돕는다. 이는 복잡한 장비가 투입되는 현장에서 가동 중단 시간을 최소화하고 운영 효율을 극대화하는 실질적인 AI 활용 모델을 보여준다.

이러한 AIP의 성공 사례들은 통제된 자유 및 실행력에 기반한다. 기업의 민감한 데이터 접근 권한을 철저히 관리하면서도, AI가 제안한 전략을 인간이 최종 승인하여 즉시 시스템에 반영하는 핸드레일 기능이 핵심이다. 건설 현장에서도 AIP를 도입한다면, 현장 소장이 “현재 철근 수급 지연이 공기 전체에 미치는 영향과 대체 공급처 확보 시 시나리오를 분석해줘”라고 요청했을 때, AI가 온톨로지 기반의 데이터 분석 결과를 바탕으로 즉각적인 조달 명령 초안을 작성해 주는 지능형 워크플로우를 구현할 수 있다. 이는 건설산업이 직면한 데이터 파편화 문제를 해결하고, 현장의 모든 의사결정을 실시간 데이터 기반으로 전환하는 혁신적인 계기가 될 것이다.

팔란티어가 AI의 한계를 극복한 방법

기존의 AI가 산업 현장에서 기대만큼 성과를 내지 못했던 이유는 알고리즘의 부족이 아니라 데이터 구조의 파편화에 있었다. 기업 내부에는 ERP, 공정 관리 시스템, 현장 보고서, 엑셀 파일, 이메일, 센서 로그 등 서로 다른 형식의 데이터가 흩어져 있다. 이 상태에서 원본 데이터를 그대로 AI 모델에 투입하면 ‘Garbage In, Garbage Out’ 문제를 피할 수 없다. 팔란티어는 이 구조적 한계를 해결하기 위해 데이터와 AI 사이에 온톨로지 계층을 삽입했다. 온톨로지는 데이터를 단순 저장 단위가 아니라 객체와 관계로 재정의한다. 예를 들어 ‘자재 가격 상승’은 단순한 숫자 변화가 아니라 ‘공정 지연 → 비용 증가 → 계약 리스크 확대’라는 인과 구조 속에서 해석된다. 이에 따라 AI는 원시 데이터가 아니라, 의미가 부여된 관계망 위에서 작동한다. 이는 데이터 품질 문제를 사후적으로 정제하는 접근이 아니라, 애초에 맥락이 구조화된 상태에서 추론을 수행하도록 설계한 전략이다.

이러한 체계의 의의는 설명 가능한 AI와 신뢰할 수 있는 데이터 구조의 확립에 있다. 온톨로지 기반의 의사결정은 AI가 왜 그런 제안을 했는지에 대한 논리적 근거를 데이터 간의 연결 관계를 통해 명확히 제시한다. 이는 실수가 허용되지 않는 국방, 항공과 같은 고위험 산업군에서 AI가 단순한 실험을 넘어 실무의 핵심 엔진으로 채택될 수 있게 만든 결정적 차별점이다.

건설산업이 AI 도입에서 겪는 가장 큰 장애물은 현장마다 다른 데이

터 체계와 비정형 데이터의 처리 문제이다. 팔란티어의 온톨로지 전략을 차용하여 건설 전반의 용어와 공정 등을 표준화된 객체 모델로 정의하는 작업이 선행되어야 한다. 굴착기, 콘크리트 타설, 공기 지연 등 현장의 모든 요소를 표준화된 데이터 모델로 변환할 때, 비로소 인공지능은 건설기업의 전사적 자원을 최적화하고 복잡한 공정 사이의 충돌을 미리 계산할 수 있는 진정한 현장 두뇌로 기능하게 된다.



3

인공지능의 핵심 역량과 현실적 과제



인간처럼 판단하되, 인간보다 더 넓게 보는 AI



앞선 장에서는 AI 기술이 거처온 진화의 궤적을 추적하고, 현재 그 기술이 글로벌 산업의 지형도를 어떻게 재편하고 있는지 살펴보았다. 거대 자본과 최첨단 하드웨어가 결합된 AI 생태계는 이미 인간의 인지능력을 위협하며 산업의 새로운 표준을 제시하고 있다. 그러나 건설산업이라는 물리적이고 복합적인 산업에 이 기술을 성공적으로 이식하기 위해서는, AI가 가진 본질적인 체급과 그 이면에 숨겨진 구조적 한계를 냉철하게 직시해야 한다.

본 장에서는 AI가 발휘하는 압도적인 대용량 정보 처리 능력과 비정형 패턴 분석, 일관성과 확장성이라는 핵심 역량을 직관적으로 정리한다. 동시에 AI가 숙명적으로 안고 있는 데이터 종속성의 문제, 결괏값의

불확실성과 환각, 그리고 기하급수적으로 상승하는 연산 비용과 같은 현실적 과제들을 고찰한다.

앞선 장에서는 AI 기술이 거처온 진화의 궤적을 추적하고, 현재 그 기술이 글로벌 산업의 지형도를 어떻게 재편하고 있는지 살펴보았다. 거대 자본과 최첨단 하드웨어가 결합된 AI 생태계는 이미 인간의 인지능력을 위협하며 산업의 새로운 표준을 제시하고 있다. 그러나 건설산업이라는 물리적이고 복합적인 산업에 이 기술을 성공적으로 이식하기 위해서는, AI가 가진 본질적인 체급과 그 이면에 숨겨진 구조적 한계를 냉철하게 직시해야 한다.

본 장에서는 AI가 발휘하는 압도적인 대용량 정보 처리 능력과 비정형 패턴 분석, 일관성과 확장성이라는 핵심 역량을 직관적으로 정리한다. 동시에 AI가 숙명적으로 안고 있는 데이터 종속성의 문제, 결괏값의 불확실성과 환각, 그리고 기하급수적으로 상승하는 연산 비용과 같은 현실적 과제들을 고찰한다.

특히, 이러한 한계를 극복하고 AI를 현업에 지속가능한 형태로 안착시키기 위한 필수 요건들에 주목한다. 현장의 변화를 실시간으로 반영하기 위한 끊임없는 데이터 수급 체계, 연산 효율과 반응속도를 최적화하기 위한 엣지와 클라우드의 전략적 분산, 그리고 인공지능의 확률적 오류를 바로잡고 최종 판단을 내리는 인간의 개입이 그것이다. 기술적 특성과 이러한 보완 전략에 대한 명확한 이해는, 보수적이고 가변성이 큰 건설산업의 특징과 AI 기술이 어떻게 상호작용 하며 시너지를 낼 수 있을지, 혹은 어떤 점에서 충돌할 것인지를 예측하는 이정표가 될 것이다.

인간의 한계를 뛰어넘는 대용량 정보 처리 능력

AI의 가장 본질적인 역량은 인간의 인지 한계를 넘어서는 데이터 처리 속도와 범위에 있다. 인간은 정보를 순차적으로 읽고 해석해야 한다. 그러나 AI는 고차원 수학적 공간에서 수많은 변수를 병렬적으로 연산한다. 거대언어모델인 구글의 제미니(Gemini)나 OpenAI의 ChatGPT는 수천억 개 이상의 매개변수를 기반으로 방대한 텍스트·이미지·코드 데이터를 학습해 광범위한 지식 영역을 통합적으로 해석한다.

일례로 의료 분야의 AI 적용 사례를 살펴보자. 의료 분야에서 AI는 개별 논문을 하나씩 읽는 것이 아니라, 수십만 편의 연구 결과와 임상 데이터를 통계적으로 동시에 비교하여 특정 증상 조합이 어떤 질환과 연결될 확률이 높은지를 계산한다. 인간 의사가 경험을 통해 축적한 사례 수는 제한적이지만, AI는 전 세계 데이터 패턴을 집합적으로 반영해 의사결정을 보조한다.

물류 산업에서도 이러한 AI의 전역적 계산 능력은 명확히 드러난다. AI 기반 공급망 시스템은 기상 데이터, 유가 변동, 항만 혼잡도, 환율, 실시간 재고 수준, 정치 리스크 등 수많은 변수를 동시에 고려해 최적 운송 경로를 도출한다. 인간 관리자가 제한적 개별 정보를 취합해 판단하는 구조와 달리, AI는 전체 시스템을 하나의 네트워크로 인식하고 전 지구적 차원의 최적해를 계산한다.

이러한 능력은 디지털 트윈 환경에서 강력하게 작동한다. 수천 개의 설계 변수와 환경 조건을 동시에 입력해 수백 개의 시뮬레이션을 병렬

수행함으로써, 인간이 몇 개 대안만 비교하던 방식을 확률적 전수 탐색 구조로 전환한다.

건설산업에서도 이 전역적 인지 및 처리 능력은 특히 중요하다. 대형 프로젝트는 설계, 공정, 원가, 안전, 기상, 자재 수급 등 수많은 변수가 동시에 얽혀 있다. 과거에는 각 부문을 나누어 관리하고 사후 조정하는 방식이 일반적이었다. 이제는 AI를 활용해 이 변수들을 통합적으로 계산하여 공정 충돌 가능성, 비용 초과 확률, 일정 지연 위험을 사전에 예측할 수 있다. 결국 건설산업에서 AI의 전역적 인지 능력은 복잡한 프로젝트 전체를 한 번에 조망할 수 있는 판단력을 제공하는 데 의의를 가질 수 있다. 이는 건설산업이 가진 불확실성을 기술자의 직관이 아닌 데이터 기반 확률 관리 체계로 전환하는 출발점이 된다.

보이지 않는 비선형 패턴을 찾아내는 연결 지능

많은 산업 문제는 단순한 인과관계가 아니라, 수십·수백 개 변수의 상호작용으로 구성된 비선형 구조를 가진다. 과거에는 이러한 복잡성을 수학적으로 정밀하게 다루기 어려웠기 때문에, 경험과 직관에 의존하거나 단순화된 선형 모델로 문제를 해석할 수밖에 없었다. 그 결과, 실제 현상은 설명되지 않거나 반복적인 시행착오가 발생했다.

AI의 도입은 바로 이 지점에서 전환점을 만들었다. 딥러닝 기반 모델은 고차원 벡터 공간에서 수많은 변수의 상호작용을 동시에 학습하며,

인간이 직접 규칙을 정의하지 않아도 데이터 속에 숨겨진 패턴을 스스로 추출한다. 즉, 비선형성 때문에 과거에는 설명하거나 예측하기 어려웠던 문제들을 계산 가능해졌다.

AI는 수백만 건의 금융거래 기록 속에서 인간이 발견하기 힘든 미세한 이상 징후를 포착하여 자금 세탁이나 카드 부정 사용을 찾아낼 수 있다. 개별 거래는 정상으로 보일지라도 시간, 장소, 금액, 거래 주체의 네트워크를 입체적으로 분석하여 보이지 않는 범죄를 찾아내는 것이다.

건설산업은 비선형성의 결정체이다. 대형 프로젝트의 공정 지연은 단순히 자재 납기 문제나 인력 부족 하나로 설명되지 않는다. 기상 조건, 하도급사 역량, 설계 변경 빈도, 공정 간 간섭, 장비 가동률 등이 복합적으로 얹혀 지연 리스크를 만든다. 과거에는 이러한 복잡성을 정량화하기 어려워 사후 대응에 그쳤다. 그러나 AI는 이 다층적 변수를 동시에 분석해 특정 조건 조합에서 지연 확률이 급격히 상승하는 패턴을 사전에 예측할 수 있다. 안전사고 역시 단순 규정 위반의 문제가 아니라, 작업 밀도·근무 시간·기상 환경·현장 동선·과거 사고 이력의 복합 상호작용 결과다. AI는 이러한 비선형 구조를 학습하여 사고 발생 가능성이 높은 위험 구간을 미리 경고할 수 있다.

AI의 연결 지능은 복잡성을 계산 가능한 구조로 변환한다. 과거에는 경험과 감에 의존해 부분적으로 대응하던 문제들이 데이터 기반의 확률적 관리 영역으로 이동하고 있다. 이는 건설산업이 가진 높은 불확실성이라는 특성을 관리 가능한 자산으로 전환하는 도구가 될 수 있다.

기계적인 특성의 결정체 : 일관성과 확장성

AI는 데이터에 기반한 판단의 일관성과 대규모 확장 가능성을 가지고 있다. 인간 전문가는 경험과 직관을 바탕으로 판단하지만, 피로, 감정, 환경, 편향 등 다양한 요인의 영향을 받는다.

동일한 사안이라도 상황에 따라 판단이 달라질 수 있어 대규모 시스템 운영에서 편차를 발생시킨다.

반면 AI는 동일한 입력에 대해 동일한 연산 규칙을 적용한다. 판단 기준이 생체 리듬이나 심리 상태에 영향을 받지 않기 때문에 시간과 환경에 관계없이 일정한 민감도와 정확도를 유지한다.

이러한 특성은 단순한 자동화가 아니라, 프로세스의 표준화와 품질의 균질화를 가능하게 한다는 점에서 의미가 있다.

의료 영상 판독이 대표적인 사례다. 영상의학 전문의는 과중한 업무 상황에서 미세 병변을 놓칠 가능성이 존재한다. 하지만 AI 진단 시스템은 첫 번째 이미지와 만 번째 이미지를 동일한 기준으로 분석한다. 금융권 대출 심사 역시 마찬가지다. 인간 심사역의 주관적 판단이 개입될 여지는 줄어들고 사전에 정의된 데이터 변수에 기반해 일관된 평가를 수행함으로써 투명성을 높인다.

제조업의 초정밀 검수 라인에서도 AI의 일관된 자율성은 강력한 위력을 발휘한다. 반도체 웨이퍼의 불량 여부를 육안으로 검사할 경우 인간의 눈은 피로로 인해 순간적인 오류를 범할 수밖에 없다.

코그넥스(Cognex)²⁸⁾와 같은 비전 AI는 고속으로 지나가는 벨트 위에서도 모든 제품을 동일한 엄격함으로 검사하여 불량 유출을 제로화한다. 테슬라의 자율주행이 칠흑 같은 어둠 속에서도 일정한 기준으로 사물을 식별하고, 수천 시간의 주행에도 지치지 않고 도로 상황을 파악한다. AI가 가진 비편향적인 지속성을 입증한다. 이러한 일관성은 시스템의 안정성을 확보하게 한다. 이에 따라, 환경적 변수와 관계없이 일정한 결과물이 보장됨으로써 시스템의 예측 가능성을 극대화하고 인적 오류로 인한 유무형의 손실을 획기적으로 차단한다.

여기에 더해 AI는 확장성이 뛰어나다. 인간 전문가의 경험은 복제하기 어렵지만, 학습된 AI 모델은 동일한 성능을 수백 개 현장에 동시에 배포할 수 있다. 하나의 모델이 여러 지역, 여러 프로젝트에 동일한 품질로 적용될 수 있다는 점은 조직 전체의 운영 구조를 바꾼다.

건설산업에서도 이러한 특성은 중요하다. 안전 점검, 도면 검토, 품질 검사, 현장 모니터링 등 반복적이고 대량의 판단이 필요한 영역에서 AI는 일정한 기준을 유지하며 편차를 줄일 수 있다. 특히 다수 현장을 동시에 운영하는 대형 건설기업에게는 판단의 표준화와 확장성이 리스크 관리의 핵심 경쟁력이 된다. AI가 가진 데이터 기반의 일관성과 확장성은 AI를 산업 전반의 운영 품질을 균질화하는 인프라로 기능하게 만드는 핵심 특성이다.

²⁸⁾ 코그넥스(Cognex) : 미국에 본사를 둔 산업용 머신비전 전문기업으로 반도체, 전자, 자동차 물류 산업에 초정밀 품질 검사 솔루션을 공급하는 스마트 제조 핵심 기술 기업

AI가 주는 기술적 환상과 현실적 제약



AI는 강력한 연산 능력을 바탕으로 인간의 인지 한계를 확장하지만, 그 성능은 여러 전제 조건과 제약 속에서만 유지된다. 인공지능은 방대한 데이터를 처리하고 복잡한 패턴을 계산할 수 있지만, 데이터의 질과 범위를 벗어나거나 예외적 상황에 직면하면 오류 가능성을 내포한다. 또한 높은 정확도와 실시간성을 유지하는 데 필요한 연산 자원과 에너지 투입은 경제적 부담으로 이어진다. AI는 스스로 완결된 절대적 지능이 아니라 데이터, 인프라, 인간의 검증 체계 위에서 작동하는 조건부 기술이다.

AI의 한계를 정확히 이해하는 것은 기술을 배제하기 위한 논거가 아니라 이를 산업 현장에서 어떻게 보완하고 통제할 것인가를 설계하기

위한 출발점이다. 특히 물리적 환경과 복합적 이해관계가 얽힌 건설산업에서는 AI의 확률적 판단을 현실의 검증 구조와 결합하는 체계가 필수적이다.

데이터 종속성 : 성능은 데이터에 의해 결정된다

AI 성능을 위해서는 필수적으로 양질의 데이터가 필요하다. 넷플릭스는 정교한 추천 알고리즘을 유지하기 위해 수억 명의 시청 패턴 데이터를 끊임없이 분석한다. 마찬가지로 모든 산업용 AI는 양질의 데이터가 지속적으로 공급되지 않으면 성능이 퇴화하는 모델 붕괴 리스크에 직면할 수밖에 없다.

또한 어떤 데이터를 어떻게 학습했는지도 성능에 영향을 미친다. 거대언어모델이 인간과 유사한 언어 능력을 보이는 이유는 방대한 양의 텍스트를 학습했기 때문만은 아니다. 대규모 사전학습 이후, 인간 평가자의 피드백을 반영하는 정렬 학습 과정(RLHF)²⁹⁾을 거치면서 응답의 품질과 안정성이 개선되었다. 즉, 데이터의 양뿐 아니라 데이터의 질과 학습 방식이 성능을 좌우한다.

의료나 법률과 같은 전문 분야에서는 이러한 데이터 확보의 문턱이 더욱 높다. 단순히 데이터의 양이 많은 것보다 숙련된 전문가에 의해 레

이블링된 고품질의 데이터가 필수적이기 때문이다. IBM 왓슨이 암 진단 분야에서 고전했던 이유 중 하나도 실질적인 환자 데이터와 의사의 진단 논리가 결합된 양질의 학습 세트를 충분히 확보하지 못했기 때문이다. 데이터가 오염되었거나 현실의 다양성을 반영하지 못하는 데이터를 학습한 AI는 편견 섞인 판단이나 잘못된 처방을 내릴 확률이 비약적으로 높아진다.

테슬라가 전 세계 도로에서 수집한 수십억 마일의 실주행 데이터를 통해 자율주행의 완성도를 높인 사례는 데이터 자산의 중요성을 극명하게 보여준다. 실제 도로 환경에서 수집된 대규모 주행 데이터는 극단적 예외 상황을 줄이는 데 중요한 역할을 한다. 이는 시뮬레이션만으로는 확보하기 어려운 현실 데이터의 가치다.

건설산업과 같은 오프라인 산업에서는 데이터 수집이 더욱 중요하다. 설계 도면, BIM 데이터뿐 아니라 시공 중 발생하는 공정 오차, 장비 센서 로그, 현장 영상, 유지관리 단계의 운영 데이터까지 체계적으로 축적되지 않으면 AI는 단편적 분석에 머물 수밖에 없다. 단순히 데이터를 많이 모으는 것이 아니라, 프로젝트 맥락과 연결된 구조화된 데이터 체계를 구축해야 의미 있는 학습과 이를 바탕으로 한 활동이 가능하다.

결국 AI 시대의 경쟁력은 양질의 데이터를 지속적으로 생성·정제·환류할 수 있는 체계를 갖추었는가에 달려있다. 데이터는 모델 성능을 규정하는 근본적 토대다. 방대한 데이터, 인간의 피드백을 통한 정렬, 그리고 현실을 반영한 지속적 갱신이 결합될 때 비로소 AI는 안정적이고 신뢰 가능한 지능으로 작동할 수 있다.

²⁹⁾ Reinforcement Learning from Human Feedback : 인간 평가자의 피드백을 보상 신호로 활용하여 모델의 출력을 개선하는 강화학습 기법

확률적 불확실성 : 예외 상황에 대한 취약성

AI는 과거의 데이터로부터 패턴을 추출하여 미래의 확률값을 계산하는 기술이다. 따라서 데이터 셋에 존재하지 않는 돌발 상황이나 극단적인 확률의 사건 앞에서는 오류가 발생한다. AI의 성능이 좋아질수록 이러한 예외 케이스에 대해 오류를 정답으로 확신할 수 있다는 점에서 위험하다.

자율주행 분야에서 보고된 일부 사례들은 이러한 특성을 잘 보여준다. 테슬라의 FSD는 도로 위 전복된 트럭을 하늘이나 배경으로 착각하기도 한다. 또한 도로를 가로지르는 동물을 장애물로 인식하지 못해 사고를 일으켰던 사례들은 학습 데이터의 범위를 벗어난 예외상황이 AI의 신뢰성을 어떻게 파괴하는지 보여준다.

고도로 자동화된 제조 현장 역시 이러한 확률적 불확실성에서 자유롭지 못하다. 시뮬레이션 모델은 물리 세계를 정교하게 모사하지만, 모든 변수를 완벽히 재현할 수는 없다. 예를 들어, 특정 부품의 비정상적 마모, 예상 밖의 습도 변화, 미세한 진동 패턴 등은 학습 데이터에 충분히 반영되지 않았을 수 있다. 이 경우 AI 기반 검사 시스템은 불량률 정상으로 판단하거나, 로봇 제어 시스템이 예상하지 못한 간섭을 일으킬 가능성이 있다. 가상 환경의 정확도가 아무리 높아도 현실과의 작은 간극은 누적되면 중대한 리스크로 전환될 수 있다.

공급망 관리나 수요 예측 모델 역시 마찬가지다. 과거 데이터를 기반으로 구축된 예측 모델은 전쟁, 팬데믹, 극단적 기후 재난과 같은 예외

적 상황 앞에서 급격히 성능이 저하될 수 있다. 이는 알고리즘의 오류라기보다 모델이 가정한 세계와 실제 세계의 구조가 달라졌기 때문이다.

이러한 확률적 한계는 고위험 산업일수록 더욱 중요한 문제로 부각된다. 건설 현장, 에너지 설비, 원자력 발전소와 같은 환경에서는 단 한 번의 오판도 치명적 결과로 이어질 수 있다. 기상 이변, 예기치 못한 지반 조건, 설계 변경, 협력사 리스크 등은 완전히 데이터화하기 어렵다. AI가 제시하는 설계안이나 공정 계획은 최적화된 제안일 수 있지만, 그것이 모든 예외 상황을 포괄하는 완전한 답이 아니라는 것을 명심해야 한다.

따라서 AI를 산업에 적용할 때는 불확실성을 전제로 한 설계가 필요하다. 모델의 신뢰 구간을 명시하고, 이상 탐지 체계를 병행하며, 분포 밖 상황을 탐지하는 안전장치를 구축해야 한다. AI가 포착하지 못하는 예외 상황을 인간 전문가가 최종 검증하는 상호보완적 의사결정 체계를 구축하는 것이 AI 시대의 진정한 리스크 관리이다.

높은 정확도·실시간성 유지를 위해 지속적인 연산 자원과 에너지 투입 요구

실제 운영 환경에서 AI의 성능을 유지하려면 대규모 연산 자원과 에너지가 필요하다. 예컨대 최신 고성능 GPU 한 대는 수 킬로와트(kW)의 전력을 소비하며, 이를 수천~수만 대 규모로 집적한 데이터센터는 소도시 수준의 전력 수요를 발생시킨다. 또한 냉각을 위해 대량의 전력과 물

이 필요하다. 국제에너지기구(IEA)는 2024년 발간한 보고서^[40]에서 데이터센터의 전력 소비가 빠르게 증가하고 있으며, 생성형 AI 확산을 그 주요 원인으로 지적했다.

이와 같은 구조는 성능 향상과 경제성 사이의 긴장을 초래한다. 모델의 규모를 확대하면 일정 구간까지는 정확도가 개선되지만, 이후에는 성능을 소폭 향상시키기 위해 투입해야 하는 연산 자원과 에너지 비용이 급격히 증가하는 구간이 나타난다. 특히 실시간 모니터링이나 현장 제어와 같이 지연에 민감한 영역에서는 고성능 인프라를 상시 가동해야 하므로 운영비 부담이 더욱 커진다. 이는 대기업과 중소기업 간 AI 도입과 활동 격차를 확대하는 요인으로 작용할 수 있다.

이에 따라 더 큰 모델을 추구하는 전략에서 벗어나 연산 자원의 전략적 배분이 중요해진다. 최근에는 범용 초거대 모델을 모든 영역에 적용하기보다 특정 도메인에 특화된 경량 모델이나 소형언어모델(sLLM)을 병행하는 방식이 확산되고 있다. 또한 엣지컴퓨팅과 클라우드를 조합하여 실시간 판단은 현장에서 처리하고 대규모 학습은 중앙에서 수행하는 하이브리드 구조가 주목받고 있다.

AI는 무한한 지능이 아니라 에너지와 자본을 투입해 유지되는 산업설비와 유사한 성질도 가지고 있다. 앞으로 AI 경쟁력은 무조건 큰 모델을 사용하는 것보다 어디에 어떤 규모의 모델을 적용할 것인가를 판단하는 설계 역량에 달려있다고도 볼 수 있다. 데이터 종속성과 확률적 한계를 이해한 기업이 연산 비용과 성능 사이의 합리적 균형점을 찾을 수 있기 때문이다. 따라서 모든 업무를 AI에 맡기기보다 고도의 연산이 필

요한 핵심 의사결정 영역과 단순 반복 영역을 구분하여 하드웨어 자원을 배분하는 도입과 활용 전략을 반드시 고려해야 한다.

지속 가능한 AI를 위한 필수 조건, 현실 세계의 검증과 인간의 개입



AI는 한 번 학습된 지능으로 완성되지 않는다. 현실이 변화하면 모델의 정확도도 함께 흔들리며, 이를 방지하면 모델 열화가 발생한다. 따라서 지속 가능한 AI는 현실 데이터를 지속적으로 반영하는 피드백 구조를 전제로 한다. 또한 모든 판단을 중앙 시스템에 의존하는 구조는 산업 현장에서 한계를 가진다. 실시간 대응은 현장에서, 장기 학습은 중앙에서 수행하는 분산 설계가 안정성을 높인다. 무엇보다 AI는 확률적 제안을 제공할 뿐 최종 책임의 주체가 될 수 없다. 따라서 인간 전문가가 결과를 검증하고 승인하는 구조가 반드시 필요하다.

결국 지속 가능한 AI는 데이터의 순환, 지능의 분산 배치, 그리고 인간의 개입이라는 세 가지 조건 위에서만 산업에 안정적으로 정착할 수

있다. 특히 건설산업은 현장의 복잡성과 안전 책임이 큰 만큼, AI를 도입하는 것보다 어떻게 검증하고 통제할 것인가를 먼저 설계해야 한다.

지속적인 현실데이터 유입의 필요성

전술한 바와 같이 한 번 학습된 AI 모델은 시간이 지남에 따라 점차 과거의 지능이 되어버리는 모델 열화 현상을 겪을 수밖에 없다. 현실 세계는 고정된 시스템이 아니라 끊임없이 변화하는 유기체이기 때문이다. 새로운 기술의 등장, 소비자 취향의 변화, 기후 변동 등 모델 학습 시점에는 존재하지 않았던 변수들이 유입되면 AI 모델의 판단 정확도는 급격히 하락할 수밖에 없기에 이를 방지하기 위해 모델이 현실 세계의 최신 데이터를 지속적으로 입력받아 스스로를 갱신하도록 하는 학습 체계 구축은 AI 운영의 필수 조건이다.

이를 극복하고자 테슬라는 플릿 러닝(Fleet Learning)과 쉐도우 모드(Shadow Mode)를 통해 지속적인 데이터를 시스템에 유입시키고 있다. 플릿 러닝은 전 세계에 퍼진 수백만 대의 차량(Fleet)을 하나의 거대한 학습 네트워크로 활용하는 방식이다. 특정 차량이 도로 위에서 겪은 특수한 예외 상황은 즉시 본사 서버로 전송되어 전체 모델을 업그레이드하는 데 사용된다. 이 과정에서 쉐도우 모드는 안전한 데이터 수집의 핵심 역할을 담당한다. 새로운 자율주행 알고리즘을 실제로 적용하기 전 시스템의 뒤에서 해당 알고리즘을 그림자처럼 실행해 보는 것이다. 현

재 운전을 담당하는 주체와 새로운 알고리즘의 판단이 일치하지 않는 순간을 포착하여 새로운 모델의 정확도를 실전 환경에서 검증하는 것이다. 테슬라는 이러한 데이터를 실시간으로 수집하여 모델을 재학습시키고, 이를 다시 무선 소프트웨어 업데이트(OTA)로 배포함으로써 지능의 선순환 루프를 완성한다.

구글이나 아마존 같은 빅테크 기업도 실시간 피드백루프를 운영한다. 구글은 사용자가 검색 결과의 특정 링크를 클릭한 후 해당 페이지에 머무는 시간이나, 다시 검색창으로 돌아오는 현상을 분석하여 검색 순위 알고리즘을 실시간으로 보정한다. 아마존 사용자가 장바구니에 머문 시간, 리뷰 작성 패턴, 유사 상품 간의 비교 경로까지도 학습 데이터로 치환하여 추천 엔진의 정확도를 높인다. 이는 수억 명의 사용자가 매 순간 AI에게 정답지를 제공하는 셈이다. 이러한 상호작용이 반복될수록 서비스는 개별 사용자에게 극도로 최적화된 형태로 진화한다.

건설 현장 또한 이러한 데이터 파이프라인 구축이 디지털 전환의 핵심이다. 시공 과정에서 발생하는 설계 대비 오차 데이터, 기상 환경에 따른 콘크리트 양생 속도의 변화 등을 AI에 끊임없이 피드백해야 한다. 현장의 최신 상황이 데이터로 환류되지 않는 AI는 결국 현장 전문가들에게 외면받는 기술이 된다. 따라서 현실의 데이터를 지능의 진화로 연결하는 독자적인 데이터 루프 시스템을 반영한 아키텍처 설계가 필수적이다.

연산 효율을 위한 엣지와 클라우드의 분산 구조

지속적인 데이터 루프가 구축되더라도 모든 연산을 중앙 클라우드에서 처리하는 방식은 한계가 따를 수밖에 없다. 통신 인프라가 불안정하거나, 수 밀리초 단위의 즉각적인 반응이 요구되는 실제 산업 환경에서는 지연이 곧 사고나 손실로 이어질 수 있기 때문이다. 이에 대한 해법으로 현장에서 실시간 연산을 수행하는 엣지 컴퓨팅과 강력한 연산력을 가진 클라우드를 연결하는 분산구조로 진화하고 있다. 데이터 전송 지연이 치명적인 상황에서는 현장에서 판단하고, 장기적인 데이터 분석과 대규모 학습은 클라우드에서 수행하는 것이다.

자율주행 자동차는 이러한 엣지-클라우드 연동의 결정체이다. 차량 앞에 갑자기 뛰어든 보행자를 감지하고 브레이크를 밟는 판단은 단 0.1초 이내에 차량 내부의 칩(Edge)에서 즉각 이루어져야 한다. 만약 이 데이터를 클라우드로 보내 서버의 답변을 기다린다면 사고를 피할 수 없기 때문이다. 반면, 주행 중 수집된 수만 시간 분량의 영상 데이터를 학습하여 주행 알고리즘 자체를 고도화하는 작업은 클라우드의 막대한 연산 자원을 활용한다.

스마트 팩토리의 로봇 공정에서도 동일한 로직이 적용된다. 산업용 로봇의 충돌 방지나 안전 정지는 엣지 장비에서 실시간으로 처리되지만, 생산 일정 최적화나 설비 수명 예측은 여러 공장의 데이터를 통합해 분석하는 클라우드 기반 모델이 담당한다. 이러한 분산 구조는 네트워크 장애 시에도 현장의 핵심 기능을 유지할 수 있게 한다. 동시에 기업

의 기밀 데이터가 외부로 유출되지 않도록 로컬 서버에 가두어 두는 데이터 주권 확보 측면에서도 실질적인 방어 기제가 될 수 있다.

결국 지속 가능한 AI는 단일 거대 시스템이 아니라, 기능별로 분산된 지능의 네트워크에 가깝다. 현장의 순발력은 엣지가 담당하고, 조직 차원의 통합 학습은 클라우드가 수행하는 이중 구조가 안정성과 확장성을 동시에 확보한다. 이는 AI를 단순히 도입하는 차원을 넘어, 어디에 어떤 지능을 배치할 것인가를 설계하는 문제임을 보여준다.

책임과 검증을 위한 인간과의 상호작용

아무리 고도화된 모델이라도 AI는 법적, 윤리적 책임의 주체가 될 수 없다. AI의 판단은 어디까지나 확률적 계산 결과이다. AI 판단의 결과가 사회적, 제도적 맥락 속에서 어떤 의미를 갖는지는 인간의 해석과 승인이 거쳐져야 한다. 이러한 구조를 ‘Human-in-the-loop’라 하고, AI를 산업 현장에 안전하게 정착시키기 위한 중요한 설계 원칙이다.

팔란티어가 인간 분석가의 결정을 돕는 도구로서 AI를 정의하듯, 고도의 전문성과 안전이 요구되는 산업일수록 지능은 AI에게 맡기되 판단의 키는 인간이 쥐고 있어야 한다. 의료 분야에서 AI 진단 솔루션이 의사결정을 돕는 방식이 대표적인 예이다. AI가 영상에서 암 의심 부위를 찾아내면 의사는 해당 환자의 병력과 컨디션을 종합적으로 고려하여 최종 진단을 확정한다. 콘텐츠 모니터링 AI 역시 혐오 표현을 1차로

걸러내지만, 문맥상의 풍자와 조롱을 구분하는 최종 판단은 인간 검토자의 몫이다. 이는 기술이 해결하지 못하는 가치 판단의 영역을 인간이 보완하는 상호보완적 구조이다.

건설산업에서도 AI가 제안한 설계안이나 공정 계획은 반드시 숙련된 엔지니어의 최종 검토를 거쳐야 한다. AI가 미처 계산하지 못한 현장의 특수성이나 협력사와의 관계, 그리고 무엇보다 생명과 직결된 안전상의 리스크를 인간이 재검증해야 하기 때문이다. 지능의 효율성은 AI로부터 취하되, 그 결과에 대한 윤리적·법적 책임은 인간이 지는 명확한 책임 구조가 완성될 때 기술은 비로소 산업 현장에 안착할 수 있다. 이러한 상호 보완적 구조 위에서만 AI는 대체자가 아니라 협력자로 기능하며 산업은 기술 의존이 아닌 기술 통제의 단계로 나아갈 수 있다.



4

건설산업에게 AI란?



AI 기술 대혁신이 열어주는 건설산업의 미래 가능성

건설산업에게 AI란?



데이터로 통합되는 생애주기

건설산업은 사회의 물리적 기반을 조성하는 종합 산업이다. 동시에 다수의 주체가 참여하는 고도의 분업 산업이다. 이로 인해 1장에서 살펴본 것처럼 건설 프로젝트는 기획부터 설계, 시공, 운영 및 유지관리까지 긴 생애주기 전반에 걸쳐 각기 다른 주체에 의해 분절적으로 수행되어 왔다. 이 과정에서 각 참여자는 서로에게 필요하지만, 데이터 생성과 활용 주체가 다른 한계로 종합적 활용을 고려치 않은 채 데이터를 다른 형식과 개별적인 시스템으로 사용해 왔다. 그 결과 프로젝트의 중요한 정보가 단계별로 분절되고 파편화되는 고질적인 한계와 더 나아가 단

절을 겪어야만 했다.

그러나 최근 AI와 데이터 기반의 지능화 혁신은 건설과 같은 칸막이 산업을 하나로 통합하는 강력한 연결을 꾀하는 촉매로 작용할 것이다. AI 시대는 방대한 데이터의 지속적인 축적과 이종 데이터 간의 완벽한 연결이 전제되어야 구현할 수 있기 때문이다. 즉, 설계-시공-운영의 전 과정에서 생성되는 데이터를 하나의 거대한 파이프라인으로 일체화하는 플랫폼 체계를 요구할 것이다. 그리고, 개별 주체가 각자의 방식으로 생성한 복잡한 데이터들은 공통 데이터 환경(CDE) 위에서 실시간으로 동기화될 것이다. AI는 이 정보들을 유기적으로 연결하여 전체 생애주기에 걸친 최적의 의사결정을 지원한다.

결과적으로 미래의 건설산업은 AI로 인해 정보가 단절되는 낡은 분업 구조를 탈피할 가능성이 열렸다. 이제 건설은 단계별로 분절된 과업의 연속이 아닌 데이터라는 혈관을 통해 기획부터 해체까지 유기적으로 연결된 '디지털 통합 산업'으로 진화할 것이다.

시뮬레이션 기반 불확실성 최소화 : '먼저 지어보는' 디지털 건설

건설산업은 통제된 환경에서 이루어지는 제조업과 달리, 생산 장소가 고정되지 않은 현장 생산 구조를 갖는다(물론 공장 제작이 이루어지는 모듈러 공법이 있으나, 전체 산업 내 1% 미만 수준의 비중인 점을 고려할

때 이를 무시하자). 기후 변화, 예상치 못한 주변 환경 및 안전 여건 등으로 인해 작업 환경은 변화무쌍해진다. 동일한 작업이라도 오늘과 내일의 작업 환경은 변화할 수밖에 없으며, 이로 인해 제조업과 같은 작업의 정밀한 통제나 표준화, 자동화는 현실적으로 쉽지 않은 문제였다. 그 결과 건설 현장은 상당 부분 사람의 경험과 직관에 의존해 운영되어 왔다.

하지만 AI와 디지털 트윈 결합은 건설사업이 지닌 이러한 근본적 불확실성을 획기적으로 저감시키는 돌파구를 마련할 것으로 기대된다. 착공 전 가상공간에 실제 현장과 동일한 물리적 조건을 가진 쌍둥이 디지털 현장을 구축하고, AI가 4D(시간)와 5D(원가)를 기반으로 수만 번의 시뮬레이션을 반복 수행할 것이다. 이 과정을 통해 미세한 설계 간섭, 이동 경로의 병목, 자재 수급 차질 등 시공 단계에서 발생할 수 있는 잠재적 리스크를 사전에 최소화한다.

특히 안전사고 발생 가능성을 확률적으로 분석하여 위험 구간을 미리 경고하는 등 건설 현장에서 ‘임기응변’이 차지하던 자리가 AI로 인해 ‘데이터 기반의 확신’으로 대체될 것이다.

지능형 로봇틱스를 통한 생산성·안전성 혁신

건설산업은 대표적인 노동집약적 산업으로, 그간 숙련공의 육체적 노동에 절대적으로 의존해 왔다. 하지만 최근 건설 현장은 인력의 청년층 등 신규 인력 유입 저조로 인해 숙련 인력의 고령화가 가속화되는 노동

력의 구조적 위기에 직면해 있다. 이는 결국 생산성 감소, 품질 저하, 그리고 빈번한 안전사고라는 고질적인 문제로 이어지게 되었다. 사람 중심으로 만들어지는 전통적인 건설 방식의 고집은 이제 산업의 지속 가능성을 위협하는 한계점에 봉착하게 되었다.

그러나 AI를 탑재한 로봇틱스 기술, 즉 피지컬 AI는 건설 현장을 인력 중심에서 기술 중심의 지능형 시스템으로 재편하는 전환점이 될 것이다. 아틀라스(Atlas)와 같은 휴머노이드 로봇은 고위험 작업이나 고도의 정밀함이 요구되는 공정을 숙련공을 대신해 수행한다. 또한 공장생산(OSC)과 현장 로봇의 유기적인 협업은 건설 현장의 인력 부족 문제를 근본적으로 해결하는 동시에 안전과 품질, 생산성을 동시에 극대화할 것이다. 결국 인간의 노동력이 기계의 불완전함을 수동으로 보완해 오던 전통적 체계에서 벗어나, 로봇틱스를 중심으로 한 AI 시스템이 현장의 안전과 효율을 통제하는 첨단 산업으로 진화할 것이다.

수요자 맞춤형 가치 최적화 : 주문형 생산 방식의 질적 진화

건설산업은 ‘선 생산-후 판매’ 구조를 가진 제조업과 달리, ‘선 판매-후 생산’ 구조를 가진 대표적 수주산업이다. 과거에는 사용자 맞춤형 생산을 위해 엄청난 시간과 비용을 투자하고 전문가의 주관적 경험에 의존해 왔다. 하지만 시공 과정에서 발생하는 비용 부족, 규제나 사용자의

니즈 변화 등 다양한 외생 변수로 인해 사용자가 원하는 결과물이 제때, 제값에 나오지 못하는 경우도 발생했다.

그러나 AI는 이러한 주문형 생산이 가진 속도와 정확도의 한계를 단숨에 대부분 극복하면서, 동시에 수요자 맞춤형 가치 창출도 최대한 이끌어낼 것이다. AI는 대상 부지의 복잡한 지형 데이터, 수천 개의 건축 법규, 실시간 부동산 시장 트렌드, 공사비 변동성 등 다양한 변수들을 동시에 병렬 연산하면서, 특정 수요자의 까다로운 요구조건을 만족시키는 설계 대안과 사업 시나리오를 단숨에 그리고 수십 개 도출해 내면서 말이다. 즉, AI는 ‘표준화된 대량생산’이 아닌 ‘최적화된 맞춤 생산’을 가능케 하여 건설의 새로운 경쟁력을 만들어줄 것이다.

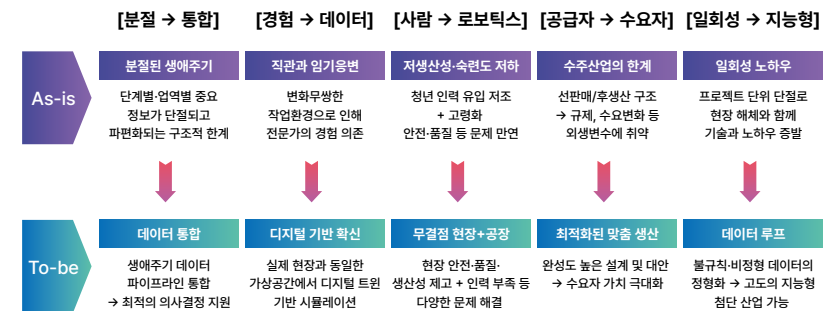
경험의 자산화 : 비정형 데이터의 정형화

건설산업을 규정하는 가장 본질적 특성이면서 숙명적인 한계는 모든 생산 활동이 개별 ‘프로젝트’ 단위로 단절되어 있다는 점이다. 결국 해당 사업의 기술과 노하우는 현장 해체와 함께 대부분 증발해 버린다. 제조업이 동일한 제품을 반복 생산하며 공정 개선과 데이터를 자연스럽게 자산화하는 반면, 건설은 하나의 프로젝트가 종료되면 혁신의 성과가 산업 전체로 환류되지 못하고 개별 현장의 일회성 기억으로 소멸하는 비반복적·비정형적 특성을 가져왔으며 이를 당연하다고 여겨왔다.

하지만 AI 기술 대전환은 이러한 경험의 휘발을 막고, 건설을 스스로 진화하는 정형화된 지능형 생태계로 탈바꿈시킬 것이다. 마치 테슬라가 전 세계 수백만 대의 차량에서 주행 데이터를 실시간으로 수집해 자율주행 지능을 무한히 고도화하듯 말이다. 미래 건설기업은 현장에 투입된 드론, IoT 센서, 휴머노이드 로봇이 생성하는 실시간 데이터를 클라우드에 집적시켜 ‘데이터 루프(Data Loop)’를 구현하면서, 현장의 불규칙하고 비정형적인 작업들을 통제 가능한 영역으로 변환·이동시킬 것이다. 결국 일회성 프로젝트 단위로 휘발되던 비정형적 경험들은 강력한 데이터 자산으로 치환되어, 건설을 예측 가능하고 고도로 정형화된 지능형 첨단 산업으로 재편하게 될 것이다.

AI가 주도하는 건설산업의 5가지 대전환 방향

(기대효과) 건설 생산의 효율성과 고객 만족 제고 통한 산업 전반의 기술 대전환 촉발



AI 시대 건설산업 변화 스케치 : 잃어버린 혁신의 고리를 연결하다

인공지능의 핵심 역량과
현실적 과제



피할 수 없는 핵심 인프라 AI

앞서 살펴보았듯이 최근 AI의 급격한 발전은 ChatGPT라는 단일 서비스가 만들어낸 일시적 성과가 아니다. 이는 오랜 기간 축적된 알고리즘의 혁신과 방대한 데이터, 그리고 연산 인프라가 사용자 경험이라는 마지막 문턱을 넘어선 사건에 가깝다. 그동안 연구실과 일부 산업 영역에 머물러 있던 AI 기술은 자연어 인터페이스를 통해 일상과 산업 현장으로 빠르게 확산되었다. 그 결과 AI는 더 이상 도입 가능한 특정 기술이 아니라, 피할 수 없는 산업 인프라로 인식되기 시작했다. 이 점에서 ChatGPT의 등장은 AI의 성격을 근본적으로 재정의한 사건이다.

이러한 변화는 로봇틱스 분야에서도 분명히 드러난다. 특히 2026년 CES에서 공개된 현대차그룹의 차세대 휴머노이드 로봇 아틀라스(Atlas)는 상징적인 장면을 연출했다. 이 로봇이 주목받은 이유는 단순한 기술 시연을 넘어, 산업 현장에서의 실제 활용을 전제로 한 상용화 단계에 진입했음을 보여주었기 때문이다. 전시와 후속 보도에 따르면, 아틀라스는 자동차 조립 라인에서 부품 분류와 조립 작업에 투입될 예정이며, 2028년부터는 미국 조지아주 전기차(EV) 공장에 배치될 계획까지 구체화 된 상황이다.

이 사례의 진정한 의미는 로봇 한 대의 성능 향상에 있지 않다. AI와 로봇틱스가 실험적 기술의 영역을 넘어 현실 산업 환경에 본격적으로 편입되고 있음을 보여주는 강력한 신호라는 점이 중요하다. 로봇은 이제 단순 반복 장치가 아니다. 주변 환경을 인식하고, 데이터를 해석하며, 상황에 따라 능동적으로 작업을 수행하는 지능형 시스템으로 진화하고 있다. 이러한 흐름은 제조업을 넘어 건설 현장에도 유사한 변화가 확산될 것임을 강력하게 시사한다. 그리고 이러한 로봇 활용의 확산은 건설 자동화가 공장 환경에서 가장 잘 구현된다는 기존의 MMC(Method of Modern Construction) 패러다임의 상당한 변화를 줄 수도 있다.^[41] 왜냐하면 공장 제작뿐만 아니라 현장에서의 인력 중심의 기능들을 대체할 가능성이 매우 높아졌기 때문이다. 즉, 최근의 AI와 함께 로봇틱스 분야의 비약적인 성과는 건설산업의 스마트 건설에서 무엇인가 불완전했던 기술 솔루션이 비로소 완성 혹은 준비되었다는 측면에서 매우 중요한 사건이라 판단된다.

그러나 이 변화는 기대와 동시에 긴장감을 동반한다. 인적 구조, 작업 방식, 안전 기준, 책임 경계에 이르기까지 완전히 다시 설정되어야 하기 때문이다. AI와 로봇의 결합은 건설산업에 있어 선택 가능한 혁신이 아니라, 산업의 기본 조건을 재편하는 필수 요소로 작용할 수 밖에 없다. 이제 기술의 실제 산업의 구현 가능 여부에서 그 답을 찾으면 안 된다. 건설산업이 이 변화를 어떤 속도와 방식으로 수용하고, 제도와 구조를 어떻게 재정렬할 것인가에 집중해야 한다.

AI와 로봇으로 인해 예상되는 건설산업의 변화 모습

AI+로보틱스는 산업 혁신·경제 기여·국민 편의 증진 등 위한 선택 아닌 **필수 인프라**가 되어야 함

국민·사회·제도 측면	건설 경제 측면	기술 측면
국민 : 건설상품에 대한 예측가능성 증가 · 건설 시작 ~ 종료까지 예측 가능성 증가로 안전·품질 및 사용 편의성 등의 근본적 변화	투자 효율 및 금융효과로 재투자 활성화 · 공기단축·생산성 향상 → 금융효과(이자 및 자금회수) → 수익 실현 및 빠른 재투자 · 지지부진 공공 인프라 투자 개선 등	발주기관 : 단순 주문자에서 플랫폼 촉진자로 · 기획 ~ 설계 ~ 시공 등 전 과정의 표준을 주도하고 파이프 라인을 통합 · 절차·문서·계약관리 → 성과·데이터 중심
노동의 종말 → 판단과 협업의 시대 · 물리적/반복 노동 → 기술 감독자 + 판단자 · 설명 책임의 중요성 증대 : 사람의 영역	기업 가치 평가(Valuation) 변화 · 과거 : 수주실적, 매출, 이익 등 · 미래 : 데이터 자산, 자동화(로봇) 역량	설계·시공·공급 경계 붕괴 → 시스템 통합자 · 기존의 분절된 구조의 대변혁 예상 · 기업의 경쟁력은 데이터 통합 제어 능력으로 결정 · 공급망 역시 실시간 정보 공유 등 대전환 예상
규제 및 제도의 대전환 → 규제의 현대화 · AI 및 로봇 등을 고려한 발주·입찰·생산·생체 · 안전·품질 등 제도 전반의 근본 변화 필요 노동 대체와 관련한 새로운 기준과 제도 등	투자 효율 및 금융효과로 재투자 활성화 · 초기 기술도입 비용 증가하나 장기적 인력 의존도 하락 · 지면·안전·하자 등 불확실성 비용 제거로 비용 구조 최적화	설계 : 도면 작성 → 최적안 및 가치 판단 · 데이터 기반 설계로 설계와 시공간 경계 좁아져 · AI 기반 설계로 설계 오류 최소화 가능
		시공 : 24시간 현장 + AI 기반 통합 관리 · AI 및 로봇 기반 시공으로 생산성 극대화 · 관제 기반 공정·원가·안전·품질 관리 최적화

달라지는 건설 수요와 건설 경제학

건설 현장에서의 AI와 로봇 기술의 확산은 건설 수요 구조 자체에 중장기적인 영향을 미칠 것이다. 맥킨지 보고서에 따르면^[42] 2000년부터 2022년까지의 건설 노동생산성의 연평균 성장률은 0.4%에 그쳤음에 반해 동 기간 제조업은 3.0%를 기록한 점만 보더라도 건설산업의 생산성은 오랜 기간 답보 상태였다. 생산성 향상은 건설산업의 많은 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 기회를 제공한다. 예를 들면 기술 혁신을 통해 생산성이 급속히 증대될 경우 동일한 재원으로 단위당 더 많은 작업 혹은 시설 생산이 가능해진다. 최근 건설산업에서 고민하고 있는 투자 부족으로 인한 시설 공급 부족 문제의 상당 부분을 해소할 기회가 창출되는 것이다. 공공 부문의 경우 인프라 투자 우선순위와 포트폴리오의 근본 변화를 가져올 수 있다. 특히 경제성 문제로 미루어왔던 인프라 사업들이 재검토될 수 있다. 민간 영역에서도 개발 리스크가 낮아지면 신규 사업의 착수 문턱이 낮아지고 투자 심리 역시 자연스럽게 개선될 수 있다.

건설 경제 측면에서는 건설 비용의 구조 재편이 어떻게 나타날지 궁금하다. 맥킨지는 AI에 의해 생산성은 최대 20%, 비용은 최대 15% 절감 가능하며, 공기는 최대 30% 단축할 수 있다고 전망하였다. 또한, WEF(World Economic Forum)에서는 AI를 통해 비용은 20%, 공기는 15% 줄일 수 있다고 보고 있다.^[43] 이러한 추정은 2026년 CES에서 그 출현을 본격화한 로보틱스의 영향을 고려한 것이 아님에도 말이다. AI

기반 휴머노이드의 적용이 본격화될 경우 생산성 향상, 비용 절감, 공기 단축의 효과는 폭발적으로 증대될 것이다.

물론, 단기적으로는 로봇 장비 도입과 시스템 구축, 데이터 인프라 확보에 따른 초기 투자 비용이 증가할 수 있으며, 이러한 경제적 부담이 기술도입의 큰 장애가 될 수 있다. 그러나 장기적으로는 인건비, 공기 지연 비용, 안전사고 비용, 하자 보수 비용이 점진적으로 감소할 것이다. 즉, 건설생산비 구성 항목이 인력 중심에서 기술·설비 중심으로 이동하는 구조적 전환이 이루어질 것이며, 이로 인해 건설산업의 원가 구조뿐만 아니라 부가가치 배분 구조에도 직접적인 영향을 미칠 것이다. 기술 투자 비중이 높아질수록 기업의 비용 구조는 고정비 중심으로 재편될 가능성이 크다.

건설에서의 AI 도입과 활용 확산으로 발현될 공기 단축은 금융 구조에도 연쇄적인 변화를 일으킬 수 있다는 점도 고려 대상이다. 건설 기간이 줄어들면 프로젝트 파이낸싱(PF)에서의 이자 부담이 눈에 띄게 감소된다는 점에서, 자금 회수 기간이 짧아지면 투자 회전율이 높아지며, 이는 개발 사업의 내부수익률(IRR) 계산 방식과 리스크 프리미엄 산정에도 영향을 준다. 특히 대규모 인프라 사업이나 복합 개발 사업에서 공기 단축은 재무 구조의 안정성과 직결된다는 점에서 금융기관의 리스크 평가 모델 역시 기술 적용 여부를 중요한 변수로 반영하기 시작할 것이다.

기업 가치 평가 방식도 달라질 수 있다. AI와 로봇을 적극적으로 도입하는 기업은 단순 시공기업이 아니라 기술 기반 운영 기업으로 재평가될 것이다. 건설산업에서도 테슬라와 같은 기업이 탄생될 수 있다. 즉, 전통

적인 시공 기업에서 성장한 기업이 아니라 AI+로봇의 특화된 기술로 무장한 새로운 스타 기업의 탄생도 가능하리라 본다. 이러한 측면에서 건설기업의 평가 혹은 기준 역시 근본적으로 변화될 수 있다. 수주 실적이나 매출 규모만이 아니라 로봇 보유, AI 역량, 데이터 자산 및 디지털 운영 역량이 기업의 미래 가치를 결정하는 핵심 지표가 될 수도 있다.

소비자·투자자 관점 : 예측 가능성은 증가, 신뢰와 책임은 재분배된다

AI와 로봇 기술이 건설 현장에 안착할 때, 시설 사용자인 일반 국민과 발주자 및 시행자 등의 투자자가 체감할 가장 극적인 변화는 예측 가능성의 정교화다. 설계부터 시공, 유지관리까지 전 과정의 데이터가 단절 없이 연결되면 공사 기간, 비용, 품질·안전 등에 따른 고질적인 불확실성이 획기적으로 줄어들기 때문이다. 과거의 공정 관리가 현장의 경험과 관행이라는 다분히 주관적인 영역에 의존했다면, 이제는 철저히 데이터 기반으로 전환될 것이기에 공기 지연이나 공사비(사업비) 초과 리스크를 시뮬레이션을 통해 사전에 분석하고 차단할 수 있다. 이는 실사용자에게는 입주 등 사용 시기의 명확성과 공간의 질을 보장하고, 발주자 등 투자자에게는 사업의 재무적 리스크를 통제할 수 있는 든든한 안전장치를 제공할 수 있다.

건설 안전 측면의 변화 역시 혁신적일 것으로 예상된다. AI 기반의 위

험 예측 시스템과 로봇의 현장 투입은 사고 위험이 높은 고난도 작업을 인간으로부터 분리할 것이다. 단순히 사고가 발생한 뒤 수습하는 사후 약방문식 대응이 아니라, 센서와 영상 분석을 통해 위험 상황을 실시간으로 감지하고 대응하는 ‘능동적 방어 체계’가 구축되기에 그렇다.[44] 이러한 변화는 건설 현장의 중대 사고를 획기적으로 낮추는 결정적 요인이 될 것이고, 현재 우리산업이 가진 고질적 문제에서 근본적으로 탈출할 수 있는 길이 될 것이다.

나아가 건설 AI 기술의 혜택은 완공 이후의 편리한 삶으로 이어진다. 디지털 트윈 기반의 상시 모니터링은 시설물의 유지관리 품질을 높여, 이용자의 만족도를 증대시킬 것이며, 투자자나 건축주 입장에서조차 중대한 하자나 안전사고에 따른 법적·재무적 리스크가 대폭 완화되면서, 자산 가치의 장기적 안정성을 확보하는 효과를 누리게 될 것이다.

그러나 기술의 명암은 공존한다. 기술 중심의 건설 방식은 필연적으로 설계와 운영의 복잡성을 높인다. 이는 정보 접근성이 낮은 일반 국민이나 소규모 건축주, 그리고 중소기업에게 정보 비대칭의 심화라는 새로운 장벽으로 다가올 수 있다. 또한, AI의 판단이 의사결정의 핵심이 될수록 책임 소재의 경계는 불분명해진다. 시스템의 오류나 알고리즘의 판단 착오로 문제가 발생했을 때, 그 책임을 설계자, 시공자, 혹은 소프트웨어 개발자 중 누구에게 물어야 할지에 대한 논의도 매우 중요해질 것이다.

결국 AI와 로봇이 가져올 편익을 온전히 누리기 위해서는 기술적 완성도만큼이나 설명 가능한 AI와 명확한 책임 구조가 뒷받침되어야 한다. 사용자의 이해를 돕고 정보 격차를 해소하는 제도적 보완이 병행될 때

비로소 AI 기반 건설 기술의 대전환은 모두를 위한 진보가 될 수 있다.

대형 발주기관 : AI 기반 기술 대전환의 촉진자로 부상

건설 AI 기술 발전에 따라 공공 발주기관과 삼성전자와 같은 민간 대형 발주기관은 더 이상 단순한 주문자가 아니게 될 것이다. AI와 데이터 기반으로 건설 생산 방식이 재편되면, 기술의 정교함은 단순히 시공사만의 역량에 그치지 않기 때문이다. 발주자로서 어떤 기술을 요구할 것인지, 어떤 디지털 기준을 설정할 것인지가 프로젝트 전체의 수준을 좌우하기에 AI 기술로 무장한 발주자의 구체적 요구는 폭발적으로 증가할 것이다. 결국 발주기관은 기술 전환의 단순 수혜자가 아니라, 그 흐름을 설계하고 이끄는 촉진자(Facilitator)의 역할을 담당하게 될 것이다. 이러한 기술 촉진 유사사례는 각국의 BIM 의무 적용에서 살펴볼 수 있다. 영국은 2016년부터 모든 공공 사업에 BIM을 의무화했고, 스페인은 5,000만 유로 이상의 공공 사업에서 2018년부터 BIM을 필수화하고, 2030년까지 완전 통합을 목표로 하고 있으며, 이러한 생태계 구축에 발맞추어 계약상대자인 시공자의 변화도 활발히 이루어지고 있다는 점을 고려할 때 그렇다.[45]

건설 AI 지식과 활용으로 무장한 공공 발주기관의 변화는 기준의 정량화와 데이터화에서 시작될 것이다. 설계 적정성 검토부터 공정 계획, 공사

비 산정, 안전관리 체계에 이르기까지 모든 과정이 AI 분석과 연계하도록 요구할 것이다. 이를 통해 사업 관리의 투명성과 책임성은 비약적으로 높아질 수 있다. 다만, 기존의 절차 중심·문서 중심 행정 체계를 성과 중심·데이터 중심 구조로 전환해야 하는 조직적 부담도 따른다. 특히 AI의 판단을 행정적 의사결정에 어떻게 반영할 것인지, 그에 따르는 책임을 어떻게 제도화할 것인지가 향후 공공 부문의 핵심 과제가 될 것이다.

민간 대형 발주기관은 이보다 훨씬 빠르게 움직일 것으로 보인다. 반도체나 플랜트 분야의 기업들은 더 이상 전통적인 건설 방식에 의존하지 않고 건설을 데이터 기반의 공장형 생산 시스템으로 전환하려 하고 있다.^[46] 이러한 환경에서 건설은 더 이상 독립적인 공정이 아니라, 거대한 생산 시스템의 일부로 편입될 가능성이 높다. 설계-시공-운영 데이터를 하나의 파이프라인으로 연결하려는 발주자의 요구는 갈수록 강해질 것이며, 시공사는 단순한 시공 주체를 넘어 데이터 통합 역량을 갖춘 전략적 파트너로 재평가받게 된다.

위험 관리 방식의 패러다임도 바뀔 것이다. AI 기반의 공정 예측과 비용 분석이 강화되면서 일정과 사업비 통제는 과거와 비교할 수 없을 만큼 정교해질 것이다. 그러나 알고리즘에 대한 의존도가 높아질수록 책임 구조는 역설적으로 더 복잡해진다. 만약 AI의 예측이 빗나가 손실이 발생했다면 그 책임은 누구에게 있는가? 설계를 맡은 이인가, 시공사인가, 소프트웨어 제공자인가, 아니면 그 시스템을 선택한 발주자인가? 라는 책임소재 이슈가 현실적인 법적·계약적 쟁점으로 부상할 것이다.

결국 미래 발주기관의 역할은 단순한 계약 관리자를 넘어서야 한다.

그들은 기술 표준을 정의하고 데이터의 흐름을 조율하는 플랫폼 관리자로 진화해야 한다. 데이터의 표준, 협업 방식, 성과 배분 구조가 이미 발주 단계에서 결정된다는 점을 고려할 때, AI와 로봇 기술의 확산 여부는 실제 현장보다 발주 및 설계 단계에서 먼저 결정될 것이다.

설계·시공 생산성의 대전환과 무결점 관리

설계 사무실의 풍경도 근본적으로 달라질 수 있다. 그동안 많은 시간을 할애했던 도면 작성이나 반복적인 구조 계산은 대부분 자동화의 영역으로 넘어갈 것이다. 생성형 AI는 디자이너가 설정한 조건에 맞춰 수십 개의 설계안을 동시에 제안하며, 구조적 안정성부터 에너지 효율, 예상 공사비까지 실시간으로 비교 분석해 보여줄 수 있다. 이 점을 고려할 때 이제 설계자는 도면을 그리는 사람이 아니라, AI가 제시한 데이터 기반의 대안들 사이에서 최적의 해답을 선택하고 조정하는 전략가에 가까워질 것이다. 업무의 무게 중심이 단순 작성에서 고도의 가치 판단으로 이동하는 것이다.

설계 검토의 정밀도 역시 차원이 달라질 것이다. 미래의 설계는 로봇 시공을 전제로 하기 때문에, 미세한 치수 오차나 부재의 조립 순서까지 완벽하게 고려해야 한다. 과거처럼 현장에서 적당히 “조정하면 되겠지”라는 식의 임기응변은 더 이상 허용되지 않는다. 설계 단계에서부터 시공 로봇의 이동 동선, 작업 반경, 조립 로직이 데이터로 반영된다. 이 지점에서 도

면은 단순한 시각 문서를 넘어, 로봇에게 내리는 실행 가능한 생산 코드로 진화하며 설계와 시공의 경계는 비약적으로 좁아질 수 있다.

시공 현장의 변화는 더욱더 극적이다. 더 먼 미래일 것이기는 하나, 반복적이고 위험한 작업의 상당 부분은 로봇의 몫이 될 것이다. 철근 결속, 고난도 용접, 마감재 부착, 타설, 외벽 도장과 같은 작업은 정밀 자동화 장비가 수행한다. 사람은 물리적 작업자가 아니라 로봇의 가동 상태를 점검하고 예외 상황을 해결하는 감독자로 거듭나야 한다. 현장은 더 이상 노동집약적인 공간이 아니라, 고도의 기술 운용 공간으로 그 성격이 바뀔 것이다. 이러한 영향으로 고위험 공종에 주로 종사하던 불법 외국인 근로자가 자연스럽게 퇴출당할 것이다. 이 영역부터 건설 로봇으로 대체될 것이고, 부족한 신규 인력을 대체하면서 자연스럽게 전체 건설 근로 영역이 로봇으로 점차 대체될 것으로 예상된다.

공정 관리 역시 실시간 데이터 대시보드 위에서 구현될 것이다. 사람과 로봇은 자신이 수행한 모든 작업 데이터를 실시간으로 기록하며, 공정 지연 혹은 문제가 예상될 경우 시스템에 의해 경고될 것이다. 자재 투입 시점과 장비 배치 역시 데이터 흐름에 따라 자동으로 최적화된다. 현장 소장은 이제 직관과 감에 의존하는 대신, 실시간 대시보드를 보며 정량적인 의사결정을 내린다. 현장에서 ‘느낌상 늦어 보인다’는 주관적인 우려는 데이터가 제시하는 객관적인 분석으로 대체될 것이다.

안전관리는 완전히 새로운 국면을 맞이하게 될 것이다. 추락 위험이 있는 고소 작업이나 산소가 부족한 협소 공간 작업부터 로봇이 전담할 것이다. 위험 환경에 사람이 직접 노출되는 빈도가 획기적으로 줄어드

는 것이다. 동시에 현장의 모든 움직임은 센서와 영상으로 기록되어, 안전은 사고 후 보고하는 대상이 아니라 실시간으로 관리하고 선제적으로 차단하는 대상이 된다.

물론 이 모든 과정이 늘 완벽할 수는 없다. 시스템 오류가 발생하면 현장 전체가 일시에 멈추는 초유의 사태가 벌어질 수도 있다. 그렇기에 숙련 기능인의 가치는 사라지지 않는다. 오히려 기계가 해결하지 못하는 복잡하고 예외적인 상황을 해결하는 고급 기술 전문가로 재정의될 것이다. 결국 현장에 로봇이 늘어날수록 사람의 물리적 역할은 줄어들지 모르나, 그 책임과 전략적 가치는 이전보다 훨씬 더 크고 중요해진다.

AI가 그리는 미래 건설 현장의 하루

이제 건설 현장은 ‘근무 시간’이 아니라 ‘운영 시간’의 개념으로 작동한다. 특정한 이슈가 있지 않는 한 생산은 멈추지 않는다. 사람은 모든 시간을 일하지 않는다. 그러나 시스템은 계속 학습하고, 계속 개선된다. 10년 후의 건설 현장은 더 조용하지만, 훨씬 더 빠르게 움직이고 있을지도 모른다.

- **새벽 2시** 과거라면 불이 꺼졌을 시간이다. 그러나 현장은 조용히 움직이고 있다. 소음이 적은 내부 마감 작업은 야간 로봇이 맡는다. 3D 프린팅 장비는 콘크리트를 적층하고, 자동화 용접 로봇은 구조물을 이어 붙인다. 사람은 현장에 거의 없다. 대신 중앙 관제 시스템이 모든 장비의 상태를 실시간으로 점검한다.
- **아침 7시** 현장소장은 출근과 동시에 야간작업 데이터를 확인한다. 공정 진도는 자동으로 업데이트되어 있다. 오차가 발생한 구간은 표시되어 있고, 수정 계획도 함께 제안된다. 회의는 길지 않다. 데이터가 이미 대부분의 판단을 정리해 놓았기 때문이다.
- **오후** 낮 시간에는 사람과 로봇이 함께 움직인다. 고정밀 작업은 로봇이 수행한다. 복합적 판단이 필요한 구간은 사람이 맡는다. 숙련 기능인은 단순 작업자가 아니라, 장비 운영과 품질 검증을 담당하는 기술 감독자로 역할이 바뀌었다. 현장은 인력 중심 공간이 아니라 시스템 중심 공간이 되었다.
- **저녁** 저녁이 되면 인력은 줄어들지만 현장은 멈추지 않는다. 대형 크레인과 자동 운반 장비는 야간 물류를 처리한다. AI는 다음 날 자재 투입과 작업 순서를 재조정한다. 공정은 8시간 단위가 아니라 24시간 단위로 관리된다. 공기는 단축되고, 장비 가동률은 극대화된다.

인력 중심 산업의 시험대, AI 시대의 건설 인력

건설산업은 오랫동안 인력이라는 엔진으로 움직여온 산업이었다. 현장 숙련공의 손끝에서 생산성이 결정되었고, 기술자의 풍부한 경험은 품질과 안전의 척도 달성의 바탕이 되었다. 본사의 관리 역량 역시 사업의 성패를 가르는 핵심 자산이었다. 장비와 자본도 중요했지만, 건설업의 진정한 경쟁력은 무엇보다 인력의 노하우와 임기응변식 대응력에서 나왔다. 그러나 AI와 로봇 기술이 본격적으로 확산되면서 이 전통적인 경쟁우위 역량은 근본적인 재편을 피할 수 없게 되었다. 기술이 반복적 노동과 복잡한 계산을 대신하기 시작하면서, 사람의 역할은 수행에서 판단으로, 단일 작업에서 통합과 책임으로 변화하여야 하기 때문이다. 이는 단순한 인력 감축의 차원이 아니라, 산업의 DNA 자체가 바뀌는 대전환에 가깝다.

기업 경영의 패러다임 또한 불가피한 변화를 맞이한다. 그동안 건설기업의 경쟁력이 수주 능력과 현장 관리 역량에 의존했다면, 앞으로는 데이터 기반의 의사결정과 AI 예측 시스템이 그 자리를 대신한다. 이에 따라 본사의 기능은 단순한 지원 조직을 넘어 전략적 통합 플랫폼(통합 관제 플랫폼)으로 진화한다. 공정 예측, 원가 분석, 리스크 시뮬레이션이 일상화되면 보고서 작성이나 문서 정리 대신 데이터 해석과 전략적 판단이 기업의 핵심 역량이 된다. 조직 구조 역시 현장 중심에서 디지털 통합 관리 체계로 이동하게 되며, 이는 곧 인력 구성과 교육 체계의 전면적인 재설계를 요구받을 것이다. 기술 투자만으로는 부족하다. 사람

에 대한 투자와 재교육이 병행되지 않는 기술은 산업에 깊이 뿌리내릴 수 없기 때문이다.

건설 화이트칼라의 위상도 달라진다. 설계와 엔지니어링 영역에서 AI는 대안 생성과 시뮬레이션을 자동화하며 반복적인 검토 업무를 대체한다. 하지만 최종 선택과 그에 따르는 책임은 여전히 인간의 몫으로 남는다. 어떤 설계안이 지역 사회에 최적인지, 어떤 리스크를 감수할 것인지, 알고리즘이 대신할 수 없는 가치 판단의 중요성은 오히려 커진다. 결과적으로 기술자의 설명 책임(Accountability)은 더욱 강화될 전망이다. AI가 제시한 수치를 왜 채택했는지, 그 근거가 무엇인지 논리적으로 증명하고 책임질 수 있는 데이터 해석 능력을 갖춘 판단자로 거듭나야 한다.

현장 기능 인력 역시 변화의 폭풍 속에 있다. 전술하였듯이 반복적이고 위험도가 높은 작업, 중량물 운반이나 고층 작업 등은 로봇과 자동화 장비가 빠르게 대체해 나갈 것이다.^[47] 그러나 숙련공의 역할이 완전히 사라지는 것은 아니다. 로봇의 작업을 정밀하게 관리하고 품질을 최종 확인하며, 예기치 못한 현장 변수에 대응하는 역할은 여전히 인간의 영역이다. 숙련도와 경험은 소멸하는 것이 아니라 활용의 형태를 바꾸는 것이다. 관건은 전환의 속도다. 완만한 변화는 적응의 시간이 주어지지만, 급격한 전환은 고용 시장에 큰 충격을 줄 수 있다. 건설이 대표적인 일자리 창출 산업이었던 점을 고려하면, 자동화의 확대는 고용 구조와 사회적 합의에 대한 심도 있는 고민을 산업을 넘어 국가 및 지역경제 차원의 난제로 던질 것이다.

과거 건설은 경기 부양의 수단이자 대규모 고용을 흡수하는 일자리

저장고 역할을 해왔다. 하지만 자동화 수준이 높아질수록 동일 투자 대비 고용 유발 효과는 줄어들 수밖에 없다. 여기서 정책적인 딜레마가 발생한다. 생산성 향상과 고용 유지 사이의 균형점을 어디에 둘 것인가의 고민이 생길 것이다. 총격 최소화를 위해 단순노동 중심의 일자리에서 기술 기반 고부가가치 일자리로의 질적 전환에 대한 준비와 투자가 필요하다. 지금부터 국가 차원의 교육 체계와 직업 훈련 시스템을 밑바닥부터 다시 설계해야 함을 의미한다.

노동조합과의 갈등과 규제 변수 역시 간과할 수 없는 과제다. 조직력이 강한 건설 현장에서 자동화는 곧 고용 축소로 받아들여질 가능성이 크다. 이미 제조업 분야에서 목격했듯, 신규 고용이 급감하는 상황은 사회적 갈등의 불씨가 된다. 가뜰이나 기술 저항성이 타 산업 대비 높은 건설산업에서 원만한 합의 없는 기술 도입은 거센 저항에 부딪힐 가능성이 크다. 또한, 현재의 모든 법규와 안전 기준은 인간의 수행을 전제로 설계되어 있다는 점도 문제다. 인력 배치 기준이나 자격 요건 등이 AI와 로봇의 보편화를 수용할 수 있도록 재구성되어야 하기 때문이다. 이는 규제 완화가 아니라, 안전과 책임이라는 가치를 유지하면서도 기술 적용을 가능케 하는 규제의 현대화로 이해되어야 한다.

결국 AI 시대의 건설산업은 단지 기술 중심 산업으로 전환만을 고려할 것이 아니라 기술을 다루는 사람 중심의 산업으로 재정의해야 하고 함께 숙의하여야 한다. 근로 인력의 수는 줄어들지 모르나, 인간의 책임과 판단이 가지는 무게감은 이전과는 비교할 수 없이 커질 것이다. 건설의 미래는 로봇이 만드는 것이 아니라, 그 로봇을 어떻게 활용할지 결정

하는 인간의 선택에 의해 결정된다. 기술 대전환은 결국 사람의 문제이며, 우리 건설산업의 경쟁력은 이 변화의 과정을 얼마나 정교하게 설계하느냐에 달려있다.

누가 통합자가 될 것인가? AI 시대 건설기업의 생태계

건설산업에 맞춘 AI와 로봇, 데이터 기반 관리 체계가 확산되면 건설산업의 변화는 단순히 개별 기술의 도입에 그치지 않는다. 이는 범 건설기업군 생태계 전반의 역할 구조를 통째로 재편하는 거대한 흐름이다. 건축 설계 사무소, 토목 엔지니어링 업체, 종합건설업체, 전문건설업체 등은 오랫동안 각자의 영역을 분명히 나누어 움직여왔다. 그러나 디지털 기반의 통합 환경은 이들의 경계를 허물고 있으며, 동시에 이전과는 차원이 다른 새로운 전문성을 요구하고 있다.

건축 설계 사무소는 이제 단순히 도면을 작성하는 조직에서 벗어나, 데이터 기반 공간 기획자이자 통합 조정자로서의 역할이 강화될 전망이다. BIM과 시뮬레이션, 에너지 분석, 공정 연계 모델이 기본 도구가 되면 설계는 더 이상 시각적인 형상 제안에 머물지 못한다. 시공성과 유지관리, 운영 효율성까지 설계 단계에서 결정하는 전 생애주기 설계가 표준이 되기 때문이다. 이 과정에서 설계 사무소는 구조·설비·시공 데이터까지 통합 제어하는 플랫폼 중심 조직으로 진화할 것이다. 다만, 디지털 역량을 확보한 대형 사무소와 그렇지 못한 소규모 사무소 간의 경

쟁력 격차는 더욱 극명해질 것으로 보인다.

토목 엔지니어링 업체 역시 변화의 소용돌이 한가운데에 서 있다.^[48] 도로, 철도, 항만 등 대형 인프라 분야는 이미 디지털 트윈과 시뮬레이션 기반의 계획이 빠르게 확대되고 있다. 향후에는 실시간 데이터와 연계된 설계·운영 통합 모델이 시장의 표준이 될 것이다. 이는 엔지니어링 업체가 단순한 설계 용역 기관을 넘어, 방대한 데이터를 분석하고 운영 전략까지 제안하는 기술 자문 조직으로 거듭나야 함을 의미한다. 이제 기술적 권위는 도면의 정밀함뿐 아니라, 디지털 분석 역량에서 나올 것이다.

종합건설업체의 변화는 더욱 직접적이고 치열하다. 과거에는 종합적인 기획과 현장 관리·조정 역량이 핵심 경쟁력이었다면, 앞으로는 데이터 통합 능력과 플랫폼 운영 역량까지 확장되어 기업의 성패를 좌우할 것이다. AI 기반의 공정 계획과 품질 관리, 원가 분석이 일상화되면서 종합건설사는 단순한 시공 관리자에서 시스템 통합자(System Integrator)로서 성격이 강화된다. 설계 - 조달 - 시공 - 운영을 하나의 데이터 흐름으로 묶어내는 능력이 기업 가치를 결정짓는 척도가 될 것이며, 이 과정에서 디지털 전환에 성공한 기업과 그렇지 못한 기업 사이의 가치 격차는 건잡을 수 없이 벌어질 가능성이 크다. 이 과정에서 많은 기업의 도산이나 퇴출이 이루어질 것으로 전망된다.

전문건설업체 역시 변화의 예외가 될 수 없다. 자동화 장비와 모듈러 공법, 로봇 시공이 확산할수록 특정 공종의 기술적 깊이는 오히려 더 중요해진다. 하지만 단순 노무에 의존하는 수행 방식은 설 자리를 잃게 될 것

이다. 장비 운용 능력, 품질 데이터 관리, 디지털 협업 능력을 고루 갖춘 기술형 전문업체로 전환하지 못한다면, 건설 가치사슬 내에서 입지는 급격히 약화될 수밖에 없다. 반대로 독보적인 기술력과 데이터 역량을 선점한 전문업체는 기존보다 훨씬 높은 시장 협상력을 확보하게 될 것이다.

특히 전문건설업체는 향후 직접 생산 역량을 갖춘 종합건설기업이 되지 못할 경우 많은 기업은 구조조정의 위기에 직면할 가능성이 매우 크다. 향후 모든 건설기업은 종합적 기획·관리 역량과 로봇 기반의 직접 시공 능력을 함께 갖추어야 생존이 가능할 것이다. 이러한 변화 방향은 하향(종합에서 전문기업으로)방식보다는 상향(전문에서 종합기업으로)방식으로 이루어질 가능성이 크다. 왜냐하면 기업입장에서도 제한된 공종의 사업 영역만으로 미래 건설 시장에서 생존하기 어렵다는 판단과 더불어 부족한 경험과 기술을 AI를 통해 대체할 수 있기 때문이다.

결국 미래의 건설기업 생태계는 기능별로 쪼개진 인력 + 분절형 구조에서 로봇 + 데이터 연계형 구조로 빠르게 이동할 것이다.^[49] AI 전환 시기 설계와 시공, 엔지니어링과 운영의 물리적 경계는 남을수도 있겠지만 그 사이를 관통하는 정보의 흐름이 기업의 핵심 자산이 될 것이다. 이제 기업의 규모보다 중요한 것은 기술을 얼마나 통합적으로 활용할 수 있는가이다. AI 시대의 건설기업은 공사를 수행하는 단순 조직을 넘어, 데이터를 기반으로 공간과 인프라를 설계하고 운영하는 플랫폼 기업으로 재정의될 것이다.

플랫폼으로 재편되는 건설자재·장비

건설자재와 장비는 오랜 기간 건설산업 가치 사슬의 핵심 축을 형성해 왔다. 시멘트와 봉강 및 형강, 레미콘, 각종 설비와 마감재부터 크레인, 굴삭기, 거푸집 시스템에 이르기까지, 이들은 단순한 투입 요소를 넘어 공기와 원가, 그리고 품질을 좌우하는 전략적 변수였다. 그러나 AI와 로봇, 데이터 기반 관리 체계가 확산됨에 따라 조달 방식 역시 근본적인 변화를 맞이하고 있다. 과거의 조달이 단순 계획된 시기의 구매와 납품 중심이었다면, 이제는 정보·예측 기반의 구조로 전환되고 있다. 조달은 더 이상 단순 계약의 영역이 아니라, 데이터와 플랫폼의 영역으로 이동될 것이다.

우선 자재 조달의 측면에서 예측해 보면, 건설 AI 활용 확대로 수요 예측과 재고 관리 방식이 혁신적으로 달라질 것이다. 또한, 앞으로는 설계 모델(BIM)과 실시간 공정 데이터, 물류 정보가 긴밀하게 연계될 것이기에 이를 통해 소요 자재의 정확한 물량과 투입 시점을 정밀하게 예측할 수 있다. 이는 고질적인 문제였던 과잉 발주와 현장 적치, 자재 손·망실을 획기적으로 줄이는 결과로 이어진다. 동시에 글로벌 원자재 가격 변동이나 물류 차질과 같은 공급망 리스크를 사전에 감지하고 대체 경로를 확보하는 능력 자체가 기업뿐만 아니라 국가 차원에서도 핵심 경쟁력이 될 것이다. 데이터 기반 조달은 불확실한 시장 환경에서 비용 안정성을 확보하는 가장 강력한 수단이다.

건설 장비 영역에서의 변화는 더욱 직접적이고 가시적일 것이다. AI

기반 공정 관리와 건설 로봇 기술이 보편화되면 기존 범용 장비의 활용 방식이 바뀌고, 자동화 및 반자동화 장비에 대한 수요가 급증하게 될 것이기 때문이다. 이제 장비는 단순히 운용 기사를 포함해 일정 기간 빌려 쓰는 임차 계약의 영역이 아닐 수 있다. 현장의 데이터를 수집하고 작업 경로를 스스로 최적화하는 스마트 장비로 전환될 것이다. 또한, 가동률, 연료 소비량, 작업 효율이 실시간으로 분석되면서 최적의 장비 선택과 배치 전략 역시 매우 스마트해질 것이다. 이에 따라 건설 장비 제조·판매·임대산업 역시 장비를 제작하여 판매하거나 빌려주는 공급자를 넘어, 데이터 기반의 운영 서비스와 기술 솔루션을 제공하는 전략적 파트너로 그 역할이 확장되어야 한다.

다만, 이러한 변화는 시공 후반 산업 공급망 구조 자체의 피할 수 없는 재편을 동반할 것이다. 자재와 장비 기업이 디지털 역량과 플랫폼 연계 능력을 갖추지 못할 경우, 가치사슬 내에서의 지위는 급격히 약화될 수밖에 없다. 반대로 데이터 표준을 선점하고 시스템을 선도하는 기업은 조달 단계에서 이전보다 훨씬 큰 영향력을 확보하게 될 것이다.

결국 자재와 장비 조달은 과거의 단순 수요-공급 원칙에 기반한 가격 협상 중심 구조에서 벗어나, 정보 공유와 리스크 관리, 그리고 장기적 신뢰 기반의 전략적 파트너십 체계로 전환될 것이다. 건설산업의 기술 대전환은 눈에 보이는 현장뿐만 아니라, 그 전 단계인 조달 체계 밑바닥에서부터 이미 시작되고 있다고 할 수 있다.

건설 AI 전환기 정부는 무엇을 고려해야 하나?

AI 시대의 건설산업 전환기에서 정부의 역할은 단순한 규제자나 지원자를 넘어, 산업 구조의 재정렬을 설계하는 조정자이자 방향 제시자로 재정립될 필요가 있다. 건설은 본질적으로 제도 기반 산업이며, 발주·입찰 제도, 생산체계, 하도급 구조, 안전과 품질 규범 위에서 작동해 왔다. 따라서 기술 혁신의 속도는 결국 제도의 수용 능력에 의해 결정된다. 정부는 AI와 로봇 기술이 현장에 적용될 수 있도록 규제의 목적은 유지하되 적용 방식은 유연화하는 ‘재설계형 규제 혁신’을 추진해야 한다. 이는 완화가 아니라, 사람 중심 전제를 기술-사람 협업 전제로 전환하는 작업에 가깝다.

건설산업의 기술 대전환은 현장의 장비와 인력을 교체하는 수준에서 완성되지 않는다. 발주 및 입·낙찰 제도, 생산체계, 하도급 구조, 그리고 안전과 품질 관리 체계가 톱니바퀴처럼 맞물려 움직이지 않으면 혁신은 절반 이하의 성과에 머물 수밖에 없거나 작동 자체가 될 수 없다. 다시 강조하자면 건설은 오랫동안 성문화된 제도와 엄격한 규정 위에서 작동해 온 산업이다. 기술 혁신은 언제나 제도와 맞물려 전개되어 왔으며, 때로는 제도가 혁신의 속도를 조절하는 제동 장치 역할을 하기도 했다.

가장 먼저 짚어봐야 할 대목은 산업의 입구인 발주 및 입·낙찰 제도다. 이 제도는 산업 구조를 형성하는 가장 강력한 장치다. 현재 다수의 공공 및 민간 발주 사업은 여전히 가격 중심의 경쟁 구조에 뿌리를 두고 있다. 기술 제안이 일부 반영되더라도, 최종 평가는 결국 가격과 형식

적 요건에 의해 좌우되는 경우가 많다. 이런 구조에서는 건설기업이 장기적인 기술 투자에 공격적으로 나서기 어렵다. AI 기반 설계나 로봇 시공, 데이터 통합 시스템을 도입하는 비용이 낙찰 경쟁에서 오히려 가격 경쟁력을 떨어뜨리는 부담으로 작용하기 때문이다. 기술 대전환을 촉진하려면 발주 단계에서 데이터 활용 능력, 디지털 협업 역량, 자동화 수준 등을 평가 항목에 구조적으로 반영해야 한다. 즉, 가격 경쟁과 기술 경쟁 사이의 균형점을 재설정하는 것이 미래에도 핵심 과제가 될 것이다.

전통적인 설계·시공 분리 방식 역시 전면적인 재검토가 필요한 시점이다. 정보의 통합과 실시간 데이터 연계를 전제로 하는 AI 기반 생산체계는 칸막이식 분리 구조와는 본질적으로 충돌한다.^[50] 최근 통합 발주나 설계·시공 일괄 방식, 운영 연계형 계약이 확대되는 배경에는 이러한 한계 인식이 자리 잡고 있다. 다만 제도 변경은 이해관계의 재조정을 의미하므로, 산업 전반의 합의와 준비가 선행되지 않는다면 부분적인 시도에 그칠 가능성이 크다. 생산체계 측면에서도 종합과 전문 업종 간의 경직된 업역 구조는 여전하다. 그러나 AI와 로봇 활용이 보편화될수록 이러한 구분은 점차 유연해질 수밖에 없다. 기술은 기능 단위로 작동하고, 책임은 데이터의 흐름을 따라 재정의되기 때문이다.

하도급 구조 또한 기술 전환의 성패와 밀접하게 연결된다. 다단계 하도급 구조는 그동안 전문성과 유연성을 제공해 왔지만, 동시에 정보와 책임의 단절이라는 부작용을 낳았다. AI 기반의 공정 및 품질 관리가 도입되더라도 데이터 공유 체계가 일원화되지 않으면 그 효과는 반감된다. 원도급과 하도급 간의 책임 구조가 불명확할 경우, 기술 적용에 따

른 리스크를 서로 회피하려는 경향도 나타날 수 있다. 따라서 기술 확산을 위해서는 데이터 공유와 공동 책임 원칙을 제도적으로 정비하는 것이 무엇보다 중요하다.

안전 제도는 앞으로 AI 및 로봇시대에 가장 민감하면서도 시급하게 변화되어야 할 영역이다. 건설은 중대 사고와 직결되는 산업이기에, 그 동안의 규제는 사고 이후 처벌을 강화하는 방향으로 진화해 왔다. 그러나 AI와 센서, 영상 분석 기술은 안전관리의 초점을 사후 책임에서 사전 예측과 예방으로 전환 할 것이다. 위험 행동을 실시간으로 감지하고 작업 환경을 자동 통제하는 체계가 실현되는 것이다. 문제는 이러한 기술적 예방 조치를 법과 제도가 어떻게 인정하고 책임 구조와 연결할 것인가에 있다. “만약 AI가 위험을 감지하지 못했을 때 그 책임은 누구에게 귀속되는가?”와 같은 기술 활용을 장려하면서도 책임의 공백을 만들지 않는 정교한 제도 설계도 필요할 것이다.

품질 관리 체계 역시 근본적인 변화가 요구된다. 현재의 품질 관리는 검사와 문서 기록 중심의 개별 단위 현장 내에서 이루어지는 사후 확인 성격이 강하다. 앞으로는 시공 과정에서 생성되는 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 설계 모델과 비교해 자동 검증하는 방식이 주류가 될 것이다. 품질 관리가 결과가 아닌 과정의 관리가 되는 셈이다. 이를 실현하기 위해서는 데이터 위·변조 방지 기술, 시스템 오류 대응 가이드라인, 디지털 인증 기준의 표준화 등 새로운 관리 체계가 병행되어야 한다. 이뿐만이 아니다. 기술 저항성 극복, 노조의 반발 등 해결해야 할 사항이 복잡다기하게 얹혀져 있다.

또한 기술 도입의 위험을 개별 기업에만 전가하지 않는 구조를 마련해야 한다. 초기 투자 부담이 큰 AI·로봇 기술은 단기 수익성 중심의 발주 구조에서는 확산되기 어렵다. 공공 발주 단계에서 디지털 역량과 데이터 활용 능력을 평가 요소로 반영하고, 사업에서의 실질적 기술 전환 활성화를 통해 학습 비용을 사회적으로 분담하는 방식이 요구된다. 동시에 데이터 표준과 상호운용성 기준을 마련하여 산업 전체가 동일한 언어로 연결될 수 있도록 해야 한다. 표준은 기술 확산의 기반 인프라이다.

AI와 로봇이 건설산업에 던지는 6가지 화두

① 선택이 아닌 생존을 위한 필수 인프라로의 전환

과거의 기술 혁신이 생산성 향상을 위한 보조적 수단이었다면, 이제 AI와 로봇은 전력이나 통신처럼 산업 가동을 위한 기본 전제가 될 것이다. AI와 로봇이 구축하는 데이터 신경망은 건설의 전 과정을 연결할 것이며, 이 흐름에서 이탈하는 기업은 단순히 신기술을 쓰지 않는 수준을 넘어 글로벌 산업 표준 규격에서 낙오될 위험에 직면할 것이다. 여기서 정부의 역할도 매우 중요하다. 관련 정책과 제도 환경을 시대에 맞게 설정하여 건설산업 기술과 산업 DNA 모두 대전환될 수 있도록 지원해야 한다.

② 인력 중심에서 기술·고정비 중심으로의 건설 경제 구조 재편

투입 인력에 비례해 비용이 산정되던 변동비 중심의 건설 경제가 기

술 투자와 시스템 운영이 중심이 되는 고정비 구조로 바뀔 가능성이 크다. 단기적으로는 비용 부담이 될 수 있으나, 장기적으로는 공기 단축과 리스크 관리 비용의 획기적 절감을 통해 건설 금융의 선순환을 이끌 것이다. 특히 PF 구조의 안정성을 높여 건설산업의 재무적 체질을 근본적으로 개선하는 계기가 될 수 있다.

③ 단순 수행에서 전략적 판단과 책임으로의 역할 고도화

로봇이 물리적 노동을 대체함에 따라, 기존 건설 전문가의 위상은 AI가 제시하는 수많은 대안 중 최적안을 선택하고 그 결과에 사회적 가치를 부여하는 판단자로 격상되어야 한다. 화이트칼라(기술 인력)와 블루칼라(기능 인력)를 막론하고 기술 활용 능력이 곧 핵심 경쟁력이 되며, 이는 직무의 성격을 노동 집약형에서 지식 집약형으로 재정의하는 전환점이 될 것이다.

④ 분절된 업역을 허무는 데이터 기반 통합 플랫폼 생태계

건설사업 참여자 구분에 따른 전통적 설계, 시공, 유지관리로 분리되었던 가치사슬이 데이터라는 고리로 하나로 묶이면서, 기업의 경쟁력은 누가 더 많은 데이터를 통합 제어하느냐에 따라 결정될 것이다. 종합건설기업은 시스템 통합자로, 전문건설기업은 기술형 파트너로 진화해야 하며, 이 환경에서는 기업의 규모보다 데이터 자산과 플랫폼 운영 역량이 시장의 협상력을 결정하게 된다.

⑤ 조달 방식의 지능화와 지속 가능한 공급망 구축

AI 기반의 정밀한 수요 예측은 현장의 자재 낭비와 물류 차질을 최소화하며, 조달 과정을 단순 구매에서 실시간 정보 공유의 영역으로 끌어올릴 것이다. 스마트 장비가 수집하는 데이터는 자원 효율성을 극대화할 뿐 아니라, 예측 유지관리 체계를 가능케 하여 기후 위기 시대에 부합하는 친환경적이고 지속 가능한 건설 기반을 마련해 줄 것이다.

⑥ 기술의 완성을 결정짓는 제도적 수용성과 규제 재설계

아무리 뛰어난 기술도 과거의 인력 중심 입찰 제도나 처벌 위주의 안전 규정에 묶여 있다면 현장에 뿌리내릴 수 없다. AI의 판단에 대한 책임 소재를 명확히 하고, 데이터 기반 품질 관리를 공식 표준으로 인정하는 제도적 진화가 필수적이다. 기술 대전환의 최종 성패는 현장의 화려한 로봇보다, 그것을 안전하게 담아낼 수 있는 제도 설계의 깊이에 달려있다.

지금까지 AI와 로봇이 건설산업 전반에 어떠한 영향과 변화를 불러올 것인지에 대해 논의하였다. 이제부터는 이를 다시금 확장하여 건설사업의 프로세스인 발주~설계~구매~시공 등 단계별 영향과 변화에 대해 보다 심층적으로 살펴보고자 한다.

I 참고문헌 I

- [1] Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.), Pearson.
- [2] Dartmouth College. (n.d.). Artificial intelligence (AI) coined at Dartmouth. <https://home.dartmouth.edu/about/artificial-intelligence-ai-coined-dartmouth> (접속일 2026.03.12.)
- [3] Weizenbaum, J. (1966). ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. Communications of the ACM, 9(1), 36–45. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/365153.365168>
- [4] Minsky, M., & Papert, S. (1969). Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry. Cambridge, MA: MIT Press.
- [5] Lighthill, J. (1973). Artificial Intelligence: A General Survey (Lighthill Report). Science Research Council.
- [6] National Research Council. (1966). Language and Machines: Computers in Translation and Linguistics. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9547>
- [7] Shortliffe, E. H. (1976). Computer-Based Medical Consultations: MYCIN. New York: Elsevier.; Hayes-Roth, F., Waterman, D. A., & Lenat, D. B. (Eds.). (1983). Building Expert Systems. Reading, MA: Addison-Wesley.
- [8] McDermott, J. (1980). R1: An Expert in the Computer Systems Domain. AAAI-80 Proceedings. <https://cdn.aaai.org/AAAI/1980/AAAI80-076.pdf>
- [9] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G.E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. NeurIPS 2012
- [10] Vaswani, A. et al. (2017). Attention Is All You Need. NeurIPS 2017. <https://arxiv.org/abs/1706.03762>
- [11] Brown, T. et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners (GPT-3). NeurIPS 2020. <https://arxiv.org/abs/2005.14165>
- [12] 대한경제 편집부. (2025). 생성형 AI 넘어 에이전틱 AI로 급속 진화. 2026 메가트렌드. 대한경제.
- [13] 한국건설산업연구원. (2026). 피지컬 AI 확산과 건설분야 시사점. 건설동향브리핑 제1042호
- [14] Ovide, S. (2026.2.7.). The AI boom is so huge it's causing shortages everywhere else. The Washington Post.
- [15] Reuters. (2025.01.21). Trump announces a \$500 billion AI infrastructure investment.
- [16] Reuters. (2026.02.04). Alphabet plans \$175B–\$185B capex in 2026.
- [17] Amazon. (2025). Amazon to invest up to \$50 billion to expand AI and supercomputing.
- [18] 임정환. (2024.9.24). MS, 데이터센터 전력 확보 위해 재가동 원전 전력구매계약 체결. ESG경제
- [19] CNBC. (2024). Nvidia dominates the AI chip market, but there's rising competition.
- [20] Microsoft 공식 블로그. (2025). Microsoft and OpenAI evolve partnership to drive the next phase of AI.
- [21] Deloitte Insights. (2026). 2026 Engineering and Construction Industry Outlook.
- [22] NVIDIA 공식 블로그. (2024). How the World's First GPU Leveled Up Gaming and Ignited the AI Era.
- [23] NVIDIA 공식 블로그. (2024). How NVIDIA AI Foundry Lets Enterprises Forge Custom Models.
- [24] BMW Group. (2025). BMW Group scales Virtual Factory.
- [25] BMW Group. (2025). Efficient, sustainable, digital: New BMW Group Plant Debrecen.
- [26] NVIDIA 홈페이지. (n.d.). BMW Group Develop Custom Application on NVIDIA Omniverse.
- [27] NVIDIA 홈페이지. (n.d.). Foxconn Develops Physical AI-Enabled Smart Factories with Digital Twins.
- [28] NVIDIA Press Release (2024). Robotic Factories Supercharge Industrial Digitalization as Electronic Makers Adopt NVIDIA AI and Omniverse.
- [29] Hyundai Motor Group 홈페이지. (n.d.). The mobility factory without conveyor belts.
- [30] Deloitte. Software Defined Manufacturing — Paradigm shift for smart factory systems. (n.d.).
- [31] Tesla. (n.d.). 홈페이지
- [32] SpaceX. (2022). GNC Technical Memo: Starlink Conjunction Avoidance.
- [33] Palantir. Gotham Platform.
- [34] TIME Magazine (2024). How Tech Giants Turned Ukraine Into an AI War Lab.
- [35] Palantir Press. (2021). U.S. Special Operations Command (USSOCOM) Contract Award.
- [36] UK Government. (2026). New strategic partnership with Palantir - UK Ministry of Defence, £1.5bn investment.
- [37] Palantir 홈페이지. (n.d.). Impact: Airbus and Skywise.
- [38] Palantir 홈페이지. (n.d.). Palantir for Hospitals.
- [39] Palantir Investor Relations (2023). WesTrac and Palantir Renew Australian Partnership for Five Years.
- [40] International Energy Agency. (2024). Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026.
- [41] Rawlinson, S. (2026). Simplification, AI, robotics? Finding the fix for construction in 2026. Building.
- [42] McKinsey & Company. (2025), Humanoid Robots in the Construction Industry.
- [43] Smartdev. AI in Construction: Top Use Cases You Need To Know.
- [44] Ren, Z., & Kim, J. I. (2025). The role of AI in on-site construction robotics: A state-of-the-art review using the sense–think–act framework. Buildings, 15(13), 2374.
- [45] AECbytes. (2024). Making the case for mandatory BIM in public construction projects.
- [46] 박종진. (2025.10.31). 삼성전자, 엔비디아 손잡고 세계 최대 반도체 'AI팩토리' 구축. 머니투데이.
- [47] 강주현. (2026.2.5). 로봇, 일자리 뺏는 괴물 아닌 노동자 지키는 방패, 현대차의 피지컬 AI 철학. 대한경제.
- [48] 안재민. (2025.12.15). 건설엔지니어링 업계에 부는 AI 열풍. 대한경제.
- [49] Building. (2025). Making the most of AI and data in construction.
- [50] 백경민. (2026.1.5). [AI가 바꾸는 건설 생태계] 1부 공공 발주 · 정책편 ⑥ 공공조달 제도적 과제는. 대한경제.



Part 03

AI가 그리는
건설의 신세계





AI가 그리는 건설의 신세계

계속해서 반복되는 이야기지만 우리 건설산업은 오랫동안 '분업과 전문화'라는 산업화 초창기 낡은 패러다임에 오랫동안 갇혀 있었다. 법으로 보호된 각 업역은 벽을 쌓은 채 단절되었고, 설계와 시공은 제도적으로 분리되어 자신의 이익을 위해 서로의 영역을 불신하기 일쑤였다. 이러한 폐쇄적 구조는 외부 세계와의 교류 없이 독자적으로 진화하다가 외부 생물체의 유입으로 멸종 위기에 처하는 '갈라파고스 증후군'을 연상케 한다. 그러나 2026년 1월 라스베이거스에서 열린 CES 우리에게 '미래는 아직 오지 않았다'는 안일한 생각에 충격을 안겨 주었다.

CES 2026의 가장 큰 충격은 아마 '피지컬 AI(Physical AI)'의 완성도였을 것이다. 엔비디아(NVIDIA)의 젠슨 황은 '베라 루빈(Vera Rubin)' 아키텍처를 발표하며 에이전트 기반 AI 워크로드를 위한 하드웨어적 토대를 제시했다. 그리고, 현대자동차 그룹의 보스턴다이나믹스는 휴머노이드 로봇 '아틀라스(Atlas)'를 통해 산업 현장으로의 전면적 진출을 선언했다. 이는

인공지능이 스크린 속의 텍스트를 넘어, 건설 현장의 거친 콘크리트 바닥과 복잡한 비계 사이를 누비는 모습도 머지않았음을 시사한다.

제3장의 핵심 목적은 AI로 인한 건설산업 변화의 필연성을 공감하고 기존 플레이어인 개별 건설기업에겐 생존과 정부 및 발주자 등 범 이해관계자에게는 산업 진흥의 방향을 위한 준비를 환기하는 데 있다. 여기서는 건설사업 참여자별 AI로 인해 변화될 미래 모습을 제시하고자 한다. 그리고 준비되지 않은 자에게는 파괴적 위기가, 준비된 자에게는 건설 르네상스가 찾아올 것이라는 메시지를 감히 던지고자 한다.

한 가지 가정할 것이 있다. 미래 시점은 당장 내일부터 1년, 10년 등 무한한 미래 중 특정 시점에 이르기까지 다양하지만, 본서에서 기술하는 미래 시점은 하드웨어적으로는 피지컬 AI가 상용화되고 소프트웨어적으로는 에이전틱 AI가 활성화된 시점으로 정의하였다. 이를 통해 건설산업 참여자별로 기술되는 미래 모습과 기술 수준의 정합성을 최대한 유지하고자 노력했다. 이러한 미래 시점이 몇 년 후라고 꼭 찍어서 기술하진 않았다. 하지만, CES 2026에서 목격한 휴머노이드 로봇의 충격과 ChatGPT 이후 폭발적으로 가속화된 에이전틱 AI의 진화 속도를 생각하면 생각보다 가까운 미래일 것이다.

또한, 집필진은 이 미래 시점은 아직 기술적으로 완벽하지 않으며, 관련 제도 변화 속도도 더딘 과도기적 성격을 가진다고 판단했다. 그리고 다음과 같은 3가지 주요 가정을 하였다. 첫째, 인공지능 기술의 비약적인 발전으로

환각(Hallucination) 리스크가 현저히 감소하긴 했으나, 아직 100% 완벽을 담보하지 않는다는 점이다. 따라서 AI가 분석한 결과물에 대한 전문적인 검증과 법적 책임의 주체로서 인간의 역할은 예전보다 더 중요해진다. 이는 기술이 고도화될수록 AI는 고도의 효율성을 제공하는 도구로, 인간은 그 결과에 책임을 지는 역할이 명확히 분담되는 단계다.

두 번째 가정은 건설 현장이 인간과 피지컬 AI가 공존하는 하이브리드(Hybrid) 공간으로 빠르게 재편되고 있다는 점이다. 피지컬 AI 기술은 막대한 초기 자본이 소요되는 만큼 대규모 현장을 중심으로 먼저 뿌리를 내릴 것이다. 소규모 현장은 여전히 인력 의존도가 높은 상황이나, 서서히 변화의 바람이 불기 시작하는 단계로 미래 시점을 정의하였다. 그리고, 이 시점의 현장은 피지컬 AI(무인장비, 작업용 로봇, 휴머노이드 로봇)와 사람이라는 이종(異種) 주체 간의 유기적인 협업 구조도 중요하게 된다.

마지막 세 번째 가정은 법적 책임 소재 등의 이유로 수평적 업역(설계, 시공 등)은 여전히 유지된다는 점이다. 그러나 기술 발전은 이미 이러한 물리적 경계를 허물며 '업역 통합'에 대한 시장의 니즈는 큰 상황이다. 또한 다양한 인·허가 절차 관문(Gateway)은 여전히 존재하지만, 문턱이 대폭 낮아졌다. 또한, '멀티 직무 휴머노이드 로봇'의 등장으로, 기존 세분되었던 기능 인력 직종들이 부분적으로 융합되는 변화도 일어나고 있는 시점이다.

이러한 가정을 기초로 이번 장에서는 건설사업 참여자를 현재 대표적 시

장 플레이어라 할 수 있는 발주자, 설계/용역사, 공급사, 시공사로 구분하여 다음과 같은 미래 변화 모습을 예측하여 기술하고자 한다.

건설사업 참여자별 주요 변화 모습

참여자	주요 내용
발주자	①기획의 혁명, ②전략적 분화, ③데이터 일체화, ④기술 민주화, ⑤건설 르네상스
설계·용역사	①프로세스 혁신, ②역할의 재정립, ③신뢰의 고도화, ④사업방식 변화
공급사	①구매조달의 전략화, ②지능형 현장 운영, ③장비의 지능형 제어 ④표준화/리스크관리, ⑤건설의 제조업화
시공사	①생산성 혁명, ②가상 시뮬레이션, ③지능형 현장관리, ④예방적 안전/품질관리, ⑤조직/인력의 역할 재편, ⑥건설기업 구조의 개편, ⑦데이터 경쟁 구조



1

**발주자가 만드는
새로운 건설 질서**



목소리 큰 사람이 이기던 시대의 종말 : AI가 만드는 신속·투명·경제적 기획



건설산업은 지난 수 세기 동안 ‘경험’이라는 틀 안에서 정보의 비대칭성과 불확실성을 숙명적인 상수로 받아들여 왔다. 이에 따라 시장 참여자 간의 불신은 깊어졌다. 이는 복잡한 계약 구조와 행정 절차, 그리고 최악의 상황에는 분쟁으로 인한 소송 리스크라는 막대한 사회적 비용으로 이어지기도 했다. 그러나 2026년 현재, 우리는 에이전틱 AI와 퍼지컬 AI 상용화로 건설의 근간을 뒤흔드는 ‘새로운 질서’의 서막이 머지않았다는 걸 직감하고 있다. 과거의 건설 발주자는 단순히 자본을 투입하여 시설물이라는 결과물을 수동적으로 수령하던 ‘전통적 투자자’였던 반면, 미래의 발주자는 AI 기술발전에 힘입어 방대한 데이터를 실시간으로 조율하며 가치를 결정하고 리스크를 통제하는 ‘지능형 의사결정

자’로 변모할 것이다.

이러한 변화의 핵심은 ‘사람 중심’ 건설산업이 ‘시스템 중심’으로 전환한다는 점이다. 전문가의 경험과 직관에 의존하던 수개월간의 분석 업무가 단 며칠의 AI 시뮬레이션으로 대체되면서, 건설 기획의 속도와 투명성은 급격히 변화할 것이다. 이는 불필요한 행정 소모를 줄이는 등 산업에 고착화된 질서를 재편하는 매우 긍정적인 신호가 될 것이다.

기획의 초가속화와 비용 혁명

전통적인 건설사업 기획 단계에서 발주자의 가장 큰 고충은 ‘불확실성 속의 기다림’이었다. 대규모 프로젝트의 예비타당성 조사와 기본계획/타당성 조사를 위해 자료를 준비(대부분 외주)하고 심의를 받는 과정이 발주자의 가장 큰 역할로 인식되었다. 그러나 AI 시대 미래 건설 발주자는 AI의 실시간 분석 역량을 활용해 이 기간을 수개월에서 단 며칠로 단축하는 ‘기획의 초가속화’를 달성할 것이다. 사업 기획에 특화된 AI 개발로 발주자의 당해 건설사업에 대한 주요 요구사항과 함께 대지, 법규, 시장 트렌드, 공사비 변동성 등 수많은 변수를 동시에 시뮬레이션하여 최적의 사업 모델을 도출할 것이다. AI는 시작부터 예비타당성 조사의 B/C를 통과할 수 있는 사업의 규모와 내용을 기획해 준다. 따라서 발주자는 더 이상 예비타당성 조사 통과를 위해 사업비용을 줄이는 등의 편법을 쓸 필요가 없어진다. 그리고 AI 분석을 통한 정확한 비용 산

출과 일정 예측은 예산 초과를 사전에 예방하고 자원 배분을 최적화할 것이다.

하지만, 이러한 기술적 도약에도 불구하고, AI가 생성하는 결과물은 여전히 통계적 확률에 기반한다. 따라서 건설산업의 특수성/복합성에서 기인하는 할루시네이션(환각) 리스크를 내포할 수밖에 없다. 이 경우 발주자는 기획 단계부터 잘못된 방향으로 엄청난 예산을 투입할 위험에 직면할 수 있다. AI는 '확률'만 제시하고 '책임'을 지지 않기 때문이다. 사업의 기획 속도가 빨라질수록 발주자 및 전문가(승인 주체인 위원회 구성원 등)는 AI 분석 결과를 비판적으로 검토하고 오류를 식별해 내는 '검증 역량'이 요구된다. AI를 통한 사업 기획 속도의 가속화가 책임의 경량화를 의미하지 않음을 항상 명심해야 한다.

행정 절차 단순화와 '문턱'의 하향

AI는 건설사업의 고질적 병목 현상 중 하나인 인·허가 절차도 획기적으로 개선할 수 있을 것으로 기대된다. 구체적으로 인·허가라는 행정 절차 자체는 책임 문제 등의 이슈로 인해 유지될 가능성이 크다. 하지만, AI를 통해 복잡한 법령 검토와 서류 준비가 비약적으로 수월해짐에 따라 비용과 시간이 절약되는 효과를 낼 것이다. 예를 들어, AI는 해당 건설사업에 필요한 다양한 인·허가(건축허가, 착공 승인, 사용승인 등) 준비 시점과 필요 서류를 정확하게 알려준다. 그리고 인·허가의 복

잡한 법령 검토와 서류 준비의 어려움을 덜어줄 것이다.

특히 AI의 진가는 여러 부처의 규제를 검토해야 하는 '의제협의' 과정에서 극대화될 것이다. 막대한 시간이 소요되었던 관련 부처의 협의 과정은 AI의 실시간 타 법령과의 충돌 여부 검토로 대체될 것이다. 이로 인해 인·허가 의제 처리가 획기적으로 빨라질 것이다. 행정적 예측 가능성 증대는 사업 동력을 강화하는 핵심 자산이 된다. 이러한 인허가 자동화 사례는 이미 카타르의 'AI 기반 건축허가 시스템'을 통해 효율성(승인 시간 99.7% 단축, 기존 30일 → 2시간)을 인정받았다. 그리고 곧 국내 건설산업에서도 AI가 건설사업 행정 절차 단순화에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

참고 : 카타르의 지능형 건축허가 시스템(2023~)

2023년부터 카타르 자치행정은 'AI 기반 지능형 건축허가 시스템'을 도입하여 공공사업 인·허가 심의 문턱을 낮추는 핵심 도구로 사용되고 있다. 이 시스템은 발주자가 제출한 BIM(IFC 형식) 도면을 AI가 스캔하여 약 1,200개 이상의 건축법규 및 안전 기준과 실시간으로 대조하는 'Code Mapping' 기술을 적용한다. 설계 오류나 법규 위반 사항이 발견되면 AI가 즉시 해당 좌표를 특정하여 수정 가이드를 발송하는 '즉각적 검증' 체계를 갖추고 있다. 그 결과, 과거 엔지니어들이 수천 페이지의 도면을 수동으로 검토하며 소요되었던 평균 30일의 승인 시간이 단 2시간으로 약 99.7% 단축되었다. 이는 발주자에게 인·허가 승인 여부에 대한 즉각적인 확신을 제공하며, 착공 계획의 불확실성을 제거하여 금융 조달(PF) 가속화라는 실질적인 경제적 실익을 안겨주었다.

자료 : Nemko Digital(2025) 

VR·예측 데이터에 의한 투명한 의사소통

재개발·재건축 사업에서는 비전문가 조합원이 AI가 접목된 가상현실(VR)과 데이터 예측 기술 등을 활용하여 불안감을 해소하고 소통의 격차를 근본적으로 줄이는 혁신적인 변화가 일어날 것이다. 과거 코로나 19 팬데믹 당시에도 비대면 마케팅의 일환으로 VR 및 메타버스 모델하우스(온라인 견본 주택)가 성행한 바 있다. 하지만 당시의 기술은 단순히 완공 후의 세대 모습을 2차원 또는 3차원으로 이미지화하여 보여주는 ‘정적인 시각화 도구’에 머물렀다. 하지만 미래 모델하우스는 BIM과 AI가 실시간 연동되는 ‘지능형 디지털 트윈’으로 업그레이드될 것이다.

AI는 난해한 설계 도면과 공법 설명을 조합원/입주 예정자가 직관적으로 이해할 수 있는 시각 데이터와 시뮬레이션으로 실시간 번역해 줄 것이다. 과거 가상(VR or 메타버스) 모델하우스는 미리 정해진 옵션을 구경하는 수준이었다. AI 시대 모델하우스는 조합원이 벽지의 재질을 직접 선택/변경할 수 있다. 또한, 가구 및 내장재 사양 등 다양한 설계 옵션을 조정할 때마다 분담금의 변동 수치를 실시간으로 확인할 수도 있을 것이다. 더불어, AI 기반 예측 모델은 해당 세대의 계절별 일조량, 실제 창밖으로 보일 조망권, 향후 단지 가치 추이 등도 함께 시뮬레이션해 줄 것이다.

이러한 AI로 인한 투명한 정보 제공은 조합원들에게 ‘막연한 상상’ 대신 ‘근거 있는 확신’을 제공하여 다음과 같은 변화를 기대할 수도 있다. 먼저 “왜 공사비가 올랐는가?”라는 질문에 대해 과거에는 비전문가가

확인할 수 없는 수백 페이지의 내역서를 검토해야 했다. AI 시대에는 AI가 물가 변동 데이터와 설계변경 요인을 시각화된 시뮬레이션으로 즉각 대조해 보여줌으로써 데이터로 증명된 투명한 소통이 가능해진다.

다음으로 이해관계 상충 시 AI가 제시하는 객관적인 데이터 분석과 최적 대안을 바탕으로 소모적인 감정 대립을 최소화할 수 있다. 이는 특정 소수의 주장이 아닌 데이터에 기반한 다수의 합의를 끌어내 의사결정 속도를 비약적으로 높인다. 또한, AI 시대에는 복잡한 인·허가 요건과 조합원 간 이해관계를 사전에 정밀하게 시뮬레이션하여 최적의 합의안을 도출할 것이기에 고질적인 사업 지연 리스크를 혁신적으로 제거하며, 발주자에게 사업의 안정성을 확보하는 강력한 무기를 제공할 것이다. 결과적으로 AI는 비전문가인 발주자를 스마트하게 만들며, 데이터로 증명된 투명한 소통을 통해 사업에 대한 신뢰성을 확보케 할 것이다.

AI가 최적화하는 건설의 두 가지 방향 : 민간의 수익 vs. 공공의 편익



AI 시대 미래 건설산업은 데이터가 설계를 주도하고 알고리즘이 수익성과 공공성을 정밀하게 계산하며, 피지컬 AI가 시공을 담당하는 지능형 생태계로 진화할 것이다. 그리고 이러한 변화의 방향성은 민간과 공공사업이라는 두 개의 축으로 선명하게 구분될 가능성이 크다. 민간 부문에서는 수익의 최적점을 포착하고 자본 회전율을 극대화하는 방향으로 진화할 것이다. 그리고 공공 부문에서는 사회환경적 변수 등을 종합적으로 분석하여 사회 안전망 등 공공성을 최적화하는 방향으로 사업이 기획될 것이다.

민간, 수익의 최적점을 포착하다

민간 건설 시장에서 AI는 '이익의 극대화'와 '리스크의 최소화'라는 자본주의 시장 본연의 목적을 달성하는 가장 강력한 도구가 될 것이다. 과거 부동산 개발이 전문가의 주관적 경험/직관이나 제한된 통계에 의존했다면, AI 시대에는 실시간 데이터를 통합 분석하여 시장의 미세한 변화까지 분석한다. AI 기반 사업 분석 플랫폼은 경제 지표, 고용 통계, 인구 통계학적 변수뿐만 아니라 교통량, 소셜 미디어 감성 트렌드까지 분석한다. 심지어 위성 이미지와 신용카드 결제 패턴까지 학습하여 해당 대지 주변 지역의 미세한 움직임에 이르기까지 정밀하게 분석할 것이다.

미래 AI는 실시간 분석 결과를 바탕으로 해당 용지에 수십 개의 사업 시나리오(오피스, 주거, 상업 시설의 비율 등)를 짧은 시간 내에 생성할 것이다. AI가 데이터 수집과 분석, 모델링이라는 물리적·지적 노동을 대체함에 따라 디벨로퍼의 핵심 역할은 '선택과 추진'으로 옮겨진다. 즉, 디벨로퍼는 AI가 추천한 최적 시나리오 중 하나를 선택하고, 자금 조달(PF)을 진행하는 등 고도의 결정권자 역할에 집중하게 된다.

예를 들어, AI는 특정 지역에서 고학력 청년층의 유입 속도와 인근 IT 기업의 채용 공고 데이터를 종합 분석한다. 그리고 해당 지역에 필요 주거 형태가 1인 가구용 공유 주거인지, 재택근무가 가능한 하이브리드 오피스인지에 대한 최적의 답변을 내놓는다. 이를 통해 디벨로퍼는 시장의 공급 과잉 리스크를 사전에 회피하고, 수익이 극대화되는 시점에 정확히 사업을 런칭할 수 있는 강력한 능력을 갖추게 된다.

지금도 랜드업(LandUP)^[2], 크레마오^[3] 등 AI를 활용한 부동산 플랫폼은 존재한다. 현행 프롭테크(PropTech) 해결책들은 계속 진화하고 있지만, 아직 제한된 데이터에 한정하여 정형화된 분석을 통해 참고 자료를 만들어주는 역할을 주로 수행한다. 하지만 AI 시대 사업 분석 플랫폼은 무한한 데이터의 실시간 분석을 통한 다양한 최적의 대안을 제안한다는 점에서 훨씬 고도화될 것이다. 그리고 이는 디벨로퍼를 포함한 모든 발주자가 보편적으로 사용되는 필수 기능이 될 것이다.

국내외 부동산 분석 프롭테크 솔루션 사례

구분	랜드업(Landup)	크레마오(Cremao)	Testfit ^[4]
회사	엘엔디씨	Oasis Business	Testfit
주요 기능	사업 검토 자동화 솔루션 제공	부동산 토지 분석, 사업 타당성 보고서 생성	건축 레이아웃 생성, 주차 대수·수익률 등 사업성 지표 산출
홈페이지	lan-dup.com	oasisbusiness.co.kr	testfit.io

공공, 최적화된 공공성을 추구하다

공공 건설사업에서 AI는 개별 프로젝트의 수익성을 넘어, 공동체 전체가 누리는 사회적 편익의 총량을 극대화하는 데 초점을 맞추게 될 것이다. 이를 위해 공공 발주자는 공공에서 개발된 AI 기반 사업성 검토 플랫폼을 활용할 것이다. 그리고 인구 구조의 변화, 기후 위기에 대응하는 탄소 중립 정책, 지역 균형 발전 등 복잡하게 얽힌 거시적 변수들을

통합적으로 분석한다. 특히 현행 공공 건설사업의 사업성 검토¹⁾ 기준은 AI의 고도화된 시뮬레이션 과정을 통해 그 허들이 낮아질 가능성이 크다. 이는 단순한 경제적 B/C 분석만으로는 정량화하기 어려웠던 무형의 사회적 가치, 즉 삶의 질 개선이나 장기적인 탄소 저감 편익 등을 AI가 정밀한 데이터로 입증하기 때문이다. AI가 제공하는 높은 예측 정확도는 사업의 불확실성에 따른 리스크를 줄여줄 것이다. 이로써, 경제성 논리에 밀려 추진되지 못했던 다양한 공익적 사업들이 타당성을 인정받을 수 있게 될 것이다.

특히 에너지 효율과 탄소 중립은 공공 건설 AI의 핵심 과제로 대두될 것이다. 건물 부문은 전 세계 온실가스 약 21%를 차지하며, 에너지 소비량은 지속적으로 증가하는 추세이다.^[5] 공공 부문의 AI는 건축물의 탄소 발자국을 최소화하는 최적의 자재 조합과 에너지 관리 시나리오를 도출한다. 이는 단기적인 시공비 절감보다는 건물의 생애 주기 비용(LCC)을 낮추고 지구 온난화 대응이라는 공익적 목적을 달성하기 위한 투자 결정으로 이어지게 된다.

기술 발달에 따른 피지컬 AI의 도입과 같은 변화는 건설 생산 과정이 이루어지는 현장의 안전과 생산성을 혁신적으로 높일 것으로 기대된다. 그리고 공공 건설사업은 이러한 첨단기술이 산업 전체에 안착할 수 있도록 ‘테스트베드(Testbed)’ 역할을 더욱 많이 수행하게 될 것이다. R&D 단계에서 개발된 자율주행 중장비, 벽면 도장 로봇, 고정밀 3D 스

1) 예비타당성 조사, 기본계획 및 타당성 조사 등

캐닝 드론 등은 공공 프로젝트를 통해 현장 실증을 거치며 기술적 완성도를 높인다. 이러한 과정을 통해 검증된 기술들은 민간 시장으로 빠르게 전파된다. 그리고 실제 시공에 적용되는 실용화 사례 역시 급격히 증가하게 될 것이다. 이로 인해 시공사를 비롯한 사업 참여자들의 ‘첨단기술 관리 역량’은 프로젝트 성패를 결정짓는 핵심 지표로 부상하게 될 것이다. 따라서, 공공 발주자는 새로운 기술을 기존의 복잡한 공정 및 안전관리 체계와 유기적으로 통합하고 예기치 못한 기술적 변수에 유연하게 대응할 수 있는 참여자의 관리 역량을 중요시하게 된다.

이와 동시에, 공공 건설사업은 기술 혁신의 혜택이 특정 대형 기업에 편중되지 않도록 ‘지역업체 보호 및 상생 정책’을 더욱 강화할 것이다. AI는 대규모 자동화 공정 속에서도 지역 중소 건설사가 이바지할 수 있는 최적의 공종과 역할을 분석하여 제시한다. 예를 들어 입찰 과정에서 대기업이 지역 중소 건설사에 피지컬 AI 장비 운용 노하우를 공유하는 등 ‘기술 상생 계획’을 제안할 경우 현행 상생협력 평가와 같은 가점을 부여 받을 수도 있다. 즉, AI 시대 정부는 기술 혁신이 지역 경제의 위축이 아닌 동반 성장으로 이어지도록 노력할 것이다. 이러한 노력을 통해 공공 건설사업은 단순히 인프라를 구축하는 것을 넘어, 첨단기술의 마중물 역할과 지역 경제 생태계를 수호하는 중추적인 기능도 수행하게 된다.

행정가에서 사회적 중재자로

최근 법조계와 코딩, 회계사 업계 등에서 판례 검색, 코드 작성, 기장 등 단순/반복 업무가 AI로 대체되고 주니어 인력 감축이 주요 이슈로 소개되고 있다. 공공 발주조직도 마찬가지로 변화가 있을 가능성이 크다. AI는 발주자가 담당하던 단순 반복적인 행정 업무²⁾를 획기적으로 자동화할 것이다. 그리고 이러한 공공 발주조직의 단순 행정 업무 축소는 조직 구조의 물리적인 변화(슬립화)로 이어질 것이다.

그리고 AI 시대 공공 건설 발주자의 주요 업무는 ‘서류 관리’에서 ‘가치 판단’으로 이동하게 될 가능성이 크다. 즉, 미래의 발주자에게 요구되는 핵심 역량은 AI가 추천한 최적 시나리오들 사이에서 발생하는 가치 간 충돌을 조정하는 ‘중재 능력’이 될 것이다. 예를 들어, 동일한 사업 부지를 분석할 때 분석 단위를 구(區) 단위로 설정하면 지역 주민을 위한 도서관 건립이 최적으로 도출된다. 하지만, 시(市) 단위에서는 대규모 공원이, 도(道) 단위의 거시적 관점에서는 광역 쓰레기 처리장이 가장 시급한 시설로 추천될 수 있다. 이처럼 공간적 범위와 이해관계에 따라 상충하는 결과 사이에서 공공 발주자는 단순한 수치 비교를 넘어 지역 사회와 국가 전체의 이익을 사이에서 어려운 정치적·윤리적 결단을 내려야 한다. 이러한 의사결정의 무게감이 커짐에 따라 발주자에게는 과거보다 훨씬 높은 수준의 전문 역량이 요구된다. 이는 자연스럽게 이들의 사회적 위상 강화로 이어질 것이다.

2) 설계 도서 정합성 및 간섭 검토, 입찰 / 계약 리스크 분석, 공정별 기성 검사 및 다양한 현장 감독 업무 등

해럴드경제(26.1.6) : 문과 전문직 ‘사망 선고’ 나왔다...“법조계 진로 절대 안돼”

미국 필라델피아에서 지난 3일(현지시간) 열린 2026 전미경제학회 연차총회에서 인공지능(AI)이 변호사를 포함한 문과 전문직을 빠르게 대체할 것이라는 경고가 나왔다. ‘미국 노동시장의 현주소’ 세션에서 윌리엄 비치 전 미국 노동통계국장은 “앞으로 법조계로는 절대 진로를 정하면 안 된다”며 “로펌들은 법대 출신 신입 변호사를 더 이상 뽑지 않고, 인공지능에 리서치를 시키면 된다는 입장”이라고 말했다. 그는 현재 미국 의회 예산 분석도 AI가 하고 있다며 “내년에는 AI가 전문직을 어떻게 대체했는지 이야기하게 될 것”이라고 우려했다.

다른 경제 석학들도 미국 노동시장이 이제 더 이상 사람을 뽑지 않고, 업무를 대체하는 단계로 접어들어 돌아올 수 없는 강을 건넜다고 입을 모았다. 비치 전 국장은 ‘컴퓨터 시스템 디자인’ 업계의 고용 데이터를 근거로 들며 “경기 침체도 아니고 기업 생산성은 10년 내 최고 수준인데 신규 채용만 20만 명 줄어들었다”며 “기업들이 코딩, 설계, 법률 리서치 같은 핵심 업무를 AI에 맡기면서 고용이 사라졌다”고 말했다. 리사 칸 로체스터대 교수는 “빅테크 기업들이 채용을 축소하면서 이공계 인재들이 하향 지원을 하고, 그 결과 인문계 인력은 노동시장 밖으로 밀려나는 ‘구축 효과’가 나타나고 있다”고 지적했다.

이 같은 변화는 한국에서도 빠르게 현실화하고 있다. 국내 최초 상용 법률 AI 서비스 ‘슈퍼로이어’는 지난해 7월 출시 이후 약 17개월 만에 가입자 수 1만 9000명을 돌파했다. 유료 서비스임에도 국내 등록 변호사의 절반가량이 사용 중이며, 누적 질의·요청 건수는 300만 건을 넘겼다.

법조계에서는 “어설픈 1~3년 차 변호사를 쓰는 것보다 AI를 활용하는 편이 효율적”이라는 말까지 나온다. 실제 설문조사에서도 AI 활용 분야는 법률 리서치, 서면 초안 작성, 사건 기반 대화 순으로 나타났다. 이용자의 95.2%는 “동료 변호사에게 추천하겠다”고 답했고, 94%는 업무 효율 향상을 체감했다고 밝혔다.

김앤장·광장·태평양·세종 등 대형 로펌들도 판례와 법률 문서를 자동 분석해 서면 초안을 작성하는 AI를 적극 도입하고 있다. 중소 로펌 역시 엘박스 등 AI 플랫폼을 통해 업무 효율을 높이고 있으며, 법원도 재판 지연 해소를 위해 ‘AI 재판연구관’ 도입을 검토 중이다. 이러한 AI 확산은 채용시장에도 직접적인 영향을 미치고 있다. 실제로 국내 10대 로펌의 신입 변호사 채용 인원은 2022년 296명에서 지난해 227명으로 23.3% 감소했다.

자료 : 김보영(2026.1.6.)[6]

기술 윤리와 데이터 거버넌스 확립

AI가 건설의 수익과 편익을 모두 최적화하기 위해서는 강력한 기술 윤리와 데이터 거버넌스가 전제되어야 한다. AI 모델의 ‘블랙박스(Black Box)’ 현상, 즉 결과가 도출된 과정의 불투명성은 공공사업의 신뢰성을 떨어뜨릴 수 있다. 따라서 발주자는 AI의 판단 근거를 설명할 수 있게(Explainable AI) 만들어야 한다. 그리고 데이터의 편향성으로 인해 특정 계층이 소외되지 않도록 지속적으로 모니터링해야 한다.

또한, 민간의 수익 추구가 공공의 이익을 침해하지 않도록 하는 명확한 기준 마련도 필요하다. 예컨대 AI 인프라 구축 과정에서 발생하는 막대한 에너지 소비 문제에 대해 민간 기업이 사회적 비용을 분담하도록 한다. 또는, 공공 데이터를 활용한 수익 모델에 대해서는 일정 부분 제3자 공개 등 공익적 기여를 명시하는 등과 같이 민간사업에서도 최소한의 공공성을 확보할 수 있는 제도적 장치는 마련될 필요가 있다.

그리고 기존 건설산업 종사자에 대한 재교육이 매우 중요한 이슈로 떠오를 것이다. AI 시대의 건설은 인간을 배제하는 것이 아니라, 인간의 역할을 재정의하는 과정이다. 숙련 근로자들은 로봇과 협업하는 법을 배우고, 엔지니어들은 AI가 생성한 데이터의 무결성을 검증하는 능력을 갖추어야 한다. 공공 부문은 이러한 변화를 뒷받침하기 위해 건설 기술자들을 위한 ‘AI 리터러시’ 교육을 강화하고, 기술 전환기에 발생할 수 있는 소득 불평등을 완화하기 위한 정책적 배려도 아끼지 말아야 할 것이다

시설물의 전 생애주기 데이터의 실시간 관리



전통적인 건설사업은 인적 경험에 의존한 수동적 검증과 아날로그식 행정 절차 위에서 운영되어 왔다. 그 과정에서 정보는 충분히 공유되지 못했고, 참여자 간의 비대칭과 상호 불신은 구조적으로 고착되곤 했다.

그러나 AI 시대의 건설산업은 다를 것이다. 데이터가 정산의 객관성을 뒷받침하고, 알고리즘이 시설물의 이상 징후를 사전에 예측한다. 건설 현장은 더 이상 경험에만 의존하는 체계가 아니라, 데이터와 기술이 유기적으로 결합된 지능형 운영 구조로 전환될 것이다. 그리고, 이 변화의 핵심은 설계·시공·운영에 이르는 전 생애주기 데이터가 단절 없이 흐르는 구조, 즉 ‘데이터 연속성’에 있다.

현장의 거짓말이 사라지다

건설 현장의 기성 정산은 시공사가 제출한 서류를 감리자 및 발주자가 사후 검증하는 수동적인 방식으로 이루어졌다. 이 과정에서 발생하는 정보의 시차와 주관적인 판단은 필연적으로 현장의 불투명성을 초래해 왔다. 예컨대, 공정률을 실제보다 부풀려 보고하거나 육안 확인이 어려운 매립 부위의 시공 상태를 은폐하는 등 데이터 왜곡이 가능한 구조였다. 이러한 관행은 불합리한 정산 체계와 끊임없는 공사비 분쟁의 씨앗이 되어왔다. 특히 서로를 믿지 못해 발생하는 방대한 증빙 서류는 현장의 생산성을 갉아먹는 고질적 문제였다. 예를 들어 안전모 하나를 지급할 때도 실제 착용 사진을 일일이 찍어 남겨야지만 추후 ‘산업안전보건관리비’로 인정받을 수 있다. 이렇듯 현장에서 상호 간 불신에 기반한 소모적인 행정 절차로 인한 인력 낭비는 매우 심각한 수준이었다. 그러나 미래 건설 현장에서는 AI 도움으로 이러한 정보 비대칭과 불필요한 행정 소모가 최소화될 것이다.

현장에 투입된 드론과 센서 기반 로봇이 시공 구조물을 정밀하게 스캔한다, 이 데이터는 즉시 클라우드상의 BIM 모델과 비교되어 ‘실제 시공된 양만큼’ 자동으로 정산되는 시스템이 도입될 것이다. 이는 주관적 경험에 의존하던 정성적 검증 방식을 데이터 기반의 정량적/객관적 검증 시스템으로 전환하는 큰 변화를 끌어낸다. 이러한 시스템 하에서 시공사는 더 이상 수백 페이지에 달하는 증빙 내역서를 만드느라 고군분투할 필요가 없다. AI가 물가 변동과 설계 변경 요인을 시뮬레이션으로

투명하게 대조해 보여주기 때문에, 발주자 역시 확신을 가지고 의사결정을 내릴 수 있게 된다. 결과적으로 디지털 기성 정산 시스템은 산업에 고착화된 상호 적대적 계약 관계에서 발생하는 불필요한 서류 작업을 획기적으로 줄여줄 것이다. 그리고 더욱 중요한 점은, 참여자 간의 신뢰가 구축되기 시작한다는 점일 것이다.

진화하는 똑똑한 시설물 관리 시스템

시설물을 생애주기로 보면 건설사업의 평가는 준공 시점이 아니라 운영 단계에 결정된다. 시설물은 사용/관리되는 기간이 설계·시공 단계보다 훨씬 길다. 이 때문에 유지관리는 건설 생애주기에서 매우 중요한 단계로 볼 수 있다. 효율적인 유지관리를 위해서는 설계·시공 단계에서 생성된 모든 데이터는 유지관리 단계로 이어져야 한다. 그러나 현실에서는 BIM, 공정, 자재, 품질 데이터가 충분히 이전되지 못한다. 그 결과 운영 단계는 다시 경험과 숙련에 의존하는 아날로그 관리로 되돌아가는 문제가 반복된다.

미래의 스마트 시설물 관리 체계는 이러한 데이터 단절을 해소하는 데서 출발한다. 설계·시공 단계에서 구축된 BIM 모델을 유지 관리용 FMS(Facility Management System)와 직접 연계한 디지털 트윈 환경 구축을 통해 시설물의 상태, 이력, 위험도를 하나의 연속된 데이터 체계로 관리한다. 주요 시설물 부위에 설치된 IoT 센서는 온도, 습도, 진동,

에너지 사용량, 가스 농도와 같은 데이터를 실시간으로 수집한다. 이 데이터는 BIM 모델 위에서 직관적으로 시각화되고 AI는 축적된 데이터를 학습해 시설물의 이상 징후를 예측한다.

유지관리는 사후 복구 중심 방식에서 벗어나 최적의 개입 시점을 미리 도출하는 예측 유지관리(Predictive Maintenance)로 전환될 것이다. 이를 통해 시설물의 불필요한 점검과 과잉 보수를 줄일 수 있으며 결국 생애주기 비용(Life Cycle Cost, LCC)도 구조적으로 절감될 것이다.

시설물 관리 방식 역시 변화한다. 지자체 등 시설물 유지관리 주체는 시설물의 위험도, 접근성, 중요도 뿐만 아니라 예산 여건도 함께 검토한다. 그 결과 로봇 중심의 무인 관리 체계와 인력-AI 협업 기반의 하이브리드 관리 체계를 선택적으로 적용하게 될 것이다. 로봇 기반 무인 관리 체계는 사람이 접근하기 어렵거나 안전 위험이 큰 시설물에 우선 적용될 수 있다. 지하 공동구, 장대 터널, 대형 교량 하부, 원자력·에너지 설비가 대표적이다. 이 공간에서는 AI 레일 로봇이나 사족보행 로봇이 자율 순찰하며 열화상, 가스, 진동, 영상 데이터를 실시간으로 수집한다.

반면 보행자나 거주자 등 제3자가 다칠 수 있는 장소에서는 하이브리드 관리 체계가 도입될 것이다. 도심 공공시설, 주거 단지, 복합건축물이 이에 해당한다. AI는 머신비전과 센서 데이터를 활용하여 미세 균열, 변형, 누수 흔적을 자동으로 감지하고 기록한다. 시설물 담당자는 AI 분석 결과를 바탕으로 작업의 난이도, 위험성, 경제성, 시민 위험성을 종합적으로 고려하여 사람 혹은 피지컬 AI가 작업을 수행할지를 결정한다. 미래의 시설물 관리는 사람을 대체하는 기술이 아니라 설계부터 운영까지

이어지는 데이터 연속성이 핵심이 된다. 그리고 시설물 관리 체계는 AI가 사람의 판단을 보조하고 정교화하는 방향으로 뚝뚝해질 것이다.

데이터 통합 관리 수준이 사업의 성패 결정

건설산업에서 설계-시공-유지관리 업역은 제도적으로 분절되어 있으나, 건설사업 관점에서 이들 업역 간 정보는 단절 없이 흘러야 한다. 미래 건설사업에서는 설계-시공-유지관리 전 과정에서 생성되는 데이터를 단절 없이 통합 관리하는 역량이 사업의 성패를 좌우하게 된다. 발주자는 전체 생애주기의 데이터를 책임지는 핵심적인 역할을 수행하며, 참여자 간의 긴밀한 협업은 선택이 아닌 필수 조건이 된다. 궁극적으로 이러한 데이터 연속성 기반의 협업 구조는 특정 주체를 위한 것이 아니다. 모든 참여자가 효율적으로 일할 수 있는 환경을 만드는 것을 목표로 한다.

만약 사업 각 단계에서 데이터 표준이 일치하지 않아 호환이 불가능하고 AI 등 다양한 스마트 기술들이 개별 단계에서만 작동하는 불편화된 구조를 생각해 보자. 당연히 해당 사업의 리스크는 매우 커질 것이다. 성공적인 건설사업의 데이터 통합 관리를 위해서는 거버넌스·기술·책임 체계가 유기적으로 결합된 구조적 접근이 필요하다.

가장 우선하여 데이터 연속성의 성패는 기술보다 거버넌스에서 결정된다. 발주자는 단순한 자본 제공자를 넘어, 설계-시공-유지관리 전 생애주기에 걸쳐 데이터 기준과 흐름을 정의/조정하는 핵심 주체로 역할

을 재정립해야 한다. 데이터 생성·수정·활용 권한과 책임을 명확히 하고, 참여자 간 협업을 전제로 한 공통 규칙을 설정하는 것이 데이터 통합 관리의 출발점이 될 것이다.

이뿐만이 아니라 거버넌스를 실질적으로 구현하기 위해서는 국제 표준에 기반한 공통 데이터 환경(CDE) 구축 또한 필수적이다. CDE는 프로젝트 참여자들이 단일 리포지토리(repository)에서 동일한 데이터를 기준으로 협업할 수 있도록 지원한다. 그리고 정보 검색·전달 과정의 비효율을 최소화하고 데이터의 일관성과 신뢰도를 확보하는 등 핵심 기능을 수행한다.

마지막으로 AI 기반 다양한 자동화가 이루어지더라도, 데이터 해석과 의사결정에는 확률적 오류 리스크가 상존한다는 점을 함께 고려해야 한다. 이는 AI는 효율성을 높이는 보조 수단으로 활용하되, 최종 판단과 법적 책임은 인간이 명확히 부담하는 구조가 전제되어야 하기 때문이다. 데이터 오류, AI 분석 결과의 활용 범위, 책임 귀속에 대한 명확한 기준을 마련하는 것은 데이터 통합 관리의 신뢰성을 지탱하는 핵심 요소가 될 것이다.

이와 같은 거버넌스·기술·책임의 삼각 구조가 정립될 때, 데이터 통합 관리는 특정 단계나 주체를 위한 시스템이 아니라 모든 참여자의 협업과 생산성을 동시에 향상시키는 공공적 기반으로 기능할 수 있다. 결론적으로 건설 AI 기반의 데이터 일체화는 산업의 투명성을 견인하고 정보 비대칭으로 인한 사회적 비용을 최소화할 것이며, 이는 결국 건설사업, 더 나아가 건설산업 성패의 열쇠가 될 것이다.

미래 건설사업은 데이터가 끊임없이 흐르고 AI가 리스크를 관리하며 로봇이 물리적 작업을 수행할 것이다. 그곳은 더 이상 불신과 소모적인 경쟁의 공간이 아닌 신뢰와 효율이 넘치는 지능형 생산 기지로 변모할 것이다. 준비된 주체에게는 이러한 변화가 새로운 성장의 기회가 될 것이다. 그리고 데이터 연속성을 확보하는 자만이 미래 건설 시장의 주도권을 쥐게 될 것이다.

중소형 시설물도 '랜드마크'급 기획을 : 기술의 보편화가 만든 평등한 기회



사업의 가치를 극대화하고 잠재적 리스크를 사전에 제어해 최적의 해법을 도출하는 건설사업의 기획 업무는 오랫동안 소수 전문가의 식견과 경험에 의존해 온 영역이었다. 높은 기술적 난이도와 막대한 비용으로 인해 정밀한 건설 기획은 주로 대형 건설사업에 한정되어 활용되어 왔다.

그러나 AI 시대의 건설 기획 과정은 빠르게 변화할 것이다. AI 플랫폼은 고도의 사업 타당성 분석을 보다 널리 활용 가능한 형태로 전환하고, 알고리즘은 리스크와 수익 시나리오를 정밀하게 예측한다. 이는 정보의 비대칭을 완화하고 '스마트 발주자'와 '진정한 전문가'를 연결하는 새로운 신뢰 구조를 형성하는 계기가 될 것이다. 플랫폼을 통해 확산된 고품질 기획 역량은 과거 대형 프로젝트의 전유물이었던 전략적 통찰을 중소형 현장까지 확장시킬 것이다.

AI 기획 플랫폼의 보편화

AI 시대에는 과거 대형 건설 프로젝트와 이러한 사업에 참여하는 대기업의 전유물이었던 고도의 사업 기획 역량을 대중화하는 ‘기술 보편화’ 길이 열릴 것이다. 막대한 자본과 전문 인력을 보유한 조직만이 수행할 수 있었던 정밀 분석과 수요 예측 기술이 이제는 ‘(가칭)AI 기반 건설 기획 플랫폼’을 통해 소규모 건설사업에서도 보편적으로 사용될 수 있기에 그러하다.

공항이나 아파트 사업과 같은 대규모 건설사업은 전문가 집단의 다양한 분석을 통해 사업 리스크를 최소화해 왔다. 하지만 우리 주변에서 흔히 볼 수 있고, 어쩌면 내 일이 될 수도 있는 단독주택이나 꼬마빌딩의 경우는 설계자 및 시공자에게 의존하게 되는 경우가 많았다. 즉, 과거 중소형 건설사업은 전문가의 경험과 직관에 전적으로 의존해야 하는 ‘정보의 암흑지대’였다.

그러나 AI 기반 건설 기획 플랫폼 등장은 이러한 판도를 완전히 바꾸어 놓을 것이다. 이제 누구나 앱이나 웹 서비스를 통해 대지 위치만 입력하면 양질의 사업 분석 결과와 최적화된 설계 시나리오를 즉시 제공할 수 있다. 이 기술의 핵심은 대지 정보, 법규, 시장 트렌드, 공사비 변동성 등 다양한 변수를 동시에 시뮬레이션하여 최적의 사업 모델을 도출하고 리스크를 최소화하는 데 있다.

소규모 사업을 대상으로 한 AI 기반 건축 및 부동산 개발 솔루션은 이미 제한적이나마 존재한다. 국내 사례로는 전술하였던 ‘랜드북’과 ‘빌드잇ⁱⁿ’

이 있다. 랜드북은 인공지능이 해당 토지의 규제나 제약 사항을 파악해 자동으로 신축 건물 도면을 그리고 예상 수익률까지 산출해 주는 기능을 제공한다. 빌드잇 서비스는 대한민국 전국의 지형과 기존 건물 정보를 3차원으로 보유하고 있어, 주변 건물의 일조권과 조망권을 고려한 최적의 설계안을 제안한다. 이는 단순히 건물을 짓는 것을 넘어, ‘겨울에 해가 잘 드는 집’이나 ‘조망이 확보된 상가’와 같은 질적인 가치를 소규모 프로젝트에서도 확보할 수 있게 함을 의미한다.

미래 AI 시대에는 이러한 서비스들이 단순히 정적인 데이터 분석과 자동 배치도면 생성 수준을 넘어설 것이다. 과거 전문가 집단이 상당 기간 매달려야 했던 ‘메가 프로젝트급 전략 컨설팅’을 실시간으로 수행하는 수준으로 고도화될 것이다. 단순히 수익률을 계산하는 것이 아니라, 다양한 변수³⁾를 종합적으로 분석하는 방향으로 진화할 것이다. 이는 소규모 발주자도 대형 건설사의 사업 기획 부서 또는 전략영업 부서를 개인 비서처럼 두게 되는 효과를 가져온다. 즉, 미래에는 건설사업의 초정밀 타당성 검토가 모든 건축 행위의 기본값이 되는 진정한 의미의 기술 민주화가 이루어질 것이다.

3) 복잡한 금융 구조(PF) 최적화 시뮬레이션, 글로벌 원자재 가격 변동에 따른 동적 공기 / 공사비 예측, 다양한 규제 변화 등

정보 대칭이 만든 공정 거래, 스마트 발주자와 전문가의 상생

AI 건설 기획 플랫폼은 발주자를 객관적 데이터로 무장한 ‘스마트 발주자’로 변모시킨다. 이는 단순히 정보의 전달을 넘어, 건설 시장의 고질적인 병폐였던 정보 비대칭으로 인해 발생하던 문제를 최소화할 수 있다는 것을 의미한다.

소규모 민간 건축 시장에서는 소위 ‘집장사’로 불리는 건축 브로커가 발주자의 비전문성을 악용하는 경우가 있었다. 이들은 불투명한 견적과 모호한 설계안으로 발주자를 현혹하며 부당한 이익을 취해왔다. 부끄러운 산업의 단편이나, ‘인·허가부터 시공까지 다 알아서 해준다’는 달콤한 약속 뒤에는 설계 변경을 빌미로 한 공사비 증액과 준공 후 하자 보수 회피 등을 통한 책임을 전가해왔다.

그러나 AI 기반 건설 기획 플랫폼이 활성화되면 이러한 기회주의적인 집장사들은 시장에서 퇴출될 가능성이 크다. 건축주는 이제 플랫폼이 제시하는 유사 사례의 공사비 데이터, 인·허가 소요 기간, 현실적인 수익 시나리오라는 ‘객관적 판단 기준’을 갖게 된다. 데이터로 증명되지 않는 거짓된 약속은 즉각적으로 탄로 날 것이다.

더욱 중요한 것은 건설사업 투명성 확보가 건설 전문가(설계자, 시공자 등)에게도 커다란 기회가 된다는 점이다. 과거 발주자의 정보 부족은 전문가에 대한 막연한 불신으로 이어지기 일쑤였다. 정당한 사유에 의한 비용 증액조차 ‘바가지’로 오해받거나, 작업의 난이도를 이해하지 못

한 발주자의 막무가내식 슈퍼 갑질에 전문가들이 고통받는 경우가 많았다. 하지만 AI 플랫폼을 통해 공정의 복잡도와 투입 자재비의 변동을 실시간으로 확인하는 스마트 발주자는 전문가의 노고를 데이터로 신뢰하게 된다. 즉, 발주자가 전문가의 기술적 난이도와 노고를 이해함에 따라, 무리한 요구 대신 정당한 노동의 대가를 지불하는 고품격 건설 문화가 정착할 것이다.

결국 AI 시대 기술 발전은 집장사와 같은 시장 교란자를 퇴출시킬 것이다.^[8] 발주자와 진짜 전문가는 대립 관계가 아닌 하나의 프로젝트를 성공으로 이끄는 ‘상생의 파트너’가 될 것이다. 발주자는 데이터가 보증하는 투명성 위에서 안심하고 투자할 것이다. 그리고 참여자들이 정당한 보상을 받으며 상생하는 건강한 건설 생태계가 미래 건설산업의 표준이 될 것이다.

AI 시대가 만드는 건설 르네상스



AI 산업의 폭발적 확장은 디지털 영역을 넘어 거대한 물리적 인프라 수요를 동반한다. 데이터센터와 고도화된 전력망, 반도체 클러스터 등 AI 인프라 시설 수요는 건설 시장의 새로운 성장 축으로 부상할 것이다. 동시에 피지컬 AI의 발전은 공장을 로봇 중심 구조로 재설계하게 만들고, 스마트팩토리와 리쇼어링 흐름은 제조 공간의 전면적 재편을 촉진한다. 이는 단순한 물량 증가가 아니라, 건설사를 하이테크 인프라 기업으로 재정의하는 긍정적 신호가 될 것이다.

AI 산업 팽창에 따른 물리적 인프라 수요의 대확장

AI 기술의 비약적인 발전은 단순히 디지털 공간의 혁신을 넘어, 이를 뒷받침하기 위한 거대한 물리적 인프라 확충을 필요로 한다. 이러한 현상은 건설산업에 새로운 수요 창출로 이어진다. 특히 AI 시대 가장 기반 인프라라 할 수 있는 데이터센터, 고도화된 전력망, 그리고 첨단 반도체 생산 시설(Fab) 수요 증가부터 두드러질 것이다.

먼저, AI 붐은 데이터센터 수요를 획기적으로 증가시킬 것이다. 과거 데이터센터가 5~10MW 수준의 전력 용량을 갖춘 중규모 시설 위주였다면, 최근의 프로젝트들은 30MW를 상회하는 규모를 표준으로 채택하고 있다. 심지어 100MW를 초과하는 초대형 프로젝트들도 빈번하게 등장하는 것으로 알려져 있다.^[9] 참고로 한국데이터센터연합회^[10]는 국내 민간 데이터센터 시장 규모가 2028년 10조 1,900억 원에 이를 것으로 전망했다. 데이터센터 건설은 일반 건축물과 달리 고밀도의 전력 공급 설비와 극심한 발열을 제어하기 위한 고성능 냉각 시스템의 통합이 핵심이다. 건설기업은 이러한 복잡한 기계·전기·배관(MEP) 공정의 효율적 관리와 함께 AI 인프라 수요 급증에 따른 수요 부족 심화에 기인하여 비용 보다는 공사기간 및 품질관리가 핵심 경쟁력으로 평가될 것이다.

AI 산업의 팽창은 필연적으로 전력망에 막대한 부담을 안겨주게 된다. 국제에너지기구(IEA)^[11]에 따르면, 2022년 전 세계 데이터센터와 AI, 가상화폐 부문에서 사용된 전력은 약 460TWh였고, 2026년에는 최대 1,050TWh까지 치솟을 것으로 전망했다. 이는 일본의 한 해 전체 전

력 소비량(약 1,000TWh)과 맞먹는 수준이다. 이에 따라 전 세계적으로 대규모 송전로 및 변전소 건설 수요가 폭발적으로 증가할 것이며, 전력 인프라 구축이 건설 시장의 새로운 먹거리로 자리 잡을 것이다.

최근에는 AI 인프라의 지속 가능성을 담보할 유일한 대안으로 소형 모듈 원자로(SMR)가 많이 언급되고 있다. SMR은 기존 대형 원전 대비 안전성이 획기적으로 높고 크기가 작아 데이터센터 인근에 설치가 용이한 장점을 지니고 있기 때문이다. 이는 장거리 송전망 구축에 드는 천문학적인 비용과 전력 손실, 그리고 지역 주민과의 갈등 문제를 동시에 해결해 줄 것으로 기대된다. AI 산업의 에너지원으로 SMR 도입이 본격화될 경우, 국내 대형 건설사들은 기존 단순 주택 사업에서 벗어나 원전 설계, 시공, 운영을 아우르는 하이테크 기업으로 체질을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

이뿐만이 아니다. AI 시대 반도체 수요는 필수 조건이다. 최근 하이닉스의 용인 반도체 클러스터 사업과 팹택 삼성전자 캠퍼스 등에서 볼 수 있듯이 수요가 폭발할 것이다. 반도체 팹은 한정된 부지 안에서 생산 능력을 극대화해야 하는 특성상, 최근에는 수직 통합형 및 고밀도 설계가 일반화되고 있다. 이러한 설계 방식은 극도로 높은 하중을 견뎌야 하는 구조 설계와 진동에 민감한 정밀 설비 배치를 요구한다. 이는 반도체 클러스터 조성을 위한 대규모 부지 조성 사업과 맞물려 건설 수요의 중장기적인 성장을 견인할 것이다. 그리고 국내 건설사의 첨단 인프라 구축 경험은 글로벌 시장 진출의 핵심 자산이 될 것이다. 국내 건설사들은 세계적인 수준의 원전 시공 능력과 하이테크 플랜트 경험을 결합하여 미

국, 중동 등 대규모 데이터센터 클러스터가 조성되는 지역으로 사업 영역을 확장할 것이다. 이를 통해 'K-건설'이 AI 시대 글로벌 핵심 파트너로 도약하는 계기가 될 것으로 기대된다.

피지컬 AI가 만드는 새로운 건설시장 : 스마트팩토리화 리쇼어링

AI 시대 건설은 단순히 데이터센터나 전력망 같은 인프라 성격의 물량 증가를 넘어, 기업들이 AI를 사업의 핵심 경쟁력으로 삼으면서 발생하는 능동적인 건설 물량 증가도 발생할 것이다. 특히, 피지컬 AI 발전은 이 변화의 가장 강력한 트리거 역할을 할 것이다. AI 네이티브 공장 수요 증가와 함께 리쇼어링으로 인한 건설 물량 증가가 예상된다.

먼저, 기존 공장을 비롯한 대부분 일터는 사람이 일하기 편한 동선과 구조로 지어졌다. 하지만 피지컬 AI⁴⁾가 노동의 주역이 되면서 공장의 설계 자체가 완전히 달라지게 된다. 로봇의 가동 범위를 최적화하기 위해 작업장의 층고가 높아진다. 사람이 필요 없는 경우 조명이나 냉난방 시설을 최소화하여 에너지 절약에 최적화된 '다크 팩토리(Dark Factory)' 형태의 신규 건축 수요도 예상된다.

이 외에도 과거 저렴한 인건비를 찾아 해외로 나갔던 기업들이 다시 자국으로 돌아오는 리쇼어링(Reshoring) 현상이 발생할 것이다. 국내

4) 로봇, 자율주행 물류 장비 등 물리적 실체를 가진 AI

기업의 해외 공장 이전은 대부분 국내의 인건비 상승 문제 때문이었다. 하지만 타지에서 겪을 수밖에 없는 다양한 불확실성⁵⁾은 해외 진출 기업에게 큰 부담으로 작용해 왔다. 정부 또한 이러한 분위기를 파악하고 세제 혜택과 규제 완화 등 자국 기업의 복귀를 유도하기 위한 다양한 당근책을 그간 제안해 왔으나, 그 효과는 제한적인 실정이었다. 하지만 피지컬 AI 로봇의 등장으로 인건비 리스크가 해소된 상황에서, 해외로 나갔던 대규모 생산 거점들이 국내로 복귀하는 것은 국내 건설산업에 또 다른 활기를 불어넣을 것이다. 그리고 이는 단순히 공장 하나를 짓는 것을 넘어 주변 배후 도시와 인프라 건설까지 동반하게 되어 국가 경제 전반에 큰 활력을 불어넣는 계기가 될 것이다.

AI가 그리는 건설의 선순환 구조

민간 부문에서는 앞서 언급한 바와 같이 AI를 활용하여 소규모 토지의 개발 가치를 즉각적으로 평가하는 ‘Testfit’과 같은 AI 기반 건설 기획 플랫폼 서비스 대중화가 시장의 활력을 불어넣을 것이다. AI 알고리즘은 복잡한 건축법규와 제약 사항을 수 초 만에 분석하여 최적의 건축 도면을 생성하고 예상 수익률을 산출한다. 이는 복잡한 검토 과정 때문에 사장될 뻔한 소규모 사업(도시재생사업 등) 활성화로 이어질 수 있다. 그리고 ‘업체에게 속을까 봐’, ‘공사비가 얼마나 나올지 몰라서’ 망설

이던 소규모 건축 수요가 AI의 투명한 관리 시스템과 전문성 지원을 통해 실제 발주로 이어질 것이다.

또한 과거 수익 분석이 까다로워 방치되었던 자투리땅이나 복잡한 규제가 수반된 부지들도 AI의 조정밀 분석을 통해 최적의 사업 모델을 찾아낼 수 있다. 이처럼 민간 디벨로퍼는 AI를 통해 과거 상상하지 못 하던 새로운 사업 기회를 발굴할 수 있다. 이는 잠재적 부지의 사업화와 전체적인 발주 건수 증가라는 결과로 이어질 것이다.

이뿐만이 아니라 건설사업의 투명성 강화는 금융권의 시각도 근본적으로 바꾸어 놓을 것이다. 전통적인 금융 시장에서 건설사업은 높은 공사비 변동성 등으로 인해 불확실성이 큰 산업이라는 인식이 팽배했다. 하지만 AI에 의한 공사기간 및 공사비 예측 등 사업 분석 정확도가 높아짐에 따라 프로젝트 파이낸싱(PF)의 리스크도 최소화된다. 이를 통해 건설사업에 자본의 원활한 유입과 금융 비용 절감이라는 선순환 구조를 만들어낼 것이다.

이러한 투명성과 리스크관리 향상은 자연스레 투자의 효율성을 극대화하며, 부실 공사나 불필요한 공기 연장 등으로 인한 예산 낭비가 줄어들 것이다. 또한, 정부나 민간 등 발주자는 확보된 여유 예산으로 새로운 사업을 기획하고 재투자할 수도 있다. 금융기관은 이제 시공사가 제출하는 보고서 대신, 디지털 트윈과 실시간 현장 데이터로 증명된 객관적인 자료로 대출 실행 여부를 판단할 수 있게 된다. 이러한 신뢰 관계의 구축은 우량 프로젝트에 대한 자금 조달 금리를 낮추고, 금융 사고 가능성을 줄여 전체 PF 시장의 건전성을 높일 것이다.

⁵⁾ 불투명한 공급망 체계, 지정학적 리스크에 따른 생산 중단 위험, 급증하는 국제 물류 비용 및 품질관리의 어려움 등

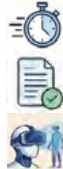
AI가 만드는 5가지 발주자 변화 모습

변화1 기획 및 행정의 초가속화



지능형 의사결정

'전통적 투자자'에서
'지능형 의사결정자'로 전환
방대한 데이터를 실시간으로
조종하여 가치 결정과 리스크 통제



기획의 초가속화
수개월 → 며칠로
단축

행정 절차의 단순화
인허가 자동화 및
투명성 확보

투명한 의사소통
비전문가가 이해할
수 있는 정보 제공

변화2 최적화된 AI 투자



건설 시장의 두가지 방향

수익을 극대화하는 민간과
사회적 가치를 추구하는 공공
단순 행정가에서 복잡한
딜레마를 해결하는 사회적 중재자



민간 부분
이익 극대·리스크
최소화
AI의 분석 + 다별
로퍼의 선택과 추진

공공 부분
사회적 편익 극대화
AI 분석 + 공공의
중재 능력

변화3 시설물 생애주기 관리



생애주기 데이터 실시간 관리

데이터 통합관리 수준이
건설사업의 성패 결정
단순 자본 재공을 넘어
데이터의 생성·수정·활용의 핵심 주체



거짓말 없는 정산
퍼지컬 AI(현장
데이터)와 BIM 모델
실시간 연동 → 정확
한 공정 및 비용 관리

공공 부분
사회적 편익 극대화
AI 분석 + 공공의
중재 능력

변화4 AI 기획 기술의 보편화



꼬마빌딩에 랜드마크급 기획

정보 비대칭 종식이
만드는 건강한 파트너십
발주자 이해도 증가에 따라
정당한 노동 대가를 지불하는 고품격
건설 문화 정착



AI 기획 플랫폼 보편화
소규모 건축주도 대형
프로젝트 수준의 초정밀
타당성 검토 가능

발주자-전문가 상생
대립관계 종식 및
상생의 파트너 구축

변화5 건설 르네상스



AI 산업 인프라 수요 증가

퍼지컬 AI가 만드는
새로운 건설 물량
노동 주체 변화 → 로봇 중심
공장 구조 변화, 인건비 리스크 해소
→ 해외 생산 거점의 복귀



AI 산업 인프라 대확장
데이터센터, 대규모
송전망 및 SMR,
반도체 클러스터

스마트팩토리-리쇼어링
로봇 최적화 공장 및
기업 국내 복귀 증가

2

AI가 재정의하는 설계·용역사의 미래 지형도

초가속·무결점으로 향하는 설계 프로세스



모든 건축물과 구조물은 각 사업의 고유한 맥락을 담은 맞춤형 설계 도서를 필요로 한다. 일반적으로 건축물을 설계하는데는 1~2년, 토목 엔지니어링의 경우 조사부터 설계까지 3~5년 이상의 긴 시간이 소요된다. 이후 준공까지 이어지는 긴 여정에는 수많은 변수가 잠재되어 있다. 설계 시점과 준공 시점의 차이로 인해 필연적으로 공사비 상승, 물가 변동, 제도 변화와 같은 불확실성이 내재된다.

이러한 한계를 극복하는 기술적인 방법으로 설계 및 엔지니어링 업무를 지원하는 ‘AI 에이전트’ 기술이 주목받을 것이다. 여러 업무를 동시에 수행하는 병렬 처리에 특화된 AI 에이전트는 기획부터 실시설계에 이르는 기존의 순차적인 프로세스를 혁신적으로 압축한다. 이 과정에

서 기획과 초기 개념 설계의 주도권은 발주자가 직접 수행하는 영역으로 이동할 가능성이 높다. 또한 시공 프로세스가 설계 단계에서 미리 시뮬레이션 됨으로써 불필요한 재설계 시간이 획기적으로 단축될 것이다. 나아가 현장의 오차가 즉각 설계 도서로 피드백되는 시스템은 시행착오 없는 ‘초가속·무결점’ 설계 시대를 기대하게 한다.

대형 엔지니어링사의 ‘사업 기획’ 업무 변화

현재 대규모 공공공사에 필요한 타당성 조사 및 기획 업무는 대형 엔지니어링사의 핵심 수익원 중 하나이다. 통상 건설기술용역 대가 기준⁶⁾에 따른 효율제나 실비정액가산방식을 적용하여 비용이 산정되는데 사업 규모가 클수록 기획 단계에 투자되는 비용도 커진다. 실제로 총사업비가 조 단위인 대형 프로젝트는 기초 검토와 기본계획 수립에만 수십억에서 백억 원 단위의 용역비가 책정될 만큼 고부가가치의 영역이다.

건설사업의 기획 업무는 과거의 유사사례 데이터를 분석하고 법규·지형·경제성 등 복합적인 변수 사이의 상관관계를 분석하여 최적의 안을 도출하는 데이터 집약적이고 패턴 지향적인 특성을 지닌다. 이러한 업무적 특성은 정형화된 논리와 대규모 연산에 최적화된 AI의 강점과

6) 국토교통부가 토목엔지니어링 설계 및 건설사업관리 비용 산출을 위해 고시하는 건설엔지니어링 대가 등에 관한 기준 등을 의미

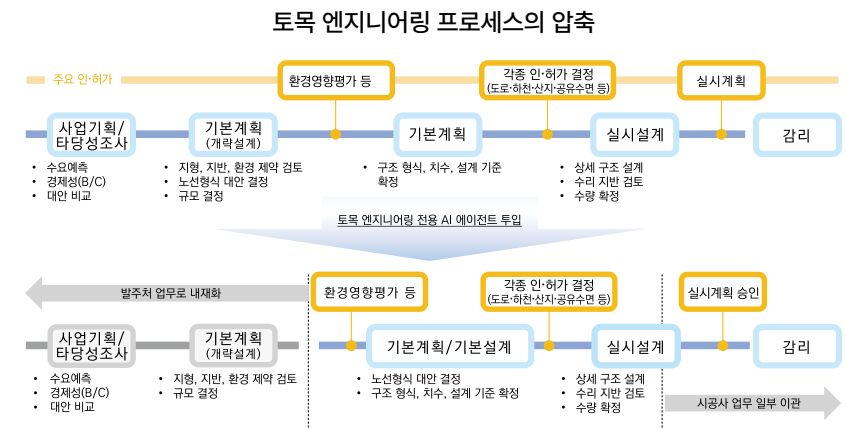
정확히 일치한다. 이에 따라 그동안 숙련된 기술인들이 공수를 들여 수행하던 부지 분석, 교통량 예측, 공사비 추정, 기술적 대안 비교 업무는 AI의 영역으로 전환될 것이다.

AI는 오랫동안 축적된 공공 데이터와 지리정보시스템(GIS) 등을 결합하여 발주처가 원하는 최적의 노선이나 단지 배치안을 실시간으로 도출할 수 있다. 물론 엔지니어링 기업 역시 AI 기술을 도입해 기획과 초기 설계 업무의 정밀도를 높일 수 있다. 그러나 결정적인 변수는 데이터 소유권에 있다. 대형 공공사업의 핵심 데이터는 대부분 발주처가 보유하고 있는 경우가 많다. 데이터를 권력으로 가진 발주처는 고도화된 AI 도구가 보급됨에 따라 외주에 의존했던 상당 부분의 업무를 직접 수행 역량을 갖추 수 있게 되는 것이다.

일례로 이미 서울시의 S-map⁷⁾과 같은 디지털 트윈 플랫폼은 도시 계획 담당 공무원이 직접 일조권, 조망권, 바람길 등을 시뮬레이션할 수 있는 환경을 제공하고 있다. 아직은 데이터의 최신성 유지와 복잡한 공학적 변수 해석에서 전문가의 개입이 필요한 한계 또한 분명하다. 하지만 머지않아 단순 기획과 반복적인 대안 검토 업무는 완전 자동화의 길로 들어설 것으로 보인다.

결국 다시금 정리하면, AI 기술의 발전은 용역사가 수행하던 기획 및 초기 설계 업무의 주도권이 발주처로 이동하는 계기가 될 것이다. 이에

따라 엔지니어링사의 단순 기획 및 초기 설계 단계의 업무는 축소될 수밖에 없다. 물론 엔지니어링 기업이 기획 및 계획 업무만을 담당하는 것은 아니나, 이제 엔지니어링사는 AI가 대체할 수 없는 고도의 정책적 가치를 제안하고 복잡한 이해관계를 조율하는 전략 컨설팅으로의 체질 개선과 가치사슬 확장이 필요하단 점은 분명하다.



선형적인 설계 프로세스의 압축

다음으로 건축의 영역을 살펴보자. 건축의 기획부터 실시설계에 이르는 일련의 프로세스는 기획, 기본, 실시설계를 거치는 선형적인 구조이다. 기획 단계에서는 사업의 방향성을 설정하며, 기본설계에서는 구조, 설비, 전기 등의 공학적 시스템을 확정하고 인·허가 도면을 작성한

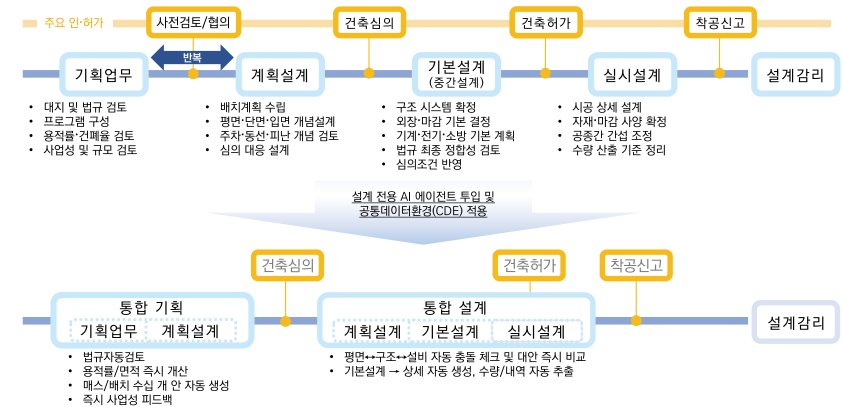
7) S-MAP (smap.seoul.go.kr) : 정책 수립 지원 및 도시문제 해결을 위해 서울시 전역을 3차원 가상현실로 구축한 서울시 대표 3차원 지도

다. 실시설계에서는 시공자가 공사를 수행하고 견적을 낼 수 있도록 재료와 공법을 상세히 준비한다. 이러한 단계적 구분은 거대한 자본이 투입되는 건설사업에서 매몰 비용과 리스크를 최소화하기 위한 장치였다. 그러나 각 단계에서 요구되는 정보의 수준이 다르고 여러 주체에 의해 분산적으로 작성됨으로써 불필요한 반복 작업과 지연이 반복되어 온 한계 또한 분명하다.

앞으로는 설계 과정 중에 발생하는 정보의 단절과 재작업에 따른 지연의 경우 AI 에이전트가 상주하는 공통데이터환경(CDE)⁸⁾ 내에서 통합될 수 있다. 기존의 CDE가 단순히 파일을 저장하고 공유하는 공간이었다면, AI가 결합된 지능형 CDE는 모든 공종의 데이터를 실시간으로 동기화하고 관리한다. 이러한 환경에서 건축가가 갖는 선 하나는 단순한 기하학적 형상 이상을 의미하게 된다. 선 하나가 그어지는 순간 AI 에이전트는 해당 부위에 필요한 하중을 실시간으로 계산하여 최적의 기둥 크기와 슬래브 두께를 제안한다. 그리고 그 내부를 관통하는 덕트와 배관의 경로도 동시에 생성한다. 사후 검토 영역이었던 구조, 기계, 전기, 소방 등 복합 공종 간의 간섭 체크도 초기 설계 단계에서 해결될 수 있다. 단순히 간섭을 찾아내는 수준을 넘어 AI가 공종별 우선순위와 시공성을 고려해 최적의 경로를 스스로 조정하는 역할도 가능하다. 이로써 설계 초기부터 완벽한 물리적 정합성이 확보되면서 기존에 실시설계 단계에서 발견되던 개별 설계 요소 간 불일치 등 치명적인 오류가 최소화될 것이다.

8) Common Data Environment : 건설 프로젝트의 정보가 저장되고 프로젝트 참여자가 접근할 수 있는 클라우드 기반 공간

건축설계 프로세스의 압축



나아가 디지털 모델 자체가 승인의 기준이 되는 모델 기반 인·허가 체계가 정착되면, 인·허가용 도서와 시공용 도면 사이의 격차도 최소화될 것이다. 관행적으로 이루어지던 중복적인 도면 작성 업무가 소멸되는 것이다. 따라서 설계자는 더 이상 단순한 도면 간 연계 작업에 매달릴 필요가 없다. 오로지 건축물의 본질적인 품질 향상과 설계의도 구현에만 집중할 수 있다. 또한, 이러한 프로세스 혁신은 설계 기간을 기존 대비 절반 이하로 단축시키는 ‘초가속화’를 실현할 것이다. 결국 설계 분야의 생산성은 과거의 수작업과 CAD 시대를 넘어 데이터가 스스로 정합성을 증명하는 ‘무결점 설계’의 시대로 도약할 것이다.

사업 지연 단축

각 설계 단계 사이에 존재하는 ‘인·허가 및 행정 승인’은 사업을 지연시키는 거대한 병목 구간이다. 기존의 인·허가 단계는 설계를 멈추고 승인권자의 피드백을 기다리는 중단 후 검토의 시점이었다. 그러나 AI 기술은 복잡하고 까다로운 법령 준수 여부 검토를 자동화하여 서류 작성 업무를 단축시킬 수 있다. 거대언어모델 기반의 AI는 수만 페이지에 달하는 방대한 건축법령, 지자체 조례, 행정 지침 등을 실시간으로 학습하고 맥락을 이해한다. 이를 통해 모호한 법령 문장을 수치화된 설계 규칙으로 변환하고 설계 데이터(BIM)와 대조함으로써 위반 사항을 즉각적으로 찾아낸다. 또한, 과거 승인 사례와 서식 패턴을 학습한 AI는 복잡한 인·허가 서류의 항목별 필요 데이터를 자동으로 추출하여 배치할 수 있다. 이는 곧 인간이 수주간 매달려야 했던 서류 작업의 물리적 시간을 획기적으로 줄여준다. 이를 통해 행정 절차를 설계 프로세스의 일부로 편입시키는 흐름 기반 승인의 시대가 열리는 패러다임 전환을 맞이할 것이다.

글로벌 선도 사례인 싱가포르의 CORENET X^[12]는 이러한 변화의 실체를 보여준다. CORENET X는 3D BIM을 제출하면 AI가 건축법규 준수 여부를 자동으로 판독하는 시스템을 구축하고 있다. 이를 통해 과거 수개월이 걸리던 인·허가 검토 기간을 단 며칠로 단축할 수 있다. 또한 설계자는 설계 도중에 즉각적으로 법규 위반 여부를 피드백 받을 수 있다. 이는 행정 기관이 사후에 문제를 지적하는 현재의 프로세스를 파괴

한다. 국내에서도 한국토지주택공사(LH)의 AI BIM 검토 시스템 등을 통해 아파트 단지 설계 시 일조권, 동 간 거리, 주차 대수 등 복잡한 요건을 자동으로 검증하는 시도가 확대되고 있다.

이러한 기술 도입은 단순히 행정 속도를 높이는 것에 그치지 않는다. 건설사업의 고질적인 문제인 인·허가 불확실성을 제고할 수 있다. 앞서 언급했던 AI가 최신 건축법규와 지자체 조례 등을 학습하면 재개발·재건축 심의에 필요한 방대한 서류를 완벽한 논리로 자동 생성할 수 있다. 이는 민간사업자에게 브릿지론⁹⁾ 등 막대한 이자 비용을 발생시키는 기간 지연 리스크를 획기적으로 낮추는 계기가 된다. 사업의 예측 가능성이 극대화될 수 있는 것이다.

행정 관청의 입장에서 AI를 통한 자동 검토 시스템은 인적 판단에 의한 편차와 부정부패의 소지를 원천적으로 차단할 수 있는 장점이 있다. 결국 인·허가 절차는 사업의 걸림돌이 아닌 데이터 기반의 투명하고 빠른 행정서비스로 변모된다.

설계-시공 정보 동기화

AI 기반 설계 모델은 단순히 종이 위에 머물지 않는다. 현장의 물리적 실체와 실시간으로 반응하는 디지털 트윈의 핵심이 될 것이다. 현장에

9) 브릿지론(Bridge Loan) : 대출의 공백이 생길 때 단기로 돈을 빌릴 수 있는 대출 형태로 PF 대출 조달까지 필요한 사업자금에 투입되는 금융

설치된 수많은 센서와 드론, 로봇이 수집한 실시간 데이터는 컴퓨터 비전 AI에 의해 기존 설계(BIM)와 픽셀 단위로 대조되어 시공 오차를 즉각적으로 모델에 반영하기 때문이다.

글로벌 건설 테크 시장을 선도하는 Buildots^[13]나 Doxel^[14]의 AI 솔루션은 설치된 배관의 위치가 설계 대비 단 몇 밀리미터라도 어긋날 경우 이를 즉각 감지한다. 과거에는 사람이 일일이 대조하느라 몇 주 뒤에야 발견되어 뜯어내고 재시공했던 문제들이다. 이제는 즉시 설계 모델에 피드백할 수 있는 환경으로 진화하고 있고 후속 공정의 설계에 자동 반영될 수 있다. 설계자나 공사 관리자가 사무실에서 현장의 문제를 뒤늦게 보고 또는 인지하여 수정 도면을 작성하던 사후 대응 방식은 없어지는 것이다.

설계와 시공 사이의 시차가 사라짐으로써 현장의 불확실성은 최소화되고 전체 프로젝트의 효율성도 증대된다. AI는 수정된 설계안이 전체 구조 안전성이나 설비 가동에 미치는 영향까지 즉각적으로 시뮬레이션하여 최적의 대안을 제시한다. 이에 따라 건설 비용의 상당 부분을 차지하던 재작업과 그로 인한 공기 지연 리스크를 효과적으로 관리할 수 있다. 이는 건설 현장의 생산성을 보다 체계적이고 예측 가능한 수준으로 끌어올리는 계기가 될 것이다.

생성자에서 검토자로의 역할 전환



AI 기술은 설계 및 엔지니어링 업계의 핵심 경쟁력과 보상방식, 그리고 전문가의 역할을 근본적으로 재편하며 업계의 지형도를 바꾸고 있다. 앞으로 전개될 변화의 핵심은 전문가가 직접 도면을 그리는 생성자에서 AI가 도출한 결과물을 비판적으로 판단하고 선택하는 최종 검토자로 거듭나는 데 있다. 이러한 흐름 속에서 설계 주체별 역량은 상향 평준화될 것이다. 과거 소수 전문가의 전유물이었던 경험과 데이터가 민주화됨에 따라 누구나 높은 수준의 설계안을 도출할 수 있는 환경이 조성될 것이기 때문이다. 이에 따라 도면 작성에 투입된 시간과 인력을 기준으로 보상받던 과거의 체계에서 벗어나 사업성을 극대화하거나 리스크를 획기적으로 낮추는 신규 창출 가치에 따라 보상의 규모가 결정될 것이다. 또한 미

래의 설계자는 현장의 시공 로봇과의 유기적인 협업을 전제로 하는 시공 과정의 이해와 이를 바탕으로 한 로봇 친화적 설계 역량이 필수화될 것이다. 무엇보다 AI 생성물에 대한 최종적인 검증과 법적 책임을 지는 주체로 인간 전문가(설계자)의 역할이 전환될 것이다.

설계 역량의 민주화

지난 수십 년간 국내 대형 랜드마크 건축물이나 복잡한 토목 인프라 설계는 해외 유명 건축가와 베테랑 기술사의 전유물이었다. 특히 비정형 건축물이나 복잡한 산악 지형의 토목 선형 설계는 고도의 숙련도가 요구되거나 국내 기술 수준을 믿지 못해 대형사나 해외 전문업체가 시장을 독점하는 구조였다. 그러나 생성형 AI의 발전과 이를 바탕으로 한 설계 AI 도입은 이러한 경험과 실적의 독점을 해체하고 설계 역량의 상향 평준화를 불러오는 설계 데이터 민주주의 시대를 열고 있다.

이뿐만이 아니라 동네의 소규모 빌라나 정비사업 현장의 경우는 설계자의 개인 역량에 따라 결과물이 천차만별이었다. 소규모 설계사무소의 경우 인력의 한계로 인해 법규 검토와 기본 평면 구성에만 집중해 수익성을 뽑아내지 못하는 경우가 많았기 때문이다. 하지만 AI는 주어진 부지에 대해 수십 개의 설계 대안을 빠르게 제시하여 설계 의도의 충실한 구현 범위 내에서 일조권 확보와 용적률 극대화 사이의 균형점을 찾을 수 있다.

도로 선형이나 교량 하부구조의 설계에서는 수십 년의 현장 경험을 가진 기술사의 직관과 경험적 데이터가 결과물에 많은 영향을 미쳤다. 기술사는 환경 훼손 최소화와 공사비 절감이라는 상충되는 가치들 사이에서 최적의 해답을 찾는 데 많은 시간을 소모했다. 그러나 AI는 수천만 개의 지형 데이터와 지질 변수를 병렬로 처리하며 인간이 물리적 시간 한계로 검토하지 못했던 수만 가지의 노선과 공법 대안을 빠르게 분석한다. 계산이 빨라지는 것을 넘어 다목적 최적화 기술을 통해 경제성, 안전성, 시공성을 동시에 만족시키는 공학적 정밀도가 극대화될 것이다. 이로 인해 실무 경험이 부족한 신입 엔지니어에게도 베테랑 기술사의 전문성에 준하는 설계 품질을 안정적으로 확보할 수 있다.

이러한 AI가 만드는 설계 역량의 상향 평준화에 따라, 건축주는 누구를 찾아가더라도 최신 기술이 집약된 최적 용적률과 평면 대안을 제안받을 수 있는 것이다. 이는 특정 스타 설계자에 의존하던 방식에서 데이터 기반의 표준화된 고품질 서비스로의 대체를 의미한다. 설계사의 역할은 대안을 직접 만드는 작업자에서 AI가 제시한 무수한 설계안 중에 사업성이 가장 높은 안을 선별하고 조율하는 의사결정자로 변화한다.

이는 시장의 공정 경쟁을 가속화할 수 있다. 건축주는 더 넓은 선택지를 갖게 되고 AI의 보조를 받은 전문가들은 더 창의적인 대안을 경쟁적으로 내놓게 될 것이다. 그동안 인적 네트워크나 대형사의 명성에 가려져 있던 소규모 강소 사무소들도 시장의 선택을 받을 수 있는 실력 위주의 시장이 될 수 있다. 반면 설계 서비스 자체가 범용 상품화되어 극심한 저가 수주 경쟁으로 이어질 수 있다는 우려도 상존한다. 또한 모두

가 유사한 AI 알고리즘을 사용할 경우 건축물의 개성이 사라지는 설계의 획일화나 특정 거대 IT 플랫폼에 대한 기술 종속성 심화 등의 문제가 야기될 수 있다.

단순 드로잉 노동의 종말과 보상 체계의 변화

설계업계 종사자가 겪는 고질적인 밤샘 작업과 저임금 구조의 원인은 투입된 인원과 시간(Man-Month)에 따라 대가를 지불받는 낡은 보상 체계에 있다. 설계사무소의 밤샘 작업은 규모가 작은 아틀리에일수록 더 심하다. 마감 기한은 정해져 있는데 요구사항은 수시로 바뀌기 때문이다. 평면 하나가 수정되면 연동된 입면과 단면은 일일이 다시 그려야 하고, 도면 치수 기입부터 선두께 설정, 레이어 정리, 태그 및 마감 코드 수정 등이 따라온다. 게다가 CAD나 Revit 같은 복잡한 모델링 툴을 다루는 데 익숙하지 않을 경우 작업 시간은 훨씬 길어진다. 이러한 기능에 능숙해지기 위해서 수많은 명령어와 표현 기법을 익히는 데도 많은 시간을 써왔다. 지금까지 설계자의 숙련도란 얼마나 도면을 빨리 정확하게 그리는지를 나타내는 도구적 숙련도와 같았다.

그러나 AI 시대에는 자연어 명령만으로 도면이 자동 생성된다. 오토데스크의 AI Assistant는 벌써 이러한 기능을 일부 탑재하고 있다. 앞으로

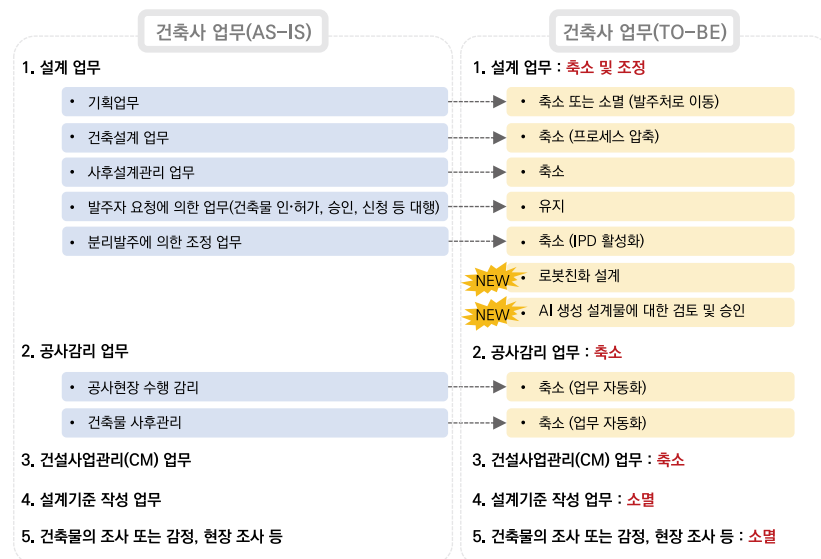
는 복잡한 명령어 없이도 “A 창호의 위치를 오른쪽으로 500mm 옮기고 그에 맞춰 구조 검토와 물량 산출 갱신해줘”라는 간단한 입력으로 평면, 입면, 단면이 수정되는 것이다. 이는 곧 과거 숙련된 인력이 며칠 밤을 새우며 도면을 작성하지 않아도 빠르게 도면 생성이 가능해짐을 의미한다. 이로 인해 설계자가 젊어졌던 단순노동의 가치는 급락한다.

결국 설계자의 역할은 직접 선을 긋는 작업자에서 AI에게 어떤 가치를 입력하고 조합할지 결정하는 역할로 전환된다. 설계자가 정의한 설계 의도와 입력된 속성 정보들이 AI를 통해 즉각적인 데이터 셋으로 구조화된다. 도면 생성뿐만 아니라 입찰 제안서 작성과 각종 행정 문서화 작업도 자동화의 영역으로 넘어갈 것이다. 설계자의 업무 강도가 혁신적으로 줄어들게 되는 것이다.

기술적 변화에 의한 업무 강도의 감소는 필연적으로 보상 체계의 변화를 불러온다. 설계사의 경쟁력은 설계자의 시간 투입량에서 설계 결과물의 창출 가치로 전환될 가능성이 높다. 이제 건축주나 발주처는 어떤 설계사무소에서 자신의 이익을 더 극대화시키고 사업 리스크를 줄였는지 계산할 것이다. 예를 들어, 설계사가 주거 단지의 전용 면적을 정밀하게 재구성하여 분양 수익을 10% 증대시켰다면 보상은 투입 인건비가 아닌 증대된 수익의 일정 비율로 산정되는 가치 기반 보상(Incentive Fee)이 된다. 이는 설계 업계의 만성적인 저단가 수주 구조를 탈피하고 전문성이 확보되는 결정적인 계기가 될 수 있다.

10) 오토데스크의 지능형 비서로 AutoCAD, Revit, Construction Cloud 등 주요 솔루션 내 통합되어 실시간 질의 응답, 환경 성능 분석, 규정 준수 자동 체크 등의 기능 수행

AI 도입으로 인한 건축사의 업무 변화 예상



자료 : 건축사법 참고

새로운 역량의 필요 : 로봇 친화적 설계

미래 시공 현장의 중심은 인간에서 피지컬 AI가 탑재된 시공 로봇으로 전환될 것이다. 이에 따라 설계자의 핵심 역량은 심미적인 조형미를 구현하는 수준을 넘어 로봇이 시공하기에 가장 효율적인 도면을 제작하는 능력을 갖추도록 요구될 것이다.

이를 로봇 친화적 설계(Design for Robotics, DfR)라고 부른다. 과거의 설계 도면은 시공 현장에 있는 숙련된 기능공의 임기응변을 전제로

작성되었다고 해도 과언이 아니다. 그러나 시공 로봇은 정밀한 데이터와 명확한 경로 없이는 동작이 어렵다. 앞으로 시공 현장에 배치되는 로봇은 일반적인 중장비부터 사족보행 형태의 물건을 날라주는 로봇, 사람 형태의 휴머노이드 등 다양할 것이다. 이러한 로봇들이 적재적소에 움직이게 할 수 있도록 설계도가 작성될 경우 효율성이 극대화될 수 있다. 예를 들어 사족 보행 물류 로봇이 좁은 복도에서 회전할 수 있는 최소 반경을 확보하고, 휴머노이드 로봇이 자재를 들 때 하중 제한과 팔 관절의 작업 범위를 고려해 모듈형 부재를 설계하는 것이다. 토목공사 시에는 자동화 장비가 센서로 인식하기 쉬운 지점을 설계 모델에 미리 입력해 원격 굴착기가 지하 매설물과 충돌 없이 정밀 시공할 수 있도록 초 단위의 좌표 데이터를 공급하는 것이 필수적일 것이다.

만약 설계자가 수려한 디자인을 뽑아내더라도 시공 로봇이 작업하기에 너무 복잡하거나 비효율적인 형태라면 현장의 외면을 받을 수밖에 없다. 반대로 로봇의 가동률을 극대화해 공사 기간을 획기적으로 단축하는 설계·용역사는 시장에서 강력한 경쟁력을 확보하게 될 것이다. 이제 설계는 미학적인 결과물을 넘어 로봇이라는 새로운 사용자를 배려하고 시공 자동화 솔루션과 일체화된 고도의 공학적 데이터 세트로 진화하는 것이다.

AI 기반 생성물에 대한 책임 필요

기존의 설계·용역사의 담당자들은 발주처나 건축주를 설득하기 위해 설계안의 장점을 논리적으로 설명해야 한다. 그러나 AI가 찰나의 순간 만들어내는 설계안이 어떤 공학적·미학적 논리 과정을 거쳐 만들어졌는지 명확히 설명하기 어렵다. 또한 AI가 생성한 결과물이 적절한 구조적 강성을 지녔는지, 사람이 사용할 수 없는 죽은 공간은 없는지, 최신 건축법규를 위반하지는 않았는지에 대한 치밀한 확인이 필수적이다. 물론 AI 스스로 자가 검증을 수행할 수 있다. 하지만 결과물에 대한 전문가의 중복 검증은 안전을 위한 최후의 보루이다. 잘못된 도면이 시공 단계로 전이되었을 때 발생하는 경제적 손실과 인명 피해의 가능성은 막대하기 때문이다.

대부분의 설계·용역사에서 CAD나 BIM으로 모델링을 한다. 그러나 건축사 시험에서 여전히 수작업 도면 작성을 유지하는 이유는 손으로 직접 선을 그으며 공간의 유기적 흐름을 체득하고 구조적 원리를 비판적으로 사고하는 역량을 기르게 하기 위함이다. 설계자에게 이러한 기초 역량이 뒷받침되어야만 AI가 제시한 무수한 대안 중 오류를 찾아내고 최선의 안을 선택할 수 있는 심미적, 공학적 안목을 가지게 된다. 거대언어모델을 학습시킬 때, 사람이 직접 개입하여 생성 결과의 정답 여부를 평가하고 가중치를 조정하는 RLHF¹¹⁾를 통해 성능이 비약적으로 향상되었듯이 설계 전용 AI 시스템 역시 전문가의 지속적인 피드백과

검증 작업이 필수적이다.

AI 기술의 성숙도가 어느 정도에 다다르면 인간의 개입이 필요 없을 수 있다. 그러나 사고 발생 시의 법적 책임은 결국 최종 승인권자인 인간 전문가에게 귀속될 것이다. AI가 설계한 비정형 초고층 빌딩의 외장재 고정 장치 설계에서 환각 현상으로 데이터 누락/되어 추락사고가 발생했을 때 그 책임은 알고리즘이 아닌 이를 검토하고 날인한 설계자와 기술사에게 있을 것이다. 따라서 미래의 건설 전문가에게는 AI를 도구로 사용하는 능력만큼이나, AI의 결과물을 공학적으로 의심하고 검증하여 자신의 면허로 보증할 수 있는 윤리적·기술적 책임감이 가장 핵심적인 역량이 될 것이다.

11) Reinforcement Learning from Human Feedback : 인간 피드백 기반 강화학습

기술 중심의 업계 재편, 회색지대의 소멸



그동안의 건설업계에는 실력보다는 인맥으로, 설계 역량보다는 행정 절차의 빈틈을 이용해 수익을 올리던 ‘회색지대’가 존재했다. 이 회색지대는 불분명한 공사비 산정, 복잡한 인·허가 절차 뒤에 숨은 로비, 설계와 시공의 모호한 경계 등을 수반했다.

향후 AI는 데이터와 알고리즘 기반으로 이 불분명한 지대를 투명하게 밝힐 수 있을 것이다. 이 과정에서 핵심 기술 역량이 부족하거나 업무 경계가 불분명한 업체들은 시장에서 밀려날 것이 분명하다. 이제 불필요한 관행은 사라지고, 수치와 결과로 증명하는 업체만이 생존하는 선진형 생태계 조성이 가능해질 것으로 예상된다.

허가방의 몰락 : 공무원 네트워크 의존에서 AI 자동 검토의 시대로

설계 도면을 완성하는 것은 건설사업을 위한 아주 작은 시작일 뿐이다. 진짜 관문은 인·허가청인 해당 구청이나 시청의 공무원으로부터 건축허가를 득하는 일이다. 과거부터 인·허가권은 관련 공무원의 막강한 권력이었다. 90년대만 해도 서류 하나를 접수하기 위해 눈치를 보며 인사를 건네는 것이 관행이었다. 규정에 맞게 설계했음에도 보이지 않는 이유로 반려되는 일이 허다했다. 이 현상은 ‘허가방’이라는 기형적인 형태의 설계사무소를 만들어냈다. 이들은 관청 바로 앞에 위치하여 담당 공무원들과의 네트워크를 기반으로 건축허가가 빠르게 날 수 있게 도와준다. 건축주 사이에서는 특정 허가방을 통하지 않으면 허가가 반년은 더 걸린다는 말이 공공연하기도 하다. 결국 건축주는 설계의 질이 아닌 빠른 허가를 위해 불필요한 뒷돈이나 과도한 용역비를 지불하기도 한다. 이는 명백한 사회적 비용의 낭비이자 설계 시장을 어지럽히는 행위이다.

하지만 AI 기반 인·허가 시스템의 도입은 허가방의 존재 이유를 단숨에 없앨 수 있다. 인·허가 검토를 사람이 아닌 시스템이 하기에 그렇다. 설계사가 도면을 업로드하면 AI는 수만 페이지에 달하는 지자체 조례, 층수 제한, 일조권, 소방 기준 등을 실시간으로 대조한다. 과거 공무원의 막강한 권력이었던 법규 해석의 모호성은 이제 정밀한 객관적 데이터로 치환되어 자의적인 판단이 개입할 여지가 축소되거나 차단된다.

앞서 언급했던 싱가포르의 자동 인허가 시스템 ‘CORENET X’는 수개월이 걸리던 인·허가 기간을 획기적으로 단축하며 기술의 효용성을 증명했다. 국내 역시 국토교통부의 건축허가 시스템인 ‘세움터’에 AI를 결합하여 법규 위반 사항을 자동으로 추출하는 기술 개발에 대한 논의가 진행되고 있다.^[15]

이러한 시스템은 단순히 업무를 자동화하는 것에 그치지 않고 행정의 투명성을 극대화한다. 인·허가 검토의 모든 과정이 디지털 로그로 기록되어 공무원이 정당한 사유 없이 승인을 미루기가 어려워진다. 공무원의 역할은 불필요한 간섭이 아닌 고도의 정책적 판단이나 복잡한 예외 사항을 조율하는 본연의 업무로 국한된다. 감정이나 인맥이 파고들 틈이 사라진 자리에는 오직 법규와 데이터만이 남게 된다.

결국 행정 기관 앞의 네트워크 하나로 연명하던 허가 전문 설계사무소들은 시장에서 빠르게 자취를 감추게 될 것이다. 인·허가 프로세스의 자동화는 설계 시장의 경쟁력을 대관 업무 능력이 아닌 설계 도서의 완성도와 기술적 신뢰도로 회귀시키는 계기가 된다. 건축주는 이제 빠른 허가를 위해 뒷돈을 쓰는 대신에 에이전틱 AI 기술을 능숙하게 다루어 오차 없는 설계를 구현하는 전문가에게 정당한 용역비를 지불하게 될 것이다.

기술 중심의 재편 : 집장사의 퇴출과 엔지니어링의 신뢰 회복

오랜 기간 우리 건설업계에서 흔히 사용되는 ‘집장사’라는 단어는 폄하의 의미가 섞여 있다. 주로 소규모 빌라나 다가구 주택 현장에서 설계와 시공을 동시에 맡아 처리하는 건축청부업자를 일컫는다. 이들은 내가 설계하고 시공도 해서 비용을 낮춰주겠다고 건축주를 유혹한다. 하지만 실제로는 명확한 설계 도면이나 공사비 산출 근거가 없는 경우가 대부분이다. 설계와 시공의 경계가 무너지다 보니 시공하기 편한 대로 설계를 바꾸거나 자재비를 부풀려 이익을 챙기는 행위가 빈번하다. 이러한 집장사들이 소규모 시장을 장악할 수 있었던 이유는 고도의 설계 엔지니어링 기술이 소형 건축물까지 미치지 못했기 때문이다.

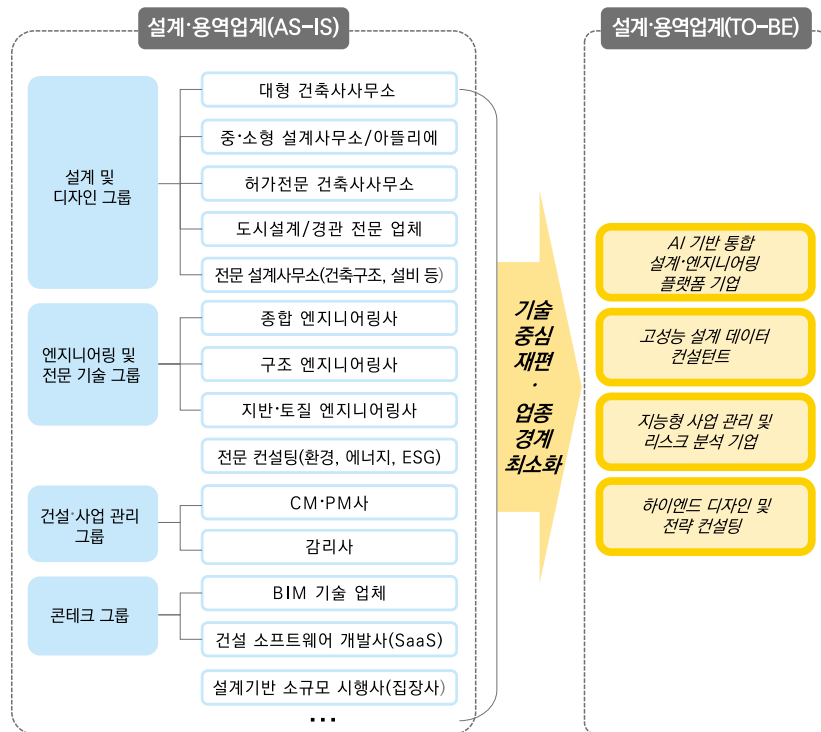
하지만 설계 전문 에이전틱 AI의 등장은 이러한 시장의 문제점을 개선한다. 소규모 대지에서도 최적의 용적률이 산출되고 시공성이 극대화된 정밀 도면이 공급된다. 과거에 집장사가 “대충 이렇게 하면 된다”라고 하던 영역이 AI 기반의 정확한 구조 계산과 원가 분석으로 대체되는 것이다. 설계가 경험이 아닌 데이터의 영역으로 넘어가면서 시장은 기술 중심의 강소기업 위주로 재편될 것이다. 투명성에 기반한 전문 설계사와 엔지니어들이 소규모 시장까지 진입할 수 있다. 그동안 근거 없는 공사비로 건축주를 현혹하던 집장사들은 시장에서 퇴출될 것이다. 이는 소규모 공사의 품질이 전반적으로 격상하는 계기로 작용될 것이다.

이러한 기술의 고도화는 필연적으로 산업 생태계의 대대적인 정리를 동반한다. 행정 업무에만 치중하던 허가방이나 전문성 없는 소규모 시

행사(집장사)들은 시장에서 소멸할 것이다. 데이터와 기술력을 갖춘 대형 건축사사무소와 엔지니어링사가 시장을 주도하고, 그 틈새를 AI 도구를 능숙하게 다루는 기술 중심의 강소기업들이 채우게 될 것이다.

투명성에 기반한 전문 설계사와 엔지니어들이 소규모 시장까지 진입함에 따라 그동안 기술적 사각지대에 놓여 있던 소형 건설사업의 품질은 한 단계 더 격상될 것이다. 이는 건설산업 전반에 대한 신뢰를 회복하고 인맥과 관행이 아닌 기술력 중심의 생태계로 탈바꿈시킨다.

AI 도입 가속화로 인한 업계 변화 예상



AI가 재정의하는
설계·용역사의 미래 지형도



데이터 공유에 기반한 성과 공유형 발주 체계 정착

건설사업의 발주 방식은 지난 수십 년간 불신과 분절의 역사 속에 존재했다. 설계사가 수만 장의 도면과 계산서를 성과품으로 만들어 시공 단계로 넘기면 시공사에서 이를 다시 해석해서 시공하는 방식이었다. 설계자는 시공을 모르고 시공자는 설계의 의도를 파악하지 못한 채 끊임없이 충돌하는 결과가 나타났다.

하지만 AI 기술은 이러한 분절된 계약의 역사를 끝낼 수 있다. 그동안 공유되지 않았던 건설 데이터를 투명하게 공개하고, AI 에이전트는 중립적 관찰자 역할을 하면서 자연스레 해소하는 것이다. 데이터가 투명해지면 이해관계자들이 서로를 속이거나 후속 단계를 고려하지 않을 이유가 사라진다. 자연스럽게 설계와 시공이 하나로 묶이는 성과 공유

형 모델인 IPD 방식 등이 자리 잡을 수 있다.

또한 실제 공사 시작 전 가상 세계에서 수만 번의 시뮬레이션을 거치는 ‘프리콘’이 일상화된다. 프리콘의 일상화는 설계 변경으로 인한 감정적, 경제적 소모를 차단한다. 결국 발주자는 자신이 계약한 결과물을 디지털 환경에서 미리 완벽하게 검증한 뒤 디지털 계약을 통해 분쟁 없는 준공을 맞이할 수 있다. 이제 건설은 운에 맡기는 사업이 아니라 데이터로 약속하고 데이터로 증명하는 사업으로 진화하게 될 것이다.

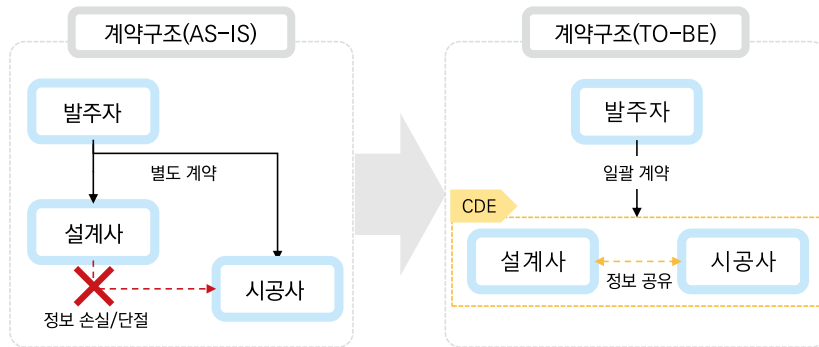
IPD로의 진화 : 불신의 벽을 허무는 데이터의 투명성

우리나라 건설산업에는 오랫동안 설계-시공 분리계약(Design-Bid-Build, DBB)이 고착화되어 있다. 설계가 다 끝나야 시공사를 선정하는 방식은 겉으로는 공정해 보이지만 실제로는 설계자와 시공사의 소통 단절을 야기시킨다. 국가철도공단이나 한국도로공사 등이 발주하는 대형 사업에서 설계사와 시공사는 각기 다른 시점에 계약을 맺는다(기술 형입찰 방식 제외). 그러다 보니 설계 단계에 반영하지 못한 현장 지질 조건이나 장비 가동 범위 때문에 시공 단계에서 수백억 원의 설계 변경이 일어나는 것이 관례처럼 여겨졌다. 건축 공사에서도 마찬가지다. 시공사는 설계 도면의 오류를 찾아내 공사비를 올리려 하고, 설계자는 현장의 여건은 무시한 채 이론적인 도면만 고집하는 경우가 많았다.

이를 해결하기 위해 미국 등 선진국에서는 설계-시공-발주처가 처음부터 한 팀이 되어 리스크와 이익을 나누는 IPD(Integrated Project Delivery) 등이 확산되고 있다. 하지만 우리나라에서는 협업 체계 간 신뢰 부족과 분리발주 중심의 계약제도가 도입을 막는 큰 걸림돌이 되고 있다. 또한 책임 회피형 행정 구조, BIM 기반 협동 공간의 부재, 데이터 성숙도의 한계, 그리고 역할 재편에 대한 조직적 저항이 IPD 적용의 장애물로 작용해 왔다.

하지만 AI는 불신의 벽을 허무는 열쇠가 된다. AI 기반의 공통데이터 환경(CDE)은 설계 변경 이력, 투입 자재의 실시간 단가, 공정별 생산성 데이터가 조작 불가능한 형태로 공유된다. 이 환경에서는 갑작스러운 원자재 가격 폭등에도 시공사와 발주처가 싸울 필요가 없다. AI가 과거 데이터와 시장 동향을 분석해 객관적인 공사비 증액분을 산출하고 대체 공법을 계약 대상자에 즉시 제안할 수 있다. 또한 복잡한 토공사에 대응하여 AI가 축적된 전국 지반 조사 데이터를 학습한다. 설계사가 학습된 AI를 기반으로 노선을 긋는 즉시 해당 구간의 토공량과 암반 판정 가능성이 예측된다. 설계사와 시공사가 공유하는 플랫폼 위에서 공사비를 절감하고 사고 위험을 낮출 수 있는 최적 설계가 가능해진다. 이 과정에서 아낀 예산은 계약대상자의 ‘기술 제안 인센티브’로 돌아온다. 데이터가 투명하게 공유되기에 시공사가 설계 탓을 하거나, 설계사가 현장 탓을 하는 고질적인 악순환이 끊어진다. 오직 프로젝트의 성공을 위해 설계적 지능을 모으는 구조로 변모한다.

IPD 등 협력형 발주 방식으로의 변화



프리콘(Pre-con)의 일상화 : 설계 오류와 분쟁 소지 감소

프리콘(Pre-con)은 설계 단계에서 3D 시뮬레이션을 활용해 미리 가상공간에서 시공해 봄으로써 공정, 원가, 품질 등을 사전에 검증하는 관리 방식이다. 기존에는 롯데월드타워 같은 초고층 빌딩이나 복잡한 플랜트 공사에서만 사용되던 관리 기법이다. 하지만 AI 기술의 발전으로 이제 동네의 작은 꼬마빌딩 현장에도 프리콘이 적용될 수 있다.

AI는 사람이 놓치기 쉬운 수만 가지의 간섭 사항을 0.1초 만에 찾아낼 수 있다. 예를 들어 천장의 에어컨 배관과 소방 스프링클러 배관이 겹친다거나, 벽체 두께 때문에 가구가 들어가지 않는다는 것을 착공 전에 찾아낼 수 있다. 건설산업의 고질병인 설계 변경은 이러한 사소한 간섭에서 시작되어 수억 원의 공사비 증액과 공기 지연으로 번진다. AI 프리콘

은 이러한 분쟁의 씨앗을 미리 지운다.

미국의 Mortenson社^[16]는 프리콘 단계에서 AI 기반의 자동 간섭 해결 기술을 적용했다. 단순히 충돌을 찾아내는 것을 넘어 AI가 배관의 최적 경로를 재설계함으로써 현장 수정 작업을 줄이는 성과를 거두고 있다. 현장이 도면과 다르다는 말은 더 이상 핑계가 되지 않으며, 설계자와 시공사 사이에 지루한 책임 공방도 없어진다.

디지털 계약 및 가상 검증 : 주관적 느낌을 객관적 데이터로 확정

설계는 준공보다 최소 수년 전에 진행된다. 건축물이 완성되는 동안 시장 상황은 변하고 건축주의 마음도 수시로 바뀐다. 특히 민간 재건축 시장이나 아파트 분양 시장에서 가장 흔한 분쟁은 모델하우스에서 봤던 느낌과 실제 집이 너무 다르다는 것이다. 심한 경우 법정 다툼으로 이어지기도 한다. 실제 설계도와 다른 모델하우스 모형 설치로 수분양자에게 전시하고 완공 후 결과물을 보고 허위 고지로 민사소송이 제기된 사례가 있다.^[17] 이러한 모델하우스와 실제 시공 내역이 다르다는 하자 신청 내역 등은 현장에서 비일비재하다. 이는 물리적 결함뿐만 아니라 입주자의 주관적 만족도 차이에서 비롯되는 분쟁이 건설업계의 고질적인 사회적 비용으로 작용하고 있음을 보여준다.

AI 기반의 디지털 계약은 이러한 감정적 소모를 해결한다. 미래 건설

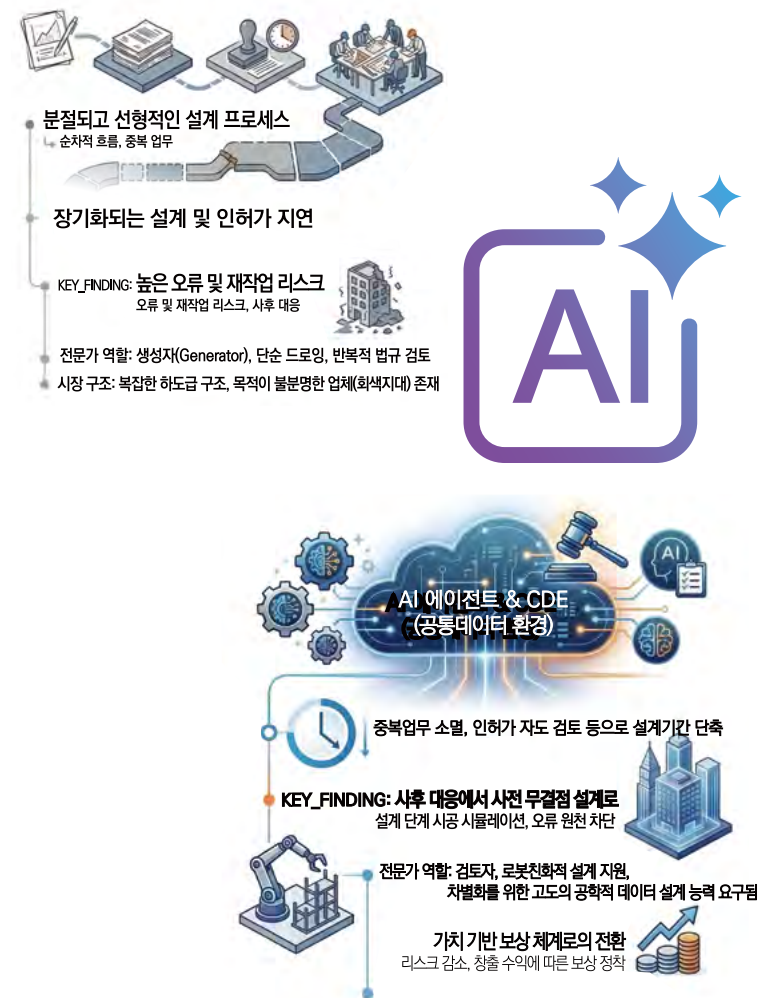
산업에서 통용되는 계약서는 종이 문치가 아니라 고해상도의 가상 환경 모델 그 자체가 될 것이다. 건축주는 계약 체결 전 가상공간에 접속해 건축물을 직접 체험한다. 만약 마감재를 바꾸고 싶다면 AI는 즉시 그에 따른 공사비 변동액과 전체 공기에 미치는 영향을 반영한다. 이때 확정된 모든 데이터는 디지털 봉인되어 계약서의 일부가 된다. 준공 시점에 이르러 AI는 실제 건물을 스캔한 데이터와 계약 당시의 가상 모델을 픽셀 단위로 대조한다. 만약 계약한 자재보다 등급이 낮은 자재가 사용됐거나 시공 정밀도가 떨어지면 AI가 즉시 감액을 제안하거나 재시공을 지시한다. 건축주 입장에서는 내가 본 그대로 완성된다는 확신이 생긴다. 시공사 역시 디지털로 봉인된 명확한 시공 기준을 확보함으로써 발주자의 주관적 변심이나 모호한 해석에 따른 재시공 압박에서 벗어날 수 있다.

이미 이런 시대는 우리 눈앞에 도래해있다. 미국의 건설 테크 스타트업 DigiBuild는 [18] 블록체인 기술을 활용해 공급망 관리와 결제 프로세스를 투명하게 기록하는 플랫폼을 제공한다. 프로젝트의 모든 마일스톤과 계약 조건이 디지털 원장에 기록되어 특정 조건이 충족되면 대금 지급이 자동으로 실행되는 스마트 계약 시스템을 지향한다. 이 구조에서 계약 문서는 단순한 PDF가 아니라 변경 이력, 자재 승인, 공정 달성 여부를 증명하여 이해관계자 간의 분쟁 소지를 원천적으로 차단한다.

결국 AI 기반의 디지털 계약은 인간의 약속을 데이터의 증명으로 바꾸는 과정이다. 과거에는 서로의 양심과 인맥에 기대거나, 법원 또는 중재를 통해 분쟁을 해결했다면 이제는 AI 에이전트라는 제3의 객관적 관

찰자가 계약의 이행을 보증한다. 이는 건설산업의 고질적인 불투명성을 걷어내고, 설계자-시공사-발주자가 오로지 품질이라는 공동의 목표를 향해 나아가게 만드는 강력한 신뢰 자본이 될 것이다.

AI가 만드는 설계·용역사의 미래 모습





3

**조달에서 플랫폼까지,
공급사의 재편**



구매·조달은 더 이상 '후속 공정'이 아니다



그간 건설사업에서 구매·조달은 설계가 완료된 이후 시공계획 수립 과정에서 이미 정해진 계획을 실행하기 위한 '준비 절차'로 여겨져 왔다. 즉, 설계자가 구조와 공법을 정하고, 시공사가 전체 일정과 공정 계획을 수립한 뒤에 진행하는 후속 공정으로 인식되었다. 하지만 피지컬 AI와 에이전틱 AI 기술이 본격적으로 건설사업의 전 과정에 관여하게 되는 미래 건설산업에서는 이러한 익숙한 순서의 의미가 완전히 달라진다. AI는 더 이상 견적 산출을 돕는 부수적인 도구가 아니라, 수많은 설계 대안과 공정 시나리오를 동시에 탐색하며 자재·장비·공정·리스크 요인 등을 포함한 건설사업의 여러 가능성을 처음부터 구조화하고 검토하는 역할을 수행하기 때문이다.

구매·조달에서 수집되는 공급 가능성, 표준화 수준, 대체제의 유효성, 자동화 장비 및 로봇 작업과의 호환성 등의 정보는 이제 설계의 선택지와 시공 전략의 방향을 결정짓는 핵심 변수가 된다. 특히 초대형 프로젝트나 고도의 기술이 요구되는 사업에서는 이러한 공급망 정보가 설계의 방향을 선행적으로 규정하는 절대적인 지표로 작용한다. 이는 과거의 선형적인 프로세스가 사라지고, 모든 정보가 동시다발적으로 연결되는 동시공학적 구조로의 전환을 의미한다. 무엇보다 AI 기반의 건설사업 수행의 기반이 되는 '건설 AI 플랫폼 공급사'의 등장은 건설사업 참여자 간의 상호 협력관계를 새롭게 정의하는 기반이 된다.

설계·시공과 상호작용하는 의사결정 구조

AI 기반의 설계는 입력된 정보를 바탕으로 생성되므로, 시장에서 조달 가능한 자재의 규격이나 장비의 특성, 공급망 리스크 등의 정보가 설계 알고리즘을 구성하는 기초 데이터의 일부가 된다. 예전처럼 설계자가 선행적으로 '완성된 설계'를 만들고, 이후 구매·조달 단계에서 이를 조율하는 방식은 점차 사라지게 된다. 대신, 구매·조달이 형성한 현실적 조건 하에서 설계자 또는 시공자가 실행 가능성이 가장 높은 방안을 선택하고 다듬는 형태로 역할이 재정의된다. 설계와 구매·조달이 서로의 결과물을 참고하는 관계를 넘어, 처음부터 상호작용하며 하나의 지능형 의사결정 구조를 만들어가는 형태에 가까워진다.

시공에 있어서도 뚜렷한 변화가 나타난다. 피지컬 AI 기반의 무인장비나 협동 로봇이 투입되는 현장에서는 자재와 장비의 적시·적정 공급이 공정의 안정성과 생산성에 결정적인 영향을 미친다. 기존 현장에서는 현장 관리자가 유연하게 대처하여 일정 지연이나 비용 상승 정도로 끝났을 문제가, 고도로 자동화된 작업 흐름에서는 즉각적인 시스템 전체의 생산성 저하나 가동 중단으로 이어질 수 있기 때문이다. 결국 구매·조달은 단순한 비용 통제를 넘어 현장의 ‘가동 안정성’을 좌우하는 생명 유지 장치와 같은 기능으로 자리 잡게 된다. 대규모 사업일수록 이러한 구매·조달·공정·안전의 연속성은 더욱 중요해지고, 이는 시공사가 수립한 시공계획의 현실성을 판단하는 가장 엄격한 기준의 하나가 된다.

건설사업의 성공 가능성을 가늠하는 첫 단추

이러한 변화는 결국 프로젝트 참여자 간 관계 구도의 근본적인 재편을 가져온다. 과거의 업역 구조(설계→시공→구매·조달→유지·운영)는 정보가 한 방향으로 흘러가는 형태였으며, 각 단계에서의 정보 손실과 왜곡은 필연적이었다. 그러나 AI 기반의 미래 건설사업에서는 구매·조달이 제공하는 실시간 데이터와 판단이 초기 의사결정의 출발점이 되며, 설계와 시공 전략은 철저히 이를 토대로 수립된다. 즉, AI 시대의 구매·조달은 단순히 ‘필요한 것을 사오는 기능’을 넘어, 해당 프로젝트가 기술적으로 구현 가능한지, 경제적으로 타당한지를 판단하는 건설사업의 성공 가능성을 결정하는 첫 번째 판단 기준이 될 것이다.

미래 건설 현장의 중심, AI 플랫폼



건설산업의 공통 두뇌, AI 플랫폼

미래의 건설산업에서 개별 기업의 자체 시스템 안에서 폐쇄적으로 사고하고 움직이는 구조는 지금과 같은 형태로 유지되기 어렵다. 지금까지는 발주자·설계사·시공사·공급사가 각각의 데이터 체계를 갖고 있었고, 의사결정 역시 조직 내부의 경험적 판단에 따라 이루어지는 경우가 많았다. 그러나 피지컬 AI와 에이전틱 AI가 건설의 전 과정에 걸쳐 깊숙이 개입하기 시작하면 이러한 분리된 구조는 점차 한계를 드러내게 된다. 설계 단계에서는 수많은 대안을 동시에 탐색해야 하고, 시공 단계에서는 장비와 로봇이 생성하는 방대한 데이터를 기반으로 공정 운영

이 조정되기 때문이다.

이러한 환경에서는 기업 내부에서 작동하는 폐쇄형 AI 시스템과 산업 전체가 상호 연결을 위해 사용하는 공통 플랫폼이 동시에 존재하는 구조가 점차 일반화될 가능성이 높다. 기업은 자사의 설계 노하우나 공정 운영 방식, 원가 구조와 같은 핵심 역량을 보호하기 위해 내부 AI를 유지하려 할 것이며, 동시에 프로젝트 수행을 위해서는 다른 참여자들과 데이터를 교환하고 의사결정을 연계할 수 있는 공통 기반이 필요하게 된다. 이때 등장하는 것이 산업 차원의 AI 플랫폼이다.

이 플랫폼은 단순한 소프트웨어나 분석 기능의 집합이 아니라 건설산업 전반의 정보가 교환되고 해석되는 공통 운영 기반으로 기능한다. 프로젝트 참여자들은 각자의 내부 시스템에서 생성된 데이터를 이 플랫폼을 통해 공유하고, 플랫폼이 제공하는 분석 결과와 예측 정보를 참고하여 의사결정을 수행하게 된다. 즉, 플랫폼은 모든 기업의 내부 시스템을 대체하기보다는 서로 다른 시스템들이 연결되어 협력할 수 있도록 만드는 공통 두뇌에 가까운 역할을 하게 된다.^[19]

이미 해외에서는 이러한 흐름이 다양한 방식으로 나타나고 있다. 초기 개발 단계에서 사업성을 자동 분석하는 설계 자동화 플랫폼(TestFit 등), 현장의 실시간 데이터를 통합 관리하는 공정 운영 솔루션(Infrakit 등), 그리고 설계·시공·운영 데이터를 하나로 연결하는 Trimble Construction Cloud나 Bentley iTwin과 같은 플랫폼들이 대표적 사례이다. 이러한 플랫폼은 특정 기업의 내부 시스템을 대체하기보다는 서로 다른 조직의 데이터를 연결하는 역할을 수행한다.

앞으로 이러한 AI 플랫폼의 구축 방식 역시 하나의 형태로 고정되기 보다는 여러 방식으로 나타날 가능성이 높다. 일부 국가에서는 정부나 공공기관이 산업 데이터 인프라 구축을 주도할 수 있으며, 글로벌 SI 기업이나 기술기업이 플랫폼을 선점하여 산업 표준을 형성할 가능성도 있다. 또한 대형 건설사와 기술기업이 공동으로 참여하는 산업 협력형 플랫폼이 등장할 가능성도 배제할 수 없다. 중요한 점은 플랫폼의 구축 주체가 누구이든, 건설산업의 참여자들이 데이터를 교환하고 의사결정을 연결하기 위한 공통 기반은 점차 필수적인 요소로 자리잡게 된다는 것이다.

참고 : InfraKit 사례

InfraKit은 핀란드에 본사를 둔 인프라 건설용 클라우드 플랫폼 기업으로, 2010년 설립 이후 도로, 철도 등 대형 인프라 프로젝트의 디지털 현장 관리 서비스를 제공해 왔다. 설계 BIM, 측량, 위성항법시스템, 중장비 제어, 사진·검측 데이터 등을 하나의 지도 기반 화면에서 통합 관리하는 형태로 작동하며, 핀란드 VT6 고속도로 프로젝트의 공정·품질·문서의 실시간 공유에 활용되기도 하였다. 최근에는 현장에서 발생하는 대용량 데이터를 AI로 분석해 공기 지연, 품질 저하 위험을 조기에 탐지하고, 중장비 위성항법 궤적과 BIM 모델을 자동으로 비교하여 시공 정확도를 모니터링하며, 토공 장비 이동 경로를 최적화해 연료비와 탄소배출을 저감하는 기능으로까지 확장되었다. 이러한 데이터·공정 통합을 통해 발주자와 시공사는 공정 지연과 재시공을 줄이고, 최대 10~20% 수준의 비용 절감, 투명한 프로젝트 거버넌스를 기대할 수 있다.

자료 : Infrakit(n.d.)^[20]

AI 플랫폼의 가장 중요한 기능은 서로 다른 성격과 형식을 가진 데이터를 하나의 판단 체계 안에서 함께 활용할 수 있도록 만드는 것이다. 설계 BIM 정보, 장비의 센서 데이터, 자재의 규격과 납기, 운반 경로, 하

도급 실적, 날씨와 지표면 조건 등은 그동안 서로 다른 시스템에서 분리되어 관리되어 왔다. 그러나 AI 기반 의사결정이 이루어지는 환경에서는 이러한 정보가 서로 연결된 상태에서 분석되어야 한다.

이를 위해 플랫폼은 데이터의 형식과 기준을 맞추어 서로 다른 정보들이 함께 활용될 수 있도록 지원한다. 예를 들어 굴착기의 작업 기록과 공정 계획이 동일한 시간 기준에서 비교되고, 자재 도착 일정과 로봇의 작업 가능 시간도 함께 고려되어 공정 계획이 계산되는 식이다. 이러한 데이터 연결이 가능해지면 설계와 시공, 조달 간의 판단이 서로 단절되지 않고 하나의 흐름 안에서 이루어질 수 있게 된다.

이렇게 되면 설계자는 특정 설계안을 선택하는 순간 해당 안이 가져올 공정 위험이나 공급망 제약을 동시에 확인할 수 있다. 시공사는 장비 간 간섭 위험을 사전에 확인하고 필요한 경우 설계팀과 조정을 진행할 수 있으며, 자재 공급사는 물류 지연이 예상될 경우 프로젝트 전체 일정에 미치는 영향을 분석하여 대응 방안을 제시할 수 있다. 과거에는 여러 조직이 별도로 협의해야 했던 판단이 플랫폼을 통해 훨씬 빠르게 이루어질 수 있는 환경이 만들어지는 것이다.

데이터 표준화가 산업 인프라로 자리 잡는다

AI 플랫폼이 효과적으로 작동하려면 산업 전체 데이터가 일정한 기준에 맞게 구조화되어야 한다. 이는 개별 기업이 독자적으로 해결할 수

있는 문제가 아니라 산업 전체가 함께 구축해야 하는 인프라에 가깝다. BIM을 기반으로 건설 프로젝트의 기획·설계·시공·운영 정보를 일관된 방식으로 관리하는 국제 표준 ISO 19650 기반의 CDE(Common Data Environment)가 세계적으로 확산되고 있는 것도 이러한 이유 때문이다. 앞으로는 이러한 기본 구조 위에 자재 규격 정보, 장비 동작 로그, 로봇 작업 패턴, 공급망 변동성 지수 등 건설 특화 정보까지 결합된 보다 확장된 데이터 관리 체계가 형성될 가능성이 높다. 이러한 체계가 구축되면 발주자, 설계자, 시공사, 공급사는 서로 다른 조직에 속해 있더라도 동일한 데이터 기준을 바탕으로 정보를 교환할 수 있게 된다.

특히 피지컬 AI와 로봇의 확산은 장비와 로봇의 행동 데이터까지 산업 표준 체계에 포함될 필요성을 크게 높인다. 예를 들어 특정 장비 제조사가 생산한 장비의 작업 데이터가 공통 플랫폼을 통해 다른 장비와 함께 분석될 수 있다면 토공량이나 지반 조건에 대한 예측 정확도는 크게 향상될 수 있다. 이러한 데이터 표준화는 단순히 데이터 형식을 맞추는 수준을 넘어 전체적인 운영체계를 결정하는 핵심 인프라가 된다.

결국 표준화된 데이터 인프라는 건설산업에서 새로운 형태의 기반시설로 기능하게 된다. 도로망이 구축되어야 물류 시스템이 원활히 작동하는 것처럼, 데이터 인프라가 구축되어야 AI 기반 건설 운영 역시 안정적으로 이루어질 수 있기 때문이다. 이러한 환경 속에서 플랫폼 운영자는 데이터 흐름을 관리하고 연결하는 중요한 역할을 맡게 된다.

플랫폼이 조율하는 건설 생태계

AI 플랫폼은 각 참여자의 판단을 단순히 연결하는 수준을 넘어 프로젝트 전체의 운영 논리를 조율하는 역할을 하게 된다. 설계 대안을 생성하는 과정에서 장비 접근성이나 자재 수급 리스크가 함께 고려되고, 시공 단계에서는 공정 지연 가능성이 발견될 경우 관련 주체들에게 조정이 필요한 사항이 전달되는 방식이다.

이러한 구조에서는 발주자, 설계자, 시공사, 공급사가 각각 독립적으로 움직이기보다는 서로의 판단을 지속적으로 참고하면서 프로젝트를 운영하게 된다. 발주자는 플랫폼이 제공하는 위험 분석을 바탕으로 사업 전략을 수립하고, 설계자는 생산과 조립 가능성을 고려하여 설계안을 조정한다. 자재 공급사는 공급망 변동성을 분석해 대응 전략을 마련하며, 시공사는 장비 운영 데이터와 플랫폼 정보를 결합해 현장을 관리하게 된다.

결과적으로 AI 플랫폼 기업은 단순한 기술 제공자를 넘어 건설산업의 협력 구조를 연결하는 중요한 역할을 수행하게 된다. 다만 이러한 플랫폼이 산업의 모든 시스템을 하나로 통합하는 형태가 되기보다는, 각 기업의 내부 시스템과 연결되며 협력관계를 조율하는 공통 기반으로 자리잡을 가능성이 높다. 이러한 변화 속에서 건설산업의 의사결정 구조는 조직 내부 중심의 폐쇄적 판단에서 점차 데이터 기반의 연결된 의사결정 구조로 이동하게 된다.

장비를 넘어 건설 솔루션을 공급하는 건설기계·로봇 공급사



자동화·자율화 기술이 장비 산업의 중심으로

건설기계 산업은 이미 오랜 기간 하드웨어 중심의 경쟁을 이어왔지만, 이제 그 패러다임은 지능화와 자율화로 옮겨가고 있다. 과거에는 장비의 출력, 작업 반경, 연비, 고장률 및 부품 수급 용이성은 물리적 성능이 핵심 경쟁력이었으나, 피지컬 AI와 고성능 센서 기술이 결합되면서 장비의 가치는 이제 ‘얼마나 정확하게 환경을 이해하고 스스로 판단하며 움직이는가’가 더욱 중요해질 것이다. 이러한 변화는 장비 공급사의 역할뿐만 아니라 건설 현장의 운영 방식 전체를 근본적으로 다시 정의하게 된다.

글로벌 선도 기업들은 이미 스마트 건설 플랫폼을 통해 토공 작업의 자동화를 추진하고 있으며, 기계와 기계가 서로 통신하며 공정을 계산하는 ‘M2M(Machine-to-Machine) 협업’을 실현하고 있다. 자율주행 덤프트럭이 운전기사가 없는 환경에서 스스로 경로를 선택하고 충돌을 회피하며 운행하는 모습은 이미 상용화된 현실이다. 국내에서도 영상 기반 객체 인식과 실시간 작업 안정성 예측 알고리즘을 탑재한 지능형 장비들이 시장에 속속 등장하고 있다.

참고 : 캐터필러(Caterpillar)社 장비 자동화 사례

세계 최대의 건설 및 광산 장비 제조사인 미국의 캐터필러社는 1925년 설립 이래 약 100년간 업계를 선도해 왔으며, 현재 자동화와 자율화 기술을 산업의 핵심으로 전환하고 있다. 캐터필러는 지난 30년간의 연구를 바탕으로 업계 최초로 기계가 독립적으로 ‘레벨 4’ 수준의 자율주행 기술을 구현하였으며, 현재 전 세계 광산 현장에서 110억 톤 이상의 물량을 자율주행 트럭으로 운반하는 등 독보적인 상용화 실적을 보유하고 있다. 최근에는 이러한 기술을 굴삭기, 로더, 불도저 등 건설 현장 전반으로 확대하고 있다. 특히 인공지능과 머신러닝, 컴퓨터 비전 기술을 활용해 장비가 실시간으로 주변 환경을 360도 인식하고, 스스로 작업 경로를 최적화하는 시스템을 구축하고 있다.

자료 : Caterpillar(2026) [21]

이러한 기술적 진보는 장비 공급사가 단순한 제조업체에서 현장의 지능형 판단 체계를 제공하는 소프트웨어 기술 기업으로 진화하고 있음을 보여준다. 장비가 자율화될수록 그 내부에는 고도의 AI 모델(두뇌)과 센서(감각기관)가 내장되며, 공급사는 이를 실시간으로 유지보수하고 업데이트해야 하는 책임을 갖게 된다. 결국 장비 공급사는 건설 현장의 자동화 수준과 지능화 지수를 결정하는 핵심 참여자로 자리 잡게 된다.

장비의 작동 환경을 설계한다

에이전틱 AI가 전체 공정 흐름을 계산하는 시대에는 장비의 물리적 성능보다 그 장비가 어떤 환경에서 어떤 규칙으로 작동하게 되는지가 시공의 성패를 좌우한다. 자율 장비의 회전 속도, 장애물 감지 기준, 로봇이나 작업자와의 안전거리 설정 등은 장비가 물리적으로 작동할 수 있는 경계치를 결정한다. 이러한 정밀한 ‘작동 로직’은 장비를 제작한 공급사만이 가장 정확하게 정의할 수 있으며, 이는 단순한 매뉴얼을 넘어 현장 운영의 필수 데이터가 된다.

문제는 이 로직이 현장의 안전성과 생산성을 직접적으로 규정하게 된다는 점이다. 자율 장비들이 혼재된 현장에서 장비 간의 회전 반경과 주행 속도가 정밀하게 동기화되지 않으면 대형 사고의 위험이 커질 수 있다. 이때 장비 공급사가 제공하는 ‘동작 해석 및 조정 데이터’는 공정 운영의 안전을 담보하는 필수 인프라가 된다. 나아가 공급사는 지반 강도나 기상 조건 등 특정 현장의 물리적 특성에 맞춰 장비의 알고리즘을 최적화해야 하며, 협동 로봇이나 드론 등 타 기종과의 데이터 인터페이스까지 직접 관리하게 된다. 이 모든 과정은 장비 공급사가 단순한 납품 업체를 넘어 현장의 작동 환경을 설계하는 주체로 변모하게 될 것임을 시사한다.

시공사의 현장 운영 핵심 파트너로

장비가 자율화되고 모든 공정이 데이터 기반으로 관리되는 환경에서, 시공사와 장비 공급사는 이전보다 훨씬 긴밀한 협력 구조를 구축하게 된다. 공정 계획이 아무리 정교해도 실제 장비가 물리적 한계 내에서 이를 수행하지 못하면 전체 프로젝트는 중단될 수밖에 없기 때문이다. 장비 공급사는 장비의 운용 가능성을 실시간으로 검토하고, 필요시 작동 로직을 수정하여 잠재적 리스크를 사전에 예방하는 역할을 수행해야 한다.

예컨대 AI가 계산한 작업 흐름이 장비의 기술적 한계를 초과하거나, 장비 가동 환경과 실제 공정의 상호작용이 어긋나면 전체 일정이 중단될 수 있다. 이때 장비 공급사는 장비의 운용 가능성을 시공사와 함께 즉시 검토하고, 필요할 경우 작동 로직을 조정해 위험을 피해야 한다. 장비 공급사가 지속적으로 데이터·신호·작동 패턴을 모니터링하며 운영을 보조하는 이유다.

더불어 대형 프로젝트에서 장비 공급사는 일정 지연 방지와 안전 확보 측면에서도 핵심적인 역할을 맡게 된다. 자율 장비 간의 충돌 예방, 지연 구간 탐지, 위험 상황 사전 감지 같은 기능을 공급사가 플랫폼과 연결해 제공하기 때문이다. 이런 구조에서는 장비 공급사가 시공사보다 먼저 위험 신호를 감지하는 경우가 흔하다.

결국 장비 공급사는 미래 현장에서 단순 공급자를 넘어 시공 현장을 함께 운영하는 공동 운영자로 재정의된다. 장비의 성능보다 장비 공급사의 해석·설계 능력과 데이터 관리 능력이 프로젝트의 결과를 좌우하는 시대가 도래하는 것이다.

자재 공급사의 공급망 리스크 관리 및 표준화 주도



자재가 구조화된 데이터가 된다

자재는 건설의 가장 기본 단위이지만, AI와 로봇 기반의 시공 환경에서는 그 의미가 데이터적으로 재정의되어야 한다. 과거 자재가 규격과 수량으로만 관리되던 단순한 물리적 객체였다면, 미래 건설산업에서 자재는 설계 알고리즘의 핵심 입력값이자 로봇의 조립 가능성을 결정하는 ‘지능형 데이터 객체’로 기능한다.

피지컬 AI와 협동 로봇이 투입되는 현장에서는 자재의 무게 중심, 그립 포인트(Grip Point), 접합 부위의 허용 오차, 강도와 탄성 정보 등이 설계 단계에서부터 완벽하게 구조화되어 있어야 한다. 예를 들어 로봇

암이 외벽 패널을 들어 올려 부착하려면, 패널의 정확한 물리적 수치뿐만 아니라 로봇의 센서가 인식할 수 있는 디지털 마커나 정보가 포함되어야 한다. 자재 공급사는 이제 단순한 물건 납품을 넘어, 이러한 자재 정보를 표준화된 데이터 셋으로 구축해 AI 플랫폼에 실시간으로 제공해야 한다. 이 데이터는 설계자가 생성하는 수많은 대안 설계의 기술적 경계치를 형성하며, 시공 가능성을 사전에 검증하는 핵심 기초 자료가 된다. 즉, 자재 공급사는 설계와 시공의 기술적 전제 조건을 공급하는 ‘데이터 원천 공급자’로 그 역할이 확장된다.

또한 3D 프린팅 기반 현장 제조 공법이 확산되면, 자재의 점도·경화 속도·환경 반응성 같은 특성이 실시간으로 알고리즘에 입력된다. 자재 공급사는 이러한 자재 정보를 구조화해 플랫폼에 제공해야 하며, 이 정보는 설계자가 생성하는 대안의 범위와 시공 가능성의 조건이 된다. 이 구조는 자재 공급사가 단순 공급업체로 머무르지 않고, 설계-시공의 기술적 전제조건을 제공하는 역할로 이동함을 의미한다.

공급망 리스크 관리가 경쟁력이다

공급망의 변동성은 건설산업의 고질적 난제였으나, AI 기반의 고도화된 공정 관리 체계에서는 이 변동성이 즉각적인 시스템 가동 중단으로까지 직결될 수 있다. 이제 자재 공급사는 단순 납기를 맞추는 정도로는 역할을 다했다고 보기 어렵다. 자재 공급사는 공급망 변동성을 예측하

고 대응 전략을 제안하는 전략적 리스크 관리자가 되어야 한다.

과거 일부 프로젝트에 적용되던 선진 기법인 AWP(Advanced Work Packaging)는 이제 미래 건설 현장에서 선택이 아닌 ‘생존을 위한 기본 요건’으로 자리 잡을 것이다. 자재의 입고 시점과 시공 패키지가 분리된 상태에서는 AI 에이전트가 계산하는 최적 공정 시나리오가 작동할 수 없기 때문이다.

자재 공급사는 이제 단순히 납기를 맞추는 수준을 넘어, 공급망 전반의 리스크를 예측하고 이를 플랫폼에 공유하는 전략적 리스크 관리자가 되어야 한다. 지정학적 불안, 탄소 규제에 따른 원가 변동, 국제 물류망의 병목 현상 등 외부 변수를 AI가 실시간으로 분석할 수 있도록 관련 지표를 데이터화하여 제공해야 한다. 자재 공급사가 제공하는 ‘공급 연속성’은 시공사의 생산성과 직결되며, 발주자가 프로젝트의 안정성을 판단하는 결정적인 척도가 된다. 결국 미래의 자재 공급 시장은 단순한 가격 경쟁력이 아니라, 누가 더 투명하고 예측 가능한 공급망 데이터를 보유하고 있느냐에 따라 승패가 갈리게 될 것이다.

자재 표준화가 설계·시공의 경계를 정의한다

로봇 기반의 자동화 시공이 보편화될수록 자재의 표준화는 산업 전체에 영향을 미치는 핵심 인프라가 된다. 여기서 표준화는 단순 규격 통일을 넘어 자재의 포장 단위, 로봇과의 데이터 인터페이스, 품질 편차의

허용 기준 등 건설 프로세스 전반을 관통하는 통합 기준을 의미한다.

자재 공급사가 주도하는 표준화 수준은 설계자가 활용 가능한 옵션의 폭을 결정하는 동시에, 현장 자동화 시스템이 오류 없이 작동할 수 있는 기술적 토대를 제공한다. 예를 들어 로봇 시공을 전제로 표준화된 패널 시스템은 설계 단계에서는 일정한 제약이 될 수 있으나, 시공 단계에서는 압도적인 품질 일관성과 속도를 보장하는 기반이 된다. 자재 공급사는 결국 설계와 시공의 기술적 기반을 제공하는 ‘표준화의 중심’으로 이동하며, 산업 전반의 예측 가능성과 안정성을 견인하는 주도적 역할을 수행하게 된다.

OSC·모듈러, 건설의 제조 플랫폼 탄생



프로젝트에서 상품으로

건설산업은 프로젝트마다 새로운 현장에서 새로운 인력과 장비가 모여 일회성으로 완성되는 ‘비정형성·일회성·현장 중심 산업’으로 불려왔다. 맥킨지는 「Modular Construction: From Project to Product」, 「The Next Normal in Construction」보고서를 통해 이러한 구조적 한계가 다른 산업에 비해 생산성 개선이 크게 뒤처지는 핵심 원인이라고 지적한 바 있다.^{[22][23]} 하지만 피지컬 AI와 고도의 자동화 기술이 결합되면서 건설은 이제 ‘프로젝트 단위의 사업’에서 ‘표준화된 상품 기반의 제조 플랫폼’으로 근본적인 전환을 맞이하게 된다.

참고 : McKinsey & Company 보고서

맥킨지는 건설산업의 파편화된 구조와 전통적인 현장 중심의 일회성 프로젝트 기반 생산구조로 인해 타 산업 대비 생산성 성장이 정체된 핵심 원인이라고 분석한 바 있다. 또한 맥킨지는 OSC와 모듈러 확대에 따른 시설물 및 구성요소의 표준화·통합화, 첨단기술과 건설산업의 융복합에 따른 가치사슬의 수직적·수평적 통합으로 건설생산시스템이 프로젝트 기반에서 조선업, 항공기산업, 자동차산업과 마찬가지로 상품 기반의 시스템으로 변화할 것으로 전망하였다.

OSC(Off-Site Construction)와 모듈러는 이 전환의 선봉에 서 있다. 과거 모듈러가 단순히 현장의 공정을 공장으로 옮겨오는 수준이었다면, 미래의 OSC는 AI 플랫폼과 로봇 시공이 결합된 ‘건설 제조 운영체제’로 진화하게 된다. 건축물이 현장에서 즉흥적으로 조립되는 구조물이 아니라, 자동차나 가전제품처럼 고도로 정밀한 제조 프로세스 하에서 생산되는 ‘상품’이 되는 순간, 건설업은 고질적인 숙련공 부족 문제와 기상 변화에 따른 공기 지연 리스크로부터 비로소 자유로워진다.^[24] 이는 제조업의 품질 관리 체계와 효율성이 건설산업으로 완전히 이식되는 거대한 패러다임의 변화이다.

설계·생산·조립이 하나의 제조시스템으로

맥킨지는 IT 제조 기반 건설로의 전환을 실현하기 위한 핵심 설계 원리인 DfMA(Design for Manufacturing and Assembly)는 이제 특별한 기법이 아닌, 대부분의 건설 프로젝트에서 ‘기본 전제’가 될 것이라고

언급한 바 있다. 이는 설계자가 초기 기획 단계부터 공장의 자동화 생산 조건, 모듈의 운반 경로, 현장 로봇의 조립 가동 범위 등을 AI 플랫폼을 통해 실시간으로 검증하며 설계를 수행하게 된다는 것을 의미한다.

이러한 접근은 설계-생산-조립이 단절 없이 이어지는 통합 공급망 구축으로 이어지게 된다. 생산 단계에서는 AI 기반 결함 예측 기술이 초기에 생산 과정의 이상 징후를 조기에 감지하고, 로봇 기반 조립 시스템이 부품 간 오차를 줄이는 역할을 수행한다. 현장에서는 자율 운반 장비와 건설 로봇이 공장에서 출하된 모듈과 현장의 요소를 결합하여 구조물을 정확하게 완성한다. 이러한 일련의 흐름은 현장의 불확실성을 획기적으로 낮추고, 발주자에게 보다 신뢰성 높은 공기와 품질을 약속할 수 있는 기반이 된다.

피지컬 AI와 로봇 기술은 이러한 제조 기반의 생산 방식을 공장 내부에만 머무르지 않고 건설 현장까지 확장시키는 역할을 수행하게 된다. 즉, 건설산업은 AI·로봇·OSC의 결합으로 더 이상 공장과 현장으로 이원화된 생산체계가 아닌 하나의 연속된 생산체계를 갖추게 될 것이다.

로봇 기반의 현장 제조기술이 전환을 가속화한다

기술 한계 극복이 이루어진 3D 프린팅은 OSC와 모듈러의 제조 기반을 더욱 확장하고 정교화하는 핵심 기술로 자리 잡게 될 것이다. 공장에서 제작된 표준 모듈이 가진 공간적 단조로움이나 운반 규격의 한계를

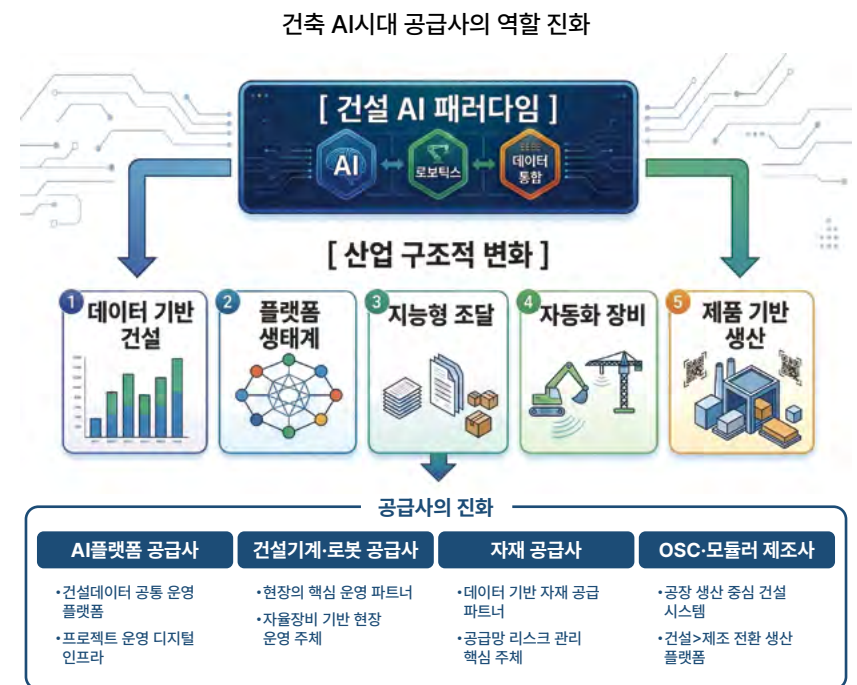
현장에서 직접 구조물을 출력하는 3D 프린팅 기술이 보완하게 된다. 예를 들어 건물의 핵심 골조는 공장에서 모듈로 생산하고, 복잡한 곡면이나 비정형 부재는 현장에서 로봇 3D 프린터가 실시간으로 출력하여 결합하는 방식이다.

이처럼 피지컬 AI 로봇과 3D 프린팅, 그리고 OSC 제조 플랫폼의 결합은 건설 현장의 생산 방식을 크게 변화시키는 요소로 작용한다. AI 플랫폼은 공장 생산 속도와 현장 조립 속도를 함께 고려하여 전체 공정의 흐름을 조율하고, 공장 생산과 현장 시공 사이의 연결을 보다 긴밀하게 만든다. 이러한 변화는 건설산업이 전통적인 현장 중심 생산 구조에서 제조 기반 요소를 일부 흡수하는 방향으로 발전하도록 만드는 중요한 계기가 된다.

그러나 모든 건설 시설물이 모듈러나 3D 프린팅 방식으로 완전히 대체되는 것은 아니다. 실제 모듈러 공사에서도 기초 공사나 지반 공사와 같은 단계는 기존의 토목·콘크리트 시공 방식이 함께 사용되는 경우가 일반적이며, 대형 인프라 시설이나 복잡한 토목 구조물과 같이 모듈화가 어려운 시설 유형도 존재한다. 따라서 미래 건설 현장은 모듈러·OSC와 같은 제조 기반 방식과 기존 현장 시공 방식이 서로 보완적으로 결합된 혼합형 생산 구조로 운영될 가능성이 높다.

또한 피지컬 AI와 건설 로봇의 발전은 이러한 혼합형 생산 구조 속에서 기존 시공 방식의 효율을 높이는 방향으로도 활용될 수 있다. 예를 들어 대형 토목공사나 기초 공사에서는 자율 굴착기, 자동화 콘크리트 시공 장비, 로봇 기반 철근 작업 기술 등이 기존 공정을 수행하는 핵심

장비로 활용될 수 있다. 결과적으로 미래의 건설 현장은 모듈러와 현장 시공이 경쟁적으로 대체되는 구조가 아니라, 제조 기반 생산 방식과 지능화된 현장 시공 기술이 함께 작동하는 복합적 생산체계로 발전하게 될 것이다.



4

실패 없는 건설 현장

생산성 혁명이 진행된다



실패 없는 건설 현장

제조업이 자동화와 디지털화를 통해 생산성 향상을 이룬 동안, 건설산업의 생산성은 거의 제자리걸음을 해왔다. 맥킨지는 건설산업의 노동생산성은 1995~2014년 연평균 1% 증가에 그친 반면, 같은 기간 제조업은 3.6%, 세계경제 전체는 2.8% 성장했다고 분석했다.^[25] 생산성 정체화의 원인은 비교적 명확하다. 노동집약적 산업 구조, 일회성 프로젝트, 다양한 현장 변수, 데이터 축적과 활용 부재, 기술 혁신에 대한 보수적 태도가 복합적으로 작용한 결과, 건설산업의 생산성은 장기간 정체 국면에 머물러 있다.

AI와 디지털 기술은 지금까지 정체되어 온 건설산업 생산성의 도약을 가져올 것이다. 단순히 작업 속도를 높이는 데 그치지 않는다. 업무 프로세스 전반이 재설계되고, 가치 창출 방식 자체가 달라진다. 건설산

업은 AI와 결합하여 저생산성 구조에서 벗어나 고부가가치 지식산업으로 전환할 준비가 되어있다. 이 절에서는 건설산업의 생산성 혁명이 어떤 방향으로 진행되는지 살펴본다.

AI 견적과 원가관리가 손실을 최소화하다

견적 오류로 인한 적자 수주, 시공 중 예상치 못한 비용 급증, 부정확한 원가 관리로 인한 수익성 악화는 건설 프로젝트의 고질적 문제다. AI는 이 불확실성을 줄인다. 과거 프로젝트 원가 데이터와 실시간 시장 정보를 학습한 AI는 입찰 단계에서 상당 부분의 수작업을 자동화하여 견적을 생성한다. 구체적으로 BIM 모델 정보를 활용하여 콘크리트 물량, 철근, 거푸집 면적 등 수백 개 항목의 수량을 산출하고, 실시간 시장 정보를 참조해 단가를 산정한다. 사람이 수일에 걸쳐 수행하던 작업이 수 시간 안에 완료되는 것이다.

시공이 시작되면 AI는 원가 변화를 실시간으로 모니터링한다. 자재비, 인건비, 장비비의 변동을 지속적으로 추적하고, 공정 지연이나 비용 초과 가능성을 조기에 예측하며, 여러 대응 시나리오를 시뮬레이션하여 제시한다. 중복 청구, 단가 오류, 누락 항목 등 이상 거래는 AI가 자동으로 탐지하고, 관리자의 검토가 필요한 항목을 우선순위 목록으로 정리한다. 이를 통해 건설 프로젝트는 정확한 비용 계획과 시장 변화에 대한 신속한 대응이 가능해지고, 손실 구조도 개선된다.

공기 단축과 품질 향상을 동시에 달성한다

오랫동안 건설 현장에서 공기와 품질은 트레이드오프(Trade-off) 관계로 여겨져 왔다. 공기를 단축하면 품질이 희생되고, 품질을 높이려면 시간이 더 걸린다는 인식이 당연시됐다. 급한 공사일수록 재시공과 하자가 많고, 철저한 품질 관리는 공기 지연으로 이어진다는 것이 현장의 상식이었다. AI와 자동화 기술은 이 딜레마를 해소한다. 디지털 트윈 기반 사전 시뮬레이션은 착공 전 설계 오류와 공정 충돌을 제거해 재시공을 줄이고, 재시공이 사라지면 공기는 자연스럽게 단축된다. 자율주행 장비와 건설 로봇을 사용한 24시간 작업은 공기를 추가로 압축하고, 로봇의 높은 작업 정밀도는 품질 편차를 줄인다.

AI 기반 공정관리는 작업자들이 기다리거나, 장비가 유휴 상태로 대기하거나, 자재가 도착하지 않아 작업이 중지되는 등의 현장 비효율을 해결한다. 이 변화는 빠른 공기와 높은 품질의 동시 달성, 낭비 비용 감소, 영업이익 개선으로 이어진다. 구체적인 작동 방식은 이후 디지털 트윈과 현장 자동화·로봇 주제에서 상세히 다룬다.

예측된 리스크가 손실을 줄인다

건설 프로젝트는 본질적으로 불확실성과 리스크로 가득 차 있다. 기상 악화, 지반 조건 변화, 자재 가격 급등, 인력 수급 차질, 발주자 요구

변경, 인·허가 지연 등 수많은 변수가 프로젝트의 성패를 좌우한다. AI는 이러한 불확실성을 예측가능한 변수로 전환한다. 과거 프로젝트 데이터를 학습한 AI는 특정 조건에서 어떤 리스크가 발생할 확률이 높은지 예측하고, 구체적인 대응 시나리오를 제시한다. 나아가 국제 원자재 가격, 환율, 금리 추이 같은 거시경제 변수를 실시간으로 모니터링하고, 건축법, 소방법, 환경 관련 법령의 개정 동향을 파악하여 프로젝트에 미칠 영향을 시뮬레이션한다.

예측 기반 리스크 관리의 핵심은 조기 개입이다. 문제가 작을 때 대응하면 비용이 적게 들지만, 커진 후에는 막대한 손실로 이어진다. AI는 작은 징후를 조기에 포착해 대응 기회를 제공함으로써 프로젝트의 수익을 높인다. 건설 현장의 리스크 가운데 안전사고와 품질 결함은 손실 규모가 가장 큰 영역이다. 이 두 영역에서 AI 예측이 어떻게 작동하는지는 다음 절에서 다룬다.

노동생산성이 비약적으로 향상된다

건설산업의 저생산성은 인당 생산 가치가 낮다는 의미다. 건설인력 1인이 창출하는 부가가치는 제조업이나 IT산업에 비해 낮고, 이는 건설산업의 저임금과 산업 매력도 저하로 이어지고 있다. AI와 자동화는 이 구조를 바꾼다. AI가 데이터 분석, 공정 최적화, 리스크 진단을 수행하면서, 현장 관리자 1명이 관리할 수 있는 프로젝트 규모가 커진다. 기술인력은

반복 업무에서 벗어나 판단과 전략이 필요한 고부가가치 업무에 집중할 수 있게 된다. 로봇과 자동화 장비가 현장의 육체노동을 지원하면서, 기능인력은 더 많은 작업을 빠르고 높은 품질로 완수할 수 있다. 결과적으로 건설인력 1인당 생산 가치는 증가한다. 노동생산성 향상은 임금 상승으로 이어지고, 건설 노동의 가치가 재평가된다. 산업의 매력도가 높아지면 우수 인재 유입이 촉진되고, 이는 다시 생산성을 끌어올리는 요인으로 작동한다.

AI 기반 건설 혁신은 개별 기술의 단순한 합이 아니라, 서로를 강화하는 구조로 작동한다. 디지털 트윈이 현장 자동화의 기반을 만들고, 자동화가 품질·안전 관리의 수준을 높이며, 축적된 데이터는 다음 프로젝트의 경쟁력으로 전환된다. 이 과정에서 조직과 인력의 역할도 함께 재편된다. 건설산업은 지금 저생산성 구조에서 벗어나 고부가가치 지식산업으로 도약하는 전환점에 서 있다.

디지털 트윈으로 먼저 짓는다



아무리 정밀한 설계 도면이라도 실제 건설 현장의 복잡한 지형, 변덕스러운 날씨, 장비 간의 간섭 등 모든 변수를 사전에 담아낼 수는 없다. 시공 중에는 설계 오류가 발견되고 공정 충돌이 빚어진다. 예기치 못한 문제는 재시공과 공기 지연, 비용 초과, 안전사고로 이어진다.

이제 건설 현장의 예기치 못한 문제를 통제하고 저감할 기술이 등장했다. 디지털 트윈과 생성형 AI의 결합은 단순한 3D 모델링을 넘어선다. 실제 현장과 동일한 물리적 조건, 시간의 흐름, 자원의 제약을 반영한 살아있는 가상 현장이 만들어진다. AI는 가상공간에서 전체 공정을 반복 시뮬레이션하며, 미세한 설계 간섭부터 자재 반입 경로의 병목까지 사전에 찾아내 제거한다. 실제 공사는 가상 세계에서 완벽히 검증된 계획을 바탕으로

로 수행된다. 착공 후에도 AI는 현장의 영상과 센서 데이터를 실시간으로 분석해 발생 가능한 리스크를 차단하고, 재시공과 사고를 줄인다. 공정, 품질, 안전관리는 개인의 경험이 아닌 데이터로 작동한다.

착공 전에 오류를 제거하다

디지털 트윈으로 만들어진 가상 현장은 시공 순서와 작업 조건, 자원 제약까지 반영한 살아 있는 현장이다. AI는 BIM 모델에 시공 정보를 통합하고 다양한 시공 시나리오를 자동 생성해 검증한다. 이 과정에서 설계 도면상으로는 문제없어 보이지만, 시공 단계에서 문제를 일으키는 간섭이 드러난다. AI는 발견된 간섭을 해결하기 위한 복수의 대안을 생성하고, 공기, 비용, 시공성 측면에서 정량적으로 비교한다. 그 결과 설계 오류, 시공 불가능한 상세 도면, 공정 간섭이 착공 전에 해결되고, 현장의 재시공과 설계 변경이 최소화된다.

GIRI의 연구에 따르면, 건설 오류를 야기하는 핵심 원인은 부적절한 계획, 늦은 설계 변경, 불충분한 설계 정보 전달로 나타났다. 이러한 설계 및 시공 단계의 오류는 프로젝트 규모와 복잡성에 따라 전체 비용의 10%에서 25%에 달하는 것으로 분석된다.¹²⁾ 결국 현장의 오류 대부분은 계획 단계에서 원인이 시작되고, 시공 단계에 이르러 재시공과 공기

지연, 비용 초과라는 형태로 나타난다. 디지털 트윈과 AI는 이러한 오류 발생을 가상 세계로 옮김으로써 현장이 오랫동안 안고 있던 구조적 문제를 해결한다.

4D·5D 시뮬레이션으로 공정을 최적화하다

건설 현장의 공기 지연과 비용 초과는 날씨 변화, 자재 납기 지연, 인력·장비 가용성 등 변수들의 상호작용으로 발생한다. AI는 이러한 복잡한 변수를 4D(시간)와 5D(원가) 기반으로 통합 분석하고 최적의 공정 계획을 수립한다. 이때 공정표는 기존의 바차트 형태의 도표가 아닌 영상으로 제시된다. 발주자와 현장 관리자는 착공 전 디지털 트윈 환경에서 착공부터 준공까지의 전 과정을 타임랩스 영상처럼 미리 확인할 수 있다.

시공 중에는 AI가 공기 지연과 비용 초과가 발생할 구간을 예측한다. 예를 들어 '현재 기초 공사 7일 지연 중. 이 영향으로 크리티컬 패스(Critical Path) 상의 마감 공사가 장마와 겹쳐 추가 3주 지연 예상. 간접비 증가액 약 8억 원'과 같이 시간과 비용의 복합적 영향을 정량화한다. 또한, 특정 자재의 글로벌 공급망 이슈로 인한 납기 지연 가능성을 사전에 감지하고 대체 자재 발주를 권고하는 등 구체적인 대응 방안도 제시한다.

¹²⁾ GIRI(Get It Right Initiative)는 영국 건설산업의 재작업·재시공 문제를 해결하기 위해 발주자, 설계사, 시공사가 연합하여 설립한 만든 민간협의체로, 해당 내용은 'Improving value by eliminating error(2016)' 등을 참조

가상 현장에서 훈련하는 로봇과 작업자

건설 로봇과 자동화 장비의 도입은 새로운 형태의 리스크를 수반한다. 현장 배치 후 발생하는 예상치 못한 간섭이나 오작동은 시간과 비용 손실, 안전사고로 이어질 수 있다. 이에 디지털 트윈 기반 가상 현장에서 로봇의 이동 경로, 장비 간 간섭, 작업자 동선을 시뮬레이션함으로써 실제 투입 전에 리스크를 제거한다. 로봇은 실제 현장과 동일한 디지털 트윈 환경에서 작업을 반복 테스트하며 최적 알고리즘을 학습한 뒤 현장에 투입된다.

작업자 교육도 마찬가지다. 가상현실(VR) 환경은 고소 작업, 중장비 조작, 위험 물질 취급 등 위험도가 높은 작업을 실제 현장과 동일한 조건에서 안전하게 훈련할 수 있는 기반을 제공한다. VR 기반 안전 교육이 행동 변화, 기술 습득, 몰입 경험 측면에서 전통적 교육 방식보다 유의미한 효과를 보인다는 것은 여러 연구에서 확인된다.^[26] 로봇과 작업자 모두 가상 현장에서 충분히 훈련한 뒤 현장에 투입됨으로써 시행착오가 최소화되고, 생산성 향상과 안전사고 예방이라는 두 가지 과제가 동시에 달성된다.

여전히 수많은 변수가 작용하는 현장

디지털 트윈이 가져올 변화는 분명 혁신적이다. 그러나 기술은 그것을 다루는 사람의 역량에 달려있다는 사실을 간과해서는 안 된다. AI가 관리하는 가상 현장은 결국 입력된 데이터의 품질에 전적으로 의존

하기 때문이다. 현장 조사 데이터가 불완전하거나, 예측 모델이 부정확하거나, 센서 데이터에 노이즈가 섞이면 가상 현장은 정교하지만, 틀린 답을 도출한다. AI는 오류를 제거하는 도구이지, 오류로부터 자유로운 도구는 아니다.

따라서 미래 건설 현장의 관리자는 AI가 생성한 결과를 수용하는 사람이 아니라, 그 결과를 비판적으로 검증하고 보완하는 사람이어야 한다. 데이터를 읽는 능력, 시뮬레이션 결과의 가정과 한계를 파악하는 능력, 현장의 흐름과 AI 분석을 통합하여 판단하는 능력이 AI 시대 건설기술인의 핵심 역량이 될 것이다.

참고 : 미국 소파이 스타디움 디지털 트윈 적용 사례

캘리포니아주에 위치한 소파이 스타디움(SoFi Stadium)은 미국의 대규모 스포츠 시설 중 디지털 트윈 기술을 설계, 시공, 운영 전 주기에 걸쳐 통합적으로 적용한 대표적 사례이다.

설계, 시공 단계에서는 고성능 BIM을 활용해 복잡한 경기장 구조, 대규모 철골·지붕 시스템, 관람석 및 편의시설 배치를 3D 정보모델로 정밀하게 구현했다. 시공을 담당한 터너-AECOM 컨소시엄은 설계사, 구조 엔지니어사 및 각 공종 전문 시공사들과 협력하여 총 1,700개에 달하는 BIM 모델을 디지털 트윈 플랫폼에 통합했다. 이 가운데 약 1,400개는 전문 시공사들이 직접 구축한 것이다. 이 디지털 트윈을 통해 건축, 기계, 전기, 통신 등 수십 개 시스템에 분산되어 있던 정보는 하나의 플랫폼에서 관리될 수 있었다.

준공 이후에는 BIM 모델, 설비 자산 정보, IoT 센서가 결합된 디지털 트윈이 HVAC, 조명, 전력, 승강기 등 주요 설비의 실시간 모니터링과 유지관리, 에너지 최적화에 활용되고 있다. 또한, 관중 밀집도와 동선 분석을 통해 서비스를 개선하는 데에도 활용된다.

소파이 스타디움 사례는 디지털 트윈이 건설과 운영 전반에서 어떻게 활용될 수 있는지를 보여준다. 건설 단계에서는 복잡한 구조물의 간섭 검토와 공정 최적화, 재시공 최소화에 기여하고, 운영 단계에서는 설비 유지관리, 에너지 최적화, 관중 서비스 개선에 활용된다는 점에서 그 역할이 주목된다.

자료 : ENR(2020) 외 2개 ^[27~29]

AI가 현장을 관리하고 로봇이 시공한다



실패 없는 건설 현장

디지털 트윈이 가상 현장에서 오류를 제거한다면, 이를 바탕으로 실제 현장에서는 AI와 건설 로봇이 그 계획을 실행한다. 현장 관리는 기존 경험 많은 기술인의 직관 중심에서 데이터와 AI 분석 중심으로 전환되고, 시공의 핵심 작업은 자율주행 장비와 로봇이 담당한다. 이 두 가지 변화인 현장 관리 지능화와 시공 자동화는 독립적으로 운용되는 것이 아니라 서로 연동하여 작동한다. AI가 현장 데이터를 실시간으로 분석하고, 그 결과에 따라 로봇의 작업이 조율되는 방식이다. 이때 인간은 단순 실행에서 벗어나 판단과 감독이라는 역할에 집중할 수 있다.

AI가 현장을 실시간으로 읽고 관리한다

물리적 현장과 디지털 트윈은 실시간으로 동기화된다. 드론과 웨어러블 카메라의 영상 데이터, 장비와 구조물에 부착된 수천 개의 센서 데이터가 초 단위로 디지털 트윈에 반영되고, AI는 이를 통합 분석해 공정 지연, 품질 저하, 안전 위험을 발생 전에 예측하고 경고한다. 예를 들어 특정 협력업체의 작업 진척률이 3일 연속 계획 대비 70% 수준에 그치면, AI는 인력 투입 데이터와 타 현장 실적을 교차 분석해 인력 부족으로 인한 공정 지연 리스크를 알린다. 현장 관리자는 현장을 전지적 시점으로 파악하고, 서류 업무 대신 현장 본연의 문제에 집중할 수 있다.

AI의 역할은 예측과 경보에 그치지 않는다. 반복적인 문서 작업 역시 AI가 처리한다. 일일 공정 보고서는 드론, 센서, CCTV, 출입 관리 시스템이 생성하는 데이터를 기반으로 자동 작성된다. 안전 점검 기록은 웨어러블 센서와 CCTV 분석을 통해 실시간으로 축적되고, '안전모 미착용 2건 감지, 추락 위험 경보 1건 발생'과 같은 상세 로그가 자동으로 기록된다. 사람이 직접 기입할 때 발생하던 누락과 오기가 줄고, 데이터의 정확성과 일관성이 높아진다. 이미 싱가포르 건설청(BCA)의 통합 현장 관리 플랫폼 도입 사례에서는 수동 보고 업무가 30% 단축되고 프로젝트 납기 준수율이 15% 향상된 것으로 보고됐다.

참고 : 싱가포르 건설청(BCA) 현장관리 플랫폼

싱가포르 건설청(BCA)은 2022년 수립한 '건설환경 산업 전환 로드맵(BE ITM)'에서 현장 디지털화를 핵심 과제로 제시하고, 이를 구현하기 위한 주요 수단으로 SMP(Site Management Platform, 현장 관리 플랫폼)의 도입과 확산을 추진하고 있다.

SMP는 현장에서 생성되는 안전 및 품질 점검 결과, 공정 진도, 사진·영상 기록, 각종 보고서를 공통 데이터 환경(Common Data Environment)에 집계하는 중앙 디지털 허브로, 모바일 기기를 통해 현장과 사무실 어디서든 실시간으로 조회·입력할 수 있는 클라우드 기반 플랫폼이다. 기존에 종이 서식, 엑셀 파일, 이메일로 분산 관리되던 일일 보고 및 점검 기록이 표준화된 디지털 워크플로로 전환되면서, 현장 관리자는 중복 입력과 수동 취합 없이 주요 현황 대시보드, 지연 공중, 미조치 안전 이슈 등을 한눈에 파악할 수 있다. BCA와 건설산업계는 SMP를 활용한 디지털 현장관리 도구가 보고·승인에 소요되는 시간을 줄이고, 현장과 본사 간 협업과 규제 준수, 프로젝트 일정 관리에 긍정적인 효과를 가져온 것으로 평가하고 있으며, 이를 공공·민간 프로젝트 전반으로 확산하기 위한 정책을 마련하고 있다. 2024년 4월에는 솔루션 제 공사와 현장 적용 기준을 정리한 'Site Management Platform 가이드북(Part A)'이 발간되어, SMP 생태계 확산의 기반이 구축되었다.

SMP는 궁극적으로 '보고서를 작성하기 위해 데이터를 모으던 방식'에서 '현장 운영 과정에서 데이터가 자동 축적되고, 이를 기반으로 의사결정을 지원하는 방식'으로의 전환을 이끌고 있다.

자료 : Building and Construction Authority (2024) 외 1개 [30, 31]

데이터 기반의 공정·원가·품질 최적화

건설 현장 관리자의 경험과 판단은 문제 해결에 중요한 역할을 한다. 그러나 공정 지연에 따른 추가 인력 투입, 품질 문제의 원인 파악과 대안 마련은 개인의 한정된 경험 범위 안에서 이루어질 수밖에 없다. AI는 이러한 의사결정을 데이터 기반의 체계적 분석으로 보완한다. 공정 지

연이나 품질 문제가 발생하면 AI는 즉시 다수의 원인 가설을 생성하고 현장 데이터와 대조하여 원인을 특정하며, 복수의 해결책을 시뮬레이션한다. 각 대안이 공기, 원가, 품질에 미치는 영향을 정량적으로 비교함으로써, 각 항목은 분절된 관리 대상이 아니라 실시간으로 연동된 하나의 문제로 다뤄진다. 현장 관리자는 AI가 생성한 시나리오 가운데 최적안을 선택하고 승인하는 역할을 맡으며, 의사결정 속도는 비약적으로 빨라진다. 현장을 뛰어다니던 문제 해결자에서 전략적 의사결정자로 거듭나는 것이다.

자율주행 장비가 24시간 일하는 토목 현장

토목 현장의 가장 큰 변화는 건설 중장비의 자율화다. 굴삭기, 불도저, 덤프트럭, 롤러 등 핵심 장비들이 사람의 조종 없이 스스로 움직이며 작업을 수행한다. 자율주행 굴삭기는 디지털 트윈이 제공하는 3D 설계 도면을 읽고 GPS와 라이다(LiDAR) 센서로 현재 지형을 실시간 스캔하며, 설계와 지형의 차이를 계산해 어디를 얼마나 굴착할지 스스로 판단한다. 자율주행 덤프트럭은 굴삭기가 적재한 토사를 지정 경로를 따라 운송한다.

자율주행 장비는 인간의 생리적 한계를 넘어선다. 라이다와 레이더 센서는 빛이 없어도 작동하고 안개나 비에도 영향을 받지 않으며, 혹한과 폭염 속에서도 멈추지 않는다. 24시간 연속 작업은 공기 단축에 기

여한다. AI 중앙 관제 시스템은 모든 장비의 위치, 작업 진행 상황, 배터리·연료 상태를 실시간으로 모니터링하며 최적의 작업 순서와 자원 배분을 계산한다. 굴삭기가 토사를 적재하는 동안 다음 덤프트럭이 정확한 타이밍에 도착하도록 조율하고, 배터리가 부족한 장비는 충전소로 이동하는 즉시 다른 장비가 그 작업을 이어받는다. 대기 시간과 유휴 시간이 최소화되고 장비 가동률이 극대화된다. 이처럼 토목 현장은 사람의 교대 없이도 멈추지 않는 생산 시스템으로 전환된다.

작업 로봇과 휴머노이드가 건축 현장에 들어온다

건축 현장에서는 공종에 특화된 전문 시공 로봇들이 활약한다. 용접 로봇은 피로 없는 정밀함으로 수천 개의 접합부를 균일한 품질로 이어 붙인다. 오후가 될수록 인간 용접공에게 찾아오는 집중력 저하와 품질 편차를 로봇은 겪지 않는다. 도장 로봇은 센서로 벽면과의 거리를 측정하며 밀리미터 단위 오차 없이 페인트를 도포하고, 타일 시공 로봇은 레이저 검증으로 완벽한 수평과 수직을 구현한다.

건설 로봇은 인간과 동일한 공간에서 함께 작업한다. 타일 시공을 예로 들면, 로봇이 넓은 평면에 타일을 부착하는 동안 타일공은 창문 주변이나 코너 같은 복잡한 부분을 담당한다. AI는 디지털 트윈 위에서 로봇의 작업 영역과 인간의 작업 영역을 실시간으로 표시하고, 충돌과 간섭을 예측해 작업 순서를 조정한다.

전문 시공 로봇이 특정 공종에 특화되어 있다면, 휴머노이드 로봇은 인간과 유사한 신체 구조로 그 협업의 범위를 현장 전체로 넓힌다. 2족 보행이 가능한 휴머노이드는 계단과 사다리를 오르고, 좁은 공간을 통과할 수 있어 별도의 현장 환경 변경 없이 투입된다. 무거운 자재를 하루 종일 운반하는 작업, 유해 가스가 우려되는 밀폐 공간에서의 작업, 추락 위험이 있는 고소 작업은 휴머노이드의 몫으로 전환될 것이다. 근골격계 질환을 유발하는 단순 반복 노동과 위험 작업이 로봇으로 이전되면서 인간 작업자는 로봇을 감독하고 품질을 검증하며 복잡한 문제를 해결하는 역할로 이동한다. 건축 현장의 인간 노동은 더 안전하고 더 높은 부가가치를 향해 재편되고 있다.

로봇 운영이 새로운 핵심 역량이 된다

로봇이 건설 현장의 핵심 자산으로 자리 잡으면서, 이를 효과적으로 운영하고 관리하는 능력이 건설기업의 새로운 경쟁력으로 부상할 것이다. 로봇을 현장에 투입하려면 철골 재질, 두께, 용접 사양 등 현장의 특수성에 맞게 작업 변수를 최적화하는 세팅 역량이 필요하다. 여기에 정기 점검과 부품 교체는 물론, 이상 징후를 조기에 발견해 고장을 예방하는 유지관리 체계도 갖춰야 한다. 그러나 가장 중요한 것은 건설 로봇 활용 전략이다. ‘어떤 작업에 어떤 로봇을 투입할 것인가’, ‘로봇과 인간의 작업을 어떻게 분담할 것인가’에 대한 판단이 경쟁력의 차이로 이어

진다. 인력 운영, 공정 설계, 원가 구조를 동시에 재편하는 문제이기 때문이다.

로봇 활용 전략은 데이터 경쟁력과도 연결된다. 어떤 작업에 로봇을 투입하느냐에 따라 축적되는 데이터의 질과 양이 달라지기 때문이다. 시공 기업 또는 건설 로봇 제조·임대기업이 운영하는 AI는 확보한 데이터를 분석해 품질 추적, 성능 최적화, 예지 정비의 기반을 만든다. 즉, 데이터를 체계적으로 수집하고 분석하는 시스템을 갖춘 기업이 경쟁우위를 확보한다. 로봇을 어디에, 어떻게 활용하는가가 건설기업의 경쟁력을 결정하는 핵심 변수가 될 것이 분명하다.

안전사고와 품질 하자를 예측한다



건설산업에서 안전은 최우선 가치이지만, 사고는 반복되어 왔다. 수많은 안전 규정이 있어도 작업자 개개인의 피로도와 집중력을 파악하기 어렵고, 날씨 변화나 장비 노후화 같은 위험 요인을 실시간으로 종합 평가하는 것은 인간 관리자의 역량 범위를 넘어선다. 품질 하자도 마찬가지다. 대부분의 하자는 사전에 발견하지 못한 문제가 시공 단계에 이르러 표면화된 결과다. GIRI의 연구에 따르면 현재 건설 현장의 재작업 직접 비용은 프로젝트 금액의 약 5%이지만, 공정 낭비, 간접 비용, 잠재적 하자까지 포함하면 실질 손실은 21%에 달한다.^[32] AI는 이 구조를 바꾼다. 건설 현장의 안전과 품질 모두, 사후 대응에서 사전 예측으로 전환된다. 이 변화는 세 방향으로 전개된다. 첫째, 데이터 기반 예측, 둘

째, 24시간 실시간 현장 감시, 셋째, 시공 이력의 디지털 기록과 하자 원인 추적이다.

데이터가 위험을 경고한다

대부분의 안전사고는 단일 원인이 아니라 복합적 요인이 동시에 작용한 결과다. 작업자의 피로 누적, 기상 악화, 장비의 미세한 결함, 공정 압박으로 인한 안전 절차 생략 등이 맞물릴 때 사고는 발생한다. 인간 관리자가 이 복합적 패턴을 실시간으로 감지하는 것은 현실적으로 불가능하다.

AI는 공정 데이터, 작업 유형, 날씨 정보, 작업자 피로도, 장비 가동 이력 등 수십 가지 변수를 동시에 분석하여 위험 징후를 조기에 포착한다. 과거 사고 데이터와 무사고 현장의 데이터를 머신러닝으로 학습한 AI는 인간이 인식하지 못했던 숨은 위험 패턴을 발견한다. 예측 결과는 안전관리자에게 사전 경보로 전달되고, 고위험 작업에 대한 합리적 의사결정의 근거가 된다. 불확실한 위험을 감수하며 작업을 강행하는 관행은 사라지고, 데이터 기반의 사전 대응 체계로 전환된다.

참고 : Suffolk Construction × Smartvid.io의 사고 예측

미국의 대형 건설사 서포크(Suffolk Construction)는 AI 전문기업 Smartvid.io(現 Newmetrix)와 협력하여, 예측 분석 시스템 'Vinnie'를 구축했다. Vinnie는 서포크가 축적해온 현장 사진과 프로젝트 데이터를 기반으로 학습한 모델로, 파일럿 단계에서 전체 사고의 약 20%를 80%의 정확도로 사전에 식별하는 성과를 보였다. 이 시스템은 매일 현장에서 업로드되는 이미지를 분석해 보호구 미착용, 사다리 작업상의 불안정한 사용, 가설 구조물 관련 위험 징후 등 다양한 안전 위험 요소를 자동으로 탐지한다. 이렇게 식별된 정보는 공정단계와 작업 환경 등 프로젝트 특성에 맞춤화되어 현장 위험도를 산출하는 데 활용되며, 이를 바탕으로 사고 발생 가능성이 높은 구역에 안전 인력을 우선 배치하도록 지원한다. 실제 도입 이후 서포크의 사고율은 일부 프로젝트에서 최대 약 60%까지 감소한 것으로 보고되었다. 이러한 배경에서 2020년 이후 스칸스카(Skanska), DPR 등 여러 글로벌 건설사들도 유사한 예측 안전관리 시스템을 도입해 활용하고 있다.

자료 : Construction Dive(2019) 외 1개 [33][34]

현장을 24시간 감시한다

건설 현장 안전관리의 어려움은 '보지 못한 곳에서 사고가 난다'는 점에 있다. AI 영상 분석은 이 한계를 크게 줄여준다. 현장에 설치된 수백대의 CCTV 영상을 AI가 24시간 분석하며, 보호구 미착용, 노출된 철근이나 개구부, 불안정한 장비 이동, 위험 구역 무단 진입, 비계의 구조적 불안정 징후 등 수십 가지 위험 요소를 실시간으로 감지한다. 위험이 포착되면 해당 작업자의 웨어러블 기기에 진동과 경보음이 전송되고, 안전관리팀에 즉각 알림이 발송되며, 필요시 해당 구역의 장비 가동이 자동 중단된다.

웨어러블 기기는 영상 감시를 넘어 작업자의 심박수, 체온, 움직임 패턴 등 생체 정보까지 모니터링해 과로 징후를 조기에 감지한다. 다만 생체 정보의 수집과 활용에는 작업자의 동의와 개인정보 보호 기준이 선행되어야 한다. 감시 도구로 악용되지 않도록 데이터 활용 범위를 명확히 규정하고, 노사 간 신뢰를 바탕으로 도입될 때 비로소 실질적인 효과를 발휘한다.

센서와 AI가 품질을 예측하고 추적한다

기존 건설 현장의 품질 관리는 검사(Inspection)가 전부라 해도 과언이 아니었다. 콘크리트 강도 미달이 확인되면 해당 부재를 철거하고 재시공해야 하며, 용접 불량도 확인되면 재용접과 추가 검사를 거쳐야 한다. 이때 샘플링 기반 검사는 숨은 불량을 놓칠 수밖에 없고, 이는 준공 후 하자로 이어진다. AI는 이 사후 검사 중심의 오랜 품질 관리 구조를 예측 중심으로 전환할 것이다.

구체적으로 콘크리트에 매립된 센서는 온도, 양생 진행 상황, 강도 발현 속도를 실시간으로 전송하고, AI는 이 데이터를 분석해 최종 압축강도를 시공 중에 예측한다. 용접 토치에 부착된 센서는 전류, 전압, 용접 속도, 예열 온도를 측정하고, 고속 카메라로 용융풀(Weld Pool) 형상을 촬영해 침투 깊이 부족이나 기공 발생 가능성을 예측한다. AI는 작업자에게 파라미터 조정을 권고한다. 불량 자체가 만들어지지 않는 구조다.

AI 기반 품질 관리의 또 다른 핵심 가치는 품질 이력 추적(Traceability)이라 할 수 있다. 콘크리트 배합비, 타설 일시, 양생 조건, 강도 시험 결과, 담당 작업자, 사용 장비 등 시공 중 수집된 모든 데이터가 디지털로 기록되고 시설물의 디지털 트윈과 연결된다. 준공 후 특정 부위에 균열이 발견되면 AI는 해당 부위의 시공 당시 조건을 즉시 검색해 원인을 규명한다. 건설기업에게는 부당한 하자 클레임에 대응하는 방어 수단이 되고, 발주자에게는 시공 품질을 객관적으로 확인하는 근거가 된다.

AI를 활용한 건설 현장 품질 관리 사례

적용 분야	생성형 AI 기술 도입 사례
OpenSpace (시공 이력 관리)	현장 전체를 360도 영상으로 기록하고, AI가 이를 도면 및 BIM과 자동 매핑하여 시공 이력을 시각적으로 축적함으로써, 준공 후 하자 원인 추적과 품질 관리 고도화에 활용
Bentley Systems iTwin (디지털 트윈 기반 품질 이력 관리)	설계 및 시공 과정에서 생성되는 주요 엔지니어링 데이터, 현장 데이터, 센서 데이터 등을 디지털 트윈으로 통합하여, 시설물의 상태 변화와 품질 이력을 지속적으로 추적할 수 있도록 지원
Novarc Technologies (비전 기반 용접 품질 제어)	AI 비전 기술로 용접 아크와 용접 풀(weld pool)을 실시간 모니터링하고, 용접 조건 변화에 맞춰 파라미터를 자동 조정함으로써 일관된 고품질의 용접 지원
Buildots (360도 영상 기반 마감·설비 품질 관리)	360도 카메라로 촬영한 현장 영상을 AI가 분석해 실제 시공 상태를 BIM과 비교함으로써, 마감 및 설비 공정의 시공 현황과 오차를 점검하고 이슈 추적에 활용
현대건설 (AI기반 콘크리트 강도 예측)	콘크리트 타설 데이터를 기반으로 AI가 강도를 예측하고, 물성 변화 모니터링과 함께 거푸집·동바리 해체 시점 판단을 지원하여 양생 과정의 품질관리 고도화
삼성물산 (현장 영상기록 기반 품질·안전관리)	현장 CCTV, 이동식 카메라, 드론으로 시공 과정을 촬영 및 기록하고, 본사 모니터링 체계를 통해 공사 진행 상황과 품질·안전 위험 요소를 점검·관리
DL이앤씨 (드론, 디지털 트윈 기반 시공 오차 분석)	드론 및 3D 계측 데이터를 BIM-As-Built 모델과 연계해 골조의 평활도, 수직도 등 시공 정밀도를 검측하고, mm 단위 시공오차 분석에 활용

자료 : 각 기업 홈페이지 [35~40]

예측을 위한 선결 과제

이러한 건설 AI 시대의 예측 기반 안전·품질 관리 실현에는 공통된 선결 과제가 있다. 첫째, 데이터 품질이다. AI의 예측은 입력 데이터의 정확성에 의존한다. 현장 조사가 불완전하거나, BIM 모델이 현장 변경 사항을 반영하지 못하거나, 센서 데이터에 노이즈가 섞이면 AI는 정교하지만 틀린 답을 낸다. 둘째, 인프라 투자다. 현장 곳곳의 센서 설치, 카메라 네트워크 구축, 데이터 전송·저장 시스템은 소규모 현장에서는 경제성이 낮아 도입이 쉽지 않을 것이다. 결국 규모와 공종에 따른 선택 적용이 현실적이다. 셋째, AI 예측의 한계다. 모델은 과거 데이터로 학습하므로, 새로운 공법이나 자재, 전례 없는 현장 조건에서는 정확도가 저하될 수 있다.

한편, AI에 대한 과도한 신뢰는 분명 경계해야 할 요소이다. 시스템이 ‘위험 없음’ 또는 ‘품질 양호’라는 분석을 내놓는 순간, 현장 숙련 기술자들은 그동안 쌓아온 이상 탐지 능력을 간과하기 쉽다. AI는 인간이 놓칠 수 있는 수많은 데이터 패턴을 포착하지만, 맥락을 읽고 예외적 상황을 판단하는 것은 여전히 인간의 영역이다.

조직과 인력의 역할이 재편된다



실패 없는 건설 현장

AI와 디지털 기술의 도입은 건설 현장의 작업 방식만이 아니라 건설기업의 조직과 인력의 역할에도 변화를 요구한다. 이 변화는 하나의 원칙에서 비롯된다. 반복적이고 정형화된 업무는 AI가 처리하고, 인간은 판단, 조율, 창의적 문제해결에 집중한다는 원칙이다. 본사와 현장의 역할이 재편되고, 반복 업무가 AI로 이전되며, 새로운 전문 직무군이 탄생할 것이다.

이 변화를 단순한 인력 감축으로 이해하는 것은 적절하지 않다. 건설산업은 이미 고령화로 인한 은퇴, 젊은 세대의 기피, 숙련공 감소로 인력 공백이 심화되고 있기 때문이다. AI와 로봇은 일자리를 빼앗는 것이 아니라 이 구조적 인력 부족 문제를 해결하는 수단이다. 인력의 총량은 줄지만 1인당 생산성은 비약적으로 향상되고, 건설 노동의 가치와 위상은 재평가된다.

본사와 현장의 역할이 재편된다

그간 건설 프로젝트를 완수하는 역량은 본사 매뉴얼보다 건설 현장 종사자의 직관과 노하우에 있다고 여겨져 왔다. 본사는 프로젝트를 수주하고 계약을 체결하며 현장 소장에게 책임과 권한을 위임하고, 현장 소장은 시공 상황과 손익을 정기적으로 보고하는 구조였다. 이 칸막이식 사일로 형태의 구조는 현장의 신속한 의사결정을 가능하게 하지만, 물리적 거리에 따른 본사의 통제력 약화, 현장 간 품질 편차, 노하우 공유 부재라는 한계가 명확했다.

AI와 디지털 기술은 이 구조를 바꾼다. 본사의 역할은 행정 지원과 사후 감독에서 실시간 현장 통합 관제로 확장된다. 각 현장의 드론, CCTV, 센서, 웨어러블 기기가 생성하는 데이터가 초 단위로 본사 서버에 전송되고, AI는 이를 즉시 BIM 모델과 대조해 오차를 잡아내며 통합 대시보드에 표시한다. 본사 전문가는 사무실에서 현장의 철근 배근 간섭 문제를 확인하고 수정된 시공 도면을 현장 AR 기기로 전송한다. AI는 여러 현장을 교차 분석해 개별 현장이 인식하지 못한 문제를 찾아낸다. 본사의 전문 역량이 모든 현장에 고르게 배분되면서 현장 간 품질 편차가 줄고, 현장소장과 분야별 책임기술자의 역량에 의존하던 리스크가 완화된다.

현장 조직은 반복적 관리 업무에서 벗어나 간소화되는 동시에, AI와 데이터의 뒷받침 아래 기존보다 체계적이고 효율적으로 작동한다. 작업 일지는 드론과 센서 데이터를 바탕으로 자동 생성되고, 공정률은 3D 스캔과 BIM 비교로 자동 산출된다. 여력이 생긴 현장 기술인은 AI가 처리

할 수 없는 판단과 조율, 예외 상황 대응에 집중한다. 현장은 본사가 제공하는 공정표, 자재 발주 계획, 품질 기준을 현장 특수 상황에 맞게 조정하고 실행한다. 아울러 데이터 수집 장치를 운영하며 생성된 데이터를 본사로 전송하는 데이터 생산 거점으로 자리 잡는다.

소통 구조도 달라진다. 담당자부터 팀장, 현장소장, 본사 부장, 임원으로 이어지던 계단식 보고는, 이슈 발생과 동시에 관련 모든 직급의 담당자가 디지털 플랫폼에서 정보를 공유하고 즉각 결론을 협의하는 구조로 전환된다. 이때 AI는 과거 유사사례와 해결책을 제시하고, 본사 담당자는 이를 검토해 현장에 전달한다. 며칠이 걸리던 문제해결 프로세스가 수 시간 안에 완료된다. 이러한 변화를 이끄는 데 가장 중요한 준비는 기술보다 조직문화다. 위계가 아닌 데이터와 정보로 의사결정 하는 문화가 AI 플랫폼 구축과 함께 반드시 고려되어야 한다.

반복 업무는 AI가 처리하고 인간은 판단에 집중한다

본사 부서의 업무 구조도 재조정된다. 본사 현장 관리팀은 AI가 공정을 집계와 보고서 작성을 처리하는 동안 지연 예상 구간의 만회 전략 수립에 집중한다. 재정·원가 부서는 AI가 중복 청구, 단가 오류, 이상 거래를 자동 탐지하고 원가를 즉시 집계하면서 소규모 핵심 조직으로 재편되고, 재무 전략과 원가 절감 방안 수립에 역량을 집중한다. 영업 부서는 AI가 발주 정보를 자동 수집하고 입찰 서류 초안을 작성하며 정밀

견적을 생성하는 동안 발주자와의 관계 구축과 요구사항 파악, 핵심 계약 협상에 집중한다.

결과적으로 건설기업의 본사 및 현장 조직 규모는 작아지지만, 개별 구성원이 발휘하는 역량과 전문성은 강화된다. 현장의 기능인력도 마찬가지다. 자율주행 굴삭기가 운전자를 대체하고 타일 시공 로봇이 투입되어도, 이는 역할 상실이라 아니라 역할 전환으로 이해할 수 있다. 로봇 세 대를 감독하며 기존 범위보다 넓은 구역을 담당하는 기능인력의 생산성은 크게 향상된다. AI와 로봇이 건설 현장의 부가가치가 낮은 활동을 대체하면서 인간은 고부가가치 활동에 집중하게 되고, 이는 임금 상승의 조건이 된다.

현장 인력의 직무가 변화한다

기술인력의 역할이 고도화된다. 수백 장의 도면을 검토해 간섭을 찾고, 샘플링 검사 결과를 집계하며, 공정률을 계산하는 반복 업무를 AI가 대신 처리하면서, 기술인력은 AI가 정리한 데이터를 해석하고 전략적 판단을 내리는 역할로 진화한다. 현장에 상주하던 기술인력 상당수는 지역별 허브 오피스에서 여러 현장을 동시에 관리하며 경험의 폭을 넓힌다. 동시에 기술인력은 AI 검증자의 역할을 맡아야 한다. AI는 학습한 패턴 내에서는 뛰어나지만, 신공법, 새로운 자재, 예상치 못한 지반 조건 같은 새로운 상황에서는 오류 가능성이 커지기 때문이다. AI의 판

단 근거와 가정을 비판적으로 검토하고 현장 특수성을 반영하는 능력은 인간 전문가만이 발휘할 수 있다. 구조, 원가, 공기를 종합 고려한 균형 잡힌 판단은 기술인력의 고유 영역으로 남을 것이다.

기능인력의 역할도 달라진다. 휴머노이드가 자재를 나르고 로봇이 단순 반복 작업을 수행하면, 기능인력은 품질 검증과 복잡한 판단이 필요한 작업에 집중한다. 벽체 도장에서 넓은 평면은 도장 로봇이 처리하지만, 창틀 주변이나 몰딩의 세밀한 마무리는 인간이 담당한다. 로봇이 재현하지 못하는 소재의 질감과 접합부 상태를 감별하는 숙련된 감각, 이상 징후에 대한 판단력이 기능인의 핵심 역량이 된다. 이때 태블릿 등으로 작업 지시를 확인하고 간단한 작업 조건을 조정하는 디지털 도구 활용 능력은 기본이다. 로봇이 파트너가 되면 기능인력의 육체적 부담도 크게 줄어든다. 60대 숙련공이 첨단 로봇과 협업하며 현역으로 활동하는 모습은 건설산업에 대한 젊은 세대의 부정적 인식을 바꾸는 계기가 될 것이다.

새로운 전문 직무가 탄생한다

‘Garbage In, Garbage Out’는 격언은 AI 시대 건설산업에도 그대로 적용된다. AI가 정확한 분석과 예측을 제공하려면 입력 데이터의 품질이 보장되어야 하고, AI 모델에 대한 지속적인 검증과 개선이 필요하다. 이 수요를 충족하는 새로운 직무군이 건설기업 안에 태동할 것이다. 현

장 데이터의 품질과 보안을 관리하는 데이터 관리자, 공정·원가 예측 모델의 정확도를 검증하고 재훈련을 담당하는 AI 모델 검증가, AI 의사결정의 투명성과 작업자 생체 정보 수집의 적법성 등 윤리 기준을 관리하는 AI 윤리 관리자가 그 주인공이다. 이 직무들은 건설 도메인 지식과 디지털 역량을 동시에 갖춘 하이브리드형 인재를 요구한다.

AI 도입이 가속화될수록 단순·반복적 숙련 직무는 자동화의 영향권에 깊이 들어올 것이다. 반면 새롭게 부상하는 직무들은 더 높은 전문성과 임금을 제공한다. AI를 위협으로 보기보다 자신의 직무에 AI 역량을 접목하고 스스로의 역할을 재정의하는 것, 그것이 AI 시대 건설인에게 요구되는 핵심 역량이다. 건설기업이 지금 해야 할 준비는 명확하다. AI 기술 도입 로드맵과 인력 전환 로드맵은 별개가 아니라 하나의 전략으로 수립되고 이행되어야 한다. 업무 구조 재설계, 현장 인력의 디지털 역량 재교육, 신규 직무의 채용과 육성 체계 구축이 동시에 설계될 때, AI가 만들어내는 생산성 향상의 성과가 조직 전체의 경쟁력으로 전환될 수 있다.

건설기업의 경쟁 구조가 바뀐다



실패 없는 건설 현장

우리 건설산업에서 종합건설기업은 법률에서 정한 바에 따라 자본과 관리 능력을 바탕으로 프로젝트를 수주하고 전체를 총괄하며, 세부 공종은 전문건설기업에 하도급으로 발주하여 직접 시공을 최소화해왔다. 이는 역할 분담이 명확하고 리스크 분산이 가능하다는 장점이 있었지만, 과도한 하도급 단계, 책임 소재 불명확, 기술 축적 부재라는 고질적 문제도 오랜 기간 해결치 못한 난제로 남아 있었다.

AI와 로봇의 본격 투입은 이 구조를 바꾼다. 인력 동원 능력보다 데이터와 기술의 소유권이 경쟁력의 원천으로 부상하면서, 건설기업의 역할과 사업 모델이 재편될 것이다. 종합건설기업은 핵심 공종을 로봇으로 직접 시공하며 데이터 소유권 확보에 나서고, 하도급 구조는 단순화되

며 협력사와의 관계는 새로운 파트너십 모델로 전환된다. 이 변화에 대응하는 기업과 그렇지 못한 기업 사이의 격차는 빠르게 벌어질 것이다.

종합건설기업, 로봇 직접시공으로 전환한다

현재 우리 건설산업에서 종합건설기업은 건설산업기본법에 따른 직접 시공 의무 비율이 적용되지 않는 경우, 대부분의 공종을 하도급으로 발주하여 사업을 수행하는 것이 일반적이다. 직접 시공 비율을 낮게 유지하는 것은 리스크 분산과 고용 유연성 측면에서 합리적인 선택이었다. 그러나 로봇 시대에는 다른 전략이 필요하다. 핵심 공종에서 자율주행 장비와 로봇을 직접 운영하면 전문건설기업에 지불하던 중간 이윤을 절감할 수 있으며, 무엇보다 시공 과정의 모든 데이터가 자사에 축적되어 버티컬 AI 구동의 기반이 된다.

수백 건의 프로젝트 시공 데이터를 학습한 AI는 더 정확한 견적, 최적화된 공정표, 정밀한 품질 예측을 제공한다. 데이터가 쌓일수록 기업이 운영하는 자사의 AI 성능이 향상되고, 높아진 성능은 다시 경쟁력 강화로 이어진다. 이와 함께 로봇 직접시공은 품질 표준화와 재시공률 감소라는 효과도 가져온다. 물론 모든 공종을 직접 시공하지는 않는다. 표준화가 용이한 핵심 공종을 직접 시공하되, 특수 기술이 필요한 공종이나 소량 공종은 선별적으로 외주화하는 방식이다.

이 전환은 하도급 구조도 단순화한다. 핵심 파트너 중심으로 하도급이

축소되면서 현장 조율의 복잡성이 감소하고 의사결정 속도가 빨라지며 일관된 품질관리가 가능해진다. 데이터를 투명하게 공유하고 성과와 리스크를 함께 분담하는 장기 협력관계가 전통적인 일회성 하도급 계약 구조를 대체한다. 원·하도급 거래 관계에서는 계약 위계보다 기술과 역량이 중요해지며, 피라미드형 시공 구조가 네트워크형으로 전환된다.

대형 건설기업과 중소 건설기업의 격차가 심화된다

버티컬 AI 운용과 로봇 직접시공으로의 전환이 모든 종합건설기업에게 가능한 것은 아니다. 현재 종합건설기업의 98%가 중소기업인 상황에서 수천만 원에서 수억 원에 달하는 건설 로봇 1대의 도입 비용은 큰 부담이 된다. 여러 공종에 걸쳐 로봇을 운영하려면 상당한 규모의 초기 투자가 필요하지만, 대부분의 중소 건설기업이 이를 감당하기는 현실적으로 어렵다. 이뿐만이 아니라 로봇을 배치·유지보수하고 성능을 관리하는 전문 인력을 확보해야 하고, 기존 협력사와의 관계가 악화될 위험도 따른다.

결과적으로 이 전환은 충분한 자본과 기술 역량을 갖춘 대형 종합건설기업에게 유리할 것으로 예측된다. 대형 건설기업이 로봇 도입과 데이터 축적을 통해 경쟁력을 빠르게 강화함에 따라 기술 투자 여력이 부족한 중소 건설사와의 격차는 점점 벌어진다. 건설기업 간 양극화는 AI·로봇 시대가 안고 있는 가장 현실적인 위험 중 하나다.

이 양극화에 대한 대응은 기업과 정책, 두 차원에서 동시에 이루어져야 한다. 기업 차원에서 중소 건설기업은 모든 공종의 AI 및 로봇화를 추구하기보다, 자사가 강점을 가진 특정 공종에 집중해 해당 분야의 데이터와 기술을 선제적으로 축적하는 전략이 필요하다. 산업·정책 차원에서는 중소 건설기업의 디지털 전환을 지원하는 공동 플랫폼 구축, 기술 도입 보조금 등의 제도적 뒷받침이 병행되어야 한다.

지금 시작해야 할 준비

이 변화에 성공적으로 적응하기 위한 준비는 선택이 아니라 생존의 문제다. 빠르게 시작할수록 더 철저히 대비할 수 있다. 건설기업이 지금 준비해야 할 과제는 세 가지로 압축된다. 첫째, 시공 데이터의 체계적 수집과 관리다. 지금 축적하지 않은 데이터는 미래 AI의 원료가 되지 못한다. 현장에서 생성되는 모든 데이터를 구조화된 형태로 저장하고 관리하는 체계를 갖추는 것이 시급하다. 둘째, 통합 디지털 플랫폼의 구축이다. BIM, 시공 로봇, 현장 센서, AI 분석을 하나로 연결하는 플랫폼이 로봇 직접시공과 데이터 축적의 기반이 된다. 플랫폼이 없다면 건설 로봇을 도입해도 데이터가 파편화되어 AI 학습에 활용되지 못한다. 셋째, 핵심 공종의 로봇 직접시공 역량 확보다. 어떤 공종부터 직접 시공으로 전환할 것인지, 건설 로봇 구매와 임대를 어떻게 조합할 것인지, 전담 운영 인력을 어떻게 육성할 것인지를 단계적 로드맵으로 수립해야 한다.

변화를 수용하는 조직문화와 개방적 파트너십 구축은 이 세 가지 과제를 뒷받침하는 기반이다. 기술 도입의 속도보다 중요한 것은 방향이다. 어떤 공종에서 직접 시공 역량을 키우고, 어떤 파트너와 어떤 데이터를 공유하며, 어떤 인재를 육성할 것인가에 대한 전략적 판단을 내려야 한다.

데이터가 새로운 경쟁력이 된다



실패 없는 건설 현장

AI 시대에는 건설기업 경쟁력의 원천이 달라진다. 자본, 숙련 인력, 장비, 시공 실적이라는 전통적 역량에 이제 양질의 데이터가 추가된다. 데이터는 단순한 기록이 아니라 AI를 학습시키는 원료이자, 축적될수록 예측력이 높아지는 자산이다. 수천 건의 프로젝트 데이터를 보유하고 이를 AI로 학습시킨 건설기업은 견적 정밀도, 공정 최적화, 품질 예측에서 실질적 우위를 확보한다. 이 변화는 세 가지 방향으로 전개된다. 방대한 시공 데이터의 자산화, 데이터 소유권을 둘러싼 계약 구조의 재편, 건설 생태계를 조율하는 플랫폼 주도권 경쟁이 그것이다. 이 변화의 끝에는 시공을 넘어선 새로운 비즈니스 모델이 기다리고 있다.

데이터가 기업의 핵심 자산이 된다

그동안 건설 현장에서 생성되는 다양한 데이터의 가치는 충분히 인식되지 않았다. 프로젝트가 끝나면 도면과 서류는 창고에 쌓이거나 폐기되고, 현장에서 얻은 경험은 개인의 기억으로 남았다. 사진, 영상, 음성 녹음, 이메일 같은 비정형 데이터는 구조화되지 않아 AI가 학습하기 어려웠고, 필요할 때 사람이 직접 찾아보는 수밖에 없었다.

지금 대형 건설기업들은 수십 년간 쌓아온 데이터를 AI가 활용할 수 있는 형태로 전환하는 데이터 아카이빙에 착수하고 있다. 종이 도면과 작업 일지를 스캔하고 OCR로 텍스트를 추출하며, 분산된 원가 데이터를 통합 데이터베이스로 구축한다. 컴퓨터 비전으로 현장 사진을 분석해 작업명, 위치, 시간, 조건 등 구조화된 정보를 추출하고, 음성 인식으로 회의 녹음을 텍스트로 변환해 핵심 이슈를 자동 요약하는 방식도 활용된다.

이렇게 구조화된 데이터는 AI 학습에 직접 활용된다. 수천 건의 콘크리트 타설 데이터를 학습한 AI는 타설 시점의 조건만으로 최종 강도를 예측하고, 수백 건의 현장 회의록을 학습한 AI는 공정 지연을 야기하는 패턴을 발견해 유사 이슈가 반복될 때 조기 경보를 발령한다. 데이터가 쌓일수록 AI 성능이 높아지고, AI 성능이 높을수록 프로젝트 완성도가 올라가며, 더 많은 프로젝트를 수주하는 구조가 형성된다. 지금 축적하지 않은 데이터는 AI가 학습할 수 없다. 데이터 수집과 구조화는 즉각 시작해야 할 투자다.

데이터가 중요한 계약 조건으로 부상하다

데이터의 가치가 높아지면서 ‘누가 데이터를 소유하고, 어떻게 활용하며, 그 수익을 어떻게 나눌 것인가’가 계약의 핵심 쟁점으로 부상할 수 있다. 발주자와 건설기업 간 계약에는 데이터 소유권, 사용 범위, 제공 형식, 수익 배분이 명시되는 방향으로 표준화가 이루어질 것이다.

데이터의 소유권 구조는 두 가지 방향으로 나뉜다. 프로젝트 수행 중 생성된 모든 데이터를 발주자에게 귀속시키는 방식과, 시공 데이터는 건설기업에 귀속되되 발주자는 건물 운영에 필요한 범위 내에서 사용권을 갖는 방식이다. 건설기업이 프로젝트 데이터를 자사 AI 학습에 활용할 수 있는지, 제3자에게 제공할 수 있는지도 협상 대상이다. 발주자는 영업 기밀 유출을 차단하려 하고, 건설기업은 AI 학습을 위한 데이터 활용 권한을 최대한 확보하려 할 것이다.

프로젝트 참여 주체 간의 데이터 공유도 핵심 쟁점이다. 발주자나 원도급사는 센서 데이터, 로봇 작업 기록, 품질 검사 결과의 실시간 업로드를 요구하는 반면, 협력사는 데이터 제공에 대한 수수료나 수익 배분을 협상 카드로 활용할 수 있다. 데이터를 둘러싼 협상은 머지않아 시작될 것이다. 준비되지 않은 기업은 불리한 조건을 감수할 수밖에 없다. 각 건설기업이 지금 데이터 소유권 전략을 마련해야 하는 이유다.

데이터 생태계 조정자 역할이 부상한다

건설 프로젝트에는 발주자, 설계사, 종합건설사, 전문건설사, 자재 공급사, 장비 임대사 등 수많은 주체가 참여하며 각자의 데이터를 생성한다. 그러나 데이터가 주체별로 흩어져 있으면 그 가치는 제한적이다. 여러 주체의 데이터가 하나의 플랫폼에서 통합되고 조율될 때 비로소 의미 있는 가치가 만들어진다. AI 시대에는 이러한 역할을 수행하는 데이터 생태계 조정자가 산업의 주도권을 쥐게 된다.

데이터 생태계 조정자는 모든 참여자가 사용하는 통합 디지털 플랫폼을 제공하고, 데이터 표준을 정의하며, 데이터 흐름을 관리한다. 설계사는 BIM 모델을 플랫폼에 업로드하고, 건설기업은 시공 데이터를 실시간으로 전송하며, 자재 공급사는 납품 정보를 입력한다. 이렇게 축적된 데이터가 하나의 디지털 트윈에 통합되면 프로젝트 전반의 실시간 상황을 입체적으로 파악할 수 있다.

플랫폼을 장악한 주체는 표준을 설정하고 데이터를 독점하며, 생태계 참여자에게 규칙을 부과할 수 있는 영향력을 갖는다. 이 플랫폼 주도권 경쟁에서 건설기업의 선택은 중요하다. 어떤 플랫폼에 데이터를 쌓느냐에 따라 AI 학습 데이터가 달라지고, 특정 플랫폼에 종속될 위험도 달라진다. 플랫폼을 선택하는 수동적 위치에 머물지 않고, 설계하는 주체가 될 때 건설기업은 데이터 생태계 조정자로 올라설 수 있다.

시공을 넘어 새로운 비즈니스로 확장한다

전통적으로 건설기업의 수익은 시공 단계에서 발생하고, 준공과 함께 발주자와의 관계가 종료된다. 데이터를 자산화한 건설기업에게는 이 모델이 확장된다. 시공 과정에서 구축되는 완전한 As-Built 디지털 트윈이 새로운 수익의 출발점이 되기 때문이다.

사업 확장은 크게 세 가지 방향에서 가능하다.

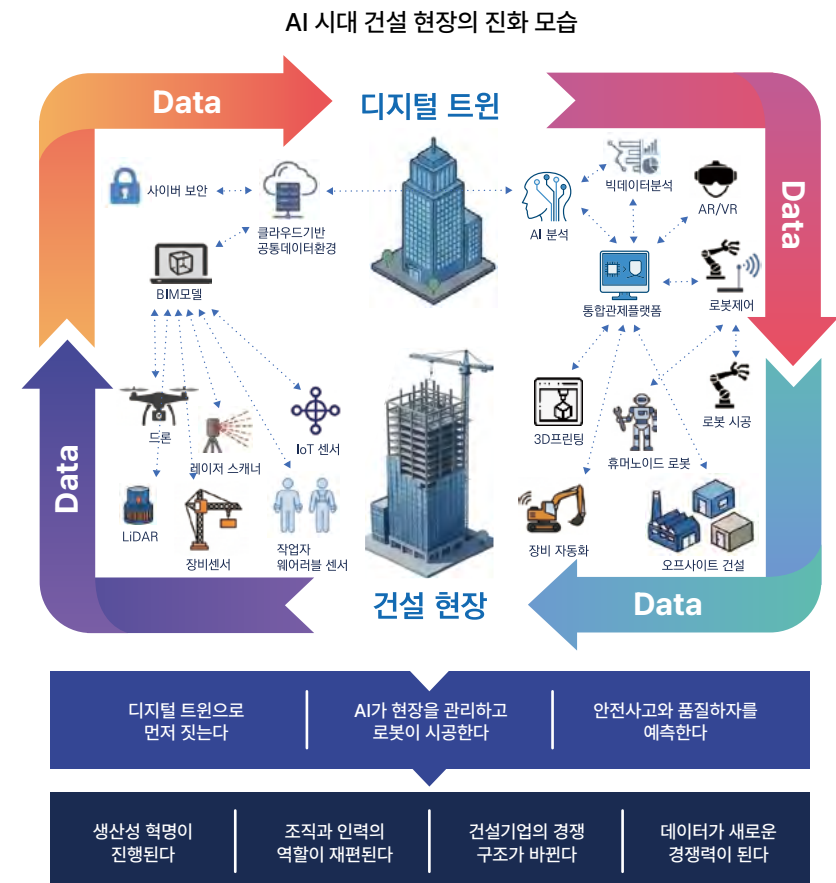
첫째, 데이터 기반 운영 서비스다. 건설기업은 시공 과정에서 확보한 벽체 내부의 배관 경로, 설비 사양, 품질 검증 이력 등 디지털 트윈을 활용해 건물 운영 단계의 고부가가치 솔루션을 제공한다. 에너지 효율 최적화, 설비 결함 사전 예측 등 예지 정비 서비스는 인건비 기반 용역과 특성이 다르며, 에너지 절감액이나 운영 리스크 감소분을 발주자와 공유하는 모델로 발전할 수 있다. 이렇게 되면 준공 이후에도 안정적인 수익이 확보된다.

둘째, 설계 검증 및 컨설팅이다. 시공 데이터를 축적한 건설사는 설계 단계부터 과거 유사 프로젝트 데이터를 근거로 시공성, 원가, 성능을 사전 검증하고 구체적 피드백을 제공할 수 있다. 이는 건설기업을 시공 계약 이전부터 참여하는 전략적 파트너로 격상시키는 서비스다.

셋째, 데이터 라이선싱이다. 대형 건설기업이 축적한 시공 데이터 모델을 중소 건설기업이나 설계사무소에 라이선스 형태로 제공하는 독립적 수익원이 새롭게 생겨날 수 있다.

결과적으로 건설기업의 수익 구조가 다변화될 가능성을 지금 시점에

서 염두에 둘 필요가 있다. 시공 단계에 머물던 수익이 시설물 생애주기 전반으로 확장되면서, 건설기업은 시공 기업을 넘어 건설 솔루션 기업으로 사업 영역을 재정의할 수 있다.



I 참고문헌 I

- [1] Nemko Digital. (2025). Qatar's AI-powered building permit system: A GovTech revolution.
- [2] 엘엔디씨. (n.d.). 엘엔디씨. home.lan-dup.com(접속일 2026.03.12.)
- [3] Oasis Business. (n.d.). Oasis Business. oasisbusiness.co.kr(접속일 2026.03.12.)
- [4] Testfit. (n.d.). Testfit. testfit.io(접속일 2026.03.12.)
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- [6] 김보영. (2026.1.6.). 문과 전문직 '사망 선고' 나왔다..."법조계 진로 절대 안돼". 헤럴드경제.
- [7] 텐일레븐. (n.d.). 빌드잇 (BUILDTIT)
- [8] 최지희. (2026.1.5.). [AI가 바꾸는 건설 생태계] 1부 공공 발주 · 정책편 ③ AI 유지관리 도입...객관적 · 정량적 시스템 전환. 대한경제.
- [9] JLL. (2023). 2026 global data center outlook.
- [10] 한국데이터센터연합회. (2025). 코리아 데이터센터 마켓 2025~2028.
- [11] International Energy Agency (IEA). (2024). Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026.
- [12] Building and Construction Authority (BCA). (2024). CORENET X code of practice: Regulatory approvals for building works (2nd ed.).
- [13] Buildots. (n.d.). Buildots - Performance-driven construction management(접속일 2026.03.12.)
- [14] Doxel. (n.d.). Doxel: Construction's most complete progress tracking.
- [15] Auri brief. (2025) 건축행정의 인공지능 대전환 - 인공지능 건축법령 시스템 개발 성과와 미래 정책 과제, 출간일 2025.09.23.
- [16] Mortenson. (n.d.). Virtual design + construction.
- [17] 대법원. (2007. 6. 1 선고) 2005다5812 판결
- [18] DigiBuild. (n.d.) For builders by builders: Supply chain & material management
- [19] PwC. (2026). 2026 AI Business Predictions.
- [20] InfraKit. (n.d.) infrakit.com(접속일 2026.03.12.)
- [21] Caterpillar. (2026). Caterpillar Unveils the Next Era of Autonomy in Construction.
- [22] McKinsey & Company. (2019). Modular Construction: From Projects to Products.
- [23] McKinsey & Company. (2020). The Next Normal in Construction.
- [24] Deloitte. (2025). 2026 Engineering and Construction Industry Outlook.
- [25] Mckinsey Global Institute. (2017), Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity.
- [26] Chen, L., et al. (2023). Are virtual reality applications effective for construction safety training and education? A systematic review and meta-analysis. Safety Science, 159, 105873.
- [27] ENR. (2020). SoFi Stadium builds out digital twin for operations and maintenance.
- [28] Propmodo. (2022). How the NFL's largest stadium is being managed using a digital twin.
- [29] SoFi Stadium. (2020). Willow to deliver digital twin technology solutions at new SoFi Stadium and Hollywood Park.
- [30] Building and Construction Authority (BCA). (2024). Guidebook for site management platform – Part A: For solution provider.
- [31] Hubble Build. (2025). Driving transformation and performance with integrated site management platform in Singapore's construction industry.
- [32] Get It Right Initiative (GIRI). (2016). Improving value by eliminating error.
- [33] Construction Dive. (2019). Top contractors partner with AI firm to prevent jobsite accidents before they happen.
- [34] Business Insider. (2025). Suffolk incident rates down 60% trend.
- [35] OpenSpace. (n.d.). OpenSpace: Automated 360° photo documentation and construction analysis.
- [36] Bentley Systems. (n.d.). Bentley Systems: Infrastructure engineering software.
- [37] Novarc Technologies. (n.d.). Novarc Technologies: Collaborative welding robots.
- [38] 현대건설. (n.d.). HDEC: Better life through engineering.
- [39] 삼성물산 뉴스룸. (2023.7.21.). 삼성물산, 현장 동영상 기록 확대해 품질, 안전 수준 높인다.
- [40] DL E&C. (n.d.). DL E&C: Building the future.

Part **04**

**건설 AI 시대를 준비하는
정부와 기업의 역할 방향**



1

정책·제도 방향①

**건설사업 AX 성공의 열쇠,
데이터 생태계**



보이는 건 빙산의 일각이다



앞서 1~3장에서 살펴보았듯이 최근 건설산업에도 AI라는 피할 수 없는 시대의 물결이 밀려오고 있음은 자명하다. 하지만 정작 AI를 똑똑하게 길러낼 핵심 양분인 ‘데이터’를 온전히 손에 쥐는 것은 쉬운 일은 아니다. 이는 건설산업의 복잡한 업역과 계약·책임 구조에서 만들어지는 많은 양의 다양한 데이터 유형 및 형식을 하나로 통일하기 어렵기 때문이다. 또한 오랫동안 건설산업은 공들여 수집한 데이터들을 AI 학습에 활용되기보다, 단순히 보고나 기록을 남기는 용도로만 사용되었기에 그렇다. 이러한 데이터는 건설산업 생애주기(기획·예산, 설계, 계약, 시공, 유지관리)별로 각 시스템에만 저장되고 있다. 각 시스템의 데이터 항목은 목적에 따라 구성이 다를 수 있으나, 동일한 정보 항목의 입력 결과

마저도 다르다. 실제로 같은 공사의 공사명, 발주자명, 건설사업자 등 표기가 시스템별로 다르게 입력된다.^[1] 여기에 데이터를 활용하기 어려운 폐쇄적인 구조까지 더해지면서, AI가 데이터를 학습하고 고도화하는 데 걸림돌로 작용하고 있다.

동일한 공사 정보의 표기 방법 불일치 사례

구분	건설공사대장 (KISCON)	기성실적신고 (협회)	기술인경력신고 (현장 정보)	건설공사 안전관리시스템 (CSI)
공사명	대구 ★★ ○○ 스카이 신축공사	★★ ○○ 스카이 주상복합 신축공사	대구 ★★ ○○ 스카이 주상복합 신축공사	대구 ★★ 주상복합 신축공사
발주자명	***** (주)	***○○ (주)	***xx (주)	(미입력)
건설사업자 상호명	(주)○○건설	주식회사 ○○건설	(주)XX건설 (변경전 상호)	XX건설 (변경전 상호)

자료 : (재)건설산업정보원(2023), 건설산업 통합정보플랫폼 구축 방안 연구

우리 건설산업이 정보를 디지털로 기록해 온 역사는 짧지 않다. 건축인·허가의 상징적인 시스템인 건축행정시스템 ‘세움터’만 하더라도 지난 2003년부터 거대한 정보의 탑을 쌓아왔지만, 수십 년의 기록조차 손쉽게 접근할 수 없는 ‘절반의 성공’에 머무르고 있다고 평가할 수 있다. 왜냐하면 다수의 자료가 비정형 데이터¹⁾로 저장됨에 따라 데이터의 자동 추출·분석을 통해 별도의 AI 학습데이터를 구축해야 하기 때문이다.^[2]

또한 국토교통부의 2021년 보고서에서 살펴볼 수 있듯이 우리 건설산업의 디지털화 수준은 6%에 불과한 수준이고 이는 농업(11%)·제조업(25%)과 비교해도 턱없이 낮은 상황이다.^[3] 다른 산업보다 AI 학습

1) 비정형 데이터 : 이미지, 센서 데이터, 텍스트 파일 등 정형 데이터 형식으로 저장이 어려운 데이터

에 활용할 수 있는 데이터가 상대적으로 적다는 것으로 해석할 수 있으며, 이는 곧 AI 시대 전환이 손쉽게 이루어지는 기반 인프라가 부족한 상황으로 요약할 수 있다.

한 가지 다행인 점은 이와 같은 문제점들은 현재 기술로도 얼마든지 제한적이거나 해결이 가능하다는 점이다. 하지만 데이터 간의 연계성 부족과 수집·저장되지 않은 데이터의 공백은 기술만으로 해소하는 데 한계가 분명하다. 우리 건설산업이 처한 상술한 내용의 핵심 원인을 정리하면, 다음과 같이 세 가지로 요약할 수 있다.

(①파편화된 정보의 섬) 현재 건설산업 관련 정보화 시스템들은 운용 기관이나 업무별로 파편화되어 운용되고 있는 실정이다. 그러다 보니 건물을 설계하고, 건설하고, 관리하는 전체 과정에서 생성되는 정보가 DB화하여 상호 연계되어 있지 못하고 단절되어 있다는 점이다. 마치 앞 뒤 내용이 연결되지 않는 조각난 퍼즐처럼, 흩어진 데이터들은 서로 시너지 효과를 내지 못하고 흐름을 가로막는 원인이 될 수밖에 없다.

공공부문 관리 시스템이 목적에 따라 각각 구축·운영되면서, 같은 정보가 중복적으로 입력되기도 한다. 이는 사용자 관점에서 같은 정보를 여러 시스템에 반복하여 입력해야 하는 번거로운 작업이다. 단일 시스템에서 데이터 관리 문제로 보긴 어렵지만, 여러 시스템을 연계 및 통합한 플랫폼의 구축·운영에서는 데이터 무결성과 정합성 문제에 따른 논리적 오류가 발생할 가능성이 높다.

국토교통부 소관 정보시스템 중 건설 관련 DB 운용 현황^[4]

시스템명	소관부서	보유자료	연계 관리 시스템	개방 데이터
SOC성능평가시스템	시설안전과	기초 DB: 7개	시설물통합정보시스템	없음
건설공사안전관리 종합정보망(CSI)	건설안전과	기초 DB: 13개	시설물통합정보시스템 외 3개	건설안전사고 발생 현황
건설기술인 교육훈련정보시스템	기술정책과	기초 DB: 1개	없음	없음
건설기술정보시스템	기술정책과	기초 DB: 2개	없음	건설보고서 건설기술사례 정보
건설기준관리시스템	기술혁신과	기초 DB: 3개	없음	없음
건설사업정보시스템	기술정책과	기초 DB: 14개	없음	도로 공사 정보 외 10개
건설산업종합정보망	건설정책과	기초 DB: 4개	토석정보공유시스템	건설업 등록 외 3개
골재자원 정보관리시스템	건설산업과	기초 DB: 3개	없음	골재 수급 계획
기계설비산업정보체계	건설산업과	기초 DB: -	없음	없음
기반시설관리시스템	시설안전과	기초 DB: 3개	없음	없음
시설물통합정보시스템	시설안전과	기초 DB: 1개	없음	공공시설물안전관리 정보 외 11개
지하안전정보시스템	건설안전과	기초 DB: 6개	없음	지하안전평가 정보 외 5개
토석정보공유시스템	건설정책과	기초 DB: 3개	건설산업종합정보망	공사 현장 토석정보 목록 외 1개
해외건설통합정보서비스	해외건설정책과	기초 DB: 1개	없음	없음

자료 : 국토교통부(2025), 2025 국토교통부 정보시스템 가이드북

(②제도의 공백과 증발되는 기록) 그간 우리 건설산업의 DB화는 건물을 짓는 데 드는 비용이나 상세한 설계도면 등을 보관하라는 규정이 없다 보니, 자료들이 제대로 관리되지 못하고 사라지는 것이 대부분이었고 이를 당연히 여겨왔다. 물론 건설산업기본법을 위시한 복수 법령에서는 건설공사 추진 과정에서 발생하는 정보의 입력을 규율하고 있으나(대표적으로 건설공사대장 전자통보제도), 이 역시 제대로 된 정보가

동일한 공사 정보의 중복 입력 사례

	등록	설계 및 엔지니어링	인·허가	발주	계약 및 시공	감리	완공 (관리대상등록)	유지관리
엔지니어링 관리시스템 (CEMS)	● ENG 사업자 등록	● ENG 계약/ 준공통보				● 감리계약/ 준공통보		
건설사업 정보시스템 (CALS)		● ENG 사업 (사업관리)	● 인·허가 (국토부 산하 공사/ 공단 및 지방청에 한함)		● 공사 (사업관리)	● 감리 (사업관리)		● 사후평가
건축행정 시스템 (세움터)			● 건축허가 (시군구)		● 착공신고 사용승인신고		● 건축물대장 등록	
건축물생애이력 관리시스템 (BLCM)								● 점검이력 등록 해체공사 등록
국가전자 조달시스템 (나라장터)				● 공공공사 입찰공고통합	● 전자계약 대금지급 기성검사			
건설산업 종합정보망 (KISCON)	● 건설사업자 등록				● 건설공사대장 통보			
건설협회 통합실적 신고시스템(가칭)					● 기성실적 신고			
건설공사안전관리 종합정보망 (CSI)					● 안전계획통보 사고접수 및 처리등록			
시설물정보관리 종합시스템 (FMS)							● 시목법 1,2종 시설물관리대상등록	● 장기/ 안전점검 등록
공동인력 정보시스템	● 건설기술자 등록	● ENG 경력신고			● 시공경력신고	● 감리경력신고		
기능인 등급 퇴직공제	● 기능인 등급관리				● 퇴직공제가입 전자카드등록			

자료 : (재)건설산업정보원(2023), 건설산업 통합정보플랫폼 구축방안 연구

입력되어 있다고 보기 어려우며, 특히 작은 현장일수록 사장되는 데이터가 상당수에 이름은 자명하다. 결국 일부 데이터만 조각조각 남게 되어 AI가 학습할 자료에 공백이 생겨 학습이 제한적일 수밖에 없다.

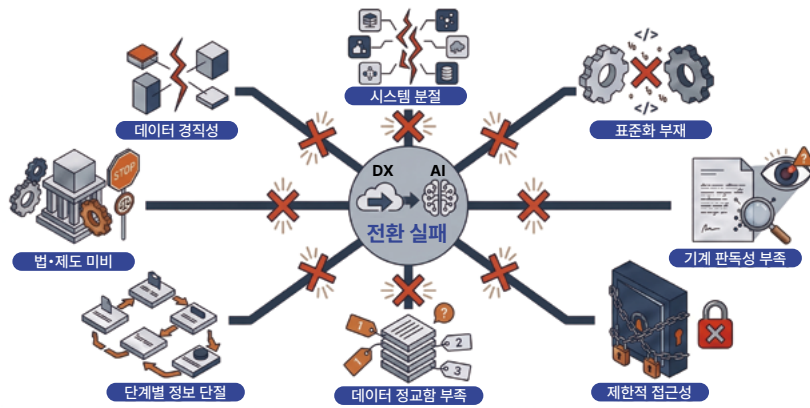
(㉔메마른 토양 위 빈약한 기초 체력) 상술하였듯이 우리 건설산업의 디지털화 수준은 타 산업에 비해 낮은 상황으로 AI를 학습시킬 양질의 기반 정보(자료)가 부족한 것이 현실이다. 즉, 밭이 기름져야 농사가 잘 되듯, 산업 전반의 디지털 기초 체력이 튼튼해야 AI 기술도 뿌리를 내릴 수 있다. 지금처럼 낮은 디지털 성숙도는 다른 산업에 비해 AI 전환 (AX) 속도를 늦출 뿐만 아니라, 향후 기술 도입의 성공을 어렵게 만드는 결정적 원인이 될 수밖에 없다.

지금까지 짚어본 건설산업의 AI 전환을 저해하는 거대한 장벽들 외에도, 기계의 눈으로는 해독할 수 없는 ‘기계 판독성의 부재’, 겹겹이 자물쇠가 채워진 ‘접근의 장벽’, 원석처럼 거친 ‘정교함의 결여’도 우리 건설산업이 쌓은 지식 창고에 텅 빈 공백을 초래하는 치명적인 원인이다. 비록 과거 정보화 시스템이 빠듯한 예산과 기술적 한계 속에서 짜낸 최선의 타협점이었다 할지라도, 이는 애당초 귀중한 정보가 다시 생명력을 얻는 ‘재활용’을 외면한 근시안적 설계였음을 뼈아프게 방증할 뿐이다. 이런 상황과 지금의 데이터 품질을 그대로 안고서는, AI라는 찬란한 미래의 뜻을 올리는 일은 감히 꿈조차 꿀 수 없다. 그것이 바로 우리가 뼈저리게 마주해야 할 냉혹하고도 시린 현실이다.

종합하면, 지난 수년간 우리 건설산업은 다양한 관리 시스템을 통해 방대한 데이터를 축적해 왔다. 그러나 AI 시대 기존 축적된 데이터를 즉시 활용할 수 있도록 정제되거나 연결되어 있다고 보기 어려운 상황이다. 이를 해결하기 위해 ①기술적 측면에서는 정보의 고립(사일로) 해소, 데이터의 표준화, 기계 판독성을 높이는 것이 무엇보다 중요해졌다.

동시에 ②정책적 측면에서는 이를 뒷받침할 법·제도 정비와 체계적인 거버넌스의 구축이 반드시 병행되어야 한다. 2가지 축이 맞물릴 때 건설 데이터는 AI 시대의 강력한 자산이 될 수 있다.

데이터 공백 발생에 대한 8가지 요인



자료 : Google NotebookLM, 데이터 공백 발생 핵심 요인[AI 생성 이미지]

여기에 또 다른 숨은 장벽은 저작권과 지식재산권에 관한 문제이다. 공공 발주자는 원활한 건설공사 진행을 위해 정보 공유를 바라지만, 기업은 자신들의 핵심 기술과 영업비밀이 유출되지 않도록 보호하기를 원한다. 이처럼 서로 다른 이해관계가 충돌하여 현실적으로 많은 데이터들이 보안과 권리 보호라는 명목 아래 굳게 닫혀 있다. 이제는 AI 전환을 앞당기기 위해서라도 공공의 데이터 활용과 민간의 영업비밀 보호 사이에 현명한 균형점을 찾아야 한다. 일례로 미국의 사례처럼 표준 계약서 등을 통해 ‘데이터를 어디까지 쓸 수 있는지’, ‘책임은 누가 지는

지’를 명확히 약속하는 것도 방법일 수 있다. 즉, 데이터의 사용 범위·책임·소유·보안 규정 등을 명확히 하여 기업들은 안심하고 정보를 공유할 수 있는 데이터 생태계를 조성하는 구성원으로 충실히 이행할 수 있도록 저변을 마련해야 할 것이다.

AIA 표준계약서에 명시된 데이터의 사용 범위와 책임

명칭	성격	주요 내용	비고
A201-2017 일반 조건	주계약 일반조건	- 도면·시방서 등 디지털 데이터를 포함한 서비스는 당해 공사에서만 사용·복제 허용 - 다른 프로젝트 또는 공사 범위 외 사용 시 발주자·건축사 서면 동의 규정	사용 범위
		디지털 데이터 전송 프로토콜 및 BIM 의존 위험 배분	책임
C106™-2022 디지털 데이터 라이선스 계약서	기술정책 과	- 기존 계약 관계가 없는 두 당사자 간 라이선스 명시 - 데이터 사용 부여, 전송 절차, 라이선스 활용 제한 - 데이터 사용에 대한 대가 지급 규정	사용 범위
E201™-2022 프로젝트 참여자와 모델 공유를 위한 BIM 첨부 문서	계약 부속서	- 모든 참여자 모델 사용·공유·활용에 관한 범위 설정 - BIM 모델 공유를 위한 3단계 공유체계 명시 - 디지털 데이터 생성·저장·관리 등에 관한 프로토콜 규정	사용 범위
		- 데이터 오류에 관한 책임을 다층 구조로 규정 -Tier 1 : 모델 작성자 서면 승인 후 데이터 사용 -Tier 2,3 : BIM 실행계획에 허용된 범위에서 활용 -모델 오류·불일치·누락 발견 즉시 서면 보고	책임
G203™-2022 BIM 실행 계획	프로토콜	- 프로젝트 프로토콜 및 데이터 보안 관련 세부 조항 - 프로젝트 진행 중 데이터 교환·공유에 대한 신뢰성 승인 - 모델 버전과 사용 승인에 대한 라벨링 표기	책임

자료 : AIA, A201-2017, C106™-2022, E201™-2022, G203™-2022

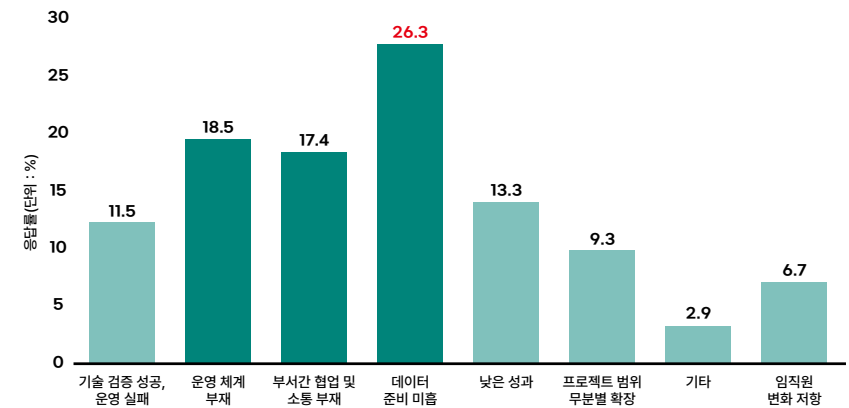
한 가지 다행인 것은 이미 국토교통부는 이러한 현실적인 어려움을 해결하기 위해서 ‘제6차 건설공사 지원 통합정보체계 기본계획’을 수립하였다는 점이다. 2030년까지 모든 공공 건설사업에서 생성되는 다양한 정보를 디지털화하여 효율적으로 관리하겠다는 목표를 제시하고 있다. 정부의 이런 계획은 차가운 서고에 죽은 기록의 산을 쌓아 올리는 과거와 같지 않길 바란다. 만국의 공통어처럼 데이터의 형식을 정교하

게 표준화하여, 누구나 지혜의 우물에서 맑은 물을 즉각 길어 올릴 수 있는 살아 숨 쉬는 플랫폼을 이제는 축조하여야 한다. 만약 이 계획이 우리 산업에 성공적으로 안착한다면, 그동안 흩어져 잠자고 있던 많은 데이터는 AI를 움직이는 강력한 연료로 사용될 것이다.

최근 캐럿글로벌 AX 센터에서 발표한 자료를 보면 아주 흥미로운 사실을 발견할 수 있다. 데이터를 구하기 어려운 열악한 환경 속에서도, 이미 많은 기업(61.1%)이 생성형 AI를 도입해 업무에 활용하고 있다는 점이다.^[5] 하지만 AI를 활용할 때 겪는 가장 큰 걸림돌로 ‘데이터 준비 미흡(26.3%)’을 꼽은 것 또한 가장 높았다. 이는 아무리 뛰어난 AI 기술이 있어도 이를 뒷받침할 양질의 데이터가 없다면 무용지물이나 다름 없다는 사실을 보여준다. 결국 성공적인 AI 도입 및 전환은 성능이 좋은 소프트웨어를 보유하는 기술적 문제에만 한정되지 않는다. 그보다는 양질의 데이터를 체계적으로 관리하여 적재적소에 활용할 수 있는 조직의 실행력이 함께 맞물려 돌아가야 한다는 점을 이번 조사 결과를 통해 알 수 있으며 이는 건설산업에도 당연히 통용된다.

지금까지 살펴본 바와 같이, 현재 우리 건설산업은 ‘AI라는 만능열쇠’를 손에 쥐느냐 마느냐의 중대한 시대적 갈림길에 서 있다. 그러나 그 혁신의 열쇠를 손에 쥘다 한들, 정작 열어야 할 ‘데이터라는 문’은 여전히 굳게 닫혀 있거나 짙은 안개 속에 가려져 제대로 보이지 않는 것이 현실이다.

AI를 이용한 프로젝트 수행 시 애로사항에 대한 설문조사 결과



자료 : Carrot AX Center(2026), 2026 한국 기업 AI 활용 현황 보고서, Carrot Global

이는 우리가 보고 있는 현장의 데이터가 수면 위로 드러난 빙산의 일각에 불과하기 때문이다. 진정한 혁신을 이뤄내려면, 수면 아래 깊이 잠들어 있는 방대한 데이터들을 하나로 엮어내어 살아 숨 쉬는 ‘생태계’로 끌어올려야만 한다. 패러다임을 뒤바꿀 이 거대한 변화는 정부나 민간, 어느 한쪽만의 노력으로는 완성할 수 없다. 정부의 지혜롭고 굳건한 정책적 지원이라는 단단한 기반 위에, 기업들의 열정적이고 능동적인 참여가 가능할 때 우리는 찬란한 혁신의 싹을 틔울 수 있다.

이렇게 민관의 견고한 연대와 협력의 토대 위에서 빚어낸 ‘데이터 생태계’는 우리 건설산업의 경쟁력을 완전히 새로운 차원으로 도약시킬 대체 불가능한 핵심 자산이 될 것이다. 나아가, 다가올 미래를 향해 거침없이 항해할 수 있도록 이끌어주는 가장 강력하고 멈추지 않는 동력 원으로 활용될 것이다.

데이터 인프라로 건설산업 AX 동력 강화하기



건설 데이터 자산은 어떻게 모으는가?

건설 프로젝트의 생애주기 과정에서 각 단계가 끝날 때마다 우리는 수많은 땀의 결실을 마주하게 된다. 이때마다 검증을 거쳐 최종 목적물 또는 관련 서류들을 발주자에게 제공하는 과정을 인계(Handover)라 부른다. 설계의 막을 내리면서 도면과 서류를 건네는 행위를 ‘납품’이라 부르고, 공사의 대장정을 마치고 온전히 실체를 넘겨주는 순간은 ‘인도(Possession Transfer)’라고 한다. 도급계약의 성격에 따라 부르는 용어는 다르지만, 각 단계의 릴레이 경주에서 다음 주자에게 엄청난 무게의 전자문서와 데이터를 바통 터치하듯 한꺼번에 넘겨준다는 본질만큼은

매한가지다.

그러나 진정한 비극은 이렇게 넘겨받은 방대한 데이터가 품고 있는 특성에서 시작된다. 넘겨받은 데이터의 대부분은 AI가 바로 읽고 분석하기 힘든 비정형 데이터로 이루어져 있기 때문이다. 특히 건설 분야의 데이터는 설계도면, 사진, 무수한 텍스트 등이 뒤섞여 있어 타 산업의 자료들과는 비교조차 할 수 없을 정도로 비정형 비중이 매우 높다. 결국 가공되지 않은 원석에 가까운 데이터를 AI가 학습할 수 있는 형태로 바꾸려면 많은 시간과 노력이 부가적으로 필요하다. 게다가 사람이 일일이 정보를 변환하는 과정에서는 필연적으로 입력 오류, 정보 손실, 작업 효율이 크게 떨어짐은 자명하다.^[6] 실제로 데이터 변환의 굴레 속에서 무려 1.8조 달러(약 2,500조 원)라는 천문학적인 가치가 허공으로 산화되고, 880억 달러(약 130조 원)에 달하는 재작업 비용이 발생한다는 관련 연구^[7]는, 우리의 폐부를 찌르는 뼈아픈 경고가 아닐 수 없다. 지금과 같은 비효율적인 일괄 전달 형태의 핸드오버 방식에 머무른다면, 우리 건설산업은 AI 시대로 가기 위한 문턱을 넘기도 전에 막대한 비용을 허공에 뿌리는 것과 같다.

이제 건설산업의 AI 전환을 앞당기기 위해, 기존의 관행을 벗어난 새로운 ‘디지털 핸드오버(Digital Handover)²⁾’ 방식의 설계와 안착이 필요한 시점이다. 이는 단순히 데이터를 기계적으로 주고받는 행위를 넘어선다. AI가 즉각적으로 학습하고 활용할 수 있도록 잘 정돈된 ‘구조화된 데이

2) 디지털 핸드오버 : 설계 · 시공 단계별로 생성된 모든 관련 데이터를 구조화하여 즉시 활용 가능한 디지털 형식으로 인계하는 과정

터'를 전달하는 것이 핵심이기 때문이다. 디지털 핸드오버가 건설산업에 뿌리내리기 위해서는 다음 네 가지 필수요건을 갖추어야 할 것이다.

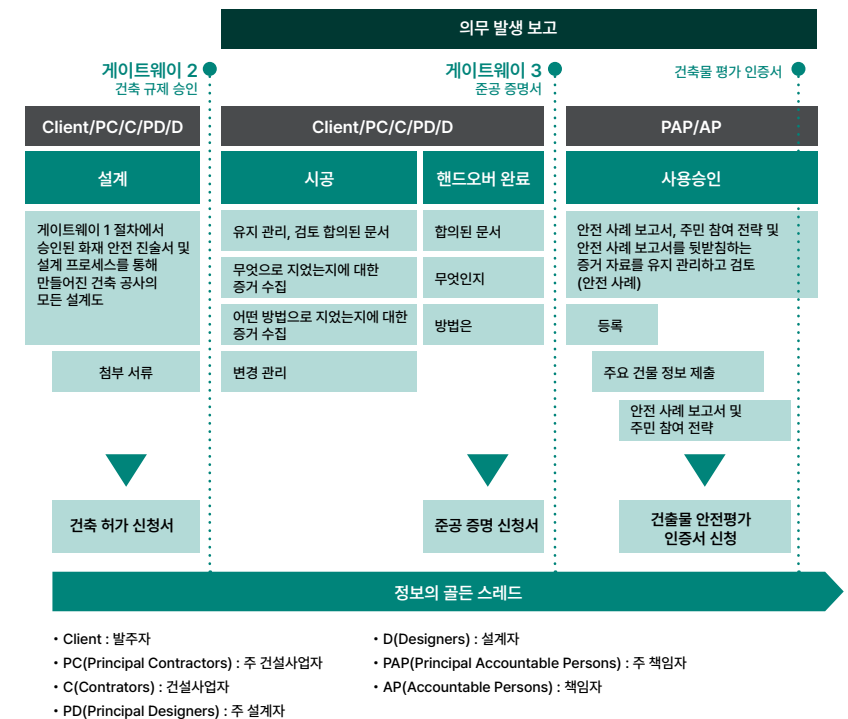
- 1. 정보 요구사항의 정의 :** 망망대해에서 길을 잃지 않도록, 정확히 어떤 데이터가 필요한지 목적을 투명하고 명확하게 정의해야 한다.
- 2. 공통 데이터 환경³⁾ 구축 :** 흩어진 데이터의 수집, 공유, 발행을 관리하는 단일 공급원을 구축해야 한다.
- 3. 데이터 교환 포맷의 표준화 :** 서로 다른 프로그램 사이에서 의미가 훼손되거나 깨지지 않도록, 견고하고 통일된 표준 형식을 마련하고 이를 준수해야 한다.
- 4. 코드 체계 :** AI 기술이 발전하며 모든 데이터마다 필요한 것은 아니나, 데이터의 존재를 증명하고 손쉬운 분류를 위해 일정한 이름표(코드)를 부여해야 한다.

건설산업의 디지털 핸드오버 관리 체계는 국제 표준⁴⁾으로 마련되어 있다. 이 표준은 설계·시공단계에서 생성된 프로젝트정보모델⁵⁾을 완공 시 자산정보모델⁶⁾로 이관하는 체계와 절차를 규정하고 있다. 디지털 핸드오버를 의무화한 국가는 영국을 포함한 4개국에서 운영 중이며, 공통

- 3)** 공통 데이터 환경 (Common Data Environment) : 모든 프로젝트 관련 정보를 단일 정보 소스 역할을 하는 중앙집중식 디지털 플랫폼 (예 : 사업단계별로 생성된 그래픽 데이터 (BIM) 부터 문서 (계약서, 공정표 등) 를 하나의 공간에서 수집 · 관리 · 공유에 활용)
- 4)** ISO 19650 은 건물의 시작부터 끝까지 발생하는 대량의 데이터를 안전하고 체계적으로 관리하기 위해 마련된 표준이며, 범위와 목적에 따라 여러 개의 시리즈로 나뉘어 구성
- 5)** 프로젝트정보모델 (Project Information Model) : 건물을 설계하고 건설하는 단계에서 만들어지고 사용된 모든 정보의 모음 (ISO 19650-2 기준)
- 6)** 자산정보모델 (Asset Information Model) : 실제로 건물을 운영하고 유지보수하는 단계에서 사용되는 정보의 모음 (ISO 19650-3 기준)

으로 건물정보모델(BIM) 활용을 기본 전제로 한다. 특히 영국과 싱가포르의 법적 의무화와 플랫폼 통합이라는 두 가지 축을 함께 적용하고 있다. 구체적으로 아래 그림에서 영국은 골든 스레드 제도를 마련하여 건물의 전체 생애주기 정보를 전자로 기록하여 보관하도록 규정하고 있다. 핸드오버는 전자적인 형태로만 전달되도록 의무화되어 있으며, 정보는 접근 가능, 정확, 이전 가능, 이행 가능, 최신 등 원칙을 충족해야 한다.

英 골든 스레드의 단계별 정보 흐름^[8]



자료 : Construction Leadership Council(2024), Delivering the Golden Thread

입력 정보는 UK BIM 프레임워크⁷⁾의 정보 요구 수준을 준용한다.

다행히 우리 정부는 다가올 AI 시대의 파도에 대비하여 ‘건설기준 디지털화 사업’을 추진하며, 데이터들의 고유한 이름표라 할 수 있는 코드 체계를 이미 마련하였으며, 지속 고도화를 꾀하고 있다.⁹⁾ 실제로 2021년 BIM 기반 건설산업 디지털 전환 로드맵을 수립하여 발주-설계-시공-유지관리 전 생애주기의 디지털 납품 체계를 제시한 바가 있다. 해외 주요국과 비교하면 운영·유지관리를 위한 자산정보모델의 체계는 마련되지 못하였으며, 설계 및 시공단계의 실제 이행을 위한 체계 고도화가 필요한 실정이다. 이러한 노력에도 불구하고, 진정한 혁신을 위해 남겨진 가장 중요한 과제가 있다. 그건 바로 ‘어떤 정보를, 어떤 정제된 형식에 담아, 어떤 방법으로 전달할 것인가’를 우리 모두가 구체적으로 약속하고 정의하는 일이다. 이 약속이 선행될 때 기록의 파편에 불과했던 건설 데이터는 단순한 기록을 넘어 AI를 움직이는 강력한 자산이 될 수 있다.

신뢰할 수 있는 데이터 운용시장 형성

디지털 핸드오버를 통해 자원(데이터)를 모았다면, 이제는 이를 안전하게 저장하고 메마른 순간마다 생명수를 공급해 줄 견고한 ‘댐’이 필요하다. 그러나 지금처럼 건설공사 수행 과정에서 발생하는 다양한 데이

터와 파일을 각각 다른 그릇에 단순히 쌓아두거나 계층적으로 관리하는 방식은 AI 기술 적용에 부적절한 환경임은 자명하다. 비유하자면, 턱없이 작고 짝 끼는 신발을 억지로 신겨놓은 채 전력 질주하라고 다그치는 것과 같으며, 결국 숨을 헐떡이며 뒤통지거나 고통 속에 주저앉을 수밖에 없다. 문제는 이런 실패가 반복될수록 사람들은 AI라는 도구의 본질적인 가치마저 의심하고 깎아내리게 된다는 점이다. 이처럼 싹트기 시작한 기술에 의심의 그림자가 드리워진다면, 우리 건설산업이 꿈꾸는 성공적인 AI 전환은 닿을 수 없는 신기루처럼 멀어질 수밖에 없다.

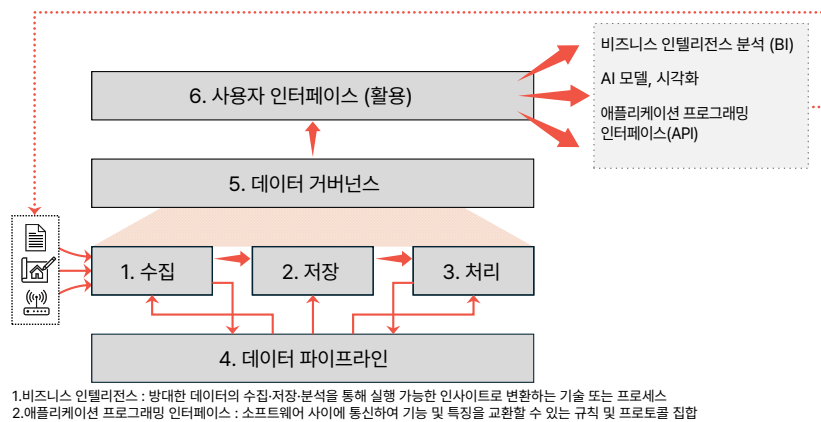
그렇다면 성공적인 건설산업의 AI 전환을 위해, 많은 양의 물을 가두고 폭발적인 에너지를 빚어낼 진정한 의미의 댐은 어떤 모습이어야 할까? 해답은 흩어진 대량의 정보와 지식을 한곳에서 정교하게 다듬고 분석할 수 있는 데이터 플랫폼이다. 이는 단순히 데이터와 파일을 쌓아두는 기존 방식과는 차원이 다르다. 건설 프로젝트의 필요성을 기획하는 첫 순간부터 마지막 마침표를 찍는 순간까지 모든 정보를 관리하는 중앙저장소이자, 데이터를 근거로 의사결정을 지원하는 지휘 본부와 같다. 따라서 건설산업에서의 데이터 플랫폼은 산업 전반을 아우르는 공통의 데이터 관리 규칙과 수많은 참여자가 협업하는 방식까지 모두 수용하는 종합적인 계획을 통해 구축되어야 한다.

실제로 산업의 종류를 막론하여 데이터 플랫폼은 그 역할과 기능에 따라 정교하게 조율된 6개의 핵심 계층(레이어)으로 세분됨이 일반적이다. 또한, 계층별 원시 데이터를 받아들이는 입구부터 분석하고 활용하는 출구까지 한 치의 틈이나 어긋남 없이 촘촘하게 설계되어야 하며,

7) 기존 모델상세수준(LOD)과 상세정보수준(LOI)을 일괄적으로 통일하던 방식에서 발생하는 한계점을 보완하기 위해 마련된 영국의 목적 맞춤형 정보 요구 수준 체계

모든 과정에서 정보가 바깥으로 유출되지 않도록 철저한 보안과 수많은 참여 주체의 권한을 조율하는 거버넌스 체계가 뒷받침되어야 한다. 이렇듯 다채로운 핵심 계층들이 정밀한 시계의 톱니바퀴처럼 유기적으로 맞물려 움직일 때, 건설 데이터는 AI 전환 시대를 힘차게 추동하는

데이터 플랫폼 구성 요소별 계층



자료 : IBM 및 Couchbase, 데이터 플랫폼이란 무엇인가?, 재구성

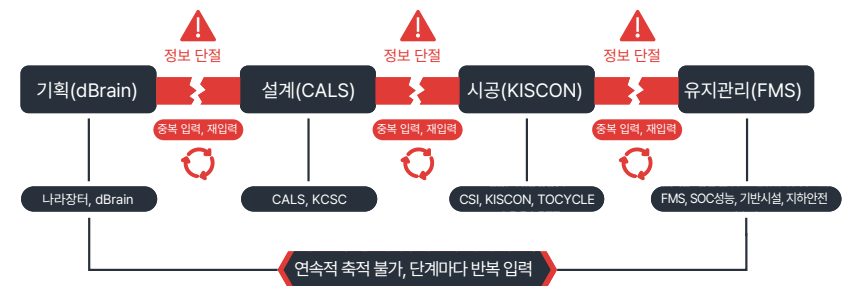
거대한 심장이자 멈추지 않는 동력원으로 깨어날 수 있다.

데이터 플랫폼 구축 사업 사례는 과학기술정보통신부에서 추진한 디지털 뉴딜 사업이 있다. 이는 경제·사회 전반에 디지털 대전환을 추진하는 범부처 국가 혁신프로젝트로 2021년 7월부터 시작되었으며, 2022년 디지털 뉴딜 실행계획을 발표하였다. 여기에는 구체적인 세부 과제와 다양한 제도 정비 및 규제개혁도 함께 제시되었다. 이때 데이터의 생산·거래·활용 촉진과 경제적 가치 창출을 위한 「데이터 산업진흥 및 이

용촉진에 관한 기본법」과 산업데이터 활성화 및 적용을 위한 「산업 디지털 전환 촉진법」이 제정되었다. 데이터 플랫폼 구축은 「데이터 산업진흥 및 이용촉진에 관한 기본법」 제19조와 동법 시행령 제20조에 규정되어 있다. 실제로 과학기술정보통신부가 지원한 21개 분야와 광역지자체의 추진으로 17개의 빅데이터 플랫폼이 구축되었다. 건설산업 관련 사례는 정보의 통합 필요성과 방향성 수립을 위주로 연구로 수행되어, 앞에 사례처럼 실제 시스템 간 연계 및 구축은 이루어지지 못하였다. 건설 데이터가 지닌 고유한 특성 영향과 데이터 플랫폼으로 들어오고 흐르기 위한 기반 조성이 부족했기 때문이다.

더욱이 타 산업의 데이터들과 달리, 건설 데이터는 다른 형태와 다양한 형식을 지닌 채 제각각 다른 주기로 만들어짐을 명심해야 한다. 그뿐만 아니라 전술하였듯이 건설 프로젝트가 종료됨과 동시에 현장을 지키던 방대한 지식과 데이터가 허공으로 뿔뿔이 흩어져 사라지는 특성 또한 함께 고려하여야 한다. 이토록 허망한 단절과 소멸의 굴레야말로, 건설산업 구성원의 노력이 담긴 정보들이 끊어짐 없이 차곡차곡 쌓여 가치

건설 단계별 활용 시스템 및 정보 단절 현황



있는 자산이 되는 것을 가로막는 가장 치명적이고 결정적인 장벽이다.

이를 극복하기 위해서는 수많은 곳에 흩어진 지혜의 조각들을 제때 거두어들이고, 누구나 쉽게 탐색할 수 있도록 질서를 부여하며, 필요할 때 즉각적으로 꺼내어 쓸 수 있는 굳건한 기반 마련이 절실하다. 데이터 플랫폼은 얹히고설킨 건설 데이터의 미로와 과편화라는 난제를 풀어내는 가장 합리적인 방법이자, 우리 산업의 체격에 오차 없이 들어맞는 완벽한 맞춤복과 같다. 이 정교한 맞춤복을 입었을 때 우리 산업의 풍경을 바꾸어 놓을 네 가지 변화는 다음과 같이 펼쳐질 수 있을 것이다.

1. 정보가 고립되는 데이터 사일로 현상 해소

건설 프로젝트는 수많은 업체가 제각각 다른 방식으로 데이터를 관리한다. 그러다 보니 정보가 공유되지 않고 각자의 시스템에 갇히는 ‘사일로 현상’이 필연적으로 발생한다. 데이터 플랫폼은 모든 참여자가 하나의 환경에서 소통하는 ‘단일 진실 공급원(Single Source of Truth)⁸⁾’이 되어 정보의 격차를 없애는 효과가 있다.

2. AI 학습 재료인 데이터 소실 방지

조사에 따르면 건설 현장 데이터의 96%가 활용되지 못한 채 사라진다.^[10] 이는 AI에게 줄 공부 재료가 부족하다는 뜻이다. 데이터 플랫폼은 흩어진 데이터를 놓치지 않고 수집·저장하여, AI 학습을 위한 고품질의 데이터를 풍부하게 확보해 줄 수 있다.

8) 단일 진실 공급원 : 데이터를 하나의 공간에서 일괄적으로 관리하고 저장해 누구나 신뢰할 수 있는 단 하나의 정보로 의사결정을 내릴 수 있도록 설계된 체계이며, 기관 간 또는 이해관계자 간 혼란 방지와 문제 원인을 추적하여 의사결정의 신뢰성 제고 가능

3. 데이터 기반 의사결정으로 신뢰성 향상

건설 현장에서는 안전사고 예방, 공정관리, 품질 점검 등 수많은 판단이 필요하다. 데이터 플랫폼은 방대한 정보를 실시간으로 분석하여, 사람의 감이 아닌 객관적인 데이터에 근거한 최선의 결정을 내릴 수 있도록 지원할 수 있다.^[11]

4. 데이터 순환 체계로 AI 성능 고도화

설계부터 시공, 유지관리에 이르기까지 데이터가 단절되지 않고 물 흐르듯 이어지는 환경이 필요하다. 데이터 플랫폼은 이 모든 과정의 정보를 하나로 묶어 데이터 순환 체계를 형성한다. 정보가 선순환될수록 AI의 성능은 더욱 고도화되며, 실제 현장에서 활용도 역시 높아질 수 있다.

결국 건설 데이터 플랫폼이란 든든한 댐을 구축하는 진정한 의미의 AI 혁신 기술이 우리 건설산업에 깊이 뿌리내리기 위한 가장 첫 번째 토대를 다지는 작업이다. 이는 기술적인 준비를 넘어, 건설 시장의 모든 참여자가 서로 믿고 협력할 수 있는 신뢰의 환경을 만드는 일이기도 하다. 또한 공정한 경쟁과 투명한 거래가 이루어지는 발판을 마련하는 효과도 기대해 볼 수 있다.

데이터 이동 인프라 구축

지금까지 살펴본 데이터 플랫폼이 건설 AI 시대를 구현할 생태계라면, 데이터 파이프라인은 그 생태계를 유지하고 역동적으로 숨 쉬게 하는 핵심 기반 요소이자 근간이라 할 수 있다. 우리 몸의 영양분을 공급하는 혈관처럼, 파이프라인은 플랫폼의 각 계층을 유기적으로 연결하며 AI 성능에 직결되는 지식을 실시간으로 실어 나른다. 최근 AI 개발 패러다임이 ‘어떻게 양질의 데이터를 선점할 것인가’로^[12] 귀결되는 현 시점, 파이프라인의 구축 여부는 단순히 플랫폼의 정상적인 작동을 넘어 우리 건설산업의 AI 전환이라는 성패를 가르고 산업 경쟁력을 결정짓는 열쇠라 할 수 있다.

중요한 점은 파이프라인이 맹목적으로 데이터를 흘려보내는 단순한 이동통로에 머물러서는 안 된다. 거친 원석이 통로를 지나는 동안에 정형성, 완전성, 일관성, 적시성이라는 엄격한 품질관리의 담금질이 반드시 병행되어야 한다. 신뢰할 수 있는 파이프라인을 구축하기 위해 품질 지표를 실시간으로 모니터링하는 데이터 옵저버빌리티⁹⁾ 체계도 갖추어야 한다. 이를 통해 양질의 데이터를 플랫폼에 지속적으로 축적하고 유용한 인사이트를 사용자에게 제공할 수 있다. 무엇보다 이 정제 과정은 원석과 같은 원시정보를 AI가 활용할 수 있는 상태로 탈바꿈시켜 주기에, AI의 학습량을 늘리고 지능을 비약적으로 팽창시키는 효과가 있다.

9) 데이터 옵저버빌리티 (Data Observability) : 데이터 파이프라인 전반 (수집 ~ 분석) 의 상태, 품질, 성능을 지속적으로 모니터링하며, 데이터 활용 이전에 문제를 감지, 진단, 예방의 역할 수행

그러나 앞서 살펴본 것처럼 우리 건설산업의 현실은 데이터 흐름이 원활하지 못한 ‘동맥경화’ 상태와 같다. 이는 결코 기술력이 부족해서 발생한 문제가 아니라, 정책적 파편화가 낳은 구조적 문제이다. 일례로 현행 「건설기술 진흥법」에는 6개 시스템의 구축과 운영에 대한 법적 기반과 관련 업무를 규정하고 있으나, 시스템 간 칸막이를 허물고 데이터를 서로 공유하고 융합 활용을 위한 근거 조항은 어디에도 없다. 물론 개선을 위한 시도가 없었던 것은 아니다. 지난 2024년 7월 부실 공사 예방과 안전을 선제적으로 확보하기 위해 ‘안전관리 종합정보망’에 품질 시험 결과 정보를 통합한 사례가 있다. 하지만 실상은 정보가 서로 연동하며 새로운 통찰력을 낳는 것이 아니라, 여전히 시스템 내부의 외판섬에서 관리되는 통합에 불과했다.

현재 규정에 따른 기구축된 정부 주도의 건설 정보화 시스템은 자료 수집과 축적에 적합할지 모르나, 데이터의 이동 및 연계를 통한 활용에는 명확한 한계가 분명하며, 이는 데이터 단절이 결과의 신뢰성 하락과 혼란으로 직결된다. 이뿐만 아니라 정책입안자 외 일반 건설기업의 입장에서 그 활용 방법도 매우 제한적이어서 AI 시대에 적합하지 않다. 일례로 과거 건축행정시스템 연계 오류로 주택통계 19만 호가 과소 발표되는 사태가 발생한 바 있다. 연계 과정에서 도시정비사업 관련 코드 누락(10만 9000호)·입력 지연(3만 5000호)·코드 오류(4만 6000호) 등을 집계에서 누락하여 발생한 문제이다.^[13] 이는 시스템 간 기술적 연계보다 미흡한 표준체계와 입력 데이터의 관리 소홀이 결합하여 발생한 결함이다. 데이터 파이프라인을 구축하는 일은 단순히 정책적 분절을 극

복하는 수단을 넘어, 데이터 불일치에 따른 막대한 사회적 비용과 행정적 손실을 방지하기 위한 생존의 문제이다. 따라서 건설 데이터 파이프라인의 도입 여부는 더 이상 고민의 대상이 아니다.

건설 분야 데이터 파이프라인 구축 사례는 국내외 곳곳에서 확인할 수 있다. 국내는 민간 대기업 중심으로 개발이 선행되고 있으며, 해외는 개별 기업의 필요에 따른 구축·운영과 함께 정부 주도하에 국가적 차원에서 도입하고 있다는 점에서 차이가 있다. 우선 국내의 경우, 기업 내부의 업무 효율화를 목표로 시작되었다. 건설기업들은 실질적인 비즈니스 인사이트 도출¹⁰⁾하거나 가격 예측¹¹⁾ 등 수익성에 직접 연관되는 영역을 중심으로 파이프라인을 구축하였다. 최근 우리 정부도 AI를 국정과제화하며 타 산업 분야의 경우 데이터 거버넌스 확립 및 데이터 연계·활용 강화를 위한 전략을 발표하며 보폭을 넓히고 있다. 이에 기존 통계 중심의 업무 수행에서 데이터 연계·활용·분석 업무 추진과 범정부 데이터 거버넌스 역할 강화를 위해 기존 통계청에서 명칭을 변경한 국가데이터처는 누구나 쉬운 데이터 사용과 국정과제를 뒷받침하는 신뢰할 수 있는 통계라는 비전과 함께 4가지 핵심 과제¹²⁾를 공개하였다. 여기에는 AI 및 데이터 전문 인재 양성을 위한 교육 인프라 강화 방안도 포함되어 있다.

10) 현대산업개발은 스노우플레이크 (Snowflake) 기반 데이터레이크하우스와 파이프라인을 구축하여, 데이터 수집부터 저장까지 전 과정을 플로우 형태의 자동화 체계로 구현

11) 삼성물산은 EPC 대형 플랜트 사업의 구매 의사결정을 위해 내·외부 데이터의 수집→전처리→훈련→예측→평가에 이르는 전 과정을 자동화한 파이프라인을 구축

12) 4가지 핵심 과제 : ① AI 기반사회 구현을 위한 데이터 활용·관리 체계 확립, ② 범정부 데이터 밸류업 및 활용 강화, ③ 국정과제 지원을 위한 국가통계 개발, ④ 국가 통계서비스와 인프라 강화 추진

국외 사례는 보다 건설산업 분야에 초점을 맞추어 데이터의 연계성 강화를 통한 공공 건설 부문의 체질 개선에 집중하고 있다. 공공공사 조달부터 시공 관리까지 고질적인 정보 고립(사일로) 현상을 해결하고, 참여자 간의 협업 효율을 극대화하기 위해 도입하였다. 특히 이러한 흐름은 건설 생산 프로세스 전반의 데이터 연계를 제도화하며, 활용 범위는 단계적으로 확대되는 추세이다.

[건설기술 진흥법]에 근거한 개별 건설 정보화 시스템의 운영 현황

시스템명	근거 조항		주요 내용
건설공사안전관리 종합정보망(CSI)	법	제62조제15항 제60조제3항	건설사고 통계 등 건설안전에 필요한 자료 관리 품질검사 대행 의뢰 및 관리 근거
	시행령	제101조의4	정보망 구축·활용 촉진을 위한 업무 정보망 입력 정보 유형 규정
건설기술인 교육훈련정보시스템	법	제20조	건설기술인 교육·훈련에 관한 규정
	시행령	제42조, 제43조	교육·훈련 종류, 대상, 시간, 이수 시기 등
건설기술정보시스템	법	제18조	건설기술 정보의 유통·활용을 위한 정보체계
	시행령	제39조, 제40조	정보체계 구축 범위, 자료 수집 대상·절차
건설기준관리시스템	법	제44조, 제44조의2	건설기준의 설정 권한, 관리 시책 마련, 정보화 체계 구축
	시행령	제65조	건설기준 설정 주체, 승인 절차, 고시 등
건설사업정보시스템	법	제19조	정보체계 기본계획 수립, 전담기관 지정·운영
	시행령	제41조	정보체계 구축·운영 세부 사항 등
토석정보공유시스템	시행령	제77조제3항	효율적인 토석 활용을 위한 시스템 운영 근거

자료 : [건설기술 진흥법], [건설기술 진흥법 시행령] 관련 내용 발췌

英 국가 디지털 트윈 프로그램의 데이터 공유 체계

국가 디지털 트윈 프로그램(National Digital Twin Programme, NDTP, 2018)이 국가 인프라 위원회의 권고사항 이행 목적으로 시작되었다. 이는 노후 인프라 회복력 증진과 중단-지연을 줄이며, 자원 활용을 최적화하여 시민의 삶의 질 향상이 주요 임무이다. 데이터의 생태계 조성을 위해 파편화된 시스템을 연계하는 인프라가 도입되었다. NDTP는 목적 이행에 걸림돌로 지적되는 정보 고립 현상 방지와 데이터의 원활한 상호 작용을 위해 사이버 물리 인프라(Cyber-Physical Infrastructure, CPI) 기준을 채택하였다. CPI는 단일 중앙집중식 시스템을 지양하고, 새로운 비즈니스 모델과 혁신 서비스가 구축될 수 있는 연결된 네트워크로 정의된다. 이를 구현하기 위한 5대 촉진 요소와 후속 조치를 제시하고 있다.

[5대 촉진 요소]

1. 상호운용성 및 표준 서로 다른 산업과 시스템(예시 : 에너지와 교통)이 원활한 데이터 교환을 할 수 있도록 하는 데이터 및 아키텍처 표준
2. 보안 및 복원력 사이버 공격으로 인해 물리적 인프라 시설(예시 : 발전소, 교통망)의 마비를 방지하기 위해 설계단계부터 안전장치 고려하여 반영
3. 데이터 접근 및 공유 혁신의 원료가 되는 양질의 데이터를 안전하게 개방하고 공유할 수 있는 신뢰 기반의 프레임워크 조성
4. 기술 및 인재 육성 엔지니어링과 디지털 기술을 모두 이해하는 융합형 전문 인재 양성
5. 투자 및 연구개발(R&D) 지원 기술의 상업화 및 생태계 조성을 위한 마중물로 정부 펀딩과 민간 투자 촉진

영국 정부는 후속 조치로서 혁신청(Innovate UK)*과 디지털 캐터펄트(Digital Catapult)** 등과 협력하여 국가 사이버-물리 인프라 생태계 구축 사업을 착수하였다. 이는 생태계 참여자들을 연결하며, 범국가적 로드맵 수립을 위한 보조금 지원 정책을 시행한다.

* 혁신청 : 과학혁신기술부(DSIT) 산하의 통합 연구 지원기관인 연구·혁신 기구(UK Research and Innovation)를 구성하는 9개 위원회 중 하나이며, 주요 역할은 영국 전역의 모든 분야의 기술혁신을 기업이 주도 하도록 지원한다.

** 디지털 캐터펄트 : 혁신청이 핵심 산업 경쟁력 강화를 위해 영국 전역에 설립한 캐터펄트 네트워크 중 첨단 디지털 기술에 특화된 혁신센터이다. 정부·대기업·스타트업·학계가 협업하여 생태계를 조성한다. 주요 역할은 첨단 디지털 기술의 도입 촉진과 기술실증·테스트베드 제공이다.

지금까지 살펴본 국·내외 데이터 파이프라인 구축 사례와 최근 정부 정책 동향을 종합하면, 다음과 같이 5가지 전략적 시사점을 도출할 수 있다.

1. 법·제도 정비의 선제적 이행

일부 기업의 자발적 채택만으로 건설산업의 구조적 파편화를 극복하는데 한계가 있다. 2026년 3월 현재 입법 추진 중인 「(가칭)국가데이터기본법」 제정, 「건설기술 진흥법」 내 데이터 수집 및 공유 관련 규정 마련과 데이터 생태계(담과 파이프라인)의 구축을 위한 법정 전담기관 설치가 병행되어야 한다.

2. 연합 데이터 공유 모델 개발

영국 NDTP의 통합 아키텍처처럼, 각 참여기관이 데이터 통제권을 유지한채 표준화된 인터페이스를 통한 정보 공유 방식은 건설산업의 다층적 참여자 구조에 적합하다. 중앙집중식 플랫폼은 데이터 권리에 대한 이행 상충 및 저항을 최소화할 수 있는 해법이기에 이러한 건설 데이터 공유 모델 개발을 우선 고려해야 한다.

3. 표준화된 데이터 포맷과 코드 체계 확립

데이터 파이프라인이 원활히 작동하려면 입구(수집: Ingestion)부터 표준화된 데이터 포맷 및 코드(온톨로지 및 지식 그래픽 구축 포함) 체계가 적용되어야 한다. 이는 데이터 전처리에 낭비되는 많은 시간과 매몰되는 비용을 줄이고, AI의 신뢰성을 확보하기 위한 필수 전제 조건이다.

4. 비정형 데이터 처리 역량 내재화

건설 현장의 영상·이미지·문서 등 비정형 데이터까지 AI가 즉시 학습에 활용할 수 있어야 한다. 따라서 지능형 문서 처리, 비전 기술(영상 및 이미지 분석), 자연어 처리 등 비정형 데이터 변환 기술을 파이프라인에 내장하는 전략이 필요하다.

5. 데이터 생태계 지속을 위한 인재 양성

상술하였듯이 영국 사례뿐만 아니라 우리 국가데이터처도 4대 전략을 통해 AI 인재 양성을 제시하고 있다. 이에 발맞추어 건설산업 역시 데이터의 생산·관리·활용하는 융합형 인재(엔지니어링&AI) 양성을 가속해야 하며, 기존 산업 내 종사자의 교육·훈련과 대학 내 관련 전문 인재 양성 방안도 함께 마련되어야 한다.

결국 건설 AI 전환의 핵심은 ‘고여 있는 데이터’를 ‘흐르는 데이터’로 만드는 것이다. 앞에서 살펴본 주택통계 누락 사례가 보여주듯, 데이터의 단절은 단순한 비효율을 넘어 국가 정책의 신뢰마저 무너뜨리는 결과로 이어졌다. 그뿐만 아니라 개별 건설기업이 구축하는 버티컬 AI 체계에서도 이러한 문제는 가장 우선하여 해결책을 마련하여야 할 영역임이 자명하다. 이러한 사태의 재발을 방지하기 위해 산업의 특성이 충실히 반영된 잘 설계된 데이터 파이프라인 구축은 선택이 아닌 필수 전략이다. 앞서 제안한 4가지 시사점을 바탕으로 정책적 결단과 기술적 구현이 병행할 때, 우리 건설산업은 전통적인 틀을 깨고 첨단 지능형 산업으로 전환을 완수할 수 있을 것이다.

데이터 운용 슈퍼바이저 선정

데이터 거버넌스란 데이터를 모아놓은 댐(플랫폼)과 데이터를 실어 나르는 파이프라인이 정상적으로 작동하도록 만드는 최상위 규칙이자 기반 체계라 정의할 수 있다. 즉, 데이터가 생성되는 순간부터 최종 활용되는 순간까지 모든 과정이 올바르게 안전하게 처리되도록 규정하는 정책 및 절차와 같다.

앞에서 언급한 바와 같이, 건설 프로젝트 데이터는 설계도면, 공정표, 내역서, 안전관리계획서 등 수많은 이종 정보화 시스템에 비정형 상태로 파편화되어 생성되고 가공되며 저장된다. 이러한 환경에서 체계적인 거버넌스 없이 데이터를 수집하는 것은 필연적으로 AI 기술 적용에 근본적인 한계를 가져온다. 명확한 관리 기준 없이 수집된 데이터는 곧바로 활용하기 어려울 뿐만 아니라, 그 품질을 신뢰할 수 없기 때문이다. 실제로 건설업 종사자의 30%가 자사 프로젝트 데이터의 절반 이상을 신뢰하기 어렵다고 응답한 연구 결과는 이러한 현실을 입증한다.^[6] 결국 데이터 품질은 AI 전환의 성패와 직결되며, 데이터를 체계적으로 정의·관리·보호하는 데이터 거버넌스의 확립은 건설산업의 AI 전환에 가장 중요한 구성요소이다.

데이터 거버넌스는 단순한 데이터 관리 정책이 아니며, 사람·프로세스·기술이란 세 축을 중심으로 구축되는 전사적 체계이다. 국제 표준 기구인 데이터 관리협회(Data Management Association, 이하 DAMA)의 데이터 관리 지식체계(Data Management Body of Knowledge) 프

레이워크에 따르면, 데이터 거버넌스는 11개 지식 영역의 중심축 역할을 담당한다^[14]. 즉, 거버넌스는 데이터의 소유자·책임자·위원회의 의사결정과 정책 및 책임을 정의하는 핵심 계층이다. 또한, 다른 10개의 지식 영역인 아키텍처·품질·메타데이터·보안 및 기타 등과 연결을 통해 독립적인 운영 역시 지원하는 역할을 담당한다. 이러한 통합적 접근은 데이터 사일로 현상, 중복 투자, 책임 공백 등의 고질적인 문제를 방지하는 장치가 된다.

데이터 거버넌스의 부재는 작게는 수천만 원에서부터 크게는 수조 원에 이르는 규모의 경제적 손실과 치명적인 법적 위험으로 확대될 수 있다. 더욱이 AI 전환 자체를 무력화하고 기술에 대한 회의감을 확산시켜, ‘기술 적용 중단’이라는 극단적인 퇴행으로 이어질 수 있다. 이러한 위기를 성공적으로 극복한 건설 분야 사례가 싱가포르 건설청의 국가 플랫폼 ‘CORENET X’이다. 과거 싱가포르는 8개 규제 기관의 복잡한 승인 절차로 인해 비용 증가와 프로젝트 지연 문제를 겪었으나, CORENET X 도입을 통해 이를 획기적으로 개선했다. 이 플랫폼의 성공 비결은 공통 데이터 환경(CDE) 기반의 단일 워크플로우를 구축하고, 데이터 호환성을 확보하기 위해 표준 활용을 강제화하였다는 점이다. 또한 데이터 품질 검증과 데이터 연속성에 기반한 추적 체계를 마련한 결과, 행정 효율화는 물론 AI 전환의 핵심 자산인 대량의 고품질 데이터를 자연스럽게 확보하는 성과 또한 함께 거두었다.

이러한 성공 모델을 우리 건설산업의 토양에 온전히 안착시키기 위한 최우선 선결 과제가 있다. 바로 범산업 차원의 ‘이해관계자별 데이터

책임 체계’를 확립하고, 이를 공공조달 체계와 강력하게 연계하는 일이다. 데이터 책임 체계는 프로젝트 내 수많은 작업(행)과 참여자의 역할(열)을 교차하여 ‘누가 어떤 데이터에 책임을 지는지’를 한눈에 보여주는 투명한 지도(Map)와 같다. 특히 촘촘한 하도급 구조, 높은 안전 리스크, 까다로운 규제 준수 등 실타래처럼 얽힌 건설 생태계를 고려할 때, 이러한 책임의 명확화는 프로젝트 전체의 데이터를 빈틈없이 통제하는 가장 확실한 관리 도구가 될 수 있다. 이 체계가 본격적으로 작동하면 참여자 각자의 역할과 책임(R&R)이 선명해져, 고질적인 부서 간 칸막이가 허물어지고 치명적인 데이터 누락을 방지하며 유기적이고 강력한 협업을 끌어낼 수 있다. 아래 그림과 같이 프로젝트의 전 생애주기를 관통하며, 참여 주체별 특성에 맞는 ‘네 가지 책임 체계’를 부여한다.

웹 콘텐츠 개발 프로젝트의 데이터 책임 체계 매트릭스 적용 사례^[15]

실행(R) 작업 책임 또는 완료 책임	책임(A) 의사결정, 프로젝트 성공 책임 부여	협업(C) 조인 제공, 완료에 대한 책임 미부여	통보(I) 최신 상태로 유지, 의사결정에 관여하지 않음		
프로젝트	제품 관리자	디자이너	개발자	QA 엔지니어	콘텐츠 관리자
대상과 목표 정의	R	A	I	C	A
웹사이트 프레임 제작	C	I	R	I	A
사이트맵 제작	A	R	C	R	C
디자인 레이아웃	I	C	A	A	I
웹사이트 개발	R	A	I	R	C
기능 테스트	I	R	C	C	R
웹사이트 출시	C	A	I	C	A

자료 : Forbes(2025), What Is A RACI Chart? How This Project Management Tool Can Boost Your Productivity

여기서 핵심은 한 번 규정된 데이터 책임 체계가 박제된 매뉴얼처럼 고정되어 머물러서는 안 된다는 점이다. 이 체계는 프로젝트의 단계별 업무 특성에 발맞춰 유연하게 살아 움직이는 유기체처럼 작동해야 한다. 만약 건설사업 단계의 설계와 시공에 적용하면, 설계단계의 데이터 최종책임자는 발주자이며, 시공단계는 발주자 또는 이를 대리하는 건설사업관리자가 된다. 이들은 각 단계에서 양질의 데이터를 모으는 역할과 책임을 부여받는다. 이처럼 프로젝트 생애주기에 맞춘 유연한 책임의 배분이야말로, 데이터의 근본적인 신뢰성을 담보하는 가장 단단한 근간이 된다.

데이터 거버넌스는 플랫폼과 파이프라인이라는 하드웨어 위에 프로젝트의 안전, 품질, 원가, 법적 책임까지 동시에 통제해 내는 강력한 지능형 컨트롤 타워와 같다. 나아가 이토록 투명하고 명확한 책임 체계가 공공조달 시스템과 완벽하게 연계될 때, 데이터는 단순한 기록을 넘어 계약 이행을 증명하는 가장 투명한 증빙이자, 건설산업 AI 전환을 견인하는 실질적인 동력으로 작용할 수 있다.

건설산업 AX 지원 환경 조성하기

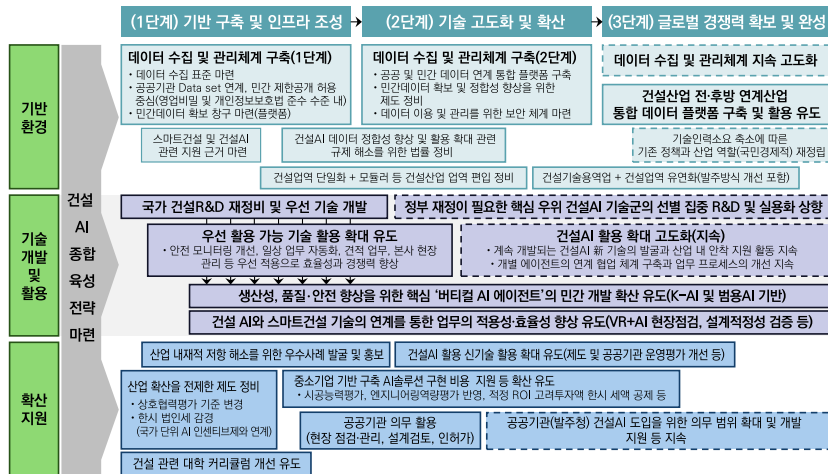


건설 데이터 생태계의 구조적 문제점과 해법을 하나의 실행 가능토록 완성하기 위해서는 지금까지 살펴본 ①법·제도 기반 정비, ②기술 표준 확립, ③민관 합동 거버넌스 구축이란 3대 핵심 전략이 동시에 맞물려야 한다. 정교한 댐(플랫폼)을 쌓고 튼튼한 통로(파이프라인)을 깔아 놓아도, 물을 흘려보내라는 명료한 규칙과 수문을 여닫을 관리자가 없다면 데이터는 영원히 고여 썩을 뿐이다. 본 절에서는 앞서 제시한 기술적·정책적 방향을 구체적 이행 과제로 전환하고, 과제별 해외 입법·제도 사례를 함께 살펴봄으로써 정부와 건설기업이 우리 산업에 적용할 수 있는 실천 경로를 제시하고자 한다.

건설산업 AI 체화를 위한 인프라 구축 전략

현재 AI 기술의 발전 속도와 타 산업의 발 빠른 도입 수준을 고려하면, 이제 건설산업의 AI 전환은 단순한 개선을 넘어 패러다임을 통째로 뒤바꾸는 비약적인 도약이 절실한 시점이다. 하지만 이러한 폭발적인 도약은 결코 우연히 찾아오지 않는다. 치밀하고 단계적인 준비 과정이 층층이 응축될 때 혁신의 임계점을 돌파할 수 있다. 따라서 건설산업의 AI 전환 전략은 탄탄한 단계적 기반을 다지는 동시에 기존의 틀을 과감히 깨부수는 투트랙 혁신을 병행해야 한다.

건설산업 AI 인프라 구축을 위한 3단계 로드맵



이러한 투트랙 혁신을 실현하기 위한 기본 방향은 “데이터 인프라 구축”과 “핵심 영역 및 프로세스의 우선 적용”이다. 그리고 이 거대한 비전은 ① 기반 환경 조성, ② 기술개발 및 활용, ③ 확산지원이라는 세 가지 축을 중심으로 한 3단계 실행 로드맵이 수립되고 추진될 때 현실이 될 수 있다.

1단계 ‘기반 구축 및 인프라 조성’은 건설산업 내 AI가 안착할 수 있도록 데이터 생태계와 제도적 토양을 단단히 다지는 과정과 같다. 이 단계를 성공으로 이끌 기반 환경 및 제도 정비의 핵심은 흩어진 정보의 물길을 하나로 모으는 것이다. 즉, 데이터 수집 표준체계를 확립하여 공공기관의 데이터를 유기적으로 연계하고, 민간의 데이터를 안전하게 끌어안을 수 있는 통합 창구를 마련해야 한다. 기술개발 및 활용 측면에서의 주요 핵심은 선택과 집중이다. 국가 건설 연구개발(R&D) 포트폴리오를 전면 재정비하여 AI 핵심 기술 우선순위를 도출해야 한다. 이를 바탕으로 현장에서 즉시 체감할 수 있는 핵심 영역부터 AI를 선도적으로 적용하여, 초기에 효용성을 명확히 입증해 내는 것이 관건이다. 이러한 신기술이 산업 전반에 스며들기 위해서는 적극적인 지원책이 수반되어야 한다. 또한, 기술 도입에 대한 막연한 심리적 저항감을 해소하고, 선도적으로 나서는 기업들에게 확실한 인센티브를 부여하여 산업 내 자발적인 혁신의 바람을 일으켜야 한다.

2단계 ‘기술 고도화 및 민간 생태계 확산’은 1단계에서 단단하게 다진 인프라를 발판 삼아, 민간이 주도하는 건설 특화 AI 기술이 산업 전반에 폭발적으로 뻗어나가는 비상의 단계이다. 이 도약기를 이끌 핵심 엔

진은 공공과 민간의 데이터를 하나로 엮어내는 통합플랫폼 구축이다. 이 거대한 엔진이 멈춤 없이 돌아가려면, 민간 데이터의 정합성(정확성과 일관성)을 획기적으로 끌어올릴 수 있도록 기존 제도를 정비하고, 누구나 데이터를 믿고 안전하게 쓸 수 있는 철통같은 보안 체계를 반드시 완성해야 한다. 기술개발의 초점은 선택과 집중을 넘어선 초격차 확보에 맞춰진다. 절대적 우위를 점할 수 있는 핵심 기술군을 선별하고 집중적으로 투자하여 상용화 시기를 과감히 앞당겨야 한다. 이는 곧 건설 현장의 가려운 곳을 정확히 긁어줄 ‘현장 맞춤형 버티컬 AI 에이전트’의 폭발적인 민간 개발 붐으로 이어질 것이다. 아울러 기존의 스마트 건설 기술과 AI를 융합하여 현장의 실질적인 업무 효율성을 극대화하는 작업도 놓쳐서는 안된다. 이렇게 지핀 혁신의 불씨가 산업 전반으로 들불처럼 번져나가게 하려면 강력한 정책적 풀무질이 필요하다. 선도적인 공공기관의 AI 활용 의무화를 통해 시장에 확실한 수요를 창출하고, 혁신의 의지는 있으나 자본이 부족한 중소기업에는 AI 도입 비용을 적극 지원하는 등 전방위적인 확산 정책이 나란히 발을 맞춰야 한다.

최종 3단계인 ‘경쟁력 확보 및 산업 융합’은 AI가 건설산업 전반에 내재화되어, 전·후방 산업의 경계를 허물고 글로벌 경쟁력을 확보하는 최종 단계이다. 앞서 1, 2단계에서 다져온 기반을 토대로 데이터 관리 체계는 스스로 진화하는 자율적 고도화 단계에 진입한다. 나아가 자재, 물류, 유지보수 등 건설산업을 둘러싼 전·후방 연계산업의 데이터를 하나로 묶어내는 거대한 초연결 통합 데이터 플랫폼이 본격적으로 가동되어야 한다. 기술의 진화만큼이나 중요한 것은 제도의 유연한 포용이다.

AI 도입으로 인한 기술 인력소요 축소 현상을 위기가 아닌 산업고도화의 기회로 삼을 수 있도록, 건설산업의 거시적 역할과 일자리 구조를 새롭게 정의해야 한다. 또한, 낡은 칸막이에 갇힌 건설기술용역업과 건설업역을 과감히 허물고 유연성을 부여하는 제도적 대혁신이 반드시 동반되어야 한다. 기술개발과 활용의 궁극적인 지향점은 ‘초지능형 다중 에이전트 협업 체계’의 구축이다. 끊임없이 쏟아지는 신기술들이 현장에 부드럽게 안착하도록 지원하고, 수많은 AI 에이전트가 유기적으로 소통하며 프로젝트의 전 생애주기 프로세스를 혁신하는 지능형 협업 생태계를 완성해야 한다. 이 혁신의 생태계가 멈추지 않고 스스로 고도화되려면, 마중물 역할을 했던 공공의 든든한 뒷받침이 끝까지 이어져야 한다. 공공기관의 건설 AI 의무 도입 범위를 전면 확대 및 기술 개발에 대한 지원을 지속하여, 시장이 스스로 굴러갈 수 있는 자생력을 부여해야 한다.

단절된 건설 정보시스템 연계 시범 사업

앞서 살펴본 바와 같이 우리 건설산업에서는 범정부 차원 관련 법률에 근거하여 행정 효율화 및 수집 데이터를 활용한 산업 진흥 목적 달성을 위한 여러 정보화 시스템 설치 근거와 운영기관 지정을 통해 오랜 기간 관련 정보화 시스템을 운용 중이다. 하지만 개별 시스템 간 데이터 연계 및 공유에 관한 고려가 매우 제한적으로만 이루어지고 있어 개별

시스템은 각자의 섬으로 남게 된 상황이다. 이뿐만이 아니라 주요 건설 관련 공기업과 지자체 등도 각자의 필요로 별도의 건설 정보화 시스템이 운영됨에 따라 제한적 범위 내에서만 운용되고 정보 활용의 효율화도 고려되지 못한 것이 현실이다.

이러한 파편화의 한계를 극복하기 위해, 우리는 영국의 「건물안전법 (Building Safety Act, 2022)」이 도입한 ‘골든 스레드(Golden Thread)’ 제도에 주목해야 한다. 이 제도는 향후 우리 건설산업이 데이터 수집과 보관, 그리고 흠어진 정보화 시스템 간의 유기적인 연계 방안을 설계할 때 완벽한 이정표가 되기 때문이다.

영국의 골든 스레드는 단순한 행정 기록 체계가 아니다. 건축물의 설계부터 시공, 유지관리, 그리고 최종 해체에 이르기까지 전 생애주기에 걸친 모든 안전 정보를 단 한 올의 끊어짐 없이 디지털로 기록하고 갱신한다.

또한 엄격한 정보 제공 의무를 부여하고, 관리 주체가 변경될 때도 정보가 누락 없이 이관되도록 강제하고 있다.

英 [건물 안전법]에 따른 생애주기별 정보의 입력·활용 의무 이행 주체와 법적 근거

단계	성격	주요 내용	비고
설계 · 시공	발주자, 주 설계자, 주 시공자	- 정보의 생성·갱신·관리 - 도면, 적합성 선언, 변경 관리 계획·이력, 소방·비상 파일 등 보관 - Gateway 2(허가) Gateway 3(준공) 시 제출	BSA 2022 Part 3, §33, SI 2023(909, 911)
인도 · 준공	책임자(AP), 주 책임자	- 건축허가 신청 시 활용한 전체 정보 및 각종자료 인계 (발주자 → 주 책임자, 책임자) - 자료 : 준공인증서, 소방 안전, 시스템 접근권 등 - 수령자 : 활용 가능한 양식인지 확인	- BSA 2022 §33, §90 - 준공인증서 - 미발급 : 거주 금지 - 위반 : 최대 2년이하 징역
운영 · 거주	책임자 (PAP)	- 건물 안전 위험 평가 (§83) - 위험 관리 (§84) - 안전 사례보고서 작성·갱신 (§85) - 의무 발생 보고시스템 운영 (§87) - 골든 스레드 정보 보관 (§88)·제공 (§89)·이전 (§90)	- BSA 2022 Part 4., §83-90 - SI 2024/41, SI 2023/907

주 : 명령 (Statutory Instruments, SI)
자료 : 영국, [Building Safety Act 2022]

즉, 데이터 생태계가 멈춤 없이 굴러가기 위한 구체적인 운영 요건을 법으로 엮어낸 것이다. 이는 데이터의 끊김이 없는 연계로 다가올 AI 시대의 기술 고도화를 즉각적으로 수용하고 싹 틔울 수 있는 데이터 생태계를 완성해 두었다는 것을 의미한다.

골든 스레드 제도는 디지털 기록을 남기도록 규율하고 있는 선언적 규정이 아니다. 생애주기별 의무 이행 주체를 법률로 사전 지정하고, 정보의 보관·보안·제공·이전 기준을 7개의 하위 법령을 통해 구체적으로 규정하고 있다. 또한 법령 위반 시 형사처벌까지도 부과한다. 안전관리 강화를 위해 마련된 규제와 처벌 규정이지만, 건설 생산과정에서 생성되는 데이터의 관리 방식은 특정 영역에만 활용하는 것이 아니기에 건설 과정에서 다른 목적의 활용에도 충분히 활용할 수 있다. 이는 우리의 법률 체계에 맞춘 제도 설계에 참조할 수 있다. 이때의 고려 대상은 건설사업 단계별 다양한 정보가 모이는 건설사업정보시스템이 효과성과 파급력을 고려할 때 가장 우선하여야 할 것으로 판단되며, 앞서 언급한 단절·표준화 등 통합 저해 요인도 동시에 해결할 수 있을 것으로 예상된다. 구체적인 방안은 다음과 같다.

실행 방안

건설 데이터 상호운용성 확보 규정 신설(「건설기술 진흥법」 제18조 개정)

- 법안 개정을 통해 "국토교통부장관 및 각 정보시스템 운영 주체는 수집된 정보가 타 시스템과 민간에 원활히 연계·활용될 수 있도록 데이터의 기계 판독성을 확보하고, 개방형 데이터 표준을 준수하여야 한다"는 상호운용성 확보 의무 조항을 신설해야 한다. 이는 고립된 시스템을 연결하는 근본적 토대가 된다.
- 이러한 법률 개정은 국토교통부가 수립한 '제6차 건설공사 지원통합정보체계 기본 계획'의 비전인 '2030년 모든 건설사업 정보의 디지털화' 및 'AI 학습 데이터셋 공개율 20% 달성'을 뒷받침하는 강력한 추진 동력이 될 것이다.

정보의 구조화 강제

정부가 우선으로 건설 정보 플랫폼을 구축하기 위해서는 적극적으로 데이터 포맷을 강제하지 않으면 일부 건설 대기업과 변화를 수용하는 일부 건설기업을 제외한 대부분의 산업은 과거의 편의주의(2D 도면 및 단순 PDF 제출)에서 벗어나지 못하거나 개선이 매우 더딜 것이다. 디지털 핸드오버를 정착시키고 비정형 데이터를 AI 친화적인 정형 데이터로 치환하기 위한 행정 규칙 마련이 시급하다. 이에 다음과 같은 세 가지 방안을 우선 제안한다.

실행 방안① : 공공 건설사업 디지털 납품 및 핸드오버 지침 마련

- 기존의 도면 및 서류 위주의 납품 관행을 단절하고, 설계 납품 및 준공 단계에서 반드시 구조화된 설계 정보 데이터를 제공하도록 하는 국토교통부 고시 신설을 추진해야 한다.
- 납품 단계별로 요구되는 정보 요구사항(EIR)과 기계 판독이 가능한 메타데이터 작성 기준을 규정하여 데이터의 품질을 원천적으로 통제해야 한다.

실행 방안② : 한국형 개방형 포맷(가칭 IFC-KR)의 단계적 의무화

- 싱가포르의 IFC-SG¹³⁾ 체계를 벤치마킹하여, 건축 및 시설물 인·허가 기준과 관련 법규 매개변수가 포함된 IFC-KR을 국가 표준으로 채택해야 한다.
- 2027년부터 총사업비 500억 원 이상의 대형 공공공사에 이를 우선 의무화하고, 일정 기간 후 모든 공공사업 및 일정 규모(예: 연면적 5,000m²) 이상 민간사업까지 제출 의무를 확대하는 구체적 로드맵 또한 함께 마련·제시하여 산업의 변화와 이행을 준수를 유도해야 한다.

실행 방안③ : 다부처 통합심의에 공통데이터환경 적용

- 현행 운영되는 인·허가 통합심의 과정에 단일 공통데이터환경(CDE)을 도입함으로써, 방대한 데이터를 중앙집중식으로 관리와 공유하여 정보의 신뢰성 확보 및 실시간 협업 기반을 마련해야 한다.
- 단일 플랫폼을 통한 실시간 소통과 효율적인 합동 검토를 가능하게 하는 투명한 협업 환경을 조성하여, 여러 심의기관이 막힘없이 합동 검토를 수행할 수 있는 스마트 인·허가 시스템을 구축해야 한다.

건설 데이터 거버넌스 확립

우리나라의 경우 현재 과학기술정보통신부 소관으로 「데이터 산업진흥 및 이용촉진에 관한 기본법」이 시행되고 있다. 하지만 전 산업을 포괄하는 선언적 수준의 범용 규정에 불과하다. 도면부터 현장 기록까지 비정형 데이터가 방대하게 생산되고, 수많은 이해관계자가 복잡하게 얽힌 건설산업의 특수성을 온전히 담아내기에는 역부족이다.

공공 계약의 기준이 되는 「(계약예규) 용역계약일반조건」 제35조의2는 계약목적물에 대한 지식재산권은 발주기관과 계약상대자가 공동 소유로 규정하고 있다. 이는 창작자의 권리를 보장하는 것이며, AI 전환에 사용할 데이터의 사용권을 규정하지 않는다. 즉, 현재의 잣대로는 건설 과정에서 생산된 원천 데이터가 누구의 소유인지는 가려낼 수 있다. 하지만 AI 학습이나 다른 목적을 위해 가공하고 활용할 권리가 누구에게 있는지 답할 수 없다. 결국 소유권과 사용권의 충돌이 불가피한 상황에

13) 싱가포르 정부가 건축 인·허가 과정을 전면 디지털화하기 위해 만든 맞춤형 건설 데이터 표준

빠져 있다. 이러한 권리 분쟁을 중재하고 데이터 플랫폼을 멈춤 없이 굴러가게 할 거버넌스의 부재가 우리 건설산업의 AI 전환을 가로막는 본질적인 장애물이다.

앞서 언급한 소유권과 사용권의 충돌을 비롯해, 건설산업 내 얽히고설킨 지식재산권 분쟁, 불투명한 책임 한계, 영업비밀 보호라는 고질적 난제를 해결할 해법이 필요하다. 그 해답의 실마리는 EU의 '디지털 빌딩 로그북 권리 규정¹⁴⁾'에서 찾을 수 있다. 이는 데이터와 연관된 지식재산권을 명확히 하여 권리(소유권) 보유자를 보호하는 동시에 재사용을 보장하는 데이터 공유 모델이다. 책임 한계도 데이터 공급자의 의무와 책임을 정의하고 있으며, 인증된 사용자의 접근을 보장하는 동시에 책임 추적이 가능한 구조를 지향한다. 또한 데이터 공유 의무가 영업비밀 보호를 해치지 않기 위해서 적절한 수준의 보호와 관련 안전장치를 규정하고 있다.

진정한 의미의 거버넌스란 규제 또는 규칙을 만드는 것이 아니다. 그것은 우리 건설산업의 거대한 혈관을 타고 흐르는 데이터 수집부터 공유, 그리고 최종 활용에 이르기까지 단 한 곳의 막힘도 없이 원활하게 순환하도록 튼튼한 물길을 내는 핵심 통제 체계임을 명심해야 한다. 이제 선언적인 구호를 넘어, 우리 건설 생태계의 복잡한 현실에 정확히 들어맞는 실질적이고 강력한 거버넌스 이행 방안을 논의해야 할 시점이다.

산적인 수많은 과제 중에서도, 우리가 가장 먼저 정면 돌파해야 할 최우선

¹⁴⁾ 디지털 빌딩 로그북은 파편화된 건물의 모든 데이터를 하나로 모으고 갱신이 가능한 데이터 플랫폼이며, 모든 EU 회원국은 자국의 실정에 맞는 국가 디지털 빌딩 로그북 시스템을 의무적으로 구축

타깃은 명확하다. 첫째는 얽히고설킨 소유권과 사용권의 딜레마를 명쾌하게 해소하는 것이고, 둘째는 AI 혁신의 재료인 데이터 품질을 담보하는 것이다. 이 두 가지 거대한 허들을 뛰어넘기 위한 구체적인 방안은 다음과 같다.

실행 방안① : 건설공사 데이터 2차 활용에 대한 사용권 구체화

- 건설 프로젝트 준공 후 인도되는 최종 디지털 핸드오버 데이터에 대한 원시 소유권은 지금까지 발주자 또는 건축주에게 귀속됨을 원칙으로 하되, 비식별화하는 것을 전제로 AI 학습용으로 2차 가공하고 활용할 수 있는 권리(사용권)를 법률로 보장해야 한다.
- 소유와 사용의 분리를 안전하게 뒷받침하기 위해서 ① 데이터 유형별 공개 범위와 비공개 요건 명시, ② 플랫폼 운영자의 책임 한계 조항, ③ 건설 데이터 영업비밀 보호 가이드라인 마련 등이 포함되어야 한다.
- 국토교통부가 주도하는 데이터 거버넌스 민관 합동 TF 구성을 통해 여러 시스템 간 법적 연계 체계를 정비하고 건설 데이터 표준화를 위한 로드맵을 신속히 수립해야 한다.
- 이는 기업들이 자신의 버티컬 AI 학습에 활용할 수 있는 근거가 될 뿐만 아니라 자발적으로 고품질 데이터를 시장에 공급할 수 있는 강력하고 확실한 혁신의 인센티브가 된다.

실행 방안② : 건설 데이터 운용 슈퍼바이저(전담기관) 지정 및 권한 부여

- 건설 데이터 거버넌스의 실행력을 높이기 위해 건설 전 생애주기의 데이터 품질 기준을 마련하며, 이의 이행을 통제하고 옴져버빌리티(결함 모니터링)를 관리할 공공 성격의 '데이터 운용 슈퍼바이저' 조직(예: 국가BIM센터 또는 독립적인 건설 데이터 거버넌스 기구)의 설립 또는 위임기관 지정을 추진하여야 한다.
- 이 기구는 건설 데이터 공유에 따른 사업참여자 간의 저작권 및 영업비밀 분쟁을 중재 기구나 법률 분쟁 이전 사전 중재하는 역할을 수행하며, 표준데이터 교환 포맷 체계를 심의·개정하는 권한을 갖는다.

건설 데이터 전용 계약서 의무화

아무리 기술적 인프라가 우수해도 건설공사 참여자들이 생산과정에서 AI 등에 사용하기 위해 생성·가공하는 정보 데이터의 저작권 문제가 명확히 계약 내용으로 구속되지 못해 법적 불안감이 해소되지 않는다면, 데이터 생태계는 작동하지 않을 수밖에 없으며 AX나 RX 전환은 요원한 일일 것이다. 이에 미국건축가협회(AIA)의 E201-2022에 명시된 데이터 사용·공유·활용에 관한 규정과 G203-2022에 데이터 교환·공유체계를 국내 조달 및 계약 체계에 적극적으로 차용해야 한다.

실행 방안①: RACI 기반 건설 디지털 데이터 프로토콜 계약 명문화

- 건설 도급계약 시 특수조건 등으로 계약상대자 간 데이터 관리 권한과 책임 체계(RACI 매트릭스)를 명시하도록 의무화해야 한다.
- 어떠한 주체가 최종 책임을 지고, 누가 데이터 가공 및 실행을 담당할지 계약서상에 투명하게 명시하여 책임 공백으로 인한 손·망실 및 부정확한 데이터 입력 등의 데이터 품질 저하를 방지해야 한다.

실행 방안②: 디지털 건설 데이터 및 BIM 교환 표준계약서 제정

- 정부 및 관련 협회 주도로 원도급자와 하도급자, 발주자와 설계사 간의 상호 면책 조건과 데이터 무단 사용에 관한 보호 조항을 규정한 표준계약서 제정이 필요하다.
- 이 표준계약서에는 사용할 데이터 포맷, 모델의 신뢰 한계, 사이버 보안 요건, 데이터 유출 시의 배상 범위 등이 상세히 포함되어야 한다. 이를 통해 중소 규모의 하도급업체나 설계사들이 원도급자의 부당한 데이터 탈취 요구로부터 보호받고, 안심하고 지식 창고에 데이터를 제공할 수 있는 공정 경쟁의 발판이 마련될 것이다.

정부의 굳건한 정책적 지원과 제도 정비 위에, 규제를 수용하고 혁신에 동참하는 기업들이 참여할 때 혁신이 가능하다. 앞서 제안한 AI 체화를 위한 인프라 구축 전략을 토대로 법률 개정을 통한 건설 데이터 파이프라인 구축, 책임 기반의 디지털 핸드오버 의무화, 상호 신뢰를 담보하는 표준 계약 체계는 파편화된 건설 생태계를 통합하는 강력한 마중물이 될 수 있다.

이렇게 견고한 연대와 협력의 토대 위에서 빚어낸 ‘건설 데이터 생태계’는 우리 건설산업의 경쟁력을 완전히 새로운 차원으로 도약시킬 대체 불가능한 핵심 자산이 될 것이다.

2

정책·제도 방향②

**미룰 수 없는 생산 분절 구조 재편 :
AI 시대에 부합하는 통합체계로의 전환**

AI의 물결 앞에 업역이라는 성벽이 무너진다

미룰 수 없는 생산 분절 구조 재편 :
AI 시대에 부합하는 통합체계로의 전환



앞서 3장에서 살펴보았듯이 인공지능과 로봇이 일상화되는 건설의 미래, 그 혁명적 변화를 위해서는 장기간 고착화된 분절된 건설 생산방식의 전환이 반드시 필요하다. 지금까지 건설업계를 지탱해 온 다단계 도급형 생산 구조는 점차 AI로 촉발된 통합의 시대에서 건설사업 이해관계자에게 외면받는 낡은 시스템이 될 것이기 때문이다. 대신, 로봇과 AI를 자유자재로 다루며 사업을 장악할 수 있는 건설사업자와 곧장 손을 잡는 소위 ‘직거래’ 형태의 도급구조 단순화는 필연적이다.

이때 발주자의 관심은 오로지 하나, 누가 이 AI 시대에서 생성되는 방대한 데이터 현장에 녹여내고, 한 치의 오차도 없는 결과물을 제공할 수 있는지가 된다. 이러한 요구는 건설 생산 과정 전반에 낀 거품이나 불필

요한 중간 단계를 걷어내는 결과를 낳을 것이다. 결국 독보적인 기술력과 실행력을 갖춘 주체가 발주자와 직접 소통하며 현장을 책임지는 ‘다이렉트 시공’의 시대가 열리는 것이다.

그러므로 발주자에게는 더 이상 종합 및 전문건설업, 전기공사업 등과 같은 계약상대자의 법적 지위나 이름표는 본질적인 고려 대상이 아니게 될 것이다. AI 시대에는 계약상대자가 「건설산업기본법」이 규정하는 ‘종합건설사업자’인지 ‘전문건설사업자’인지, 또는 어떠한 면허를 보유하고 있는지가 중요하지 않다는 것이다. 제도가 그간 부여해 온 형식적 자격보다 데이터와 기술이 증명하는 실질적 수행 역량이 우위를 점하게 되기 때문이다.

이처럼 AI라는 거대한 파고는 그간 어떤 변화의 물결에도 요지부동이었던 건설산업에서의 ‘업역’이라는 성벽을 뿌리째 흔들 수밖에 없다. 앞으로는 건설공사의 참여자로서 내가 무엇을 할 수 있는지 데이터로 증명하고, 실력으로 그 가치를 평가받는 시장 - 이것이 바로 우리가 마주할 건설산업의 진정한 혁신이다.

AI 혁명 전야 : 우리가 의심하지 않았던 건설 생산체계의 삼각 편대

우리가 건설업의 생산체계를 논할 때 반드시 등장하는 세 가지 핵심 요소가 있다. 쉽게 비유하자면, 이는 건설이라는 거대한 게임을 지탱하

는 일종의 ‘룰(Rule) 패키지’와 같다. 계속하여 후술할 논의를 제대로 따라오기 위해서는 이들에 대한 명확한 정의가 선행되어야 하므로 그 구체적인 구성을 게임에 비유하여 하나씩 살펴보자.

첫 번째는 업역, 이는 게임에 참여하는 플레이어가 어느 스테이지(Stage)에서 뛸 수 있는지를 결정한다. 이는 건설사업자가 수행할 수 있는 공사의 범위나 시장의 영역을 의미한다. 즉, ‘어떤 종류의 공사에 참여할 권한이 있는가?’를 결정하는 법적 기준이다. 건설공사의 종합적인 계획, 관리 및 조정을 도맡으며 시설물을 완성해 나가는 종합건설업과 시설물의 특정 부분이나 전문 분야를 책임지고 시공하는 전문건설업을 가르는 수직적 질서의 근간이 바로 이 업역에 있다. 결국 업역은 건설 시장이라는 거대한 운동장에서 각 플레이어가 지켜야 할 구역과 역할을 규정하는 가장 기본적인 경계선인 셈이다.

두 번째 요소인 업종, 이는 시장이라는 무대에 오른 플레이어를 무엇이라 부를지 결정하는 이름표와 같다. 각 업역 안에서 공사의 종류나 기술적 특성에 따라 세밀하게 쪼개놓은 법적 분류 단위로, 우리가 흔히 말하는 ‘면허의 종류’가 바로 여기에 해당한다. 현재 여러 공종이 복합된 프로젝트를 총괄하는 종합건설업은 5개 업종으로, 단일 공종을 맡는 전문건설업은 14개 업종으로 세분화되어 있다.¹⁵⁾ 결국 업종이란 플레이어가 어떤 전문 기술을 가졌는지, 그리고 어떤 정체성으로 게임에 임하는지를

¹⁵⁾ 오늘날 전문건설업이 14개 업종체제로 정비되기 이전에는 총 29개 업종으로 보다 세분화된 구조를 가지고 있었으나, 이후 2018년 노·사·정 합의를 통해 발표된 「건설산업 생산구조 혁신 로드맵」 계기로 업종체계의 전면적인 개편 추진. 그 핵심은 종합·전문건설업 간 경직된 업역 구조 해소와 함께 과도하게 세분화된 업종을 통합하는 ‘대업종화’로 요약 가능

증명하는 공식적인 신분증인 셈이다.

종합·전문건설업 등록업종 현황

【과거 건설업 등록업종(~'21)】*

종합공사를 수행하는 업종		전문공사를 수행하는 업종					
토목건축		토공	포장	보령 그라 우팅	실내 건축	금속	지붕
토목	건축	도장	습식 방수	석공	조경 식재	조경 시설물	철근
		비계 해체	상하 수도	철도 레도	강구 조물	철강재 설치	
산업설비	조경	수중	준설	송강기 설치	삭도 설치	기계 설비	가스 시설 1종
		가스 시설 2종	가스 시설 3종	가난방 1종	난방 2종	난방 3종	시설물 유지

* 한행 종합 5종·전문 14종 체계가 적용되기 이전의 등록업종 기준

【현행 건설업 등록업종('22~)】

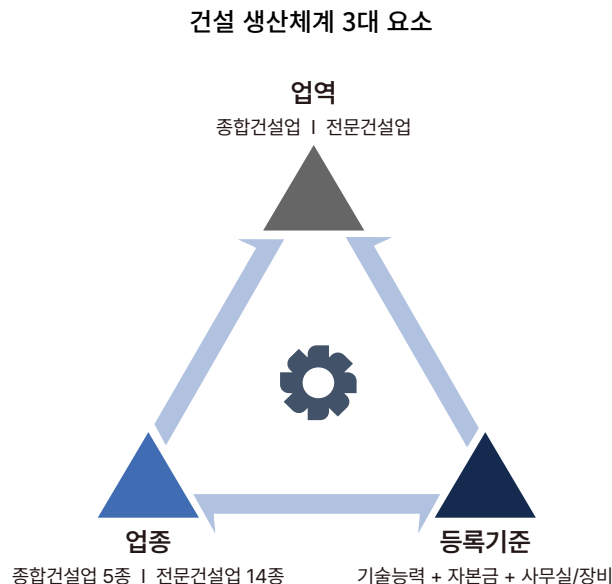
종합공사를 수행하는 업종		전문공사를 수행하는 업종					
토목건축		지반조성포장			실내 건축	금속창호지붕 건축물조립	
토목	건축	도장습식방수석공			조경식재 시설물	철근	
		비계 해체	상하 수도	철도 레도	철강구조물		
산업설비	조경	수중준설		송강기 삭도설치	기계가스설비		
		가스난방			등록 말소		

마지막 요소인 등록기준은 플레이어가 게임에 참여하기 위한 최소한의 자격을 의미한다.¹⁶⁾ 여기에는 플레이어의 경제적 체력을 증명하는 자본금, 실제 경기를 뛸 기술 인력과 건설 장비, 그리고 활동의 근거지가

¹⁶⁾ 우리나라는 본래 엄격한 면허제도를 유지해 왔으나, 1999년부터는 일정 요건만 갖추면 시장에 진입할 수 있는 등록제도로 전환되었기에 현재는 특정 업역이나 업종에서 영업을 시작하기 위해 법이 정한 최소한의 요건(등록기준)의 충족 여부만으로 업 활동 가능

되는 사무실 보유 여부 등이 포함된다. 즉, 등록기준은 건설이라는 거대한 게임장에 들어서기 위해 반드시 손에 쥐어야 하는 가장 기초적인 입장권인 셈이다.

다시금 요약하자면 업종은 면허의 이름표이고, 등록기준은 그 면허를 얻기 위한 입장권이며, 업역은 그 면허로 들어갈 수 있는 운동장의 크기를 말한다. 지금까지는 이 세 가지 요소가 톱니바퀴처럼 맞물려 우리 건설 시장의 질서를 유지해 왔다. 하지만 상술하였듯이 AI라는 새로운 엔진이 도입되는 순간, 이 견고했던 패키지 전체가 통째로 재설계되어야 하는 운명을 맞이한 것이다.



명함뿐인 '종합'과 '전문' 타이틀... AI 시대 원·하청의 종말이 다가온다

오늘날의 건설산업 구조가 처음 설계된 것은 1958년으로 거슬러 올라간다. 한국전쟁 직후, 전후 복구 사업과 군납 공사를 중심으로 건설 수요가 폭발적으로 늘어나던 시기였다. 그러자 너도나도 건설업체라는 간판을 내걸고 시장에 뛰어들었고, 당시 규제도, 체계도 없던 시절이라 우후죽순 난립하는 업체들로 인해 도급 질서는 엉망진창이었다. 정부는 더 이상 방치할 수 없는 이 무질서를 수습하고 산업의 기틀을 바로잡기 위해 강력한 체제 정비에 나섰다. 그렇게 탄생한 것이 바로 국내 건설산업의 뿌리이자 오늘날까지 그 영향력을 미치고 있는 「건설업법」(現「건설산업기본법」)이다.

흥미로운 점은 당시 법이 정의한 건설업의 모습이다. 1958년 당시의 「건설업법」은 지금처럼 복잡한 칸막이가 없었다. 원청이니 하청이니 하는 명칭에 상관없이, 그저 '건설공사의 완성을 책임지는 영업'이라면 모두 건설업으로 불렸다. 어쩌면 우리가 지금 논의하는 통합체계의 원형이 이미 70여 년 전 그 초창기 법령에 이미 완성되어 있던 것이다.

하나 우리 건설산업의 지형을 결정짓는 중대한 분기점이 찾아온 것은 1976년이였다. 당시 음성적으로 퍼져 있던 하도급 관행을 법의 테두리 안으로 끌어들이며, 이른바 '전문화'와 '계열화'를 꾀하기 시작하였기에 그렇다. 당시 정부는 법률 개정을 통해 일반공사업(토목공사업, 건축공사업, 토목건축공사업), 특수공사업(철강재설치공사업 등 5개 공사업), 단

종공사업(목공사업, 토공사업 등 22개 공사업)이라는 세 갈래로 업종을 구분하였다. 여기서 일반공사업이 종합적인 계획과 관리를 맡는 몸통, 단종공사업이 실제 현장에서 손발이 되어 움직이는 전문 조직의 역할을 하였다. 이때 정립된 ‘일반공사업자가 단종공사업자에게 일의 일부를 맡긴다’는 구조는 오늘날 「건설산업기본법」 상의 ‘종합건설사업자(종합)’와 ‘전문건설사업자(전문)’ 간의 하도급 관계로 고스란히 이어졌다. 우리가 현재 목격하는 건설 현장의 수직적 사슬은 이미 반세기 전에 그 법적 뿌리가 완성된 셈이다.

결국 오늘날의 건설공사 도급계약 관계는 전문화와 계열화에 대한 사회적 요구 및 환경, 그리고 과거 당시 건설산업의 발전 철학에 맞춰 면허와 업역, 즉 ‘자격’을 중심으로 구조화된 것이다. 건설사업자가 ‘종합’과 ‘전문’이라는 이름표를 나누게 되었고, 이 이름표는 ‘원도급자’와 ‘하도급자’라는 명목하에 계약서상의 갑을(甲乙) 관계를 결정하는 기준이 되었다.

그러나 AI는 현재 ‘종합’과 ‘전문’건설업체가 수행하던 업무의 내용과 방식에 변화를 불러오고 있다. 그 결과, 이들 사이에 관행처럼 굳어져 온 ‘원도급자’와 ‘하도급자’ 사이의 도급계약에 대한 필요성 또한 약화되는 조짐을 보이고 있다. AI가 몰고 온 변화의 파고는 단순히 기술적 진보를 넘어, 지난 수십 년간 요지부동이었던 건설산업의 지배 구조 자체를 뒤흔들고 있는 것이다.

먼저 AI 시대의 서막에서 가장 먼저 들여다볼 대목은 종합과 전문건설업체, 이 두 주체의 업무 수행 방식이 어떻게 재편되고 있는가 하는

점이다. 우선 종합건설업체에게 AI는 ‘지능형 보좌관’과도 같다. 과거 관리자의 직관과 경험에 의존했던 자원 배분, 공정 최적화, 안전·보험 및 품질 관련 리스크 감지는 이제 정교한 AI 알고리즘의 몫이고 그 역할이 더 확대될 것이다.^{[17][18][19]} 이는 현장 관리자와 본사 기술인의 자리를 뺏는 것이 아니라, 그들이 시스템 통합자로서 더 가치 있는 의사결정에 집중할 수 있는 환경을 선사한다.

AI의 활약은 전문건설업체의 영역에서도 빛을 발한다. 로봇 기술은 이제 단순 노무를 넘어 숙련공의 기술을 디지털로 복제한 ‘퍼스트 어시스턴트(First assistant)’로 거듭나고 있다. 고난도의 천장 타공부터 정밀한 철근 결속, 자동 용접, 그리고 실내의 도장이나 콘크리트 마감에 이르기까지, 로봇은 인력 부족 문제를 해결함과 동시에 현장의 안전과 품질을 상향 평준화하는 강력한 도구가 될 것이다.^{[20][21][22]}

이러한 변화는 궁극적으로 종합건설업의 ‘계획·관리·조정’과 전문건설업의 ‘직접시공’이라는 이분법적 틀을 허물 것이다. 종합건설업은 건설 로봇이라는 강력한 무기를 얻어 현장 실무와 직접 시공에 더 깊숙이 관여하며 전문성을 강화하고, 전문건설업은 AI 솔루션을 통해 매니지먼트 파워를 갖추어 나간다. 서로의 기술적 공백을 채우며 더 넓은 영역으로 나아가는 것, 이것이 우리가 앞으로 목격할 수 있는 가장 긍정적인 진화의 모습이다.

이때 한 가지 질문을 해보자. 이러한 미래가 점쳐진 시점에 과연 우리는 ‘종합’과 ‘전문’이라는 역할을 법적으로 구분할 필요가 있을까? 이토록 완벽한 기술 융합이 구현되어 각 주체가 미래 건설에 필요한 모든

역량을 내재화한다면, 과연 ‘종합’과 ‘전문’이라는 법적 울타리가 무슨 의미가 있겠는가? 미래의 건설 현장에서 70년 전의 낡은 계급장을 유지해야 할 이유는 그 어디에서도 찾을 수 없다.

그런데 장밋빛 낙관론을 걷어내고 차가운 시장의 논리로만 따져봐도 결론은 같다. ‘이상’이 아닌 ‘현실’의 영역에서 종합과 전문건설업체가 취하게 될 포지셔닝의 변화를 직시해 보자. 단적인 예로, 특정 공종에서 독보적인 자동화 건설 로봇 기술이나 AI 알고리즘을 선점한 전문건설업체는 더 이상 원·하도급이라는 종속 관계에 얽매일 필요가 없다. 오히려 종합건설업체가 이들의 첨단기술을 빌려 쓰기 위해 노력하는 갑을 관계의 역전 현상이 벌어지거나, 뛰어난 기술력을 갖춘 전문건설업체가 발주자와 직접 계약하며 시장의 전면에 나서는 사례(전문 공종의 분리발주 또는 지명하도급제도 등)가 보편화될 것이다.

AI로 인한 변화는 오늘날의 종합건설업체에게도 새로운 선택을 강요한다. 핵심 공종의 건설 로봇을 보유 또는 임대함으로써 직접 시공을 수행하며, 그 과정에서 발생하는 데이터를 스스로 관리하고자 하는 열망이 커질 수밖에 없기 때문이다. 기존처럼 하도급업체가 본인들의 로봇을 가져와서 시공(조립)을 전담하면 그 과정에서 발생하는 핵심 데이터는 모두 하도급업체의 서버로 흘러 들어간다. 원도급자로서는 똑똑하고 생산성이 뛰어난 건설 로봇이 탄생했다는 결과만 알 수 있을 뿐, 로봇이 어떻게 학습하고 똑똑해지는지 알 길이 없기에 해당 전문건설사업자에 대한 종속만이 증대될 것이고 이를 반길 원도급자는 없다. 결국 AI 시대의 원도급자가 현장 관리라는 명분만 유지한 채 직접 시공을 포기한

다면, 로봇의 몸체(하드웨어)는 물론이고 뇌(데이터)에 접근할 권리조차 상실하게 된다. 그러므로 결국 데이터를 장악하는 자가 미래 건설의 주도권을 쥔다는 사실을 깨달은 종합건설업체는 자연스럽게 AI와 건설 로봇의 직영 운용을 통한 직접 시공의 비중을 높이는 방향으로 선회하게 된다. 특히 작업과 관리의 표준화가 용이한 핵심 공종을 직접 시공하고, 특수 기술이 필요한 공종이나 소량 공종은 선별적으로 외주화하는 방식이 이루어질 것이다.

결국 미래 건설 시장의 승부처는 기술력을 선점한 전문건설업체의 협상력, 그리고 직접 시공과 시스템 통합 능력을 갖춘 종합건설업체의 역량이 충돌하는 지점에서 결정될 것이다. 이 두 동력이 맞물리며 일어나는 변화가 앞으로 산업 전체의 체질을 근본에서부터 바꾸게 되는 것이다. 이 가혹한 전환기 속에서 모든 주체가 각자의 무기를 갈고 닦아 생존에 성공한다면 앞서 그려 온 장밋빛 미래가 실현될 것이다. 하지만 충분한 자본과 기술적 기반을 확보하지 못한 기업들—특히 관성적인 하도급 관리에 안주한 종합건설업체나 여전히 인력 중심의 노무 관리에 머무르는 전문건설업체—는 결국 이 거대한 전환의 파고를 넘지 못하고 시장에서 퇴출될 것이다. 무엇보다 어떠한 변화의 바람이 불어오든, 결국 AI 시대의 핵심 역량을 쥔 자들이 계약의 정점에 서서 ‘종합’이나 ‘전문’의 구분에 구애받지 않고 ‘원도급자(Prime contractor)’의 역할을 수행하는 새로운 질서가 형성될 것이다.

건설산업에 AI가 확산하는 시대 또 다른 변화의 모습도 그려볼 수 있다. 그간 건설산업은 완성된 결과물에 가치를 두는 도급계약을 중심으로

로 작동해 왔다. 이에 종합과 전문건설업체 간에도 일정한 성과물이 완성되면 대가를 지급하는 방식이 자연스러운 질서였다. 그러나 AI가 일상화된 환경에서는 결과물의 품질을 담보하는 ‘과정’의 신뢰성 또한 중요한 가치로 부상할 것이다. 건설 생산 과정 중에 데이터의 정확성, 알고리즘의 정교함, 장비 운용의 안정성이 축적되어야 비로소 높은 완성도가 확보되기 때문이다.

이처럼 데이터와 지속적 운영 역량이 경쟁력이 되는 새로운 건설 환경에서 일회성 하도급 계약보다는 장기간에 걸쳐 함께 생산 방식을 고도화하는 파트너십 구축은 필수 불가결이다. 필요에 따라 과업을 유연하게 발주하면서도 상호 신뢰를 바탕으로 발주자와 시공자 간, 원도급과 하도급 간 장기 협력을 지속하는 IDIQ(Indefinite Delivery, Indefinite Quantity) 계약¹⁷⁾ 모델이 건설공사 원·하도급 관계에서 강력한 대안으로 떠오를 수 있다. 이제 계약서는 도급액과 공사 기간을 적는 종이를 넘어, 서로의 알고리즘을 신뢰하고 데이터를 공유하겠다는 약속의 증표가 될 것이다.

AI와 로봇이 관리와 시공의 경계를 허물고, 수직적 위계질서가 소멸하는 미래에는 지금까지 살펴본 바와 같이 종합과 전문의 철옹성은 무너질 수밖에 없다. 기술이 융합되어 하나로 흐르는데, 법만 여전히 칸막이를 유지할 수 없기 때문이다. 결국 우리는 이 복잡한 이름표들을 떼어

내고, 원청이니 하청이니 하는 명칭에 상관없이 그저 ‘건설공사’와 ‘건설업’이라는 본질적인 단어만 남겨둘 것이며, 가장 단순했던 시절의 정의로 회귀하게 될 것이다.

‘종합’과 ‘전문’의 경계가 사라진 자리, ‘건설사업자’만 남는다

지금까지의 내용을 종합하면 하나의 명확한 결론에 도달한다. 반복되는 얘기지만, 지난 70여 년간 대한민국 건설 현장을 공고하게 지배해 온 ‘종합’과 ‘전문’이라는 계급장이 이제 그 유효수명을 다했다는 사실이다. 우리 건설 생산체계의 근간이었던 수직적 도급계약 구조가 사라진다는 것은 그 위계질서를 지탱하던 건설 업역과 업종체계의 장벽 또한 무너짐을 의미한다.

머지않아 시장에는 ‘종합’건설사업자도 ‘전문’건설사업자도 아닌, 단 하나의 이름인 ‘건설사업자’만이 남게 될 것이다. 그렇기 때문에 우리는 5개의 종합건설업종과 14개의 전문건설업종으로 갈기갈기 흩어져 있던 19개의 파편을 다시 테이블 위에 펼쳐놓아야 한다. AI와 건설 로봇의 활용이 자연스러운 근 미래에는 이러한 물리적 구분은 더 이상 산업의 전문성을 보장하지 않을 것이기 때문이다. 오히려 기술 진보를 가로막는 치명적인 장애물일 뿐이다. 이에 낡은 조각들을 수집해서 이를 기반으로 미래를 향한 새로운 설계도를 그려야 할 때이다.

¹⁷⁾ 구체적인 물량이나 납품 시점을 미리 확정하지 않고 일정 기간 동안 필요한 만큼 발주할 수 있도록 체결하는 장기 프레임워크 계약. IDIQ 계약구조를 활용한 대표적 조달 방식으로는 (1) 사전에 설정된 단가표 (Unit Price Book)를 기반으로 시설 유지보수 등 소규모 공사를 반복적으로 발주하는 JOC(Job Order Contract), (2) 계약 기간 동안 발생하는 개별 업무를 작업지시서 (Task Order)를 통해 순차적으로 발주하는 TOC(Task Order Contract), (3) 동일한 업무 범위에 대해 복수의 계약자와 기본 계약을 체결한 뒤 개별 작업마다 경쟁을 통해 Task Order를 발주하는 MATOC(Multiple Award Task-Order Contract) 등이 해당

사실 이는 갑작스러운 변화라고 할 수는 없다. 지난 2018년, 노사정이 업역 규제 폐지 등 생산 구조 혁신 로드맵에 대한 합의를 보았던 당시에 2030년까지 실행하기로 약속했던 ‘건설업종 단일화’의 연장선이라고도 볼 수 있다. 지금까지는 이것이 정부 주도의 인위적인 시장 조정처럼 여겨지고 이해관계가 충돌해 정책 추진이 어려웠던 현실적 문제가 있었지만, 산업 내 AI 생태계 변화 방향 속에서 이 변화는 자연 발생적인 진화에 가깝다. AI 활용 극대화를 위해 분절된 계약 구조를 통합해야 하며, 알고리즘이 상당 수준 대체하는 미래 건설 환경에서 구시대적 칸막이식 업역 구조는 오히려 생산성을 가로막는 치명적인 ‘버그’가 될 뿐이다.

먼저 보다 구체적으로 종합건설업의 관점에서 살펴보자. 현재 업종이 토목, 건축, 플랜트, 조경과 같이 물리적 공종을 기준으로 쪼개져 있기에 건설공사 관련 데이터 역시 업종과 계약 단위로 나뉘어 축적될 수밖에 없다. 표준조차 제각각인 이 데이터들은 아무리 표준 DB 체계가 마련되고, 온톨로지와 지식그래프 등이 충분히 구현되더라도 개별 기업이 자신의 경쟁력 향상을 위해 별도 구축·운용하는 버티컬 AI 입장에서 보면 통합 학습과 제어가 불가능한 수많은 파편에 불과하다. 데이터는 흐를수록 강력해지는데, 지금의 체계는 그 흐름을 인위적으로 끊어놓고 있다.

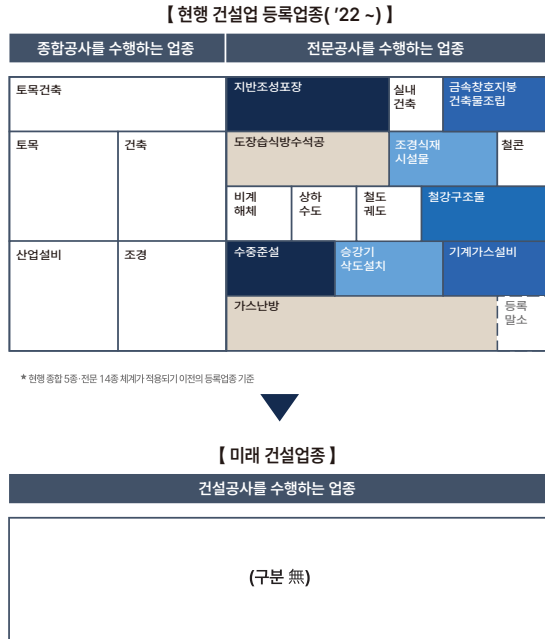
전문건설업 역시 마찬가지다. 현대의 건축물에서 전기, 기계, 통신은 서로 강하게 결합되어 하나의 유기적인 시스템으로 움직인다. 하지만 현행 업종체계는 AI가 파악하려는 ‘시스템 단위’의 데이터, 그리고 사람이 정해놓은 ‘공종 단위’의 관리 사이에서 심각한 구조적 엇박자를 만들어낼 수밖에 없다. AI가 보려는 또는 보아야만 하는 전체 그림을 제도가

강제로 조각내고 있는 셈이다.

앞서 살펴본 바와 같이 이제 AI는 현장에서의 ‘계획(머리)’과 ‘시공(몸통)’ 사이의 해묵은 간극을 실시간으로 메우고 있다. 이러한 환경 변화는 특정 공종에 특화된 로봇 기술과 AI 관리 역량을 가진 건설사업자가 스스로 프로젝트 전체를 이끄는 기술 주도형 건설사업자의 탄생을 예고한다. 그렇기에 앞으로 건설업종은 ‘무엇을 만드느냐’라는 결과물이 아니라, AI 시대에 ‘어떤 기술 플랫폼을 보유했느냐’라는 경쟁력의 실체에 의해 재정의될 것이다.

결국 지금의 19개 세부 업종 중심의 낡은 그릇으로는 거대한 기술의 흐름을 담아낼 수 없다. 생산체계의 패러다임이 AI와 스마트 건설 중심으로 이동하는 순간, 현재의 세밀한 업종 구분은 그 설명력을 완전히 잃게 될 것이다. 이제는 업종을 하나로 묶어 그릇의 크기 자체를 키우는 근본적인 혁신이 필요하다. 「건설산업기본법 시행령」 [별표 1]에서 제시하고 있는 건설 업역·업종 구분은 근 미래에 통째로 사라질 것이다. 그간 산업을 조각내어 관리하던 ‘칸막이의 명단’이 사라진 자리에는, 기술의 융합을 마음껏 담아낼 수 있는 거대한 통합의 그릇이 들어셔야 한다.

미래 건설업 등록업종 구분

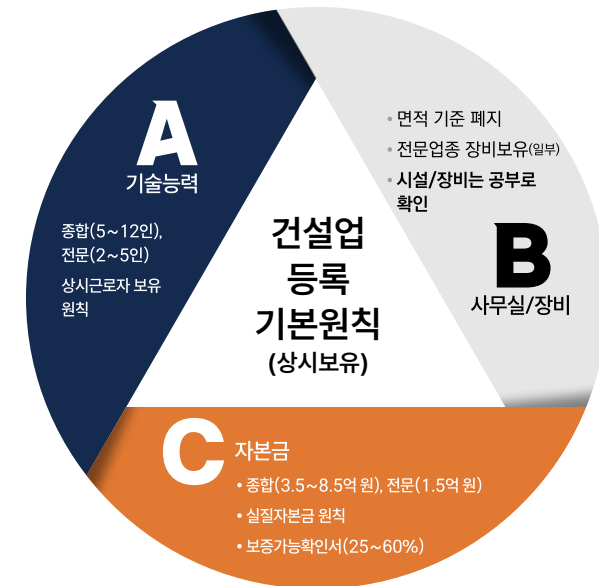


살아남을 수 있는 생존의 기술은?

이제 업역과 업종체계가 뒤틀린 다음 남는 것은 시장의 입구라고 할 수 있는 등록 기준과 진입장벽이다. 기존 등록 기준은 「건설산업기본법 시행령」 [별표 2]에 따라 일정 금액 이상의 자본금과 법이 정한 인원수의 기술자(자격증 소지자)를 보유하는 것, 그리고 일부 경우 사무실과 장비 보유 여부에 초점이 맞춰져 있다. 그러나 미래의 등록 기준은 기업

의 ‘디지털 체력’을 함께 묻게 될 것이며, 이것이 업계에서 살아남기 위한 생존 기준으로 작용할 것이다.

현행 건설업 등록기준 기본 원칙



구체적으로 지금까지 우리 건설산업의 문턱을 지켜온 법인 자본금 기준은 종합건설업 3.5억~8.5억 원과 전문건설업 1.5억 원 수준이었다. 기업의 시장 건전성을 측정하는 이 지표는 단일 업역과 업종으로의 통합에 발맞춰 필연적으로 하나로 합쳐질 것이다.

자본금 체계의 변화는 크게 두 가지 방향으로 전개될 것으로 보인다. 우선 시장의 무질서를 막기 위해 진입장벽 자체를 종합건설업의 평균 수준으로 높이는 방식이 있고, 반대로 수치상의 문턱을 최저 수준으로

낮추되 실질적인 ‘리스크 담보 능력’을 훨씬 까다롭게 검증하는 방식이다. 후자의 경우, 단순히 통장에 찍힌 숫자를 확인하던 형식적인 잔고 증명에서 벗어나 보증기관의 평가 비중을 대폭 높이게 된다.

특히 AI 시스템이나 시공 로봇 같은 고가의 하드웨어 자산을 보유했다면 이를 실질적인 자본으로 인정해 주는 인프라 중심의 자산 평가 체계도 도입될 수 있다. 이후 장기적으로는 단순한 현금 보유량을 넘어서 기업이 AI와 로봇에 얼마나 투자하고 있는지, 그리고 R&D를 통해 어떤 혁신 역량을 축적했는지 등이 미래의 그 기업의 진짜 자격을 결정짓는 새로운 척도가 될 것이다. 비록 지금은 대기업을 중심으로 AI 활용 사례가 보도되고 있으나, 머지않아 AI는 현장의 규모와 관계없이 건설 생산의 모든 실패점에 스며들어 거부할 수 없는 ‘기본값(Default)’으로 자리잡을 것이기 때문이다.

한편, 현재 우리나라 건설업 등록의 또 다른 문턱인 기술인력 기준은 사람의 머릿수를 채우는 데 초점이 맞춰져 있다. 종합건설업은 5~12인, 전문건설업은 공종에 따라 2~5인 이상의 기술인력을 확보해야만 영업을 위한 입장권을 얻을 수 있다. 하지만 AI가 현장의 뇌와 근육을 대신할 시대에는 자격증의 개수보다 ‘데이터 사이언스 역량을 갖춘 엔지니어’와 ‘로봇 운용 숙련도’ 등이 기업의 실력을 가르는 척도가 될 것이다.

이러한 변화의 물결 속에서 기술 인력에 대한 의무 규정은 크게 세 가지 시나리오를 통해 재편될 수 있다. 우선 단기적으로는 현재의 업종별 전문 분야와 기술 등급(초·중·고급) 체계를 유지하면서, 기존 틀 안에서 인력 요건을 충족시키는 방식이다. 이후 두 번째로는 시대의 요구에

맞추어 로봇 운용이나 데이터 관리와 같은 새로운 자격 및 기술 등급 등이 등록 기준에 반영되는 모습으로 진화할 수 있을 것이다. 그리고 마지막은 기업이 몇 명을 고용했는지 묻지 않는 파격적인 규제 완화가 이루어질 수 있다. 이는 단일 업종체계를 두고 자본금¹⁸⁾ 외 법인 설립에 따른 기술인력 고용이나 기술자 수, 경험이나 실적, 시험 등의 의무 규제가 부재한 독일의 경우와 유사한 형태이다. AI 시대 숙련된 인재 중심의 슬림한 조직이 표준이 되는 시대적 흐름을 반영하는 것이다.

만약 세 번째 시나리오처럼 기술인력 보유에 대한 의무 규정을 없앤다면 시장의 질서를 유지할 강력한 대체 장치가 필요하다. 기존의 족쇄를 풀어주는 것은 혁신의 시작이지만, 아무런 대책 없이 문턱만 낮추는 것은 건설 시장을 무자격자의 난장으로 만드는 위험한 도박이 될 수 있기 때문이다. 이에 우리는 기업의 진짜 실력을 정확히 가려낼 수 있는 ‘조정밀 실적 분류 체계’를 구축해야 한다. 이 정교한 시스템 설계의 힌트를 얻기 위해 잠깐 해외로 시선을 돌려보자.

앞서 언급한 독일을 지나, 우리가 멈춰서야 할 다음 정거장은 영국이다. 한국이 ‘등록제’, 일본이 ‘허가제(可制度)’, 미국 캘리포니아주가 ‘면허제’를 통해 건설 시장 진입을 통제한다면, 영국은 사실상 ‘자율제’에 가깝다. 법적으로 업역을 제한하거나 국가 공인 면허를 강요하지 않기 때문이다. 하지만, 이 자율이 완전한 방임을 의미하지 않는다. 영국은

18) 법인 형태에 따라 최소 자본금 요건이 존재하지만, 이는 건설 부문에 한정된 규제가 아니라 일반 회사법(예: GmbHG, AktG)에 따른 규정 적용. 예를 들어 독일에서 가장 일반적인 중소기업 법인 형태인 GmbH(유한책임회사)는 최소 자본금이 25,000 유로이며, 대기업 또는 상장기업 형태인 AG(주식회사)는 50,000 유로의 최소 자본금 요건이 적용

입찰 전 사전자격심사 표준인 CAS(Common Assessment Standard)를 수립하고, Constructionline이라는 일종의 온라인 DB를 통해 입찰참가자의 과거 유사 프로젝트 경험, 발주처 레퍼런스 등을 관리한다. 특히 건설사업자가 수행할 수 있는 건설공사(Work Category)를 지독할 정도로 세분화하였는데, 8개 대분류(Main Sector), 60개 중분류(Sector), 그리고 무려 834개 소분류(Category)로 쪼개었다. 그리고 이들 중 특정 공종(예: 전기 설치 등)은 전문 단체(예. ECA¹⁹⁾, NICEIC²⁰⁾ 등) 가입을 필수화해 사실상의 영업 범위를 일부 통제한다.

英 Constructionline에 따른 건설공사 공종 분류(Work Category)

대분류(Main Sector)	소분류(Category) 수	대분류(Main Sector)	소분류(Category) 수
건축물 마감 (Building Finishes)	212	인프라 (Infrastructure)	14
건축물 마감 (Building Finishes)	67	자재 (Material)	2
토목 (Civil Engineering)	172	기계 (Mechanical)	170
전기 (Electrical)	69	기타 서비스 (Other Services)	128

영국의 사례를 소개한 이유는 무작정 벤치마킹하자고 주장하기 위함이 아니다. 특히 공사실적이라는 건 입·낙찰 제도와 실타래처럼 엉켜 있어, 하나를 건드리면 줄줄이 떨어져 나오는 고민거리가 한둘이 아니기 때문이다. 다만 우리가 영국의 Constructionline에서 참고해야 할 본질이 있다면, 해당국에서 건설업 면허 체계가 거의 자율제로 운영되는 시

¹⁹⁾ Electrical Contractors' Association, 영국 전기공사협회

²⁰⁾ National Inspection Council for Electrical Installation Contracting, 국립 전기 설치 계약 검사 위원회

점에서 법령이 아닌 민간의 사전심사·등록 플랫폼인 만큼 고정된 틀에 안주하지 않는다는 점이다. 영국의 사전자격심사 표준인 CAS와 공통 조달 분류 체계인 CPV²¹⁾라는 견고한 프레임워크를 뼈대로 삼되, 그 안의 세부 내용들은 시장의 미세한 흐름과 정부의 정책 변화를 반영할 수 있도록 유연하게 설계되었다.

고정된 틀에 안주하지 않는 유연함이야말로 우리가 AI 시대를 대비하며 가져야 할 가장 강력한 무기이지 않은가? 우리 건설산업의 생산체계가 근본적으로 뒤흔들리는 지금, 건설사업자들이 쏟아부은 기술적 노력이 사장되지 않도록 어떻게 하면 그들의 진짜 실력을 제대로 인정해 줄 수 있을지 밑그림을 새로 그려야 한다. 특히 모듈러 건축이나 AI 기반의 신공법처럼 기존의 낡은 잣대로는 측정조차 불가능한 영역들을 위해, 철저히 기술 중심의 실적 체계가 구축되어야 한다. 단순히 ‘얼마짜리 공사를 했는가?’가 아니라 ‘어떤 혁신 기술을 적용했는가?’를 기록하고, 이렇게 정밀해진 체계하에 축적된 데이터는 조달청의 사전자격심사(PQ)와 입·낙찰 제도에 즉각 동기화되어야 한다. 이는 숫자만 채운 업체가 아닌, 진짜 그 일을 해본 업체를 찾아내는 강력한 도구가 될 것이다.

이에 과거에는 면허증에 적힌 사람의 숫자가 기업의 신뢰를 대신했다면, 앞으로는 그 기업이 실제 현장에서 어떤 데이터를 쌓았고 어떤 정교한 실적을 냈는지를 영국의 경우와 같이 현미경처럼 들여다봐야 한다. 사람에 대한 규제를 푸는 대신, 기업이 과거에 수행한 공사의 품질과 데

²¹⁾ Common Procurement Vocabulary, 일종의 코드 형태의 EU 공공조달용 표준 분류 체계

이터 로그(Log)를 세분화하여 시장 진입의 새로운 장벽이자 등급으로 삼아야 한다는 뜻이다. 점차 모든 현장에 인공지능이 스며들 것임을 고려하면 이를 DB화하여 자신의 관리 역량을 상향하였는지를 판별할 수 있는 실적 중심의 질서는 선택이 아닌 필연이 될 것이다(물론 현재와 같이 건설업 등록 기준이 아닌 조달 과정에서의 잣대 강화를 고려할 수도 있다).

물론 이 거대한 전환의 과정은 결코 아름답지만은 않을 것이다. 최근 건설업 폐업이 등록을 앞지르는 작금의 현실은 단순한 경기 불황의 신호로만 그치지 않을 것이기 때문이다.^[24] AI라는 거대한 파도에 편승하지 못한 기업들이 시장에서 배제되는 ‘체질 개선’의 고통이 예견되어 있다. 현존하는 건설기업의 상당수가 이 거름망을 통과하지 못할 것이며, 결국 등록업체의 숫자와 분포는 우리가 상상해 본 적 없는 형태로 썩다 바뀔 것이다. 데이터에 대한 깊은 집념과 독보적인 기술력을 보유한, 이른바 ‘디지털 장인 정신’을 가진 자들만 살아남는 세상이 될 것이다.

하나의 집을 짓는 데 하나의 계약서면 충분하다

미룰 수 없는 생산 분절 구조 재편:
AI 시대에 부합하는 통합체계로의 전환



나만의 드림 하우스를 짓겠다고 결심한 순간, 우리는 설레는 마음으로 그 과정을 시작한다. 하지만 곧 깨닫게 된다. 집 한 채를 올리는 데 얼마나 많은 도장과 서류가 필요한지를 말이다. 지금 우리는 하나의 집을 짓기 위해 대체 몇 개의 계약서를 쓰고 있는 것일까?

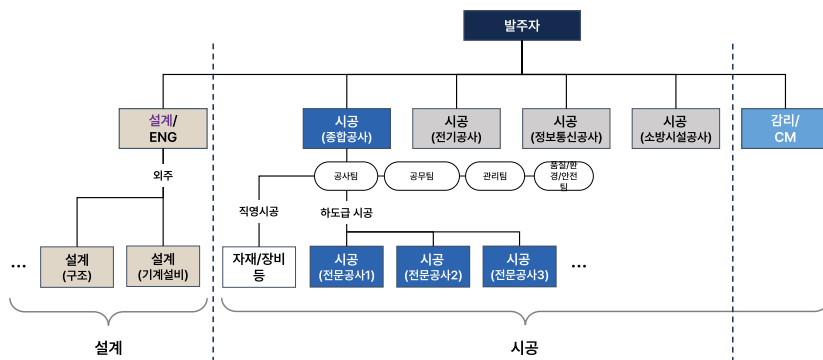
물론 집을 건축하는 과정은 굉장히 세분화되어 있고, 공정마다 각기 다른 전문가가 필요한 것은 사실이다. 하지만 지금의 시스템은 지나치게 파편화되어 있다. 기본적으로 내 꿈을 종이 위에 그림(2D)으로 그려 시각화해 보여주는 사람, 그 그림을 바탕으로 실제 집(3D)을 만들어 내 앞에 제공하는 사람이 완전히 따로 놀며 이는 법으로 강제화되어 있다. 그러다 보니 문제가 생기면 서로 네 탓이다 공방이 벌어지는 것이 아닌가?

집주인이 왜 설계도대로 만들지 못하냐고 따지면 시공자는 “그린 사람이 잘못 그린 것”이라 탓하고, 설계자는 “시공자가 실력이 없는 것”이라 맞받아친다. 이 사이에서 정작 돈을 낸 건축주의 속만 타들어 간다.

여기에 시공 단계의 생산 과정까지 쪼개지면서 상황은 더 복잡해진다. 현행 제도상 발주자는 전기, 정보통신, 소방시설 공사를 일일이 따로 떼어 시공자를 찾아야 하기 때문이다.²²⁾ A 공정은 이 업체에, B 공정은 저 업체에 맡기고, 다시 C 공정을 책임져 줄 사람을 찾아 또다시 계약서를 들고 나서야 하는 과정은 참으로 번거롭기 짝이 없다.

현재 우리나라 건설업 앞에는 거대한 ‘십자(十)형 장벽’이 놓여 있는 것이나 다름없다. 단순히 위아래로 쪼개진 수직적인 도급계약만 문제가 되는 것이 아니다.

건설 프로젝트의 설계-시공 단계 생산체계



22) 「건설산업기본법」 제 2조에 따르면 전기, 정보통신, 소방시설 및 국가유산수리 공사는 건설공사의 범위에 포함되지 않는 별도의 영역으로 규정되며, 이들 중 국가유산수리 공사를 제외한 전기, 정보통신 및 소방시설공사는 개별 법률(「전기공사법」 제 11조, 「정보통신공사법」 제 25조, 「소방시설공사법」 제 21조)에 따라 건설공사와 분리된 형태로 발주하는 것이 원칙

집을 짓는 전 과정을 단계별로 잘게 쪼개놓은 수평적 장벽 또한 견고하다. 설계와 시공을 한 몸처럼 묶어서 할 수 없게 막아놓은 겸업 제한 규제가 그렇고, 건설공사 발주 시 소방, 전기, 정보통신 공사를 각각 별도의 계약으로 발주하도록 의무화한 분리발주 제도까지 하나의 단계 안에도 수많은 ‘십자가’가 새겨져 있는 셈이다.

하지만 인공지능(AI)이 주도하는 미래 건설 환경에서 이러한 파편화된 구조는 치명적인 약점이 된다. AI가 현장을 제어하고 관리하려면 건설의 전 과정을 하나의 유기체로 인식해야 하기 때문이다. 데이터가 막힘없이 흐르려면 설계라는 머리와 시공이라는 몸통, 그리고 전기·소방이라는 팔다리가 유기적으로 연결되어 있어야 한다.

결국 수직과 수평의 칸막이를 동시에 허물어야만 AI가 건설 현장을 하나의 살아있는 생명체처럼 다루고 통제할 수 있다. 집 한 채를 짓기 위해 단 하나의 계약서면 충분한 건설 환경, 그것이 데이터가 흐르는 효율적인 건설산업으로 가는 첫걸음이다.

그린 사람(Designer)과 만드는 사람(Builder), 언제까지 따로 살 것인가?

현재 우리나라에서 설계와 시공을 한 회사가 동시에 맡는 ‘겸업’은 원칙적으로 금지되어 있다.²³⁾ 설계를 하는 사람(Designer)과 집을 짓는 사람

23) 현행 「건축사법」 제 23조(건축사사무소개설신고 등)에 따르면 건축사가 개설한 건축사사무소만이 건축설계업을 영위할 수 있는 것으로 해석되어 건축물 설계에 관한 권한이 오롯이 건축사가 대표자로 있는 업체에만 부여

(Builder)이 서로를 엄격히 감시하고 견제해야 부실 공사를 막을 수 있다는 취지이다. 더불어 각자의 전문 영역을 보호하겠다는 목적도 크다.^[25]

이러한 겸업 제한 제도는 설계 업계와 시공 업계 사이의 첨예한 이해관계 속에서 여전히 견고한 벽으로 남아 있다.^[24] 주무 부처인 국토교통부 역시 소관부서와 이에 따른 관련 법률이 상이하게 얹혀 있는 이유 등으로 설계와 시공, 그리고 감리가 각자의 위치에서 삼각 편대를 이루어 서로를 견제하는 시스템이 산업 발전에 더 긍정적이라고 판단해 왔다. 결과적으로 ‘상호 견제를 통한 안전 확보’라는 명분 아래, 이 규제의 틀은 수십 년간 공고하게 유지되어 왔다.^[26]

하지만 얽히고설킨 이해관계를 잠시 내려놓고, 공급자가 아닌 ‘고객’의 입장에서 한 번 살펴보자. 우리 모두 실제로 언젠가 집을 짓거나 건물을 올리는 건축주, 즉 고객의 입장이 될 수 있지 않은가?

고객이 원하는 것은 명확하다. 정해진 시간 안에 적은 비용을 들여 좋은 품질의 결과물을 얻는 것이다. 물론 결과물이 만들어지는 과정 중 불필요한 리스크는 줄이고 싶고, 사람이 다치거나 소중한 자산이 훼손되는 일은 절대 원치 않는다.

이 이상적인 목표를 현실로 만드는 열쇠가 바로 AI에 있다. 건설 로봇이 위험한 현장을 대신 누비며 인명 피해를 원천적으로 차단하고, LLM과 에이전틱 AI가 복잡한 행정 절차와 잠재적 리스크를 실시간으로 관

^[24] 오랫동안 건축설계업 종사자들은 대형 건설기업의 건축 설계시장 진출 시 시장 잠식, 공사 수주를 위한 가격 경쟁 수단으로의 전략, 시공 편의성을 강조하는 설계로 인한 건축물의 독창성 및 가치 하락 등에 대한 우려를 강하게 표명하고 있으나, 반면 건설업 종사자들은 업무 분화로 인한 비효율성 심화, 시공 기술을 설계에 반영해야 하는 일괄수주(EPC, Engineering, Procurement, Construction) 방식의 해외사업에 대비한 역량 확보의 제한 등을 이유로 규제 해제를 주장하는 논쟁 반복

리한다. 하드웨어가 규모의 경제를 갖추는 순간 노무비와 경비는 비약적으로 절감될 것이며, 로봇의 정교한 시공과 소프트웨어의 오차 없는 검증이 결합되어 고객의 모든 기대를 현실로 바꿀 것이다.

하지만, 이 장밋빛 미래를 가로막는 거대한 장벽이 있다. 바로 설계와 시공이 두 동강 나 있는 지금의 분절된 구조다. 만약 이 구조가 고착화된 상태로 남는다면, 우리는 다음과 같은 세 가지 결정적인 문제에 직면하게 된다.

첫째, AI조차 극복할 수 없는 ‘디지털 병목 현상(Bottleneck)’이다. AI가 똑똑해지려면 설계 전 계획부터 설계안부터 시공계획, 실제 결과물, 그리고 유지관리 성능까지 전 주기의 데이터를 학습하고 최적화해야 한다.^[27] 하지만 설계와 시공이 조직과 계약으로 쪼개져 있으면 통합 데이터 셋을 만드는 것 자체가 불가능해진다. 설계 쪽 정보화 시스템과 이에 연계된 데이터와 시공 쪽 정보화 시스템이 따로 놀면 데이터를 옮길 때마다 정보가 손실되거나 재입력해야 하는 비효율이 반복된다. AI 입장에서는 학습할 교과서가 중간중간 찢겨 나가는 셈이다.

둘째, 책임 구조의 역설적인 왜곡이다. 그동안 겸업 금지를 주장하는 측에서는 “시공사가 설계까지 하면 돈을 아끼려고 안전과 품질을 희생할 것”이라고 우려해 왔다.^[28] 하지만 AI와 센서, 디지털 트윈이 현장을 실시간으로 모니터링하는 시대에는 오히려 분절된 구조가 독이 된다. 문제가 생겼을 때 서로 책임을 떠넘기기 급급해지기 때문이다. 반면 통합형 구조에서는 하나의 주체가 전체 성능을 책임지되, AI가 기록한 로그 데이터를 통해 내부적인 책임 소재를 훨씬 더 투명하게 가릴 수 있

다. 관리의 초점이 ‘조각난 주체들의 나열’이 아니라 ‘시스템 전체의 완성도’로 옮겨가는 것이다. 물론 지금도 일괄입찰(턴키) 등 설계 단계 시공자가 조기 참여하여 모든 책임을 일괄로 지는 구조인 경우 해당 문제는 동일하게 해결된다. 하지만 대형 공사에만 제한적으로 적용되던 해당 계약 방식 채택으로의 책임 구조 일원화가 AI 시대 모든 공사로 확대되는 것이 자명하단 점에서 더욱 문제는 두드러질 수밖에 없다.

셋째, 기업의 기술력과 경쟁력 확보의 한계다. 그간 중소 설계사의 몰락을 우려해 칸막이를 유지해야 한다는 목소리가 높았다. 하지만 냉정하게 보면 우리는 스스로 만들어 놓은 제도적 경계 안에서만 경쟁해 온 것은 아니었는가? 해외 시장에서는 이미 설계와 시공을 통합 수행하는 EPC나 IPD 방식이 대세다. AI 시대의 경쟁력은 ‘어느 업종이냐’가 아니라 ‘데이터와 기술을 통합할 수 있느냐’에 달려 있다. 대형 인프라나 데이터센터 같은 고부가가치 사업에서 국내 기업들이 힘을 쓰지 못하는 이유도 바로 이 제도적 족쇄에 있다.^[29]

지금까지 살펴본 문제는 수십 년간 논의되어 왔지만 항상 이해관계라는 벽에 부딪혀 제자리를 맴돌았다. 하지만 AI는 지금까지 우리가 본 적 없는 새로운 현실과 생태계를 만들어 낼 것이다. 그 현실이 요구하는 것은 단 하나, 사업 전 주기에 걸친 데이터의 유기적인 연계다. 이제는 어떻게 가치를 만들 것인가를 고민해야 할 때이고, 이를 위해서는 시대의 변화가 산업의 변화를 요구하기에 Designer와 Builder의 불편한 동거가 불가피할 것이다.

만드는 사람(Builder)도 여럿인 현실, 부품별로 따로 노는 현장의 비극을 막아야 한다

건설 프로젝트의 시공 단계에서 우리가 마주하는 또 다른 ‘십자가’, 그 가로축을 완성하는 주인공은 바로 우리나라만의 갈라파고스적 규제인 의무 분리발주제도라 단언할 수 있다.

이 제도의 역사는 생각보다 꽤 깊다. 1971년에 정보통신공사를 시작으로 1976년 전기공사, 2003년 건설폐기물 처리 용역(비록 공사가 아닌 용역 계약이지만), 이어서 2020년 소방시설공사까지 단계별로 발주자가 쟁겨야 할 계약서 문치는 점차 두꺼워졌다.

정부가 이렇게 공사를 잘게 쪼개놓은 이유는 명확하다. 덩치 큰 기업이 일감을 독식하지 못하도록 막고, 특정 분야에서 실력을 쌓은 별도 중소 면허 보유자들에게 직접 입찰할 기회를 주어 그들을 보호하고 키우기 위해서다. 결국 중소기업체를 육성해 산업의 뿌리를 튼튼히 하고, 품질과 안전을 확보해 보겠다는 선한 의도에서 출발한 셈이다. 이는 우리가 앞서 살펴본 ‘종합’과 ‘전문’이라는 칸막이가 우리 건설산업의 DNA로 자리 잡게 된 배경과도 유사하다.

중소기업을 보호하고 업역 간 상호 견제를 통해 안전을 확보하겠다는 취지에서 출발한 제도는 분명 그 나름의 시대적 소명과 가치를 지니고 있다. 그러나 데이터와 기술이 유기적으로 연결되는 AI 기반 생산 환경으로 전환되면서 이러한 분절적 구조는 의도와 달리 새로운 비효율을 초래하는 요인으로 작용할 수밖에 없다. 이러한 구조적 모순이 가장 극

명하게 드러난 지점이 바로 최근 정부가 추진 중인 「(가칭) 모듈러 건축 활성화」를 위한 특별법」이다.^[30] 도심 주택의 신속한 공급을 위해 전기·소방시설 등의 ‘분리발주 배제’와 ‘일괄입찰’을 우선 적용하려 하자 기존 업계의 거센 반발이 터져 나온 것이다.^[31] 하지만 유감스럽게도 이 갈등은 일시적인 현상이 아니라, 오히려 앞으로 기술 발전의 가속도가 붙을수록 더 빈번하게 나타날 거대한 균열의 시작에 불과하다.

우리가 최첨단 건설 로봇 한 대를 만든다고 가정해 보자. 가장 효율적인 방법은 로봇의 설계부터 부품 제작, 소프트웨어 설치까지 전 과정을 책임질 하나의 전문 기업에 맡기는 것이다. 하지만 지금의 분리발주 제도는 부품 제작 하나에만 여러 기업이 붙어 있는 것이다. 로봇의 팔은 A 업체에, 다리는 B 업체에, 배터리는 C 업체에, 그리고 로봇의 신경망인 전선은 D 업체에 각각 따로 계약해서 가져오라고 하는 것과 같다. 특히 AI 로봇은 태생적으로 멀티태스킹에 최적화되어 있다는 점을 고려해야 한다. 한 대의 로봇이 터를 닦으면서 동시에 자재를 운반하고 수평을 맞출 수 있음에도 현행법은 “이 일은 A 면허, 저 일은 B 면허”라며 로봇의 효율을 인위적으로 절단하는 셈이다.

이로 인해 가장 먼저 마주하게 될 본질적인 위기의 시작은 인공지능의 심장이라 할 수 있는 데이터의 단절이다. AI가 로봇을 제대로 조작하려면 팔이 어떻게 움직이는지, 다리에 얼마나 힘이 들어가는지 모든 데이터를 실시간으로 통합해서 학습해야 한다. 하지만 부품마다 주인이 다르고 데이터 규격이 쪼개져 있다면 AI는 로봇의 상태를 전체적으로 파악할 수가 없다. 결국 ‘스마트 로봇’을 주문했는데, 말도 잘 안 듣고 조

립도 덜 된 ‘기계 덩어리’를 받게 되는 셈이다.

데이터는 한곳에 모일수록 그 가치가 커지지만, 지금의 계약 구조는 데이터를 필연적으로 쪼개버린다. 건축 공사만 보더라도 전기, 통신, 소방, 건축이 각자 다른 도면과 공정 데이터를 가진 채 서로의 영역을 사수한다. 데이터 표준도, 책임의 범위도 계약서마다 다르다 보니 구조적으로 ‘데이터 사일로(Silo)’가 형성될 수밖에 없다. 이는 연결을 지향하는 AI와 근본적으로 어긋나는 구식 설계다.

이어서 발생하는 두 번째 문제는 책임의 진공 상태다. 앞선 비유처럼 로봇을 조립하고 보니 팔과 몸통의 규격이 맞지 않는 상황을 떠올려보자. 이때 나는 누구에게 이 ‘기계 덩어리’에 대한 A/S를 요청해야 할까? 팔을 만든 업체는 몸통 설계가 잘못되었다고 하고, 몸통 업체는 팔의 커넥터가 불량이라고 주장한다. 분리발주 체제에서는 로봇 전체의 완성도를 책임지는 주인이 ‘있지만 없는’ 구조이기 때문에, 문제가 생기면 서로 네 탓 공방만 벌이다 로봇은 완성되지 못한 채 방치된다.

AI 생산의 성패는 전체 시스템의 최적화에 달려있지만, 계약 주체가 많아질수록 이 최적화는 불가능에 가까워진다. 각 계약자는 오직 자기 영역의 이익만 챙길 뿐, 전체 시스템의 품질이나 비용에는 관심이 없다. 전체 최적화(공정·품질·안전·비용)를 책임지는 단일 주체가 약하기 때문에 결국 쪼개진 책임이 돌고 돌아 발주자에게 향하게 되는데, 발주자는 생산 조직이 아니지 않는가?

마지막으로 관리의 비효율이 현장을 덮친다. 이는 미래의 문제가 아니라 우리가 지금 당장 겪고 있는 현실이다. 로봇이 움직이려면 전선(전

기·통신)이 온몸에 싹뿔처럼 퍼져야 한다. 그런데 현행법은 이 전선 공사를 무조건 따로 발주하게 한다. 그렇게 되면 결과적으로 로봇의 외형을 다 만든 뒤에 다시 껍데기를 뜯어내고 전선을 심는 비효율이 발생한다. 실제로 현장에서는 공정 조율이 안 돼 멀쩡한 벽을 다시 허물고 재시공하는 사례가 빈번하고, 이는 공기 지연과 비용 상승이라는 구조적 낭비를 초래한다.^[32] AI로 인해 모든 과정이 빛의 속도로 빨라질 미래에는 이러한 인터페이스 충돌 비용이 더욱 뼈아프게 체감될 것이다.

그동안 분리발주 의무화와 대상 확대를 둘러싼 종합건설업체와 전문건설업체의 대립은 끝이 보이지 않는 전쟁과도 같았다. 과연 분리발주로 인해 공사비와 공사기간이 늘어나는지, 품질과 안전을 확보할 수 있는지, 고질적인 하도급 불공정 관행에 어떠한 영향을 미치는지 수없이 많은 논쟁이 오갔다. 하지만 인공지능이 현장을 장악하는 시대에는 이 모든 해묵은 쟁점들이 힘을 잃게 된다. AI와 로봇이 정교한 알고리즘에 따라 움직이면서 공사 품질과 안전은 인간의 숙련도를 넘어선 수준으로 확보될 것이기 때문이다. 또한, 기술력을 갖춘 주체가 직접 시공에 나서면서 하도급이라는 낡은 고리는 자연스럽게 끊어지게 된다. 센서와 디지털 트윈이 기록한 방대한 데이터 앞에서 그간 분리발주·일괄발주 논의 과정에서의 가장 고질적인 문제였던 ‘책임 소재’ 또한 투명하게 가려질 수밖에 없다. 결국 과거의 잣대로 싸우던 논쟁들은 데이터가 지배하는 AI 생태계 속에서 자연스럽게 해답을 찾게 될 것이다.

분리발주 제도는 과거의 정보 부족 환경에서는 산업 보호와 품질 확보를 위한 효과적인 제도적 장치였다. 그러나 결과적으로 데이터 기반

생산 환경에서는 생산의 통합성과 효율성을 제약할 가능성이 있는 구조적 요소로 재평가될 필요가 있다. 결국 ‘상호 견제’와 ‘보호’라는 과거의 문법은, 모든 공정이 실시간 데이터로 동기화되어야 하는 AI 시대의 문법과 충돌하고 있는 셈이다.

AI가 건설 현장을 하나의 유기체로 제어하기 위해서는 조각난 계약서가 아니라, 설계부터 시공까지 하나의 뇌로 움직이는 통합된 시스템이 필요하다. 이는 제도의 단순한 존재 문제가 아니라, 건설 생산체계가 계약 중심의 통제 구조에서 데이터 기반의 통합 생산 구조로 전환되는 과정에서 나타나는 필연적인 제도적 재조정의 문제로 이해해야 한다. 앞으로는 칸막이를 세워 서로를 견제할 것이 아니라, 데이터를 투명하게 공유해 AI가 자동으로 품질과 안전을 검증하게 하는 것이 훨씬 강력하고 효율적인 견제책이 될 것이다.

신분증 없는 근로자, 건설 로봇이 현장으로 출근하려면?²⁵⁾

미룰 수 없는 생산 분절 구조 재편 :
AI 시대에 부합하는 통합체계로의 전환



건설 현장은 단순히 발주자와 시공사 사이의 계약서로만 돌아가지 않는다. 서류 그 너머에는 현장의 흙을 파고 철근을 들어 올리는 실질적인 생산 주체들이 존재한다. 바로 원·하도급에 소속된 상시근로자, 외부에서 수급된 기술·기능 인력, 그리고 거대한 건설기계들이다. 특히 건설기계는 간혹 시공사가 직접 보유하기도 하지만, 그보다는 건설기계대여업자와 별도의 임대계약을 맺고 투입하는 것이 현장의 보편적인 풍경이다.

현행 「건설기계관리법」은 이들의 세계를 엄격하게 규정한다. 우리가 흔히 떠올리는 굴착기나 불도저부터 타워크레인까지, 총 27종의 기계

가 법적 테두리 안에 규율되어 있다.²⁶⁾ 이 기계들이 현장에 발을 들이기 위해서는 지자체에 공식 등록을 마쳐야 하며, 해당 기계에 대한 전문 면허를 보유한 조종사가 반드시 필요하다.

그런데 한 가지 중요한 사실이 있다. 기존의 법령은 모든 기계를 사람이 안에 탑승해 조종하거나 오롯이 수동으로 다루는 장비로만 전제하고 있다. 그런데 시간이 지나 기술의 발달로 로봇산업이 생성되면서 ‘건설용 로봇 제조업’이라는 새로운 소(小) 산업군이 태동했다. 기존 건설 기계에 로봇 기술(센서, 제어, 자율성 등)이 입혀진 지능형 장비가 등장하고, 현장 타설을 대신할 3D 프린팅 장비와 공장 제작(Prefabrication)을 돕는 로봇들이 현장의 문을 두드리고 있다. 우리가 흔히 ‘드론’이라고 표현하는 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)도 단순히 ‘하늘을 나는 카메라’로만 정의하기엔 그 능력이 너무나 커졌다. 측량이나 검사를 위해 현장을 비행하는 수준을 넘어 이제는 실제 시공의 일부분을 담당하는 ‘공중 작업자’로 거듭나고 있기 때문이다. 과거에 크레인이 닿지 않는 사각지대 높이에서 자석의 힘을 이용해 트러스 구조물 조립을 시도하는 연구 사례가 발표되었을 정도이다.^[33]

하지만 지금 우리가 목격하는 변화는 빙산의 일각에 불과하다. 머지 않아 우리가 여태껏 쌓아온 건설의 상식을 비웃기라도 하듯, 듣지도 보지도 못한 기상천외한 건설 로봇들이 건설 생산의 패러다임을 뿌리째 흔들어 놓을 수 있다.

25) 건설 로봇에 관한 논의는 본 저서 전반에 걸쳐 다양한 관점에서 이미 상세히 다루어지고 있으므로, 본 절에서는 AI 도입에 따른 건설 로봇의 지능화에 따른 생산체계와 규제 선제 정비 측면에서만 검토

26) 「건설기계관리법 시행령」 [별표 1] 참조

이들은 분명 건설 현장의 해묵은 저생산성을 깨부술 최첨단 병기들이다. 하지만 문제는 이 무기들이 인간의 상상력을 앞질러 너무나 빠르고, 또 예측 불가능한 형태로 진화하고 있다는 사실이다. 로봇의 유형이 정교하게 분화될수록 법의 시력은 흐려진다. 기술이 정점을 찍을 때, 정작 법의 테두리 안에서는 정체를 알 수 없는 모호한 존재들이 탄생하고 있다. 이제 새로운 장비 하나를 현장에 들일 때마다 우리는 복잡한 법적 미로를 헤매야 한다. 이것을 「건설기계관리법」에 따른 ‘건설기계’로 볼 수 있는가? 아니면 「산업안전보건법」이 정의하는 ‘유해·위험기계’ 범주의 일반 기계 또는 공구인가? 그것도 아니라면 한국표준산업분류(KSIC)상의 ‘산업용 로봇’인가, 혹은 로봇산업 특수분류 내의 ‘건설용 로봇’인가?²⁷⁾ 앞으로 검토해야 할 체크리스트가 꼬리에 꼬리를 물고 길어진다. 명확한 명칭도, 지위도 부여받지 못한 로봇들은 그 어떤 면허나 등록 체계라는 보호막도 갖추지 못한 채 현장이라는 전장을 떠도는 소위 ‘신분증 없는 불법 체류자’와 다름없다.

제각각의 형상을 한 건설로봇들, 우선 “건설기계”이긴 한가?

현재 건설 현장에 투입되고 있는, 또는 미래 피지컬 AI 발전에 따라 새로 개발될 건설 로봇들의 모습은 천차만별이다. 어떤 로봇은 강아지

27) 국가전략산업으로 선정된 로봇산업을 지원하기 위해 통계적 인프라 구축을 목적으로 제정된 특수분류를 의미함. 한국로봇산업진흥원 홈페이지 (<https://www.kiria.org/>) 참조

처럼 걷고, 어떤 로봇은 천장에 달라붙어 드릴질을 한다. 이들을 현장의 정식 구성원으로 받아들이기 위해 가장 먼저 해결해야 할 질문은 의외로 단순하면서도 무겁다. “이 로봇들은 법적으로 ‘건설기계’인가, 아니면 단순한 장비인가?”하는 점이다.

건설 로봇이 제도권 안에서 자유롭게 움직이려면 용어에 대한 명확한 정리와 상호 이해가 필수적이다. 우리가 흔히 ‘건설 로봇’이라 뭉뚱그려 부르는 대상 안에는 수많은 유형의 기계와 공구가 뒤섞여 있기 때문이다. 기술적인 설명은 이미 앞에서 다뤘으니, 여기서는 생산 과정에서 로봇을 제도적 울타리 안으로 끌어들이기 위해 반드시 짚고 넘어가야 할 법적 토대를 정리해 본다.

우선 잠깐 기본으로 돌아가서 건설 현장의 오랜 기준인 「건설기계관리법」을 살펴보자. 「건설기계관리법 시행령」별표 1 상의 27종 건설기

「건설기계관리법」 적용 대상 건설기계 종류^[34]

분류	종류(예시)
토공	불도저, 굴착기, 로더, 스캐리퍼, 모터그레이더 등
운반 및 인양	지게차, 덤프트럭, 기중기, 타워크레인 등
도로 및 콘크리트·아스팔트	롤러, 노상안정기, 콘크리트배치플랜트, 콘크리트피니셔 등
기타	준설선, 특수건설기계 ²⁸⁾

자료 : 「건설기계관리법 시행령」 별표 1

28) 건설기계의 범위로써 명시된 26 종 기계와 유사한 구조 및 기능을 가진 기계류로서 국토교통부장관이 따로 정하는 것을 의미하며, 도로보수트럭, 노면파쇄기, 노면측정장비, 콘크리트믹서트레일러, 아스팔트콘크리트재생기, 수목이식기, 터널용고소작업차, 트럭지게차가 해당

계는 용도에 따라 크게 4개 분류로 묶일 수 있다. 「건설기계관리법」의 적용을 받지 않은 일반 기계나 공구는 「산업안전보건법」, 「건설기술 진흥법」등의 직·간접적인 영향권 아래 놓인다.

현행 법체계에서 건설 로봇은 일종의 ‘미확인 비행물체(UFO)’와 같다. 완전히 건설기계로 등록되자니 기존 27종의 정의에 부합하지 않은 경우가 있고, 그렇다고 단순 공구로 취급하기에는 그 위험도나 관리의 중요성이 너무 크다. 결국 건설 로봇을 제도권으로 편승시키고 산업인프라를 조성하기 위해서는 다음의 정리가 선행되어야 한다.

첫 번째, “기존 기계의 진화형인가?”의 질문에 답이 필요하다. 최근 건설 자동화의 최전선에 서 있는 굴착기(Excavator)를 예로 들어보자. 오늘날의 굴착기는 단순한 중장비가 아니다. ‘카메라’와 ‘센서’라는 눈을 달아 주변 환경을 입체적으로 인지하고, 고도화된 ‘알고리즘’이라는 뇌를 통해 굴착 시 버킷 충전율을 사전에 예측한 뒤 숙련된 작업자처럼 최적의 굴착 경로(Trajectory)를 스스로 설계한다.^[35] 무거운 유압 관절을 10mm 단위의 오차 이내로 정밀 제어할 수 있는 수준의 정교함도 갖추었다.^[36]

이 단계까지의 굴착기는 조종사의 관리 아래 반자동 작업이 이루어지는, 이른바 ‘인간 참여형 자동화(Human-in-the-loop Automation)’ 수준이다.^[37] 기계가 똑똑해졌어도 아직 법적으로는 굴착기 운전기능사 자격을 갖춘 사람이 필요하다는 것이다. (물론 기술의 진보는 여기서 그치지 않고 AI와 원격제어 기술을 활용해 조종석을 비워둔 채로 없이도 스스로 땅을 파헤치는 자율주행 무인 굴착기도 상용화 궤도에 진입하

였으나, 이에 대해서는 후술할 내용에서 더 자세히 논하도록 하자.)

그렇다면 두 번째, “완전히 새로운 종인가?”의 질문이 있다. 최근 현장에 등장하는 건설 로봇들의 면면을 보면 그야말로 진화의 전시장이 따로 없다. 앞서 소개되었으나 부지 조성부터 기초 공사, 말뚝 박기, 철근 결속, 벽돌 쌓기, 드라이월(Drywall) 시공, 그리고 마지막 도장 마감까지 건설의 전 공정에 걸쳐 어떤 로봇은 이미 현장에 투입될 만큼 성숙했고, 어떤 로봇은 이제 막 실험실을 박차고 나온 신흥 기술로 주목받고 있다.^[38]

로봇들의 생김새를 분류해 보면 크게 두 부류로 나뉜다. 그 첫 번째는 기존 기계에 지능을 더한 ‘익숙한 변종’이다. 가장 먼저 눈에 띄는 것은 기존 기계나 장비에 바퀴를 달거나 센서, 로봇 팔(Manipulator)을 추가한 모델들이다. 겉모습만 보면 우리가 수십 년간 써오던 건설기계와 크게 다르지 않아 일종의 업그레이드 버전처럼 느껴진다. 앞서 언급된 굴착기도 외형상은 이 부류에 포함될 수 있다.

그리고 두 번째 부류는 형태의 파괴와 기능의 혁신, 즉 ‘낯선 신종’이다. 하늘을 날며 현장을 관리하는 드론부터 강아지처럼 사족보행 하며 장애물을 넘나드는 로봇개(Quadruped Robot), 그리고 인간의 근력을 증폭시키는 외골격(Exoskeleton)까지. 이들은 사람의 작업을 보조하거나 아예 대체하기 위해 탄생하여 기계라기보다 협력자에 가까운 존재들로 자리잡았다. 지금에서야 이들이 우리 눈에 조금 익숙해졌지만, 앞으로 제2의 드론이나 사족보행 로봇이 새로운 형태로 나타날지 모르는 법이다.

하늘을 날고, 땅을 걷고, 이제는 수직 벽면을 타고 오르는 이 낯선 신종들을 우리는 어떻게 불러야 할까? 국토교통부 고시^[39]에서 정의하는

‘특수건설기계’의 일종으로 포함할 수 있도록 3년마다 개정해야 할까, 혹은 ‘건설 로봇’군을 따로 만들어야 할까? 이들을 온전히 담아낼 수 있는 법적 영토는 어떻게 설계해야 하는가?

꺾데기는 기존 기계, 알맹이는 AI : 익숙한 건설기계의 은밀하고도 빠른 진화

앞서 살펴본 ‘익숙한 변종’, 그 중 지능형 굴착기의 사례로 다시 돌아가 보자. 우선 앞서 소개된 예시 중 ‘인간 참여형 자동화’ 단계의 굴착기는 그 기계의 종류와 물리적 특성에 따라 「건설기계관리법」상의 건설 기계에 해당한다. 사람이 기계 안에 앉아 직접 레버를 당기는 행위의 본질 또한 변하지 않는다. 그렇다면 건설기계가 우리 생산체계 안에서 합법적인 실체로 인정받기 위해 거쳐야 하는 절차를 살펴볼 필요가 있다. 이는 설계와 제작부터 이후 시장 진입을 위한 등록, 현장 운용, (정기)검사 및 정비, 그리고 해체까지 전 주기에 걸쳐 있다.

건설기계를 제작하거나 조립하려는 자는 가장 먼저 해당 모델의 형식에 대해 승인을 받거나 신고해야 한다. 제작 과정에서는 규격에 맞게 만들어졌는지 확인하는 확인검사를 거치고, 주요 부품들은 제작이나 수입 단계에서부터 별도의 안전 인증을 받아야 한다. 만약 제작 결함이 발견되면 시정 명령(리콜)은 물론, 위반 시 제작 및 판매 중지라는 강력한 제재가 따른다. 이 모든 험난한 과정을 통과한 장비만이 비로소 국가가

보증하는 법적 승인의 징표를 얻게 된다.

형식 승인을 마친 기계가 제도권 안으로 들어오기 위해서는 「건설기계관리법」 제3조에 따른 등록 절차를 밟아야 한다. 여기서 고유의 번호를 부여받은 뒤, 이를 번호판처럼 식별 가능한 형태로 두어야 비로소 현장에 투입될 수 있는 합법적 지위를 얻는다. 현장을 뛰는 동안에는 정기검사, 수시검사, 정비 명령 등을 통해 끊임없는 안전성과 성능을 입증해야 한다. 그리고 수명을 다해 폐기하여야 하거나 수출될 때는 등록말소와 해체 절차를 밟음으로써 생산체계로부터 공식적으로 퇴출된다.

그리고 이 시스템 안에 장비가 준비되었다면 현장을 뒀을 수 있게 움직이는 사람과 사업체에 대해서도 명확한 기준을 준수하여야 한다. 한국산업인력공단의 국가기술자격(예: 굴착기운전기능사)을 취득한 후 시·군·구청으로부터 건설기계조종사면허를 발급받아야 합법적인 조종사가 된다. 이 외에도 건설기계를 빌려주거나 영업 활동을 하기 위해서는 개인과 법인을 막론하고 법률 제21조에 따른 건설기계사업 등록 요건을 충족해야 한다.

건설기계 생애주기 단계별 주요 절차

단계	내용	법령
설계·제작	- 형식 승인(또는 신고) - 확인검사 - 제작자 사후관리 - 부품 인증 등	- 제18조 - 제19조 - 제20조 - 제20조의4
등록 (시장 진입)	- 등록 의무 - 등록 검사 - 등록번호 부여(번호표 부착 포함) - 미등록 사용 금지 등	- 제3조 - 제13조 - 제8조 - 제4조
안전 및 현장 운용	- 안전기준 준수 - 사용 제한 - 내구연한 관리	- 제12조 - 제12조제2항 - 제20조의3
사업 (서비스 공급)	- 건설기계사업의 등록(대여, 정비, 매매, 해체) - 사업 변경 신고 - 사업 승계(사업 양도 시) - 매매 관리(매매용 건설기계 관리 의무)	- 제21조 - 제24조 - 제24조의2 - 제25조
조종 및 운영(인력)	- 조종사 면허(취득 요건 포함) - 면허 취소 및 정지(위반 시)	- 제26조 등 - 제28조
검사	- 검사(신규, 정기, 구조변경, 수시) - 검사대행 - 검사증 관리(검사증 발급 및 확인)	- 제13조 - 제14조 - 제15조
정비	- 정비 의무 - 정비 명령 - 무단 개조 금지 등	- 제16조의2 - 제13조제7항 - 제17조의2
등록말소	폐기, 수출, 내구연한 초과 시 말소	제6조

결국 건설기계에 관해 우리 법령은 장비의 탄생부터 소멸까지의 물적 생애주기와 조종사 자격 및 사업자 등록 등을 규율하는 인적·사업적 생애주기로 구분하여 규율하고 있다. 이 두 가지 축이 상호 결합하여 하나의 제도적 틀을 형성할 때, 기계는 비로소 현장의 정당한 생산수단이 된다는 것이다. 이처럼 현행법으로 유추했을 때 아직 건설기계는 ‘사람(면허 소지자)의 통제’를 전제로 하지만, AI 시대 기술은 법의 테두리를 앞질러 가고 있다. 그 통제의 방식이 기술의 발달로 인해 ‘탐승’에서 ‘원격/감시’로 빠르게 이동하고 있기 때문이다.

뒤이어 말하겠다고 말한 자율 주행 무인 굴착기의 사례를 더 살펴보면서 이야기해 보자. 스위스 취리히 연방공과대학(ETH Zurich)은 이미 2019년에 설계도(CAD 모델)만 입력하면 알아서 정교하게 도랑을 파내는 자율 주행 굴착기 HEAP(Hydraulic Excavator for an Autonomous Purpose)를 성공적으로 시연했다.^[40] HD현대는 2024년 CES에서 사람 한 명 타지 않고 스스로 땅을 파는 것은 물론, 무려 3,000km 밖에서 원격으로 조종할 수 있는 Real-X를 선보였다.^[41] 건설기계에 대한 원격 조종(Teleoperation) 범위는 위험하다고 여겨지는 중형 체급 이상의 타워크레인으로도까지 확장하고 있다.^[42] 이는 우리가 기존에 활용해 온 양중 체급이 낮은 소형 무인 크레인과는 체급부터 전혀 다른 거대 중장비들조차 현장에서 혼자 움직이겠다는 선언이다.

그간 타워크레인이나 덤프트럭처럼 한 치의 실수가 곧장 대형 사고로 이어지는 장비일수록 조종사의 존재는 현장의 절대적인 상식이었다. 여기서 ‘조종사’란 기계의 레버를 직접 쥐고 실시간으로 조작과 제어라는

물리적 행위를 수행하는 주체를 의미했다. 하지만 이제 기계에서 손을 떼는 시대가 왔다.

진짜 고민은 여기서부터 시작된다. 현행법이 명시적으로 “사람이 반드시 기계에 손을 대고 있어야 한다”고 하진 않으나, 건설기계조종사면허에 대한 규정 등으로 현장에서는 여전히 ‘기계 1대당 조종사 1인’ 배치를 철칙으로 여긴다. 문제는 ‘조종’이라는 단어의 정의가 모호하다는 데 있다.

사람이 기계 위에 앉아 있지 않아도 이를 ‘조종’하고 있다고 볼 수 있을까? 만약 한 명의 조종사가 기계 안에 들어가 있거나 바로 옆에 있는 것이 아닌, 사무실에 앉아 여러 대의 무인장비를 동시에 모니터링한다면 그것은 법이 말하는 ‘통제’의 범주에 들어가는가? 이와 같은 혼돈이 생기므로 현행 법·제도상 피지컬 AI의 등장으로 가장 큰 혼선이 발생하는 부분에 대해 명확하게 짚고 넘어가야 한다.

우선, 지능형 기계를 다루는 사람의 역할에 대한 개념부터 다시 정립해야 한다. 그 시작은 「건설기계관리법」 제2조에 ‘조종’에 대한 명확한 정의를 세우는 일이다. 사실 현재 법령이 전제하는 ‘조종’은 장비와 인간 사이의 물리적 접촉을 전제로 한다. 이는 건설기계조종사면허의 뿌리가 「도로교통법」 제80조에 따른 운전면허 체계에 닿아 있기 때문이다. 즉, 법의 시선에서 조종사는 반드시 장비에 올라타 핸들을 잡거나 레버를 당겨야 하는 존재다.

여기서 우리는 흥미로운 질문과 마주한다. 자율주행 기술의 발달로 오래전 면허를 딴 사람이 최신 FSD 기능이 탑재된 테슬라를 운전하는데 아무런 법적 제약이 없는 것처럼, 건설 현장에도 그런 유연한 잣대를

적용할 수 있을까? 하지만 도로 위의 승용차와 현장의 육중한 건설기계는 무게감부터 다르다. 현장의 안전과 직결되는 대형 장비의 특성을 고려할 때, 과연 기존의 면허 체계가 AI라는 새로운 두뇌를 다루는 자격까지 담보할 수 있을지는 매우 까다롭고도 예민한 문제다.

결국 현행법은 지능화된 기계의 등장 앞에서 두 가지 사항에 대한 제도적 공백의 위험을 드러낸다. 물리적 접촉이 없는 통제로서 첫 번째, 현장에서 수십 킬로미터 떨어진 사무실 모니터 앞에서 장비를 제어하는 행위가 있다. 그리고 두 번째, 관리자가 최초의 과업 명령만 내린 뒤 장비가 스스로 판단하고 실행하며 공정을 완수하는 ‘자율 주행’ 상태가 있다. 이에 우리는 더 포괄적인 명칭으로 「건설기계관리법」에서 규정하고 있는 건설기계조종사면허를 넘어 ‘건설기계운용면허’라고 부르고, 그 내연을 확장해야 한다. 즉, 우리는 ‘조종(Operation)’이라는 단어를 넘어 ‘관제(Monitoring)’ 혹은 ‘운용(Deployment)’이라는 새로운 언어를 준비해야 한다.

뿐만 아니라 현재의 건설기계조종사면허가 단순히 운전 기술만 본다면, 미래에는 알고리즘 제어와 데이터 이해도(Knowledge) 등을 같이 핵심 평가 항목으로 고려해야 한다. 또한, 기존 장비를 지능형으로 구조 변경하거나, 아예 처음부터 지능형으로 제작되는 장비들을 위해 설계·제작 단계에서의 형식 승인 및 부품 인증에 관한 법령 개정 또한 요구된다.

다만, 위의 내용만 관리한다고 해서 모든 건설로봇이 현장을 자유롭게 누빌 수 있는 건 아니다. 건설기계로 불리는 로봇들이 「건설기계관리법」이라는 문턱을 넘고 나면, 현장 운용의 실질적인 지배자인 「산업

안전보건법」이라는 크고 복잡한 산(장애물)이 기다리고 있다. 관련 내용은 다음을 통해 더 자세하게 파헤쳐 보자.

건설 로봇의 입학시험을 설계하라

우리가 흔히 ‘중장비’라고 부르는 덩치 큰 친구들만 건설기계의 지위를 얻는다고 생각하면 오산이다. 건설기계 여부를 가르는 결정적 잣대는 몸집의 크기가 아니라 법이 정한 기종과 구조, 성능 요건에 부합하느냐에 달려 있기 때문이다. 결국 외형보다 ‘무슨 일을 어떻게 하는가?’라는 기능적 정체성이 법적 판단의 핵심이다.

하지만 현장에서 마주치는 수많은 건설 로봇과 향후 마주칠 로봇이 현재의 「건설기계관리법」 체계에서는 법적 울타리 밖에 서 있다. 건설기계로 분류되지 못하는 건설 로봇들은 크게 세 부류로 나뉜다. 첫 번째는 ‘작은 거인들’ - 기존 기계와 똑같은 일을 하지만 몸집이 작다는 이유로 관리법 대상에서 제외된 경우다. 두 번째는 ‘공장에서 온 전학생’ - 철근 결속 로봇처럼 주로 공장 안에서나 활용되었으나, 현장으로 불려 나온 경우다. 마지막은 ‘외부에서 온 방문객’ - 건설과 상관없는 분야(군사, 물류 등)에서 태어났다가 건설 현장을 기웃거리게 된 케이스다. 하늘을 나는 드론과 로봇개가 대표적이다.

이처럼 「건설기계관리법」의 품에 안기지 못한, 경계선 밖의 로봇들은 이제 다른 법의 지배를 받게 된다. 그중 가장 강력한 영향력을 행사하는

것이 바로 「산업안전보건법」이다.

현행 「산업안전보건법」은 건설 로봇을 함께 일하는 동료로 인정하기 보다는 언제나 현장에서 일하는 근로자에게 사고를 유발할 수 있는 잠재적 위험물에 가깝게 본다고 할 수 있다. 이는 해당 법령에서 건설기계를 현장 근로자의 안전을 위협하는 요인으로 판단하고, 이를 예방하기 위해 건설 현장에 활용되는 기계 등의 설계, 도입, 설치, 운용 및 변경의 전 과정에 걸쳐 위험성 평가, 유해위험방지계획서 제출, 안전조치 이행 및 국가의 사용중지 명령 등을 다층적으로 규율하고 있기 때문이다.

이에 건설 로봇이 건설 현장을 자유롭게 누비기 위해서는 건설기계로서의 등록 절차 대신, 이들은 「산업안전보건법」에 따른 ‘안전인증’과 ‘자율안전확인’²⁹⁾이라는 일종의 입학시험을 치러야 한다.³⁰⁾ 일단 제도권이라는 학교에 입학했다면 성적 관리가 관건이 되는데, 건설기계 사업주는 주기적으로 돌아오는 ‘안전검사’라는 이름의 학기 고사를 치러야만 하기 때문이다. 결국 건설기계 되지 못한 로봇들은 ‘장비’가 아닌 ‘위험 기계·기구’로서 안전 규제의 틀 안에서 관리되기 시작한다.

「산업안전보건법」의 근본은 결국 ‘사람(사업주)이 무엇을 해야 하는가?’를 규정하는 데 있다. 그러다 보니 건설 로봇은 독립적인 주체가 아니라, 여전히 인간의 명령에 복종하고 관리받아야 하는 종속된 생산수단으로 취급된다. 설령 스스로 판단하고 움직이는 완전 자율형 로봇이

²⁹⁾ 장비가 현장에서 인간과 함께 뒹굴며 일해도 안전한지, 제조사나 수입자가 스스로 확인하고 정부에 신고하는 절차를 의미

³⁰⁾ 「산업안전보건법 시행령」 전반에서 정의하는 산업용 로봇에 해당

라 할지라도, 결국 누군가의 소유물인 이상 「산업안전보건법」의 서슬 퍼런 감시망을 피할 수는 없다. 주인이 있는 반려동물이 사고를 치면 주인이 책임을 지듯, 로봇 역시 법적 테두리 안에서 사업주의 관리 책임 아래 묶여 있는 셈이다.

그러나 로봇이 단순히 시키는 일을 하는 기계에서 스스로 판단하는 지능형 동료로 진화하는 순간, 우리는 지금까지 경험하지 못한 책임의 회색지대에 맞닥뜨리게 된다. 기계가 자율성을 얻는다는 것은 인간이 그 움직임을 100% 예측할 수 없음을 의미하기 때문이다. 현행 체제 아래서 사업주(건설산업의 경우 시공자)는 로봇 도입 시 발생 가능한 모든 위험을 예측하고 방호 조치를 할 의무가 있다. 하지만 스스로 경로를 탐색하고 돌발 상황에 대처하는 자율 주행 로봇의 움직임을 사업주가 완벽히 예측하기란 불가능에 가깝다. 로봇의 예측 불가능한 움직임으로 인한 사고까지 사업주가 전적으로 책임을 지는 구조라면, 어떤 사업주가 자신의 운명을 AI의 알고리즘에 맡기며 섣불리 로봇을 도입하겠는가?

현재는 로봇이 작업을 하더라도 그 근처에 반드시 감시인이 있거나 조종자가 상주해야 한다는 묵시적 압박이 존재한다. 로봇을 샀는데 사람까지 붙여야 한다면, 무인화의 경제적 실익은 순식간에 사라지고 만다. 결국 기술의 자율성을 수용하려면 제도의 그물망도 더 촘촘하고 지능적으로 변해야 한다. 우선 기존의 일률적인 평가를 넘어 지능형 로봇의 특성(자율 주행 등급, 센서 신뢰도 등)에 맞춰 세분화 및 구체화한 자율 안전 확인 및 위험성평가 체계를 구축해야 한다. 또한, 고도화된 원격 모니터링 시스템을 통해 실시간으로 장비를 통제하는 행위

를 「산업안전보건법」 상의 새로운 규율의 영역으로 빠르게 입법 보완하여야 한다. 이뿐만이 아니라 피지컬 AI 자율 운영과 관련한 알고리즘을 개발·탑재하는 건설 로봇 제작사에게 규율해야 하는 산업안전보건법령 상의 내용과 이를 활용하는 사업주(건설사)에게 규율하는 내용이 구분되어 촘촘히 마련될 필요가 있다.

보다 현실적인 관점에서 보면, 건설 로봇과 사람이 물리적 경계 없이 함께 작업하기 위해서는 단순한 기술 도입을 넘어 명확한 협업 가이드라인이 필요하다. 고용노동부는 이미 「고정식·이동식 산업용 로봇의 협동작업 안전 가이드라인」을 배포하였고, 2024년 11월 1일에는 이동식 협동 로봇의 안전 기준을 담은 한국산업표준(KS B 7327)이 제정되기도 했다. 또한 현행 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제223조는 원칙적으로 로봇 운전 시 높이 1.8m 이상의 울타리 또는 센서 설치를 요구하고 있으나, 국내·외 산업 표준을 충족하는 협동 로봇의 경우 예외를 인정하고 있어 펜스 없는 협업을 가능하게 하는 제도적 기반은 일정 부분 마련된 상태다.

그럼에도 불구하고 현재의 가이드라인과 표준은 주로 제조업이나 물류 산업처럼 작업 환경이 비교적 통제 가능하고 예측 가능한 정적인(Stationary) 현장을 전제로 설계되어 있다. 반면 건설 현장은 공장라인처럼 고정된 공간이 아니라, 작업 구역이 수시로 변화하고 인력이 현장 전역을 이동하는 동적인 공간이다. 건설기술인이 현장 곳곳을 자유롭게 오가며 로봇과 긴밀히 상호작용 한다는 특수성을 충분히 고려하지 않는다면, 기존 제조업 중심의 안전 프레임은 건설 현장의 현실을 온전히

답아내기 어렵다.

이 외에도 건설 로봇이 현장이라는 험난한 일터로 매일 아침 당당히 출근하기 위해 우리가 챙겨야 할 또 다른 든든한 조력자가 있다. 바로 로봇의 사회 진출을 장려하고 그 제도적 기반을 닦아주는 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법(이하 지능형 로봇법)」이다. 로봇이 복잡한 현장을 돌아다녀도 될 만큼 충분히 안전한지에 대한 운행 안전 인증, 만에 하나 로봇이 사고를 냈을 때 누가 어떻게 책임질 것인지에 대한 보험 가입과 손해 배상 체계 관련 내용을 규율하기 때문이다.

결국 로봇이 현장에서 일회용 소모품이 아닌 지속 가능한 파트너로 인정받으려면, 기술적 완성도를 넘어 이러한 보험과 보장 체계 같은 부차적인 제도들이 톱니바퀴처럼 맞물려 돌아가야 한다. 그래야만 사업주도 안심하고 로봇을 현장에 투입할 수 있고, 로봇 역시 ‘불법 체류자’ 신세를 면하고 당당한 생산 주체로 자리 잡을 수 있기 때문이다.

건설 로봇의 제도화는 단순히 ‘새로운 기계를 현장에 활용하는 것’ 이상의 의미를 갖는다. 가까이로는 현행 건설기계 관리 체계의 근간을 흔드는 작업이자, 건설 로봇을 단순한 도구가 아닌 협업의 파트너로 인정하는 첫 단추가 될 것이며, 멀게는 고질적 낮은 건설 생산성 문제와 품질·안전 문제를 획기적으로 개선할 기반 인프라가 될 것이 자명하기 때문이다.

넓은 범의 리모델링 : 거대한 AI를 포용할 새 그릇을 빚어라

미룰 수 없는 생산 분절 구조 재편 :
AI 시대에 부합하는 통합체계로의 전환



건설산업에서 활용될 AI를 한 단어로 정의한다면, 망설임 없이 ‘통합(Integration)’이라 명명할 수 있다. 이는 AI가 단순히 파편화된 데이터를 잇는 기술적 차원을 넘어 새로운 건설 방식의 문을 여는 마스터키로 작동할 것으로 기대되기 때문이다. 단절된 공정들을 하나의 선으로 잇는 ‘과정의 통합’, 그리고 그 길 위에서 협력하는 참여자들 간의 ‘유기적 연합’까지를 모두 아우르는 개념으로 본 것이다.

그런데 가만히 생각해 보면 ‘통합’은 우리 산업에서 어제오늘 나온 이야기가 아니다. 부가가치를 극대화하기 위해 AI를 고려치 않던 시절에도 우리는 끊임없이 통합을 외쳐왔다. 그런데 왜 지금까지 굼뜬 걸음이었을까? 왜 건설 생산 과정 곳곳에는 여전히 넘지 못할 유자철선과 같

은 장애물들이 세워져 있는가?

그 답은 우리 건설산업의 태생적 성격에 있다. 과거 정부 주도하에 유례없는 초고속 성장을 일궈내야 했던 시절, 우리는 최단 시간 내에 최대의 효율을 뽑아내기 위해 서둘러 제도적 칸막이를 세워 질서를 만들었다. 당시 그 칸막이들은 시장의 혼란을 막고 자원을 집중시키는 든든한 울타리이자, 성장을 가속하는 강력한 촉매제였다. 정해진 구역 안에서 각자의 역할에만 집중하게 함으로써 폭발적인 공급을 가능케 했던 것이다.

하지만 산업이 성숙기를 지나 AI 시대에 직면한 오늘날 상황은 완전히 역전되었다. 한때 성장을 보장하던 그 울타리들이 이제는 기술과 데이터의 유기적인 융합과 변화를 가로막는 무거운 족쇄로 변해버린 것이다. 이를 수용해야 할 우리의 법령과 이에 따른 제도는 여전히 파편화된 채 제각각의 목소리를 내고 있다. 사방이 벽으로 막혀 서로 소통하지 못하는, 이른바 ‘법의 갈라파고스’ 상태다.^[43]

우리는 지금 그 어느 때보다 거센 변화의 소용돌이 한복판에 서 있다. 사실 과거의 산업혁명이나 여러 시대적 격변기에도 우리는 늘 세상이 참 빠르게 변한다고 말해오긴 했다. 하지만 이번에 밀려오는 AI의 파도는 그 궤가 다르다. AI는 우리가 짐작조차 하기 힘든 압도적인 규모와 속도로 건설산업의 근간까지 덮치고 있기 때문이다. 그렇기에 우리는 이제 AI가 세상을 재편하는 문법을 이해하고, 기술이 성큼성큼 앞서 나가는 그 보법에 맞춰 제도의 보폭 역시 과감하게 넓혀야 할 때다. 이미 판이 바뀌고 맥락이 송두리째 변했는데도 과거의 ‘통합’이라는 언어를 습관처럼 되풀이하는 것은 미래를 향한 전진이 아니라 낡은 관성으

로의 회귀일 뿐이다.

흩어진 법전 사이에서 발생하는 규제의 충돌과 해석의 모호함은 혁신의 속도를 늦추는 가장 치명적인 걸림돌이다. 이제는 기술의 진보와 제도의 보폭이 엇박자 없이 맞물려 돌아가는 단일 거버넌스 체계를 확립해야 한다. 법규범의 일원화를 통해 단일한 체계 내에서 기술과 제도가 공명할 때, 비로소 건설산업은 해묵은 갈라파고스에서 탈출해 진정한 미래로 나아갈 수 있다. 결국 AI는 모든 칸막이벽을 허물고 모든 것을 하나로 연결하는 거대한 융광로가 될 것이다.

1958년의 유산, 「건설업법」... 보호·육성·진흥의 이름으로 세워진 제도적 벽

우선 한 가지는 분명히 인정하고 넘어가야 한다. 오늘날 우리 산업을 옥죄고 있는 경직된 법·제도적 칸막이 그 자체가 태생부터 잘못된 것은 아니었다는 사실이다. 오히려 그것은 1958년 「건설업법」이 제정되던 당시, 국가 재건을 위해 ‘통제와 보호’라는 카드를 꺼내 들 수밖에 없었던 시대의 필연적인 유산이다.

앞서 잠깐 짚고 넘어가긴 했지만, 당시의 시대상을 조금 더 깊이 들여다보자. 광복과 분단, 그리고 6·25 전쟁의 참화 속에 폐허가 된 국토를 다시 세우는 일은 단순히 산업의 영역을 넘어 국가의 사활이 걸린 절박한 과업이었다. 재건을 향한 국가적 열망은 뜨거웠고 건설 수요는 폭발

적이었다. 기회의 냄새를 맡은 건설업체들이 우후죽순 생겨났지만, 정작 그 안을 들여다보면 대규모의 사업을 감당할 만한 탄탄한 기술력이나 자본력을 갖춘 전문가는 가물에 콩 나듯 귀했기 때문이다.

당시 우리가 마주했던 건설 수요의 면면을 떠올려보자. 당장에 비바람을 피하기 위해 필요한 주택 신축, 먹고살 길을 여는 농지 개간, 국가의 동맥이 될 사회기반시설(SOC) 확충, 경제성장의 기지가 될 산업단지 조성. 이 개별 사업들이 요구하는 규모와 난이도는 그 시대의 기술 수준으로는 상상을 초월하는 것이었다. 이런 극한의 상황에서 단 한 개의 건설기업이 기획부터 설계, 시공에 이르는 전 공정을 책임지고 수행한다는 것은 사실상 불가능에 가까웠다.

이에 당시 정부와 국회는 단기간 내 경제 재건과 고속 성장을 이뤄내기 위한 현실적인 대책으로 ‘건설’이라는 거대한 가치사슬을 작은 파편으로 세분화하였다. 철저한 분업화를 요구한 것이다. 공종을 잘게 쪼개어 각각의 전문 분야를 육성하는 방식, 즉 건설 생산 과정에 대한 분업화와 전문화 기조를 전면으로 내세웠다. 그 결과 오늘날의 수평적 분업체계와 수직적 생산 구조가 생성된 것이다.^[44]

이러한 결정은 당시로서는 최선의 선택이었다. 역량이 부족한 시장 환경에서 각자가 잘할 수 있는 작은 조각에 집중하게 함으로써, 전체적인 생산성을 비약적으로 높일 수 있었기 때문이다. 오늘날 우리가 ‘경직된 칸막이’라고 비판하는 건설 면허 제도와 업역 체계는, 사실 70년 전 대한민국이 폐허 위에서 한강의 기적을 일궈내기 위해 설계했던 가장 효율적인 분업의 지도였던 셈이다.

기술의 속도를 발목 잡는 법령 체계부터 정비하라

건설을 오롯이 ‘생산’이라는 관점에서 바라보면 하나의 시설물이 태어나 사라지기까지의 과정은 마치 거대한 컨베이어벨트와 같다.^[45] 기획과 계획에서 시작해 설계와 시공을 거치고, 완성된 결과물의 유지관리와 수명이 다한 뒤의 폐기까지 이르는 이 생애주기(Life-cycle)가 바로 건설의 생산라인이라고 볼 수 있다. 이 라인 위에는 설계사, 시공사, 감리사, 엔지니어 등 각기 다른 전문성을 가진 주체들이 포진해 있다. 그들은 철저한 분업체계 안에서 각자의 역할을 수행하며, 필요에 따라 내부 역량을 집중하거나 외부 전문가에게 위탁하는 방식으로 생산 활동을 이어간다.

1958년 「건설업법」이 처음 제정되었을 때만 해도 우리에게 ‘기술력’이라는 무형의 가치는 사치에 가까웠다. 눈에 보이지 않는 기술을 논하기보다는, 당장 눈앞의 파괴된 국토를 재건하기 위해 공종을 나누고 역할을 분담해 일단 살아남는 것이 지고지순한 목표였다.

하지만 경제가 급격히 팽창하고 산업이 본궤도에 오르자 상황이 달라졌다. 정부는 산업의 각 분야를 더욱 전문적으로 육성하겠다는 명목하에 수많은 개별법을 쏟아내기 시작했다. 그리고 특정 분야를 진흥하겠다는 선의에서 출발한 이 법령들은 그에 걸맞은 새로운 업종과 기능별 면허 제도를 줄줄이 태동시켰으며, 새로이 신설된 업종 보호를 위한 장벽을 계속해서 보강해 왔다.

현재 시공 단계 하나에도 수많은 ‘십자가’가 새겨져 있다고 언급한 바

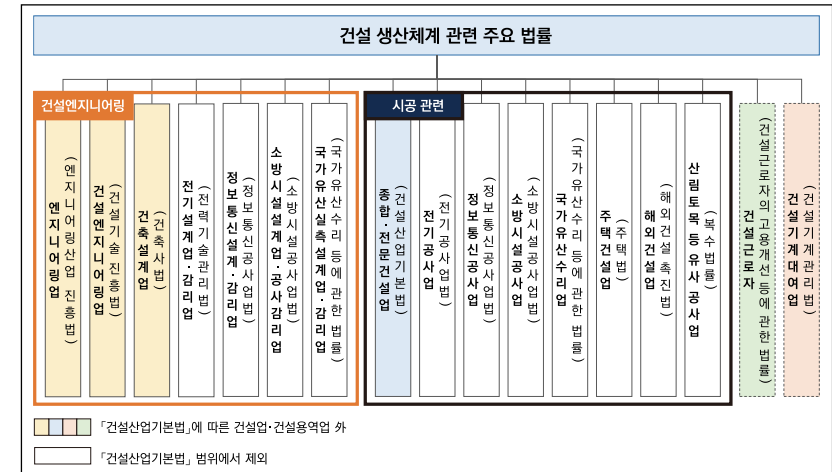
있다. 그런데 그 선들을 자세히 들여다보면 매끄러운 직선이 아니라, 여기저기 토막 난 채 간신히 이어져 있는 형상이다. 우리 산업의 분업체계가 얼마나 수직적, 수평적으로 파편화되어 있는지를 보여주는 단면이다.

앞서 여러 번 반복 언급하였으나 본 상황의 이해를 도모하기 위해 다시금 살펴보자. 먼저 수직적 흐름을 보자. 하나의 프로젝트는 원도급자에서 하도급자로, 다시 필요에 따른 재하도급으로 이어진다. 심지어 그 과정에는 법망을 교묘히 피한 불법 재하도급이나 과거의 시공참여자³¹⁾ 방식 같은 복잡한 계층 구조가 층층이 쌓여 있다.^[46] 이 수직적 사슬은 단계가 내려갈수록 책임은 불분명해지고, 정보의 농도는 떨어지는 구조적 한계를 안고 있다.

수평적 상황은 더 복잡하다. 건축이라는 거대한 몸체(Main Body) 외에 전기, 정보통신, 소방이라는 전문 영역이 엄격히 분리되어 있다. 이들이 각자 따로 발주될 수 있는 것은 단순히 관행 때문이 아니다. 「전기공사법」, 「정보통신공사법」, 「소방시설공사법」처럼 이들을 뒷받침하는 법적 기반이 완전히 따로 존재하기 때문이다. 현재 분야마다 설계·시공·감리를 규정하는 법령 꾸러미가 따로 놓고 있으니 현장에서는 수많은 주체가 각기 다른 법전을 들고 자기 구역만 지키는 진풍경이 벌어진다.

31) 과거 공사 현장에서 실질적으로 시공을 총괄하던 작업반장·팀장·심장 등 현장 책임자들에게 하도급자에 준하는 법적 보호를 부여하고, 이들이 '시공참여자'라는 지위로 전문건설업체로부터 재하도급을 받을 수 있도록 시공참여자체도가 지난 1997년 도입된 적이 있으나, 운영 과정에서 불법 다단계 하도급을 확산시키고 시공 품질을 저하시킨다는 비판과 함께 건설근로자의 처우를 오히려 악화시킨다는 문제가 제기되어 결국 2008년 폐지

건설 생산체계 관련 주요 법령 현황



결국 당시에는 전문성을 높여주던 이 진흥의 법령들이 시간이 흘러 각자의 영역에 성벽을 쌓는 결과를 초래했다. 분야별로 쪼개진 법령과 면허는 산업의 덩치를 키우는 데는 기여했지만, 역설적으로 오늘날 우리가 마주한 ‘통합의 부재’라는 거대한 장벽을 만든 시초가 된 셈이다. 모든 공정이 데이터로 촘촘하게 연결되는 AI 시대에 접어들면서 과거의 영광이었던 이 잘게 쪼개진 사슬은 오히려 산업의 숨통을 조이는 독이 되고 있다.

건설산업에서 AI와 로봇 기술의 본질은 경계를 허무는 데 있다. 설계 데이터가 공장 시공 로봇의 움직임으로 이어지고, 현장의 센서 정보가 실시간으로 유지관리 계획을 수정하는 초연결이 핵심이다. 그러나 70년 전 설계된 분업화 체계는 이 흐름을 수용할 그릇이 되지 못한다. 각

기 다른 면허와 업역으로 쪼개진 공정 사이에서 데이터는 흐름을 멈춘다. 서로 다른 법령과 기준을 따르는 주체들 사이에서 정보는 공유되기보다 ‘보안’과 ‘책임’이라는 이름 아래 고립된다.

생산 과정의 통합과 참여자 간의 유기적 연합, 그리고 이 모든 것을 관통하는 데이터의 통합을 이루기 위해서는 현재의 분업체계를 지탱하고 있는 파편화된 법령들을 하나로 모으는 작업이 선행되어야 한다. 그 핵심은 「건설산업기본법」을 산업 전반의 가치사슬을 포괄하는 명실상부한 ‘상위법(General Law)’이자 ‘건설산업의 헌법’으로 격상시키는 것이다. 현재의 「건설산업기본법」은 이름만 ‘기본법’일 뿐, 실질적으로는 시공 단계의 규제에 매몰된 ‘시공법’의 한계를 벗어나지 못하고 있기 때문이다.³² AI 시대의 거버넌스를 구축하기 위해서는 이 법의 체격과 체질을 완전히 바꿔야 한다.

기본법은 산업의 진흥 방향, 산업 구조의 설계, (하)도급의 대원칙³³, 그리고 각 참여자의 역할과 같은 기본 원칙을 제시하는 데 집중해야 한다. 그리고 여기서 제시하는 그 대원칙 아래 생애주기별 등록 기준이나 행정처분 같은 구체적인 규율 사항은 개별법이 담당하는 구조로 재편해야 한다. 그래야만 법체계의 일관성을 확보하고, 급변하는 기술 환경에 유연하게 대응할 수 있는 효율성을 갖출 수 있다.

32) 이는 「건설산업기본법」이 과거 「건설업법」을 전부 개정한 결과물이라는 사실과 무관하지 않을 것임. 현행 「건설산업기본법」은 건설산업을 건설업(건설공사를 수행하는 업)과 건설용역업(조사·설계·감리·사업관리·유지관리 등 건설공사 관련 용역)의 총합으로 정의. 그러나 실제 조문 구성과 규율의 중심은 여전히 건설업에 맞추어져 있는 실정

33) 앞서 ‘원·하청의 종말’을 언급했지만, 그렇다고 하도급 구조 자체가 국가에 의해 하루아침에 금지될 수 있는 것은 아니기에 향후 기술 환경 변화에 맞춰 계약 구조를 어떻게 재설계하는지에 따라 하도급계약 또는 그 유사한 형태의 계약 체결이 있을 것이므로 그에 대한 제도적 규율 필요

이 거대한 개편의 시작점은 「건설산업기본법」에서 ‘시공’에 관한 세부 규율을 분리해 내는 것이다. 지금처럼 시공업자에 대한 관리 규정이 법의 몸집 대부분을 차지하고 있으면, 설계·감리·유지관리 등 산업 전반을 아우르는 통합적인 정책을 추진하기 어렵다. 시공에 관한 구체적인 사항은 별도의 시공법(가칭 新건설업법)에 넘기고, 기본법은 오롯이 산업의 뼈대를 세우고 가치사슬 전체를 조망하는 거시적인 조절 장치로 기능해야 한다.

이렇게 새로워지는 「건설산업기본법」은 단순한 기술 장려 수준을 넘어 AI를 산업의 핵심 구성요소로 편입시키는 법적 설계도가 되어야 한다. AI를 단순히 성능 좋은 ‘도구’나 ‘장비’로만 볼 것인지, 아니면 의사결정의 한 축을 담당하는 ‘준(準) 주체’로 인정할 것인지 등의 고민 역시 필요할 것이다. 이 정체성이 확립되어야 AI의 먹이인 데이터를 어떻게 취급할지, 그리고 AI가 자율적으로 판단하고 행동한 결과로 사고가 발생했을 때 그 책임을 어떻게 배분할지 답을 찾을 수 있다. 설계(개발)의 오류인지, 운영의 과실인지, 아니면 관리의 소홀인지에 대한 책임 소재를 가리는 가이드라인은 AI 도입을 망설이는 현장의 두려움을 해소할 필수 장치가 될 것이다.

또한, 기존 건설산업을 지탱하던 설계·시공·감리라는 낡은 삼각 분류체계 역시 과감히 해체해야 한다. 이제는 AI로 인해 건설산업에 새롭게 발을 들였거나, 기술 융합 과정에서 탄생한 새로운 주체들을 법의 울타리 안으로 끌어안아야 한다. 특히 올해 1월 22일부터 시행된 「인공지능 발전과 신뢰 기반 조성 등에 관한 기본법」과의 연결고리도 중요하다.

해당 법령의 수범자인 ‘인공지능개발사업자’와 ‘인공지능이용사업자’가 건설 현장에서 어떤 역할을 수행하고, 어떤 의무를 지는지 새로운 「건설산업기본법」에 명확히 정의해야 한다.^[47] 그래야만 건설 전문 법령과 AI 일반법이 엇박자 없이 맞물려 돌아가며 기술 혁신을 뒷받침할 수 있다.

정책과 기술의 엇박자를 끝낼 강력한 구심점은?

우리나라 건설산업은 파편화된 구조 속에 갇혀 있다. 이로 인해 업역과 업종체계의 유연성은 바닥을 치고, 설계나 사업 개발 같은 고부가가치 역량은 여전히 제자리걸음이다. 이 복합적인 난제들은 이제 단일 부처의 힘만으로는 해결할 수 있는 임계점을 넘어섰다. 특히 AI와 로봇이 현장에 들어오는 지금, 범정부 차원의 협업은 선택이 아닌 생존의 문제다.

우리 건설산업과 관련된 법령은 각 업종의 경계에 따라 산산이 조각나 있고, 그 파편마다 주권을 행사하는 소관 부처 역시 제각각이다. 명목상 주무 부처는 국토교통부라지만, 실질적인 현장 작동 기제를 뜯어보면 부처 간의 거대한 ‘규제 성벽’이 가로막고 있음을 알 수 있다.

건설 현장에 로봇 한 대를 세우는 일은 마치 거대한 행정의 미로를 통과하는 것과 같다. 로봇이라는 하나의 실체를 두고도 그것을 바라보는 부처의 시선이 사방으로 흩어져 있기 때문이다. 로봇의 하드웨어 사양과 기계적 성능은 산업통상부의 허락을 구해야 하고, 그 로봇의 두뇌가

될 AI와 신경망인 통신 인프라는 과학기술정보통신부의 관할이다. 여기에 기후에너지환경부가 요구하는 ESG 지표와 에너지 규제가 덧대어지고, 현장 노동자의 안전을 담보하는 고용노동부의 「산업안전보건법」까지 촘촘하게 얹히고설키면 혁신은 시작되기도 전에 규제의 밧에 걸려 비틀거린다.

이러한 행정의 칸막이는 고스란히 데이터의 파편화로 이어진다. 부처마다 법적 근거와 관리 목적이 다르니, 수집하고 분석하는 데이터조차 제각각인 것이다. 정작 AI가 제대로 성능을 발휘하려면 이 모든 데이터가 하나의 거대한 용광로 안에서 실시간으로 버무려져야 한다. 하지만 지금의 구조는 AI라는 요리를 만들기 위해 필요한 식재료들을 각기 다른 창고에 가둬두고 문을 걸어 잠근 형국이다. 결국 부처 간의 데이터 장벽을 허물지 못한다면, 우리가 꿈꾸는 ‘지능형 건설 현장’은 영원히 완성되지 않는 퍼즐로 남을 수밖에 없다.

가장 치명적인 문제는 이들 부처 간의 소통 부재다. 각 부처는 융합을 통한 시너지보다는 자기 영역의 규제 권한을 수호하는 데 더 급급한 모습을 보인다. 부처별로 제각각 적용되는 ‘따로 국밥’식 규제는 기술이 경계를 허물며 나아가는 속도를 도저히 따라오지 못한다. 결국 거침없이 질주해야 할 기술 융합의 혁신은 제도라는 깊은 늪에 빠져 제자리걸음만 반복하게 되는 것이다.

AI 시대 건설산업의 대전환을 위해서는 파편화된 법령 체계를 하나로 묶을 컨트롤타워가 반드시 필요하다. 기술이 융합되고 경계가 허물어지는 과정에서 발생하는 복잡한 이해관계를 조정하려면 부처 간의

실질적인 협력체계가 그 첫걸음이 되어야 한다.

사실 그간 부처 간 이해관계 조정을 위한 협의체나 위원회가 없었던 것은 아니다. 단, 그동안의 시도들은 대개 갈등이 불거진 뒤에야 수습에 나서는 사후 조정이나, 서로의 입장 차이만 확인하는 공허한 담론장에 그쳤으며, 운영 또한 한시적이나 흐지부지 종료되기 일쑤였다. 하지만 지금 우리에게 필요한 것은 이와 같은 나약한 중재자가 아니다. 우리가 지향해야 할 일명 ‘AI-건설 컨트롤타워’는 기술의 도입부터 규제의 혁파, 데이터 표준화에 이르기까지 전 과정을 진두지휘하는 실행 중심의 사령탑이어야 한다. 그리고 단순히 부처 간의 이견을 조율하는 관료적 집단을 넘어서 현장의 주인공인 기업들이 주체적으로 참여하는 역동적인 체계를 갖추어야 한다. 이때 중요한 것은 이들에게 건설 AI 시대에 부여할 역할을 명확하게 정의하는 일이다. 과거의 제도가 업역을 나누고 성벽을 쌓는 칸막이형 역할을 주었다면, 미래의 사령탑은 건설 AX, RX 전환 가속 지원을 위해 각 주체가 발견하고 생성한 데이터를 어떻게 서로 유기적으로 주고받을지에 집중해야 한다. 이를 위해서는 산업의 미래를 위해 명확한 방향을 결정하고 집행하는 강력한 권한을 가진 조직을 갖추어야 한다.

이렇게 새롭게 탄생할 사령탑이 한시적 조직에 머물지 않으려면 강력한 법적 기반이 뒷받침되어야 한다. 부처 간의 칸막이를 허물고 통합 정책을 상시로 추진할 수 있는 사령탑의 설치 근거를 앞으로 새롭게 탄생할 「건설산업기본법」에 명문화해야 한다. 물론 건설산업의 AI 시대 대비를 위한 컨트롤타워 조직의 설치를 반드시 「건설산업기본법」에 명문

화할 필요는 없다. 이미 제정되어 운영 중인 「인공지능기본법」에 이를 포함할 수도, 현재 입법 계류 중인 「인공지능산업 발전 특별법」에 포함하거나 「국방인공지능법」과 같이 건설산업에 맞는 별도의 맞춤형 법률 제정을 통해서도 동일 목적 달성이 가능하기 때문이다. 하지만 건설산업 전반을 규율하는 일반법에서 해당 내용이 명기되어야 그 효과가 극대화될 수 있다는 점을 고려할 때 「건설산업기본법」에 이를 규율하고 근거 법률로 작동하는 것이 가장 합당하다고 사료된다.

그리고 이 컨트롤타워를 활용해서 신기술을 도입할 때 여러 부처를 전전하며 허가를 받는 비효율을 끝내야 한다. 즉, 안전(고용노동부)·인증(산업통상부)·인허가(국토교통부) 등 한 번에 해결하는 통합 승인 프로세스를 구축해야 한다. 이뿐만 아니라 건설현장에 로봇의 자율 주행 사고나 AI의 판단 오류 발생 시 부처 간 책임 떠넘기기를 방지할 명확한 법적·윤리적 기준을 마련해야 한다. 이는 어느 한 부처의 힘만으로는 불가능하며, 통합된 시각을 가진 컨트롤타워만이 정의할 수 있는 영역이다.

정부 부처들이 각자의 영역 수호를 포기하고 ‘원팀(One-team)’으로 움직일 때, 건설산업은 비로소 낡은 생산체계의 허물을 벗고 미래로 나아갈 수 있다. 제도가 기술의 발목을 잡는 높이 아니라, 기술이 마음껏 달릴 수 있는 트랙(Track)이 되어야 할 시점이다.



3

정책·제도 방향③

**AI 건설 시대를 맞이하기 위한
넓은 규범과의 이별**



건설산업 AI 혁신 : 규제 혁파와 지능형 시스템 구축

AI 건설 시대를 맞이하기 위한
높은 규범과의 이별



펜스 너머의 이방인 : 지능은 넘쳐나는데, 몸이 묶여버린 '피지컬 AI'의 문턱

최근 건설산업은 단순한 기계화를 넘어 인공지능이 실질적인 업무를 수행하는 단계로 빠르게 진입하고 있다. 이미 업계는 설계 자동화, 공정 최적화 등 소프트웨어 중심의 에이전트 AI(Agent AI)³⁴⁾를 적극적으로 받아들이고 있다. 이들은 기존 디지털 체계 안에서 운용되기에 법적 제약이 적고 도입 문턱도 낮다.^[48] 하지만 지능이 육체를 입고 현장으로 나가는 순간 상황은 완전히 달라진다.

34) AI 모델을 기반으로 제작되는 프로그램으로 AI가 이용자의 요청에 맞춰 자율적인 방식으로 문제를 해결하여 제공할 수 있도록 운영되는 AI 서비스

가상공간에서 자유롭던 AI와 달리, 물리적 실체를 갖춘 피지컬 AI가 현장의 주역으로 등장하기까지는 험난한 여정이 예상된다. 기술의 진화 속도를 따라잡지 못하는 과거의 규제들과 최근 제정된 인공지능 관련 법안들이 중첩되면서 새로운 형태의 진입장벽을 형성하고 있기 때문이다.^[49]

화면 속에선 비상하고, 현장에선 멈춰선 AI

구분	에이전트 AI (소프트웨어)	피지컬 AI (하드웨어 + AI)
주요 법률	개인정보 보호법, 저작권법 등	건설기계관리법, 산업안전보건법 등
법적 분류	일반 인공지능(비규제 영역 위주)	고위험 영역 인공지능(안전성 확보 의무)
도입 제약	가이드라인 및 윤리 원칙 준수	형식 승인, 안전 인증 및 물리적 검증 필수
현황	업무 효율화 도구로 빠르게 확산 중	규제 샌드박스를 통한 실증 단계 정체

지난 몇 년간 건설업계를 달군 거대언어모델(LLM)³⁵⁾은 사무 영역의 반복 업무를 혁신하며 인력 최적화의 가능성을 증명했다. 하지만 이제 디지털 지능의 진화는 가상공간의 모니터를 박차고 나와, 휴머노이드나 자율주행 장비라는 육체를 입고 건설 현장이라는 거친 실물 세계로 영역을 확장하고 있다. 이른바 피지컬 AI 시대의 서막이다.

이러한 변화는 단순한 기술적 호기심이 아닌 건설업계의 절박한 생존 본능에서 기인한다. 고령화로 인한 숙련공 은퇴와 청년층 유입 절벽은 산업의 근간을 위협하고 있다.^[50] 이제 현장은 단순 기계를 넘어, 센서라는 눈과 알고리즘이라는 뇌를 장착한 능동적 지능체를 간절히 호출하고 있다. 특히 폭염과 혹한 등 기후 위기 속에서도 24시간 현장을 지키는 피지

35) 사람의 언어를 분석하여 사람들이 대화하는 방식과 문장이 구성되는 방식을 이해하여 초거대 AI가 답을 할 수 있도록 하는 모델

컬 AI의 등장은 매출원가를 혁신하고 건설업을 고부가가치 산업으로 재도약시킬 결정적 변곡점이다.

또한, 피지컬 AI가 실질적 효용을 내려면 BIM 기반의 디지털 트윈과 실시간 동기화되는 디지털 신경망이 필수적이다. 피지컬 AI는 BIM이라는 레일 위를 달리는 지능형 열차와 같으며, 이 인프라가 부재한 현장에서의 AI 도입은 일회성 실험에 그칠 뿐이다.

문제는 기술의 고도화가 아니라 이들을 정식 구성원으로 수용하지 못하는 경직된 법적 칸막이에 있다. 현재 피지컬 AI는 건설 현장의 정체불명 존재인 법적 UFO와 다름없다. 특히 최근 가시화된 「인공지능 기본법」 체계에서, 인간의 생명이나 신체 안전에 직결되는 건설 현장의 피지컬 AI는 고위험 영역 인공지능으로 분류될 가능성이 매우 높다. 이는 단순한 권고를 넘어 엄격한 신뢰성 확보와 안전 점검 의무를 부과한다는 의미다.

로봇의 발을 묶어버린 낡은 규제의 그물망

구분	관련 법령	현재 상태 및 한계점
장비 분류	건설기계관리법	자율주행 로봇 등을 수용할 기준 분류 부재
운용 기준	산업안전보건법	1.8m 방책 설치 등 인간과의 동적 협업 불가능한 안전 기준
기술 진흥	지능형로봇법	고위험 영역 AI로서의 신뢰성 검증 절차 및 책임 소재 모호
데이터 보호	개인정보 보호법	이동형 영상정보 처리기기 규정에도 불구, 현장 내 데이터 활용 제약

가장 뼈아픈 대목은 실질적 투입 단계의 법적 근거 부재다. 배달 로봇 등은 법 개정으로 보도 통행이 허용되었으나, 고중량 시공 로봇은 여전히 형식 승인조차 불가능한 유령 장비다. 특히 「산업안전보건법」상의 1.8m 방책 설치 의무는 비정형 지형인 건설 현장에서 기술 도입을 원천 봉쇄한다.^[51]

법의 시선에서 로봇은 파트너가 아니라 철저히 격리되어야 할 잠재적 가해자일 뿐이다.

여기에 「인공지능 기본법」이 강조하는 신뢰성 기준까지 더해지면, 피지컬 AI는 하드웨어의 안전 인증과 소프트웨어의 지능 검증이라는 이중고를 겪게 된다. 이는 현재의 안전 표준이 매끈한 공장 바닥만을 전제로 설계되었기 때문에 발생하는 온도 차이다.

매끈한 공장 바닥과 흙먼지 날리는 현장의 온도 차

구분	산업용/협동 로봇 표준(공장형)	건설 현장 피지컬 AI 현실
안전 확보 방식	물리적 격리 혹은 제한적 협업	비정형 지면 내 인간과의 완전한 동적 공존 필요
규제 적용 범위	P기성 로봇 표준(ISO 등) 적용 용이	건설 특화 고위험 AI 가이드라인 부재
데이터 활용	폐쇄망 내 공정 데이터 수집	불특정 근로자 노출 및 이동형 영상 정보 수집 필수

변화의 본질은 기술의 속도에 제도의 보폭을 맞추는 데 있다. 규제가 발목을 잡는 높이 아니라 전략적 기반으로 작동할 때, 피지컬 AI는 비로소 건설산업의 새로운 생태계를 구축하는 핵심 엔진이 될 것이다.

단순히 「인공지능 기본법」이 정하는 고위험 AI의 의무를 준수하는 것을 넘어, 건설 현장의 특수성을 반영한 특화된 안전 가이드라인이 마련되어야 한다. 예기치 못한 사고에 대한 사법적 질문에 답을 준비하는 작업, 그것이 지능형 주체가 마음껏 달릴 수 있는 신뢰의 트랙을 까는 첫 걸음이다.

사고 치면 누구 탓? : '판단'은 시가, '사고'는 몸체가 했을 때 책임의 주인은?

최근 거대언어모델(LLM)과 인공지능 에이전트 기술이 이론의 상아탑을 넘어 실무적 궤도에 안착하고 있다. 불과 얼마 전까지 단순한 반복 업무의 '지능형 보좌관'에 머물렀던 AI는 이제 계약서의 독소조항을 식별하고 정밀 견적을 산출하며, 복잡한 현장 운영을 최적화하는 핵심 가치 사슬(Value Chain)³⁶⁾ 전반으로 깊숙이 침투하고 있다.

설계나 사전 준비 단계에서는 인간 엔지니어가 최종 의사결정의 주체로서 '책임의 닻'을 내리고 있기에 논리가 명확하다. 이때 AI는 기술적 판단을 돕는 도구일 뿐, 실질적인 과실 책임은 여전히 인간의 몫이다. 하지만 인공지능 에이전트가 독자적인 판단을 내리고, '피지컬 AI'라 불리는 로봇이 흠먼지 날리는 현장에 투입되어 직접 작업을 수행하기 시작하면 이야기는 전혀 다른 국면으로 접어든다.

여기서 우리는 근본 적인 벽에 부딪힌다. 우리 민법의 운영체제(OS)는 철저히 '인간'에게만 맞춰져 있기 때문이다. 「민법」 제3조³⁷⁾와 제750조³⁸⁾는 권리를 누리고 책임을 지는 주체를 오직 '사람'으로만 규정한다. 법의 눈으로 볼 때, 사고를 낸 로봇은 자의식을 가진 일꾼이 아니라 그저 비싼 망치나 포크레인 같은 '물건'에 불과하다.

³⁶⁾ 건설사업의 기획, 설계, 조달, 시공, 유지관리로 이어지는 전체 공정의 사슬을 의미

³⁷⁾ 사람은 생존한 동안 권리와 의무의 주체가 된다는 원칙

³⁸⁾ 고의 또는 과실로 타인에게 손해를 가한 자는 그 손해를 배상할 책임이 있다는 불법행위 책임의 근거 조항

문제는 이 '물건'이 인간의 실시간 조종 없이 스스로 판단하고 움직인다는 점이다. 마음도 인격도 없는 로봇에게 「민법」상의 '과실'이라는 굴레를 씌울 수 없으니, 사고가 나면 법은 갈 길을 잃는다. 마치 운전석에 아무도 없는 차가 사고를 낸 것처럼, '알고리즘이라는 유령'이 저지른 사고 앞에 기존의 법리적 잣대는 무력해진다. 특히 현행 「산업안전보건법」상 '관리감독자'의 지위는 사람을 지휘·감독하는 것을 전제로 하기에, 로봇의 오작동 시 현장 소장과 알고리즘 설계자 중 누구에게 책임을 물을 것인지에 대한 법적 공백이 발생한다.

도구에서 동료로, AI의 역할에 따라 달라지는 책임의 무게

구분	인공지능 에이전트(사무/설계)	건설 피지컬 AI(현장 시공)
AI의 역할	기술적 판단 지원 도구	자율적 행위 및 판단 주체
의사결정 주체	전문 엔지니어 및 인간 관리자	로봇 알고리즘 및 자율 제어 시스템
책임 귀속	최종 결정권자 (인적 과실)	제조사·개발사·운용사 간 책임 연쇄
핵심 리스크	데이터 분석 오류 및 설계 과실	시스템 오작동 및 제조물 결함
가이드라인	투명성 및 결과에 대한 인간의 검토 의무	설명 가능한 AI(XAI) 적용 및 실시간 작업 데이터의 증거력 확보

현재 우리의 잣대는 여전히 '인간 근로자의 주의 의무'라는 낡은 원칙에 멈춰 서 있다. 특히 「중대재해처벌법」 하에서 AI의 돌발 행동을 '예측 가능한 위험'으로 볼 것인지는 경영책임자의 형사 책임을 가르는 거대한 분수령이 될 것이다. 단순히 '최신 기술을 도입했다'는 사실은 더 이상 면죄부가 될 수 없다. 경영책임자는 로봇의 운행 설계 영역(ODD, Operational Design Domain)을 현장 상황에 맞춰 실시간으로 관리했음을 입증해야 하며, 이것이 미래형 '안전보건관리체계 구축'의 핵심 지

표가 될 것이다.

이 질은 안갯속을 헤쳐나갈 실마리는 먼저 길을 닦은 자율주행 자동차 사례에 있다.^{[52][53]} 우리나라는 자율주행 사고 시 운전자에게 1차 책임을 지우되, 시스템 결함이 발견되면 제조사에 구상권³⁹⁾을 행사하는 ‘2단계 배상 구조’를 통해 법적 안정성을 꾀하고 있다. 자율주행기록장치(DSSAD)⁴⁰⁾를 활용한 입증 절차는 건설 피지컬 AI가 마주할 제도적 이정표다.

다만 건설 현장은 도로보다 변수가 훨씬 많으므로, 로봇의 작업 로그가 사후에 조작되지 않았음을 증명할 기술적 신뢰성이 뒷받침되어야 한다. 이를 통해 사고의 원인이 알고리즘의 본질적 결함(제조물 책임)⁴¹⁾에 있는지, 혹은 현장의 무리한 운용이나 ODD 관리 소홀(운용사 책임)에 있는지를 과학적으로 가려내야 한다.

도로 위 선례에서 찾은 현장 로봇의 ‘사법적 비상구’

구분	자율주행 자동차	건설 피지컬 AI
핵심 법령	자동차손해배상 보장법	(가칭) 건설로봇 운용 및 책임법
책임 주체	운전자(소유자) 1차 책임	시공사 또는 로봇 운영사 책임
결함 입증	DSSAD(기록장치) 활용	위변조 방지(Blockchain) 기반 작업 로그 및 블랙박스
사고 대응	강제 보험 체계	건설공사 보험 내 AI·로봇 사고 특약 신설
책임 전환	운전자 책임 중심	설명 가능한 AI(XAI) 기반 기술적 신뢰성 인증제

39) 타인의 채무를 대신 갚아준 사람이 그 타인에게 대납한 금액을 청구할 수 있는 권리

40) 자율주행 자동차의 운행 상태와 시스템 작동 여부를 기록하는 장치로, 사고 시 책임 소재를 가리는 ‘자율주행판 블랙박스’

41) 제품의 결함으로 인해 사용자가 피해를 입었을 때, 제조사가 그 손해를 배상해야 하는 책임

물론 정제된 도로와 달리 건설 현장은 예측 불가능한 변수가 가득한 미로와 같다. 하지만 예측 불가능한 상황에서 자율적으로 판단하고 이동한다는 본질은 동일하다. 이제는 사고 책임의 근거를 인적 과실에서 기술적 신뢰성과 운용 데이터의 투명성으로 전환하는 법리적 토대를 서둘러 쌓아야 한다.

동시에 현행 표준안전작업지침(SOP)의 전면 개정도 시급하다. 협동 로봇과의 혼재 작업 시 필요한 안전거리, 센서 점검 주기, 그리고 가상 펜스의 법적 효력 등을 반영한 ‘건설공사 안전관리 업무수행 지침’과의 정합성을 확보해야 한다. 특히 인공지능이 왜 그런 판단을 내렸는지 사후에 설명할 수 있는 XAI(Explainable AI) 기술의 도입은 법적 책임 소재를 가리는 결정적 도구가 될 것이다.^[54]

머지않은 미래, 건설 현장은 인간과 휴머노이드가 어깨를 맞대고 일하는 협업의 장이 될 것이다. 로봇이 인간을 완전히 대체하기 전까지 필연적으로 겪게 될 ‘기술적 과도기’에 대한 법적 준비가 늦어진다면, 현장은 혁신의 열기 대신 책임 회피와 법정 공방만이 가득한 전쟁터가 될 뿐이다.

결국 피지컬 AI 시대를 맞이하기 위한 가장 시급한 전제 조건은 1.8미터의 물리적 펜스를 치우는 것이 아니라, 주체 간의 책임을 명확히 가려주는 ‘제도적 인프라’를 새롭게 리모델링하는 일이다. 기술이 마음껏 달릴 수 있는 트랙은 정교한 알고리즘이 아니라, 사고 시에도 흔들리지 않는 명확한 법의 테두리 위에서 비로소 완성된다.

사고에 대한 법적 책임의 고리를 푸는 것이 시공사의 사법적 리스크

를 줄이는 일이라면, 로봇이 사고 예방을 위해 수집하는 방대한 데이터 속에서 근로자의 존엄을 지켜내는 일은 기술 도입의 윤리적 정당성을 확보하는 핵심 과제가 된다.

지켜보는 눈이 너무 많아: 사방을 스캔하는 '인간형 센서'와 프라이버시의 충돌

최근 대형 건설사를 중심으로 현장에 투입된 협동 로봇(Cobot, Collaborative Robot)⁴²⁾은 단순히 무거운 짐을 드는 기계를 넘어, 현장의 공기와 인간의 숨결까지 데이터로 전환해버리는 '고성능 데이터 진공 청소기'로 진화하고 있다. 로봇이 근로자를 고위험 작업에서 해방해 신체적 안전을 지켜준다는 명분은 강력하지만, 그 이면에는 근로자의 일거수 일투족이 디지털 로그로 남는 '상시 감시'라는 서늘한 프라이버시 위협이 도사리고 있다.

가상공간의 지능이 물리적 육체를 얻어 현장을 누빌 '포지컬 AI' 시대를 목전에 둔 지금, 우리는 기술의 효율성을 찬양하기에 앞서 근로자의 '데이터 인권'을 먼저 물어야 한다. 로봇이 현장을 지배하는 시대, 데이터는 권력이며 그 권력의 칼날이 근로자의 인격을 향하지 않도록 「인공지능기본법」과 「산업 디지털 전환 촉진법」이 교차하는 지점에서 정교한 거버넌스를 설계해야 할 때다.

⁴²⁾ 사람과 격리된 공간에서 일하는 기존 산업용 로봇과 달리 사람과 같은 공간에서 물리적으로 상호작용 하며 업무를 돕는 로봇

현행법상 로봇은 「개인정보 보호법」에 묶인 '이동형 영상정보처리기기'에 불과하며, 안전 확보라는 방패 뒤에서 데이터 수집을 정당화한다. 마치 현장을 정찰하는 UFO의 레이더처럼 사방을 훑는 로봇의 센서가 안전을 넘어 근로자의 사적인 영역까지 침범하지 않도록 정교한 가이드라인이 필요하다. 특히 원청사는 「중대재해처벌법」에 따른 안전 확보 의무(공익)와 근로자의 프라이버시 보호(사익) 사이에서 아슬아슬한 줄타기를 하듯 비례성의 원칙⁴³⁾을 지켜야 한다.

생명과 안전을 직접적으로 다루는 건설 로봇은 「인공지능기본법」상 고위험 영역 AI로 분류될 가능성이 높다. 이는 시공사가 단순한 기술 사용

감시의 눈을 끄고, 안전의 창을 열다: 데이터 거버넌스 전략

구분	주요 리스크(위험 요소)	가이드라인 및 법적 기반 전략
정보 주권	근로자 상시 감시 및 프라이버시 침해	투명성 확보: AI 수집·처리 사실 실시간 고지 및 거부권 보장
운용 책무	데이터의 인사 평가 전용	목적 외 활용 금지: 안전 외 용도 활용 시 엄격한 제재 조항 마련
노사 신뢰	데이터 기반 노동 통제 및 현장 갈등	노사 공동 AI 영향평가 실시 및 '현장 데이터 자치 규약' 체결
신뢰성 확보	AI의 오작동 및 안전사고 위험	인공지능기본법 준수: 고위험 AI의 안전성 평가 체계 구축
데이터 안보	로우 데이터(Raw Data)의 국외 유출	엣지 컴퓨팅 및 '설계에 의한 개인정보 보호'
통제권 확보	AI의 일방적 결정 및 알고리즘 통제 불능	인간의 개입(Human-in-the-loop): 최종 제어 권한 부여

자를 넘어, 데이터 오남용으로 인한 정신적·사회적 피해를 방지할 윤리적 책무를 진다는 뜻이다. 이를 위해 기획 단계부터 '설계에 의한 개인정보 보호' 원칙을 적용하여, 로봇이 수집하는 영상에서 얼굴을 즉시 비식별화

⁴³⁾ 특정 목적(안전 확보)을 달성하기 위해 동원된 수단(데이터 수집)이 적정해야 하며, 그로 인해 침해되는 이익(프라이버시)이 보호하려는 이익보다 크지 않아야 한다는 법 원칙

하거나 안전 범위를 벗어난 개인 활동은 기록하지 않는 기술적 장치를 기본 사양으로 채택해야 한다.^[55]

특히 「산업 디지털 전환 촉진법」 제14조는 산업 디지털 전환에 따른 고용 및 노동 환경의 변화에 선제적으로 대비해야 함을 명시하고 있다. 가장 경계해야 할 대목은 안전을 위해 수집된 데이터가 슬그머니 인사 평가나 근태 관리의 도구로 전용되는 ‘목적의 변질’이다. 알고리즘이 근로자의 휴식 시간까지 점수화하여 노동을 통제하는 순간, 현장의 지능화는 혁신이 아닌 ‘알고리즘에 의한 디지털 노역’으로 전락한다. 따라서 엄격한 목적 외 활용 금지 원칙은 피지컬 AI 시대를 지탱하는 최소한의 도덕적 마지노선이다.

글로벌 기업이 주도하는 로봇 시장에서 우리 현장의 로우 데이터(Raw Data)가 국외 서버로 유입되어 알고리즘의 학습 교재로 쓰이는 리스크도 간과할 수 없다. 이를 막기 위해 데이터가 수집되는 즉시 현장에서 처리되고 소멸하는 ‘엣지 컴퓨팅(Edge Computing)⁴⁴⁾’과 개인을 식별할 수 없도록 실시간 마스킹하는 프라이버시 강화 기술(PET)을 표준으로 삼아야 한다.

결국 피지컬 AI의 성공적 안착은 로봇 도입 전 프라이버시 침해 요소를 현미경처럼 들여다보는 ‘영향평가 거버넌스’에 달려있다. 이때 현장 근로자 대표나 노동조합이 ‘데이터 운영 위원회’에 참여하여 수집 목적과 범위를 함께 검증할 때, 로봇의 눈은 감시의 도구가 아닌 모두의 생

⁴⁴⁾ 수집한 데이터를 중앙 서버로 보내지 않고 로봇 내부나 현장의 단말기에서 즉시 처리하는 방식으로 데이터 유출 위험을 줄이고 처리 속도를 높이는 핵심 기술

명을 지키는 파수꾼으로 신뢰받게 될 것이다.

「인공지능기본법」의 신뢰 가치와 「산업 디지털 전환 촉진법」의 공정 활용 가치가 기초 체력이 될 때, 미래의 현장은 근로자의 생명은 물론 인격적 존엄까지 철저히 보호받는 진정한 ‘인간 중심의 혁신’의 장으로 거듭날 것이다.

데이터 인권에 대한 사회적 합의가 기술 도입의 윤리적 토대라면, 이제는 그 토대 위에서 로봇의 실무적 숙련도와 안전성을 공적으로 보증할 수 있는 구체적인 ‘전문 자격 체계’를 세워야 할 때다.

“너 면허는 있니?” : 사람의 일을 대신할 ‘지능형 파트너’에게 필요한 자격증

최근 건설 로봇이 단순 반복 공정의 보조 도구를 넘어 인간의 고유 영역이었던 비정형적 판단과 실행의 영역으로 진입하고 있다. 로봇은 이제 물리적 장비를 넘어선 ‘지능형 파트너’로서 그 존재감을 확장하는 중이다. 산업 경쟁력의 핵심은 로봇의 단편적인 기술적 사양이 아니다. 그 지능이 건설 현장의 복잡다단한 질서 속에서 인간의 노동력을 얼마나 실질적으로 대체할 수 있는지, 그리고 그 숙련도를 어떤 체계로 공적 보증하여 현장의 기술 수용성을 확보할 것인가에 달려 있다.

기술은 이미 현장의 실체적 주체로 부상했음에도 불구하고, 우리 법 체계는 여전히 「건설기술 진흥법」 제2조에 갇혀 기술의 주체를 사람으

로만 한정하고 있다. 로봇의 ‘뇌’는 딥러닝과 실시간 연산으로 무장한 21세기에 와 있는데, 이를 규정하는 ‘자격의 틀’은 여전히 지능 없는 ‘깡통 기계’시절의 단순 작동 검사에 멈춰 서 있는 셈이다.

격차를 완화하기 위한 출발점은 로봇을 「건설산업기본법」 제40조에 따른 ‘건설기술인 배치 기준’의 범주 안으로 이끌어내는 것이다. 로봇의 하드웨어가 아닌, 현장 근로자의 직무 숙련도에 대응하는 ‘기능적 자격’을 정립해야 한다. 특히 고위험 공정에 투입되는 로봇은 고영향 인공지능(AI)⁴⁵⁾으로서 엄격한 관리 대상이 되어야 한다. 나아가 자격을 갖춘 로봇의 투입이 법정 기술인 배치 인원 감면이나 업체 역량지수 가점으로 이어지는 법적 근거 마련이 시급하다.

이를 위해 「건설기계관리법」상 기계 정의를 재정립하여 ‘자율작업형 지능형 건설기계’라는 독립적 분류 체계를 신설해야 한다. 단순히 기계의 규격을 검사하는 수준을 넘어, 기계가 스스로 위험을 인지하고 설계 의도를 해석하는 ‘알고리즘의 무결성’과 ‘사이버 보안 인증’을 형식 승인의 핵심으로 삼아야 한다. 또한 건설기술인 경력관리시스템(CIMS)⁴⁶⁾과 연동되는 로봇에게도 ‘디지털 경력수첩’을 부여하는 로봇 디지털 이력제를 도입하여, 해당 로봇이 어떤 운행설계영역(ODD, Operational Design Domain)⁴⁷⁾에서 어느 정도의 시공 역량을 쌓았는지 공인하는 기술적 안전망을 구축해야 한다.

45) 사람의 생명, 신체, 기본권에 중대한 영향을 미칠 우려가 있는 인공지능

46) 건설기술인의 학력, 자격, 경력을 국가 차원에서 관리하는 시스템

47) 로봇이 안전하게 작동할 수 있도록 설계된 특정 환경 조건(지형, 날씨, 공정 종류 등)

특히 주목해야 할 점은 로봇 지능의 유기적 특성이다. 「건설기술 진흥법」 제20조가 건설기술인에게 정기적인 보수 교육을 의무화하듯, 로봇 역시 업데이트된 알고리즘에 대해 디지털 보수 교육에 상응하는 재인증(S/W Re-certification) 절차⁴⁸⁾를 거쳐야 한다.^[56]

기계의 ‘성능’을 넘어, 지능의 ‘숙련도’를 증명하는 법

구분	건설 기술인	건설 피지컬 AI
법적 근거	건설기술 진흥법	(가칭) 지능형 건설로봇 관리법
자격 증명	국가기술자격 및 역량지수	ODD 기반 지능 숙련 등급 (1~3급)
자격 유지	건설법 제20조 보수 교육	알고리즘 업데이트 및 보안 재인증
현장 배치	건설법 제40조 법정 배치 인원	지능 등급별 인력 대체 인정 및 쿼터제
책임 소재	기술인 면허 취소 및 처분	기계 등록 말소 및 운용 면허 정지
직무 범위	자격 종목에 따른 시공·관리	인증받은 환경 및 공정 내 자율 작업

로봇의 전문성 확립은 이를 운용하는 인적 인프라의 변화와 맞물려야 한다. 단순히 장비를 가동하는 기능공을 넘어, 로봇의 알고리즘과 현장의 생산성을 통합 관리하는 ‘디지털 공정 매니저’와 같은 신규 자격을 신설해야 한다. 이는 「고영향 인공지능 사업자 책무 가이드라인」이 제시하는 ‘사람의 관리·감독(Human-in-the-loop)’ 원칙을 산업적으로 구현하는 과정이다.^[57]

제도적 자격이란 로봇이 건설 현장의 단순한 이방인이 아닌, 공인된 전문성을 갖춘 동료로서 제 역할을 수행하게 만드는 필수적인 ‘산업적 시민

48) 로봇의 뇌에 해당하는 알고리즘이 업데이트될 때마다, 변경된 지능이 여전히 안전한지 다시 검증받는 절차

권'이다. 로봇에게 면허를 묻는 행위는 기술에 대한 통제가 아니라 그 전문성을 인정하고 산업의 진정한 구성원으로 받아들이기 위한 정중한 초대다. 자격 체계와 숙련도 가이드라인이 건설 법령의 견고한 근거 위에서 마련될 때, 로봇은 인간의 전문성을 무한히 확장하는 든든한 파트너로 거듭날 수 있다. 드디어 현장의 '법적 UFO'가 정식 여권을 발급받아 '산업적 시민권'을 얻게 된 셈이다. 이는 로봇을 단순한 도구가 아닌 공인된 협업 파트너로 맞이해야 할 엔지니어와 관리자의 역할 또한 근본적으로 재정 의되어야 함을 시사한다.

“내 자리는 어디에?” : 로봇과 사람이 현장에서 공생하기 위한 조건

최근 건설 현장에 협동 로봇(Cobot)이 도입되는 현상은 단순한 기계적 교체를 넘어선다. 이는 수천 년간 이어온 인간 중심의 건설 공정 자체를 해체하고 재구성하는 직무 거버넌스의 재정립이다. 지금까지의 건설이 인간의 신체적 한계 안에서 공법을 최적화해 왔다면, 피지컬 AI 시대의 거버넌스는 로봇의 강철 같은 근력과 엔지니어의 고차원적 시스템 설계 능력을 어떻게 공정의 최소 단위에서 결합할 것인가에 초점을 맞춘다. 시민권을 얻고 현장에 정식 배치된 로봇 동료를 위해, 엔지니어는 이제 '삽'을 든 현장 사수가 아니라 인공지능과 데이터라는 약기를 다루는 '디지털 지휘자'가 되어야 한다.

로봇이 인간의 안전을 지키는 든든한 '도구'를 넘어 일자리를 위협하는 '침입자'로 인식되는 순간, 기술 혁신은 거센 저항에 직면한다. 따라서 지능형 직무 거버넌스의 핵심은 기술적 효율을 넘어, 성과 공유제 등을 통해 로봇이 창출한 부가가치를 전사적인 안전 인프라 확충과 엔지니어의 역량 강화 비용으로 환원하는 포용적 설계에 있다. 정식 시민권을 얻은 로봇 동료와 한 팀이 되어 일하기 위해, 엔지니어는 이제 단순한 '도구의 사용자'를 넘어 전체 협업 시스템을 조율하는 '지능형 설계자'로 거듭나야 한다.

지능형 직무 거버넌스의 출발점은 공정을 가장 작은 단위로 쪼개고 이를 디지털로 제어하는 일이다. 이를 가능케 하는 핵심은 VLA(Vision-Language-Action)⁴⁹⁾ 모델이다.^{[58][59]} 이는 로봇에게 '눈치(시각)'와 '말귀(언어)'를 동시에 부여하는 VLA 모델을 통해 엔지니어는 복잡한 코딩 없이 일상적인 언어로 로봇의 작업을 지시하고 제어할 수 있게 된다. 또한, 실제 투입 전 가상 환경에서 수만 번의 예행연습을 거치는 Sim2Real(Simulation to Real)⁵⁰⁾ 기술은 엔지니어가 물리적 현장에서 발생할 수 있는 공정 오차와 안전 리스크를 사전에 완벽히 통제할 수 있는 강력한 '예방 주사'가 된다.^{[60][61]}

이러한 변화는 이미 건설사의 인재 지형도를 바꾸고 있다. 대형 건설사들이 AI 전용 인력을 수혈하는 것은 건설업이 데이터 기반 시스템 산

49) 로봇이 시각 정보(Vision)를 통해 상황을 파악하고, 인간의 자연어 명령을 이해하여, 실제 물리적 행동(Action)으로 즉시 연결하는 차세대 인공지능 모델

50) 가상 세계(시뮬레이션)에서 학습하고 검증한 데이터를 실제현장에 그대로 적용하는 기술

업으로 재정의되고 있음을 보여준다. 이는 필연적으로 「건설산업기본법」상 엄격히 구분된 업역 경계를 허물고, 복합 공종을 수행하는 로봇에 맞춘 새로운 직무 분류와 관리 체계의 재정립을 요구하게 될 것이다.

현장 사수에서 디지털 지휘자로: 엔지니어의 3단계 진화 시나리오

구분	1단계: 직무 보조	2단계: 직무 이양	3단계: 직무 통합
핵심 과제	하이브리드(인간+로봇) 공정 설계	원격 디지털 검측 및 시뮬레이션	자율 시공 시스템 아키텍처 설계
관리 포인트	로봇 투입 구간 안전 가이드 수립	로봇 수집 데이터 기반 의사결정	AI 알고리즘 무결성 및 보안 관리
엔지니어 역할	필드 엔지니어 (On-site)	데이터 감사 및 검증 (Auditor)	AX 프로젝트 매니저 (PM)
본사 관리직	기술 도입 타당성 및 ROI 분석	RaaS 공급망 및 리스크 관리	디지털 자산(지능) 포트폴리오 관리
제도적 보상	스마트 건설 기술 수당 신설	데이터 기획/관리 인센티브 부여	디지털 엔지니어 가점 및 승진

가장 극적인 변화는 엔지니어의 의사결정 방식에서 일어난다. 지금까지 엔지니어가 육안과 경험으로 현장을 관리했다면, 피지컬 AI 시대의 엔지니어는 로봇이 전송하는 실시간 점구름(Point Cloud) 데이터와 BIM 모델을 대조하여 '설계와 실제의 정합성'을 수학적으로 입증하는 주체가 된다. 이 과정에서 본사 관리직은 단순히 비용을 집행하는 부서가 아니라, '데이터 자산가'로서 현장의 효율성을 전사적으로 통합 관리하게 된다. 개별 현장에서 발생한 로봇의 학습 이력을 데이터베이스화하여 다른 현장으로 전사(傳寫)하는 지능의 자산화(Knowledge

Capitalization)⁵¹⁾가 본사 관리 조직의 핵심 역량이 되는 것이다.

로봇이 작업을 수행하더라도 법적·기술적 설명 책임은 결국 인간 엔지니어에게 남는다. 사고 발생 시 로봇의 블랙박스과 로그를 분석하여 원인을 규명해야 하기에, 엔지니어는 로봇의 운행설계영역(ODD)을 최적화하고 가이드라인을 모니터링하는 '알고리즘 감사인'의 책무를 지게 된다.

하지만 엔지니어가 아무리 완벽한 지휘자로 거듭나더라도, 파트너인 현장 근로자가 공포를 느낀다면 공연은 지속될 수 없다. 기술적 무결함이 현장의 심리적 안심으로 직결되지 않는다는 점은 피지컬 AI 도입의 실무적 뇌관이다. 특히 현행 「산업안전보건법」상 근로자의 '작업중지권'은 이러한 갈등이 표출되는 결정적인 접점이 될 수 있다. 로봇의 예기치 못한 거동을 정당한 위험인지로 볼 것인지, 막연한 거부감으로 볼 것인지에 대한 명확한 기준이 없다면 현장은 매 순간 멈춰 설 수밖에 없다.

최근의 「노란봉투법(노조법 2·3조 개정안)」 논의는 이러한 갈등을 단순한 노사 협상을 넘어 중대한 경영적 리스크로 격상시킨다. 로봇 도입이 '근로조건에 관한 결정'으로 간주될 경우, 이를 명분으로 한 쟁의행위가 정당화될 수 있기 때문이다. 이미 현대차 노조가 휴머노이드 '아틀라스' 도입에 강력한 거부권을 행사한 사례는 건설업계에 엄중한 경고를 던진다.^[62] 기술이 준비되어도 노사 합의라는 '사회적 펜스'를 넘

51) 개별 현장에서 로봇이 학습한 경험과 노하우를 데이터로 추출하여 전사적으로 공유 가능한 지식 자산으로 만드는 과정

지 못하면, 단 한 대의 로봇도 현장 문턱을 넘지 못하는 ‘기술적 락인(Lock-in)’에 직면할 것이다.

결국 로봇을 ‘동료’로 인정하는 직무 설계는 근로자가 로봇의 행동을 예측하고 통제할 수 있다는 신뢰, 즉 ‘데이터 기반의 심리적 안전 인프라’가 전제되어야 한다. 이러한 직무의 대전환은 결코 단시간에 완성될 수 없기에, 우리는 거대 기술의 장벽을 먼저 허물고 노·사·정 모두가 혁신을 실증해 볼 수 있는 ‘제도적 완충 지대’를 향해 눈을 돌려야 한다.

먼저 가보는 지름길 : 거대 기술의 장벽을 허무는 ‘규제 샌드박스’

건설 현장에 투입되는 협동 로봇과 피지컬 AI는 단순한 장비의 진화를 넘어, 전통적인 건설 공법의 근간을 흔드는 파괴적 혁신이다. 로봇은 이제 물리적 장비를 넘어선 ‘지능형 파트너’로서 존재감을 확장하고 있지만, 기술의 진보가 빛의 속도로 나아가는 반면 이를 뒷받침해야 할 법령과 제도적 울타리는 여전히 수동적인 규제 체계에 머물러 있는 ‘법적 지체(Legal Lag)⁵²⁾’ 현상이 뚜렷하다.

현행법 체계 내에서 AI 로봇의 자율적 판단이나 인간과의 협업 공정 은 명확한 안전 기준이 부재하여 법적 회색지대(Gray Zone)⁵³⁾에 방치

52) 기술의 발전 속도는 매우 빠른 데 반해, 이를 뒷받침하거나 규율하는 법과 제도의 정비 속도는 상대적으로 느려 발생하는 사회적 간극을 의미

53) 관련 법규가 아예 없거나 불명확하여 특정 행위(로봇의 자율 시공 등)가 불법인지 합법인지 판단하기 어려운 영역

되어 있다. 특히 「중대재해처벌법」 시행 이후, 대형 건설사가 막대한 자원을 투입하고도 사고 시 가중되는 법적 리스크 때문에 도입을 주저하는 사이 산업 전체의 ‘디지털 정체’는 심화되고 있다. 이제 필요한 것은 규제의 병목 현상을 해소하고, 법과 기술이 충돌할 때 발생하는 충격을 흡수해 주는 ‘제도적 에어백’이자 완충 지대인 ‘건설산업 특화 규제 샌드박스’의 활성화다.

규제의 늪을 건너 혁신의 땅으로: 샌드박스라는 ‘전략적 다리’

구분	현행 규제 체계	규제 샌드박스 적용	건설기업 기대 효과
법적 지위	기준 부재로 도입 지연	한시적 실증 특례 및 규제 면제	법적 불확실성 제거 및 조기 시장 진입
안전 인증	기존 장비 기준 강제 적용	위험관리방안 기반 임시 가이드	중대재해처벌법 면책 가이드라인 연계
데이터 활용	개인정보 보호 규제로 인한 제약	사전고지 전제 투명한 데이터 활용	알고리즘 고도화 및 현장 대응력 강화
정책 환류	개별 기업의 파편적 실증	표준시방서 및 안전지침 개정 반영	산업 표준 주도권 확보

규제 샌드박스⁵⁴⁾는 단순히 법적 의무를 면제해 주는 ‘특혜의 장’이 아니다. 기술 공급자에게는 실제 현장의 실증 데이터를 확보할 기회를 제공하고, 시공사에게는 기술의 실효성을 법적 불안감 없이 검증할 수 있는 전략적 요충지가 된다.

특히 샌드박스의 핵심은 ‘관리된 자율’에 있다. 기업이 샌드박스 안에서 「인공지능 투명성 확보 가이드라인」을 준수하며 수집한 데이터는

54) 새로운 제품이나 서비스가 출시될 때, 일정 기간 기존 규제를 면제하거나 유예해 주어 실증 테스트를 할 수 있게 하는 제도

향후 대한민국 건설 로봇 표준 가이드라인 수립을 위한 국가적 자산이 된다. 샌드박스에서 안전성이 입증된 공법은 즉시 공사 표준시방서에 반영되어 현장 보급 속도를 획기적으로 높여야 한다.

나아가 샌드박스 참여 기업에 대해 PQ 가점 부여나 스마트 건설 실적 인정 등 실질적인 인센티브가 반드시 뒷받침되어야 한다. 제도적 문턱을 낮추는 이 지름길이야말로 대한민국 건설 생태계가 기술의 늪을 건너 미래로 도약하는 가장 실효성 있는 발판이기 때문이다. 결국 현장의 ‘법적 UFO’가 정식 시민권을 얻고 안착하기 위해서는, 법적 리스크라는 암초를 피해 마음껏 이착륙 연습을 해볼 수 있는 ‘전략적 활주로(샌드박스)’가 필수적이다. 이 전용 활주로 위에서 규제가 혁신의 발목을 잡는 높이 아니라 전략적 트랙으로 작동할 때, 피지컬 AI는 비로소 건설산업의 새로운 생태계를 구축하는 핵심 엔진이 될 것이다.

AI 가속화로 변화하는 공공조달의 미래①

새로운 시장과 진짜 실력자의 출현

AI 건설 시대를 맞이하기 위한
높은 규범과의 이별



새로운 시장을 여는 런칭 고객

시장은 수요자와 공급자가 만나 재화와 서비스를 거래하는 유·무형의 공간이다. 이 단순하고도 명확한 원리는 민간뿐만 아니라 공공 영역에서도 동일하게 작동한다. 시대의 요구와 기술의 발전에 따라 거래의 대상이 진화하고 새로운 시장이 탄생하듯, 국가기관 역시 끊임없이 진화하는 거대한 구매자로서 시장의 한 축을 담당하고 있다.

시장은 구매자의 성격에 따라 크게 민간과 공공으로 나눌 수 있다. 그중 공공시장(공공조달)은 정부, 지방자치단체, 공공기관이 대국민 서비스 제공과 정책 수행에 필요한 물품·공사·용역을 외부로부터 사들

이는 경제 생태계를 뜻한다. 이러한 공공시장은 이윤 극대화가 최우선인 일반 민간 시장과는 뚜렷한 차이가 있다. 엄격한 법령에 기반한 ‘경쟁 입찰’을 원칙으로 하면서도, 중소기업 보호나 사회적 약자 기업 지원과 같은 ‘정책적 목적’을 동시에 달성해야 한다. 이러한 공공시장 규모는 2024년 기준 225.1조 원에 달할 정도로 크다.^[63] 2015년 관련 통계가 작성된 이후 매년 성장해 왔으며, GDP의 약 9%를 차지할 만큼 내수 경제에 막대한 과급력을 미치고 있다.^[64]

뿐만 아니라 과거의 공공조달이 단순히 국가 운영에 필요한 물자나 서비스를 사들이는 수단에 불과했다면, 이제는 판도가 완전히 변화되었다. 오늘날의 공공조달은 AI를 비롯한 첨단기술의 혁신을 이끌고 국가 경쟁력을 좌우하는 강력한 정책적 지원 도구로 위상이 높아졌다. 이는 미국과 유럽연합(EU) 등 글로벌 기술 패권을 쥐고 있는 주요 국가들의 정책 흐름에서도 여실히 드러난다.

이러한 역할 변화의 기저에는 AI 기술이 가진 엄청난 잠재력과 가혹한 현실의 딜레마가 자리 잡고 있다. 현재 AI에 대한 사회적 기대감은 국내외, 그리고 민관을 막론하고 최고조에 달해 있다. 글로벌 AI 시장 규모는 2025년 약 3,910억 달러에서 시작해 2030년까지 연평균 36%라는 경이로운 성장률을 기록할 것으로 전망된다.^[65] 하지만 장밋빛 전망이면의 현실은 절대 녹록지 않다. 시장을 선점하기 위한 막대한 투자가 무색하게도 실제 기업들이 진행한 AI 파일럿 프로젝트의 약 80%가 투자 대비 효과(ROI)를 증명하지 못해 도입에 실패한다^[66]는 뼈아픈 분석이 존재한다. 즉, 거대한 시장성이 예견되에도 불구하고 개별 기업이

온전히 감당하기에는 실패의 벽이 너무 높다. 공공조달이 단순한 ‘구매자’를 넘어 기술 혁신의 리스크를 분담하는 ‘튼튼한 후원자’가 되어야 하는 당위성이 바로 여기에 있다.

상황이 이렇다 보니, 현재 AI 시장에는 기술에 대한 ‘낙관적 기대’와 ‘현실적 우려’가 팽팽하게 맞서고 있다. AI 공급업체들은 시장 선점을 위해 연일 화려한 성능을 쏟아내며 장밋빛 미래를 홍보하고 있으나, 정작 지갑을 열어야 할 수요기업들은 데이터 유출이나 환각(Hallucination) 리스크 등 현실적인 장벽 앞에서 도입을 주저하고 멈춰서 있는 상황이다. 이처럼 ‘부풀려진 기대’와 ‘냉혹한 현실’ 사이에 깊은 계곡이 패어 있는 상황에서는 이 괴리를 명확히 진단하고 적절히 처방할 정부의 적극적인 개입이 절실하다.

구체적으로 기술 도입의 불확실성 앞에서 민간 기업들이 망설일 때, 정부가 기꺼이 시장의 확실한 첫 번째 구매자(First Buyer)로 나서준다면 상황은 완전히 뒤바뀔 수 있을 것이다. 정부의 선도적인 구매는 기업에 가문의 단비 같은 안정적 수요 기반을 제공할 뿐만 아니라, 민간 시장이 가장 안심하고 따를 수 있는 강력한 성공 사례를 만들어주기 때문이다. 다만, 이 막중한 역할을 성공적으로 수행하려면 단순히 국가 재정의 지갑을 여는 수준에 머물러서는 안 된다. 과거의 경직된 조달 관행에서 과감히 탈피해, 변하는 기술 속도에 발맞춘 새로운 혁신 조달 방식이 반드시 뒷받침되어야 한다. 가장 대표적인 사례가 유럽연합 집행위원회의 행보이다. 유럽연합(EU)은 아직 시장에 완전히 자리 잡지 못한 신기술을 선제적으로 도입하기 위해 공공 조달 혁신 제도를 채택하였다. 이때의

공공기관은 단순한 소비자가 아닌 혁신 기술이 세상에 나올 수 있도록 돕는 든든한 ‘런칭 고객(Launching Customer)’ 역할을 맡는다. 이러한 혁신 조달 방식은 공공의 구매력을 지렛대 삼아 새로운 시장을 창출하는 선순환 구조를 창출할 수 있다. 결과적으로 혁신적인 제품과 서비스가 시장에 빠르고 안정적으로 안착하는 효과가 있는 것이다. 또한, 뛰어난 기술력을 갖추고도 판로 개척에 어려움을 겪는 중소기업과 스타트업의 공공시장 진입장벽을 획기적으로 낮춰주는 효과도 발휘할 수 있다.

EU 공공 조달 혁신 (Public Procurement of Innovation, PPI)

혁신 공공 조달은 공공 구매자가 제공하지 않았거나 부분적으로만 이용할 수 있는 혁신적 솔루션을 구매하거나 개발하는 발주 방식이다. 여기에는 신규 또는 획기적으로 개선된 제품, 서비스, 작업 방식을 포함할 수 있다. 특정 PPI 절차 중 하나는 혁신 파트너십으로, 공공 구매자가 계약을 통해 혁신 기업과 협력함으로써 ‘런칭 고객’의 역할을 수행토록 한다.^[67] 이는 기술적 기회, 법적 규제, 시장 상황이라는 세 가지 핵심 요소로 정리된다.

1. 핵심 요소

- ① R&D와 공공 조달을 하나의 프로세스로 결합하여 AI와 같이 변화가 빠른 기술을 신속 도입
- ② 조달 절차 진행 중에도 지속적인 조정을 허용하여 기술 변화 주기에 유연하게 대응하고 사전에 정의된 성능 목표를 충족한 경우에만 구매할 수 있는 선택권을 가짐
- ③ 수동적인 소비자에서 디지털 전환을 이끄는 시장 형성자로 진화

2. 혁신 파트너십 활용 현황 (2016-2023)^[68]

- ① 총계약액 약 85억 유로 중 90% 이상을 혁신 파트너십으로 계약 체결
- ② 유럽연합(EU)과 유럽경제지역(EEA) 회원국 30개국 중 18개국이 혁신 공공 조달 파트너십 활용
- ③ 총계약액 60% 이상 중소기업 참여
- ④ 참가기업 68% 이상 디지털화, 친환경 또는 사회적 목표를 지향

정부가 초기 구매자로서 시장에 강력한 활력을 불어넣는 것만큼이나 잊지 말아야 할 것이 있다. 바로 AI가 낳을 수 있는 치명적인 오류나 데이터 편향성을 원천적으로 제어할 법적·기술적 안전장치를 견고하게 구축하는 일이다. 아무리 뛰어난 성능의 기술일지라도, 사회적 신뢰를 잃어버린 AI는 혁신을 끌어낼 수 없기 때문이다. 싱가포르의 이러한 상황을 예견하여 안전장치를 마련하였다. 공공 조달 단계에서부터 AI의 안전성과 투명성을 객관적으로 증명할 수 있는 AI Verify와 Project Moonshot 툴킷을 배포하였다. 이는 기술 도입과 함께 검증 도구를 제시함으로써 AI 기술에 대한 사회적 신뢰를 제도적으로 뒷받침한다. 우리 역시 싱가포르 사례를 거울삼아, 조달 혁신과 안전성 검증이라는 두 마리 토끼를 동시에 잡은 치밀한 접근이 필요하다.

이러한 글로벌 변화에 발맞춰, 우리 정부도 발 빠르게 움직이고 있다. 최근 공공조달의 새로운 청사진으로 ‘3대 비전과 4대 전략’을 수립하며, AI 신산업의 혁신성을 뒷받침할 구체적인 확산 방안을 제시한 사례가 대표적이다. 해당 정책 발표 내용을 살펴보면, 이 중 AI 기술 도입에 직접적인 가속 페달 역할을 하는 핵심 전략은 바로 ‘기업의 성장과 도약을 견인하는 공공조달’이다. 이 전략의 양대 축은 명확하다. 하나는 공공이 선도적으로 AI 제품 구매를 확대해 민간의 혁신성장 기반을 마련하는 것이고, 다른 하나는 낡고 복잡한 조달 체계에 AI를 이식해 행정의 효율성을 극대화하는 것이다. 구체적인 실행 방안도 눈에 띈다. 미국 연방조달청(GSA)의 선도적 행보를 벤치마킹하여 ‘공공조달 AI 전환 기본계획’을 수립하는 내용이 포함되어 있다.

싱가포르의 객관적 검증 기술 : AI Verify와 Project Moonshot

1. AI Verify (AI 거버넌스 테스트 프레임워크 및 툴킷)

AI Verify는 싱가포르 정보통신미디어개발청(IMDA)과 개인정보보호위원회(PDPC)가 개발한 세계 최초의 AI 거버넌스 테스트 프레임워크이자 소프트웨어 툴킷[69]

- 검증 대상 및 원칙 : 주로 지도학습 기반의 분류 및 회귀 모델 같은 전통적인 AI를 대상으로 하며, 투명성·설명 가능성·공정성·견고성 등 국제적으로 인정받는 11가지 AI 윤리 원칙에 따라 시스템을 평가[70]
- 평가 방식 : AI 시스템의 기술적 성능 테스트(알고리즘 편향성, 설명 가능성 등)와 기업의 내부 프로세스 점검을 결합하여, 기업이 자사 AI 시스템의 신뢰성을 투명하게 입증할 수 있도록 지원[69]
- 오픈소스 생태계 : 구글, 마이크로소프트, IBM, 메타 등 120개 이상의 글로벌 기업이 참여하는 'AI Verify Foundation'을 통해 오픈소스로 운영되며 국제 표준 개발에 기여[71]

2. Project Moonshot (생성형 AI 및 거대언어모델 전용 테스트 툴킷)

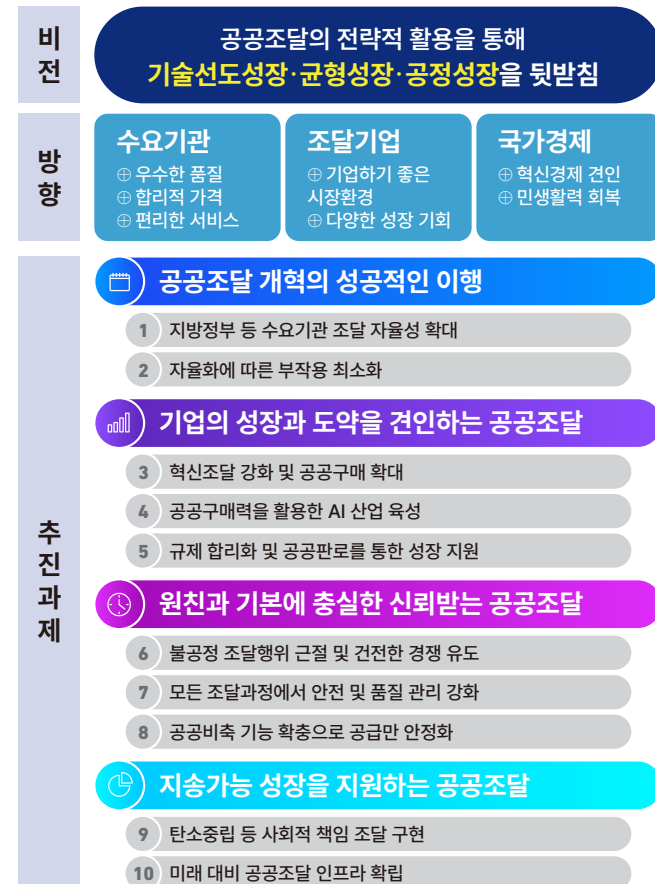
AI Verify가 챗GPT와 같은 거대언어모델(LLM)을 테스트할 수 없는 기술적 한계를 극복하기 위해 2024년에 새롭게 출시된 오픈소스 기반의 LLM 전용 테스트 툴킷[72]

- 벤치마킹과 모의 해킹(Red-Teaming) 결합 : AI 개발자와 규제 담당자가 벤치마킹과 레드팀 테스트를 단일 플랫폼에서 수행하여 LLM 애플리케이션의 안전성 검증
- 스타터 키트 내장 : 환각, 편향, 유해 콘텐츠, 데이터 유출, 프롬프트 인젝션(보안 장치 우회 공격) 등 생성형 AI의 4대 핵심 위험을 테스트할 수 있는 방법론과 가이드라인 제공[72]
- 직관적 결과 제공 : 비기술자인 조달 담당자나 경영진도 모델의 품질과 안전성을 쉽게 이해할 수 있도록 5단계 등급 시스템으로 결과 제공[73]

그 첫 단추로, 고도의 전문성과 방대한 데이터 처리가 요구되는 공사 원가 검토 업무 등에 AI 도입을 우선 추진하여 조달 행정의 효율화를 도모할 예정이다. 다만, 아쉬운 점도 있다. 전략 내에 공공공사와 관련된 여러 세부 과제가 포함되어 있기는 하나, 아직은 본격적인 AI 생태계

가속화보다는 건설 현장의 안전 및 품질관리 향상이라는 전통적인 목적에 다소 무게가 실려 있기 때문이다.

공공조달 전략적 활용과 세부 추진 과제



자료 : 조달청(2026), 2026년 주요 업무 추진계획

결국 우리 정부의 조달 전략은 현재 진입장벽 완화를 통한 초기 시장 창출에 집중되어 있다고 할 수 있다. 반면, 국외 주요국은 유연한 조달 프레임워크를 바탕으로 기술 검증의 내재화를 동시에 추구한다는 점에 차이가 있다. 이러한 글로벌 트렌드와 우리의 현실을 종합해 볼 때, 성공적인 공공조달 AI 전환을 위해 다음 두 가지의 접근이 필요하다.

① 진흥의 가속 페달에 보호라는 브레이크 장착

현재 조달청의 공공조달 AI 전환계획은 규제 합리화와 진입 문턱을 낮추는 데 초점이 맞춰져 있다. 이는 자칫 데이터 주권과 보안 통제에 치명적인 사각지대를 만들 우려가 크다. 미국과 유럽의 사례를 거울삼아, 우리도 공급업체 종속을 방지하고 데이터 이식성과 알고리즘의 투명성을 강제하는 강력한 표준 계약 조항을 선제적으로 도입해야 한다. 공공의 이름으로 무분별하게 기술을 도입하다가 데이터 유출이나 저작권 침해라는 거대한 부메랑을 맞지 않도록, 혁신을 지키는 촘촘한 방어벽이 먼저 제시되어야 할 필요가 있다.

② 사람의 주관적 평가에서 시스템 기반의 정량적 검증으로 진화

우리 정부는 평가위원 관리를 강화하는 전문평가제 도입을 해결책으로 제시하였다. 하지만 글로벌 시장은 이미 사람의 정성적 평가에서 시스템에 의한 정량적 기술 검증의 단계로 변화하고 있다. AI라는 고도의 기술을 도입하며 막대한 혈세 낭비를 막고 실질적인 혁신을 끌어내려면, 싱가포르의 사례처럼 AI의 신뢰성을 직접 검증할 수 있는 진단 도구와 공공 테스트베드 플랫폼을 조달 프로세스에 이식할 것을 고려할 필요가 있다.

새로운 시장에 진짜 실력자는 누구인가

현행 공공공사의 일반적인 조달 방식은 「조달사업에 관한 법률」에 따라 크게 두 축으로 나뉜다. 조달청이 수요기관의 위탁을 받아 발주를 전담하는 중앙조달과 수요기관이 직접 관련 업무를 수행하는 자체조달이다. 이때 입·낙찰 방식의 향방은 계약 법령에 따라 공사 규모별로 매우 엄격하게 쪼개진다. 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률(국가계약법)」 기준으로 살펴보면, 100억 미만은 적격심사, 100억 이상 300억 미만은 간이형 종합심사낙찰제, 300억 이상 공사는 종합심사낙찰제를 적용하고 있는 것과 같이 말이다. 또한 고난도 기술을 필요로 하는 공사의 경우 기술형입찰을 통해 발주된다.

결론적으로 현재 우리 공공조달은 여러 입·낙찰 방식이 운영되고 있지만, 결국 낙찰자를 결정짓는 기준은 가격과 과거 성과(경력·실적)로 귀결된다. 이러한 근거는 「국가계약법」 제10조와 「지방자치단체를 당사자로 하는 계약에 관한 법률(지방계약법)」 제13조에 규율되어 있다. 여기서 우리가 직시해야 할 점은 가격의 절대적 지배력이다. 입찰자 평가에 있어 가격은 낙찰자를 결정하는 가장 중요한 변수로 작용한다. 이는 한정된 국가 재정 안에서 예산을 효율적 집행해야 하는 비용 절감의 압박, 낙찰하한율에 근접해야 하는 기준이 결합하여 나타난 결과이다.

이러한 구조적 모순은 현행 심사 제도에서 극명하게 드러난다. 적격 심사의 경우 입찰자들의 계약이행능력 평가가 평준화되면서, 낙찰자는 무작위로 추첨이 되는 복수예비가격에 ‘운 좋게’ 가장 근접한 투찰자로

결정된다. 종합심사낙찰제는 본래 가격 경쟁의 탈피하고 기술 중심 경쟁 유도를 위해 도입되었다. 하지만 대다수 입찰자가 비가격(기술 및 실적) 평가 요소에서 이미 만점을 획득을 해버리기 때문에 제도의 본질적인 변별력은 거의 없다고 볼 수 있다. 결국 가격 경쟁으로 변질된 실정이다.^[74] 관련 규정을 보면 이러한 상황 이해에 도움이 된다. 「조달청 공사계약 종합심사낙찰제 심사세부기준」에 따르면 일반 및 고난도 공사의 공사수행능력과 입찰금액 심사 항목의 배점 기준이 동일하다. 앞서 짚었듯 공사수행능력 평가 점수가 동점인 경우가 허다한 현실을 고려하면 서류상의 균형은 껍데기에 불과하다. 결국 마지막까지 유일한 변수인 입찰금액이 수주의 당락을 가르는 절대적 기준이 된다. 기술의 파괴적 혁신성이나 미래 가치보다는 ‘누가 더 싸게 할 수 있는가?’를 묻는 경직된 가격표가 중요한 것이다. 이러한 비용 중심의 뒤통수에 갇혀 있는 한, 건설산업의 AI 전환이란 과감한 도약을 기대하기는 어렵다.

현재 AI 기술은 예상을 뛰어넘는 속도로 진화하고 있으며, 국내·외 모든 산업은 살아남기 위해 사활을 건 구조 재편에 돌입하였다. 이 거대한 파도 앞에서 공공공사 조달 시장의 변화 또한 선택이 아닌 생존을 위한 필연이다. 따라서 기존 입·낙찰 제도의 표면적인 수정이나 땀질식 보완만으로 해결은 요원하다. AI를 포함한 기술이 거래되는 새로운 시장에서 건설산업 혁신을 이끌어갈 진짜 실력자를 가려낼 새로운 평가 시스템이 마련되어야 한다.

다행인 점은 정부도 이를 인식하고 공공건설 조달 시장에서도 변화를 꾀하고 있다는 점이다. 과거의 막연한 ‘경험 의존적’관행을 과감히 벗어

던지고, 데이터와 AI 중심의 지식 집약적 디지털 생태계로 빠르게 전환하고 있는 점이 그렇다. 이미 다음과 같은 의미 있는 제도적 진전 또한 이루었다.

- 기술형 입찰 반영(2023. 10)
「건설기술진흥업무 운영규정」을 개정하여 평가 항목에 스마트 건설기술의 배점과 구체적인 방법 및 절차를 마련
- 엔지니어링 심사의 진화(2023. 12 ~ 2025. 6)
「건설엔지니어링 종합심사낙찰제 심사기준」을 통해 스마트 건설기술 평가 항목을 고도화. 구체적으로 2023년 12월 전문가 역량 내에 BIM 등 스마트 건설기술인 평가 항목을 신설한 데 이어, 2025년 6월 개정을 통해 스마트 건설기술이라는 독립된 평가 항목으로 분리

하지만 가장 막대한 예산이 투입되는 시공 단계의 공사계약 종합심사낙찰제는 관련 평가 항목이 부재하다. 즉, 공사계약 심사에 기술력 확보를 유도하는 장치가 부족하다는 것을 의미한다. 종합하면, 설계 단계에 AI 및 디지털 관련 기술 도입을 평가한들 시공사를 선정하는 잣대가 과거 낡은 기준에 머물러 있어 해당 사업의 AI 활용 확대는 요원할 수밖에 없다. 진짜 실력자를 현장으로 끌어들이기 위해 이 끊어진 제도의 다리를 시급히 연결해야만 한다.

건설 엔지니어링과 공사계약의 종합심사낙찰제 심사 항목 비교

기본계획 기본설계 실시설계
종합기술제안서 심사기준일반공사 심사항목
및 배점기준

심사항목		배점	
대분류	중분류	정량	정성
수행능력	기술보유(10)	기술적이행능력 평가	6 4
	사업수행방법(20)	사업목적의 이해도 및 방법론(5)	- 5
		건설엔지니어링 수행 조직의 운영 방법(5)	5
		과업내용서에 대한 개선사항(10)	10
	작업 및 직원 투입 계획(10)	작업계획(2)	2
		직원투입계획(8) -업무중복도(정량8)	8 -
	전문가역량(55)	건설엔지니어링에 투입되는 핵심전문가 역량(30) -핵심전문가의 유사실적, 경력 등 양적평가(정량25) -핵심전문가의 수행경험, 문제해결 등 질적평가(정성5)	25 5
		핵심전문가 인터뷰 평가(25) -사업책임기술인 인터뷰평가(정성10) -분야별 책임기술인 인터뷰 평가(정성 15)	25
	스마트 건설 기술(5)	BIM 등 스마트 건설기술 활용(5) -BIM 전문인력 구성, 프로그램 구비, 실적(정량2) -BIM 등 스마트 건설기술 활용 및 역량(정성3)	2 3
		인력고용(가점) -건설기술인 신규고용(최대1점, 1~3%까지 차등) -젊은기술인 참여비율(최대1점, 1~5%까지 차등)	최대 +2 가점
	사회적 책임(가점)	공정거래(가점)	최대 -2 감점
		평가 공정성 적정성 저해우려 사항, 제인사 작성위반 등 -제안서 및 책임기술인 발표에서 꼭 필요하지 않은 수식어 등 특정문구 반복 언급(감점1~2점)	최대 -10 감점
	평가 관련 신뢰도(감점)		
합계		41	59

자료 : (국토부) 건설엔지니어링 종합심사낙찰제 심사기준 [2025. 6. 20.], 조달청 공사계약 종합심사낙찰제 심사기준 [시행 2026. 1. 26.]

시야를 밖으로 돌려보면, 미국·영국·호주 등 주요국들은 AI 기술 도입을 위해 공공조달 변화를 꾀하고 있다. 이들의 조달 혁신 트렌드는 크게 세 가지 세부 전략으로 요약된다.

앞서 살펴본 해외 주요국들은 공공조달과 AI 기술을 결합하여 기존과 다른 새로운 차원의 가치 체계를 구축하고, 참여 조달 기업의 디지털 역량을 요구하고 있다. 이는 다가올 미래의 공공공사 수주 경쟁력이 더 이상 벽돌을 쌓고 콘크리트를 붓는 일차원적인 물리적 토목·건축 시공 능력에만 머물지 않을 것임을 시사한다. 이는 앞으로 건설 시장의 패권을 쥐게 될 진정한 경쟁력은 눈에 보이지 않는 것으로 향방이 결정될

수 있음을 뜻한다. 현장의 모든 요소를 데이터로 구현해 내는 정교한 디지털 자산의 성공적인 생성 능력, 그리고 이를 국가 안보와 엄격한 윤리적 기준 안에서 빈틈없이 통제해 내는 디지털 엔지니어링 역량이 기업의 생존과 수주의 당락을 완벽하게 좌우하게 될 것이다.

• (호주) 일회성 평가에서 연속적 평가 체계 도입

전통적인 조달 방식에 기술평가가 계약 체결 단계에서 완료되었다면, AI 기반 모델을 통해 지속적으로 이루어지는 특성.^[75] 즉, AI 기술의 빠른 진화 속도와 학습 주기에 맞춰 조달 과정 전반에 걸쳐 기술의 성능과 안전성을 지속적으로 검증하는 연속적 평가 체계로 전환

• (미국·호주) 주권형 AI 규제와 글로벌 공급망 다변화^[76]

국가 안보와 직결되는 데이터 및 기술 종속을 막기 위해 데이터 주권을 대폭 강화. 동시에 소수 거대 빅테크 기업에 휘둘리지 않도록 글로벌 공급망을 다변화하는 치밀한 안보 전략을 조달 시스템에 반영

• (영국) 중소기업 입찰 참가 장려를 위한 지원 수단 마련^[77]

AI 동적 구매 시스템⁵⁵⁾ 중소기업 공급자 등록 비용 무료화 및 절차 간소화, 「조달법 2023」에 근거한 발주청이 중소기업 진입 장벽 제거할 법적 의무 부여

55) AI 동적 구매 시스템(AI Dynamic Procurement System)은 급변하는 AI 시장에서 공급자 경쟁에 신속하게 접근할 수 있도록 설계된 영국 최초의 AI 전담 조달 시스템이며, 「조달법 2023(Procurement Act 2023)에 근거하여 운영

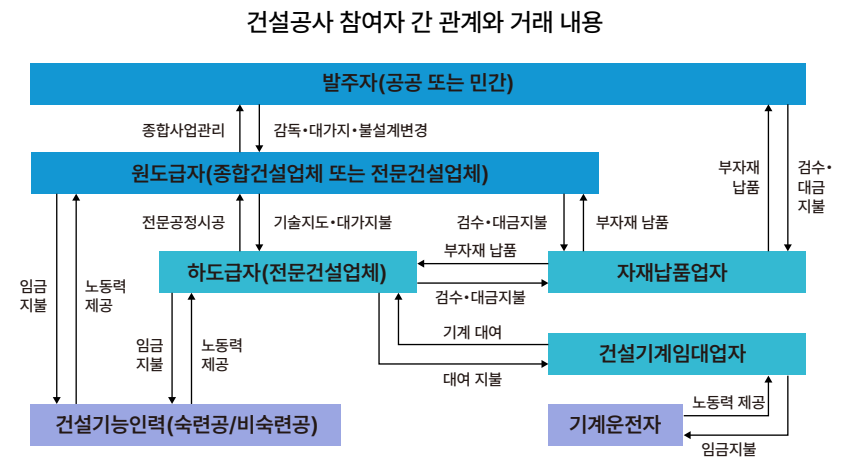
AI 가속화로 변화하는 공공 조달의 미래②

원팀으로 전환하여
'네 탓 내 탓 해소'AI 건설 시대를 맞이하기 위한
높은 규범과의 이별같은 팀인데 서로 다른 팀?
이제는 원팀(One Team)으로

계약 체결이 완료된 프로젝트는 다음 참고 그림과 같이 거대하고 복잡한 팀을 이룬다. 물론 발주 방식과 해당 건설공사의 특성에 따라 구체적인 형태는 서로 다르지만, 하나의 공통점이 있다. 바로 수많은 참여자가 매우 복잡하고 다층적인 이해관계로 얽혀 있다는 것이다. 일반적으로 발주자를 정점으로 하여, 원도급자와 수많은 하도급자는 도급계약 관계로 묶인다.

결국 이러한 복잡한 도급계약 거래 관계는 동일 프로젝트 구성원 간 팽배한 불신을 불러일으키고 이런 감정적 갈등을 넘어, 결속력을 무너

뜨리며 막대한 자본과 시간을 갉아먹는 치명적인 리스크로 작용한다. 끝없는 의심과 방어적인 태도는 프로젝트의 경제적 안전성을 심각하게 훼손하고, 공사의 비정상적인 흐름과 품질이 저해되는 결과로 이어지기 때문이다. 이러한 상황을 막기 위해 우리 건설산업은 규제라는 방어 기제를 주로 이용해 왔다. 즉, 복잡한 도급 관계 속에서 끊임없이 파생되는 불합리한 계약과 불공정거래 행위를 통제하여 최소한의 강제적 신뢰와 상생이라도 유지하기 위해 마련된 법적 장치인 것이다.



자료 : 김성일 외(2015), 건설공사 참여자 간 불공정거래 개선방안 연구, 국토연구원

단적인 예가 아래 표에 제시한 규제들이다. 해당 내용을 살펴보면, 직접 지급, 지급보증, 적정성 심사, 부당 특약 금지 등은 상대가 약속을 안 지킬 수 있다는 전제를 깔고 설계된 불신 기반 규제이다. 또한 불법하도급 금지, 재하도급 관리의무 등은 실제 시공 주체를 믿을 수 없다는 우

려에서 나온 책임 추적 규제라고 볼 수 있다. 이는 자발적인 협력이 불가능한 구조 속에서, 법의 테두리를 빌려서라도 어떻게든 시스템을 굴러가게 하려 했던 우리 산업의 씩씩한 자화상이기도 하다.

같은 목적을 위해 뭉친 팀 구성원(계약당사자) 간 불신으로 만들어진 건설 규제 현황

관계	규제	법령·규정	규제 배경
발주자 ↔ 원도급자 (시공사)	하도급 대금 직접 지급	건설법 제35조, 하도급법 제14조	- 공사대금이 하도급자·근로자에게 지급되지 않는 상황 → 발주자가 원도급자의 자금 운용 및 집행에 의문
	불법하도급 금지	건설법 제25조, 제29조, 제82조	- 공사의 전부·주요 부분을 넘기는 일괄도급·재하도급 발생 → 원도급자의 시공 품질 책임에 대한 신뢰성에 의문
	하도급 적정성 심사	건설법 제34조	- 하도급액 비율이 낮은 계약 품질·안전·임금 체불 만연 → 너무 싼 계약에 대해서 발주자 불신 확대
	전자 대금 지급 시스템	건설법, 하도급법, 국토부 지침 등	- 발주자가 지급한 대금 분배에 대한 신뢰성 의문 - 하도급·근로자 대금이 어디서 막히는지 알 수 없는 구조
발주자 ↔ 원도급자 (시공사)	서면계약·변경 계약서	하도급법 제3조	- 원도급자와 하도급자 간 계약 내용 분쟁 반복 지속 → 상대방의 의사 및 약속을 신뢰할 수 없게 된 결과
	부당특약 금지·무효화	하도급법 제3조의4	- 하자·민원 등 명분으로 기성금 일부 장기간 유보 또는 공사와 무관한 위험까지 떠넘기는 관행 → 하도급자 '계약서 믿을 수 없다'고 인식
	하도급 대금 연동제	하도급법 제16조의2	- 원자재·에너지 가격 급등 시 리스크 사전 회피 → 서로 상대의 비용 및 리스크에 대한 불신
	지급보증 의무화·직접 지급 강화	하도급법 제13조의2, 제14조	- 하도급자는 원수급자의 지급능력, 원수급자는 하도급자의 작업 수행을 신뢰하지 않는 이중 불신 구조

이뿐만이 아니다. 우리 건설산업에서는 서로를 믿지 못하여 제3자 또는 시스템이 개입하도록 설계된 규제도 있다. 대표적으로는 입찰·계약 단계의 불신을 대체하기 위한 전자입찰 및 전자조달 시스템, 인력 사용·

임금 산정에 대한 불신을 해소하기 위한 전자카드 기반 출·퇴근 시스템, 형식상 등록 요건만 갖춘 입찰 참가기업 자격 제한 시스템 등이 대표적이다. 이러한 제3자 및 시스템 개입형 규제의 전제는 상대방이 약속·관행을 지킬 것을 신뢰하지 않는다는 것에 전제하여 도입된 규제 들이다.

이러한 불신 원인은 특정 당사자의 도덕적 해이만으로 설명되지 않는다. 이는 저가 입찰을 유도하는 계약 및 발주 구조 → 원가 부족 → 하도급 단가 압박 → 부실시공·대금 미지급 → 분쟁·법정 공방으로 이어지는 구조적 악순환이 내재하여 있기 때문이다. 이를 견제해야 할 공사감독관 및 감리마저 산업적 관행으로 치부하는 현실이 불가피한 선택을 하도록 만들고 있다.

원팀(One Team) 전환의 본질은 단순히 다 같이 잘해보자는 선언적 구호가 아니다. 그것은 '불신이 합리적 선택'이었던 기존의 구조를 뒤엎고, '협력이 가장 합리적 선택'이 되는 구조로 교체하는 작업이다. 이러한 체질 개선은 규제의 철폐를 강화하는 것만으로 이뤄낼 수 없다. 즉, 적절한 공사비로 정직하게 경쟁한 시공사가 더 많이 기회를 얻고, 하도급대금을 적기 지급하는 원도급사가 최고의 파트너를 얻으며, 투명한 감리가 품질을 보장하는 견고한 선순환 구조가 현장에 정착되어야 한다. 규제의 강제가 아닌 시장의 자발적인 신뢰가 곧 이윤과 생존으로 직결될 때, 진정한 의미의 원팀이 완성될 수 있다.

진짜 실력자와 상호 신뢰가 결합한 발주 방식

우리 공공건설의 발주 방식은 대부분 설계와 시공을 분리하여 발주한다. 이 구조의 핵심 목적은 설계의 전문성 확보, 명확한 공사비 산출, 발주자의 설계 의도 관철이다. 이는 품질 향상, 공사비 투명성 및 경쟁 촉진을 통해 부실시공을 방지하고 합리적인 공사를 추진하는 목적도 있다. 그러나 50년 이상 동일 방식이 지속되면서 설계와 시공 단계 단절로 인한 폐해, 리스크 일방적 전가, 기술 혁신 차단 등 구조적 부작용도 고착시켰다. 따라서 설계와 시공이 철저히 분절된 발주 방식은 이미 한계에 다다랐다. 최근에는 기술력을 갖춘 실력자들 유입을 차단하고, AI 기술 안착을 가로막는 가장 거대한 장애물로 작용하고 있다.

혁신을 질식시키는 '최저가 수주'와 '서류 작업의 늪'

현행 발주 및 계약 구조는 압도적인 기술력과 노하우를 가진 '전문가'보다 단가를 낮춰 수주부터 하고 보는 '최저가 낙찰 업체'가 살아남는 구조이다. 프로젝트의 성패와 원가 절감의 핵심은 '어떻게 지을 것인가'에 달려있음에도, 설계가 끝난 뒤에야 시공자가 선정되는 단절된 구조 탓에 도면에 내재한 치명적인 오류를 뻔히 알면서도 계약상의 한계로 덮고 넘어가는 일이 다반사이다. 이는 설계 단계에서 쏟아져 나온 방대한 결과물이 시공 단계로 넘어가는 '단절 구간'에서 발생하는 비효율성 때문이

다. 이 외에도 잦은 설계 변경과 리스크 전가 속에서 서로 책임을 떠넘기는 '상호 배타적 대립 관계'에 갇히게 된다. 따라서 가치 창출보다는 원가 방어를 위한 소모적인 서류 작업과 분쟁에 매몰되는 것이 현실이다.

데이터의 무덤이 되어버린 건설산업

건설업계에 AI를 도입하려는 수많은 시도가 번번이 좌절된 이유도 명확하다. AI가 폭발적인 성능을 발휘하려면 '양질의 데이터'가 흘러야 하지만, 현재의 분절된 프로세스는 '데이터의 무덤'과 같다. 설계사가 만든 데이터와 시공사가 현장에서 생성한 데이터는 각자의 시스템에 철저히 갇히게 된다. 전 과정의 데이터가 하나로 관통하지 못해 AI 기반의 자동 설계나 공기 지연 예측하기 어렵고, 발주자조차 통합 데이터를 손에 쥌 수 없다. 현재 발주 방식이 계속해서 유지된다면, 서로 책임을 회피하고 떠넘기는 상황이 지속되고 유기적인 협력보다 소모적인 갈등과 충돌이 계속 발생하게 된다.

진짜 실력자들이 뛰는 무대, '통합발주방식(IPD)'

이러한 물리적·계약적 장벽을 단숨에 허물고, 진짜 실력자들이 AI라는 무기를 쥐고 플레이어로서 마음껏 활동할 수 있는 최적의 무대가 바

로 ‘통합발주방식(Integrated Project Delivery)’이다. IPD는 단순한 단가 경쟁이 아닌, 참여자의 기술력과 협업 능력을 기준으로 발주자-설계자-시공자를 선정하여 프로젝트 초기(기획 단계)부터 완벽한 ‘원팀(One Team)’으로 결속시킨다. 실력자들이 모여 빚어낸 아이디어는 공통데이터환경(CDE)에 즉각 반영되며, 여기에 AI가 투입되어 수천 가지 대안 중 비용과 공기를 최적화하는 시뮬레이션을 수행해 현장의 오류를 사전 차단한다.

무엇보다 다자간 계약과 목표 이익 공유 구조를 가진 IPD 체계에서는 누구도 데이터를 숨길 이유가 없다. 투명하게 공유된 방대한 데이터는 AI 모델을 정교하게 학습시키고, 이는 극적인 원가 절감과 이익 창출로 직결되어 모든 참여자에게 정당한 보상으로 돌아가는 강력한 선순환을 조성한다.

혁신을 움아매는 IPD 도입의 법적·제도적 장벽

해외 선진국에서 증명된 IPD 발주 모델이 우리 건설산업에 뿌리내리지 못하는 이유는 명확하다. 이를 움아매고 있는 견고한 족쇄는 크게 세 가지로 나눌 수 있다.

• 기존 법령의 한계(양자 계약의 덫)

현행 국가계약법은 1:1 양자 간의 계약만을 전제로 설계되어 있다. 발주자, 설계사, 시공사가 운명 공동체로 묶여 위험과 이익을 완벽히 공유하는 ‘다자간 공동 계약’이라는 개념을 포함하지 않고 있다.

• 경직된 대가 산정 체계(15% 이윤 상한선)

IPD는 “목표 원가를 초과 절감하면 그 차액을 다자가 나눠 갖는다”는 원칙이 핵심이다. 그러나 우리 공공공사에서 계약예규 「예정가격작성기준」 제21조는 시공자의 이윤을 엄격히 최대 15%로 제한한다. 혁신을 통해 원가를 절감하고 인센티브를 받는 순간, 법적 상한을 초과하여 ‘부정당업자 제재’를 받게 되는 기형적인 구조이다.

• 유연하지 못한 예산회계의 장벽

국가의 예산을 통제하는 「국고금관리법」과 「국가재정법」은 모든 지출이 사전에 정해진 ‘예산의 범위 내’에서만 집행할 수 있도록 규율한다. 성과연동 인센티브는 프로젝트 종료 후 사후적으로 결정된다. 따라서 예산 편성 단계에서 정확히 예측하고 반영하는 것은 현실적으로 어려우며, 인센티브 책정과 지출은 기존 체계에서 적용할 수 없다.

성과연동 인센티브가 공공 계약에 뿌리내리지 못하는 것은 단순한 규제 하나의 문제가 아니다. 양자 계약 중심의 법령, 이윤율의 법적 상한, 그리고 예산회계의 굳건한 대원칙이라는 ‘다층적 법적 족쇄’가 톱니바퀴

처럼 빈틈없이 맞물려 도입을 가로막고 있는 셈이다. 따라서 진정으로 우리 건설산업이 AI 시대의 패권을 쥐기 위해 IPD를 도입하고자 한다면, 시행령 몇 줄을 고치는 단편적 처방으로는 턱없이 부족하다. 「국가계약법」에 ‘성과연동형 계약 조항’을 신설하고, 이에 부합하는 이윤율 상한의 예외 규정과 유연한 예산 편성 기준 개정을 반드시 병행해야 한다.

AI가 생태계 전반에 깊숙이 체화될 새로운 건설 시장은 단순한 ‘수주전’에만 매몰된 과거의 승자들이 아니라 압도적인 기술 역량으로 무장한 ‘진짜 실력자’들이 주도적으로 이끌어가야만 한다. 이들이 새로운 무대 위에서 마음껏 역량을 펼치며 산업을 견인할 수 있도록 기존 조달 및 계약 방식의 판 자체를 근본적으로 뜯어고치는 정책적 결단이 그 어느 때보다 절실하게 요구되는 시점이다.

AI 가속화로 변화하는 공공조달의 미래③

AI가 자동 정산하는 하이패스 현장

AI 건설 시대를 맞이하기 위한
낮은 규범과의 이별



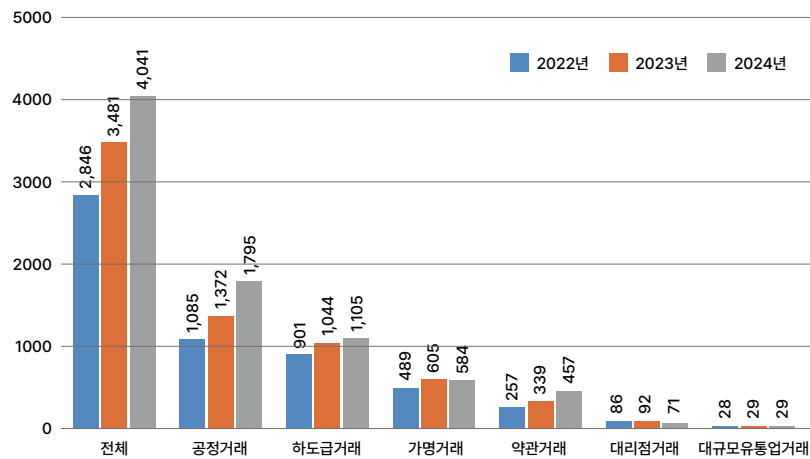
AI 검측으로 기성 지급 전쟁 종식

우리 건설산업 내 불신은 다양한 형태로 발현되지만, 그중에서도 가장 치명적이고 빈번하게 터지는 뇌관은 단연 ‘비용(대금)’ 문제다. 이는 단순히 현장 내의 갈등으로 끝나지 않고, 국가 운영에 필수적인 건설공사와 용역을 적기에 조달하고 공급하는 국가적 혈맥마저 심각하게 위협한다.

한국공정거래조정원의 자료는 우리 건설의 기성 지급 분쟁의 현실을 그대로 보여준다. 2024년 기준 전체 분쟁조정 건수는 무려 4,041건으로 전년 대비 16%나 증가한 역대 최고치를 기록하였다. 특히 하도급 거래 분야는 1,105건으로 2023년 대비 6% 증가를 기록하였다.

이는 해당 시기 건설 경기 악화와 투명하지 못한 시스템이 낳은 구조적 문제로 요약가능하며,^[78] 그 갈등 한가운데에는 기성 지급 과정의 불투명성이 자리 잡고 있다. 실제 지난 2024년 분쟁 사유를 들여다 보면, 대금 미지급(746건)을 필두로, 부당한 하도급대금 결정(75건), 조정의무 위반(69건), 부당감액(41건), 발주자 직접 지급 의무 위반(23건), 공급원가 변동에 따른 조정의무 위반(18건) 등 비용과 관련된 분쟁이 전체 하도급 갈등의 88%를 차지한다. 이러한 건설 하도급 기성 지급 방식의 근본적인 문제는 ①주관적 검측, ②증적 부재, ③정보 비대칭, ④지급 지연으로 볼 수 있다. 결국 수백 건에 달하는 분쟁의 껍데기를 벗겨내면, 그 본질은 산정 기준 불일치, 검측 기록의 증발, 정보 단절이라는 불신의 트라이앵글이 도사리고 있다.

최근 3년간 거래 분야별 분쟁조정 접수 현황



자료 : 한국공정거래조정원(2025), 2024년 분쟁조정 역대 최대 접수 및 처리

다행인 점은 건설산업에 AI 활용이 확산되며 기성지급과 관련하여서도 변화가 예상된다는 점이다. AI와 데이터를 활용한 검측은 단순한 '현장의 디지털화' 수준을 뛰어넘는다. 이는 만연한 불신과 갈등으로 찢든 기성 지급의 전 과정을 투명하게 뜯어고치는 '신뢰 구조의 완벽한 재설계'라 할 수 있다.

이러한 현장의 기성 지급 시스템을 혁신하기 위해 데이터 기반 검측 기술이 반드시 도입되어야 하는 이유와 그 궁극적인 목적은 다음의 5가지 차원으로 요약할 수 있다.

· 객관적 산정

기존 건설공사 검측 방식은 감리원 또는 공사 관리자가 육안 또는 수기 측량으로 진척도를 산정함을 원칙으로 한다. 이 방식은 담당자 역량과 입장에 따라 편차가 발생할 수 있으며, 이는 기성 분쟁의 직접적 발화점이 되기에 AI와 데이터를 활용한 검측으로 객관성을 확보해야 한다.

· 법적 증거력 확보

종이 서류나 엑셀 기반 검측 대장은 사후 수정이 가능하고, 분쟁 발생 시 위변조 의혹으로 증거 능력이 훼손되며, 소송의 장기화의 주요 원인으로 작용^[79]하기에 사후 수정이 불가능한 데이터 기반 검측을 통해 이를 개선해야 한다.

· 실시간 정보공유로 정보비대칭 해소^[80]

현행 방식에서 발주처, 원도급사, 하도급사는 각자 별도의 공사 기록을 관리하며, 기성 산정 시점에 수치를 확인한다. 이러한 정보 단절 현상은 불신과 분쟁의 온상이 되는 당연하기에 이를 개선해야 한다.

· 기성 지급 자동화

데이터 기반 검측의 목적은 조건 충족 시 즉시 지급이 자동 실행되는 계약 구조이다. Stanford CIFE 실증 연구에서 실제 상업 건설 7개 하도급사에 기성을 자동 지급한 결과 소요 기간을 기존 30일에서 수 시간 내로 단축한 것을 입증^[81]한 것과 같이 이를 보편화해야 한다.

· 정확한 비용 집행 기록

발주처 입장에서 데이터 기반 검측은 공사비 편차 실시간 추적, 부당 기성 청구 방지, 감사 효율화 등 효과로 예산집행의 책임성을 확보하는 수단으로 이용할 수 있다.

이 5가지 목적은 독립적이지 않으며, 기술적 정확성으로 담보하여 신뢰의 선순환 구조를 형성한다. 이러한 기성 지급의 자동화는 단순히 건설산업 전반의 거래 비용을 획기적으로 낮추는 데 그치지 않는다. 국가 공공조달의 궁극적 목표인 '적기 구매를 통한 안정적인 공공 서비스 제공'이라는 막중한 책임까지 완벽하게 충족시키는 강력한 무기가 된다.

이미 해외와 국내 현장에서는 이러한 혁신이 현실로 증명되고 있다. 앞서 언급한 스탠퍼드 대학교(Stanford CIFE) 연구팀은 드론과 지상 로봇을 3D 설계 모델(BIM)과 연계하여 기성을 자동으로 산정하고 지급하는 시스템을 개발했다. 이때 7개 하도급사에 지급된 투명한 기성 근

거는 탈중앙화 시스템⁵⁶⁾에 분산 저장되어 누구도 임의로 위변조할 수 없게 설계되었다. 국내 현장에서도 이와 유사한 괄목할 만한 성과가 이미 있다. 포스코이앤씨(POSCO E&C)가 개발한 'IoT 기반 철근 스마트 품질관리 시스템'이다. 이 기술은 복잡한 수량 산출서와 시공 상세 도면을 AI가 자동으로 비교하고 검토하여, 시공 검측까지 전 공정을 '원스톱'으로 처리한다. 사람의 개입으로 발생할 수 있는 치명적 오류를 원천 차단하여, 고질적인 수량 분쟁을 예방한 최초의 사례이다.

하지만 화려한 기술의 진보만으로는 온전한 목적을 달성할 수 없다. 기술 도입과 반드시 보폭을 맞춰야 할 가장 중대한 사안은 바로 '법적 불확실성의 해소'이다. 현재 규제만으로는 디지털 검측 결과조차 법적 증거의 효력을 명확히 인정받지 못하고 있기 때문이다. 따라서 데이터 기반 검측 기술이 현장에서 걸돌지 않고 실질적인 혁신의 파도를 일으키려면, 디지털 데이터의 법적 지위를 확고히 보장하는 '계약 관련 법·제도의 전면적인 동반 전환'이 반드시 최우선으로 선행되어야만 한다.

스마트 컨트랙트⁵⁷⁾로 IPD 동력 확보

우리 건설산업의 생산성이 구조적인 정체의 늪에 빠져있다는 것은 더 이상 공공연한 비밀이 아니다. 일찍이 글로벌 컨설팅 기업 맥킨지는 2017년 보고서를 통해 우리 건설업의 노동생산성 증가율이 지난 20년

56) 탈중앙화시스템 (InterPlanetary File System)은 데이터를 중앙 서버가 아닌 전 세계 네트워크 참여자들에게 분산 저장하는 파일 시스템이며, 고유한 파일 해시값을 사용하여 데이터를 식별하므로 위변조할 수 없고 데이터 보안성을 제공

57) 스마트 컨트랙트는 블록체인 네트워크에서 특정 조건이 충족되면 제 3 자의 개입 없이 계약이 자동으로 이행되는 전자 계약 기술

간 연평균 1% 미만으로 머물렀다고 진단했으며, 그 원인으로 설계와 시공이 철저히 쪼개진 분리발주 구조와 그로 인한 정보의 단절을 지목했다. 최근 전문가 진단 역시 이와 궤를 같이한다. 건설업의 고질적인 저효율과 생산성 추락의 핵심 요인으로 디지털 전환(DX)과 AI 도입의 지연으로 진단하였다.^[82] 이러한 시스템이 운영되는 동안 현장에서는 공사비 갈등과 소모적인 소송전이 끊임없이 반복되고 있다. 결국 우리 건설산업은 ①천정부지로 치솟는 공사비 급등, ②불신에 의한 분쟁 심화, ③바닥을 맴도는 생산성 정체라는 삼중 위기에 직면해 있으며, 이는 건설의 판을 뒤집을 발주 방식의 파괴적 혁신을 강력히 요구하고 있다.

이러한 삼중 위기를 타파할 가장 강력하고 이상적인 대안이 바로 앞서 살펴본 통합발주방식(IPD)이다. 미국건축사협회(AIA)의 IPD에 대한 정의⁵⁸⁾만 봐도 우리 산업 내 만연한 문제를 한번에 해결할 수 있는 수단으로 여겨진다. 이는 제도의 핵심인 '단일 다자간 계약'을 통해 모든 주체가 하나의 배를 타고 리스크와 보상을 공유하기 때문이다. 이를 통해 고질적인 정보 단절, 꼬리 자르기식 리스크 전가, 조기 참여의 부재라는 구조적 병폐를 단번에 해소할 수 있다.

이런 IPD는 “경쟁보다 협력이 낫다”는 개념으로 설계되었다. 그러나 협력을 현실의 제도로 구현하려면, 두 가지 상충하는 딜레마를 동시에 극복해야 한다. 첫째, 참여자들이 자신의 몫을 양보하며 자발적으로 정보를 공유하고 리스크를 안아야 한다. 둘째, 각 참여자는 자신이 기여한

만큼 정확하게 보상받는다라는 ‘경제적 합리성’을 보장해 줘야 한다. 문제는 이 두 가지 전제 조건이 굳건한 ‘신뢰(Trust)’ 없이는 절대 양립할 수 없다는 사실이다.^[83] 애석하게도 건설산업은 구조적으로 신뢰의 기반이 빈약하다. 발주자는 시공자가 비용을 부풀릴지 끊임없이 의심하고, 시공자는 발주자가 설계 변경을 핑계로 기성(대금)을 삭감할 것을 두려워한다. 또한 하도급사는 원도급사가 자신의 기성을 유용하지 않을까 전전긍긍하기도 한다. 이러한 불신의 장벽 앞에서, IPD는 자칫 종이 위의 공허한 약속으로 전락할 위험이 크다.^[84] 바로 이 치명적인 한계를 완벽하게 보완해 줄 지원 수단이 ‘스마트 컨트랙트’이다.

스마트 컨트랙트의 본질은 불안정한 ‘신뢰’를 냉철한 ‘코드(Code)’로 대체하는 것이다. 즉, 굳이 서로를 믿기 위해 애쓰지 않아도, 규칙에 따라 협력과 보상이 자동으로 작동하고 강제되는 기계적 신뢰 구조를 자연스럽게 형성하는 것이다. 이는 투명하고 일관된 회계 시스템 위에서만 운용되므로 프로젝트 전반의 재무관리 효율성을 높이는 부수적 효과도 달성할 수 있다.

물론 건설산업에서 IPD와 스마트 컨트랙트를 결합한 역사는 길지 않으나, 해외에서 결합을 위한 시도는 현재 활발히 진행 중이다. 물론 아직 다수의 사례가 연구 또는 프로토타입 수준이지만, 이미 실제 프로젝트에 즉각 투입할 수 있을 만큼 고도화된 성과들도 등장하고 있다. 이들의 기술적 접근 방식은 크게 IPD-스마트 컨트랙트 또는 디지털 트윈-스마트 컨트랙트로 압축된다. 전자인 IPD-스마트 컨트랙트의 잠재력을 입증한 대표적인 사례가 스탠퍼드대학 CIFE에서 선보인 기성 지급 시

58) 미국건축사협회는 IPD를 “발주자, 설계자, 시공자 등 모든 참여자의 재능과 통찰력을 협력적으로 활용하여 프로젝트 결과를 최적화하고, 낭비를 줄이며, 전 단계에 걸쳐 효율성을 극대화하는 통합 접근 방식”으로 정의

시스템이다. 연구진은 실제 2개의 상업용 건설 프로젝트를 통해 7개 하도급사를 대상으로 성공적인 실증을 마쳤다. 주요 특징을 살펴보면, 약속된 공정이 완료되는 즉시 기성을 자동으로 집행하고, 모든 지급 근거 데이터를 탈중앙화 방식으로 분산 저장하여 위변조를 원천 봉쇄하였다. 이는 곧 하도급 분쟁의 싹을 자르고 기존의 기성 지급 체계를 변화시키는 완전히 새로운 차원의 프로젝트 관리 패러다임이다. 그렇다면, 이토록 혁신적인 스마트 컨트랙트가 왜 IPD와 반드시 결합해야만 하는지, 그 구체적인 이유는 다음과 같이 요약할 수 있다.

IPD의 스마트 컨트랙트 작동 메커니즘 예시

1. 설계 단계

4D BIM(일정) + 5D BIM(원가) → 목표 가치 설계 설정



2. 계약 체결

리스크 및 보상 배분 비율 스마트 컨트랙트 코드화

(예 : 절감액 → 발주자 50%, 시공사 30%, 설계사 20%)



3. 시공 단계

마일스톤 달성 확인 (IoT 및 BIM 데이터 기반 자동 검증)



4. 정산 단계

조건 True → 스마트 컨트랙트 자동 실행 → 각 참여자 지갑으로 정확한 보상액 즉시 이체 → 블록체인에 불변 기록 저장

■ 코드화된 자동 정산으로 리스크 및 보상 배분의 불투명성 확보^[85]

IPD 핵심 메커니즘은 목표 가치 설계(Target Value Design) 달성 여

부에 따라 참여자의 이익이 연동되는 공유 구조이다. 그러나 계산이 복잡할수록 사람이 수작업으로 정산하면 필연적으로 해석을 둘러싼 분쟁이 발생한다. 반면, 스마트 컨트랙트는 리스크와 보상을 코드로 대체하여, 월말 정산 회의 없이도 공정 마일스톤이 달성되는 즉시 주체별로 정확한 금액을 자동 배분하기에 불투명성이 제거된다.

■ 권한 위임 자동화로 다자간 의사결정 병목 타파

IPD는 발주자 · 설계자 · 시공사 · 하도급사 · 건설사업관리자 등 5~10개 협업 주체로 구성되는 프로젝트 관리팀(Project Management Team, PMT) 합의를 거쳐야 하므로, 필연적으로 의사결정 속도가 느려지는 병목 현상이 발생하는 한계가 발생할 수밖에 없다. 스마트 컨트랙트는 이를 정책 기반 자동 승인으로 해결하며, 트랜잭션 유형별로 사전에 합의된 승인 정책을 코드화하여 불필요한 대기 시간과 의사결정의 적체를 해소하기 위해 IPD의 단점은 해결하고 장점만을 강화할 수 있다.

스마트 컨트랙트의 트랜잭션 유형별 승인 정책 예시

트랜잭션	승인 정책	자동화 수준
일반 기성	발주자 단독 승인	- 마일스톤 데이터 충족 시 자동 실행
설계 변경	PMT 다수결(예: 3/5 이상)	- 온라인 투표 → 결과 즉시 반영
클레임(분쟁 청구)	중립 중재자 포함 전원 합의	- 스마트 중재 프로세스 자동 승인
긴급 변경 지시	발주자와 시공사 2인 합의	- 24시간 이내 자동 처리

자료 : AssaF, M. et al(2023), Promoting the IPD Delivery Method in Construction Projects: A BIM-based Smart Contract Approach

■ 데이터 연동 자동 검증을 통한 설계-시공 정보의 통합 [86]

IPD의 전제는 '설계와 시공의 통합'이지만, 현실에서는 두 데이터를 오차 없이 동기화하기란 쉽지 않다. 특히 기성 청구 시점에 기준 데이터 모델이 달라 다투는 일이 비일비재하다. 스마트 컨트랙트는 사전에 지정된 '단일 원본'과 현장의 데이터가 조건에 완벽히 부합할 때만 연동되도록 잠금장치를 걸어두고 있다. 이를 통해 기준 없는 불필요한 소모적인 분쟁을 원천 차단한다.

IPD가 설계부터 시공까지 프로젝트 전 단계에 걸쳐 참여자들의 재정적 리스크와 보상을 한 방향으로 정렬시키는 '거버넌스의 뼈대'라면, 스마트 컨트랙트는 이 복잡한 거버넌스를 냉철한 코드로 구현하여 한 치의 오차도 없이 자동 집행하는 강력한 '실행 엔진'이다. 결론적으로 IPD가 지향하는 '투명한 협력 거버넌스'는 사람의 불완전한 신뢰를 코드의 확실성으로 대체하는 스마트 컨트랙트 없이는 현실에서 작동할 수 없다. 따라서 스마트 컨트랙트는 도입하면 좋은 단순한 보조 도구가 아니라, IPD의 활력을 불어넣는 '구조적 필수재(Must-have)'이다.

AI 가속화로 변화하는 공공조달의 미래④

공공 조달의 변화 전략

AI 건설 시대를 맞이하기 위한
높은 규범과의 이별



앞서 여러 번에 걸쳐 살펴보았듯이 최근 우리는 「인공지능 발전과 신뢰 기반 조성 등에 관한 기본법」 제정 및 국가AI전략위원회 출범이라는 제도적 기반이 갖춰지는 시점이다. 이에 발맞춰 조달청은 2026년 2월 '공공조달을 통한 AI 산업 활성화 선도 방안' 6대 전략을 발표하였다. 특히 글로벌 공급망 다변화와 기술 패권 경쟁이 심화하는 환경에서 공공조달은 단순 구매 창구가 아닌 '국가 디지털 산업 전략의 최전선 실행 도구'로 격상되고 있다. 이에 2026년 현재 공공조달 및 건설산업이 직면한 한계를 극복하고, 진정한 실력자가 주도하는 생태계를 조성하기 위한 핵심 이행 전략을 다음과 같이 제시한다.

전략 1. 공사계약 종합심사낙찰제 AI 및 디지털 평가 항목 신설

호주 연방정부의 공공서비스 AI 계획에 따른 연속 평가 체계

- 호주는 전통적 입찰 단계의 일회성 기술평가를 폐지하고, AI 기반 모델을 통해 계약 기간 전반에 걸쳐 성과와 안전성을 지속적으로 검증하는 연속적 평가 체계를 도입
- 계약 이행 및 연속 평가의 Step 15는 연속적 평가 체계 항목인 정기적인 성능 모니터링, 사람의 감독·판단, 거버넌스 구조 유지, 기록 유지 등 항목을 공급자 의무로 규정

호주 연방정부의 공공조달 AI 도입을 위한 계약 이행 및 연속 평가 체계

단계	평가항목	세부내용
Step 15-①	정기 성능 모니터링	정확도·신뢰성·기능 주기적 테스트, 데이터 드리프트·편향 발생 탐지
Step 15-②	사람 감독 개입	결정 사항의 설명 가능성 확보, 사람에 의한 검토 및 판단 개입 보장
Step 15-③	거버넌스 구조 유지	역할·보고 체계 명확화, 업데이트·재학습·시스템 관리, 데이터 침해 등 부정적 영향 처리 절차
Step 15-④	법령·정책 변화 대응	관련 법·정책·표준 변경 시 직원 교육 및 지침 갱신
Step 15-⑤	기록 유지	감사·투명성·지속적 개선을 위한 기록 관리
Step 15-⑥	종료 계획	데이터 보존·이전·폐기·재학습 등 사용 종료 프로세스 계획

자료 : Australian Government Digital Transformation Agency, AI Procurement Checklist

- 한국도 시공 중 AI 기술 이행 여부를 주기적으로 점검하는 이행 확인 평가 조항을 표준계약서에 마련

전략 2. 데이터 기반 디지털 검측을 위한 법적 증거력 법제화

국토교통부와 법무부 협의를 통한 디지털 검측 기록 법적 근거 마련

- 스탠퍼드 연구팀의 스마트 기성 지급 시스템과 같은 기술 도입을 위해 기술적 기반 환경 조성을 위한 노력과 함께 법적 근거 마련 병
- 「전자서명법」, 「건설기술 진흥법」, 「하도급법」에 디지털 검측 데이터의 법적 증거력을 명시하고, 분쟁 발생 시 데이터 기록을 1차 증거로 채택하는 절차 규정을 국토부 고시로 마련

전략 3. 데이터 주권 강화 표준 계약 조항 선제 도입

표준계약서 개정과 중소기업 참여 활성화 방안

- 현재 조달청 AI 활성화 방안은 진입 장벽 완화와 시장 창출에 집중되어 있어, 데이터 주권과 알고리즘 투명성에 관한 공백 발생
- 미국과 호주의 AI 규제와 같이, 기술 종속을 막기 위한 데이터 주권 강화 및 글로벌 공급망 다변화 전략을 조달 시스템에 반영
- 구체적으로 ① 데이터 이식성 보장 조항, ② 알고리즘 소스코드 에스스로 의무화, ③ 계약 종료 후 데이터 반환·삭제 확인 절차 계약서 내 포함
- 중소기업 참여 유도를 위해 영국의 AI 동적 구매 시스템과 같이 나라장터 내 AI 제품·기술 전용 구매 시스템을 마련하여 스타트업과 중소기업 참여 우대

기술 격차를 넘는 '디지털 사다리'와 상생 생태계

AI 건설 시대를 맞이하기 위한
넓은 규범과의 이별



높아진 지능의 문턱 : '그림의 떡'이 된 로봇을 중소 현장의 일꾼으로

오늘날 건설산업은 사무 영역의 지능형 비서인 '에이전트 AI'와 현장의 물리적 작업을 수행하는 '피지컬 AI'가 안전과 생산성을 완전히 재정의하는 거대한 전환점에 서 있다. 여기서 에이전트 AI가 공정을 최적화하고 리스크를 예측하는 '소프트웨어적 두뇌'라면, 피지컬 AI는 현장에서 실제 고난도 작업을 수행하는 로봇·장비 등의 '하드웨어적 실행력'을 의미한다.

이러한 첨단기술은 단순한 효율화 도구를 넘어, 미래 건설 시장에서 생존하기 위한 필수적인 '전략 자산'으로 진화하고 있다. 하지만 기술

격차가 곧 자산의 격차로 고착화되는 현재의 구조 속에서, 대기업이 띄워 올린 '법적 UFO'가 누비는 화려한 현장의 이면에서, 자본력이 부족한 중소 건설기업들은 높은 자본 문턱에 가로막혀 디지털 전환(DX)의 입구조차 찾지 못한 채 도태될 위기에 직면해 있다.

건설 생태계의 싹틔줄인 중소기업이 기술 가뭄에 마르면, 산업 전체의 회복 탄력성이 무너질 수밖에 없다. 중소기업의 기술적 낙후는 단순히 개별 기업의 문제를 넘어, 건설 현장 전반의 안전 리스크와 생산성 저하를 초래하여 결국 산업 생태계 전체의 경쟁력을 갉아먹는 구조적 위험 요소가 된다. 이제는 "기술 도입이 가능한가"라는 수동적 질문을 넘어, '내 차'를 사는 큰 비용 대신 '렌터카'처럼 빌려 쓰는 구독 경제 모델을 통해 어떻게 이들을 첨단기술 생태계로 편입시킬 것인가에 대한 실효성 있는 해법이 절실한 시점이다.

이제 건설산업의 경쟁력은 더 이상 '얼마나 많은 장비를 소유했는가'가 아니라, '데이터와 지능에 얼마나 민첩하게 접속할 수 있는가'로 결정된다. 그러나 중소기업에게 수억 원을 호가하는 자율주행 장비나 고성능 AI 컴퓨팅 자원은 넘볼 수 없는 '그림의 떡'이다. 이를 해결하기 위해서는 자본적 지출(CAPEX, Capital Expenditure)⁵⁹⁾을 운영 비용(OPEX, Operating Expenditure)⁶⁰⁾으로 전환하는 '서비스형 로봇(RaaS)⁶¹⁾' 모델의 활성화가 시급하다. 중소기업이 필요할 때 필요한 만

⁵⁹⁾ 장비 구매, 건물 신축 등 미래의 이윤을 위해 지출된 비용

⁶⁰⁾ 인건비, 임대료, 유지보수비 등 사업 운영을 위해 매달 지속적으로 나가는 비용

⁶¹⁾ 로봇을 비싼 값에 직접 구매하는 대신, 필요한 기간만큼 빌려 쓰고 관리 서비스까지 받는 '로봇 구독 모델'

큼만 첨단기술 지능에 ‘접속’하여 쓸 수 있는 생태계가 조성되어야만, 비로소 디지털 소외라는 구조적 한계를 극복할 수 있다.

이러한 시대적 변화 흐름 속에서 과연 우리 중소 건설기업들이 첨단기술을 수용할 기초 체력을 갖추고 있는지 냉철하게 되짚어봐야 한다. 실제 ‘2025년 중소기업 정보화 수준 조사’ 결과는 담론보다 훨씬 엄중한 현실을 가리키고 있다. 건설업 중소기업의 정보화 점수는 69.71점으로, 전 산업 평균(78.53점)은 물론 제조업(79.37점) 등 타 산업과 비교해도 최하위 수준에 머물러 있다. 특히 대기업 대비 수준이 전년(90.1%)보다 크게 하락한 84.3%를 기록하며 ‘정보 양극화’가 가속화되고 있다.^[87]

더 심각한 문제는 단순히 ‘자본의 부재’가 아니라 ‘추진 동력의 상실’에 있다. 전 산업 중소기업의 ‘정보화 추진체계 구축’이나 ‘투자’ 영역 실행력은 대기업의 절반 수준에 불과하다. 이는 중소기업 현장에 기술을 도입하고 운용할 ‘사람’과 ‘조직’이 부재하다는 사실을 극명하게 보여준다. 아무리 훌륭한 AI 솔루션이 있어도 이를 현장에 최적화할 전문가가 없다면 기술은 결국 걸돌 수밖에 없다. 인공지능(AI) 도입 지연이 생산성 정체와 글로벌 경쟁력 약화라는 구조적 한계로 이어지는 이유가 바로 여기에 있다.

이러한 위기감이 고조됨에 따라 최근 국회에서는 「중소기업·소상공인 인공지능 전환 촉진법(안)」이 발의되는 등 입법적 대안 마련이 추진되고 있다. 해당 법안은 인공지능 전환(AI, AI Transformation)^[62]을

위한 맞춤형 지원과 전문인력 양성, 인프라 확충의 법적 근거를 담고 있으며, 이는 건설업을 포함한 중소기업 전반의 생존권 보장을 위한 교육 책이라 할 수 있다.

하지만 법안은 단순히 예산을 지원하는 차원을 넘어서야 한다. 대기업 중심의 AI 독점을 막고, 중소기업이 AI 데이터 표준화와 공동 인프라 활용에 참여할 수 있는 ‘디지털 시민권^[63]’을 보장하는 토대가 되어야 한다. 특히 건설업의 특수성을 고려하여, 전문 지식이 부족한 중소기업을 위한 ‘밀착형 DX 컨설팅’이나 현장에서 AI 기술 도입을 진두지휘할 ‘AX 매니저’ 파견 사업 등에 대한 구체적인 지원책이 반드시 포함되어야 한다. 원청사와 협력사 간의 디지털 성과 공유제나 기술 전수 프로그램에 대한 인센티브 역시 이 법안에 녹아들어야 할 핵심 요소다.

기초적인 정보화 인프라와 투자 여력마저 뒷걸음질 치는 상황에서, 에이전트 AI나 퍼지컬 AI라는 거대한 파고를 개별 중소기업이 스스로 감당하기를 기대하는 것은 무리다. 기술 격차가 생존 격차로 고착되기 전, 법적·제도적 뒷받침을 통해 이들을 첨단 생태계로 편입시키기 위한 특별한 대책과 인식의 전환이 필요한 이유가 바로 여기에 있다.

결국 중소기업이 디지털 소외지대에서 벗어나기 위한 첫 단추는 기술을 거대한 ‘부채’가 아닌 유연한 ‘서비스’로 바라보는 인식의 전환이다. 고가의 장비를 소유해야 한다는 고정관념을 깨고, 자본의 문턱을 단숨에 낮출 수 있는 실무적 비용 전략인 ‘구독 경제’의 세계로 눈을 돌려야 할 때다.^[88]

^[62] 디지털 기술 도입을 넘어, AI를 비즈니스의 핵심 엔진으로 삼아 기업의 체질을 완전히 바꾸는 과정

^[63] 단순히 기술을 쓰는 것을 넘어, 데이터 표준화나 공용 인프라 활용 과정에서 중소기업이 소외되지 않고 정당하게 참여할 수 있는 권리

Zero-Cost DX : 초기 투자 없이 구독으로 누리는 '현장 맞춤형 AI'

중소 건설기업에게 있어 중계 플랫폼을 통한 기술 공유는 디지털 전환(DX)을 위한 가장 현실적인 대안이다. 이는 대기업이 띄운 '법적 UFO'를 먼발치서 구경하는 것이 아니라, 구독이라는 방식을 통해 그 첨단기술에 함께 올라탈 수 있는 '기술 탑승권'을 확보하는 일과 같다. 고가의 장비를 직접 도입(CAPEX)하는 무거운 방식 대신, 공정 관리와 안전 대응을 지원하는 에이전트 AI 기반 SaaS⁶⁴⁾와 구독형 로봇 서비스(RaaS)를 결합함으로써, 자본력이 부족한 기업도 초기 투자 비용 없이 현장의 지능화를 실현할 수 있다.

로봇은 구독하고 지능은 빌려 쓰고: 중소기업 DX 3단계 시나리오

구분	1단계: 관리 지능 (SaaS)	2단계: 협업 지능 (RaaS)	3단계: 통합 지능 (피지컬 AI)
핵심 기술	에이전트 AI 기반 관리 S/W	인간 보조형 협동 로봇	자율주행 및 판단형 군집 로봇
도입 모델	소프트웨어 구독 (SaaS)	장비·유지보수·업데이트 패키지 (RaaS)	지능 공유형 통합 RaaS
데이터 가치	현장 업무 데이터 시각화	작업 패턴 및 환경 정보 수집	현장 간 지능 최적화 및 자산화
비용 구조	낮은 월 구독료 (OPEX)	예측 가능한 운영비 (Fixed OPEX) ⁶⁵⁾	성과 기반 비용 (Outcome OPEX) ⁶⁶⁾
리스크 관리	투명성 확보 및 사전 고지	공급사 중심의 안전성·업무 연속성 보장	고영향 AI 책무 및 영향평가
도입 효과	즉시 도입 및 효율화	공정별·기간별 선택적 투입	숙련도에 따른 장기 고도화

64) 소프트웨어를 PC에 직접 설치하지 않고 인터넷을 통해 매달 구독료를 내고 사용하는 방식

65) 매달 정해진 비용을 내는 방식

66) 로봇이 실제 작업한 양이나 달성한 성과(예: 사고율 감소 등)에 따라 비용을 지불하는 방식

이러한 단계적 접근의 핵심은 초기 투자비(CAPEX)라는 높은 벽을 낮추고, 이를 예측 가능한 운영비(OPEX)로 전환하는 데 있다. 특히 RaaS 모델은 단순히 물리적 장비의 이용권을 넘어 강력한 '기술적 안전망'을 제공한다. 인공지능 안전성 확보의 관점에서 볼 때, 중소기업은 RaaS를 통해 장비의 유지보수와 최신 알고리즘 업데이트 책임을 공급사와 분담함으로써, 고영향 AI 운용 시 발생하는 위험 식별 및 완화에 대한 법적·운영적 부담을 효율적으로 분산할 수 있다. 이는 「중대재해처벌법」 등 날로 강화되고 있는 안전 규제에 대한 중소기업의 실무적 대응력을 획기적으로 높여준다.

나아가 중소기업은 단순한 기술 소비자를 넘어 '데이터 자산가'로서 새로운 기회를 얻는다. SaaS와 RaaS 운용 과정에서 축적되는 현장 데이터는 인공지능 투명성 확보를 위한 핵심 자원이다. 이때 연합학습(Federated Learning)⁶⁷⁾ 기술을 적용하면, 마치 우리 집만의 '비밀 레시피(원천 데이터)'는 주방 밖으로 내보내지 않으면서도 그 레시피로 만든 '맛있는 요리법(학습된 지능)'만 공유하여 구독료를 감면받거나, 범용 AI를 우리 현장에 딱 맞는 전용 알고리즘으로 진화시키는 상호 호혜적 협력이 가능해진다. 이는 숙련공의 노하우를 AI로 전이하여 고질적인 현장 인력난을 해소하는 전략적 교두보가 된다.

특히 「인공지능 안전성 확보 가이드라인」에 따르면, 인공지능 이용사업자 인 중소기업은 개발사에게 책무 이행에 필요한 자료를 요청할 권리가 있다.^[89]

67) 각 기업이 가진 민감한 현장 데이터(영업비밀)를 외부로 보내지 않고, 각자의 현장에서 AI를 학습시킨 뒤 그 '결과값(지능)'만 모아 전체 모델을 고도화하는 보안 중심의 학습 기술

RaaS 모델은 이러한 법적 권리 행사를 표준화된 서비스 형태로 보장 받는 통로가 된다. 중소기업은 복잡한 인공지능 영향평가⁶⁸⁾나 위험 관리 방안 수립 업무를 공급사의 검증된 체계에 의지하여 수행함으로써, 「중대재해처벌법」이라는 거센 비바람을 막아줄 ‘제도적 우산’이자 규제 대응 비용을 낮추는 법적 보호막을 얻게 된다.

결국 변화의 핵심은 기술을 자본 규모에서 분리하고, 지능을 현장의 실행력과 동기화하는 데 있다. ‘소유’가 아닌 ‘연결’의 시대에서 장비의 보유량이 아니라, 필요한 순간에 얼마나 정교한 에이전트 AI를 연결하고 적절한 RaaS 서비스를 배치하느냐가 미래 건설업의 성패를 가를 것이다. 이러한 서비스형 기술 모델과 정책적 지원이 맞물릴 때, 중소 건설기업은 기술 격차의 소외지대가 아니라 인공지능과 로봇이 공존하는 새로운 건설 생태계의 핵심 주체로 자리매김할 수 있을 것이다.

구독 모델을 통해 초기 비용이라는 물리적 벽을 넘었다면, 이제는 그 통로를 통해 흐르는 ‘데이터’라는 양분에 집중해야 한다. 개별 기업이 고립되어 데이터를 쌓는 한계를 넘어, 대기업이 이미 닦아놓은 거대한 데이터 인프라 위에서 상생의 과실을 나누는 전략적 협력이 필요한 이유다.

68) AI 도입이 인간의 안전이나 권리에 미칠 영향을 사전에 평가하는 절차

상생 2.0 : 대기업의 인프라 위에서 중소기업의 ‘데이터 길’이 열린다

건설산업의 디지털 전환이 가속화될수록 기업 간의 경쟁력은 단순한 시공 능력을 넘어, 현장에서 생성되는 방대한 데이터를 얼마나 정교하게 내재화하느냐에 따라 결정되고 있다. 이미 국내외 대형 종합건설사들은 자사의 영업비밀과 보안을 전제로 최적화된 AI 에이전트를 구축하며 기술 격차를 벌리는 중이다. 하지만 우리나라 건설 생태계의 허리를 담당하는 중소 종합건설기업은 데이터 확보의 절대적 한계와 전문 역량의 부재로 인해 ‘데이터 사각지대’에 고립될 위기에 처해 있다.

실제로 대형 건설사들은 압도적인 데이터 자산으로 지능형 요소를 구축하고 있다. 삼성물산이 AWS와 협력해 공정 전반의 리스크 식별 AI를 완성하고, GS건설이 ‘ChatGPT Enterprise’로 업무 지능을 높이는 것이 대표적이다^{190|191}. 이러한 시스템은 방대한 과거 데이터를 학습하며 갈수록 정교해지는데, 이는 결국 수주 경쟁력과 리스크 관리 역량에서 대형-중소 종합건설사 간의 본질적 체급 격차로 직결된다.

이러한 격차를 해소하기 위해 주목해야 할 실무적 대안은 대형 건설사의 AX(AI Transformation) 인프라를 중계지로 삼아 중소 종합건설사들이 활용하는 ‘상생 2.0’ 전략이다. 이는 이미 건설 선진국인 일본에서 증명된 모델이기도 하다. 일본의 시미즈 건설이나 가시마 건설 등 대형 제네콘들은 자사가 개발한 자율주행 로봇과 스마트 시공 플랫폼을 파트너사가 현장에서 즉시 사용할 수 있도록 기술을 개방한다. 이는 단순한 시

해가 아니라, 산업 전체의 숙련공 부족 문제를 대기업의 기술 인프라로 메워 건설 생태계 전반의 생산성을 유지하려는 전략적 선택이다.

먼저 달린 로봇의 궤적을 나누다: 일본 제네콘(종합건설기업)의 인프라 개방 사례

구분	주요 기술(플랫폼)	기술 지원 및 개방 방식(현황)
시미즈 건설	Shimz Smart Site (자율주행 로봇 플랫폼)	로봇 제어 OS와 API를 개방. 파트너사가 자사 기기를 시미즈 플랫폼에 연결해 사용할 수 있는 환경 제공
가치마 건설	A4CSEL (자율주행 중장비 관제)	자율주행 관제 시스템을 타사 장비와 연동 가능하도록 설계. '건설 RX 컨소시엄'을 통해 기술 노하우를 공유하고 범용화 추진
오바야시 건설	BIM/CIM 데이터 공유 플랫폼	현장 인력과 3D 데이터를 실시간 공유하는 'One Model' 시스템 구축. 협력사에 데이터 접근 권한을 부여해 오시공 방지 및 공정 관리 지원
코마츠(협업)	Smart Construction (오픈 플랫폼)	건설 기계가 아닌 '솔루션'을 제공. 중소 업체가 초기 투자 없이 ICT 장비와 데이터 분석 툴을 구독형(RaaS)으로 이용하는 생태계 구축

자료 : 각 기업 및 일본 국토교통성[92]~[96]

최근 GS그룹이 현장 안전관리 AI 에이전트 'AIR(에어)'를 중계 플랫폼을 통해 중소기업에 무상 배포한 사례는 이러한 글로벌 흐름과 궤를 같이한다.[97] 이제 중소 종합건설기업은 모든 기술을 단독으로 개발하려는 고정관념에서 벗어나야 한다. 대기업이 이미 닦아놓은 'UFO 전용 활주로(인프라)'에 올라타 그 기술력을 빌려 쓰되, 그 위를 달리는 '데이터'라는 화물은 자사의 자산으로 쌓아 올리는 영리한 대응이 필요하다.

특히 이 과정에서 중소 종합건설사는 재료만 대주고 수익은 못 얻는 '데이터 하청'에 머물지 않도록, 우리 현장만의 고유한 노하우가 담긴 데이터의 주인임을 명확히 해야 한다. 대기업 인프라를 활용하되, 개별 현장의 특수성이 담긴 '현장 맥락 데이터'에 대한 주권을 명확히 하고,

이를 자사만의 유효한 자산으로 기능하도록 관리해야 한다. 또한, 어떤 회사의 콘센트에도 꽂을 수 있는 '220V 플러그' 같은 상호운용성을 확보하여, 특정 대기업의 기술에 종속되지 않는 영리한 대응이 필요하다.

대기업은 '활주로'를 깔고, 중소기업은 '데이터'를 싣고: 상생형 디지털 사다리

구분	대형건설기업 (인프라 제공자)	중소 종합건설기업 (데이터 이용자)	상생형 디지털 사다리 효과
인프라 환경	독자적 AI 엔진 및 로봇 리스 자산 보유	공유형 AI 에이전트 및 로봇 임대 활용	DX 초기 진입장벽 및 구축 비용 제거
데이터 확보	범용적·통계적 건설 빅데이터 보유	자사 현장 특화형 실무 데이터 주권 확보	상호 호혜적 데이터를 통한 지능 고도화
규제 대응	위험관리 프레임워크 제공	현장 맞춤형 위험 식별 및 완화 조치	정부 가이드라인 준수를 위한 비용 절감
핵심 가치	기술 표준화 및 산업 생태계 주도권	데이터 자산가로의 도약 및 기술 자립	산업 전반의 상호운용성 확보 및 혁신

결국 변화의 핵심은 기술의 독점이 아니라 '인프라의 낙수 효과'를 통한 산업 전체의 체급 향상에 있다. 「고령화 인공지능 사업자 가이드라인」에 따르면, 중소기업은 대형 개발사에게 책무 이행 자료를 요청할 권리가 있다. 대형사의 검증된 시스템을 활용함으로써 중소 종합건설사는 법적·윤리적 리스크를 선제적으로 관리하는 보호막을 얻게 된다.

대형 건설사는 중소 종합사를 단순한 경쟁자나 하청 관계가 아닌, 기술을 함께 운용하며 산업의 회복탄력성을 지탱하는 파트너로 배려해야 한다. 중소 종합건설사 또한 대기업의 인프라를 적극적으로 이용해 자신들만의 '데이터 자산'을 쌓아 올릴 때, 우리 건설산업은 비로소 디지털 혁신을 완성하는 핵심 파트너로서 함께 스케일 업할 수 있을 것이다.

나아가 이러한 민간의 노력이 실질적인 산업 혁신으로 이어지기 위해서는 정부 차원에서도 파편화된 건설 데이터를 통합하고 호환할 수 있는 ‘건설 데이터 공통 표준 인프라’를 조속히 구축하여 제도적 뒷받침을 서둘러야 한다.

대기업 인프라를 활용해 데이터의 길을 열었다면, 이제 마지막 퍼즐은 그 길을 견고하게 달릴 수 있는 ‘기업의 체급’을 만드는 일이다. 파편화된 개별 기업의 한계를 극복하고, 고도화된 AI 기술의 책임과 R&D 역량을 온전히 감당할 수 있는 조직적 연대와 통합의 시나리오를 그려보아야 한다.

스케일 업(Scale-up) 전략 : 개별 기술을 넘어 ‘연합’으로 키우는 기업 체급

인공지능(Agent AI)과 휴머노이드 로봇이 건설 현장의 물리적 노동을 대체하는 시대가 도래하면서 건설산업의 경쟁 구도는 근본적인 변화를 맞이하고 있다. 미래 건설 생태계에서는 첨단 에이전트 AI를 통해 현장을 통합 관리하고 휴머노이드와 같은 물리적 실체를 운용할 수 있는 자본력과 데이터 통합 역량이 핵심 지표가 된다.

이러한 변화는 이미 타 산업에서도 목격된다. 자동차 부품 산업은 내연기관에서 전기차 및 소프트웨어 중심 자동차(SDV, Software Defined Vehicle)⁶⁹⁾로 전환되며 중소 부품사 간의 대대적인 구조 개편이 일어

69) 소프트웨어가 자동차의 주행 성능과 기능을 결정하는 ‘소프트웨어 중심 자동차’

났다. 소프트웨어 역량과 대규모 설비투자가 생존의 필수 조건이 됨에 따라, 독일과 일본의 중소 부품사들은 공동 R&D센터를 설립하거나 대형 티어1(Tier-1)⁷⁰⁾ 업체로 흡수 합병되어 시스템 통합 역량을 확보하고 있다.^[98] 결국 기업의 체급이 곧 기술 수용력과 제도적 책무 이행 능력을 결정짓는 결정적 임계점으로 작용하는 것이다.

현재 중소 건설기업들이 직면한 가장 큰 장벽은 개별 기업 단위의 파편화된 구조다. 작은 뚝단배들이 각자 띄워 올린 등불로는 거대한 ‘법적 UFO(로봇)’의 항로를 안전하게 밝히기에 역부족이다. 건설 현장의 로봇은 생명 및 안전과 직결되어 ‘고영향 AI’로 분류될 가능성이 매우 높다. 이 경우 사업자는 고도의 위험 관리 방안을 수립하고 운영해야 하는데, 이는 전문 조직과 R&D 역량이 부족한 개별 중소기업이 독자적으로 감당하기에는 현실적으로 불가능에 가깝다. 기술적 진보와 제도적 규제가 강화될수록 대형사와 중소사 간의 ‘실행 격차’는 결국 수주 경쟁력의 격차로 고착화된다.

이를 돌파하기 위한 핵심 전략은 중소 종합건설기업 간의 능동적인 M&A 활성화와 단계적 기술 연대 구축에 있다.

작은 조각이 모여 거대한 지능이 되다 : 중소기업의 3단계 ‘체급 빌드업’

구분	1단계: 전략적 기술 연대 (Alliance)	2단계: 전략적 합작법인 (JV)	3단계: 완전한 통합 (M&A)
핵심 목표	기술 인프라 및 고가 장비 공유	데이터 자산 통합 및 공동 수주	자본 통합을 통한 독자적 R&D
자본 및 R&D	공동 펀딩을 통한 기술 리스 (RaaS)	프로젝트별 이익 공유 및 공동 투자	통합 법인 기반 대규모 R&D
수주 경쟁력	공동 수주 실적 합산 인정	SPC 기반 대형 프로젝트 참여	강소 전문 건설사로 체급화

70) 완성차 업체에 부품을 직접 공급하는 1차 협력사로 기술과 자본력을 갖춘 상위 기술 기업 그룹

마치 서로 다른 두 집이 하나로 합치는 과정에서 생기는 불협화음이나 부채 문제 등 현실적인 합병 장벽을 고려할 때, 처음부터 무리한 합병보다는 ‘느슨한 연대’에서 시작해야 한다.

우선 1단계인 ‘연합’을 통해 공동 에이전트 AI 플랫폼을 구축하고 고가 장비를 공동 리스(RaaS)함으로써 기술 진입장벽을 낮추고 현장 경험을 동기화해야 한다. 이어지는 2단계 ‘결합’ 과정에서는 데이터 자산 통합과 위험관리 거버넌스를 공유하는 전략적 합작법인(JV)을 설립하여 개별 기업의 재무적 리스크를 분산함과 동시에 대형 프로젝트 수주를 위한 기술적 체급을 증명해야 한다. 최종적으로 3단계 ‘통합’을 통해 법인 간 완전한 M&A를 달성함으로써 파편화된 자본을 집중시키고, 전문 AX 매니저와 R&D 조직을 고도로 내재화한 ‘강소 전문 건설사’로 거듭나는 것이 미래 건설 시장의 주도권을 확보하기 위한 핵심 경로가 될 것이다.

기업 간 결합을 통한 스케일 업은 단순히 외형적 성장에 머물지 않는다. 이는 에이전트 AI가 판단하고 로봇이 실행하는 미래 현장에서 필수적인 ‘디지털 관리 밀도’를 높이는 과정이다. 여기서 디지털 관리 밀도란, AI가 실시간으로 생성하는 방대한 현장 데이터를 필터링하고 이를 의사결정에 즉각 반영할 수 있는 조직적 역량을 의미한다. 통합된 법인은 인공지능의 판단 기준에 대한 설명 책임을 완수할 수 있는 전문 인프라를 효율적으로 구축할 수 있으며, 이는 현장 운용의 안전성과 신뢰성을 극대화하는 선순환 구조를 형성한다.

나아가 이러한 전략은 중소 건설기업을 단순한 기술 소비자가 아닌 기술 생태계의 주도적 파트너로 격상시킨다. 일정한 체급을 갖춘 기업

연합은 기술 공급사와의 협상에서 유리한 고지를 점할 수 있으며, 현장 특화형 에이전트 기술 개발을 이끄는 전략적 공동 수요처로서 영향력을 행사할 수 있다.

결국 정책의 핵심은 파편화된 중소 건설사들을 하나의 ‘기술 플랫폼’ 안으로 모으는 응집력을 제공하는 데 있다. 미래 생태계의 주역으로 성장할 수 있도록 정부는 M&A 전용 펀드 조성이나 기술 통합 시의 세제 혜택처럼, 메마른 펌프의 물을 끌어 올리는 ‘제도적 마중물’을 마련하여 중소기업의 전략적 결단을 실질적으로 뒷받침해야 한다.[99] 중소 종합건설기업들이 전략적 결합을 통해 체급을 키우는 것은 이제 선택이 아닌 생존을 위한 필수 과제다. 이러한 능동적인 구조 재편이 이루어질 때, 중소 건설업계는 미래 생태계의 주변부가 아닌 변화를 주도하는 핵심 주체로서 스케일 업할 수 있다.

결국 건설 DX는 개별 기업의 성과를 넘어, 우리 국토의 안전과 산업의 지속 가능성을 지키는 시대적 사명이다. 민간의 능동적인 스케일 업 전략과 정부의 정교한 제도적 마중물이 맞물릴 때, 중소 건설업계는 더 이상 기술 경쟁의 주변부가 아닌 변화를 주도하는 핵심 주체로 거듭날 수 있다. 기술은 더 이상 거대 자본의 전유물이 아니다. 연대를 통해 체급을 키운 중소기업에게는 인공지능과 로봇이 공존하는 지능형 생태계의 ‘퍼스트 무버’가 될 수 있는 새로운 항로가 활짝 열릴 것이다.



4

정책·제도 방향④

**건설에 지능을 더하는 R&D,
AI 산업 도약의 시작점**



AI 시대 공공 건설R&D 현황

건설 특화 AI R&D, 산업 혁신의 킬러 솔루션을 완성하다

건설에 지능을 더하는 R&D,
AI 산업 도약의 시작점



AI 패러다임 전환은 사람과 사람·사람과 기술·기술과 기술 간 경계를 무너뜨리고, 무한한 기술적 선택지(Pool)를 제공한다. 급변하는 환경 속에서 글로벌 시장을 선점하고 패러다임을 주도하기 위해서는 기술 주권의 조기 확보가 무엇보다 시급하다. 하지만 민간의 역량만으로는 감당하기 어려운 기초 기술의 축적과 파편화된 기술 생태계의 통합에 한계가 있다. 공공 R&D는 이제 단순한 지원을 넘어 미래 핵심 기술에 대한 선제적 투자로 민간의 창의적 혁신을 촉발하는 마중물이 되어야 한다. 공공의 전략적 투자가 뒷받침될 때, 비로소 건설산업은 기술 종속에서 벗어나 독자적인 AI 생태계를 구축할 수 있을 것이다.

상상 속 건설을 실현하는 'AI 마스터키', 공공 R&D로 완성하다

AI 기술 파급력은 산업계 전반을 관통하며 미래지향적 생태계로의 재설계(Redesign)를 강제하고 있다. 건설산업 역시 이러한 흐름 속에서 AI를 핵심 동력으로 삼아 기획부터 시공, 유지관리까지 생애주기 전반의 혁신을 꾀함이 당연하다. 데이터 기반 기획 단계 의사결정 가속화, 행정 절차 단순화, 설계 최적화·효율화, 가상 현장(Digital Twin) 및 무인·자율 시공, 지능형 관제에 이르기까지 등장한 지 십수 년이 지난 개념들이 이제야 손에 잡힐 듯하다. 이는 과거 기술적 한계로 구상에만 머물렀던 청사진이 AI라는 열쇠를 통해 실제 구현 가능한 영역으로 진입했음을 시사한다.

하지만, 냉정하게 진단하자면 아직 우리 건설산업 전반은 본격적인 AI 시대에 진입하기 위한 과도기이자 초기 단계에 머물러 있다. AI 기술 자체의 효용성은 증명되고 있지만, 건설산업 특화 AI는 걸음마 수준이며, 산업 생태계를 근본적으로 뒤바꿀 기술적 임계치에 도달하지 못한 상황이다. 파편화된 건설 데이터와 지능형 알고리즘 간 결합도는 여전히 낮고, 현장 데이터의 실시간 수집·분석 및 표준화·공유 역시 기술적 난제로 남아 있다.

이러한 불확실성과 잠재력이 공존하는 상황에서 AI 기술 주도권 확보는 이제 한 기업의 문제를 넘어 국가적 당면 과제가 되었다. 미국, 영국, 일본 등 주요국은 이미 AI를 국가 안보 및 경제성장의 핵심 축으

로 설정하고, 전 산업 차원의 정책 역량을 결집하고 있다. 미국은 최근 ‘America’s AI Action Plan(2025)’ 수립을 통해 AI를 핵심 국정과제로 격상했다.[100] 특히, 과도한 규제가 혁신을 저해하지 않도록 규제 문턱을 낮추는 정책 기조를 강화하여 민간 주도 기술개발을 독려하고 있다. 그 실행의 일환으로 ‘Genesis Mission(2025.11)’을 발표하였으며, 국립 연구소의 방대한 데이터를 통합하고 R&D 생산성을 획기적으로 높이는 ‘AI 과학자 플랫폼’ 구축에 박차를 가하는 중이다.[101] 영국 역시 AI를 경제성장과 국정과제 달성의 핵심 동력으로 정의하였으며, 이의 달성을 인프라 확충과 산업 전반의 AI 도입 가속화를 골자로 한 ‘AI Opportunities Action Plan(2025)’을 발표하며 국가적 역량을 집중하고 있다.[102] 일본도 사회 전반에 AI 활용을 장려해 양질의 데이터를 축적하고, 이를 다시 고성능 데이터·통신 인프라와 결합해 ‘AI 활용과 개발의 선순환 체계’를 구축하는 ‘인공지능 기본계획’을 추진 중이다.[103]

다행인 점은 우리 정부 역시 AI 기술 주도권 확보를 위해 발 빠르게 움직이고 있다는 것이다. 지난 2025년 12월 대통령 직속 국가인공지능 전략위원회를 통해 ‘대한민국 인공지능 행동계획’을 발표하며 정부 역량을 집중하고 있다. 이를 통해 2030년까지 세계 최고 수준의 AI 강국으로 도약하겠다는 것이 정부의 핵심 구상이다.[104]

결국, 국가별 범정부 차원의 AI 전략은 AI를 국가 경제 성장의 핵심 동력으로 삼고 있으며, 기술 생태계 조성 and 산업 전환의 필수 방안으로 AI 연구개발(R&D)에 집중하고 있다. 미국은 민간 주도 연구개발을 통해 AI 혁신 가속화를 꾀하고 있고, 일본 또한 기초·응용 연구 강화와 경

쟁우위 확보를 위한 독자적인 모델 개발 및 실증에 주력하고 있다. 우리 정부 역시 AI 혁신 생태계 조성은 물론, 산업 AX·공공 AX·지역 AX를 달성하기 위한 주요 방안으로 연구개발을 적극 추진하고 있다.

사실 어떤 혁신 기술이든 기술 태동기에는 기술 주도권 확보와 생태계 활성화를 위한 연구개발이 늘 뒤따랐다. 하지만, 지금의 AI는 이전의 기술들과는 완전히 다른 측면에서 바라볼 필요가 있다. 과거 기술이 특정 업무 수행 방식을 바꾸는 수준이었다면, AI는 자동화·무인화·로봇화 등을 통해 효율과 안전의 기술적 임계점을 돌파하며 상상 속 기능을 현실로 구현하고 있기 때문이다. 특히, 고질적인 숙련공 부족과 생산성 정체라는 구조적인 늪에 빠진 건설산업에 AI는 생존을 위한 필수 대안이다. 산업 구조와 생애주기, 그리고 이해관계자 전반을 뿌리부터 뒤흔드는 근본적인 혁신을 꾀해야 할 시점이다. 지금의 기술 도입 초기 단계를 전략적 골든타임으로 삼아 독자적인 기술력을 확보하고, 건설산업 전반의 AX를 가속화할 연구개발에 집중해야 한다.

이러한 전략적 골든타임을 실질적인 성과로 전환하기 위해서는 건설산업 혁신의 본질을 꿰뚫는 세 가지 핵심 이정표에 주목해야 한다. 첫째는 잠자고 있는 건설 데이터를 깨워 지능화의 원동력으로 삼는 ‘데이터 자산화’이며, 둘째는 글로벌 기술 종속을 넘어 우리만의 도메인 지식을 수호할 ‘건설 특화 AI’의 구축이다. 마지막은 이 모든 지능의 결정체로서 현장의 판도를 완전히 뒤집을 ‘실전형 킬러 기술’의 확보이다. 상상 속의 청사진을 현실의 견고한 구조물로 구현해 낼 해법으로써 연구개발의 지향점과 구체적인 실행 전략을 세 가지 관점에서 짚어보고자 한다.

잠자는 건설 데이터, 이제는 AI의 엔진으로

앞서 AI 시대 건설 데이터 체계 구축의 필요성과 그 방향성을 제시하였기에 여기에서는 공공 R&D를 중심으로 양질의 건설 AI 데이터 구축 및 활용 활성화 방안을 살펴보자. AI가 실효성 있는 판단을 내리기 위해서는 데이터의 단순한 축적을 넘어 컴퓨터가 즉각 처리할 수 있는 기계 가독성(Machine-Readable) 데이터의 확보가 필수적이다. 국토교통부는 2023년 ‘제6차 건설공사 지원 통합정보체계 기본계획’을 발표하며, 2030년까지 모든 건설사업 정보를 디지털화하겠다는 목표를 세웠다.^[105] 특히, 정부 핵심 자산인 건설산업정보화(CALS) 데이터를 AI 학습이 가능한 고품질 데이터 셋(Data Set)으로 고도화하고, 이를 공공과 민간에 전면 개방하여 혁신 생태계의 밑거름으로 삼겠다는 구상을 담고 있다. 한편, 건설산업 디지털 거점인 BIM의 활용이 확대됨에 따라 설계와 시공의 핵심 기준인 ‘건설기준’ 자체를 디지털화하는 ‘건설기술 디지털화 사업(2022~2026)’도 병행되고 있다.^[106] 이는 국가건설기준(KDS)과 표준시방서(KCS)를 컴퓨터가 이해할 수 있는 데이터베이스로 전환하는 과정이다. 최종적으로 시설물별 라이브러리와 온톨로지(Ontology) 기반의 디지털 기준을 구축하여 지능형 건설 환경을 위한 데이터 기반을 완성한다는 전략이다.

국유재산, 공공 인프라, 지하 매설물 등 국가 자산 데이터를 AI와 연계하는 노력은 민간 주도 개발이 닿기 어려운 정책적·경제적 가치를 지닌다. 이는 무엇보다 데이터 주권 및 안보 확립의 핵심 기반이다. 국가

자산 데이터는 안보와 직결된 민감 정보를 포함하는 만큼 공공 R&D 체계 내에서 추진될 때 오남용 리스크를 철저히 관리할 수 있다. 결과적으로 한국적 특수성을 반영한 독자적 AI 역량을 확보하고 국가 데이터 주권을 수호하는 밑거름이 된다.

동시에 이러한 공공의 노력은 민간 혁신을 위한 생태계 조성으로 이어진다. 공공 R&D가 선제적으로 학습용 데이터 셋(Data Set)과 표준 플랫폼을 구축하면 민간의 기술 개발 부담은 획기적으로 줄어든다. 특히, 데이터 접근권이 제한적인 중소 건설사와 IT 기업에 이러한 성과를 개방함으로써 산업 전반의 상생 발전을 견인하는 마중물 역할을 할 수 있다. 이러한 전략적 이점을 극대화하기 위해서는 관리 주체별로 분절된 데이터 사일로(Data Silo) 현상을 공공 R&D를 통해 타파하고 통합적인 데이터 관리 체계를 구축해야 한다.

종합하면, 건설 분야 국가 자산 데이터 셋은 지상·지하 시설물과 지반 데이터를 망라하는 국가적 전략 자산이다. 국민의 안전 및 삶의 질과 직결된 영역인 만큼 공공 R&D를 통한 데이터 주권 확보에 역량을 집중해야 한다. 이러한 노력은 독자적인 AI 핵심 엔진 확보로 이어져 궁극적으로 국가 경제 발전과 국민 복지 증진을 견인하는 초석이 될 것이다.

범용의 한계, AI에 ‘건설’을 입히다

건설산업은 각기 다른 ‘현장’에서 ‘일회성 단품’을 생산하는 전형적인 ‘수주산업’이다. 공장에서 규격화된 제품을 반복 생산하는 제조업과 달리 건설 현장은 지형, 기후, 공종 등에 따라 매 순간 상황이 변하는 동적인 환경에 노출되어 있다. 이러한 특성 때문에 건설 공정은 비정형성과 변칙성이 매우 높으며, 표준화된 관리 체계를 일괄적으로 적용하기 어려운 구조적 한계를 지닌다.

특히, 물리적 위험이 상존하는 건설 현장에서 안전 확보는 타협할 수 없는 최우선 가치이다. 그러나 현장의 동적 가변성에서 비롯되는 비정형적 위험 요소들은 예측 가능성을 낮추고, 관리의 사각지대를 만든다. 결과적으로 건설 현장의 높은 변칙성은 실시간 안전 통제를 어렵게 만드는 결정적인 요인이 되며, 이는 곧 산업 전반의 안전관리 난이도를 높이는 핵심 원인이 된다.

이러한 건설업의 특수성을 고려할 때, 일반적인 텍스트와 이미지 학습에 치중된 범용 AI를 현장에 그대로 이식하기에는 한계가 명확하다. 범용 AI는 확률에 기반한 ‘평균적인 해답’을 제시하는데, 이는 정보 습득 차원에서는 유용할지 몰라도 건설 현장에서는 치명적인 리스크가 될 수 있다. 건설 현장의 의사결정은 확률적 유추가 아닌 완벽한 물리적 실증 영역이어야 하기 때문이다. 만약 AI가 미세한 판단 오류를 범한다면, 이는 단순한 정보 왜곡을 넘어 대규모 인명 피해와 천문학적인 경제적 손실로 이어질 우려가 있다. 이것이 우리가 건설 도메인에 특화된 정교한 지능형 모델에 집중

해야 하는 이유이다.

결국 건설산업 지능화를 위해서는 건설 맞춤형 AI 개발이 필수적이다. 이는 단순 텍스트를 넘어 BIM 데이터, 실시간 센싱 데이터, 복잡한 건설 법규 및 과거 사고 사례 등을 포괄적으로 학습한 고도화된 모델이어야 한다. 이처럼 정교하게 설계된 건설 특화 AI는 시스템 오류를 최소화하고, ‘안전’·‘품질’이라는 절대 가치를 수호하는 핵심 동력이 된다. 또한, 고도화된 위험 예측, 데이터 기반 공정 최적화, 정밀 설계 자동 검토 등을 가능케 함으로써 산업 전반의 신뢰도와 생산성 모두를 동시에 끌어올릴 것이다.

다행히 국토교통부 역시 건설산업 특화 AI 기술개발에 박차를 가하고 있다. 국민 생활과 밀접한 도시, 건설 등 국토 교통 전 분야에 AI를 접목함으로써 광범위한 인프라 혁신과 산업적 파급효과를 창출하기 위한 본격적인 행보에 나선 것이다. 2026년 예산안에 따르면, AI 시대의 시장 수요에 즉각 대응할 수 있는 제품개발 지원과 원천기술 확보 등 미래 성장 동력에 대한 투자를 대폭 강화할 방침이다.¹⁰⁷⁾ 실제 R&D 예산 규모를 2025년 4,879억 원에서 2026년 5,336억 원으로 확대 편성하여 AI 관련 연구개발 사업을 강력히 추진한다. 이와 함께 국토 교통 분야의 산·학·연 역량을 결집해 AI 기반 제품과 시스템을 단기간 내 상용화하기 위한 ‘AI 응용제품 상용화 지원사업’에 880억 원을 투입한다. 이러한 국토교통 R&D 투자전략의 핵심은 AI를 전면에 내세운 패러다임 전환이다.¹⁰⁸⁾ 구체적으로는 ‘AI 안전기술 확보’, ‘국토교통 AX(AI 전환) 추진’, ‘데이터 기반 인프라 구축’을 3대 핵심 축으로 삼고 있다. 또한, SOC 건설 및 유지관리 효율화를 위해 ‘스마트 유지관리’와 ‘디지털 생산성 향상’을 병행 추진함으로써 건설산업 전반의 체질 개선을 도모할 계획이다.

국토교통 R&D 투자전략 - 인공지능 및 SOC건설/관리 효율화 분야

아젠다	R&D 추진전략	세부 추진방안	
AI	AI 안전기술 확보	재난안전	사회안전 이슈 관련 AI 솔루션 집중 투자 (ex. 항공안전, 싱크홀 등)
		안전관리	사고예방·예측을 위한 통합 AI 안전관리 시스템 등 안전관리 효율성 강화
	국토교통 AX 전환	무인·자동화	건설, 물류 등 인력감소 산업 분야의 AI 자동화 확산 및 생산 효율성 향상
		AI 기술 고도화	국토교통 산업 전반 AI 기술 융복합 (휴머노이드, 물류로봇, 자율차 등)
	데이터 기반 인프라 구축	인프라 조성	공간정보/통신 등 공공 데이터 인프라 조성을 통한 데이터 활용도 강화
		데이터플랫폼구축	데이터 생성·저장·유통·활용을 위한 국토교통 데이터플랫폼 구축
SOC 건설/관리 효율화	스마트 유지관리	성능개선	테스트베드, 실·검증 등 국토교통성능개선 기술개발 중점 투자
		유지관리	첨단기술 활용 국토교통 시설물 자동화·무인화 유지관리 기술개발
	디지털 생산성 향상	디지털 전환	설계·공사 등 국토교통 디지털 전환 및 지능화 관련 기술개발 중점 투자
		자동화·로보틱스	저비용·고효율 자동화·로보틱스기술개발을 통한 생산성 향상
	고효율 스마트 재료	건설재료 혁신	친환경 및 융·복합 신소재 등스마트 기술 활용 건설재료 혁신
		건설재료 고효율화	SOC 인프라 개선을 위한 고성능·고효율 건설재료 기술개발

자료 : 국토교통과학기술진흥원(2025), “국토교통 R&D 투자전략”

이러한 전폭적인 예산 투입과 투자전략의 중심에는 대한민국 건설산업의 데이터 주권을 수호하고 기술 자립을 실현할 ‘건설 특화 AI’ 개발이 자리 잡고 있다. 특화 AI는 단순히 기술을 도입하는 수준을 넘어 우리 고유의 건설 데이터와 법규, 공법을 완벽히 이해하는 독자적인 지능 엔진을 보유하는 것을 의미한다. 다행히 국토교통부는 이러한 시대적 요구에 발맞춰 건설산업 특화 AI 개발을 위한 연구 기획과제(‘건설산업의 미래전략사업

도약을 위한 인공지능-건설 융합 기술개발 기획’)를 적극적으로 추진하고 있다.^[109] 글로벌 빅테크 기업이 주도하는 범용 AI 모델은 국내 건설 현장 특유의 복잡한 설계기준이나 안전관리 체계를 정밀하게 반영하는 데 한계가 있기 때문이다.

국토교통부가 추진하는 건설 특화 AI 개발은 파편화된 국내 건설 도메인 지식을 체계적으로 자산화하는 과정이다. 이는 외부 기술의 간섭 없이 우리 산업 현장에 최적화된 의사결정을 내릴 수 있는 ‘건설 분야 국가대표 AI 엔진’을 구축한다는 전략적 의미를 지닌다. 단순한 기술 도입을 넘어 국내 건설 환경에 최적화된 지능형 인프라를 마련한다는 점에서 그 가치가 매우 크다. 이러한 노력은 국토 교통 AX를 실질적으로 완성하는 마지막 퍼즐이자 대한민국 건설산업이 글로벌 시장에서 초격차 경쟁력을 확보하기 위한 필수 선결 과제이다.

건설산업 특화 AI 개발 기획과제 주요 내용

구분	세부 내용	
과제명	‘건설산업의 미래전략사업 도약을 위한 인공지능-건설 융합 기술개발 기획’	
목적	AI 대전환 및 융합시대에 맞는 건설 특화 AI 개발 및 이를 통한 건설산업의 미래전략사업 도약 기반 마련	
	목표①	건설산업 미래대응을 위한 ‘건설 AI 원천기술 확보 및 고도화’
	목표②	건설 AI 기반 ‘제도화-무인화’, ‘AI-엔지니어링’, ‘지능형 운영체계’ 실현
	목표③	AI 건설의 확산·보급 및 도약을 위한 지원 생태계 구축
주요 연구 내용	건설산업 특화 AI 융합 모델(모듈형 AI: 피지컬, 파운데이션, 초연결 등) 기술개발	
	피지컬 AI 기반 건설 제도화·무인화 기술개발	
	파운데이션 모델 기반 엔지니어링 지원 기술개발	
	초연결 디지털트윈 기반 지능형 운영체계 기술개발	
	건설 AI 기술 확산·보급을 위한 지원 기술개발	

자료 : 국토교통과학기술진흥원(2025), “2025년 국토교통연구기획 사업 제2차 시행 공고 안내서”

이처럼 ‘범용의 한계’를 넘어선다는 것은 AI에 건설산업의 데이터와 지식을 온전히 ‘입히는’ 과정이다. 고품질 데이터 자산을 자양분 삼아 탄생할 건설 특화 AI는 단순한 기술적 도구를 넘어 산업 패러다임을 전환하고 글로벌 경쟁력을 견인할 강력한 동력이 될 것이다. 또한, 생산성 향상과 사고 저감이라는 일차적 목표를 넘어 글로벌 건설시장을 선도할 독보적인 핵심 엔진 확보로 이어진다. AI에 건설의 전문성을 제대로 투영하는 이 여정이 국가 경제의 새로운 도약을 견인하고, 국민의 안전한 일상을 보장하는 가장 확실한 초석이 되기를 기대한다.

판을 뒤집는 혁신, AI로 개발하는 건설 ‘킬러 기술’

지금까지의 건설기술 혁신이 숙련공의 손끝을 돕는 ‘도구의 진화’ 또는 사업성과 안전·품질 개선을 위한 공법 개발 중심이었다면, 이제는 판을 통째로 뒤집는 ‘AI의 혁명’이 시작되고 있다. 과거에는 인력과 장비를 얼마나 효율적으로 배치하느냐가 생산성의 척도였으나, AI 시대의 건설은 누가 더 정교한 ‘킬러 기술(Killer Tech)’을 보유하느냐에 따라 승패가 갈린다. 여기서 말하는 킬러 기술이란 단순히 기존 공정을 보조하는 수준을 넘어 건설 전 생애주기에서 기존의 관점과 한계를 초월한 판단을 내리고 실행하는 독보적인 기술을 의미한다. 이는 점진적인 개선이 아닌 산업의 표준 자체를 새롭게 정의하는 파괴적 혁신의 시작점이다. 이제 우리는 범용 AI의 모호한 답변을 뒤로 하고, 건설 현장의

난제를 정밀하게 타격하여 해결하는 건설 특화 킬러 기술의 실체에 주목해야 한다.

판을 뒤집는 킬러 기술의 핵심은 그동안 인간의 숙련도와 감각에 의존해 왔던 건설 ‘블랙박스’ 영역을 AI로 완전히 투명하게 만드는 데 있다. 이러한 킬러 기술이 실전에서 강력한 폭발력을 얻기 위해서는 현장의 물리적 움직임뿐만 아니라 복잡한 공학적 기준과 숙련공의 암묵지까지 아우르는 ‘건설 지식의 입체적 지능화’가 선행되어야 한다. 건설 특화 AI가 모든 데이터와 표준을 학습한 ‘두뇌’라면 킬러 기술은 그 방대한 지식을 바탕으로 현장의 잠재적 위기를 먼저 읽어내고 최적의 해법을 집행하는 ‘날카로운 실전 무기’가 된다. 예를 들어, 수천 개의 변수를 동시에 고려해야 하는 ‘조정밀 위험 예측 솔루션’이나 설계 변경에 따른 공기·비용 변화를 즉각적으로 시뮬레이션하는 ‘AI 기반 공정 최적화 엔진’ 등을 생각해 볼 수 있다. 이러한 기술들은 건설업의 고질적인 약점이었던 비정형성과 변칙성을 오히려 AI만이 해결할 수 있는 데이터의 영역으로 끌어들이고 있다. 즉, 킬러 기술은 건설업을 노동 집약적 구조에서 벗어나 지식 집약적 첨단 산업으로 재편하는 실질적인 게임 체인저가 되는 것이다.

그럼에도 국가 경제의 ‘진짜 성장’을 위해 추진 중인 4대 분야(기업·공공·국민·기반조성)의 ‘AI 대전환 15대 선도 프로젝트’에 건설 분야가 이름을 올리지 못한 점은 못내 아쉽다.^[110] 비록 범부처 차원의 대형 프로젝트에서 건설 분야가 전면에서 나서지 못한 한계는 있으나, 다행인 점은 국토교통부 차원에서 이러한 공백을 메우기 위해 건설산업의 특성

에 적합한 AI 확산 프로젝트를 런칭하며 돌파구를 마련하고 있다는 것이다.^{[111][112]} 이는 단순히 범용 AI의 트렌드를 쫓는 것이 아니라, 건설 현장의 복잡다단한 난제들을 정밀하게 타격할 수 있는 실질적인 ‘킬러 기술’ 생태계를 조성하겠다는 의지의 표명이다.

2025년도 AI 특화 국토교통연구기획사업 추진 현황

구분	세부 내용
제1차	시설물 안전 강화를 위한 AI 활용 기술개발 기획
	AI 에이전트 기반 AI시티(인공지능도시) 구축·운영 기술 개발 기획
	AI기반 원격 건축 안전 및 모니터링 기술 개발 기획
	AI 기반 공간 데이터 연관·관리·검색 기술개발 기획
제2차	국토교통 AI 전환 및 산업 혁신을 위한 통합 데이터 스페이스 설계 및 구축 기획
	건축 전주기 데이터 생태계 구축 및 한국형 건축 특화 AI 기술 개발 기획
	도시계획 특화 AI 기술 기반 입체적 도시관리계획 수립지원 기술개발 기획
	AI 스마트빌딩 테스트베드 플랫폼 건축 기술 개발 기획
	Land Intelligence 구현을 위한 국토정보 AI 기술개발 기획
	건설산업의 미래전략사업 도약을 위한 인공지능-건설 융합 기술개발 기획
	AI 기반 시설안전 산업 혁신 기술개발 기획
	공항 시설에 대한 IoT-AI 기반 안전관리기술 개발 기획
	퍼지털 AI 기반 터널 유지관리 로봇 기술 개발 기획

자료 : 국토교통과학기술진흥원(2025), “2025년 국토교통연구기획 사업 제1차 시행 공고” 및 “2025년 국토교통연구 기획 사업 제2차 시행 공고”

실제로 국토교통부가 추진 중인 최신 R&D 기획 과제들을 살펴보면, ‘킬러 기술’ 확보를 향한 구체적인 로드맵이 명확히 드러난다. 단순히

이론적인 연구에 그치지 않고, 건설 현장의 물리적 한계와 데이터 공백을 정면으로 돌파하려는 실전형 과제들로 구성되어 있다. 우선, 가장 눈에 띄는 것은 ‘안전 지능화’를 향한 강력한 추진력이다. 시설물 안전 강화와 원격 모니터링, 핵심 인프라(공항, 터널 등)의 AI 기반 안전관리 기술은 사후 대응이 아닌 ‘선제적 예방’이라는 킬러 기술의 본질에 닿아 있다. 특히, 현실의 물리적 환경과 디지털 지능을 결합한 ‘피지컬 AI’ 기반의 유지관리 로봇 기술은 노동 집약적인 건설업의 판도를 바꿀 핵심 무기가 될 것으로 기대한다.

또한, AI 엔진을 돌릴 연료인 ‘통합 데이터 스페이스’와 전주기 데이터 생태계 구축에도 역량을 집중하고 있다. 흩어져 있던 건축·도시 정보를 하나로 묶어 기계 가독성(Machine-Readable)을 확보함으로써 우리만의 독자적인 AI를 구현할 토양을 다지는 작업이다. 나아가 AI 시티(인공지능도시)와 국토정보 AI(Land Intelligence) 기술은 개별 현장을 넘어 국토 전체를 입체적으로 관리하는 거시적 차원의 지능형 인프라 혁신을 예고한다. 결국, 이러한 다각도의 R&D 기획은 건설산업이 더 이상 전통적인 수주산업에 머물지 않고, AI와 로봇틱스가 결합한 초정밀 지식산업으로 재편되는 결정적인 전환점이 될 것이다.

앞으로의 건설 R&D는 단순한 기술 보강을 넘어 인간의 직관이 닿지 않는 영역까지 최적화하는 ‘초지능형 킬러 기술’ 확보에 사활을 걸어야 한다. 이제 건설 현장은 더 이상 거칠고 위험한 노동 현장이 아니다. 설계 단계에는 AI 에이전트가 수만 개의 시나리오를 검토해 탄소 배출과 공기를 동시에 최적화하는 초정밀 설계를 내놓고, 현장에서는 피지컬

로봇이 고위험 작업을 완전히 대신하며 인간과 실시간으로 협업하는 풍경이 일상이 될 것이다. 또한, 보이지 않는 인프라의 미세한 균열까지 AI가 스스로 진단하고 자율 유지관리 로봇에 지시를 내린다. 이처럼 AI라는 강력한 무기를 장착한 건설산업은 낡은 관행을 벗고 고도화된 미래 첨단 산업으로 탈바꿈하고 있다. 판을 뒤집는 혁신은 이미 시작되었으며, 그 중심에 서게 될 건설 킬러 기술이 그려낼 지능형 국토의 내일을 확신한다.

AI 시대 공공 건설R&D 변화 방향①

AI Tech와 건설기업이 주도하는 실증 중심의 Agile R&D



바야흐로 AI의 시대다. 이제 AI는 방대한 데이터를 스스로 학습하고 다각적 분석을 통해 최적의 대안을 도출하는 ‘지능형 파트너’로 진화했다. 이러한 변화는 건설산업 R&D에도 패러다임 전환을 강력하게 요구하고 있다. 이제 건설 R&D는 단순히 ‘기술을 개발하는 것’을 넘어 ‘AI와 어떻게 협력하여 혁신을 가속화할 것인가’라는 본질적인 질문에 답해야 한다.

AI 기술을 R&D 과정에 적극적으로 도입할 경우 무엇보다 ‘속도’와 ‘정확도’ 측면에서 비약적인 변화가 예상된다. 우선 개발 주기의 혁신이 가능하다. 과거에는 연구원이 밑바닥부터 코드를 짜고 알고리즘을 설계하는 데 수년이 걸렸지만, 이제 AI 자동화 도구들이 그 과정을 대신한다. 이는 기술개발 속도를 비약적으로 높여 ‘연구실의 기술’이 ‘현장의 기술’로

변모하는 시간을 획기적으로 단축시킨다. 또한, 가상 시뮬레이션을 활용한 실험을 통해 실제 현장에서 발생할 수 있는 시행착오를 최소화하고, 결과물을 극한까지 최적화할 수 있다. 물론, 건설산업 특성상 우려되는 지점도 존재한다. 일반적인 목적으로 개발된 범용 AI만으로는 건설 현장의 복잡하고 특수한 상황을 모두 반영하는 데 한계가 있다. 이 과정에서 발생하는 AI ‘할루시네이션(환각)’ 현상은 건설 현장에 치명적이다. 문학이나 예술 분야에서의 AI 실수는 웃어넘길 수 있지만, 수만 명의 인명이 직결된 현장에서의 AI 오류는 돌이킬 수 없는 재앙으로 이어진다.

결국 AI 시대의 공공 R&D는 완전히 다른 옷으로 갈아입어야 한다. 기존의 경직된 연구 방식으로는 빠르게 변하는 기술 트렌드를 따라잡을 수 없기 때문이다. 이제 건설 R&D의 방점은 ‘원천 기술개발’ 자체보다 ‘데이터 확보’와 ‘현장 실증’으로 이동해야 한다. 개발단계는 AI로 슬림화하고 실증에 자원을 집중하는 ‘고강도 현장 검증’ 구조와 AI Tech 기업 중심이 된 ‘애자일(Agile)’ 체계로의 과감한 전환이 필요하다. 이러한 체질 개선이 선행될 때 비로소 AI 경쟁력을 확보하고, 글로벌 시장의 지능화 트렌드를 선도하는 기술 주도권을 거머쥔 수 있을 것이다.

할루시네이션의 공포 : 개발은 슬림하게, 실증은 헤비하게

AI는 건설 R&D의 속도를 획기적으로 높이는 가속 페달이다. 과거 수 개월이 소요되던 복잡한 구조 계산과 공정 분석은 이제 가상 시뮬레이션

을 통해 단 며칠 만에 최적의 해답을 내놓는다. 하지만, 이 눈부신 속도전의 이면에는 건설업의 본질인 ‘결함 제로’의 원칙과 충돌하는 치명적 위험, 즉 AI ‘할루시네이션(Hallucination, 환각 현상)’이 도사리고 있다.

논리적으로는 완벽해 보이지만 실제 물리적 법칙이나 안전 규정을 무시한 채 그럴듯한 거짓을 내뱉는 AI의 특성은 인명과 직결된 건설 현장에서 단순한 오류를 넘어선 실존적인 공포로 다가온다. 특히, 매년 지형과 기후가 달라지는 비정형적 환경의 불확실성은 AI의 예측력을 무력화하기 일쑤다. 규격화된 공장 설비와 달리 건설 현장은 통제 불가능한 변수가 산재해 있으며, 현장마다 제각각인 데이터의 파편화로 인해 AI 학습 결과가 실제 현장과 괴리되는 경우가 빈번하기 때문이다. 파편화된 데이터 위에서 피어난 AI의 환각은 결국 설계와 시공의 불일치를 야기하고, 돌이킬 수 없는 사고로 이어질 위험을 내포한다.

결국 AI 도입으로 기술개발 속도와 품질이 상향 평준화될수록 역설적으로 그 기술을 얼마나 믿을 수 있는가에 대한 ‘신뢰도’가 경쟁력의 본질이 된다. 이제 건설 R&D는 패러다임을 전환해야 한다. AI를 도구 삼아 아이디어를 구체화하는 기술개발은 ‘슬림’하고 탄력적으로 추진하되, 현장의 불확실성을 완전히 걷어내기 위한 실증 과정은 어느 때보다 ‘헤비’하고 심도 있게 전개해야 한다. 철저한 검증으로 다져진 단단한 기술만이 건설의 미래를 실질적으로 지탱할 수 있다.

이러한 시대적 요구에 부응하기 위해서는 건설 기술 개발 관점을 ‘이론적 완벽주의’에서 ‘현장 중심의 단계적 완성’으로 이동해야 한다. 우선 기존의 선형적 방식에서 벗어나 실증 및 검증 기간을 대폭 확대하는 시

간 배분의 재설계가 필요하다. 일단 실행 가능한 수준의 시제품을 빠르게 현장에 투입한 뒤, 실제 데이터를 환류 받아 기술을 끊임없이 수정·보완하는 장기 실증 체계를 구축하는 것이 핵심이다. 이 과정에서 발생하는 비용과 시간의 한계는 가상공간 시뮬레이션을 활용한 하이브리드 검증 모델로 극복할 수 있다. 먼저 디지털 공간에서 수만 번의 가상 실험을 수행하여 기술의 기본 안전성을 신속하게 확보한 뒤, 엄선된 핵심 기술만을 실제 현장으로 가져가 장기간의 환경 적응성 테스트에 집중하는 방식이다. 이러한 접근은 실증의 밀도를 높이는 동시에 실제 현장에서 발생할 수 있는 시행착오와 리스크를 획기적으로 낮춰준다.

이처럼 가상공간에서 시작해 실제 도시 현장으로 외연을 넓혀가는 단계적 실증 체계는 기술 완성도를 높이는 체계적인 로드맵이 된다. 우선, 디지털 트윈 공간에서의 반복적인 가상 실험을 통해 기술적 결함과 환각 현상을 사전에 걸러내는 기초 실증을 거친다. 이를 바탕으로 정부와 공공기관 주도의 시범 사업을 추진하여 AI 기술이 실제 공공 건설 현장에서 어느 정도의 활용성과 안전성을 발휘하는지 심층적으로 확인하는 과정이 뒤따른다. 한편, 이러한 실증의 정점은 공공의 경험을 실제 건설 현장과 도시 단위의 복합 적용으로 확장하는 데 있다. 예를 들어, ‘5극 3특’ 체계와 연계된 K-AI 시범도시를 건설 AI 기술의 핵심 거점이자 실증플랫폼으로 활용하는 방안을 고려할 수 있다. 특히, 규제 샌드박스의 개념을 확장하여 ‘5극 3특’ 지역에 제도적 완충지대(규제 프리존)의 역할을 부여한다면, 기존 법령의 제약에서 벗어나 혁신 기술을 과감하게 이식하고 양질의 데이터를 축적하는 최적의 환경이 조성될 것이다.

결국 새로운 R&D 모델의 본질은 기술의 탄생은 신속하게 하되, 그 기술이 거친 건설 현장에 뿌리내리는 과정은 어느 때보다 무겁게 관리하는 데 있다. AI의 고질적 문제인 ‘할루시네이션(환각)’이나 현장의 불확실성을 극복하려면, 책상 위에서의 완벽한 개발보다 실제 현장에서의 반복적인 검증이 무엇보다 중요하기 때문이다. 연구실 안의 이론적 성과에 머물지 않고 실제 시공 환경에서 기술의 내구성과 신뢰성을 끝까지 검증하는 ‘신속 제작과 현장 밀착형 장기 실증’의 결합이야말로, 첨단기술의 복잡성과 건설업의 안전 지상주의를 동시에 충족시키는 강력한 추진 동력이 될 것이다.

5년은 길다, Agile R&D와 롤링 플랜으로 서바이벌

현장의 불확실성을 견어내고 할루시네이션의 공포를 극복하기 위해 ‘헤비한 실증’을 선택했다면, 이제 우리가 직면할 또 다른 현실은 바로 ‘시간’이다. AI 기술의 진화 속도는 인류가 경험해 온 그 어떤 기술적 전변(全變)보다 빠르다. 어제의 첨단 모델이 오늘의 구식이 되는 기술의 초단기 수명 주기는 공들여 준비한 실증의 결과가 현장에 나오기도 전에 이미 낡은 유물이 될 수 있다는 새로운 위기감을 불러일으키기 때문이다. 신뢰도를 위해 실증의 깊이를 더할수록 역설적으로 변화하는 기술의 속도를 담아낼 수 있는 R&D의 유연성은 더욱 간절해진다.

하지만, 이러한 속도전 앞에서 공공 R&D의 경직된 운영체계는 심각

한 병목 현상을 일으킬 우려가 있다. 통상 5년 단위의 연구 주기는 분기 단위로 혁신이 일어나는 AI 기술의 호흡을 담아내기에 너무나 길다. 착수 시점의 최적 기술이 종료 시점에는 기존 기술의 한계를 뛰어넘는 새로운 기술개발 및 상용화로 이미 사장되어 버리는 ‘연구의 화석화’는 실증의 의미마저 퇴색시킨다. 한 번 정해진 목표를 끝까지 고수해야 하는 경직된 절차는 변화하는 시장과 기술 트렌드에 눈을 감게 만들며, 결국 막대한 예산과 시간을 투입하고도 현장에서 외면받는 기술을 낳는 비극의 씨앗이 된다.

그럼에도 대다수 건설 R&D 사업이 여전히 장기적인 호흡을 기본값으로 설정하고 있다. 대규모 재정이 투입되는 국가 R&D 사업과 실증을 위한 건설사업의 시행 과정이 함께 엮히는 공공 건설 R&D 특성상 안정적인 연구 기간 확보가 중요할 수 있으나, 분기 단위로 지형지물이 바뀌는 AI 기술의 진화 속도를 담아내기에는 긴 시간이다. 기술의 유통기한이 연구 기간보다 짧아지는 역설적인 상황 속에서 기존의 장기 호흡 방식은 자칫 혁신의 동력이 아닌 혁신의 걸림돌이 될 위험이 있다.

결국 기술의 생존력을 결정하는 것은 ‘계획의 완벽함’이 아니라 ‘변화에 대한 대응력’이다. 깊고 긴 실증을 견뎌내면서도 기술의 최신성을 유지하기 위해서는 5년이라는 긴 침묵을 깨고 끊임없이 목표를 수정·보완하는 동적인 체계로 거듭나야 한다.

2026년도 국토교통 R&D 신규사업 추진계획(일부 발췌)

과제명		연구기간	정부지원연구개발비
건설 전주기 안전혁신 기술개발 사업	스마트 점검·진단 및 측량 기술성능평가체계 개발	‘26.4~’29.12	7,000백만원
	스마트 지하안전 조사·분석·평가기술개발	‘26.4~’29.12	8,000백만원
지역 단위 재난 위험도 AI 시뮬레이션 기반 재난안전관리기술 개발		‘26.4~’29.12	19,500백만원
공동주택 건설생산성 혁신을 위한 다용도-건설작업로봇설계 및 통합관리 기술개발		‘26.4~’30.12	28,000백만원
초연결 지능도시 핵심 기반기술 개발		‘26.4~’30.12	25,000백만원

자료 : 국토교통부(2026), “국토교통 신규사업 추진계획”, 2026 정부R&D사업 부처합동설명회

고정된 마일스톤이 아닌 기술 트렌드와 실증 데이터의 환류를 실시간으로 반영하는 ‘순환형·연동형 계획(Rolling Plan)’을 도입하고, 짧은 주기로 성과를 점검하며 다음 보폭을 결정하는 ‘애자일 방식’을 전면 수용해야 한다. 애자일이 연구 과정에서 발견되는 현장 부적합 사례나 기술적 오류를 즉각적으로 차기 계획에 환류시키는 ‘민첩한 실행’의 엔진이라면, 순환형·연동형 계획은 매년 변화하는 기술 진화 속도에 맞춰 다음 연도 목표와 예산을 유연하게 재설계하는 ‘동적인 관리’의 틀이 된다. 한 번 정해진 목표에 묶여 사장될 기술을 붙잡고 있는 대신, 현재 시점에서 가장 가치 있는 혁신에 자원을 집중할 수 있도록 연구의 방향타를 상시 개방하는 것이 이 모델의 핵심이다. 변하지 않는 계획을 완수하는 R&D가 아니라 변화 속에서 끝까지 살아남아 가치를 증명하는 공공 R&D로의 대전환이 필요한 시점이다.

이를 위해 우선 기존의 5년 단위 대형 사업단 중심의 공공 건설 R&D 사업을 최신 기술을 적기에 연결하는 ‘단기 공급형’과 현장의 난제를 풀

어내는 ‘수요 기반형’으로 세분화하는 맞춤형 접근을 검토해 볼 수 있다. 특히, ‘3년 개발, 2년 실증’으로 고착화된 전통적인 선형 구조를 보다 탄력적으로 운용할 필요가 있다. 개발기간은 핵심 기술 위주로 압축하여 초기 비용을 최소화하고, 실증 및 검증 기간은 충분히 확보하여 기술의 완성도를 높이는 전략적 시간 배분의 재설계가 요구된다. 예를 들어, 진화 속도가 빠른 거대언어모델(LLM) 기반의 ‘설계 도서 자동 검토’와 같은 과제는 1~2년 단위의 민첩한 개발 주기를 통해 시제품을 신속히 구현함으로써 기술 적시성을 확보하는 것이 바람직하다. 반면, 장기적인 데이터 축적이 필수적인 ‘교량 부식 진단’과 같은 수요 기반형 과제는 연구 현장의 수요를 바탕으로 매년 성과를 검토하고 계획을 보완하며 완성도를 점진적으로 높여가는 유연한 체계가 효과적인 대안이 될 수 있다.

정부 역시 급격한 기술 변화에 맞춰 공공 R&D 체계 혁신에 나섰다. 연구 환경의 경직성을 허물고 혁신 중심의 제도개선을 단계적으로 추진 중이다. 과학기술정보통신부는 선도형 R&D 체계로의 전환을 위해 ‘APRO(앞으로)’ 브랜드를 도입하고, 성공과 실패의 이분법적 등급 평가 대신 ‘과정 중심의 정성평가’를 시행하여 연구자가 실패에 대한 두려움 없이 파격적인 목표에 도전할 수 있는 환경을 구축하고 있다.^[113]

이뿐만이 아니라, 18년 만에 국가 대형 R&D 투자 심의 체계를 전면 개편하며, 2년 이상 소요되던 연구개발 예비타당성 조사를 폐지하고 5개월 내외의 ‘사업 기획 점검’으로 대체하는 등 기술 확보의 적시성을 높이는 데 주력하고 있다.^[114] 이러한 정책적 진화는 앞서 제안한 애자일 방식의 민첩한 실행과 순환형·연동형 계획을 통한 동적 관리가 공공

R&D 현장에서 실질적으로 작동할 수 있게 한다.

이제 국토교통부 R&D 또한 이러한 범정부적 변화의 흐름에 발맞춰 체질 개선에 나서야 한다. 건설 현장의 안전과 효율을 담보할 ‘피지컬 AI’ 기반의 자율 운영 로봇이나 초거대 AI 엔지니어링 기술들이 연구실 안의 이론에 머물지 않으려면, 기존 R&D 운영 방식 또한 공급자 중심의 고정된 계획에서 수요자 중심의 유연한 대응 체계로 거듭나야 한다.

탄력적 R&D 시스템은 자산의 효율성을 극대화하는 동시에 급변하는 산업 현장에 최신 기술을 적기에 공급하기 위한 필수 전략이다. 실증 과정에서 한계가 확인된 과제는 리스크를 최소화하여 잠재력이 증명된 기술에 동력을 집중하는 역동적 구조가 가능해지기 때문이다. 이러한 변화는 이론적 성과에 머물던 첨단 AI 기술을 국토 교통 현장의 안전과 효율 등 시급한 난제 해결에 즉각 투입할 수 있는 실질적인 토양이 된다. 5년 뒤의 완벽을 기다리기보다 현재의 솔루션을 적기에 현장에 이식해야 한다. 이러한 실증과 피드백의 반복이야말로 기술의 화석화를 막고 산업 혁신을 이끌 강력한 추진제가 될 것이다. AI 시대의 건설 R&D는 연구실의 결과물이 아닌 현장에서 살아 움직이는 생존형 기술을 지향해야 한다.

데이터가 경쟁력, AI Tech와 건설기업이 주도하는 R&D

지금까지 ‘어떻게 기술을 믿을 것인가’와 ‘어떻게 변화의 속도를 따라

잡을 것인가’에 대한 고민이었다면, 이제는 그 시스템을 움직일 실질적인 동력과 운전대를 누구에게 맡길지 결정할 차례다. 제아무리 탄탄한 검증 절차와 유연한 제도를 갖췄더라도 엔진에 부어줄 양질의 데이터가 없거나, 현장을 모르는 주체가 운전대를 잡는다면 R&D는 결국 공허한 이론의 궤도만 돌게 된다. 공공 R&D의 고질적 난제인 ‘실무와의 괴리’를 끊어내는 최종 열쇠는 데이터의 실제 주인인 AI Tech 기업 및 건설기업에 R&D의 주도권을 과감히 넘기는 데 있다.

지금껏 국토 교통 R&D를 지탱해 온 학계 중심의 구조는 AI 시대의 폭발적인 속도감 앞에서 근본적인 변화를 요구받고 있다. 학술 가치인 논문과 특허 수에 집중하는 기존 방식은 건설 현장이나 교통관제 시스템에 즉시 이식 가능한 ‘실행 가능한 코드’나 ‘실질적인 비즈니스 모델’을 내놓는 데 숨이 가쁘다. 일례로 현대자동차 그룹의 보스턴 다이내믹스가 자율 보행과 인지 능력을 갖춘 ‘아틀라스(Atlas)’와 같은 범용 로봇으로 세계를 놀라게 하는 사이, 공공 R&D는 이제야 특정 공정에 국한된 ‘건설 로봇’ 개발을 시작하는 상황이다. 이미 상용화 궤도에 오른 글로벌 빅테크 기술을 현장에 어떻게 응용할지를 고민하기보다 기초적인 하드웨어 개발부터 다시 시작하는 학문적·공급자 중심 접근은 기술 격차를 좁히기는커녕 도리어 벌어지게 만든다.

특히, AI는 데이터 사이언스와 로봇틱스, 그리고 현장 도메인 지식의 유기적인 융합이 필수적이지만, 기존 세분화된 연구 체계 내에서는 이러한 통합 솔루션을 도출하는 데 속도감의 차이가 발생하기 마련이다. AI의 핵심 연료인 현장 데이터가 실험실이 아닌 실제 건설사업 발주 공

공기관이나 시공사에 집중되어 있다는 점은 학계 주도 연구의 데이터 확보에 어려움을 더하며, 결과적으로 현실과 동떨어진 ‘박제된 연구’가 될 수 있다는 우려를 낳는다.

이제 AI 시대의 경쟁력은 복합적인 수식을 계산하는 능력보다 ‘어떤 문제를 AI에게 풀게 할 것인가?’라는 기획력과 실제 데이터를 요리하는 실전 능력에서 결정된다. 스스로 가설을 세우고 실험 코드를 짜는 ‘AI 연구원’ 모델이나 에이전트 AI의 등장은 인간이 일일이 개입해야 했던 전통적 연구 영역을 급격히 대체하고 있다. 이러한 기술적 특이점 속에서 R&D의 주도권은 현장 데이터와 강력한 컴퓨팅 인프라를 갖춘 AI Tech 기업 및 건설기업으로 옮겨가는 것이 마땅하다. 기업은 자율주행 데이터나 현장 센서 데이터처럼 서비스 과정에서 쏟아지는 살아있는 데이터를 직접 보유하고 있다. 아울러 복잡한 행정 절차보다 기술 상용화와 글로벌 수출을 최우선으로 한다. 이러한 기업 특성은 그들이 AI 시대의 속도감을 온전히 감당하며 R&D를 주도해 나갈 주체임을 증명한다.

패러다임 전환을 위해서는 참여자들의 역할부터 근본적으로 재정의되어야 한다. 먼저 수요자인 정부와 지방자치단체는 정교한 기획자가 되어야 한다. 국토 교통 분야는 공공 서비스적 성격이 강하므로 초기 기획 단계부터 실제 시설물을 운영하는 지방자치단체 등 건설공사 수요·관리기관이 참여해 AI가 해결해야 할 ‘현장의 난제’를 직접 정의하고 목표를 설정해야 한다. 이와 함께 그간 건설 R&D의 주축이었던 학계는 기술의 신뢰성과 완성도를 담보하는 ‘고도화된 검증자’로 역할을 전환해야 한다. AI 알고리즘과 컴퓨팅 파워를 가진 AI Tech 기업 또는 기술

개발을 통한 경쟁력 제고가 절실한 건설기업이 연구를 주도하고, 학계는 기술의 원리 자문이나 윤리적 가이드라인을 제시하는 ‘어드바이저’로서 연구의 객관성과 학술적 완성도를 지원하는 것이 합리적이다.

마지막으로 실증이 무거워질수록 현장 전문가(공사감독관, 건설사업관리, 감리 등)들이 AI의 결과물을 검토하고 교정하는 검증 과정이 핵심적인 데이터 확보 수단으로 자리 잡을 것이다. 이때 현장 노하우를 가진 전문가들의 정성적인 피드백을 어떻게 정형화된 데이터로 변환하여 AI를 재학습시킬 것인가에 대한 고민이 R&D의 질적 수준을 가르는 척도가 된다. 기술의 성공 여부는 연구실의 찬사가 아니라, 그 기술이 현장의 데이터를 먹고 자라나 산업의 체질을 얼마나 바꾸었는가로 평가받아야 한다.

이러한 데이터 주도형 R&D의 안착은 단순히 개별 기술의 확보를 넘어 스스로 진화하는 ‘지능형 인프라 생태계’로의 진입을 의미한다. AI Tech 기업과 건설기업의 창의적 솔루션이 공공의 방대한 인프라 데이터와 실시간으로 결합될 때, 우리 건설 현장은 정지된 구조물을 세우는 공간을 넘어 데이터가 흐르고 스스로 최적화되는 지능형 유기체로 거듭날 것이다. 기술 개발이 비즈니스로, 비즈니스가 다시 더 가치 있는 데이터로 이어지는 이 선순환 구조는 대한민국이 글로벌 AI 산업의 표준을 선도하는 ‘퍼스트 무버(First Mover)’로 도약하게 할 가장 확실한 이정표가 될 것이다.

AI 시대 공공 건설R&D 변화 방향②

AI 문턱을 허물다, 공공 R&D 성과로 중소기업 AI 체질 전환



거대한 AI의 물결이 산업 전반을 휩쓸고 있지만, 건설 현장의 중소기업들에게 AI는 기대보다 두려움에 가깝다. 현실적으로 AI 기술 확보는 자본력의 싸움이며 막대한 데이터 수집 비용과 전문 인력의 부재는 중소기업이 감당하기 힘든 진입장벽이 되기 때문이다. 하지만, 시각을 조금만 바꾸면 AI는 중소기업이 오랫동안 마주해 온 구조적인 한계와 자원 부족 문제를 해결할 가장 강력한 무기가 될 수 있다. 제한된 정보에 의존하던 기존 방식에서 벗어나 지능화된 시스템을 도입함으로써 전반적인 운영 효율과 관리 능력을 강화할 수 있다. 이는 자원의 크기가 곧 역량의 크기로 이어지던 과거의 틀을 깨고, 본질적인 경쟁력을 한 단계 끌어올리는 중요한 전환점이 될 것이다.

이 지점에서 공공 R&D의 역할은 결정적이다. AI 기술이 중소기업에 진정한 기회로 작용하기 위해서는 기술 경쟁력 확보가 필수적인데, 중소기업이 자율적으로 갖추기 어려운 핵심 자원을 공공 R&D가 공급해 줄 수 있다. 이미 검증된 알고리즘 모델과 방대한 학습 데이터를 공용 데이터나 오픈소스 형태로 공유한다면, 중소기업은 기초 인프라 구축에 드는 막대한 비용과 시간적 손실을 획기적으로 줄일 수 있다. 또한, 상생의 관점에서 보더라도 AI 시대의 기회는 모두에게 평등하게 보장되어야 하며, 중소기업이 기술 소외계층으로 전락하지 않도록 공공이 든든한 ‘기술 사다리’를 놓아주어야 한다.

공공 R&D라는 엔진을 장착한 건설 분야 중소기업은 방대한 데이터를 분석하고 최적의 의사결정을 내리는 시스템을 갖추으로써 시장에서 이전과는 전혀 다른 차원의 실행력을 발휘할 수 있게 된다. 현장에서 쌓아온 풍부한 실전 경험에 시스템적 전문성이 더해진다면, 중소기업이 가진 기술적 제약을 극복하고 자신만의 차별화된 가치를 창출해 나가는 것도 충분히 가능하다. 이러한 변화는 결국 중소기업의 전반적인 역량 강화로 이어져 급변하는 시장 환경 속에서도 지속적으로 성장할 수 있는 튼튼한 토대가 되어줄 것이다.

데이터 상생, 공공 데이터를 중소기업 성장 엔진으로

디지털 전환의 핵심인 AI 기술은 본질적으로 ‘축적된 경험의 지능화’

를 의미하며, 그 기반이 되는 데이터는 기술의 성패를 결정짓는 핵심 연료와 같다. 특히, 변수가 많고 복합적인 건설산업에서 양질의 데이터는 그 자체로 강력한 경쟁력이 되지만, 현실적으로 중소기업이 이를 독자적으로 확보하기에는 실행의 문턱이 높다. 건설 현장의 정보를 체계적으로 수집하고 학습가능한 형태로 정제하는 과정은 타 산업에 비해 훨씬 까다로운 전문성을 요구하기 때문이다. 이에 현장 접근성이나 인프라 운용 능력이 제한적인 중소기업은 혁신적인 아이디어를 품고 있더라도 이를 뒷받침할 기초 데이터가 부족해 기술개발의 첫걸음을 떼지 못하는 ‘데이터 고립’ 상태를 마주하곤 한다. 이러한 기초 동력의 부재는 창의적인 시도가 구체적인 기술로 결실을 보기도 전에 실행력을 약화시키는 주요한 원인이 된다. 또한, 데이터 고립 상황은 개별 기업의 문제를 넘어 산업 전반의 기술 진화 속도에 악영향을 미칠 수 있다.

이를 고려할 때, 독창적인 아이디어를 가진 중소기업들이 데이터 부족이라는 자원 한계에 부딪혀 성장을 멈추지 않도록 공공 데이터를 전략적으로 공유할 필요가 있다. 공공 R&D를 통해 축적된 양질의 데이터가 중소기업의 특화된 기술력과 결합한다면, 공공의 정보 자산은 비로소 시장에서 작동하는 실용적인 솔루션으로 구현될 수 있기 때문이다. 이는 소수 기업에 집중된 기술 의존도를 낮춰 산업 저변을 넓히는 동시에 건설 현장 전반의 디지털 전환을 앞당기는 실질적인 동력이 될 것이다. 또한, 파편화된 데이터를 개별적으로 수집하고 정제하는 소모적인 과정을 줄여줌으로써 사회적 비용을 최소화하는 효과도 거둘 수 있다. 이미 공공 R&D를 통해 확보된 검증 데이터를 공유한다면, 중소기업은

기초 인프라 구축에 드는 에너지를 절약하여 현장에 즉시 투입 가능한 알고리즘을 고도화하는 데 더욱 집중하며 산업의 활력을 높일 수 있다.

이제는 공공이 보유한 데이터를 단순히 수치로 나열해 ‘공개’하는 수준을 넘어 중소기업이 기술개발에 즉시 투입할 수 있도록 잘 가공된 ‘데이터 셋(Data Set)’ 형태로 공급하는 전략이 필요하다. 공공 R&D를 통해 이미 표준화된 가이드라인에 따라 라벨링 된 양질의 데이터를 제공함으로써 중소기업이 데이터 정제에 소모되던 비용과 시간을 알고리즘 고도화에만 온전히 쏟게 해야 한다. 공공데이터가 단순한 정보가 아닌 기업의 기술력을 돌리는 실질적인 엔진 역할을 수행하는 지점이다.

구체적으로는 국토교통부와 산하 기관이 보유한 정밀 도로지도, 시설물 유지보수 이력, 교통량 데이터 등을 AI 학습용으로 정제하여 중소기업에 우선 제공하는 전략이 필요하다. 이는 중소기업이 자력으로 구할 수 없는 고품질의 원료를 공공이 공급하는 것과 같다. 이와 함께 필요시 고성능 컴퓨팅 자원을 저렴하게 이용할 수 있는 ‘R&D 바우처’ 형식을 도입한다면 중소기업의 초기 개발 부담을 획기적으로 낮춰주는 실질적인 보급로가 되어줄 것이다. 기술 확보의 문턱을 낮추는 지원은 더 많은 혁신 기업을 시장으로 이끄는 강력한 유인책이 된다.

결국 이러한 과정은 일방적인 제공에 그치지 않고 산업의 자립도를 높이는 ‘순환형 생태계’로 이어져야 한다. 공공 R&D를 통해 검증된 알고리즘 모델과 방대한 학습 데이터를 공유받아 성장한 기업이 다시 현장에서 생성된 고도화된 데이터를 공공 플랫폼으로 환류하는 구조를 만드는 것이다. 이러한 생태계가 안착되면 중소기업은 지속적으로 학습

데이터를 확보할 수 있고, 공공은 더 정밀한 정책을 세울 수 있는 자원을 얻게 된다. 나아가 데이터의 선순환은 중소기업의 체질을 바꾸는 것을 넘어 건설산업 전체의 지능화를 앞당기는 거대한 공유 자산이자 미래 성장의 토대가 될 것으로 기대된다.

R&D 성과 공유, AI 사원을 중소기업으로 파견하라

디지털 전환의 거대한 흐름 속에서 양질의 데이터가 확보되더라도 이를 개별 기업의 특수 공정이나 장비에 맞게 최적화하는 과정은 또 다른 차원의 과제다. 많은 중소기업이 AI 도입을 주저하는 본질적인 이유 중 하나는 기술 자체의 부재보다 확보된 기술을 현장에 맞게 다듬고 유지관리할 전문 인력이 내부에 없기 때문이다. 그간 공공 R&D의 성과물을 웹사이트에 게시하는 방식이 현장에서 실효를 거두지 못했던 이유도 여기에 있다. 기술이라는 원천은 존재하지만, 이를 기업의 체질에 맞게 이식해 줄 가교가 부족했던 셈이다. 이러한 격차를 해소하기 위해서는 R&D 성과물을 단순히 전달·공유하는 관행에서 벗어나 기술의 성격에 따른 맞춤형 지원 시스템이 필요하다.

우선 공공 R&D 성과물 중 즉시 현장 적용이 가능한 완성형 기술에 대해서는 중소기업의 부담을 최소화하는 보급 중심 환경을 조성하는 방안을 검토해 볼 수 있다. 이를 위한 실질적인 대안으로 보스턴 다이내믹스(Boston Dynamics)의 One-Stop RaaS(Robots-as-a-Service)

모델을 벤치마킹할 필요가 있다.^[115] 고가의 로봇을 직접 구매하는 대신 구독료나 사용료를 지급하며 최신 AI 로봇틱스 기술을 유연하게 활용하게 하는 방식이다. 이에 더해 정부가 중소기업을 대상으로 공공 바우처를 제공한다면, 기업은 초기 투자 비용에 대한 부담 없이 해당 서비스를 더욱 안정적으로 이용할 수 있을 것이다. 특히, 보스턴 다이아나믹스 사례와 같이 실시간 데이터를 기반으로 한 소프트웨어 무선 업데이트, 원격 모니터링, 유지보수 등을 패키지로 지원한다면, 중소기업은 기술 노후화에 대한 우려 없이 최상의 성능을 유지하며 오직 솔루션의 현장 경쟁력을 강화하는 데 매진할 수 있다.

이와 함께 기술 활성화 초창기 특성상 R&D 기술개발 성숙도 수준(TRL)이 낮아 즉시 현장 도입이 어려운 기술에 대해서는 Pre-trained 모델 형태로 개방하여 중소기업이 독자적인 솔루션을 개발할 수 있도록 지원하는 방안도 있을 것이다. 예를 들어, 국토 교통 R&D를 통해 개발된 건설 특화 거대언어모델(LLM)이나 객체 인식 모델 등을 오픈소스 형태로 공유하여 중소기업이 그 토대 위에 자사만의 특화 서비스를 구축할 수 있도록 돕는 것이다. 정책 연구소나 학계가 보유한 원천 기술을 이전할 때 로열티 문턱을 대폭 낮추고, 이론적인 알고리즘을 넘어 현장에서 즉시 구동해 볼 수 있는 수준의 실행 코드(Source Code)까지 패키지로 공유하는 과감한 지원이 뒷받침되어야 할 것이다. 또한, 이 과정에서 필수적인 것이 기술 이전 절차의 유연화다. 복잡한 행정 절차를 간소화하고 유연한 라이선스 정책을 도입하여 공공이 구축한 탄탄한 기초 지능 위에 중소기업의 창의적인 아이디어가 신속하게 결합할 수 있도록

록 길을 열어주어야 한다.

이처럼 공공 R&D 성과물을 매개로 한 맞춤형 지원은 개별 중소기업이 AI 기술의 주권을 확보하고 새로운 비즈니스 기회를 창출하는 결정적인 발판이 된다. 이렇게 축적된 개별 기업의 AI 역량은 결국 건설산업 전반의 기술 수준을 상향 평준화하는 동력이 될 것이다. 또한, 파편화된 기술들이 공용 표준을 중심으로 통합될 때 비로소 대한민국 건설산업은 거대한 하나의 지능형 생태계로 진화할 수 있다. 이러한 관점에서 공공 R&D가 현장의 난제를 함께 해결하는 동반자가 되어 중소기업의 자생력을 키우고, 그 혁신의 성과가 다시 산업 전체의 경쟁력으로 환류되는 선순환 체계를 구축하는 것이 무엇보다 중요하다. 공공 R&D가 중소기업의 성장을 돕는 든든한 ‘페이스메이커’로서 제 역할을 다할 때, 우리 건설산업은 AI 시대의 거친 파도를 넘어 글로벌 시장을 선도하는 새로운 영토를 개척해 나갈 수 있을 것이다.

공공 디지털 운동장으로 비싼 현장 실증 대신 심투리얼 (Sim-to-Real)

건설기술이 연구실을 넘어 실제 현장에 안착하기 위해서는 기술의 안정성과 신뢰성을 검증하는 ‘실증’ 과정이 필수적이다. 하지만, 매 순간 환경이 변하고 수많은 변수가 존재하는 건설 현장 특성상 단 한 번의 실증에도 막대한 비용과 안전 리스크가 수반된다. 특히, 인적·물적 자

원이 부족한 중소기업에 이러한 실증의 벽은 AI 혁신 기술 도입을 주저하게 만드는 가장 큰 진입장벽이 되어왔다.

그간 정부는 이러한 어려움을 해소하고자 다양한 실증 지원사업과 물리적 테스트베드를 제공하며 현장의 요구에 부응해 왔다. 대표적으로 스마트건설지원센터는 중소기업에 기술개발 및 시제품 제작을 위한 테스트베드를 제공하고 있으며,^[116] 스마트건설 기술실증 지원사업을 통해서도 실제 현장 적용 시 발생하는 비용과 기술적 보완을 지원하고 있다.^[117] 하지만, 이러한 물리적 거점 중심의 지원은 공간적 제약과 현장의 위험 요소라는 근본적인 한계를 지닌다. 이제는 디지털 트윈 기술의 비약적인 발전으로 가상 세계에서 무한한 검증이 가능한 시대에 진입했다. 이에 발맞춰 정부의 실증 지원책 역시 기존의 하드웨어 중심에서 벗어나 디지털 트윈을 적극 활용하여 더욱 효율적이고 정밀하게 접근할 필요가 있다.

그 구체적인 방안으로 공공은 중소기업이 마음껏 기술을 시험하고 고도화할 수 있는 ‘개방형 가상 실증 환경’ 조성을 적극 검토해 볼 수 있다. 예를 들어, 국토교통부는 현재 지하 시설물 3D 통합지도, 주요 도시의 3차원 공간정보, 정밀 도로지도 등 현실 세계를 가상의 영역에 완벽히 복제한 ‘디지털 트윈’ 사업을 추진 중이다.^[118] 이러한 고정밀 데이터를 가상의 테스트베드로 활용한다면, 중소기업은 굴착 사고 예방을 위한 지하 시설물 분석 AI 모델을 고도화하거나, 자율주행 건설 장비의 지능형 경로 최적화 알고리즘을 가상 환경에서 반복 학습하는 등 자사 AI 기술의 정밀도를 비약적으로 높일 수 있을 것이다.

이러한 ‘심투리얼(Sim-to-Real)’ 방식의 도입은 중소기업에 혁신적인 이점을 제공한다. 심투리얼이란 가상 세계에서 학습(Simulation)시킨 인공지능이나 로봇의 제어 알고리즘을 실제 현장(Real)에 그대로 이식하여 적용하는 기술을 의미한다. 건설 현장은 물리적 제약과 안전 문제로 인해 데이터 확보를 위한 반복 실험이 사실상 불가능에 가깝다. 하지만, 심투리얼 기술을 활용하면 디지털 트윈으로 구현된 정교한 가상 환경에서 수만 번의 시나리오를 미리 실행해 볼 수 있다.

이를 통해 중소기업은 실제 현장 투입 전 가상 세계에서 무수한 시행착오를 거치며 AI 모델의 환경 적응력을 극대화할 수 있다. 특히, 고가의 장비 파손이나 인명 사고 우려 없이 기술적 완성도를 높일 수 있다는 점이 큰 장점이다. 결국 공공이 제공하는 디지털 실증 인프라는 단순한 데이터 공유를 넘어 중소기업의 시행착오 비용을 획기적으로 낮추고 기술적 자립을 돕는 핵심 기점이 될 것이다.

이러한 가상 실증 체계는 파편화된 연구 구조를 하나로 결집하고, 현장 행정과 민간의 혁신 기술이 융합되는 통합 플랫폼으로 거듭나야 한다. 공공이 제시한 표준 플랫폼 위에서 검증된 기술들이 산업 전체의 공용 표준으로 자리 잡을 때, 대한민국 건설산업은 비싸고 위험한 과거의 실증 방식에서 완전히 벗어날 수 있다. 이는 빠르고 안전한 디지털 중심의 혁신 생태계로 탈바꿈하는 결정적 계기가 될 것이다.

AI 시대 민간 건설R&D 변화 방향

지능의 강도를 높이는 민간 R&D, AI Tech 기업으로의 진화

건설에 지능을 더하는 R&D,
AI 산업 도약의 시작점



건설산업은 인류 역사상 가장 오래된 ‘물리적’ 산업이다. 더 높게, 더 단단하게, 더 안전하게 짓는 것이 건설기업의 숙명이었다. 하지만, AI라는 거대한 파도가 덮친 지금, 건설기업의 생존 방정식은 물리(Physical)에서 지능(Intelligence)으로 급격히 이동하고 있다. 이제 기업의 R&D는 단순히 공법을 개선하는 수준을 넘어 의사결정 체계를 자동화하고 데이터 주권을 확보하는 ‘지능형 플랫폼’으로 재정의되어야 한다. 이와 함께 민간의 R&D 혁신이 실질적 성과로 꽃을 피우려면, 리스크를 분담하고 혁신의 속도를 높여줄 정책적 지원이 뒷받침되어야 한다. 민간의 기술 혁신과 정부의 맞춤형 지원이 맞물릴 때, 건설산업은 비로소 미래형 지능 생태계로의 진화를 완성할 수 있다.

대기업의 플랫폼 혁신과 중소기업의 엣지 전략

미래형 지능 생태계로 나아가는 길은 기업의 규모와 강점에 따라 달라져야 한다. 자본과 데이터가 풍부한 대기업과 현장 기술이 무기인 중소기업이 잘할 수 있는 영역은 서로 다르다. 단순히 기술을 도입하는 수준에 그치지 않고, 각자의 역량에 맞는 역할을 수행할 때 비로소 산업 전체의 체질을 바꿀 수 있다.

자본과 방대한 데이터를 보유한 대형 건설기업의 R&D는 단순히 시공 효율을 높이는 보조적 수단에 머물러서는 안 된다. 이들의 궁극적인 목표는 건설 생태계 전체를 관장하는 ‘운영체제(OS)’를 구축하는 것이어야 한다.^[119] 우선, 도면 분석을 기초로 스스로 공정 계획을 수립하고 하도급 계약부터 자재 발주까지 실행하는 ‘자율 판단 에이전트(Agentic Workflow)’ 연구에 집중해야 한다. 미래 R&D의 종착지는 단순히 사람을 돕는 도구를 만드는 것이 아니라, 관리의 공백을 완벽히 메우는 무인 시스템의 완성에 있기 때문이다.

또한, 글로벌 환경 규제가 곧 비용으로 직결되는 시대에 대응하여 AI 시뮬레이션으로 탄소 배출을 최소화하는 최적 공법을 실시간 도출하는 ‘Green-AI’ 역량 확보도 필수적이다. 이는 단순한 사회공헌이 아닌, 미래 시장의 강력한 진입장벽이 될 것이다. 나아가 건물을 짓고 떠나는 전통적 방식에서 탈피해야 한다. 시공 과정에서 생성된 디지털 트윈 데이터를 건물주에게 구독 모델로 제공하여 유지관리를 자동화하는 ‘서비스형 건설’ 모델을 통해 R&D 포트폴리오를 데이터 비즈니스 영역까지

과감히 확장해야 한다.[120]

대기업이 거대한 플랫폼 인프라를 구축한다면, 중소기업은 현장에 밀착된 ‘도메인 특화 지능’으로 승부수를 던져야 한다. 가장 먼저 주목해야 할 분야는 숙련공의 노하우를 데이터화하는 ‘디지털 복제(Knowledge Cloning)’이다.[121] 현장 소장의 머릿속에만 존재하는 수십 년의 암묵지를 지능형 에이전트로 구축하는 작업은 인력난 해소를 넘어 기업의 기술적 연속성을 보장하는 가장 진취적인 투자가 될 것이다.

현장 운용 측면에서는 스마트폰이나 저가형 카메라만으로 품질과 안전 수칙 준수 여부를 즉각 판별하는 ‘경량화된 엣지 AI’[122] 연구가 핵심이다. 현장의 고질적인 취약점을 누구보다 잘 아는 중소기업만이 가질 수 있는 날카로운 무기다. 아울러 리스크 관리가 곧 생존인 만큼 과거 실적과 실시간 자재비 데이터를 분석해 최적의 수주 가격을 제안하는 ‘AI 기반 정밀 입찰 전략’을 R&D의 핵심 소프트웨어 과제로 삼아 경영의 안정성을 획기적으로 높여야 한다.

우리가 진정으로 진취적인 R&D를 꿈꾼다면 시공 현장을 바라보는 근본적인 발상의 전환도 필요하다. 지금까지의 R&D가 숙련공의 보조에 머물렀다면, 이제는 기계와 로봇이 시공하기 가장 좋은 환경을 구축하는 데 집중해야 한다. 가령, 로봇 팔이 잡기 편한 자재 규격을 표준화하거나 자율주행 중장비의 동선을 설계 단계부터 역제안하는 ‘로봇 최적화 시공(Robot-Optimized Construction)’ 체계가 그 예다.[123] 이처럼 현장의 물리적 구조와 공정 자체를 기술 친화적으로 재설계하는 혁신이야말로 건설기업이 직면한 생산성 정체와 인력 부족 문제를 타개

할 실질적인 돌파구가 될 것이다.

종합하면, AI 시대의 건설 R&D는 콘크리트의 강도를 높이는 것만큼이나 데이터 속에서 최적의 답을 찾아내는 ‘지능의 강도’를 높이는 데 집중해야 한다. 이제 모든 건설기업은 스스로를 IT 기업으로 재정의하고, 데이터 거버넌스를 구축하는 것을 최우선 순위에 두어야 한다. 기술 도입에서 나아가 기술과 인간의 협업 프로토콜을 연구하는 데 기업의 역량을 결집하는 것, 그것이 건설산업이 마주한 물리적 한계를 극복하고 미래 경쟁력을 확보하는 유일한 길이다.

리스크는 나누고 시장은 키운다, 민간 건설R&D 선순환 지원책

민간 기업이 스스로 R&D 체질을 바꾸려는 노력이 실질적인 산업 결실로 이어지기 위해서는 정부의 산업 밀착형 지원이 뒷받침되어야 한다. 정부 지원은 단순히 예산을 배분하는 기존 방식에서 탈피해 민간 투자를 유도하는 방향으로 전환되어야 한다. 이를 통해 투자 리스크를 상쇄하고 기술의 현장 활용도를 높이는 한편, 혁신 인력이 끊임없이 유입될 수 있는 ‘현장 안착형 지원’으로 정책 범위를 확장해야 한다.

무엇보다 민간의 자발적인 AI 투자가 활성화될 수 있도록 초기 투자에 대한 경제적 부담을 완화하는 환경 조성이 필요하다. 최근 대형 건설사를 중심으로 신성장 동력 확보를 위한 AI R&D 투자가 늘어나는 추

름은 긍정적이다. 다만, 이러한 움직임이 산업 전반으로 확산되기 위해서는 세액공제나 조세지원 등 중소기업의 투자 리스크를 분산해 줄 세밀한 지원책도 함께 뒷받침되어야 한다. 일례로, 과학기술정보통신부나 중소벤처기업부의 기존 사업 내에 '건설 AI 혁신 특별 트랙'을 마련하거나 지원 대상 범위를 넓힘으로써 그간 소외되었던 건설기업들도 안정적으로 연구개발에 매진할 수 있는 여건이 조성되길 기대한다.

이렇게 확보된 AI 기술력은 공공과 민간 양측의 시장 확대 전략을 통해 산업적 실효성을 얻을 수 있다. 공공 부문에서 AI 적용 사업을 늘려 초기 시장을 만들고, 입찰 시 '디지털 역량 가점'과 같은 인센티브를 주어 건설기업의 체질 개선을 유도하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 또한, 민간 발주자에게도 용적률 인센티브나 취득세 감면 등 실질적인 혜택을 제공하여 건설기업이 능동적으로 AI 기술을 현장에 적용할 수 있는 선순환 수요 시장을 완성할 수 있을 것이다.

이 과정에서 산업 전반으로 AI가 퍼지기 위해서는 중소기업의 상황을 고려한 맞춤형 지원도 병행되어야 한다. 대기업에 비해 데이터와 자본이 부족한 중소기업이 AI를 자체 개발하거나 고가의 AI 장비를 구입하기에는 현실적인 부담이 크기 때문이다.

이러한 현실을 고려할 때, 중소기업이 기술 혁신의 주체로 참여할 수 있는 실무적인 리스크 경감 방안이 마련되어야 한다. 우수 인재의 현장 유입을 돕는 '전문인력 채용 지원'과 초기 투자 부담을 낮춰주는 '장비 도입 바우처'를 통해 중소기업의 진입 장벽을 낮춰줄 필요가 있다. 여기에 담보 능력이 부족한 기업의 자금 조달을 돕는 '저금리 특례 보증'을

연계하고, 공공 R&D 사업 참여 시 가점을 부여해 기술개발에 실질적으로 참여할 수 있는 기회를 보장하는 방안도 검토해 볼 만하다. 이처럼 중소기업의 기술 활용 역량이 뒷받침될 때, 비로소 특정 기업을 넘어 건설산업 전체로 AI 기술이 확산될 수 있을 것이다.

앞선 자본과 기술의 흐름이 실제 산업 현장에서 지속되려면, 결국 전문 인력이 계속해서 유입되고 머물 수 있는 환경이 뒷받침되어야 한다. 아무리 시장 여건이 좋아져도 이를 운용할 사람이 없다면 기술 혁신이 이어지기 어렵기 때문이다. 산업 차원의 장학금과 기업 후원 제도를 통해 전문 인력을 양성하고, 일정 기간 건설 분야에서 근무하는 조건을 연계하여 우수 인력의 현장 유입을 돕는 추가적인 방안을 고려해 볼 수 있다.

다른 한편으로, 이러한 지원책들이 현장에서 원활하게 작동하기 위해서는 제도적 기반을 탄탄히 다지는 노력이 필요하다. AI 도입 초창기인 만큼 「인공지능기본법」을 통해 산업 전반의 기술적 토대를 강화하고, 「중소기업진흥법」 및 「중소기업기술혁신법」과의 유기적인 연계를 통해 맞춤형 지원의 실효성을 높여가는 노력이 뒤따라야 한다. 또한, 「건설기술 진흥법」 등 소관 법령을 정교하게 다듬어 AI 기술 활용에 따른 구체적인 인센티브 규정을 마련한다면, 기업들이 체감할 수 있는 혁신 동력을 확보하는 데 큰 도움이 될 것으로 보인다.

AI 시대의 건설 R&D는 이제 단순한 기술개발의 틀에서 벗어나 산업의 체질을 바꾸는 지능형 생태계 구축으로 진화해야 한다. AI 투자가 활성화되고 공공과 민간이 리스크를 분담하며, 현장에서 증명된 기술의 가치를 인간이 계승하는 구조가 정착될 때 비로소 우리 건설산업의 미래 경쟁력은 완성될 것이다.



5

정책·제도 방향⑤

**AI 시대, '준비된 자에게는 르네상스',
그렇지 못한 자에게는 '파괴적 위기'**



기술은 앞서가는데, 사람의 체계는 멈춰 있다



앞서 다각적으로 살펴보았듯이 건설산업은 지금 구조적 전환 국면에 진입해 있다. 인공지능(AI), 로봇틱스, 디지털 트윈 기술들은 더 이상 일부 선도 기업에 국한된 실험적 도구가 아니며, 이미 우리 산업계에 설계·시공·유지관리 전 과정에 걸쳐 생산 방식과 의사결정 구조 자체를 재편하는 핵심 인프라로 자리 잡고 있다. 건설산업의 주무 부처인 국토교통부 또한 「제7차 건설기술진흥 기본계획(2023~2027)」에서 디지털 기반 체계로의 전환을 산업 혁신의 핵심 축으로 명확히 규정하였다. 이는 변화하는 현실을 정책적으로 공식화한 조치라 할 수 있다. 이제 기술 도입은 선택

의 문제가 아니라, 산업의 지속 가능성과 경쟁력을 좌우하는 필수 조건이 되었다.

그러나 기술 확산의 속도에 비해, 이를 실제로 운용하고 해석하며 책임지는 ‘사람(범 건설산업 종사자)의 체계’와 ‘제도의 구조’는 이를 충분히 수용하였다고 보기 어렵다. 기술은 현장에 들어왔으나, 판단 권한과 책임 구조는 과거에 머물러 있는 이중 구조가 고착화되어 있기 때문이다. 이는 기술의 성숙도 부족 때문이라기보다, 기술을 다루는 사람과 역할을 제도로 정의하지 못한 데서 비롯된다. 즉, 문제의 핵심은 ‘기술 격차’가 아니라 ‘인력·제도 격차’에 있다. 기술을 근거로 현장에서 결정을 내리고 책임을 질 수 있는 사람의 구조가 준비되어 있는지다.

이러한 문제의식은 최근 입법 논의에서도 분명히 드러난다. 2026년 2월 발의된 「인공지능 발전과 신뢰 기반 조성 등에 관한 기본법」 일부개정안을 살펴보면, 인공지능 진흥을 위한 법정계획에 ‘AI 기술 발전에 따른 고용 환경 변화 대응 및 국민의 고용안정과 노동 전환 지원’을 명시적으로 포함하도록 규정하고 있다. 이는 AI 기술 확산이 단순한 산업 진흥의 문제로만 인식한 것이 아니라 노동시장 구조와 직무 체계, 재교육 정책을 동반한 사회적 전환 과제임을 공식 인정한 사례라 할 수 있다.

특히 주목할 점은, 해당 법 개정안이 AI 기술로 인한 일자리 대체 우려를 단순한 사회적 불안 요인으로만 인식한 게 아니라 정부가 선제적으로 대응해야 할 정책 영역으로 명확히 위치시켰다는 점이다. 이는 향후 건설 산업에서 AI·자동화 도입 시 인력 전환·재교육·직무 재설계가 정책 패키지의 필수 구성요소가 되어야 함을 시사한다.

이런 맥락에서 AI 시대 건설산업의 경쟁력은 새로운 기술의 도입 여부가 아니다. 그 기술을 현장에서 실제로 작동하게 만드는 사람과 제도의 설계 여부에 달려있다. 기술은 이미 준비되어 있다. 이제 필요한 것은 기술을 다루는 역할을 명확히 정의하는 것이 필요하다. 그리고 그 역할이 교육·자격·보상·책임 구조로 자연스럽게 연결되는 인력·제도 체계를 구축해야 한다.

기술은 이미 현장의 '표준 언어'가 되고 있다

국내 건설 현장은 이미 빠르게 달라지고 있다. BIM, 드론 기반 측량, AI 영상 인식, 디지털 트윈, 로봇·자율 장비 기술은 더 이상 일부 실험적인 시도에 머물러 있지 않다. 대형 건설사를 중심으로 이러한 기술들은 현장의 일상적인 업무 흐름 속으로 자연스럽게 스며들고 있다. 원격 제어 타워크레인이나 자율주행 굴착기, 로봇 기반 현장 스캐닝 장비는 이제 “한 번 해보는 실증 사업”이 아니다. 일정 수준의 안정성과 효율성이 확인되면서, 여러 현장에서 반복 적용이 가능한 표준 공정으로 자리 잡아가고 있다. 이는 기술 도입이 개별 기업의 실험 단계를 넘어, 산업 전반의 작업 방식 자체를 바꾸고 있음을 의미한다.^[124]

특히 보스턴 다이내믹스의 ‘스팟(Spot)’과 같은 로봇 개는 이러한 변화를 상징적으로 보여준다. 이 로봇은 현장 측량, 공정 진도 관리, 안전 점검과 같은 업무를 수행하며 실제 현장에서 상용 장비로 활용되고 있

다. 더 이상 “가능성을 시험하는 기술”이 아니다. 업무 효율과 안전관리 측면에서 일정한 성과를 입증한 도구로 평가받고 있다.^[125]

이제 AI와 스마트건설 기술은 ‘언젠가 올 미래’의 이야기가 아니다. 현장에서는 이미 쓰이고 있고, 관리자와 작업자 모두가 매일 마주하는 현재의 언어가 되고 있다. 정부의 정책 방향 역시 이러한 흐름을 뚜렷하게 반영하고 있다. 국토교통부가 제시한 「스마트건설 기술 로드맵」은 BIM 기반 설계·시공 자동화, 디지털 트윈을 활용한 유지관리, AI와 연계된 의사결정 체계 구축을 중장기 국가 전략으로 제시하고 있다.^[126] 이는 AI와 스마트건설이 단기 유행이나 선택적 도입이 아니라, 국가 차원에서 추진되는 구조적 전환 과제를 분명히 한다. 다시 말해, 기술 측면에서의 준비는 이미 상당 부분 진행된 상태라 할 수 있다.

그러나 기술이 ‘결정’과 ‘책임’으로 이어지지 않는 구조

문제는 기술의 존재 그 자체가 아니다. 더 근본적인 문제는, 이렇게 도입된 기술이 실제 현장의 의사결정과 공정 운영 방식까지 바꾸고 있느냐는 점이다. 현실에서는 그렇지 않은 경우가 적지 않다. AI 분석이나 시뮬레이션 결과가 기존 경험과 다른 판단을 제시할 때, 현장 관리자와 기술자들은 이를 그대로 채택하는 데 망설이는 모습을 보인다. 이는 기술에 대한 막연한 불신보다 그 판단을 따랐을 때 발생할 수 있는 결과에 대해 누가 책임을 져야 하는지 명확하지 않기 때문이다.^[127] 즉, 문

제는 기술의 정확도가 아니다. 기술을 선택하고 적용하는 ‘사람의 역할’과 책임 구조가 충분히 정리되어 있지 않다는 데 있다.

이러한 경향은 「중대재해처벌법」 시행 이후 더욱 뚜렷해졌다. 현장 관리자와 책임자의 법적 부담이 크게 강화되었기 때문이다. 결국 새로운 기술을 활용한 선택은 혁신적 시도라기보다 추가적 위험을 떠안는 결정으로 인식되는 경우가 많아졌다. 그 결과, 디지털 기술은 공정 검토나 참고 자료로는 활용되지만, 실제 공법 변경이나 작업 방식 전환의 결정 근거로까지 이어지지 못하는 경우가 반복되고 있다.

이른바 ‘실행 공백’이다. 기술은 현장에 들어와 있지만, 그 기술을 근거로 결정 내리고 책임지는 주체가 제도적으로 뒷받침되지 않아 기술은 조연자 역할에 머물고 있다. 결과적으로 현장에서는 여전히 기존의 경험과 관행이 최종 판단 기준으로 작동하고, AI와 스마트건설 기술은 그 옆에서 보조 자료로만 활용되는 이중 구조가 고착화되고 있으며 이러한 경향은 기술의 발전에 비례하여 더욱 심화될 것이 우려된다. 이 실행 공백은 단순히 기술 활용 지연의 문제가 아니다. 이는 건설산업이 디지털 전환의 문턱에 서 있으면서도, 사람과 제도의 전환은 아직 그 속도를 따라가지 못하고 있음을 보여주는 신호다. 기술은 이미 현장의 언어가 되었지만, 그 언어로 판단하고 책임지는 문법은 아직 충분히 정립되지 않은 상태라 할 수 있다.

실행 공백의 본질은 ‘사람’

최근 여러 관련 자료를 살펴보면, 국내 건설산업의 디지털 전환은 아직까지 대형 건설사를 중심으로 제한적으로 진행되고 있다. 스마트 장비와 BIM, 데이터 기반 관리 체계는 일부 선도 기업에서는 빠르게 도입되고 있지만, 중소·중견 건설사와 다수의 현장 기능인력에게까지 확산되는 데에는 분명한 구조적 한계가 존재한다.^[128] 이는 단순히 기술을 ‘쓸 수 있느냐 없느냐’의 문제가 아니다. 관련 기술이 개발되고 상용화될수록 최신 장비를 구매하거나 소프트웨어를 도입하는 것 자체는 점점 쉬워지고 있다. 문제는 그 기술을 누가 이해하고, 어떻게 운용하며, 어떤 기준으로 판단할 것인가에 대한 체계가 준비되어 있지 않다는 점이다. 다시 말해, 기술 접근성의 문제가 아니라 이를 운용할 인력의 수용성 확보와 더불어 역량 관리·훈련·보상 체계가 충분히 갖춰져 있지 않다는 구조적 문제다.

실제로 다수의 글로벌 디지털 전환 보고서들은 공통된 지점을 지적한다. 기술 자체가 가장 어려운 장애물이 아니라, 변화 관리가 더 어렵다는 것이다. Deloitte - Autodesk(2025) 조사에서도 건설기업들은 디지털 전환 과정에서 가장 큰 부담 요인 중 하나로 훈련·역량 개발 비용(48%)을 꼽고 있다.^[129] 이는 기술 구매 비용이 아니라, 사람을 다시 교육하고 조직을 바꾸는 데 드는 비용과 시간이 더 큰 장벽으로 작용하고 있음을 보여준다.

국내 건설산업의 인적 구조 역시 이러한 한계를 더욱 분명하게 드러

낸다. 국내 건설 기능인력의 약 80%는 40대 이상으로, 장기간 축적된 경험 중심의 업무 수행 방식에 익숙한 집단으로 새로운 기술의 접목에는 그만큼 수용성이 저하될 수밖에 없는 한계가 분명하다.^[130] 반면 새로운 기술의 적응이 빠른 청년층 유입은 급격히 감소하고 있다. 이는 단순히 인적 구성 변화의 문제가 아니다. 기술 전수가 끊기고, 세대교체가 지연되며, 동시에 디지털 역량을 자연스럽게 흡수할 새로운 인력의 공급도 줄어드는 이중 부담 구조가 형성되고 있다. 이러한 상황에서 AI·로봇 기반 기술은 숙련을 대체하는 도구만으로 작용하는 것이 아니라, 새로운 숙련을 요구하는 요소로 작용하고 있다. 그러나 이에 대응하는 재교육·경력 전환 경로는 제도적으로 충분히 마련되어 있지 않다.

직무와 자격, 교육 제도는 왜 여전히 제자리 걸음인가



업데이트 되지 않은 '새 일자리 지도'

AI·로봇·데이터 기술이 빠르게 확산되면서 건설 현장의 풍경도 눈에 띄게 달라지고 있다. 과거에는 존재하지 않았던 역할들이 현장에서 하나둘 등장하고 있다. 드론을 띄워 현장을 측량하고, 디지털 트윈 모델을 실시간으로 관리하고 있다. AI 분석 결과를 토대로 안전 위험이나 공정 충돌을 사전에 판단하는 활동도 하고 있다. 이들은 단순히 보조적인 역할을 수행하는 것이 아니다. 현장의 의사결정을 지원하고, 공정의 효율성과 안전성을 높이는 데 핵심적인 역할을 담당하고 있다.

문제는 이처럼 분명한 역할 변화가 나타나고 있음에도 직무들이 공식적인 직무 체계 안에서 정의되어 있지 않다는 점이다. 현재 동일하거나 유사한 업무를 수행하더라도 기업마다 직무 명칭은 제각각이다. ‘디지털 트윈 운영자’, ‘스마트건설 관리자’, ‘BIM 코디네이터’, ‘AI 안전관리 담당자’ 등 다양한 이름이 혼재되어 있다. 겉으로 보기에 새로운 직무가 활발히 생겨나는 것처럼 보이지만, 실상은 명칭만 다른 경우도 비일비재하다. 이 직무들이 구체적으로 어떤 역량을 요구하는지, 어느 정도의 숙련이 필요하며, 일정 기간이 지나면 어떤 단계로 성장할 수 있는지에 대한 표준화된 설명은 부족하다. 그 결과 기업은 채용 단계에서부터 어려움을 겪는다. 지원자의 경력과 역량을 무엇을 기준으로 평가해야 할지 명확하지 않기 때문이다. 구직자 역시 마찬가지다. 자신이 수행하는 업무가 산업 내에서 어떤 위치에 있으며, 앞으로 어떤 경로로 성장할 수 있는지 쉽게 가늠하기 어렵다.^[131] 이 현상은 단순히 직무 명칭을 정리하지 못한 행정적 미비의 차원이 아니다. 직무가 공식적으로 정의되지 않으면, 그에 맞는 교육과 훈련 프로그램을 체계적으로 설계하기 어렵다. 자격 체계를 만들기도 어렵고, 숙련도에 따른 보상 체계를 마련하기도 쉽지 않다.

결국 현장에서 실제로 수행되고 있는 디지털 기반 업무는 제도적으로는 ‘보이지 않는 노동’이 된다. 분명 새로운 기술을 다루고, 고도의 판단을 요구받으며, 기존 공정에 영향을 미치는 역할을 수행하고 있으나 그 전문성이 공식적으로 인정받지 못하는 상황이 발생하는 것이다. 이는 곧 보상 부재로 이어지고, 장기적으로는 해당 분야로 진입하려는 인력

의 동기를 약화시키는 요인이 된다. 더 나아가 이러한 혼재 상태는 산업 전반의 통계와 정책 설계에도 영향을 미친다. 직무가 표준화되어 있지 않으면, 신기술 기반 인력의 규모나 수요를 정확히 파악하기 어렵다. 정책은 기존 직종을 기준으로 설계되고, 실제로는 빠르게 늘어나고 있는 디지털 기반 역할은 정책 사각지대에 머무르게 된다.

결국 ‘새로운 일자리 지도’가 아직 다시 그려지지 않은 셈이다. 현장은 이미 변화했지만, 그 변화를 반영한 직무 체계와 경력 경로는 충분히 정비되지 않았다. 기술이 앞서가고 있다. 이제는 그 기술을 다루는 사람들의 위치와 이동 경로를 다시 설계해야 할 시점이다.

NCS와 직업분류 체계는 왜 변화를 따라가지 못하는가?

현재 건설산업을 비롯한 전 산업에 걸쳐 우리나라 인력 양성 체계의 핵심 기준은 국가직무능력표준(NCS)이다. NCS는 산업 현장에서 요구되는 직무 수행 능력을 체계화하고, 이를 교육·훈련과 연결하기 위해 설계된 제도다. 다시 말해, ‘현장에서 필요한 능력이 무엇인지’를 정리해 주는 일종의 공통 언어라고 할 수 있다.

그러나 건설 분야에서 AI·디지털 기반 새로운 직무가 빠르게 등장하고 있는 현재 상황을 담아내기 위해 기존 NCS 체계가 제한적이라는 지적이 꾸준히 제기되어 왔다.^[132] 이는 제도의 취지가 이를 고려치 못해서라기보다 변화의 속도가 제도 개편의 속도를 앞지르고 있기 때문이다.

보다 구체적 예시를 들어보자. 현재 건설 분야 NCS는 전통적인 기능직과 기술직 중심으로 구성되어 있다. 물론 최근에 BIM이나 드론과 같은 일부 기술 요소가 반영되기 시작했다. 그러나 디지털 트윈 운영, AI 기반 안전·품질 관리, 자율 장비 원격제어와 같은 새로운 역할은 아직 충분히 고려되어 있지 못한 실정이다.^[133] 물론 현장에서 디지털 트윈 모델을 실시간으로 관리하고 데이터를 분석해 공정 충돌을 조정하는 역할이 존재해도 이를 독립된 직무 단위로 정의하기는 어렵다. 그 결과 건설 관련 전문 교육기관은 표준화된 직무 기준 없이 커리큘럼을 설계하게 되며, 기업은 해당 교육이 실제 현장 요구 수준에 부합하는지 신뢰하기 어려운 상황에 놓이게 된다. 이러한 문제는 단순히 교육 과정의 차이를 넘어서는 문제다. 직무 기준이 명확하지 않으면, 어떤 능력을 갖춘 인력을 채용해야 하는지 판단하기 어렵다. 숙련도에 따라 어떤 보상을 해야 하는지도 명확히 정리하기 힘들다. 결국 교육·채용·보상이 서로 연결되지 못한 채 단절된 구조로 남게 된다.

이뿐만이 아니다. 현재 국가직업분류(KSCO) 체계 역시 유사한 한계를 보인다. KSCO는 노동시장 통계 작성과 정책 설계를 위한 기본 틀이다. 그러나 신기술 기반 직무가 기존 직종의 하위 업무로 흡수되거나 비공식적으로 처리되면서, 실제로 늘어나고 있는 디지털 기반 역할이 통계상 명확히 드러나지 않는 경우가 많다.^[134] 예컨대 ‘스마트건설 관리자’나 ‘AI 기반 안전 분석 담당자’와 같은 역할이 존재하더라도, 기존 기술직 또는 관리직 범주 안에 포함되어 집계될 가능성이 크다. 이렇게 되면 정책 설계 단계에서 해당 인력군의 수요와 공급을 정확히 파악하기

어렵다. 정책 대상이 명확하지 않으니, 맞춤형 지원도 설계하기 힘들어진다.

결국 문제는 하나로 수렴된다. 건설 현장은 이미 변했고, 새로운 역할은 분명히 등장하고 있다. 그러나 이를 제도적으로 정의하고 통계적으로 포착하는 체계는 아직 충분히 업데이트되지 않았다. 직무가 명확히 보이지 않으면, 그 직무를 키우기 위한 교육도, 지원도, 보상도 체계적으로 설계하기 어렵다. NCS와 KSCO는 산업과 교육을 연결하는 중요한 다리다. 하지만 그 다리가 현재의 디지털 전환 속도를 따라가지 못하면, 기술 변화는 제도 밖에서만 움직이게 된다. 그 결과 산업 현장은 변화하지만, 정책과 제도는 여전히 과거의 구조를 기준으로 작동하는 간극이 발생하게 된다.

이제 필요한 것은 단순한 직무 항목의 추가가 아니라, AI 시대와 스마트건설 기술의 일상화 시대 기술 변화에 맞춰 직무 단위를 재정의하는 것이다. 이는 교육·자격·통계 체계와 유기적으로 연결하는 보다 근본적인 재설계라 할 수 있다.

‘평생 통행증’처럼 남아 있는 자격, 그러나 현장은 ‘업데이트’를 요구한다

현재의 건설기술인 및 기능인력 자격 체계는 기본적으로 ‘한 번 취득하면 장기간 유지되는 영구 자격’을 전제로 설계되어 있다. 기술 환경이 비교적 안정적이고 변화가 제한적이었던 과거에는 이러한 구조가 일정

부분 합리적으로 작동해 왔다. 동일한 공법과 장비가 오랜 기간 유지되던 시기에는 자격 취득 시점의 역량이 장기간 유효하다고 전제하는 것이 가능했기 때문이다.

그러나 AI, 로봇, 자율 장비, 디지털 기반 공정관리 기술이 빠르게 확산하는 현재의 건설 환경에서는 이러한 전제가 더 이상 성립하기 어렵다. 건설 현장에서 활용되는 장비와 시스템은 수개월 단위로 기능이 고도화되고 있다. 운용 방식과 안전 기준 역시 지속적으로 변화하고 있다. 그런데도 자격 체계는 여전히 과거의 기술 환경을 기준으로 설계된 구조에 머물러 있다. 즉, 현장 변화 속도를 충분히 반영하지 못하고 있다.^[135]

이러한 구조적 불일치는 자격의 실효성에 대한 현장 내 의문으로 이어진다. 자격증 보유 여부만으로 해당 인력이 최신 자동화 장비나 로봇 시스템을 안전하게 운용할 수 있는지를 판단하기 어렵다. 그 결과 인력 배치와 역할 분담은 제도적 기준보다 개인의 경험, 상급자의 판단, 또는 비공식적 확인 절차에 의존하는 경향을 보인다. 문제는 이러한 방식이 기술 리스크가 큰 환경에서는 한계를 가질 수밖에 없다는 점이다. 로봇·자율 장비·AI 기반 안전관리와 같이 사고 발생 시 영향이 큰 기술일수록, ‘누가 이 기술을 다룰 수 있는가’에 대한 명확한 기준이 필요하다. 세부 기술 단위별 운용 능력을 공신력 있게 인증하는 제도가 부재한 상황에서 현장 관리자가 합리적인 판단을 내릴 수 있는 근거가 부재하기 때문이다.^[136] 이로 인해 기술 도입과 실제 활용 사이에 간극이 발생한다. 기술은 현장에 도입되지만, 의사결정과 공정 변경의 근거로 활용되기보다 참고 자료 수준에 머무는 경우가 많다. 특히 사고 발생 시 법적·

행정적 책임이 강화된 환경에서는, 새로운 기술을 활용한 선택이 오히려 위험한 결정으로 인식되기 쉽다.

다행인 점은 정부 역시 이러한 문제 인식을 공유하고 있다는 점이다. 「제5차 국가기술자격 제도발전 기본계획」에서는 기술 변화에 대응한 자격 제도 혁신의 필요성을 명시적으로 제시하고 있다. 또한, 자격 체계의 유연화와 현장 연계 강화를 주요 과제로 설정하고 있다. 다만 이러한 방향성이 실제 현장에서 체감되기 위해서는 거시적 계획을 넘어야 한다. 구체적인 기술 단위 수준에서 역량을 어떻게 검증하고 관리할 것인지에 대한 설계가 필요하다.

특히 건설은 장비·공정·위험 요소가 동시에 작동하는 복합 산업이다. 이러한 특성을 고려해 자격 역시 ‘일괄적이고 영구적인 구조’보다 모듈형·누적형·갱신 가능한 구조로 전환될 필요가 있다. 특정 장비나 기술에 대한 운용 능력을 세분화하여 인증하고, 일정 주기마다 최신 기준에 따라 재검증하는 방식은 국제적으로도 확산되고 있는 추세이다.^[137] 결국 핵심은 자격의 수를 늘리는 데 있지 않다. 중요한 것은 변화하는 기술 환경 속에서 인력의 역량을 가시화하고, 기록하며, 검증 가능한 형태로 관리할 수 있는 구조를 마련하는 것이다.^[138] 이러한 체계가 갖춰질 때, 현장 관리자는 제도적 근거를 바탕으로 인력을 배치할 수 있다. 근로자는 학습과 숙련이 실제 경력 상승과 역할 확대로 이어진다는 신호를 명확히 인식할 수 있다. 이는 AI 시대 스마트건설의 성공 조건이 기술 도입 자체가 아니라, 기술을 책임 있게 운용할 수 있는 사람의 구조를 어떻게 설계하느냐에 달려있음을 다시 한번 확인시켜 준다.

교육은 늘었지만, ‘현장 실행력’은 연결되지 않는다

정부와 공공기관, 대형 건설사를 중심으로 스마트건설 관련 교육프로그램은 지난 몇 년간 지속적으로 확대되어 왔다. BIM, 드론, 데이터 분석, 디지털 안전관리 등 여러 기술 중심의 과정이 개설되어 왔다. 이를 통해 기초 수준의 디지털 역량 강화는 일부 진전이 있었다. 그럼에도 다수의 교육 과정이 이론 중심·단기형 세미나 수준에서 운영되고 있다는 비판이 제기되고 있다. 이러한 교육은 현장의 실제 과제, 공정 운영 환경, 책임 구조 판단 등 실천 감각을 충분히 반영하지 못하고 있다. 그 결과 교육 과정이 현장 실행력으로 연계되지 못한 채 분리된 구조로 남아 있다.

특히 주목되는 문제는 현장에서 실제로 근무 중인 재직자 대상의 모듈형 교육, 야간·주말 과정, 현장 연계형 훈련이 극히 제한적이라는 점이다. 현장 관리자와 기능인력 가운데 가장 전환이 절실한 중·고령층 숙련 기능인력의 교육 기회가 적다. 재직자 교육은 흔히 업무 시간과 겹치거나 경제적 소득 손실을 동반하는 부담으로 작용하기 때문이다.^[139] 그 결과 교육-자격-직무-배치-보상으로 이어지는 인력 파이프라인(Pipeline)이 단절되어 있다. 디지털 역량은 개인의 노력에 의존하는 ‘개인기(Individual Skill)’ 수준에 머무르기 쉽다. 이러한 구조는 기술 도입의 잠재력을 현장 전체로 확산시키는 데 있어 가장 큰 병목 요인으로 작용할 뿐이다.

따라서 AI 시대 건설산업 종사자의 역량 함양을 위해서는 단순히 교

육프로그램의 수를 늘리는 것에서 벗어나야 한다. 교육 내용과 방식, 평가 기준, 직무 연계, 경력 경로의 일관성을 확보하는 근본적 재설계가 필요하다.

기능-테크니션-기술 경력 사다리 붕괴와 재교육 제도의 공백



숙련은 있는데 올라갈 길이 없다

AI·로봇·자동화 기술의 확산은 건설 현장에서 요구되는 기능인력의 역할을 점진적이지만 분명하게 변화시키고 있다. 과거 건설업은 망치와 삽을 다루는 손기술을 중심으로 숙련이 축적되는 산업 구조를 유지해 왔으며 이때 기능인의 가치는 현장 경험과 반복 작업을 통해 형성되어 왔다. 그러나 최근 건설 현장에서는 스마트 장비의 도입과 공정 자동화가 빠르게 확산되면서 단순 기능 작업 수행을 넘어 장비를 제어하고 시스템을 운용하며 디지털 데이터를 해석해 판단하는 능력이 결합한 복합적 역할이 요

구되고 있다. 이는 향후 건설 현장에서 기능인력이 수행해야 할 역할이 기존의 단순 기능직에서 벗어나 기술과 데이터를 매개로 한 보다 복합적인 직무로 전환될 것임을 의미한다.

문제는 인력 제도가 이러한 역할 변화를 충분히 따라가지 못하고 있다는 점이다. 현장에서는 이미 숙련 기능공이 자동화 장비를 운용하고, 디지털 시스템을 보조하며, 사실상 '테크니션'에 가까운 역할을 수행하는 사례가 늘어나고 있다. 그럼에도 제도상으로 이러한 역할 변화가 직무나 경력 체계에 충분히 반영되지 못하고 있다. 현장에서 수행되는 업무 내용은 변화하고 있다. 그러나 공식적인 직무 분류와 경력 관리 체계는 기존의 기능직 범주에 머물러 있는 경우가 대부분이다. 현장 경험을 바탕으로 디지털 역량을 추가하더라도, 다음 단계의 직무나 경력으로 전환할 수 있는 공식적인 경력 경로는 명확하게 제시되어 있지 않다. 결과적으로, 역할의 변화와 경력 체계 사이에는 구조적인 괴리가 지속되고 있으며, 이로 인해 고숙련 기능인력은 장기적인 성장 전망을 찾기 어려운 상황에 놓이게 된다. 기술이 바뀌고 역할이 확장되고 있음에도, 경력상 위치와 보상 구조가 그대로 유지되기 때문이다. 이러한 구조는 숙련 인력이 현장을 이탈하거나 조기 은퇴를 선택하게 만드는 요인으로 작용한다. 동시에 스마트 건설 환경에 익숙한 신규 인력의 유입을 가로막는 장애 요인으로 작용함이 자명하다.

이러한 현상은 단순한 인력 수급 문제가 아니라, 기술 전환기에 '사람이 어떻게 이동하고 성장할 것인가'에 대한 경로를 설계하지 못한 구조적 문제이다. 교육과 훈련을 통해 디지털 역량을 습득하더라도, 그것이 직무 전

환이나 경력 상승으로 이어지지 않는 구조에서는 개인의 학습 동기가 약화될 수밖에 없다. 따라서 AI 시대의 건설인력 정책은 단순히 새로운 기술을 가르치는 것을 넘어서야 한다. 기능-테크니션-기술로 이어지는 경력 이동 경로를 제도적으로 정비하는 방향으로 전환될 필요가 있다.[140]

직무·자격 체계의 이분화가 남긴 틈

현재 우리나라 건설인력 관리 체계는 기능직과 기술직을 구분하는 이분법적 구조를 기반으로 운영되고 있다. 이 구조는 교육과 숙련, 현장 경험을 통해 축적된 능력이 경력 체계로 연결될 수 있는 경로를 충분히 제공하지 못한다는 한계를 내포한다. NCS 역시 직무를 분류하는 기본 틀로서 기능직과 기술직을 전제로 설계되어 있다. NCS는 직무별로 필요한 능력 단위와 수행 기준을 체계화하는 데 기여해 왔다. 그러나 건설 현장에서 나타나는 복합적·중간적 역할, 즉 기능과 기술이 결합된 직무를 독립적인 직무 유형으로 포착하기에는 구조적 제약을 갖는다.

결과적으로 NCS 체계하에서는 현장 역할이 변화하더라도 직무 분류는 상대적으로 경직된 상태로 유지되고 있다. 이는 교육·훈련을 통해 습득한 디지털 역량이 공식적인 직무 지위나 경력 단계로 연결되지 못하는 구조를 고착한다. 이러한 한계는 기능직과 기술직 사이에 위치한 중간 숙련 인력의 성장을 제도적으로 뒷받침하지 못하는 요인으로 작용한다.

건설기술인 등급 구조 역시 자격·학력 중심의 평가 기준을 바탕으로 운영된다는 점에서 유사한 한계를 지닌다. 현행 등급 체계는 자격 보유 여부, 학력 수준, 경력 연수 등을 점수화하여 기술인의 등급을 산정하는 방식으로 설계되어 있으며 특히 학위 중심 요소의 비중이 상대적으로 높게 설정되어 있다. 그 결과, 현장 숙련을 기반으로 단계적으로 상향 이동할 수 있는 경력 경로는 현실적으로 제한적이다. 예를 들어 기능사 자격과 고졸 학력을 가진 근로자가 초급 또는 중급 기술인으로 이동하기 위해서는 장기간의 경력이 요구된다. 중·고급 단계로의 이동은 관련 학위가 없을 경우 사실상 접근이 어려운 구조를 형성하고 있다.[141]

이러한 구조는 현장 중심 숙련을 통해 역량을 축적해 온 기능인력에게 불리하게 작용한다. 이는 기술인의 정의와 평가 기준이 여전히 학위와 자격을 중심으로 구성되어 있기 때문이다. 즉, 현장에서 축적되는 복합적 직무 수행 능력을 충분히 반영하지 못하고 있다.

다만 다행인 점은 2021년 도입된 ‘건설근로자 기능등급제’는 이러한 한계를 일부 보완하려는 시도로 평가할 수 있다. 기능등급제는 현장 경험, 자격, 교육훈련 이수, 포상 및 안전·품질 관리 이력 등을 종합적으로 반영하여 기능인의 역량을 등급화하는 제도이다. 이는 그동안 비공식적이던 기능인의 숙련 수준을 공식화했다는 점에서 의의를 가진다.[142]

그러나 기능등급제가 도입되었음에도 해당 등급이 기존의 기술인 등급 체계나 자격 체계와 연동되거나 상호 전환되는 구조는 아직 마련되지 못한 상태이다. 기능등급을 기반으로 기술인 체계로 이동하거나 경력 상승으로 연결되는 공식 경로는 제시되지 않고 있다. 그 결과, 기능

인은 아무리 숙련도가 높아지더라도 제도적으로는 기능직 범주에 머무를 가능성이 크다. 기능등급의 상승이 직무 전환이나 보상 체계의 변화로 이어지기 어렵다.

이러한 구조는 기능등급제가 본래 의도했던 '현장 숙련의 제도적 인정'이라는 취지를 충분히 실현하지 못하게 만드는 요인으로 작용한다. 동시에 기능인력의 학습과 역량 축적이 장기적인 경력 전망으로 이어지지 못하는 구조적 제약의 위험을 내포한다.

결과적으로, 현재의 직무·자격 체계는 현장 숙련과 디지털 역량을 결합하는 복합적 역할을 법·제도적 경력 체계로 충분히 통합하지 못하고 있다.

현장과 기술 사이를 잇지 못한 테크니션 공백의 지속

AI 전환이 진행되는 건설 환경에서, 가장 중요한 인력은 단순한 기능공이나 고급 설계 엔지니어만이 아니다. 현장과 기술을 유연하게 연결하는 중간 숙련 인력, 즉 테크니션이 향후 생산성·품질·안전 관리를 동시에 담보할 핵심 역할을 담당할 것이다.

구체적으로 테크니션은 스마트 장비를 안정적으로 운용하고, 디지털 모델과 센서 데이터를 통해 현장 상황을 실시간으로 파악·조율하는 기능을 수행한다. 설계·시공·품질 관리 단계 사이에서 정보·판단의 연결고리 역할을 한다. 그러나 이러한 역할을 정의하는 공식적인 직무 기준과 단계별 역량 요건은 아직 제도화되어 있지 않다. 현행 직무·자격 체

계는 기능·기술 중심 분류를 유지하고 있기 때문이다. 테크니션과 같이 복합적 역할을 하는 중간 숙련 인력을 명확하게 규정하거나 평가하는 체계가 부재하다. 그 결과 기술 습득과 역량 개발이 표준화된 교육훈련이 아니라 현장 OJT와 개인 경험에 의존하는 구조로 남아 있다. 이는 숙련 수준의 표준화와 공통 기준 확립을 어렵게 만든다.^[143]

이 같은 테크니션 공백은 단지 건설 현장의 역할 혼선만을 초래하는 것이 아니다. 시공 품질의 불균형과 안전관리의 취약성으로 직결될 수 있는 구조적 위험 요소로 작용한다는 점에서 그 영향력이 크다. 실제로 국내 스마트건설 도입 현장에서, 자동화 굴삭기·드론 기반 현장 모니터링 등 특히 로봇·자율 장비와 같이 안전 리스크가 큰 기술일수록, 이를 안정적으로 운용할 중간 숙련 인력의 부재는 사고 가능성을 증폭시키는 요인으로 작용한다. 테크니션의 부재는 단순 인력 부족 문제가 아니라, 기술 리스크를 증폭시키는 구조적 취약점이라 할 수 있다.

전환기 재교육을 가로막는 '시간·소득의 뒷'

AI·자동화 기술이 빠르게 확산하면서, 건설 현장에서도 기존 직무를 그대로 유지하기보다 역할을 바꾸고 새로운 기술을 익혀야 할 필요가 커짐은 당연하다.^[144] 다만 직무 전환의 필요성이 커진다고 해서 재교육이 자동으로 이어지는 것은 아니다. 실제로는 '배워야 하는데, 배울 수 없는' 구조가 함께 커지고 있다는 점을 먼저 짚어볼 필요가 있다.^[145]

재교육을 가로막는 첫 번째 벽은 시간의 문제이다. 건설업은 다른 산업에 비해 근로 시간이 짧게 조사되고 있다. 이는 여유가 많아서가 아니라 현장·공정·수주 상황에 따라 노동이 끊기고 이어지는 특성이 반영된 결과에 기인한다.^[146] 이런 조건에서는 정해진 시간표에 맞춰 장기간 집체교육을 받기가 어렵다. ‘주말·야간에 짧게 쪼개서 듣는 방식’이나 ‘현장 단위의 모듈형 훈련’이 아니면 참여 자체가 쉽지 않다.^[147]

두 번째 벽은 소득의 문제이다. 특히 기능인력의 상당수는 일당 중심의 임금 구조에 놓여 있다. 교육 참여가 곧바로 무수당 휴업 또는 일감 상실 위험으로 인식되기 쉽다. 제도적으로는 건설 일용근로자에 대해서도 직업능력 개발 지원 근거가 마련되어 있다. 그러나 실제 참여 여부는 결국 ‘당장 오늘 쉬면 소득이 줄어드는가’라는 현실 조건에 좌우되는 경향이 많다.

세 번째 벽은 대체 인력과 사업주 유인의 문제이다. 중소 건설사는 공정이 촘촘하고 인력풀이 얇아, 핵심 인력이 하루만 빠져도 작업이 흔들리는 경우가 잦다. 그 결과 재직자 교육이 ‘장기 투자’라기보다 ‘당장 공정을 지연시키는 비용’으로 받아들여짐은 당연하다. 뿐만 아니라 건설업은 지속 일자리 비중이 다른 산업 대비 낮은 편^[148]이라 기업이 장기적 인력개발에 투자하기 어려운 환경이다.

마지막으로 훈련 인프라도 재직자 친화적으로 충분히 짜여 있지 않다는 반복된 지적 또한 고려되어야 한다. 예컨대 건설 분야의 AI·디지털·스마트 교육 등은 취업 연계형 프로그램으로 설계된 과정이 많은 상황이다. 현장 재직자의 생활 리듬과 공정 제약을 정밀하게 반영한 ‘짧고

유연한 현장형 과정’이 부족하다. 요컨대 전환기 재교육의 병목은 개인의 의지 부족이 아니다. 시간·소득·대체 인력·훈련 접근성이라는 네 가지 조건이 동시에 맞물리는 구조적 제약에서 발생함이 자명하다.

사람과 로봇이 함께 일하는 현장, 그러나 안전 기준은 아직 '사람만' 보고 있는가



위험은 바뀌었는데 규칙은 그대로

AI 시대 건설산업의 RX가 가속화될수록 건설 현장에 로봇, 자율주행 장비, 협동 로봇 활용 확대는 당연하며 이때의 건설 안전 즉, 위험의 풍경은 달라질 수밖에 없다. 과거의 위험은 주로 '사람이 어디서 어떻게 다칠 수 있는가'에 초점이 맞춰져 있었다면, 이제는 '사람과 장비가 함께 움직일 때 어떤 상황이 발생하는가'가 핵심이 된 것이다. 예를 들어 자율주행 덤프트럭과 작업자가 동시에 이동하는 구간, 원격조종 굴삭기가 시야 사각지대에서 작동하는 순간, 센서 인식이 일시적으로 지

연되는 상황 등이다. 기존 안전 매뉴얼이 충분히 다루지 않았던 영역이다. 이러한 위험은 단순히 작업자의 주의 부족이나 숙련도의 문제로 환원할 수 없다. 설계, 소프트웨어, 통신, 운용 규칙이 동시에 맞물리는 사람-로봇 상호작용(Human-Robot Interaction, HRI)의 문제이기 때문이다.

국제적으로도 이러한 변화를 인식하고 산업용 로봇 및 협동 로봇의 안전 요건에 대해 구체적으로 정립되고 있다. 일례로 ISO 10218-1/2는 산업용 로봇 및 로봇 시스템의 안전 요구사항을 정리한 국제표준이다. 위험 분석·보호장치·비상정지·설치 및 유지관리 요건 등을 규정한다.^[149] 더 나아가 ISO/TS 15066은 협동 로봇(Cobots)이 사람과 직접 상호 작용하는 환경에서의 위험성 평가를 한다.^[150] 즉, 접촉 부위별 힘/압력 제한, 비상정지 조건과 같은 사람-로봇 상호작용(HRI) 안전 요구를 보완적으로 다룬다.

그러나 국내 건설 현장의 위험성 평가 체계는 여전히 전통적 위험 요소 중심의 항목 구조를 크게 벗어나지 못하고 있다. 동선 충돌 가능성, 센서 오작동 시 대응 절차, 원격조작 오류 발생 시 책임 구조 등은 제도적으로 명확히 정리되어 있지 않다. 이로 인해 현장에서는 두 가지 상반된 반응이 나올 수밖에 없다. 첫째는 '아직 기준이 명확하지 않다'는 이유로 장비 도입 및 관련 기술 활용을 미루는 보수적 대응이다. 둘째는 장비를 도입하되, 실제로는 위험을 우려해 사용 범위를 제한하거나 수동 개입을 과도하게 유지하는 방식이다. 기술은 도입되었지만, 제도가 이를 신뢰하지 못해 실행이 축소되는 구조가 반복된다.

이 문제를 해결하기 위해서는 사람-로봇 협업을 전제로 한 HRI 위험성 평가 항목의 제도적 편입이 필요하다. 위험성 평가에서 별도의 장(章)으로 사람-장비 상호작용을 다루고, 핵심 안전 기능의 최소 기준을 명확히 규정해야 한다. 또한 ‘어떤 상황에서 자동을 멈추고 사람이 개입하는가’에 대한 의사결정 원칙을 표준화해야 한다. 더 나아가 문서 기준만으로는 한계가 있는 만큼, 실습과 시뮬레이션 기반 훈련을 병행해야 한다. 영국과 독일에서는 VR·시뮬레이터를 활용한 위험 시나리오 학습을 통해 실제 사고 이전에 대응 절차를 익히도록 설계하고 있다. 이는 ‘사고를 통해 배우는’ 구조를 넘어, 사고 없이 배우는 구조로의 전환을 의미한다. 결국 핵심은 로봇을 현장에 들이는 것이 아니라, 사람과 로봇이 함께 일하는 규칙을 먼저 설계하는 것이다.

출발선이 다른 중소 현장

AI 시대 DX 및 AX·RX 달성의 성패는 기술의 수준보다도, 누가 그것을 실제로 운용할 수 있는가에 달려있다. 이 지점에서 현장 규모에 따른 격차는 결정적인 변수가 된다.

대형 건설사는 자체 관제센터를 구축하고, 데이터 분석 인력을 배치하며, 로봇과 스마트 장비를 단계적으로 실증할 여력을 갖고 있다. 반면 중소·소규모 현장은 장비 도입 이전에 운영 기반부터 취약한 경우가 많다. 관제 시스템을 자체 구축하기 어렵고, 데이터 전담 인력을 두는 것

도 현실적으로 쉽지 않다. 고가 장비를 일시에 구매해야 하는 초기 투자(CAPEX) 부담도 큰 장벽이다.

OECD는 디지털 전환 과정에서 중소기업이 대기업 대비 기술 도입과 인력 재교육에서 구조적으로 불리한 위치에 놓일 수 있음을 반복적으로 지적해 왔다. 세계경제포럼(WEF) 역시 건설 분야의 디지털화가 일부 선도 기업에 집중될 경우 산업 내 격차가 심화할 가능성을 여러 번 경고하였다. 이러한 구조를 그대로 둘 경우, 대형사 중심의 스마트 현장 확산과 다수 중소 현장의 정체가 동시에 발생하는 이중 구조가 고착될 수 있다. 이는 단순한 기업 경쟁력의 문제가 아니라, 산업 전체의 안전 수준과 생산성 격차로 이어질 가능성이 크다.

이를 완화하기 위해서는 운영 역량을 개별 현장에만 맡기지 않는 접근이 필요하다. 공용 관제센터 등을 통해 데이터 분석·알람 관리 기능을 외부화가 이루어져야 한다. 중소 현장이 구독 형태로 활용할 수 있도록 하는 방식이 현실적 대안이 될 수 있다. 또한 장비 리스·구독 모델을 정책금융과 연계해 초기 투자 부담을 분산해 주어야 한다. 표준 작업서와 표준데이터 템플릿 등을 제공해 ‘데이터가 없어서 AI를 못 쓰는’ 상황을 줄여야 한다.

건설산업에서의 AX와 RX는 기술 보급 사업이 아니라, 산업 전반의 시작선을 조정하는 작업이다. 중소 현장이 출발선에 서지 못한다면, 전환은 성공 사례 몇 개로 남을 뿐 산업의 체질 변화로 이어지기 어렵다.

그들은 어떻게 '사람과 기술'을 연결했는가



AI 시대 건설산업의 안정적 전환과 지속적 산업 진흥을 논함에 있어 여러 장벽이 존재함은 지금까지 본 책을 통해 여러 각도에서 조망해 왔으나, 본 절은 AI 시대 합리적 건설인력 제도와 정책의 변화 방향을 모색하는 부분이기엔 관련 문제로 시각을 좁혀보자. 건설 AX와 RX 전환을 가로막는 핵심 장벽으로 분명 빠르게 개발되는 기술을 현장에서 실제로 구현하고 안정적으로 운용할 수 있도록 뒷받침하는 사람과 제도의 부재는 분명 주요한 문제이다. 자동화·디지털 기술은 빠르게 도입되고 있다. 그러나 이를 현장 맥락에 맞게 적용하고 안정적으로 운용할 중간 숙련 인력의

역할과 경로가 제도적으로 정립되지 못하고 있다. 결과적으로 기술은 참고 자료로 활용될 뿐, 의사결정과 공정 전환의 핵심 근거로까지 작동하지 못하는 실행 공백이 반복된다.

반면 주요 선진국들은 디지털 전환 과정에서 공통적으로 기능공과 엔지니어 사이에 위치한 중간 숙련 인력을 명확히 정의하고 있다. 또한 이들을 체계적으로 육성하는 전략을 채택해 왔다. 이들 국가는 자동화·디지털 기술이 현장에 안착하기 위해 기술이 '쓰는 사람'의 위치와 권한, 책임이 먼저 정리되어야 한다는 점을 비교적 이른 시점에 인식해 왔다. 특히 독일, 싱가포르, 영국의 사례는 ▲경력 사다리의 연속성 확보, ▲재직자 중심의 단계별 재교육, ▲보상·자격·직무의 연동이라는 점에서 중요한 시사점을 제공한다. 이들 국가는 기술 변화에 맞춰 장비와 공정을 먼저 바꾸기보다, 사람이 어떻게 이동하고 성장할 것인지를 선제적으로 설계하여 디지털 전환의 실행력을 확보해 왔다.

독일의 기능-테크니션-엔지니어를 잇는 국가 자격 체계^[151]

독일은 오래전부터 건설 기능공과 엔지니어 사이의 '중간 숙련 인력(Intermediate Technical Workforce)'을 제도적으로 인정해 온 국가로 평가된다. 이러한 인력 구조는 산업 현장에서 축적된 숙련을 제도적으로 인정하고 기술 전문성을 단계적으로 확장할 수 있도록 설계된 독일

직업교육훈련(VET) 체계와 밀접하게 연결되어 있다.^[152]

독일 직업교육훈련 시스템의 핵심은 대학 학위 중심의 수직적 이동이 아니라 현장 숙련을 기반으로 한 단계적 경력 확장 구조에 있다. 이러한 체계는 이중 직업교육훈련(Dual System)을 통해 형성된 숙련 기반 인력 구조를 중심으로 운영되며, 산업 현장에서 축적된 경험과 기술이 독립적인 전문성으로 인정되는 특징을 가진다. 이는 산업 구조의 고도화와 기술 변화 과정에서 더욱 강화되었다. 특히 자동화와 디지털화가 확산되면서 현장 숙련과 기술 이해를 동시에 갖춘 중간 숙련 인력의 중요성이 정책적으로 강조되기 시작하였다. 이러한 정책적 배경 속에서 발전한 대표적인 제도가 바로 국가 공인 테크니션 자격인 Staatlich geprüfter Techniker 제도이다.

이 제도는 단순한 직업 자격이 아니라 현장에서 축적된 숙련을 ‘다음 단계의 전문성’으로 전환하는 제도적 통로로 기능한다. 기능훈련(Ausbildung)을 이수하고 일정 기간 이상의 실무 경험을 갖춘 근로자는 대학 진학 여부와 관계없이 테크니션 교육 과정을 통해 기술·관리 전문직으로 이동할 수 있다. 이는 기술 전문성이 반드시 대학 교육을 통해서만 형성되는 것이 아니라 현장 경험과 직업교육을 통해서도 형성될 수 있다는 독일식 기술 인력관을 반영한 제도라고 평가된다.

요컨대 독일의 테크니션 제도는 단순한 자격 하나의 문제가 아니라 산업 구조 변화에 대응하여 인력의 경력 이동 경로를 사전에 설계한 인력 정책의 결과라 할 수 있다. 기능-테크니션-엔지니어로 이어지는 연속적인 경력 사다리는 숙련 기술 인력의 역량을 산업 변화에 맞추어

확장시키는 구조로 작동하며, 독일 산업 경쟁력을 뒷받침하는 중요한 제도적 기반으로 평가된다.

보다 구체적으로 살펴보면 Staatlich geprüfter Techniker 자격은 독일 자격 프레임워크(DQR) 레벨 6에 해당하며, 이는 학사 학위(Bachelor) 및 장인 자격(Meister)과 동등한 수준으로 인정된다. 이러한 제도적 인정에 따라 테크니션은 기능공과 엔지니어 사이의 단순한 보조 인력이 아니라 독자적인 전문 직무군으로 자리 잡는다.

특히 건설 및 제조 분야에서는 테크니션이 설계와 시공, 계획과 실행을 연결하는 기술적 조정자로 인식된다. 예컨대 생산 공정 관리, 품질 관리, 설비 및 자동화 시스템 운용, 프로젝트 관리 등의 영역에서 테크니션은 엔지니어와 기능 인력 사이에서 기술적 통합 역할을 수행한다. 즉, 독일의 기술 인력 체계는 ‘기능인력(Skilled Worker) → 테크니션/마이스터(Techniker/Meister) → 엔지니어(Engineer)’의 3단계 구조로 설명된다.

기능인력은 이중 직업교육훈련을 통해 양성되며, 이후 일정 기간의 실무 경험을 축적한 후 테크니션 또는 마이스터 교육 과정을 통해 보다 높은 수준의 기술 전문직으로 이동할 수 있다. 이러한 구조는 대학 진학 중심의 단일 경력 경로가 아니라 직업교육 기반의 복수 경력 경로(multiple career pathways)를 제도적으로 보장한다는 점에서 독일 직업교육 시스템의 핵심 특징으로 평가된다.

테크니션 교육 과정 역시 재직자를 전제로 설계되어 있다. 교육은 주로 Fachschule für Technik(기술 전문학교)에서 운영되며, 전일제 기

준 약 2년, 파트타임 기준 약 4년 과정으로 구성된다. 총교육 시간은 약 2,400시간 수준이며, 공정 관리, 품질 관리, 자동화 시스템 운용, 프로젝트 기반 실습 등이 포함된다. 이러한 교육 구조는 현장 경험과 교육이 분리되지 않도록 설계되어 있어 일하면서 배우고 배우면서 역할을 확장하는 구조(work-based learning)를 가능하게 한다.

결과적으로 독일의 기능-테크니션-엔지니어 구조는 산업 현장에서 기술 변화가 실제 생산 방식으로 연결되는 중요한 기반으로 작동한다. 특히 디지털 전환과 자동화 기술이 확산되는 산업 환경에서는 현장 숙련과 공학적 이해를 동시에 갖춘 중간 숙련 인력의 역할이 더욱 중요해지고 있다. 독일의 테크니션 제도는 이러한 산업 변화에 대응하여 숙련 인력의 경력 확장 경로를 제도적으로 설계한 대표적인 사례로 평가할 수 있다.

싱가포르의 마이크로 인증 기반 단계별 역량 이동 구조

독일과 달리 싱가포르 또한 독자적 제도 설계로 건설 인력의 AI·디지털·스마트건설 역량 함양을 유도하고 있다. 기본적인 건설 인력 양성 체계를 우선 살펴보면, 싱가포르는 산업 구조 변화에 대응하기 위해 학위 중심 교육에서 벗어나 재직자 중심의 평생학습과 단계별 역량 이동 체계를 국가 전략으로 구축해 왔다. 이러한 접근의 핵심은 개인이 어느 시점에 있든지, 현재 역량을 기준으로 다음 단계로 이동할 수 있도록 명확한 경로와 신호를 제공한다는 점에 있다.

구체적으로 싱가포르의 대표적 인력 정책인 SkillsFuture는 전 산업을 포괄하는 국가 차원의 평생학습 전략이다. 개인의 경력 전반에 걸쳐 학습-역량-직무 이동을 연계하는 것을 목표로 하고 있다. 건설 분야에서는 이를 구체화한 Built Environment Skills Framework를 통해 기능인력부터 고급 전문가까지 포괄하는 직무·역량 기반 커리어 로드맵을 제시하고 있다. 이 프레임 워크의 특징은 직무 명칭을 단순히 나열하는 데 그치지 않고 역량의 축적 경로를 단계적으로 시각화한다는 점이다. 예컨대 기초 디지털 소양을 출발점으로, BIM 활용, 공정·설계 통합, AI·데이터 기반 의사결정으로 이어지는 구조가 명확히 제시된다. 이를 통해 근로자는 자신의 현재 위치와 다음 단계 목표를 직관적으로 파악할 수 있다. 기업 역시 인력개발 방향을 보다 체계적으로 설계할 수 있다.^[153]

특히 주목할 점은 이 경로가 학위 취득 여부와 직접적으로 연결되지 않는다는 점이다. 대학 진학 여부와 관계없이, 현장에서 필요한 역량을 단계적으로 축적하면 상위 직무로 이동할 수 있도록 설계되어 있다. 이는 학력보다 실제 수행 가능한 역량을 중심으로 인력 이동을 유도하는 구조이다. 결과적으로 디지털 전환기 재직자에게 높은 접근성을 제공한다.

싱가포르 인력 정책의 또 다른 핵심은 마이크로 인증(Micro-credential)과 디지털 배지(Digital Badge)의 적극적 활용이다. 싱가포르는 특정 기술이나 직무 역량을 단기간 교육과 평가를 통해 인증하고, 이를 디지털 형태로 부여하는 방식을 제도화하고 있다. 예컨대 드론 측량, BIM 모델 검토, 로봇 장비 운용, 데이터 기반 품질 관리와 같은 세부

기술 단위가 각각 독립적인 인증 대상으로 설정된다.

이러한 인증은 국가 공인 플랫폼인 OpenCerts와 연동되어 발급·관리되며, 블록체인 기반으로 위·변조가 사실상 불가능하다. 개인은 자신의 인증을 링크 형태로 제출할 수 있고, 기업은 채용 과정에서 이를 즉시 검증할 수 있다. 또한 OpenCerts는 주요 채용·경력 플랫폼과 연계된다. 개인의 학습 이력이 곧바로 노동시장 신호로 작동하도록 설계되어 있는 것이다.^[154]

이로 인해 기능인력은 특정 기술을 하나씩 축적할 때마다 자신의 역량을 가시적으로 증명할 수 있다. 기업 역시 학력이나 경력 연수 대신 실제 검증된 역량을 기준으로 인력을 평가할 수 있다. 이는 숙련의 축적이 개인 내부에만 머무르지 않고, 시장에서 즉각적으로 인식되는 구조를 만든다.

지금까지 살펴본 싱가포르 모델의 핵심은 학습과 보상이 분리되지 않는다는 점에 있다. 디지털 역량을 습득하면 단순히 ‘교육 이수’에 그치는 것이 아니다. 직무 범위가 확장되고 직함이 바뀌며 임금 상승이나 근무 환경 개선으로 이어질 가능성이 제도적으로 열려 있다. 특히 건설·제조 분야에서는 자동화·디지털 공정으로 이동할수록 상대적으로 안전하고 청결한 작업 환경으로 전환되는 경우가 많다. 재직자에게 학습은 단기적 부담이 아니라 삶의 질을 개선하는 투자로 인식된다. 이러한 구조는 재교육 참여를 개인의 희생이나 의무가 아닌 합리적인 선택으로 받아들이게 만드는 중요한 요인으로 작용한다.

결과적으로 싱가포르의 인력 정책은 기술 변화에 맞춰 장비와 제도를 동시에 조정하면서, 사람이 이동할 수 있는 경로와 그에 따른 보상 신호를 명확히 제시해 왔다. 이는 디지털 전환의 실행력을 확보하는 데 있어, 제도 설계가 얼마나 중요한 역할을 하는지를 보여주는 사례라 할 수 있다.

영국의 현장 실행력을 중심으로 한 역량 표준화

영국은 디지털 전환을 ‘기술을 깔아두는 일’로만 보지 않고, 현장에서 실제로 굴러가게 만드는 실행력을 인력 정책의 중심에 놓는 경향이 강하다. 특히 건설 분야에서는 산업 주도의 훈련·역량 체계를 담당하는 CITB가 노동시장 전망과 인력 수요를 체계적으로 제시하고 있다.^[155] 기업·훈련기관은 이에 맞춰 훈련 투자와 현장 적용을 설계하도록 유도한다.

영국의 접근에서 중요한 지점은 ‘자격이 있느냐’보다 현장에서 무엇을 할 수 있느냐에 더 무게가 실린다는 점이다. 디지털 역량(예: BIM 기반 협업, 현장 데이터 활용, 안전·품질 관리의 디지털화)은 단순 이론 시험만으로는 충족되지 못하며, 현장 적용 과정에서 필요한 판단·절차·행동을 포함해 다뤄져야 한다는 문제의식이 반복적으로 제기된다.

또한 영국 정부 조달·발주 체계 차원에서도 데이터 품질과 정보관리의 표준화가 안전·품질·혁신과 직결된다는 관점이 강화되고 있다. 공공 발주에서 UK BIM Framework를 적용하도록 권고하는 흐름이 뚜렷하다.^[156]

이런 환경에서는 ‘디지털을 안다’는 선언보다, 정보를 표준에 맞게 만들고 연결하고 업데이트하는 실행 역량이 직무의 핵심이 되고 있다. 자연스럽게 훈련과 평가도 실행 역량 중심으로 재편되는 방향으로 움직인다.

이 외에도 영국에서는 대형 인프라 프로젝트를 중심으로 VR·시뮬레이터·몰입형 학습을 활용하고 있다. 작업자가 위험 상황과 공정 오류를 ‘안전하게’ 먼저 경험하도록 설계하는 사례가 축적되고 있는 것이다. CITB 역시 몰입형 학습(VR/AR 등)이 안전·숙련 형성에 활용될 수 있다는 점을 조사·정리해 공개한 바 있다.^[157] 이런 방식은 “사고를 겪고 나서 배우는” 흐름이 아니다. 사고 가능성이 높은 상황을 시나리오로 재현해 반복 학습하도록 설계해 현장 OJT 편중 구조가 강한 환경과는 결이 다르다.

간략히 살펴본 영국의 DX 전환을 위한 건설 인력 육성 체계를 종합해 볼 때 적음 영국의 강점은 개별 기업의 선도 사례에만 기대기보다, 산업 차원의 계획과 전망을 통해 훈련 수요를 공동으로 정렬하려는 시도가 비교적 꾸준하다는 점이다. 예컨대 CLC(Construction Leadership Council)의 산업 기술 계획은 중장기적으로 필요한 기술·훈련 체계를 정리한다. 그리고 정부·산업계가 함께 해결해야 할 과제를 제시한다.^[158] 이런 합의 구조는 디지털 전환기 핵심 병목인 ‘누가, 무엇을, 어느 수준까지, 어떻게 가르치고 인정할 것인가’를 산업 차원에서 조정하는 데 도움을 준다.

요컨대 영국은 디지털 전환을 기술 보급의 문제로 보지 않는다. 표준(정보·데이터) - 훈련(시나리오·실습) - 현장 실행(안전·품질) - 산업 전략(인

력 전망)으로 이어지는 ‘연결 구조’로 다루고 있다. 그 과정에서 현장 실행력을 자격과 훈련의 중심에 두려는 방향성이 분명하다는 점을 시사한다.

기술 확산의 출발점은 결국 사람이 움직일 수 있는 구조 설계

결국 디지털 전환의 성패를 좌우하는 요인은 기술의 수준이나 도입 속도 그 자체가 아님이 분명해진다. 핵심은 새로 도입된 기술을 현장에서 실제로 구현하고 안정적으로 운영할 수 있는 사람의 존재이다. 그리고 그러한 사람이 성장하고 이동할 수 있도록 뒷받침하는 제도적 경로가 마련되어 있는지 여부에 있다. 독일, 싱가포르, 영국은 이러한 문제 의식을 비교적 이른 시점에 공유하였다. 기능공과 엔지니어 사이에 위치한 ‘중간 숙련 인력’을 건설 인력 정책의 중심에 두어 왔다.

세 나라의 공통점은 ‘중간 숙련 인력’을 예외적이거나 과도기적인 존재가 아니라, 산업 구조를 떠받치는 필수 요소로 명확히 규정하고 있다는 점이다. 독일은 국가 자격 체계를 통해 기능 - 테크니션 - 엔지니어로 이어지는 연속적인 경력 사다리를 제도화했다. 이 과정에서 테크니션은 단순한 보조 인력이 아니라, 설계와 실행을 연결하는 독자적인 전문 직무군으로 공식 인정된다. 싱가포르와 영국 역시 현장과 기술을 잇는 중간 단계의 역할을 전제로 직무·역량 체계를 설계하고 있다. 이는 “현장은 기능공, 기술은 엔지니어의 몫”이라는 이분법적 사고에서 벗어난 접근이라 할 수 있다.

경력 이동의 출발점을 학위가 아니라 현장 숙련에 두고 있다는 점에서 우리나라와 중요한 차이를 보인다. 독일의 테크니션 제도는 대학 진학 여부와 관계없이 현장 경험을 축적한 기능인이 다음 단계로 이동할 수 있는 공식 통로를 제공한다. 싱가포르 역시 학력보다는 실제 역량의 축적을 기준으로 커리어 이동을 설계하고 있다. 영국은 현장에서 무엇을 할 수 있는지를 중심으로 자격과 훈련 체계를 재구성하고 있다. 이는 기술 전문성이 반드시 학위 경로를 통해서만 형성된다는 기존 통념을 제도적으로 넘어선 사례라 할 수 있다.

해외는 재직자 중심의 단계별 재교육 구조도 공통적으로 채택하고 있다. 이들 국가는 “일을 그만두고 배우는 방식”이 아니라, 일하면서 배우고, 배우면서 역할을 확장하는 구조를 기본 전제로 삼는다. 독일의 테크니션 교육, 싱가포르의 마이크로 인증과 단계별 역량 축적, 영국의 현장 시나리오 기반 훈련은 모두 재직자의 시간과 소득 제약을 고려해 설계되었다. 이러한 구조는 재교육 참여를 개인의 희생이 아닌, 현실적으로 선택 가능한 경로로 만든다는 점에서 중요한 의미를 갖는다.

또한, 학습-자격-직무-보상이 서로 단절되지 않도록 연결 구조도 명확히 설계하고 있다. 독일은 테크니션 자격이 임금 수준과 직무 권한, 현장 내 위상으로 자연스럽게 이어진다. 싱가포르에서는 디지털 역량을 인증할수록 직무 범위가 확장되고, 보상과 근무 환경 개선으로 연결될 가능성이 제도적으로 열려 있다. 영국 역시 자격이 곧 현장 실행력을 의미하도록 평가 방식을 조정하고 있다. 이러한 구조는 숙련의 축적이 개인 내부에만 머무르지 않고, 노동시장에서 분명한 신호로 작동하게 만든다.

마지막으로, 세 나라의 경험은 디지털 전환이 단순한 ‘기술 보급 사업’이 아니라, 사람의 이동 경로를 재설계하는 정책 과제임을 분명히 보여준다. 이들 국가는 장비와 공정을 먼저 바꾸기보다, 사람이 어떻게 성장하고 이동할 것인지를 선제적으로 설계해 왔다. 그 결과 중간 숙련 인력은 기술 실패와 안전 리스크를 완충하고, 현장의 불확실성을 흡수하는 핵심 축으로 기능하고 있다.

종합하면, 해외 사례가 주는 시사점은 명확하다. 중간 숙련 인력을 제도화하지 않은 채 추진되는 디지털 전환은 충분한 실행력을 갖기 어렵다는 점이다. 기술을 얼마나 빠르게 도입하느냐보다 중요한 것은, 그 기술을 현장에서 ‘쓸 수 있게 만드는 사람’이다. 즉, 사람을 어떻게 키우고, 어디로 이동시키며, 어떤 보상 신호를 제공할 것인가에 대한 정책적 답변이다. 이는 AI 건설 시대 한국 건설산업 인력 정책이 기술 중심 접근에서 벗어나, 사람 중심의 전환 전략으로 나아가야 할 필요성을 분명하게 시사한다.

기술은 있는데 실행이 없는 건설 현장, 인적자원 육성 경로의 재설계



종합해 보면, 핵심은 AI 시대에 걸맞은 건설산업 운영모델 자체를 전환할 수 있는 인력 시스템의 구조적 재설계에 있다. 그동안 건설산업 정책은 기술 도입과 장비 보급, 스마트 공정 확산에 상당한 자원을 투입해 왔다. 그러나 이러한 투자가 현장에서 기대한 만큼의 생산성 향상이나 안전 개선으로 이어졌다고 보기는 어렵다. 이는 기술 자체의 한계라기보다, 그 기술을 현장에서 구현하고 운용할 사람의 구조가 준비되지 않았기 때문이다. 지금까지의 정책은 '어떤 기술을 도입할 것인가'에 초점을 맞추어 왔다. 이제는 '그 기술을 누가, 어떤 역할로, 어떤 경로를 통해 다루게 할

것인가'까지 정책의 초점을 확대할 필요는 분명하다. 다시 말해, 기술의 문제가 아니라 사람의 이동 경로와 역할 배치의 문제를 정면으로 다뤄야 할 시점이다.

이를 달성하기 위해 다음 세 가지 정책 설계 원칙을 설정하고 그 방향을 살펴보자. 첫째, 기능-테크니션-기술로 이어지는 연속적인 경력 사다리를 만든다. 이는 기능직과 기술직 사이의 단절을 해소하고, 현장 숙련이 다음 단계의 전문성으로 전환될 수 있는 구조를 만드는 것을 의미한다. 둘째, 재직자 중심의 전환 교육이 가능하도록 시간·소득의 뒤틀림을 해소한다. 교육 참여가 곧 소득 손실로 이어지는 구조에서는 아무리 좋은 교육프로그램도 작동하기 어렵기 때문이다. 셋째, 기술 도입의 성과가 선언적 성과에 그치지 않고 현장 안전과 생산성으로 이어지도록 실행 책임 주체를 명확히 설정한다. 기술을 '쓰는 사람'의 역할과 책임이 제도적으로 명확히 정의되어야 하기 때문이다.

건설 현장에 이미 존재하는 역할에 이름과 위상 부여

건설산업에서 디지털 전환이 본격화되면서 현장에서는 이미 새로운 일이 빠르게 늘어나고 있다. 자율·자동화 장비를 다루고, BIM과 디지털 트윈을 확인하며, 센서와 데이터 기반으로 공정과 안전을 점검하는 역할이 대표적이다. 문제는 이러한 역할이 제도적으로는 여전히 '존재하지 않는 일'처럼 취급되고 있다는 점이다. 즉, 사람이 있고 일도 있는데,

그 일을 설명할 공식적인 직무가 없다.

이로 인해 현장은 구조적인 혼란을 겪는다. 같은 일을 하는데도 회사마다 직무명이 제각각이다. 교육기관 역시 ‘디지털이 필요하다’는 문제의식은 공유하지만, 어떤 역할을 목표로 무엇을 가르쳐야 하는지를 명확히 설정하기 어렵다. 보상 역시 마찬가지다. 직무가 제도적으로 보이지 않으니, 임금이나 직무 권한 부여에 대한 객관적 근거를 마련하기 힘들다. 결국 해당 역할을 맡은 인력은 ‘그냥 잘하는 사람’, ‘경험 많은 현장 직원’으로 남게 된다.

이러한 실행 공백을 메우기 위해 ‘건설 테크니션(Construction Technician)’ 직무의 공식 정의가 필요하다. 핵심은 새로운 일을 만들어내자는 것이 아니다. 이미 현장에서 수행되고 있는 역할을 제도 안으로 끌어들이자는 것이다. 건설 테크니션은 기능공과 기술인 사이에 위치한 중간 숙련 인력이다. 기능공의 현장 숙련 위에 디지털·장비 운용 역량을 결합해 설계와 실행을 연결하는 역할을 담당한다. 구체적으로 건설 테크니션은 다음과 같은 핵심 기능을 담당한다.

첫째, 스마트 장비·로봇·자동화 장비를 운용하고 기본적인 상태 점검과 정비를 수행한다. 이는 장비를 단순히 “작동시키는 사람”이 아니라, 장비가 안전하고 안정적으로 돌아가도록 관리하는 사람이라는 의미다.

둘째, BIM·디지털트윈 기반 공정을 확인하고, 모델과 실제 현장 간의 차이를 발견해 피드백을 제공한다. 이를 통해 설계-시공 간 괴리를 줄이고, 디지털 모델이 현장에서 실질적으로 활용되도록 만든다.

셋째, 센서·장비 데이터를 입력·해석하고, 이상 징후와 위험 신호를

조기에 인지한다. 데이터가 쌓여도 읽히지 않으면 의미가 없다는 점에서, 테크니션은 데이터를 현장 행동으로 전환하는 첫 관문이다.

넷째, 엔지니어와 기능공 사이에서 작업 지시와 공정 운영을 매개한다. 이는 지시를 전달하는 메신저가 아니다. 현장 여건을 반영해 지시를 실행 가능한 계획으로 번역하는 역할이다.

이처럼 직무를 공식 정의하면, “요즘 현장에서 누가 이런 일을 하는데 정확히 뭐라고 불러야 하죠?”라는 질문에 답을 주게 된다. 그리고 이 답은 곧 교육과 훈련, 자격 설계, 보상 체계로 이어지는 출발점이 된다. 해외 사례가 보여주듯, 디지털 전환의 실행력을 좌우하는 것은 기술 그 자체가 아니다. 기술과 현장을 잇는 이러한 중간 역할의 존재 여부다.

직무 ‘이름’만 붙이지 않고, 경력과 보상이 따라오게 설계해야 한다

건설 테크니션 직무를 공식화하는 것만으로는 충분하지 않다. 직무는 이름표에 불과하고, 현장을 실제로 움직이게 만드는 것은 그 이름에 붙는 교육·자격·보상 구조다. 따라서 ‘건설 테크니션’은 NCS와 자격 체계 개편과 함께 추진되어야 한다.

우선, 건설 테크니션을 NCS 내 독립 직무군으로 신설할 필요가 있다. 기존 직무의 하위 업무로 흡수할 경우, 해당 역할은 다시 주변부로 밀려난다. 독립 직무로 정의해야만 필요한 역량 요소가 정리되고, 이를 바

탕으로 교육·훈련·평가 체계가 구조화된다. 예를 들어 ‘(대분류) 건설 → (중분류) 스마트·디지털 건설 운영(신설) → (소분류) 건설 테크니션 (Construction Technician)(신설)’으로 설정하는 것이다. 이는 디지털·자동화 환경에서 요구되는 현장 실행 역량을 공식적으로 인정하는 첫 단계다.

이 외에도 건설 테크니션은 기능직 상위 단계이자 기술직 하위 단계와 연계되는 전환형 직무로 설계되어야 한다. 이는 기능-기술 이분법을 완화하고, 현장 숙련이 디지털 역량을 통해 다음 단계의 전문성으로 확장될 수 있는 경력 사다리를 의미한다. 다시 말해, ‘기능공으로 시작해도 디지털 역량을 축적하면 다른 길이 열린다’는 신호를 제도적으로 주는 것이다.

테크니션 수준(Level) 체계 설정 예시

구분	역할 수준	NCS 수준(예시)
테크니션 Lv.1	장비·데이터 보조 운용	NCS Level 3
테크니션 Lv.2	공정·안전 실행 담당	NCS Level 4
테크니션 Lv.3	현장 운영 조정·판단	NCS Level 5

자격과 인증 역시 이 구조에 맞게 설계되어야 한다. 테크니션 자격은 단순 이론 시험이 아니라, 현장 적용 가능성을 중심으로 평가되어야 한다. 장비 운용, 데이터 해석, 공정 조정, 안전 판단과 같은 실제 수행 능력이 핵심 기준이 된다. 그리고 이 자격은 임금·배치·직무 권한과 명확히 연동되어야 한다. 예컨대 공공공사에서 테크니션 자격 보유자에게

배치 가점이나 적정임금 가산을 부여할 수 있겠다. 일정 규모 이상의 스마트 현장에는 테크니션 배치를 권고 또는 단계적으로 의무화하는 방식이 가능하다.

이 지점에서 해외 사례는 중요한 시사점을 준다. 독일은 고등직업교육(Higher VET) 체계에서 테크니션(Techniker)을 독립적인 전문 경로로 인정하고 있다. 이 자격은 실제로 직무 권한, 임금 수준, 경력 상승으로 이어진다. 즉, 자격이 종이 증서에 그치지 않고 노동시장에서 실질적인 신호로 작동한다. 이를 국내에 적용할 때도 핵심은 같다. 직무 신설과 보상 신호를 분리하지 말아야 한다. 현장은 매우 현실적이다. ‘배우면 좋다’는 말보다 ‘배우면 역할이 바뀌고, 대우가 달라진다’는 경험 있어야 참여가 늘어난다. NCS 개편, 자격 신설, 임금·배치 정책을 하나의 패키지로 설계해야 하는 이유가 여기에 있다.

결국 NCS·자격 체계 개편은 단순한 행정 정비가 아니다. 이는 사람의 이동 경로를 다시 설계하는 정책 도구다. 기능공-테크니션-기술인으로 이어지는 연속적인 경력 사다리가 제도적으로 작동해야 한다. 디지털 전환이 현장의 일상으로 자리 잡기 위해서이다.

마이크로 인증 기반 단계별 역량 사다리 구축 필요

건설 현장은 ‘누가 어떤 일을 할 수 있는가’를 기술 단위로 명확하게 보여주는 체계가 필수적이 되어 가고 있다. 그러나 기존의 전통적인 자

격 제도는 ‘한 번 취득하면 끝’이라는 구조를 전제로 한다. 빠르게 변화하는 기술 환경에서 이러한 단일 자격 중심 접근만으로는 역량을 관리하기 어렵다. 현장에서 필요한 역할도 지속적으로 세분화되고 있기 때문이다. 학습을 모듈화하고 이동성을 보장하는 역량 체계의 필요성이 강조되고 있는 이유이다.

이런 배경에서 ‘마이크로 인증(Micro-credential)’ 기반의 단계별 역량 사다리 구축이 되어야 한다. 핵심은 재직자가 ‘학위 중심’이 아니라 현재의 ‘직무 역량’을 기준으로 단계적 이동 신호 체계를 만드는 것이다. 이는 건설 현장과 같이 일터가 곧 학습 공간인 맥락에서 특히 유용하다. 마이크로 인증은 작은 단위의 능력·역량을 따로 평가·인증하는 체계다. 최근 유럽연합(EU)은 평생학습과 고용가능성 제고를 위한 마이크로 인증 시스템을 권고하고 있다. 이를 통해 기술 변화에 빠르게 대응할 수 있는 인력 확보를 목표로 하는 것이다.[159] 또한 뉴질랜드 등 여러 국가에서도 건설 분야를 포함한 직업훈련 체계에 마이크로 인증을 도입해 작은 단위 역량을 빠르게 검증·공식화하려는 움직임이 진행 중이다.[160]

마이크로 인증의 장점은 다음과 같다.

- 현장 중심의 능력을 바로 검증할 수 있다.
- 장기간 학위 과정을 기다릴 필요 없이 단기간에 역량을 쌓고 쌓아가며 인증할 수 있다.
- 현장 업무에 즉시 활용 가능한 실전형 역량 평가가 가능하다.
- 여러 마이크로 인증을 누적하면 더 상위 자격으로 연결될 수 있다.

즉, 마이크로 인증은 단순히 교육을 이수했다는 증명이 아니라, 현장에서 곧바로 쓸 수 있는 능력을 공식적으로 보여주는 신호다. 마이크로 인증의 평가 체계는 실전형 요소를 반드시 포함해야 한다. 이에 따라 기능 인력의 역량 체계 역시 기존의 장비 활용 중심 구조에서 벗어나 AI와 데이터, 로봇 기술이 결합된 작업 환경을 반영하도록 재설계될 필요가 있다.

본 서에서는 AI 협업 중심 역량으로의 전환, 학위·자격 중심 구조에서 역량 단위 인증 체계로의 전환, 기능인력 중심 구조에서 현장 테크닉 중심 구조로의 전환이라는 방향에 맞춰 단계별 역량 체계를 제시하고자 한다. 물론 이는 예시일 뿐이며, 실제 추진 과정에서 세밀한 검토가 뒤따라야 한다.

AI시대 건설인력 역량 단계(예시)

구분	Level 1 디지털 활용 작업자	Level 2 AI 지원 작업 수행자	Level 3 AI·로봇 협업 테크니션	Level 4 AI 현장 운영 테크니션
핵심 역할	스마트 장비와 디지털 도구를 활용해 작업 수행	AI 분석 결과를 활용하여 작업 수행	로봇·자동화 장비와 협업하며 공정 수행	AI·로봇·데이터 기반 현장 운영 지원
주요 업무	- 스마트 장비 사용 - 모바일 작업 지시 확인 - 디지털 작업 기록	- BIM 기반 작업 정보 활용 - AI 안전·공정 분석 결과 활용 - 작업 데이터 입력 및 관리	- 건설 로봇·자동화 장비 운영 - 디지털 공정관리 지원 - 데이터 기반 품질·안전 관리	- 디지털 트윈 기반 현장 운영 지원 - AI 분석 결과 해석 및 대응 - 현장 데이터 통합 관리
AI 활용 수준	AI 시스템 경보·지시 이해	AI 분석 결과 참고하여 작업 수행	AI 기반 공정·품질 관리 활용	AI 기반 의사결정 지원
로봇 협업 수준	없음 또는 제한적	로봇 작업 보조	로봇·자동화 장비 협업 작업	로봇·자동화 장비 운영 관리
데이터 활용 수준	작업 데이터 입력	작업 데이터 관리	현장 데이터 분석 활용	현장 데이터 통합 관리
마이크로 인증 예시	- 스마트 장비 기초 운용 - 디지털 안전관리	- BIM 협업 기초 - 현장 데이터 관리	- 건설 로봇 운용 - 디지털 공정관리	- AI 기반 현장 운영 - 디지털 트윈 활용

배우고 싶어도 못 배우는 현실의 개선

건설 현장에서 일하는 기능인력에게 디지털·AI·로봇 기술 역량을 확장하는 재교육은 이제 선택이 아니라 필수다. 그러나 현실은 전술하였듯이 열심히 배우고 싶어도 배움 자체가 생계의 손실로 이어지는 구조적 제약이 있다. 이러한 현실을 해소하려면 단순히 교육 기회를 늘리는 것만으로는 충분치 않다. 전환기 재교육을 위한 ‘소득 보전형 훈련’ 제도의 도입이 필요하다. 이 제도는 교육 참여로 인한 소득 손실과 시간 비용을 사회가 일부 보전하는 방식이다.

이를 위한 핵심 조치는 훈련에 참여한 시간에 비례한 ‘훈련 수당’을 지급하는 것이다. 재직 기능인력이 디지털·AI·로봇 관련 훈련에 참여할 때, 그 참여 시간을 기준으로 일정 비율의 수당을 지급하는 것은 교육 참여가 즉각적인 소득 손실로 이어지지 않도록 하는 최소 조건이기 때문이다. 예를 들어 일반적인 일당보다 낮더라도 “훈련 수당”이 일정 수준 보장되면 참여 유인이 크게 높아진다. 해외에서도 유사한 방식이 성과를 보이고 있다. 유럽 일부 국가는 직업훈련 중 소득 보전형 수당을 도입해 재직자의 능력 개발 참여율을 높였다. 그 결과 기술 역량 향상과 이직률 감소라는 두 가지 효과를 동시에 얻었다. OECD 역시 ‘전환기 훈련 동안 소득 감소를 보전해 주는 정책은 평생학습 참여를 촉진한다’고 지적한다.^[161]

이와 연계하여 훈련 수당 지급을 통해 사업장의 부담을 줄여주도록 제도가 설계되어야 한다. 훈련에 참여하기 위해서는 단지 개인의 시간뿐

아니라 현장에서 빠져있는 동안의 대체 인력 비용도 문제다. 이에 중소 건설사를 대상으로 ‘대체 인력 투입 비용의 일부 지원’이 필요하다. 이 지원은 재직자 교육이 곧 ‘현장 운영의 위기’로 인식되는 문제를 완화할 수 있기 때문이다. 일례로 독일은 기업이 재직자 교육에 참여할 때 대체 인력 비용을 국가·지역이 보조해 주는 구조를 갖추고 있다. 이를 통해 기업도 교육을 ‘부담’이 아니라 ‘투자’로 받아들여지게 되고, 교육 참여가 자연스럽게 확산되는 경로를 만든 점은 우리에게 시사하는 바가 크다.

소득 보전형 훈련 제도가 도입·정착되면 다음과 같은 효과가 기대된다. 첫째, 재직자 교육 참여 확대이다. 교육 참여로 인한 소득·시간 비용이 보전되면, 기능인력은 ‘교육을 받고 싶은데 못 받는’ 현실에서 벗어나 적극적으로 학습 기회를 찾게 된다.

둘째, 기술 역량의 산업 전체 확산이다. 재교육 참여가 늘면, AI·로봇·디지털 공정 역량이 대형사뿐 아니라 중소·소규모 현장까지 자연스럽게 확산된다. 이는 산업 전체의 경쟁력 향상으로 이어진다.

셋째, 안전 수준의 구조적 강화이다. 재훈련을 통해 위험 인지·대응 역량이 높아지면, 장비와 기술의 도입 효과가 ‘안전’과 ‘생산성’으로 연결된다.

마지막으로 사회적 비용 분담 모델 확립이다. 재교육 비용의 일부를 사회가 분담하는 구조는 단순한 지원을 넘어, 평생학습 체계로서의 건설 인력 정책 기반을 마련하여야 한다. 종래에는 소득 보전형 훈련은 ‘배우고 싶어도 못 배우는’ 현장의 구조적 한계를 해결하고, 기술 전환의 실행력을 확장하는 핵심 장치로 기능할 수 있을 것이다.

현장에서 사고로 배우지 않는 훈련 체계가 필요하다

건설 현장의 복잡한 위험 상황과 동선 충돌, 자동화를 포함한 장비 운용 등은 직접 경험하지 않으면 익히기 어렵다. 그러나 이는 사고를 유발할 수 있다. 사고 발생 전 미리 검증하고, 시뮬레이션하고, 실제 상황처럼 연습할 수 있는 인프라가 중요하다. 이 같은 접근은 건설 현장의 안전성과 기술 습득을 동시에 높여준다. 현실과 가상을 연결하는 ‘스마트 건설 실증·훈련 센터’가 필요한 이유이다. 권역별로 구축되는 스마트건설 실증·훈련 센터는 단순한 교육장이 아니다. 이곳은 현장과 같은 가상·실증 환경을 결합한 훈련 공간으로 설계해야 한다. 구체적으로 다음과 같은 기능이 포함되어야 한다.

첫째, 디지털트윈 기반 프로젝트 시뮬레이션이다. 시공 전 단계에서 발생할 수 있는 위험 요소의 점검을 통해 위험 상황을 사전에 식별·해소하는 역량을 강화할 수 있다.

둘째, VR(가상현실)·XR(확장현실) 기반 위험 시나리오 훈련이다. 이러한 기술을 활용하면 높은 위험성을 동반하는 작업 상황을 실제와 유사하게 재현할 수 있다. 예를 들어, 고소작업, 장비 충돌 위험, 센서 오작동 등 다양한 위험 요소를 경험하도록 설계한다. 실제 현장과 유사한 경험을 제공하면서도 안전한 환경에서 여러 번 반복할 수 있는 장점이 있다. 영국 건설훈련위원회는 이러한 가상·몰입형 훈련이 전통적 현장 훈련 대비 효과적이라고 밝히고 있다.

영국 건설훈련위원회는 VR 기반 몰입형 훈련이 건설산업 교육의 한 축으로 자리 잡을 수 있음을 강조했다. 특히 VR을 통한 안전교육은 현장에서 직접 위험을 겪지 않으면서도 반복적인 경험을 쌓아 숙련도를 높이는 장점이 있다고 분석하였다. 또한 영국의 대규모 인프라 프로젝트에서 해당 몰입형 학습 사례를 현장 훈련과 연결한 결과, 현장 적용 역량 강화 및 실수 감소 효과가 나타났다고 보고하였다.

마지막으로 로봇·자율 장비 사전 실증 테스트 베드 구축이다. 실제 로봇·자율 장비를 현장에 투입하기 전 센서 응답, 인식 오류, 비상정지 상황 등을 여러 조건에서 시험해 본다. 기술적 리스크를 현장 적용 전에 제거하고, 운영 프로세스를 다듬을 수 있다.

궁극적으로 이러한 요소들이 결합된 센터는 교육과 현장의 간극을 해소하는 연결고리 역할을 한다. 단순한 ‘학습 공간’이 아니라 리스크 검증·훈련·피드백이 순환되는 시스템이다.

그렇다면 왜 이런 인프라가 필요할까?

안전 리스크 감소 측면에서 VR/XR 기반 현실 시뮬레이션은 작업자가 위험한 상황을 실제로 겪지 않고도 대응 경험을 축적할 수 있도록 한다. 고위험 작업을 가상 환경에서 반복적으로 연습할 수 있기 때문에 실제 사고 가능성을 줄이는 데 기여할 수 있다.

또한 훈련 비용과 시간 측면에서도 효율성이 높다. 전통적인 현장 기반 훈련은 장비 운반, 작업 공간 확보, 안전관리 인력 배치 등 다양한 비용이 수반된다. 반면 몰입형 디지털 훈련은 동일한 작업 상황을 가상 환경에서 반복적으로 구현할 수 있어 비교적 낮은 비용과 위험으로 교육

을 제공할 수 있다.

아울러 AI·로봇·디지털 기술의 빠른 발전 속도를 고려할 때 재직자를 대상으로 한 지속적인 재교육의 중요성도 커지고 있다. 그러나 새로운 기술을 실제 현장에서 반복적으로 실습하는 것은 물리적·비용적 제약이 크다. 이러한 배경에서 실증·훈련 센터는 재직자들이 최신 기술을 안전한 환경에서 익히고, 현장 적용 가능성을 시험해 볼 수 있는 학습 공간으로 기능할 수 있다.

종합해 보면, 이러한 실증·훈련 인프라는 결국 사고 없이 배우는 구조를 만든다. 기존의 현장에 의존한 방식은 실제 위험 상황을 반복 학습하기 어렵다. 반복된 훈련 자체가 위험을 동반하는 한계가 있다. 반면 디지털·가상 환경 기반의 훈련은 안전성을 확보함과 동시에 학습 효과를 높이는 실전 중심의 학습 모델을 제공할 수 있을 것이다.

학습과 역량이 보상·배치로 이어지는 구조를 만들어야 한다

AI 시대 건설 인력 정책에서 가장 중요한 원칙 중 하나는 ‘학습을 했으면 그에 상응하는 보상과 기회가 주어져야 한다’는 점이다. 아무리 잘 훈련받았더라도 보상·배치·평가 체계에 반영되지 않으면 개인 입장에서는 ‘투자할 이유’가 약해진다.

이러한 구조적 한계를 해소하기 위해서는 학습-역량-보상-배치-평가가 서로 연결되는 운영 체계가 필요하다. 단순히 자격증을 따는 것

에서 그치지 않고, 현장 정책·인센티브가 제도적으로 연결될 때 비로소 디지털 전환 인력정책이 지속 가능해진다.

먼저, 테크니션 자격 및 마이크로 인증을 보유한 인력이 ‘증명서가 있다’는 수준에 머물지 않고 실제 보상과 직무 권한으로 이어지는 보상 신호가 필요하다. 이와 더불어 스마트 장비·자동화 기술 투입 현장에 인증 인력 배치를 의무화하여야 한다. 현장에 단순히 장비만 설치하고 매뉴얼을 남겨두는 것으로는 충분하지 않다. 인증받은 양질의 인재가 현장에 배치되어야 기술이 제대로 작동한다. 또한, 위험 발생 시 올바른 의사결정과 대응이 가능하다. 이를 위해 발주 공고 단계에서 공통 자격·역량 표준 활용이 되어야 한다. 즉, 스마트 건설 관련 자격·역량을 명확히 명시하도록 가이드라인 제공 방안 모색이 필요하다. 이는 사전에 적정 배치 조건을 알리는 효과뿐 아니라 현장 선발의 기준이 명확해지는 장점이 있다.

이 외에도 역량 축적이 학습 후 바로 평가로 이어지고, 평가 결과가 배치와 보상에도 반영되어야 한다. 여기서 중요한 것은 평가가 단순 필기 중심 자격시험에서 벗어나야 한다는 점이다. 실제 현장 시뮬레이션 평가, 작업 성과 기반 평가, 위험 인식 대응 평가 등을 포함해 평가 체계를 설계하여야 할 것이다.

마지막으로 기술 변화가 빠른 AI·로봇 시대에는 정기적으로 역량을 갱신하는 평가가 필요하다. 정기적인 성과·훈련 결과를 누적 평가로 반영해 현장 배치·보상과 연결한다. OECD 보고서에도 경력·역량과 직무의 연결 정책을 통해 학습의 질과 노동시장 연계성을 높여야 한다는 방향을 제시하고 있다는 점에서 우리에게 주는 시사점이 크다.^[162]

AI 시대 건설 인력 정책 : 지금 당장 가능한 것부터, 구조 전환까지



AI 시대 건설 인력 정책의 핵심 과제는 새로운 교육프로그램을 추가하는 데 있지 않다. 기술 환경 변화에 대응하기 위해 사람의 역할과 이동 경로를 재설계하는 인력 정책이 필요하다. 즉, 기술을 현장에 도입하는 것만으로는 충분하지 않으며, 실제로 운용하고 관리할 수 있는 인력 구조와 제도가 함께 설계되어야 한다. 이를 위해서는 장기적인 제도 개편을 기다리기보다 지금 당장 가능한 변화부터 시작해 단계적으로 제도를 정착시키는 접근이 필요하다.

단기 : 현장에 바로 적용 가능한 변화를 우선 하자

단기 단계의 목표는 새로운 제도를 만드는 것이 아니라 기존 제도를 활용해 즉시 작동 가능한 인력 전환 통로를 만드는 것이다.

현재 추진되고 있는 스마트건설 인력 정책은 주로 디지털 기술 활용 인력을 양성하는 교육 정책의 성격이 강하다. BIM, 드론, 데이터 분석 등 새로운 기술을 활용할 수 있는 인력을 교육을 통해 확대하는 것이 주요 목표이다. 즉, 기본적으로 기술 확산을 위한 교육 정책이다. 정책 대상 역시 일부 디지털 기술 인력에 집중되는 경향이 있다. 이러한 접근은 기술 확산 초기 단계에서는 의미가 있지만, 산업 구조 변화에 대응하기에는 한계가 있다.

또한, 기존 건설 현장의 인력 구조 자체의 변화를 고려치 않고 있다. 기능 인력과 기술 인력을 중심으로 형성된 기존 인력 체계를 유지한 채, 일부 디지털 기술 인력을 추가하는 방식이기 때문이다. 교육 방식 역시 단기 기술 교육 중심으로 운영되는 경우가 많으며, 교육 이수 여부가 정책 성과의 주요 기준으로 활용된다.

따라서 단기 단계에서는 기술 교육 확대보다 현장 직무 변화에 대응할 수 있는 새로운 역할을 실험하고 검증하는 것이 중요하다. 특히 디지털 장비 운용, 데이터 기반 현장 관리와 같은 업무를 수행하는 중간 숙련 인력의 역할을 시범적으로 정의할 필요가 있다.

이 단계에서는 제도 개편보다 파일럿 프로젝트와 시범 직무 운영을 통해 현장에서 실제로 작동하는 인력 모델을 축적하는 것이 핵심 과제가 된다.

중기 : 인력 구조를 제도적으로 정착시키는 단계

중기 단계에서는 단기 단계에서 축적된 경험을 바탕으로 건설산업 인력 체계의 구조적 변화를 제도화하는 단계가 필요하다. AI 기술이 산업 전반에 확산되는 환경에서는 기술 변화가 단순한 도구의 도입이 아니라 건설 현장의 직무 구조와 인력 구성 자체를 변화시키는 과정이기 때문이다.

AI 시대 건설 인력 정책의 핵심은 디지털 기술 인력을 추가로 양성하는 것이 아니라 건설산업 전체 인력 구조를 재설계하는 것이다. 이 과정에서 특히 중요한 것은 기능 인력과 엔지니어 사이에 존재하는 중간 숙련 인력의 역할을 제도적으로 인정하는 것이다.

이를 위해 기존의 기능 인력 중심 구조에서 벗어나 ‘기능-테크니션-엔지니어’로 이어지는 단계적 인력 구조를 구축할 필요가 있다. 테크니션은 디지털 장비 운용, 데이터 기반 현장 관리, BIM 모델 해석 등 기술과 현장 작업을 연결하는 역할을 수행하는 중간 숙련 인력이다.

교육 방식 역시 변화가 필요하다. 기존에는 단기 기술 교육 중심으로 프로그램이 운영되었다면, 중기 단계에서는 직무 기반 모듈형 교육 체계를 구축할 필요가 있다. 특정 기술을 단순히 이해하는 수준을 넘어 실제 현장에서 활용할 수 있는 실행 역량을 중심으로 교육이 설계되어야 한다.

이 단계에서는 마이크로 인증과 직무 기반 자격 체계를 결합하여 교육-자격-직무 간 연결 구조를 형성하는 것이 중요한 정책 과제가 된다.

장기 : 산업 인력 구조의 전환

장기 단계에서는 건설 인력 정책을 단순한 교육 정책이 아니라 건설 산업 운영 인프라로 정착시키는 것이 목표가 된다.

AI 시대 건설 인력 정책은 기술 변화에 대응하기 위한 산업 인력 체계 정책이다. 정책 대상 역시 특정 기술 인력에 한정되지 않고 기능 인력, 중간 숙련 인력, 기술 인력 등 건설산업 전체 인력 구조를 포함한다.

이 단계에서는 학위 중심 인력 이동 구조에서 벗어나 경력과 역량 기반 인력 이동 체계를 구축할 필요가 있다. 기능 인력에서 테크니션으로, 테크니션에서 기술 인력으로 이동할 수 있는 경력 경로를 제도적으로 명확히 하는 것이 중요하다.

또한 자격 체계 역시 변화가 필요하다. 기존 기술 자격 중심 구조에서는 한 번 취득한 자격이 장기간 유지되는 경우가 많았지만, 기술 변화 속도가 빠른 환경에서는 역량 기반 인증 체계가 보다 중요해진다. 직무 기반 인증과 마이크로 인증을 활용한 자격 체계는 이러한 변화에 대응하는 새로운 대안이 될 수 있다.

노동시장 연계 방식도 달라져야 한다. 기존에는 교육 이수 자체가 정책 목표가 되는 경우가 많았지만, 장기적으로는 교육-자격-직무-보상 간 연결 구조를 형성하는 것이 중요하다. 교육을 통해 습득한 역량이 실제 현장에서 역할 확대와 보상으로 이어질 수 있어야 정책이 지속적으로 작동할 수 있기 때문이다.

또한 정책 추진 방식 역시 변화가 필요하다. 스마트건설 인력 정책이 교육기관 중심으로 추진되는 경우가 많았다면, 장기적으로는 산업·정부·교육기관이 함께 참여하는 협력 구조를 기반으로 정책이 운영되어야 한다.

AI 시대 건설 현장의 성공은 결국 사람이다

지금까지 AI·로봇·디지털 트윈 등 관련 기술의 확산이 건설산업의 생산 방식과 위험 관리 구조를 근본적으로 바꾸고 있음에도 불구하고, 우리 건설 인력 정책·제도는 여전히 과거의 직무·자격·교육 체계에 머물러 있다는 점을 확인하였다. 기술은 이미 현장에 들어왔거나 곧 적용이 확산될 예정이나, 이를 해석하고 선택하며 책임질 수 있는 인력의 역할과 경력 경로는 제도적으로 설계되어 있지 않다. 그 결과 현장에서는 다음과 같은 구조적 문제가 반복되고 있다.

- 신기술을 다루는 사람이 있으나, 공식 직무·자격이 없어 경력 축적 부재
- AI 분석 결과가 있음에도, 누가 선택하고 책임지는지 불명확
- 기능인력은 숙련을 쌓아도 상향 이동 경로가 보이지 않음
- 교육은 늘었으나, 채용·배치·활용으로 이어지는 파이프라인이 단절
- 기술 도입은 빠르나, 사람의 역량 관리는 ‘블랙박스’로 방치

현재의 문제는 기술 부족 또는 구현의 한계에 국한하는 것이 아니라 ‘사람을 어떻게 이동시키는가’에 대한 국가적 설계 부재에서 비롯되고

있다. AI 시대 건설업에서 사람의 역할은 더 이상 현장 및 설계 관리나 단순 기능적 역량에 국한하지 않는다. BIM·디지털 트윈·AI 분석은 수많은 대안을 자동으로 만들어낸다. 이제 경쟁력은 어떤 대안을 선택했고, 왜 그 선택을 했는지 설명하고 책임질 수 있는가에 달려 있다. 따라서 인력 정책의 초점은 다음과 같이 전환되어야 한다.

이러한 전환이 이루어지지 않는 한, 건설 현장에서 AI는 ‘툴(Tool)의 전시’에 머물 뿐 산업의 생산성과 안전을 구조적으로 개선하지 못한다. 지금 필요한 것은 더 많은 파일럿이 아니라, 사람이 움직일 수 있는 길을 제도 안에 그리는 일이다.

그 길이 만들어질 때, 건설산업의 AX·DX·RX는 선언에 그치는 것이 아니라 현장에서 작동하는 산업 표준이 될 것이다.

구분	현재 스마트건설 인력 양성 정책	향후 AI 시대 건설인력 정책
정책 인식	스마트건설 기술 확산을 위한 교육 정책	산업 구조 변화에 대응하는 인력 체계 정책
정책 목표	BIM·드론 등 스마트 기술 활용 인력 양성	AI·자동화 환경에 맞는 건설 인력 구조 재설계
정책 대상	일부 디지털 기술 인력	건설산업 전체 인력 구조
핵심 접근	기술 교육 확대	직무·인력 구조 재설계
정책 범위	교육·훈련 중심	직무·교육·자격·노동시장 포함
직무 체계	기존 직무 유지	디지털 직무 신설 및 재편
인력 구조	기존 기능·기술자 구조 유지	기능-테크니션-엔지니어 구조 재편
교육 방식	단기 기술 교육 중심	직무 기반 모듈형 교육
자격 체계	기존 기술자격 중심	직무 기반 인증체계
노동시장 연계	교육 수료 중심	교육-자격-직무-보상 연계
정책 추진 주체	교육기관 중심	산업-정부·교육기관 협력 구조
정책 성격	기술 보급 정책	산업 인력 정책



기업 대응 전략①

건설기업의 경영혁신, AI가 이끈다

AI 시대, 건설기업의 경영환경 확 바뀐다

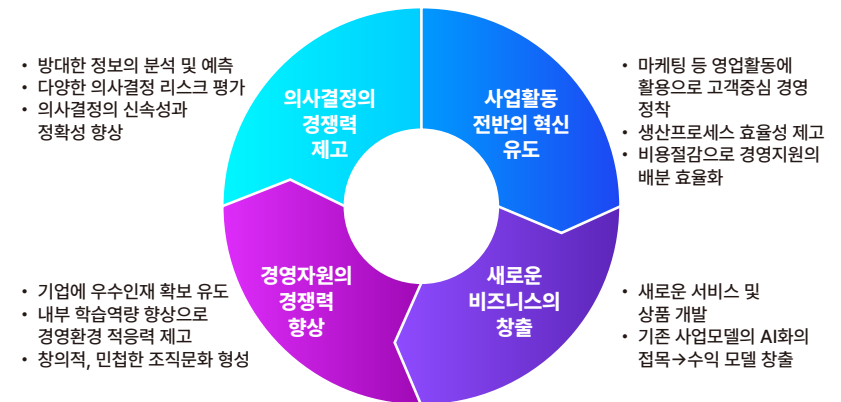


AI가 산업의 새로운 패러다임으로 부상함에 따라서 건설기업들도 AI 확산의 흐름의 영향을 많이 받게 될 것으로 보인다. 최근 건설기업은 내 외부적인 환경 변화에 따라 새로운 경영환경에 부합하는 혁신적인 변화를 요구하고 있다. AI는 건설기업의 생산, 영업, 기술 및 재무, 인력 등 경영 전반의 혁신적인 변화를 도모하기 위한 필수적인 선택이 되고 있다.

AI가 이끄는 기업 경영의 변화

현 시점 AI를 되짚어 보면, AI는 인간의 학습 능력, 추론 능력, 지각 능력을 인공적으로 구현하는 컴퓨터 기술이었으나, 지속 발전함에 따라 의사결정, 업무 혁신 그리고 고객관리에 이르기까지 활용 영역이 늘어났다. 특히, 2022년 이후 본격적으로 생성형 AI가 개발되면서 기업들도 AI를 활용한 창의적이고 혁신적인 아이디어 창출을 통한 업무 혁신에 관한 관심이 크게 고조되었고 이러한 AI 기술 활용은 기업의 생존과 성장에 있어 직접적인 영향을 미치는 요소로 성장해 왔다. 결론적으로 AI 기술은 다음 4가지 사유로 기업 경영에 있어 경영 전반의 근본적인 변화를 가져올 것으로 전망된다.^[163]

AI가 기업 경영에 미치는 영향



첫째, 경영 의사결정의 질 향상을 도모할 수 있는 여건을 마련해 준다. 기존 경험과 직감, 제한된 정보 내에서 이루어지던 의사결정이 AI의 활용

으로 인하여 방대한 정보의 분석 및 예측, 다양한 경영 의사결정 리스크에 대한 예측 가능한 평가가 가능해질 것으로 예측된다. 또한, 전체적으로 의사결정의 속도가 빨라지고, 정확도도 크게 향상될 것으로 전망된다. 실시간 데이터 분석과 예측을 통해 빠르고 정확한 의사결정을 돕는 경영·의사결정 플랫폼을 구축하는 AI 기반의 경영 의사결정지원시스템의 구축하는 기업들이 늘어날 것으로 예측된다. 또한, AI 기반 예측 분석, 의사결정 자동화, 고객 행동 분석을 통해 데이터 기반 의사결정과 전략 수립을 강화할 수 있고, AI는 반복적·규칙 기반 의사결정을 자동화해 경영진이 전략적 문제에 집중하도록 돕는 역할로 확대되어질 것으로 전망된다. AI가 경영 의사결정의 질 제고에 있어 AI 의사결정지원시스템의 신뢰성, 책임성 그리고 적용 범위 즉, 역할에 대한 다양한 논의들이 진행됨에 따라 의사결정의 질은 더욱 향상될 수 있을 것으로 전망된다. 이러한 AI 기반의 의사결정지원시스템은 대량의 데이터를 빠르게 분석해 패턴을 찾아내고, 예측 모델로 미래 상황을 가늠해 의사결정의 속도와 정확성을 높일 수 있고, 인간의 감정·편향을 줄여 객관성을 높이고, 의료·비즈니스 등에서 운영 효율과 비용 절감에 기여하는 장점이 있다.

둘째, 기업의 영업, 생산 등 사업 활동 전반의 혁신을 유도할 수 있다. 영업 활동에 있어선 기업의 핵심 고객들에 대한 다양한 행동 패턴, 선호 성향 등에 대한 분석이 가능해짐에 따라서 고객 중심의 경영이 가능할 것으로 예측된다. 생산 프로세스상의 비효율적인 요소와 불필요한 요소들을 제거할 수 있도록 돕고, AI 기술을 통하여 단순, 반복 작업을 대체함에 따른 비용 절감은 물론, 인력 등 경영자원의 효율성을 높일 수 있는 분야

에 집중토록 할 수 있다. 생산 과정에서는 센서와 AI 분석을 통하여 고장이나 오류를 미리 예측해 불필요한 작업의 중단 시간을 최소화하고, 영상 인식 AI 기술을 활용하여 불량품 및 부적합 재료를 자동 검출해 넘으로써 인건비를 절감하고, 재작업 비용을 최소화할 수 있다. 또한, 공급망 관리에 있어서도 AI를 통한 수요패턴 학습 기술을 활용하여 과잉 재고 및 납기 지연을 줄일 수 있고, AI가 제공하는 다양한 데이터의 분석을 통하여 최적의 공급망 경로의 최적화를 도모할 수 있다.

셋째, AI는 새로운 비즈니스 창출을 가능하게 할 것이다. AI는 기존 기업이 제공하는 서비스와 상품에서 더 나아가 다양한 AI 기술이 수반되는 다양한 신규 서비스의 창출이 가능할 것으로 예측된다. 기존 사업 모델에 있어 AI 기술을 접목한 서비스와 연계하여 새로운 수익 모델을 창출할 수 있다. 기업 내부 및 외부의 데이터를 AI를 통하여 분석하여 맞춤형 상품 및 서비스의 개발 등 새로운 수익 모델을 창출할 수 있다. 또한, AI 기술을 활용한 자동화된 공정시스템을 통하여 새로운 서비스의 개발할 수 있고, 플랫폼 기반으로 다양한 주체들이 참여하는 비즈니스 모델을 구축할 수 있다. AI 기반의 설계 최적화, 디지털 트윈 시공관리 플랫폼, AI 기반 제품 개발, 도시데이터 기반의 스마트 시티 등 새로운 비즈니스 창출의 범위는 지속 확대되고 있다.

넷째, AI는 기업 내부의 인력, 재무 등 경영자원의 경쟁력을 향상하도록 돕는다. AI는 기업 경영의 모든 측면에서 우수 인재를 확보하도록 도와주고, AI의 효과적 활용은 기업 내부의 학습 역량을 끌어올리고, 변화하는 경영환경에의 적응력을 높여주게 된다.

또한, AI를 통한 데이터 중심적인 조직문화의 형성은 조직 내부에 창의적이고, 민첩한 경영 활동을 지원한다. 기존 사람 중심의 직관적인 우수 인재의 선발에서 데이터 기반의 과학적 선발이 가능하고, 당기 총원 중심의 인재 관리에서 장기적인 인재 Pool의 구성 및 유지관리에 있어 AI 기술은 기여할 수 있다. 또한, AI를 기반한 개인 맞춤형 학습 경로의 제공을 통하여 학습 역량을 향상시켜 경영환경 변화에의 대응력을 제고한다. 또한, 재무관리에 있어 단순히 회계관리 업무의 자동화나 간소화를 넘어서 데이터 분석과 예측 모델의 활용 그리고 의사결정 지원 체제를 통해 재무 리스크를 최소화하고, 기업 가치를 극대화할 수 있다.

AI로 인한 건설 경영환경 변화

최근 건설기업은 내외부적인 환경 변화에 따라 새로운 경영환경에 부합하는 혁신적인 변화를 요구하고 있다. AI는 건설기업의 생산, 영업, 기술 및 재무, 인력 등 경영 전반의 혁신적인 변화를 도모하기 위한 필수적인 선택이 되고 있다. 이를 보다 구체적으로 훑아보자.

□ AI를 통한 건설 생산 전반의 환경 변화

AI는 건설 생산 전반의 혁신을 도모하는 데 크게 기여할 수 있을 것으로 보인다. 건설사업의 생산성 저하의 가장 큰 원인은 건설 생산에 참여하는 인력의 고령화와 이로 인한 역량 저하라는 점에서 건설 생산 과

정에서 AI와 로봇틱스 기술의 융합으로 인한 자동화의 확산은 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 공정 및 품질관리상, 데이터에 기반 AI 기술과 머신러닝 기술에 활용하여 공정률의 예측, 공정의 최적화, 재고관리에 활용하여 생산성, 품질 및 효율성 향상을 기대할 수 있을 것으로 예측된다.

아울러, 딥러닝, 디지털 트윈, 빅데이터 분석 등 다양한 기술과의 접목을 통하여 시험 및 검사, 품질시공, 오시공·재시공의 방지 등을 통해 생산비용의 절감과 낭비 요소의 최소화를 기대할 수 있을 것으로 보인다.

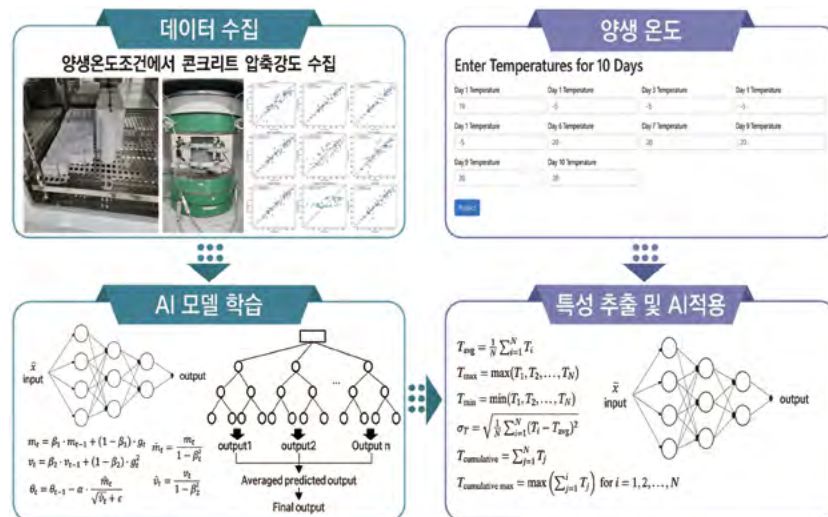
특히, 최근 더욱 중요성이 더해지고 있는 건설 현장의 안전관리에서는 AI의 영상 분석 기술을 이용한 실시간 안전관리 상황에 대한 점검, 위험 감지 그리고 머신러닝 기반으로 해당 공종이나 유사 프로젝트에서의 과거 사고 데이터를 분석하여 사고유형과 위험 요인을 예측하고, 예방대책을 수립하는 데 활용이 가능하다.

AI는 건설 현장의 생산에 영향을 미치는 온도, 습도 등 기후와 날씨 등 건설 현장의 환경 관련 정보, 원자재의 품질, 작업자의 숙련도 등 다양하고 복잡한 요인들을 기존 사람의 분석 능력에 의존하던 것에서 다차원적 데이터의 종합적 분석에 AI 기술을 활용하면, 품질, 안전 등 건설 생산관리의 혁신적 개선을 도모할 수 있다. 건설 현장에서 고려해야 할 다양한 생산 관련 고려 요소들을 분석하고, 최적의 생산 활동을 지원하는 기능을 확보할 수 있다.

또한, AI는 건설 생산 과정에서 공정계획 수립 및 수요 예측, 자재 소요계획 및 자재 관리 최적화, 장비 등 설비의 관리, 품질시험 및 검사,

작업지시서 자동 생성 및 공정 최적화, AI에 기반한 기술문서와 매뉴얼 작성, 생산성과 직결된 핵심 관리 지표들의 분석 및 자동 리포팅, 시뮬레이션 기반 공정 개선 및 디지털 트윈 등의 업무에 다양하게 활용되고 있고 더욱 확산될 것이다.

AI 기반의 콘크리트 품질관리 예측시스템



자료 : 한국건설기술연구원

□ 건설기업의 사업 경쟁력 향상과 AI

AI를 활용하여 건설기업이 제공하는 건설 상품 전반의 혁신을 도모할 수 있다. 주택 등 상품의 설계 등 기획 단계에서부터 인도하는 단계에 이르기까지 전반적인 혁신을 도모할 수 있다. 기획 단계에서는 수요자 데이터와 시장 트렌드를 분석해 수요를 끌어낼 수 있는 상품을 제시할 수 있다. 건설사업을 수행하는 데 있어 다양한 AI 기술의 활용하여 시장성, 경쟁력, 리스크 등 핵심 요소들에 대하여 사전적인 분석이 가능

하게 할 수 있다. 이를 통하여 효과적인 사업 전략을 수립할 수 있다. 자연어처리 기술을 활용하여 시장 동향, 새로운 기술 수요 등을 분석하고, 웹 크롤링과 생성형 AI를 활용한 경쟁사의 전략 및 투자 동향 분석, 고객의 반응에 대한 분석이 가능하다. 또한, 다양한 데이터를 바탕으로 한 수요 전망의 정밀한 예측도 가능하다.

건설사업의 마케팅 측면에서도 AI는 널리 활용이 될 수 있다. 갈수록 건설기업의 마케팅 역량이 중요한 경쟁 요소로 등장함에 따라서 상대적으로 그동안 마케팅 역량에 소홀했던 건설기업에 있어 AI는 건설기업 및 건설사업에 최적화된 맞춤형 마케팅 활동을 지원해 줄 수 있을 것으로 예측된다. 특히, 생성형 AI는 개인화 마케팅 즉, 맞춤형 콘텐츠 제공과 미디어 및 플랫폼의 개발을 돕고, 효율적인 마케팅 소재를 산출하고, 제작 과정을 도와 줄 수 있으며, 복잡한 시장 데이터를 정리하고 상관관계를 도출하여 효과적인 마켓 세그멘테이션을 가능하게 한다.

특히 건설기업의 경우, 고객 데이터 분석 업무에 있어 AI 활용이 중요할 것으로 보인다. 건설기업에게 AI 기술은 건설 상품의 특성상 필수적인 데이터에 기반한 개인화 마케팅에 측면에서 매우 유용한 도구가 될 수 있다. 건설 상품의 특성을 고려한 맞춤형 수요를 예측할 때 AI를 활용하여 상품의 카테고리, 브랜드, 가격, 고객 세그먼트 등을 종합적으로 분석해 각 상품의 수요를 정확히 예측함으로써 건설사업의 성공적인 수행력을 높일 수 있다.

새로운 비즈니스 모델 개발에 있어 AI의 다양한 기술들을 활용하여 기존 사업 영역의 확장과 새로운 사업 영역 진출에 활용할 수도 있다.

특히 건설기업 제공하는 주택 등 건설시설물 및 건설서비스에 AI 기술이 접목될 경우, 건설시설물의 기능 및 품질 향상에 크게 도움이 될 것으로 보이며, AI 기술 융합은 기존 건설 상품이 제공하는 가치를 더욱 높여줄 수 있다.^[164]

□ AI를 통한 건설기업 경영관리 역량 향상

최근 건설기업의 경영환경이 빠르게 변화되고, 인력, 재무 등 경영자원의 효율적 관리가 기업 경영의 성공을 좌우하는 시기가 도래함에 따라 건설기업의 경영관리 역량 강화는 매우 중요한 경영 현안이 되고 있다.

먼저 건설기업의 경영기획은 건설산업의 특성상, 다양한 환경적 요소와 기업 내부의 상황 등을 종합적으로 검토할 필요가 있다. 그러한 측면에서 건설기업의 경영기획 수립에 있어 AI의 활용은 매우 큰 변화를 불러올 수 있다. 생성형 AI를 통하여 기업 경영전략 수립 및 시나리오 플래닝, 국내외 시장 및 경쟁 분석, 단기 및 중장기 재무계획 및 예측, 핵심 성과 지표 설정 및 성과 분석 등에 활용이 가능하다. 특히, 건설기업의 경우, 보다 중장기적인 시장 예측과 특정 분야에 정밀한 시장 분석이 요구되는바, 기업 경영 리스크 분석 및 시뮬레이션, 생성형 AI 기반의 의사결정 지원 체계의 구축 등 건설기업의 경영기획 업무 전반에 있어 AI 기술의 활용은 필수적인 요소가 될 것이다. 이와 함께 건설사업의 특성상, AI를 통한 데이터 분석과 패턴 인식 기능과 인간의 창의적 사고와 전략적 판단을 적절한 역할 분담을 통해 AI와 인간의 협업모델을 구축하면 경영기획의 질을 크게 개선할 수 있을 것이다.

건설기업의 인적자원 관리에 있어서도 AI는 큰 기여를 할 수 있다. 건설기업의 경우, 역량에 기반한 인력의 배치 및 경력개발이 건설 프로젝트 더 나아가 조직 목표의 성공적 달성에 있어 핵심적인 요소이다. AI는 기업 내부 인적자원의 역량, 경험, 성향, 성과 데이터를 종합적으로 분석하여 최적의 프로젝트, 부서와 역할을 추천해 준다. 따라서 건설기업에 있어 현장 단위의 인력 구성, 신사업 검토 등 새로운 프로젝트 수행을 위한 프로젝트 단위 조직의 구성에 있어 유용하게 활용이 가능할 것으로 분석된다. 또한, AI는 조직구조의 최적화에 활용되는데, 건설기업의 경우, 개별 프로젝트별 특성 요인과 기술 요소의 다양성, 경제 및 시장 상황의 영향 등 여러 가지 인적자원 관련 의사결정 상의 고려 사항이 많다. 따라서 AI 기술의 활용한 종합적인 분석과 최적의 조직 구조를 결정하는 데 도움이 될 수 있다. 이와 함께 또한, 건설기업의 경우, 다양한 직종과 다양한 사업 영역으로 인해 이에 특화된 맞춤형 교육 등 육성프로그램이 필요한바, AI는 기업의 전략적 목표와 시장 트렌드를 고려한 직종별, 프로젝트별, 개인별 맞춤형 육성프로그램을 설계하는 데 도움이 된다.

이 외에도 건설기업의 경우, 프로젝트 혹은 사업 부문별로 다양한 분석은 필요하므로 주어진 재무 정보를 바탕으로 프로젝트, 사업 부문별로 수익성, 안정성, 성장성 등의 변화 트렌드를 파악하기 위해 AI를 활용할 수 있다. 또한, 하나의 건설 프로젝트가 소요 기간이 길고, 금액이 크기 때문에 사업의 의사결정 당시에서의 향후 기업 내부의 중장기 재무 구조 정보를 활용은 매우 중요하다. 따라서 재무 시나리오 모델링 부

분에서 AI를 활용하여 다양한 경영환경 변화 시나리오를 고려한 재무 전망 모델을 구축하여 활용할 수 있다.

또한, 건설기업에 있어 자금 조달은 건설 프로젝트의 원활한 추진과 기업 운영의 효율성을 높이기 위해 매우 중요하며, 특히 자금 조달의 시기 및 방법의 최적화는 실질적으로 건설기업의 성과에 직접 영향을 주는 바, 시장 상황, 기업의 재무 상태, 투자 계획 등을 종합적으로 분석해 최적의 자금 조달 시기와 방법을 제안해 주는 AI의 활용은 필수적이다. AI는 과거 현금 흐름 패턴과 사업계획을 바탕으로 정확한 현금 흐름을 예측하도록 돕고, 자금 운용에 있어선 다양한 투자 옵션을 분석하고, 최적의 포트폴리오를 제안해 줄 수 있기 때문이다.

뿐만 아니라 AI 기술의 확산은 직감이나 경험에 의존하던 기존 방식에서 벗어나 데이터와 AI 분석 결과를 바탕으로 한 과학적 의사결정 문화가 확산하도록 할 것이다. AI 도입은 기업 내부의 협업 문화의 변화도 초래한다. 특히, AI 시대 기업은 인간과 AI가 각각의 강점을 발휘하며 협업하는 새로운 업무 모델 즉, 인간-AI 협업 모델 구축을 요구할 것이다.

마지막으로 AI 확산이 건설기업에 도움을 주는 것은 기업 내부에 학습하는 분위기를 조성하게 한다는 점이다. AI 기술의 급속한 발전은 기업 구성원들에게 지속 학습하도록 한다. AI 기술 정착을 위해선 건설기업은 AI 활용을 가능하게 하는 교육프로그램을 제공하고, 실무에 적용할 수 있는 환경을 조성해야 하기 때문이다. 기업 내부의 핵심 리더십 역량도 변화되는데, AI 시대의 리더는 AI 기술에 대한 기본적인 이해를 바탕으로 전략적 의사결정을 내릴 수 있도록 하며, 구성원들의 변화에 대한 저

항을 관리하고, AI 기술에 대한 불안감을 해소하며, 새로운 업무 방식에 적응할 수 있도록 유도하는 리더십 역량 즉, 디지털 리더십 역량이 요구된다. 또한, AI가 데이터 분석과 업무 자동화로 업무영역을 확장함에 따라 리더들은 더욱 인간적인 소통과 공감 능력을 갖춰야 한다.

AI 시대에 대응한 건설기업 이렇게 혁신하라



AI 시대, 건설기업의 경영 현안

AI 기술이 하루가 다르게 발전하면서 건설기업은 새로운 경영 현안들이 등장하고 있다. 일례로, AI로 인한 기술의 비약적인 발전에 따라 건설기업의 경쟁력에 있어 기술의 수용력은 필수적인 경쟁 요소가 되고 있다. 또한, AI의 발전에 따라 소비자들 수요패턴의 변화가 가속화되고 있는데, 건설산업도 기존 건설 상품 및 서비스에 대한 변화 요구가 증가하고 있다. 또한 내적으로는 AI의 지속적인 발전에 따라서 AI 기술을 접목한 경영혁신의 필요성도 강조되고 있다.

□ 비약적인 기술 발전에의 대응력 향상

AI 기술이 비약적으로 발전함에 따라 이러한 AI 기술을 이해하고 활용하는 능력은 국가 및 산업은 물론, 기업에 있어 매우 중요한 과제로 등장하고 있다. 특히, 우리 건설산업은 노동집약적인 현장 프로젝트의 기반 산업으로서 상대적으로 기술적 표준화와 자동화, AI 기반의 로봇, 장비 등의 활용이 제한적일 뿐만 아니라 타 산업에 비해 상대적으로 낮은 R&D 투자와 기존 공법 및 기술에 의존하는 보수적 산업의 특성으로 인하여 기술 발전이 미흡했다.

그러나 최근 AI 기술의 비약적 발전은 건설기업의 혁신을 도모하기 위해 필수적인 요소가 되고 있다는 점에서 비약적인 기술 발전에의 대응력을 향상할 필요가 있다. 이를 위해서는 먼저 경영진과 조직 구성원들의 AI 등 기술의 변화에 대한 이해도를 향상하여야 한다. 무엇보다 AI와 스마트 건설기술을 단순한 IT의 기술로 인식하지 않고, 건설기업 경영 전반의 전략적인 변화를 유도하는 '경영전략 기술'로서 인식할 필요가 있다. 즉, AI 기술을 통하여 혁신적인 변화를 유도하기 위해서는 AI를 기업 경영 전반의 전략적인 요소로서 인식하고, 이를 확보하기 위해 기업 내부 경영 자원을 효율화하고, 경영 역량을 집중해야 한다.

또한, 기술을 수용하는 기업 내부의 조직문화 개선도 필요하다. 건설기업에 있어 전통적인 기존 시공 및 관리 방식에 의존하는 보수적 조직문화는 AI 등 신기술을 수용하는 데 있어 큰 장애 요인으로 작용할 것이 자명하기 때문이다. 보수적인 조직문화는 새로운 기술의 도입에 대한 리스크를 회피하려는 성향으로 나타나게 되고, 이는 경영 의사결정

의 적시성과 정확성을 떨어지게 한다. 최근 AI 기술과 같이 빠르게 기술이 발전하는 환경 속에서는 보수적인 조직문화를 가진 기업은 상대적으로 빠르게 대응하는 기업과의 기술 격차가 커질 수밖에 없다. 그뿐만 아니라 기술 개발 및 확보에 대한 투자와 인프라 부족은 대응력을 저하시킬 것이기에 AI 등 기술의 도입을 위해서는 기반이 되는 데이터의 구축 등 데이터 인프라와 관련된 투자가 필수적이며, AI 기술의 도입을 위한 기술 투자는 기술 개발은 물론, 활용 및 확산을 위해 전략적으로 이루어질 필요가 있다.

□ AI에 따른 소비자의 소비패턴 변화에의 대응

AI의 급격한 변화는 소비자의 소비패턴에도 큰 변화를 불러오고 있다. AI는 소비자의 행동, 취향 그리고 과거의 구매 이력 분석을 바탕으로 맞춤형 제품과 서비스가 가능하게 되었기 때문이다. 개인별 취향에 기반한 마케팅이 가능해졌고, 고객별 차별화된 서비스를 제공하는 기업에 대한 신뢰도가 높아지고 있다. 또한, AI 기술과 플랫폼 발전으로 소비는 더 간편하고, 빠르게 이루어지고 있고, 소비자의 소비패턴에 대한 분석이 활발히 지면서 구독형의 서비스가 확대되고 있다.

AI는 소비자로 하여금 데이터 기반의 소비를 가능하게 하고 있는데, AI는 합리적인 소비를 도와주는 기능을 수행하고 있으며, 제공되는 상품과 서비스에 대한 실시간의 평가와 비교 플랫폼 등 다양한 상품과 서비스 관련 플랫폼의 발전에 따라서 소비자의 최선 소비를 이끈다. 또한, AI와 디지털 정보 확산으로 기업의 환경, 사회적 책임이 소비 결정에

영향을 주는 정도가 크게 확대되고 있다.

이를 건설산업으로 치환하여 살펴보면, 건설산업이 제공하는 상품과 서비스는 타 산업에 비해 소비자가 충분한 정보를 갖고 소비하는 데 한계가 있고, 완성된 상품과 서비스를 소비하는 것이 아니라 생산 전에 소비를 결정해야 한다. AI의 확산은 건설산업의 소비자들에게 보다 많은 정보를 접근할 수 있도록 하고, 소비 결정에 있어 AI의 활용이 커짐에 따라 상품과 서비스에 대한 불완전한 정보와 지식을 보완하는 가능성이 커진다.

또한, AI의 확산에 따라 소비패턴의 변화는 스마트 건축 등 AI 기술이 접목된 다양한 서비스를 요구하게 하고 있으며, 주택의 경우, 라이프스타일 기반의 평면 설계와 개인 맞춤 커뮤니티시설 등 맞춤형 주거 설계가 확대될 것으로 예측된다. 특히 주택시장에 있어선 부동산산업이 AI와 결합하여 프롭테크 산업으로 발전함에 따라서 주택시장도 디지털 플랫폼으로 발전되고 있다.

건설기업은 전통적으로 공급자 중심의 산업으로서 소비자들의 수요 패턴 변화에 관심이 적었다는 점에서 AI의 지속적인 발전에 따른 소비패턴의 변화에 맞추어 상품 및 서비스의 기획, 개발 및 시공 그리고 운영 단계에 있어 전반적인 변화가 필요한 상황이다. 고객 기반의 데이터를 바탕으로 하여 고객의 요구사항을 반영한 맞춤형 상품 및 서비스를 개발할 필요가 있고, 시공과 운영 단계에 있어 AI의 기술을 활용하여 소비자의 수요를 반영할 필요가 있다.

특히, 건설산업에서 공급하는 상품과 서비스의 성격상, 사회적 책임

과 환경 등 가치 소비 확대에 대응한 친환경 건설 상품의 개발과 사회적 가치를 중시하는 건설기업의 경영 활동을 강화할 필요가 있다.

□ AI의 확산에 대응한 내부 경영 효율화 도모

위축되는 건설 시장과 건설 생산성 저하 그리고 건설 인력의 부족 문제로 인하여 건설기업의 경영 여건은 지속 악화되고 있다. 이에 따라 건설기업의 내부 경영 효율화는 향후 핵심적인 과제가 되고 있다. AI 도입에 따라 AI 설계 자동화, 로봇, 디지털 시공 관리 등 기술 중심의 산업으로 재편될 것으로 예상되고, AI를 통한 공정 관리와 디지털 트윈 등 데이터에 기반한 디지털 건설의 확산이 예상된다.

이 외에도 건설 생산 과정에서의 품질 및 안전에 대한 요구는 지속적으로 증가하고 있고 더 나아가 친환경, 사회적 책임 경영 등 지속가능 경영에 대한 요구도 성장하고 있다. 이에 따라 건설기업의 경영 효율화를 위한 경영혁신의 필요성은 지속 증대될 것으로 예상된다. AI에 따른 건설기업의 경영혁신은 크게 5가지로 정의될 수 있다.

첫째, 데이터에 기반한 경영 의사결정의 제고로서 시장 수요 예측, 고객 행동 분석 그리고 투자 의사 결정에 있어 기존 경험에 의존하던 경영 관행을 AI를 활용하여 데이터 기반의 경영 의사결정을 확대할 필요가 있다.

둘째, 본사와 현장에서 반복적으로 수행되는 업무의 자동화를 통하여 생산성을 높일 필요가 있다. 회계 및 자금관리, 공정 및 품질 관리 등 시공 관리상에서의 반복적 업무의 자동화를 통하여 업무의 효율성을 높이고, 비용 절감을 도모할 필요가 있다.

셋째, 공급망 관리의 효율화를 도모할 필요가 있다. 건설 생산의 경우, 70% 이상이 외부조달에 의해 이루어진다는 점에서 공급망 관리의 효율화는 건설기업 경영혁신의 핵심적 요소다. 따라서 협력업체 및 시공 참여 인력 그리고 다양한 자재와 장비의 조달 체계를 개선하기 위해 AI의 활용은 필수적이다.

넷째, 리스크 관리의 강화이다. 국내외 시장의 변화가 가속화되고, 최근 건설사업이 지속적으로 리스크의 관리 범위 및 요소가 다양화됨에 따라 AI를 활용한 기업 리스크의 사전 예측과 대응을 강화하기 위한 노력은 필수적이다. 금융, 공급망, 정보 관련 리스크를 최소화하기 위한 내부 혁신에 있어 AI가 크게 활용될 수 있다.

다섯째, 조직 혁신이다. 건설 생산과 협업 중심의 플랫폼 구축과 조직 내부의 프로세스와 조직 운영시스템을 개선하기 위한 조직관리의 디지털화를 촉진하기 위해 AI 기술을 활용한 조직 혁신 활동 강화는 매우 중요한 경영혁신 요소이다.

AI를 활용한 경영혁신 사례

AI 기술이 가장 널리 활용되는 분야는 생산 및 생산관리 분야로서 생산성 향상, 품질 개선 그리고 비용 절감 차원의 접근이다. 최근 AI를 활용하여 생산 혁신을 도모하는 기업들이 가장 널리 AI 기술이 활용되는 분야는 공정의 최적화와 자동화, 수요 예측 시스템이 대표적이다.

- 일본 ‘화낙(FANUC)’사의 FIELD 시스템은 옛지 AI를 활용한 실시간 생산 설비 모니터링 및 최적화를 위한 시스템으로써 센서 데이터와 딥러닝 모델을 결합한 이상 탐지 시스템과 강화학습 기반의 동적 생산 스케줄링 알고리즘을 활용하여 생산성을 25% 향상시키고 불량률을 90% 달성한다.
- ‘보쉬(Bosch)’의 AI 기반 예측 정비 솔루션은 시계열 분석을 위한 LSTM(Long Short-term Memory) 네트워크를 활용하여 진동, 온도, 소음 데이터 분석으로 설비 고장을 예측하고, 계획되지 않은 가동 중단 시간을 25% 감소시킨다.
- ‘애플(Apple)’의 신경망을 활용한 공급망 네트워크 분석과 강화학습 기반이 동적 재고 관리 시스템 기술을 바탕으로 한 AI 기반 공급망 관리 시스템은 부품 공급업체의 평가와 물류 경로의 최적화, 재고 수준의 자동 조정을 통하여 운영 비용을 7% 절감하고, 납기 준수율을 10% 이상 향상시켰다.
- ‘BMW’의 AI 품질관리시스템은 딥러닝 기반 이미지 분석으로 차체결

합을 자동으로 검출하는 시스템으로서 CNN(Convolutional Neural Network)과 전이 학습 활용, GAN(Generative Adversarial Network)의 데이터 증강 기술을 바탕으로 하여 검사 시간을 50% 단축하고, 정확도를 99%까지 향상시켰다.

- ‘GE’의 디지털 트윈 플랫폼은 실제 제조 환경의 가상 복제본을 생성하고, 이를 시뮬레이션함으로써 제품개발 주기를 25% 단축시키고, 유지보수 비용을 20% 절감하는 효과를 달성하고 있다.

다음으로 공급망 관리에 있어 자재의 구매조달 및 유통에 있어서 시간을 단축하고, 재고비용을 감축하는 데 활용된다.

- ‘아마존(Amazon)’의 예측 배송 시스템은 과거의 구매 이력, 검색 패턴, 위시리스트 등 다양한 데이터를 활용하여 주문전 배송 준비로 배송 시간을 평균 15~20% 단축하는 성과를 내고 있는데, 이 시스템의 예측 정확도는 평균 95% 이상이다.
- ‘자라(Zara)’에서는 자연어 처리(NLP) 기술과 강화학습을 통한 실시간 수요 예측 모델을 통하여 소셜 미디어, 패션 블로그 데이터를 실시간 분석하는 AI 기반 트렌드 예측 시스템은 지역별, 매장별 맞춤형 재고 할당으로 재고 회전율을 30% 향상시키는 효과를 거두고 있다.
- ‘알리바바(Alibaba)’는 강화학습 기반의 다목적 최적화 알고리즘과 디지털 트윈을 활용한 가상 시뮬레이션 기술을 활용한 스마트 물류 시스템을 통하여 실시간 부문 데이터와 교통 정보를 결합한 동적 라

우팅을 통하여 배송의 효율성을 30% 향상하고 있으며, 물류비용이 10% 절감되는 효과를 거두고 있다.

• ‘IBM’의 WSCRM(Watson Supply Chain Risk Management)은 뉴스, 기상 데이터, 재무 정보 등을 실시간 분석함으로써 공급 중단 리스크를 조기에 감지하고 대체 공급업체를 추천함으로써 리스크 대응 시간을 50% 단축하는 효과를 거두고 있고, 공급 중단으로 인한 손실을 30% 감소시키고 있다.

• 이와 유사하게 ‘도요타(Toyota)’의 AI 기반 공급망 회복 탄력성 시스템은 다양한 위기 시나리오에 대한 가상 시뮬레이션을 실행함으로써 핵심 부품의 다중 외주 전략을 수립하고, 이를 통하여 공급망 중단의 리스크를 40% 감소시키는 효과를 거두고 있다.

이 외에도 AI 기술을 선도하고 있는 금융 분야에서는 리스크 관리, 고객 서비스, 투자 전략 등 다양한 영역에서 AI가 활용되고 있다.

• ‘르네상스 테크놀로지스’의 Medallion 펀드는 자연어처리(NLP) 기술을 활용한 뉴스 및 소셜 미디어 분석을 통합하는 AI 기반 퀀트 전략으로 연평균 66% 수익률을 달성하고 있다.

• ‘JP모건’의 그래프 신경망을 활용한 금융 네트워크 분석과 오토인코더와 원-클래스 SVM을 결합한 CoiN(Contract Intelligence) 프로그램은 초당 12,000건의 상업 신용 계약을 분석하고, 36만 시간의 법률 검토 작업을 초 단위로 단축함으로써 규제 준수 정확도를 99%

까지 달성했다.

• ‘베터먼트(Betterment)’의 AI 포트폴리오 관리 시스템은 협업 필터링과 콘텐츠 기반 필터링의 하이브리드 모델로서 멀티태스크 학습을 통한 고객 행동 예측하는데, 개인의 재무 상황, 위험 선호도, 투자 목표를 고려한 맞춤형 포트폴리오 구성과 자동 리밸런싱 및 세금 효율화 전략을 적용한 최적안을 제안하는데, 운용 자산 220억 달러를 달성하였고, 전통적 자산관리 대비 0.75% 초과 수익을 실현하였다.

• ‘HSBC’의 AI 기반 AML(자금세탁방지) 시스템은 다양한 데이터를 통합 분석하여 의심 거래를 탐지해냄으로써 오탐률(False Positive Rate)을 20% 감소하였고, 조사 효율성을 60% 향상시켰다. 비자(Visa)도 AI 기반 사기 탐지 시스템을 통하여 연간 1,380억 건의 거래를 실시간 분석함으로써 사기 탐지율을 95% 달성하여 연간 250억 달러의 사기 거래 방지 효과를 거두고 있다.

• ‘뱅크오브아메리카’와 ‘Wealthfront사’는 고객 서비스 및 경험 개선에 AI를 활용하고 있는데, 먼저 ‘뱅크오브아메리카’는 일상 언어로 복잡한 금융거래 처리 및 조언을 제공하는 “Erica”를 통하여 2,000만 명 이상의 사용자가 사용하는 성과를 거두고 있고, 지원 요청의 30%의 처리하고 있다. 또한, ‘Wealthfront’사는 수입, 지출, 투자를 통합 분석하여 개인화된 재무 목표 설정 및 조언을 제공하고 자동 예산 조정 및 세금 최적화 전략을 수립하도록 지원하는 AI 기반 재무관리 플랫폼으로 고객 만족도를 92% 달성하고 평균 고객 자산 증가율 연 8%의 성과를 기록했다.

건설기업의 AI 확산을 위한 경영혁신 추진 방향

현재 AI가 기업의 경쟁력을 결정하는 핵심 요소로 성장하고 있는 것은 필연적이다. 향후 AI를 적극적으로 도입한 기업들은 그렇지 않은 기업들보다 평균 수십 퍼센트 높은 수익을 올릴 가능성이 큰 반면, AI 도입에는 시간과 비용이 많이 들고, 명확한 전략 없이 접근할 경우 실패할 가능성도 존재한다. 이에 따라 AI의 기업 내 확산과 정착을 위해서는 경영혁신 전략을 수립하여 추진할 필요가 있다. 더욱이 건설기업이 AI를 통하여 기업 전반의 혁신을 도모하기 위해서는 건설산업의 특성을 함께 고려하여 전략적으로 접근할 필요가 있다.

□ AI의 확산 목적 전략 로드맵 구축을 통한 전략적 접근

건설산업에 있어선 AI의 응용 기술의 범위가 넓고, 각 건설기업이 주력하는 사업의 영역이 다양해 차별화된 AI 전략이 필요하다. 따라서 건설기업이 성공적으로 AI 도입을 위해선 명확한 목표하에 충분한 준비기간과 설계, 실행 과정을 가질 필요가 있으며, AI 확산을 위한 전략적 로드맵 즉, 준비 단계-기획·설계 단계-실행 단계-확산 단계의 구축이 필요하다.

준비 단계에서는 AI 도입을 위한 자사의 현재 상황을 분석하는 과정이 필요한데, 현재 기업의 데이터 품질, IT 인프라, 인력 역량, 조직문화 등에 대한 종합적인 평가를 시행할 필요가 있다. 또한, AI 도입을 위한 기술적, 조직적 준비를 해야 하는데, 기술적으로 데이터 인프라 구축, 클라우드 플랫폼 도입, 데이터 거버넌스 체계 구축, AI 개발 환경 구축

을 해야 하며, 조직적으로 전담 조직 및 인력의 양성, 파트너십 체계를 구축하는 것도 중요하다.

기획·설계 단계에서는 구체적인 AI 전략을 수립하고 실행 가능한 프로젝트를 기획, 설계해야 하는데, 기업의 사업 목표와 AI 목표 간 연계하에서 우선순위를 설정하고, 투자 계획 수립, 거버넌스 체계를 구축해야 한다. 또한, 파일럿 프로젝트의 선정과 성과 평가를 위한 평가지표와 위험 관리 계획을 수립하고, 각각의 실행을 위해 단, 장기 목표를 타임라인으로 설정해서 도입을 적극적으로 유도해야 한다.

실행 단계는 파일럿 프로그램의 실행과 확산을 통해 본격적으로 AI 프로젝트의 실행을 추진하는 단계로서 파일럿 프로젝트 실행을 위해 데이터 수집 및 전처리, 모델 개발 및 훈련, 테스트 및 검증 과정을 거치고, AI 실행 환경 조성을 위해 사용자 교육 및 훈련, 커뮤니케이션, 피드백 수집 및 반영, 저항 관리 등이 필요하다.

마지막으로 확산 단계에서는 기업 내부의 전사 확산 및 지속적 개선 등 확산 활동을 포함하는데, 성공한 AI 프로젝트를 전사적으로 확산하고 지속 개선하는 단계로서 성공 사례를 표준화하고, 플랫폼화하며, 전문 AI 조직을 통한 AI 생태계를 구축할 필요가 있다. 또한, 지속적 개선을 위해 성능 모니터링, 데이터 업데이트, 기술 진화에의 대응 등이 필요하다.

AI의 성공적 도입을 위한 전략 로드맵



□ 건설기업 내부의 AI 확산 환경 조성

AI의 건설기업 내 성공적인 도입은 무엇보다 현재의 건설기업의 내부 환경을 AI 기술이 잘 정착될 수 있도록 유도하기 위한 노력이 우선되어야 하며, 그 방안은 크게 다음 세 가지를 고려할 수 있다.

첫째, AI 리터러시(Literacy)를 강화해야 한다. 기업의 모든 조직 구성원이 AI의 기본 개념, 작동 원리, 그리고 활용 방안에 대한 이해를 높여야 하기 위해 정기적인 AI 교육프로그램과 워크숍을 적극적으로 운영하여, 실제 업무에 AI를 적용해 보는 기회를 제공해야 한다. 특히, 이 과

정에서 단순한 지식의 전달을 넘어서 AI를 활용해 문제해결 능력을 키우는 실질적이고 효과적인 교육이 필요하다.

둘째, 유연하고, 개방적인 조직문화의 구축이다. AI 도입은 단순히 새로운 경영 도구나 기술을 도입하는 것을 넘어 조직의 업무 수행 방식과 사고방식의 변화를 요구하는바, 실패를 두려워하지 않고 새로운 시도를 장려하는 문화가 필요하다. AI 기술을 업무에 적극적으로 접목하려는 개방적인 조직문화를 구축하는 데 집중해야 하며, 직감이나 경험에 의존하던 기존 방식에서 벗어나 데이터와 AI 분석 결과를 바탕으로 한 과학적인 의사결정 문화를 구축해야 한다.

마지막 셋째로는 무엇보다 기업은 양질의 데이터 인프라를 구축해야 한다. AI는 학습 데이터의 품질에 따라 성능이 크게 좌우되기 때문에 내부 데이터를 체계적으로 수집, 정리, 관리하고, 필요한 경우 외부 데이터를 확보해 AI 모델 학습에 활용할 수 있는 견고한 데이터 인프라 구축이 필수이다. 특히, 건설기업은 BIM, 드론, IoT 센서, CCTV, ERP를 비롯해 건설공사 원가 데이터를 수집할 수 있는 체계와 시스템을 구축해야 하고, 이렇게 수집된 데이터를 저장할 수 있는 효과적인 장치를 마련함으로써 현장별 표준 포맷으로 활용할 수 있는 데이터 정제가 용이하도록 해야 함이 필수적이다.

□ AI 시대에 대외환경에 부합하는 경영전략 수립

AI 시대의 기업경영은 변화하는 경영환경에 대한 명확한 예측에서 출발해야 하는데, 새로운 경영환경에 부합하는 AI와 결합한 경영전략을

수립할 필요가 있다. AI 시대에 맞춘 건설기업의 경영전략을 수립이라 함은 과거 경영진의 경험과 직감에 의존했던 전략 수립 과정에서 AI를 통해 방대한 데이터를 분석해 객관적이고 정확한 인사이트를 제공하는 것으로 규정할 수 있다.

경영환경의 변화

구분	과거(산업경제시대)	현재(AI 경제 시대)
경쟁의 본질	자본, 규모 경쟁	데이터, 지능 경쟁
의사결정 방식	경험, 직관 중심	데이터, AI 기반 의사결정
조직구조	계층적 구조	민첩·자율 조직
혁신 속도	점진적	기하급수적
고객 관계	거래중심	맞춤형 지속관계

기업의 운영 효율화 측면에서는 AI가 예측을 통해 인력, 재고관리, 재무 등 업무 전반의 운영 비용을 절감할 수 있다는 점에서 AI를 적극적으로 활용한 전략을 수립할 필요가 있다. AI 시대에 의사결정 체계의 개선은 매우 중요한 전략 요소로 AI가 경영진의 의사결정을 보조, 대체하는 체계를 구축할 필요가 있고, 재무, 마케팅, 인사, 생산 전 부분에서 예측 기반의 경영을 확산하고자 하는 전략을 수립해야 한다.

사업전략 부문에서는 AI 중심의 비즈니스 모델을 개발하기 위한 전략을 포함해야 하고, AI 기반의 새로운 사업의 발굴 및 기존사업의 새로운 서비스 범위의 확장 및 개선을 도모할 필요가 있다. 데이터를 중심으로 하는 사업 관행의 확립도 중요한 사업전략의 한 분야라고 할 수 있다.

조직 전략 측면에서는 AI를 활용한 창의적인 문제해결 역량을 키우기 위한 조직관리 전략과 인적자원관리 전략을 수립해야 하는바, AI와 함께 일하는 업무 환경을 조성하기 위한 전략과제를 설정하고, 인력 관리에 있어선 AI와 관련된 스킬과 역량을 고도화하고, 다양한 교육프로그램을 제공할 필요가 있다.

AI가 기업 내부에 확산될 수 있도록 하는 AI 생태계 및 다양한 협력 파트너십을 구축하는 것도 중요하다. 자체적으로 AI 기술을 개발하거나, 활용하는 데 있어 빠른 변화 속에서 자기 기업 혼자서는 결코 AI를 경영에 정착하는 데 한계가 있는바, 협력적 파트너십을 구축하고, 이를 적극적으로 활용할 필요가 있다. 특히, AI 플랫폼 기업과의 전략적 협력, 다양한 AI 생태계에의 참여를 모색할 필요가 있는바, 스타트업-업-대학과의 협력을 강화함으로써 혁신을 지속하고자 하는 노력이 필수적이다.



기업 대응 전략②

AI 시대, 경쟁력 있는 건설기업의 인재관리

AI는 기업 인적자원관리의 질을 개선한다



AI의 성장은 기업들의 인적자원관리에 있어 AI를 활용해 우수한 인재를 확보하고, 인재 개발 및 성과 평가 등 고유의 인적자원관리 업무는 물론, 조직 이탈 예측 및 조직 건강도 진단, 인사 데이터 기반의 전략적 의사결정, 사내 의사소통의 효율화 더 나아가 인건비 및 경영자원 절감 등의 성과를 거두게 하고 있다.^[165]

최근 기업 인적자원관리 환경 변화

기업의 인적자원관리 활동과 관련한 최근 트렌드는 변화하는 사회, 경제적인 변화에 적극적으로 대응하기 위해 크게 변화되고 있다. 그러한 변화는 크게 5가지로서 요약되는데 ①인적자원관리의 환경 변화, ②인적자원관리의 글로벌화, ③다양성 관리 확대, ④경영전략과 인적자원관리 간 연계, ⑤IT 기술 등 과학기술의 인적자원관리 접목 등으로 구분할 수 있다.^[166]

□ 일에 대한 가치관의 변화

최근 국내외의 경제 환경 변화와 비약적인 디지털 기술의 발전에 따라 일에 대한 가치관의 변화를 촉진 시키고 있다. 기업에서 근무하고 있는 근로자로 치환해보면, 근무환경과 직업에 대한 가치관의 변화를 촉진시키고 있는 것이다. 실제로 최근 발표된 마이크로소프트사의 보고서에 따르면, 직장인의 53%는 팬데믹 전과 견줘 일보다 건강과 행복을 더 우선시하게 됐다고 답했다. 또 47%는 가족과 개인적 삶을 더 중시하게 됐다고 조사된 점이 그렇다.

재택근무가 확산되고, 직장 내의 소통방식의 변화 등은 일에 대한 가치관을 크게 바꾸어 놓고 있다. 일에 대한 체계나 삶에서 일이 차지하는 위상이 바뀌게 되었고 많은 직장인에게 ‘유연성’이 타협할 수 없는 일이 됐으며 기업에서도 이를 무시할 수 없게 됐다.

이에 따라서 기업에서도 인적자원을 보는 인식의 변화가 필요한 시점이다. 즉, 기존에 인적자원 자체만으로 하나의 자원이고, 자원을 활용하

는데 초점을 맞춘 관리 활동이 중심이었다면, 인적자원이 가지고 있는 역량을 어떻게 최대로, 최고로 발휘토록 하는 환경을 조성하는데, 초점이 맞추어짐에 따라 일에 대한 가치관의 변화에 부합하는 근무 환경 및 직무 관련 정책·제도, 육성프로그램에 대한 고민이 커지고 있다.

이에 기업의 입장에서는 가치관의 변화로 인한 인적자원관리 상 많은 도전과제가 등장하고 있다. 기업에 속한 근로자들이 기업 내에서 안정적이고, 성과를 내는 직무를 수행하는데 있어 근로 및 직무 환경, 처우 등에 대한 요구들이 점점 커지고 있고, 직업을 보는 근로자들의 가치관도 변화되면서 기업과의 일체감 조성이나 충성심 고조 등 과거 인력을 보는 기업의 기준과의 괴리가 커지고 있는 상황이다.

□ 인적자원관리의 글로벌화

국내 기업들의 해외 진출이 확대되고 있으며, 반대로 해외 글로벌 기업들의 국내 진출이 확대됨에 따라서 기존 인적자원관리의 활동 영역과 활동 내용상에 큰 변화가 발생하고 있다. 각종 네트워크를 활용한 인적자원 관련 각종 정보의 공유 및 채용, 평가, 직무 관리상의 네트워크의 중요성 증대 등이 대표적이다. 즉, 글로벌 인적자원관리의 중요성이 증대되고 있는 것이다. 또한, 조직의 개방 시스템화가 급진전함에 따라 인적자원의 광범위한 관리 필요성이 증대되면서 관리 영역도 크게 확대되고 있다.

또 하나는 근로 현장의 외국인 근로자의 지속적 증가되고 있다는 점이다. 내국인에 대한 인적자원관리만으로는 서로 다른 문화를 가진 다

양한 인력을 함께 관리해야 하는 상황을 적절히 대응하는데 한계가 발생하고 있다

인적자원관리도 기존 하나의 인사정책 및 인사 목표에서 다양한 인력의 구성에 맞는 인사정책과 목표의 수립이 필요해졌다. 이러한 인사정책 및 목표의 유연한 접근은 제반 인사관리 활동에 있어서도 글로벌화에 부합하는 차별성과 다양성을 강조하는 방향으로 접근되고 있다.

□ 다양성 관리가 인적자원관리의 핵심 이슈로 등장

인적자원관리의 글로벌화와 함께 나타나는 새로운 도전과제는 인적자원의 다양성에 대응한 인적자원에 대한 다양성 관리의 중요성이 커지고 있다는 점이다. 먼저 여성 전문직의 비율이 지속적으로 확대되는 등 기업 내 여성인력의 비중이 지속적으로 확대되고 있다. 또한, 개별 인적자원들의 이질성이 증대되고 있는데, 연령, 성별, 민족, 종교, 교육 수준 등에 있어 이질적인 요소들이 커지고 있기 때문에 이러한 다양한 이질적 요소는 기업에게도 새로운 도전과제가 되고 있다. 외국인 근로자들의 점진적인 증대도 하나의 요소이다.

이에 따라 근로자들의 고용계약 형태도 다양해지고 있어, 이에 대한 세분화된 인적자원관리 체계의 구축은 기업이 갖추어야 할 최우선 과제가 되고 있다.

□ AI와 디지털 기술의 인적자원관리 확산

IoT, 로봇, 빅데이터, 5G 등 네트워크 기술의 급속한 발전 등으로 인하여 인적자원관리에 있어서도 과학기술의 적극적인 활용은 중요한 과

제가 되고 있다. 과거 단순히 정보기술을 활용한 인적자원관리에서 벗어나, 다양한 정보통신기술을 접목한 비즈니스 모델의 구축에 인적자원관리를 어떻게 통합할 것인가라는 보다 광의의 과제가 등장하고 있는 것이다.

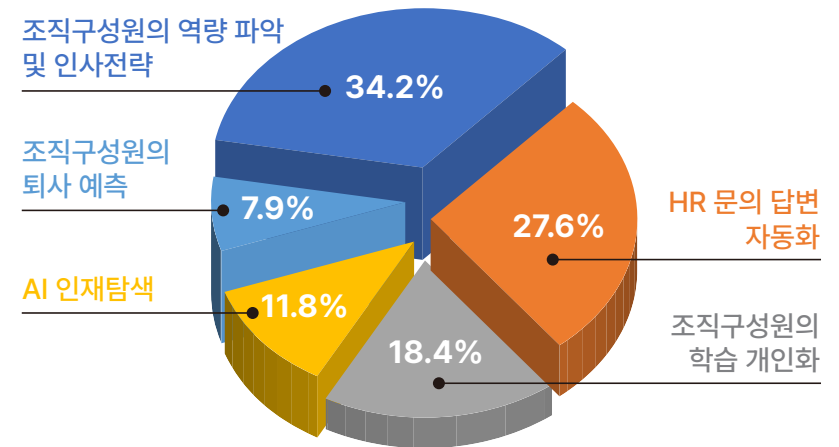
인적자원관리는 AI와 디지털 기술을 접목하여 다양한 변화를 가져오고 있다. 특히 인적자원관리가 집단 차원의 관리, 물리적 사업장, 근무시간의 제약, 개인적 접촉 등 비과학적 방법으로 이루어졌다면, 현재의 인적자원관리는 개별 차원의 관리, 가상 작업 공간의 등장, 근무시간의 유연화 및 탄력화, 컴퓨터 기반의 통계자료 및 과학적 방법에 의한 분석 및 관리를 근간으로 이루어지고 있다는 점에서 큰 차이가 있다.

따라서 이전까지 기업들은 보다 효율적이고 전략적인 인적자원 관리체계를 구축하기 위하여 RFID 카드, 지문인식 근태관리 시스템 등 인사행정 분야의 활용에 국한하는 것이 아니라 더 나아가 인적자원의 채용, 직무관리 그리고 육성 등 제반 활동에 있어 AI, 메타버스, 디지털 트윈 등 다양한 기술의 접목을 추진하고 있다. 또한, 조직관리에 있어서도 디지털 업무 환경에서 더 나은 업무 성과를 창출할 수 있도록 하는 새로운 ‘일하는 방식(Way of Work)’으로 일컬어지는 디지털 조직문화(Digital Culture)를 조직관리의 목표로 수립하기도 한다.

AI의 발전과 기업 인적자원관리의 변화

AI의 등장 특히, 생성형 AI의 발전은 인적자원관리 업무의 혁신적인 변화를 일으키고 있다. 기존의 경험과 직관에 의존했던 인적자원관리가 데이터 기반의 과학적 접근법으로 전환되면서 기업들은 더욱 효율적이고 공정한 인적자원관리 시스템을 구축할 수 있는 환경이 조성되고 있다.

AI의 인적자원관리 활용 분야



자료 : 원티드

채용 공고에서부터 이력서의 분석, 지원자에 평가 및 AI 기반 면접의 설계 및 실행 등 인적자원의 선발에서부터 신입 및 재직자 교육 콘텐츠 자동 생성, 성과 평가 리포트 및 피드백 자동화, 직원들의 직무 및 조직에 대한 만족도 조사의 시행 및 분석, 이직 예측 및 조직 진단 리포트 등

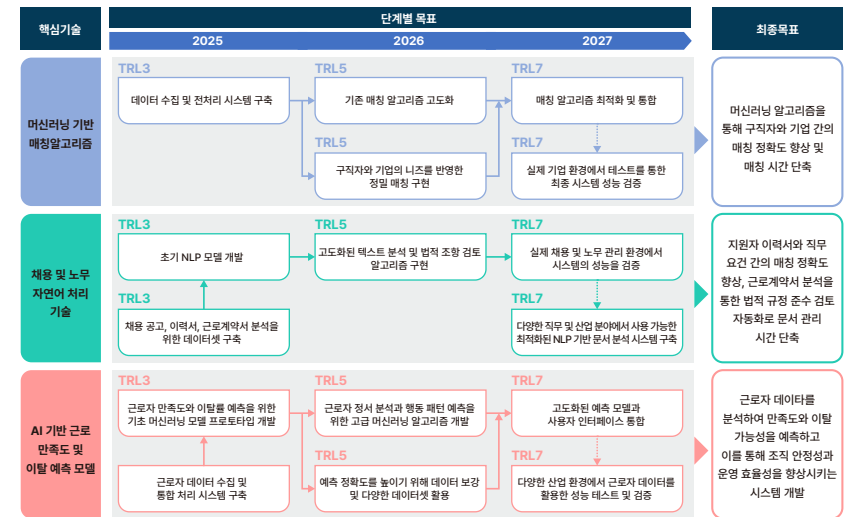
인적자원의 육성 및 역량 개발 등은 물론, 공문서 및 안내문 발송, 인적 자원관리 관련 질의응답의 자동화시스템 도입 등 단순 인사 행정업무에 이르기까지 인적자원관리 업무 전반에 있어 AI는 혁신적인 변화를 가져오게 하고 있으며, 필수적인 도구가 되고 있다.

□ 채용 분야의 AI 기술 활용 동향

채용 프로세스에 있어서는 지능형 채용 플랫폼 구축 업무 환경을 만들어내고 있다. 기업의 채용 프로세스 생성형 AI를 활용해 채용 전반의 업무 프로세스를 재구축할 수 있다. 채용 담당자는 더욱 정교한 채용 전략을 수립하도록 하는데, 실제로 특정 직무에 필요한 역량을 분석하고 이를 바탕으로 최적의 채용 공고문을 작성할 수 있다. 또한, AI는 이력서 스크리닝과 후보자 평가 업무에 활용하는데 AI는 수백, 수천 개의 이력서를 빠르게 분석해 채용 담당자가 집중해야 할 핵심 후보자들을 선별하는 데 활용할 뿐만 아니라, AI는 자연어처리 기술을 활용해 이력서의 내용을 깊이 분석하고, 직무 요구사항과의 적합도를 정확하게 계산할 수 있다. 이러한 과정을 통해 후보자의 경험과 역량을 종합적으로 평가할 수 있다.

면접에 있어서도 AI는 유용한 도구이다. AI 기술은 면접 과정에서도 혁신적인 변화를 불러오고 있는데, 화상 면접 등 영상을 활용하여 면접이 이루어짐에 따라서 영상에 대한 언어적 표현뿐만 아니라 비언어적 신호까지 분석하여 종합적인 평가가 가능하도록 돕는다.

중소기업 채용 및 노무관리분야 AI 기술개발 로드맵



자료 : 중소기업 전략기술 로드맵(2025~2028), 중소기업정보기술진흥원, 2025

□ 경력 관리에서의 AI 활용

생성형 AI는 전략적인 인력 배치 및 경력개발에 있어 유용한 도구로 자리 잡고 있다. 역량 기반의 인력 배치가 중요해짐에 따라서 AI를 활용한 인력 배치는 단순히 빈 자리를 채우는데 그치지 않고, 조직의 전략목표 실현을 위한 최적의 조직 체계 구축에 활용되고 있기 때문이다. AI는 조직 구성원들의 역량, 경험, 성향, 성과 데이터를 종합적으로 분석해 가장 적합한 부서와 역할을 추천한다. 또한, AI는 최근 비즈니스 환경의 급속한 변화에 대응하기 위한 유연한 조직구조를 구축하는데 있어서도 활용이 가능하다. 시장 상황, 프로젝트 요구 사항, 조직 구성원 각자의 역량 변화를 지속 모니터링함으로써 조직구조의 최적화 방안을 제시해 주며,

궁극적으로 신속하게 대응하고, 인적자원의 효율성을 극대화한다.

뿐만 아니라 승진 및 경력개발에서도 AI는 활용 범위가 무궁무진하다. 승진 과정에서의 공정성과 객관성을 확보하기 위해 승진평가시스템 개인의 성과, 역량 발전, 리더십 잠재력 등 종합적인 역량 분석에 AI를 활용하여 승진 후보자를 선발하도록 돕는다. 특히, AI는 성별, 나이, 인맥 등 비직무적인 요소들을 배제하고 업무 역량과 기여도에 기반한 객관적인 평가를 돕는다. 또한, AI는 각 직원의 현재 역량과 목표를 분석해 개인별 맞춤형 경력개발 로드맵을 제시해 준다; 이 과정에서 AI는 조직의 미래 전략과 시장 트렌드를 고려한 핵심 역량의 규명과 학습 경로 구축을 제안해 준다.

□ 인적자원의 성과 및 인재관리에서의 AI 활용

인적자원 성과 평가에 있어 AI는 다양하게 활용되는데, 성과 평가에 있어 다면적인 성과 데이터 분석이 가능하도록 하여 전통적인 주관적 판단을 최소화하면서 프로젝트 성과, 동료 평가, 고객 피드백, 업무 시간 활용도 등 다양한 데이터 소스를 활용한 객관적이고 종합적인 성과 결과를 도출하게 한다. 또한 개인 및 조직의 성과에 대한 평가를 넘어 모니터링과 피드백 업무에도 활용되어 AI 성과관리시스템은 일회적인 평가와 검토를 넘어 연중 지속적인 성과를 모니터링하고, 피드백하도록 돕는데, 직원의 업무 패턴, 성과지표, 목표 달성도를 실시간 추적하여 즉각적인 개선 방안을 제시해 준다.

이와 함께 인재의 유지에 있어서도 AI는 유용하다. AI는 직원들의 업

무 패턴, 만족도 지표, 커리어 목표 등을 분석해 기업의 성장동력인 우수한 인재의 이직 위험을 사전에 식별하도록 돕는다. 동시에 AI 기술은 직원 개개인의 동기와 요구사항을 분석해 맞춤형 유지 전략을 수립하도록 돕는데, 단순히 급여 인상이나 승진 기회 제공을 넘어 개인의 가치관과 목표에 부합하는 다양한 유지 방안을 제시해 줌으로써 우수한 인재의 유지를 위한 실질적인 방안을 제시한다.

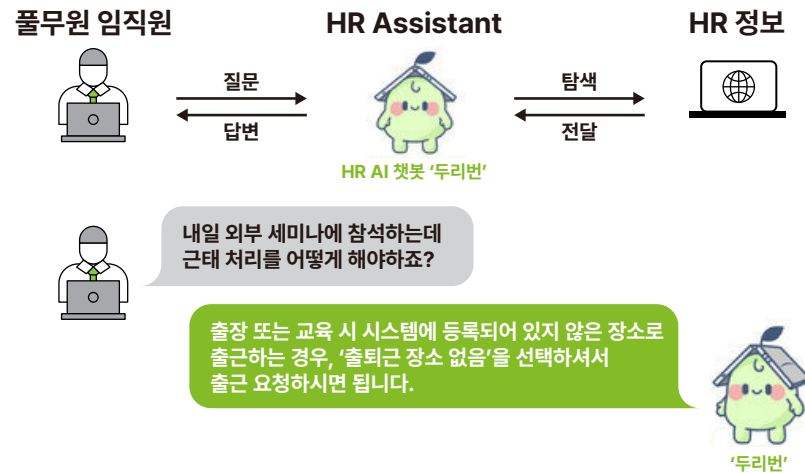
□ 교육훈련과 인사행정의 혁신, AI

AI는 인적자원 관리 분야는 물론, 인적자원 개발 분야에 있어 중요한 역할을 담당한다. 역량 기반의 교육훈련 프로그램 설계에서부터 교육훈련 교재의 개발, 교육훈련 방식 등 인적자원 개발과 관련된 제반 활동에 있어 AI 기술이 활용된다. 생성형 AI를 활용한 교육커리큘럼 개발은 직원들의 현재 역량과 목표 역량 사이의 갭을 정확하게 분석하는 것에서 시작하는바, AI는 직원들의 업무 성과, 학습 이력, 역량 평가 결과를 종합적으로 분석해 개인별 맞춤형 교육프로그램을 설계해 준다. 또한, 교육 콘텐츠 제작 과정에서도 복잡한 개념을 쉽게 설명하는 교육의 작성, 다양한 학습 스타일에 맞춘 멀티미디어 콘텐츠의 제작, 실습 및 평가 도구 개발 등 교육프로그램의 운영 또한 AI를 통해 혁신을 가져오고 있다.

인사업무와 관련된 행정 절차의 간소화 및 전문화에도 AI는 유용하다. 기업 내부의 인사제도와 관련된 공지나 질의응답, 문서 작성에 있어 AI는 업무를 간소화시키고, 자동화함으로써 인적자원관리 인력이 보다 전략적인 측면에 집중할 수 있도록 도울 수 있다. 또한, 기본 기업 내부

인적자원의 정보를 관리하는 인적자원정보 시스템에 있어 단순히 정보를 추적하는데 그치는 것이 아니라 다양한 정보들의 분석 기능을 통해 다양한 인사업무에의 활용이 가능해졌다.

인적자원 정보의 탐색 및 질의응답시스템 사례(풀무원)



자료 : 풀무원 홈페이지

AI를 활용한 건설기업의 인적자원관리 혁신은 이렇게 한다

건설에 지능을 더하는 R&D,
AI 산업 도약의 시작점별

건설기업의 인적자원관리 환경의 변화

건설산업을 둘러싼 사회, 경제 환경 변화와 이에 따른 건설 수요의 변화는 건설기업의 인적자원관리 환경에 있어 변화를 요구하고 있다. 이러한 인적자원관리의 환경 변화는 인적자원관리와 관련된 법·제도적인 환경 변화, 기업 이해관계자와 관계 변화 및 정치·사회적인 압력 증가, 노동 시장의 공급과 수요의 변화, 인적자원관리의 기술 변화 등으로 요약될 수 있다.^[167]

□ 인적자원관리의 법·제도 환경 변화

상대적으로 약자에 대한 보호 강화 필요성이 증대되고 있음에 따라 건설기업의 인적자원관리에 대한 간섭 및 통제는 지속적으로 강화되고 있다. 이에 따라서 건설산업과 직결되는 노동 관련 법률 즉, 노동관계조항, 「노동조합 및 노동관계조정법」, 「근로기준법」, 「근로자 참여와 협력에 관한 법률」, 「산업안전보건법」 등 관련 법령 또한 갈수록 통제와 처벌 중심의 제·개정이 확산할 것으로 예상된다.

또한, 근로자들의 고용 형태와 유형이 다양한 건설산업의 특성상, 기간제 및 단시간근로자, 파견근로자, 남녀 고용 평등, 고령자 고용 촉진, 외국인 근로자 등 다양한 인력 관련된 법, 제도적 환경 변화의 영향을 더욱 크게 받을 수밖에 없는 상황이다. 특히, 근로자들의 안전하고, 개선된 작업 환경의 조성에 대한 요구가 증대됨에 따라서 이에 대한 규제화도 빠르게 진전되고 있다.

이와 함께 「건설산업기본법」, 「건설기술 진흥법」 등 산업에 직접적인 영향을 미치는 법률 또한 인적자원의 수요와 공급상에서 나타나는 다양한 문제들이 법제화되고 있는 상황이다.

□ 건설기업 이해관계자 및 정치·사회적 요구 변화

사회, 경제적인 변화에 따라 노동조합의 영향력도 크게 증대되고 있다. 이에 따라 건설기업과 노동조합 간 다양한 마찰 요인들이 증대되고 있으며, 직접적으로 표면화되면서 건설생산 과정에서의 효율성을 저해하는 요인들도 증가하고 있다. 또한, 과거에 비해 민간 건설시장이 커짐

에 따라서 건설기업에 있어서도 주주, 경쟁기업, 고객 등의 기업에 대한 영향력이 커지고 있다.

건설기업에 대한 정치적, 사회적 요구도 증대되고 있는데, 최근 일자리 부족 문제가 커지면서 고용 확대에서의 건설기업의 역할 확대에 대한 요구도 증가하고 있다. 특히, 타 산업에 비해 현장 중심의 생산에 따라 다양한 현장 인력 운용과 관련한 일자리 창출 필요성이 증가하고 있다. 또한, 건설산업에 대한 사회, 경제적인 책임이 크다는 측면에서 사회적 책임 이행 그리고 윤리, 투명 경영의 필요성은 더욱 커지고 있는 상황이다. 특히 공공공사의 경우, 국가 및 공공기관을 상대로 한 계약의 특성상, 건설산업은 정치적인 이슈의 대상이 되는 경우가 많고, 이에 인적자원관리에 대한 정치적 관심도 크다.

□ 건설산업의 노동시장 변화

건설산업은 현장 중심의 생산, 노동집약적인 생산이 중심이 되기 때문에 건설 인력의 안정적 공급은 산업에 있어 중요한 이슈다. 최근 건설 현장의 근로자의 고령화 문제는 최대의 화두가 되고 있다. 또한, 숙련노동력 부족 문제와 연관되어 향후 건설 현장의 인력 공급 문제는 심각해질 것으로 보인다.

구체적으로 2024년 6월 기준 건설 기능인력은 146만 6천 명으로 계속하여 감소세를 기록하고 있다. 최근 2년만 하더라도 14만 4천 명이 건설 현장을 이탈하고 있다. 특히 이러한 이탈은 젊은 층을 중심으로 발생하고 있는 상황이다. 이에 건설 현장의 기능인력의 고령화는 급속히

진행되고 있다. 2024년 7월 현재 건설 기능인력의 평균 연령은 51.3세로 이중 40대가 21.8%, 50대가 34.5%, 60대 이상이 26.4%로서 40대 이상의 비중은 82.8%에 육박하고 있는 실정이다.

이에 따라 건설 현장의 인력난은 갈수록 심화되고 있다. 건설 노동자의 고령화는 빠르게 진행되고 있지만, 건설사들은 안전사고 위험을 이유로 고령 인력 채용을 꺼리고 있기 때문이다. 그 결과 외국인 노동자의 의존도는 높아졌지만, 언어와 의사소통 문제로 현장 운영에 어려움이 따른다. 여기에 수주 감소와 인건비 부담까지 겹치며, 폐업을 택하는 업체도 늘고 있다. 한국건설기술인협회에 따르면 올해 6월 말 기준 재직 중인 건설 기술인은 74만여 명으로 집계됐다. 이 가운데 50대 이상이 약 59.6%를 차지한 반면, 30대 이하 비중은 16.5%에 그쳤다. 여기에 건설 현장에 대한 안전 처벌 법규의 강화 등 법·제도 환경의 변화는 고령 인력 채용에 대한 부담을 더욱 가중하고 있다.

타 산업도 마찬가지지만, 여성 인력, 맞벌이 부부의 직장생활 증가와 이로 인한 육아 등 근로환경 문제도 커지고 있다. 특히, 여성 인력의 진출 확대는 건설산업도 마찬가지로 상대적으로 여성 인력에 대한 고려가 낮은 건설산업에 있어서는 또 다른 인적자원관리 상의 도전이 될 것으로 보인다.

□ 인적자원관리의 건설기술 변화에의 대응

AI 등 4차 산업혁명 기술, 과학기술의 활용 등 건설기술의 지속적인 발전은 인적자원 관리상에 있어 다양한 도전 이슈를 만들어내고 있다.

건설 일자리는 기술 발전에 따라 다양화되고 있을 뿐만 아니라 첨단 기술의 발전에 따라 건설기업의 입장에서선 건설기술 및 첨단 과학기술의 수용과 현장 활용에 관련 이슈가 등장할 것이기에, IoT, BIM 등 각종 신 기술 인력의 공급은 물론, 현장에서 다양한 시공기술 및 시공관리 상의 기술적 접목이 구체화됨에 따라 인력 수요의 양상도 다양해질 것이다.

또한, 건설기업의 직무 및 인력의 역량 변화에도 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 기존 직무의 수직적 즉, 업무 내용의 깊이가 지속적으로 깊어질 것으로 예측되며, 수평적 즉, 직무의 범위 확대 및 직무의 연계성 강화 등의 직무상의 이슈가 크게 증가할 것으로 예상된다. 이에 따른 인력의 필요 역량의 변화와 역량별 수준, 확대 및 평가 등 다양한 이슈가 등장할 것으로 보인다.

시공 중심에서 사업 영역에서 기획 및 PM, 유지관리 및 운영 관련 영역 등으로 건설의 비즈니스가 전·후방으로 확장되는 가운데서 발생되는 인적자원의 역량과 직무의 변화에 대한 대응도 중요한 이슈이며, 건설기업에 요구하는 인력의 수요에 있어 생산방식 변화에 따른 IT 및 데이터 전문가 등 다양한 분야의 역량을 요구하게 될 것이다.

인적자원관리의 기술적 발전도 예상되는데, 기존 건설기업의 인적자원정보 시스템이 경영 의사결정 및 사업전략 수립 등에 있어 활용성과 중요성이 더욱 커질 것으로 보이며, 다양한 소셜 네트워크 기술을 활용한 인적자원관리의 효율화도 지속적으로 진전될 것으로 보인다. 과거 새로운 인력의 채용 및 내부 인력의 보직 및 직무 관리 상에서 활용하는 인적자원정보관리 시스템도 지속적으로 발전되어질 것으로 보이며,

더 나아가 인력의 교육훈련, 성과 평가 및 직무관리에 있어서도 다양한 AI, 디지털 기술의 활용이 크게 증가할 것으로 전망된다.

건설기업의 인적자원관리 혁신을 위한 AI 활용

AI는 인적자원관리의 다양한 부문에서 인적자원관리의 혁신을 유도할 수 있는 혁신의 도구가 될 수 있다. 인적자원관리의 전 분야에서 AI는 업무의 간소화는 물론, 업무의 질적 향상을 도모할 수 있고, 더 나아가 건설기업의 경영 목표 달성을 위한 인적자원의 전반적인 질 향상에 기여할 수 있다.

AIHR의 자료에 따르면 AI를 활용한 인적자원관리의 기능의 9가지로서 정의하고 있는데, 채용 및 고용, 인력계획 수립, 인력의 on-보딩과 off-보딩, 인적자원 정보 지원, 학습 및 개발, 인적자원 분석, 인재 관리, AI 기반 코칭, 인적자원관리 파트너링 등이다.

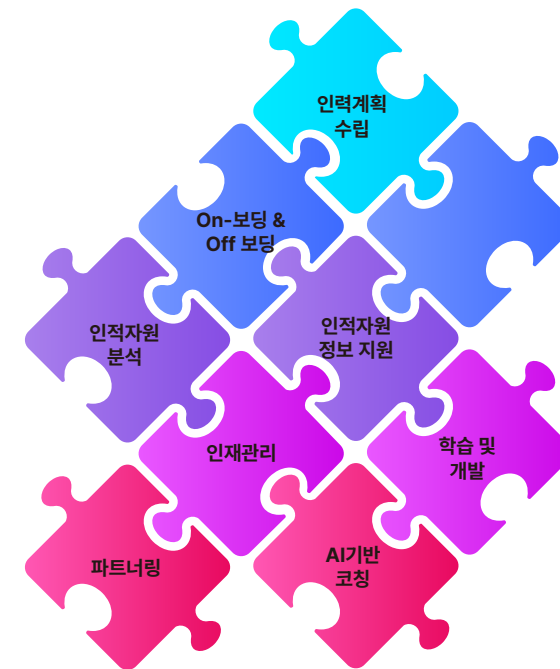
건설기업의 인적자원관리에 있어 건설산업의 특성을 고려하여 AI의 기술을 활용한 다양한 인적자원관리 기능의 혁신을 도모할 필요가 있다.

□ AI를 활용한 건설기업의 인적자원 확보

건설기업의 경우, 다양한 직종의 인력을 필요로 하고, 때에 따라서는 특정한 직무 경험이 있는 인적자원을 필요로 한다. 기술 직종 내에서도 건축, 토목, 환경, 조경, 기계설비, 전기 등 다양하고, 프로젝트 기반의

산업적 특성상, 우수한 인적자원의 확보는 건설기업의 성공에 있어 매우 중요한 과제이다. 앞에서 논의한 바와 같이 인적자원 수급에 어려움이 커짐에 따라서 우수한 인적자원의 확보는 건설기업의 경쟁력을 좌우하는 중요한 요소가 되었다.

AI를 활용한 인적자원관리 기능



자료 : AIHR

이러한 특성을 고려할 때, 건설기업의 인적자원 확보에 있어 AI 기술의 활용은 필수적인 요소가 될 것이다. 채용 적격자에 대한 경력 및 자질, 역량에 대한 종합적인 정보의 접근과 이러한 정보를 바탕으로 한 최

적의 후보자 선정 등에 있어 생성형 AI는 많은 기여를 할 수 있다. 특히, 경력, 기술, 프로젝트 경험을 기반으로 한 적합한 인재를 추천하는 AI의 기술을 활용하여 채용 후보군을 확대할 수 있으며, 채용 시간과 비용을 단축하고 우수 인재를 발굴하도록 한다. 또한, AI 기반의 응시 서류는 빠르게 적합한 후보자를 선정하도록 돕고, 키워드 분석을 통하여 직무 적합도를 평가하는데 유용하다. 특히, 채용 기준에 따른 객관적인 평가가 가능하다. BIM 등 디지털 및 AI 인력 등 기술인력의 수급에 있어 AI 기술의 활용은 필수적이다.

건설기업에 있어서는 적절한 직무 매칭에 있어 AI의 활용이 유용하다. 지원자가 갖고 있는 능력과 기업에서 요구하는 직무의 요구 사항에 대한 매칭 정도를 AI는 분석하고, 제안해 준다. 즉, 지원자가 갖고 있는 역량에 대한 분석은 물론, 직무가 요구하는 역량에 대해서도 다양한 데이터를 기반으로 제시해준다. 이를 바탕으로 적합도를 객관적으로 평가하기 위한 점수로서 제시해 준다.

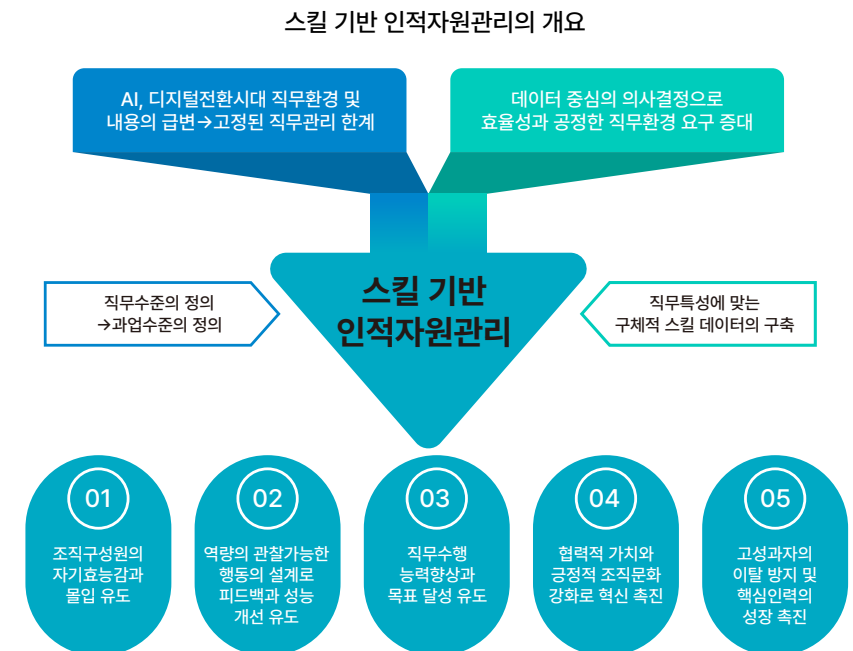
이와 함께 AI를 통하여 글로벌 건설 인재의 데이터 분석이 가능할 것도 건설기업에 있어서는 활용도가 높다. 건설시장이 글로벌화됨에 따라서 글로벌 인재들의 확보가 중요한 과제가 되고 있는바, AI의 활용은 필수적인 요소가 될 것이다.

실제로 Skanska에서는 AI를 활용하여 프로젝트에 필요한 기술 인력 확보와 배치를 최적화하고 있는데, AI를 통하여 프로젝트 인력 데이터의 분석, 기술 및 경력 데이터 기반의 인재 매칭, 프로젝트 수행상에서의 필요한 기술인력의 수요 예측을 하고 있다. 또한, 미국의 Suffolk

Construction에서는 AI 기반 채용 플랫폼을 통하여 우수 인재를 확보하고 있다.

□ 스킬 기반의 인적자원관리 정책을 위한 필수 요소, AI

최근 인적자원관리 분야에서 핵심적인 이슈 중 하나는 스킬 기반의 인적자원관리다. 이는 AI 시대의 도래에 따라 직무 환경 및 직무내용이 급변하고 있기에 이전의 고정된 직무관리가 한계에 이르고 있고, 보다 공정하고 효율적인 직무 환경에 대한 요구가 커짐에 따라 데이터 기반의 의사결정이 중요해졌기 때문이다.^[168]



이를 극복하기 위한 ‘스킬 기반 인적자원관리(Skills-Based Human Resource Management)’는 직원의 학력·직급·연공이 아니라 ‘보유 기술과 역량(Skill)’을 중심으로 인력 확보·배치·육성·평가를 수행하는 인적자원관리 방식이다. 스킬 기반의 인적자원관리를 실현하기 위해서는 관리하는 직무 수준을 과업 수준 단위까지 세분화하고, 직무 특성에 맞는 구체적인 스킬 데이터를 구축함으로써 직무 관리와 보상 등 인적자원관리 전반에 있어 스킬을 중시해야 한다.

건설기업에 있어 스킬 기반의 인적자원관리는 향후 인적자원관리의 방향이라고 할 수 있다. 다양해지고, 급속히 발전하는 기술환경과 점차적으로 복잡해지는 사업환경 속에서 인적자원의 직무 수행 능력 향상은 매우 중요하고, 프로젝트의 성공적인 달성을 위한 목표의 실현을 위한 조직 구성원 개개인의 목표 달성 의식과 직무에의 몰입은 필수적인 요소다. 이에 따라서 건설기업에 있어 스킬 기반의 인적자원관리는 향후 더욱 중요해질 것이다.

이러한 측면에서 AI를 활용한 직무 수준의 세분화를 통한 데이터 구축과 필요 역량에 대한 구체적인 스킬의 규명과 이를 확보하기 위한 직무 설계체계 및 직무내용의 개선은 매우 중요하다. 특히, 건설기업의 공종별, 프로젝트별 기술, 지식, 능력 및 경험 등 스킬 데이터의 구축하고, 이를 인력의 배치와 팀의 구성에 활용할 필요가 있으며, 이를 교육훈련에 있어 활용함으로써 각 직종, 분야, 사업별 맞춤형 교육프로그램을 구체적 제공할 필요가 있다. 더 나아가 개인과 조직의 성과 평가와 보상에 직접적으로 연결하는 것은 성과 향상을 위해 필수적이다.

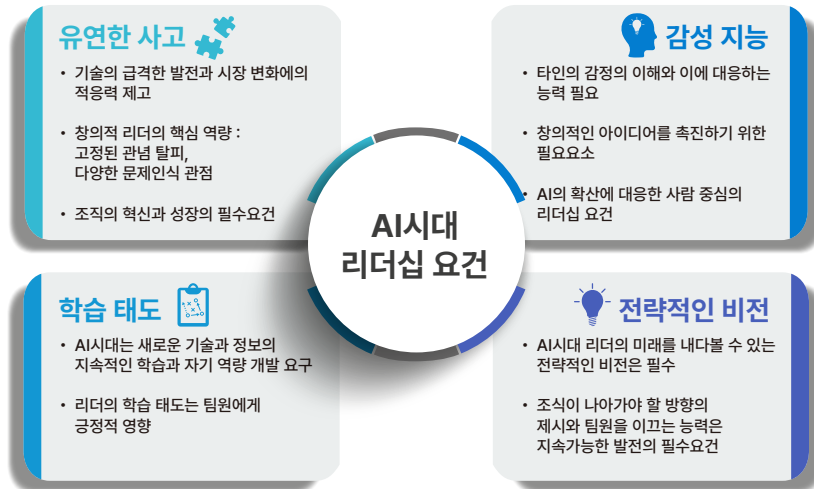
□ AI 시대에 부합하는 리더십 패러다임 전환

AI 시대가 본격화됨에 따라서 창의성과 혁신의 중요성이 커지고 있다. 이는 건설산업에 있어 마찬가지다. 소비자들의 건설 수요가 다양화되고, 건설산업을 둘러싼 금융, 인력, 기술 등 다양한 환경의 변화 속에서 건설경영의 지속가능한 성장을 위해서는 조직 구성원의 창의성과 혁신에 기반한 변화를 도모하는 것은 필수적이다. 이러한 측면에서 AI는 건설기업의 직무 중에서 단순하고 반복적인 직무들을 자동화 및 간소화함으로써 인적자원들의 창의성과 혁신 의지와 노력을 유도할 수 있다.

그러나, 이러한 AI를 활용한 조직 구성원들의 창의성과 혁신 유도를 위해서는 조직 내에 창의성과 혁신을 유도할 수 있는 리더십의 형성이 매우 중요한 과제다. 데이터 기반의 의사결정과 AI 기반의 생산 및 경영관리시스템 등 AI의 성공적인 안착을 위해서는 인간이 가지고 있는 감성과 직관, 창의성을 보완하는 노력이 필요하다.

AI 시대가 요구하는 리더십의 요건은 먼저 조직의 혁신과 성장의 필수조건인 ‘유연한 사고’다. 기술의 급격한 발전과 시장 변화에의 적응력 제고와 고정된 관념에서 탈피하여 다양한 문제 인식의 관점을 가진 창의적 리더를 필요로 하는바, 유연한 사고는 필수적인 요소다. 다음으로 감성 지능을 갖춘 리더십 정착이다. 타인의 감정의 이해와 이에 대응하는 능력인 ‘감성지능’은 창의적인 아이디어를 촉진하기 위해 필수적인 요소다. AI 확산과 함께 사람 중심의 리더십 요건은 더욱 필요성이 강조된다.

AI시대, 건설기업 리더의 리더십 요건



AI 시대의 확산은 필수적으로 새로운 기술과 정보의 지속적인 학습과 자기 역량 개발 노력을 필요로 한다. 따라서 학습에 대한 리더의 적극적인 태도는 조직 전체에 긍정적인 영향을 유발한다. 또한, AI 시대의 확산에 따라 리더들의 미래를 내다보는 전략적인 비전은 필수 요소인 바, AI의 건설기업 내 정착을 위해 조직 구성원들에게 조직이 나아가야 할 방향을 명확히 제시하는 리더십이 필수적일 수밖에 없다.

8

기업 대응 전략③

AI 시대, 기업 금융환경과 건설기업의 재무전략

AI가 기업 금융 환경을 바꾼다



AI 기술의 발전과 데이터 기반의 의사결정이 확대됨에 따라 기업의 금융시장 환경도 크게 변화되고 있다. 금융 의사결정, 자금조달 방식, 투자 전략 그리고 재무 리스크 관리가 AI 중심으로 재편되고 있다. 이에 따라서 기업의 재무관리 업무에 있어서도 AI 활용이 확대되고 있다. 재무 예측의 정확도 향상, 보고서 작성 속도 및 효율성 제고, 투자 및 자산 운용 판단의 객관성 확보 이상 징후의 조기 발견과 위험 대응, 데이터 기반 재무 의사결정 강화, 외부감사 대응 및 내부 통제 체계 등에 있어 AI 기술이 확산되고 있다.

건설산업은 프로젝트 단위의 금융 구조가 기반이기에 자금조달이 매우 중요하고, 건설프로젝트의 회계 및 자금관리, 비교적 장기적인 프로젝트로 인한 자금 소요 예측의 중요성이 다른 어느 산업보다 크다. 이로 인해 AI를 활용한 재무관리 전략의 수립과 이행은 매우 중요한 과제다.

AI 시대 금융시장의 환경 변화

AI의 발전과 함께 금융시장도 급속히 변화되고 있다. 데이터 기반의 의사결정이 정착됨에 따라 금융시장 역시 빅데이터 기반의 금융 분석 및 실시간 시장분석이 가능해졌기 때문이다. 또한, AI를 활용한 자동화 투자시스템 및 포트폴리오관리 등 금융자산이 관리에 있어서도 AI의 활용은 커지고 있다. 핀테크 기업의 성장과 함께 금융기관 간 경쟁구조가 크게 변화되고 있다. 이에 따라서 금융상품과 서비스 개발이 촉진되고 있고, 금융 리스크 관리가 고도화되고 있다.

□ 금융시장 참여자의 구조적 변화 가속화

AI 기술의 확산으로 인하여 금융시장 참여자의 구성이 다양해지고 있다. 은행, 보험사, 증권사, 신탁사 등 전통적인 금융기관이 금융시장의 중심을 이루었으나, 최근에는 데이터 기반의 금융기업인 빅테크, 핀테크 기업의 참여가 확대되고 있다. 이에 따라서 금융시장은 은행 중심에서 플랫폼 중심의 구조로 전환되고 있다.

빅테크 즉, 기존 플랫폼 기반으로 시장을 확대해 온 대형 IT 기업이 금융시장에 진출함에 따라서 금융시장의 플랫폼화 및 네트워크가 확대되고 있으며, 소규모 금융 중심의 혁신 서비스를 제공하는 핀테크 기업의 성장과 함께 간편결제, 송금, 자산관리 등 특정 영역에서의 혁신적인 금융서비스가 확대되고 있다.

빅테크 기업들이 기존 고객 기반을 활용해 결제, 송금 등으로 유입을 늘리고, 데이터 기반으로 대출·보험 그리고 펀드 등 상품을 연결하여 확장해 나감에 따라서 플랫폼 금융이 확대되고 있다. 이에 따라서 전통적인 금융기업과 빅테크, 핀테크가 경쟁하는 시장도 있지만, 협력을 통해 고도화된 금융서비스를 제공하게 되었다.

이러한 금융시장 참여자의 구조적 변화는 금융시장의 효율성을 높이는 긍정적인 효과가 있는 반면, 전통적인 금융기관보다 규제가 상대적으로 약함에 따른 금융 규제의 격차와 무리한 사업 확장, 소비자 보호에 대한 우려 등 부작용도 커지고 있다. 대형 IT기업들의 플랫폼 기반 시장의 독점 가능성이 커짐에 따라서 중소 금융기관의 경쟁력 약화를 초래할 수 있다. 또한, 플랫폼 장애 발생시 금융서비스가 중단되거나, 대규모 데이터 오류로 인한 금융시장의 혼란 등 금융 기능을 수행하는 가운데서 시스템 에러에 의해 발생하는 시스템 리스크의 발생 우려도 크다.

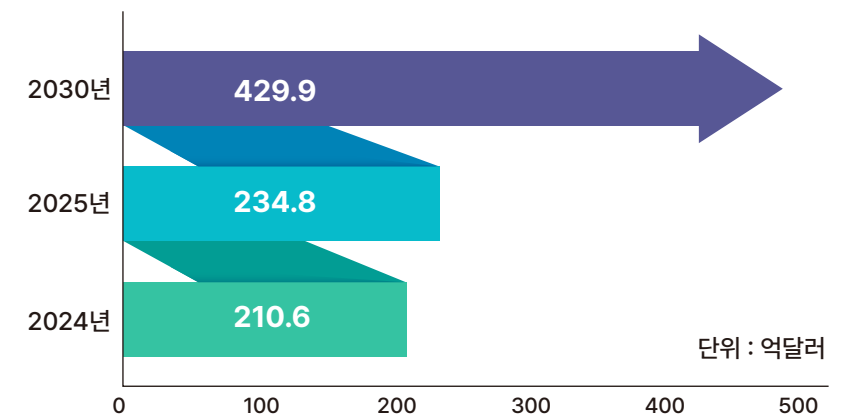
□ 금융거래 구조의 자동화 및 간소화

AI의 확산에 따라 금융거래의 속도와 방식을 변화시키고 있다. 알고리즘 기반의 자동 거래가 확대되고 있는데, 컴퓨터 알고리즘과 AI를 활

용하여 금융상품의 매매 시점·가격·수량을 자동으로 결정하고 거래하는 방식으로 금융시장 거래 구조를 크게 변화시키며 투자 전략, 시장 효율성, 리스크 관리 방식에 영향을 미치고 있다.

특히, 수학적 모델과 데이터 분석을 통해 최적의 거래 전략을 제안하는 금융거래 방식인 알고리즘 기반의 금융거래는 시장 데이터를 분석하여 AI 기술에 의해 자동으로 거래가 실행되도록 한다. 이러한 알고리즘 금융거래는 실시간 정보를 반영한 거래 속도의 증가와 자동화된 거래 시스템에 따른 거래비용의 감소와 금융시장의 참여 기회 증대로 유동성을 높이는 효과를 기대할 수 있다. 반면, 급변하는 금융시장의 변화에 따른 거래의 변동성 증대와 시스템 리스크의 발생, 상대적으로 거래빈도가 높은 고빈도 거래기업의 유리 등 공정성 저해 등의 문제가 있다.

알고리즘 금융시장 규모 및 전망



자료 : 그랜드뷰리서치

이와 함께 금융중개 구조의 변화도 커지고 있다. AI와 핀테크 발전으로 금융중개 구조가 변화되고 있는데, 은행 중심의 금융중개 구조가 약화되면서 플랫폼 기반 금융서비스의 확대와 P2P 금융 및 디지털 금융 확대가 본격화되고 있다. 탈 중개화가 가속화되고 있다.

□ 금융 정보의 생산 및 활용의 고도화

AI는 금융거래의 핵심적 요소인 금융 정보의 생산과 활용에 있어서 큰 변화를 가져오고 있다. 빅데이터 기반이 확충됨에 따라서 빅데이터 기반의 금융 정보 생성이 일반화되고 있고, 다양한 정보의 소스 즉, 뉴스, SNS, 기업 공시 등의 비정형 데이터 분석은 보다 금융 정보의 접근을 용이하게 하고 있다. 특히, AI 기반의 금융 정보의 접근은 금융시장에서의 정보 비대칭성 문제를 완화하는 역할을 담당할 수 있다.

금융 정보의 활용에 있어선 분석 능력의 향상이 두드러진다. AI는 기존 분석 방식보다 많은 데이터를 빠르게 분석하여 보다 정교한 금융 분석과 시장 정보를 제공해 하도록 돕는 역할을 수행한다. 머신러닝 기반의 금융 데이터 분석과 내외부 데이터를 통한 시장 트렌드 및 패턴의 분석 그리고 투자 위험에 대한 예측 등 금융 정보의 분석 능력은 AI의 성장과 함께 지속 확대될 것으로 전망된다.

이에 따라서 활용 범위는 지속적으로 확대되고 있다. 금융 정보의 생산과 활용에 AI가 본격적으로 활용됨에 따라서 개인투자자에 대한 맞춤형 투자 정보의 제공이 가능해졌고, 기업에 대해서는 맞춤형 금융 전략을 제안해준다. 또한, AI 기반의 자산관리 서비스는 AI가 투자 성향,

시장 정보를 분석해 포트폴리오를 구성, 리밸런싱하고 마이데이터, 생성형 AI를 활용해 개인 맞춤형 자산관리를 가능하게 해준다.

□ 금융상품 및 서비스의 혁신

AI 기술은 금융상품 개발과 금융서비스의 혁신을 가속화하고 있다. AI는 금융산업의 디지털 전환을 가속화하며 금융상품 개발 방식, 금융서비스의 제공 방식, 고객 맞춤형 서비스 구조 등에 있어 큰 변화를 초래하고 있다.

먼저 맞춤형 금융상품에 있어 AI는 고객의 금융 데이터와 소비 패턴을 분석하는 데 활용된다. 개인의 투자 성향을 분석하고, 개인에 맞춘 자산관리 전략과 이를 위한 금융상품을 제안해 준다. 금융기관의 입장에서 고객 중심 금융서비스의 확대로 고객 만족도를 높일 수 있다.

대표적인 것이 “로보어드바이저(Robo-advisor)”이다. 로보어드바이저는 컴퓨터의 알고리즘을 사용하여 고객과 금융 데이터를 분석해서 어떤 투자 상품에 가입하면 좋을지를 추천해 주는 디지털 금융 자문 서비스이다. AI 알고리즘에 의한 투자 포트폴리오의 배분 및 투자의 리밸런싱에 대한 제언 및 자동화, 투자 리스크 분석을 상대적으로 수수료가 작고, 24시간 자동적으로 투자를 관리하는 로보어드바이저가 담당하고 있다. 또한, AI의 확산에 따라 전통적인 신용평가를 넘어 비정형 데이터 기반의 신용평가가 가능해졌고, 이를 통하여 대출업무의 혁신적인 변화가 나타나고 있다.

이뿐만 아니라 AI 챗봇을 활용한 24시간 금융 상담 서비스를 통하여

과거 금융서비스를 받기 어려웠던 시간에 상담이 가능해졌다. 이는 고객 응대에 들어가는 금융기관들의 비용을 혁신적으로 절감토록 하고 있으며, 서비스에 대한 고객들의 인식도 크게 개선되고 있다.

기업 재무관리 혁신을 이끄는 AI

통상 기업의 재무관리는 기업의 자금을 조달하고 자금의 운용하는 일체를 뜻하나, 최근 기업의 재무관리는 기존 전통적인 관리를 넘어 AI의 확산으로 기업의 전략적인 의사결정에 있어 핵심적인 요소가 되었다. 특히, 재무 데이터의 분석, 위험관리, 자금조달 등 재무관리 전반에 있어 혁신적인 변화를 가져오고 있다.

AI 기술의 발전으로 이런 재무관리 업무는 더욱 고도화될 것으로 전망된다. 특히, 실시간 데이터 분석, 예측 정확도 향상, 자동화 범위 확대 등이 주요 트렌드가 될 것이다. 또한, AI의 도입으로 재무 담당자의 역할은 단순 업무 처리에서 전략적인 분석과 의사결정 지원으로 변화되게 될 것이다.

□ 재무관리를 돕는 AI

기업은 AI를 재무제표 분석 및 보고서 초안 작성, 현금 흐름 예측 및 자금 계획 수립, 예산 편성 및 비용 분석 자동화, 투자 수익률 분석 및 시나리오 모델링, 위험 탐지 및 이상 거래 감지, 회계 정보 요약 및 정기

보고 자동화, 핵심 성과지표 및 경영성과 분석 자동 리포팅, 내부 통제 문서 및 점검 리스트 자동 작성 등의 업무에 다양하게 활용해 성과를 거두고 있다.

재무 데이터의 분석 업무에 있어 AI는 널리 활용되고 있다. 기업은 AI를 재무제표 분석의 자동화에 활용하고 있다. AI는 복잡한 재무제표를 빠르게 분석하고 중요한 문제점 및 시사점을 도출하는 데 있어 탁월한 기능을 수행한다. 기존에는 재무 분석가가 수 시간에 걸쳐 수행하던 비율 분석, 추세 분석, 동종 업계 비교 분석을 AI가 짧은 시간에 수행한다. 또한, 기업은 AI를 재무 관리상 핵심 성과지표를 생성하여 경영진들의 의사결정을 돕는다. 이를 통하여 자사의 핵심 성과지표를 실시간으로 모니터링할 수 있다.

중장기 재무관리의 전망을 분석하는 데도 널리 활용되고 있다. AI는 다양한 경영 변화 시나리오를 고려한 재무 전망 모델을 구축하게 하는데, 불확실성이 높은 경영환경에서 여러 시나리오를 동시에 고려한 재무 계획 수립이 가능하다. 또한, AI를 자본 구조 최적화 업무에 활용되는데, 기업의 최적의 자본 구조를 분석하고 부채비율, 자기자본 비율 등 핵심 지표의 목표치를 설정하고, 이를 달성하는 정도에 대해 분석해 준다.

□ AI의 자금조달 및 운용에 활용

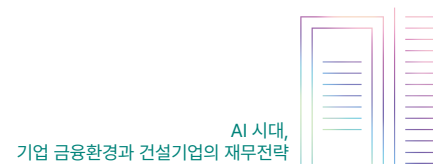
AI는 자금조달 시기 및 방법에 대한 최적화 제안이 가능하다. 구체적으로 AI는 시장 상황, 기업의 재무 상태, 투자계획 등을 종합적으로 최적의 자금조달 시기와 방법을 제안해 주고, 투자자 관계 관리 업무에 활

용되는데, AI는 투자자들의 관심사와 질문 패턴을 분석해 효과적인 재무관리 전략을 수립하도록 돕는다.

자금 집행 및 운영에 있어 AI는 최적의 관리 방안을 제시해 주기에 현금 흐름의 예측 및 관리 업무에 적극 활용될 수 있으며, 이때 AI는 과거 현금 흐름 패턴과 사업계획을 바탕으로 정확한 현금 흐름을 예측해 준다. 과거의 월별 매출 패턴, 원재료의 구매 주기, 비용의 집행 패턴 등을 학습해 향후 현금 흐름을 예측하며, 이러한 현금 흐름의 예측은 단기적인 자금 조달계획을 수립하도록 지원한다. 또한, 여유자금의 효율적 운용을 위해 다양한 투자 옵션을 분석하고, 최적의 포트폴리오를 제안해 줌으로써 최적의 자금 운용이 이루어지도록 한다.

AI는 재무 위험관리에 있어서도 유용하다. AI는 기업이 직면한 다양한 재무 위험을 체계적으로 평가하고 관리하기 위한 최적의 방안을 도출하는 데 활용된다. 거래처 신용도 평가 및 모니터링 등 신용 관련 위험, 자금 부족 가능성 사전 예측 등 유동성 위험, 환율, 금리 등 시장 위험, 내부 통제 시스템 등 운영 위험, 규제 준수사항 관리 등 주요 위험 요소가 기업 재무관리에 미치는 영향에 대한 분석을 통해 리스크 관리 업무를 지원한다.

AI가 건설기업의 전략적 재무관리를 이끈다



건설기업 재무관리의 특성과 AI

건설기업은 전통적 개별 건설공사(프로젝트) 중심으로 재무관리가 중요하다. 건설 현장마다 단위 사업별 사업 기간이 길고, 외부로부터의 자금조달이 높다는 점에서 타 산업과 다른 산업적 특성을 고려한 전략적 재무관리가 이루어져야 하기 때문이다. 이러한 가운데 AI의 발전은 건설기업 재무관리의 변화 또한 가속할 것으로 전망된다.

□ 프로젝트 중심의 재무관리를 고도화하는 AI

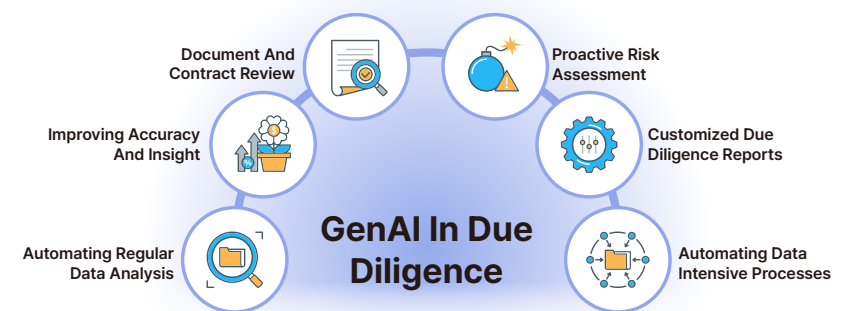
건설기업은 오랫동안 수익과 비용 등 자금 및 비용관리를 프로젝트 단위로 관리하였다. 이에 따라 사업별 손익의 관리, 프로젝트별 자금조달 계획의 수립 및 이행, 공사 진행률에 따른 수익 인식 등을 재무차원에서 관리하는 특성을 갖는다. 특히, 대형 건설사업은 프로젝트 금융(PF) 중심으로 이루어짐에 따라 재무적 참여자들이 다양하며, 이는 위험관리에 있어 세심한 주의를 요구하고 있다.

이에 따라 건설기업의 재무관리에 있어서는 프로젝트별 재무관리와 리스크의 분산관리가 중요하며, 프로젝트 수행기간 동안에 발생하는 다양한 재무적 위험의 예측이 매우 중요하다. 또한, 자금조달의 안정성 확보는 프로젝트의 성공과 직결되기 때문에 무엇보다 자금조달에 있어 안정성과 자금조달 리스크의 최소화는 매우 중요한 요소다.

AI의 발전은 이러한 프로젝트 중심의 재무관리가 중요한 건설기업에 있어 큰 변화를 가져올 것으로 예상된다. 다양한 프로젝트 데이터에 기반하여 예측적 재무관리가 가능해짐에 따라 프로젝트의 수익성 분석이 고도화되고 있고, 수익성에 따른 프로젝트의 선별 가능성이 커질 것이기 때문이다. 특히, AI는 공사 기간, 자재 가격, 인력 투입량, 공정 지연 요인 등을 종합적으로 고려한 프로젝트의 수익성 분석의 고도화가 빠르게 정착될 것으로 전망된다. 또한, 최근 PF 부실 문제가 지속됨에 따라 부동산 개발 프로젝트에 대한 수익성 분석이 중요해졌다는 점을 고려할 때 향후 AI를 통한 프로젝트의 수익성 예측은 더욱 활성화될 것으로 기대된다.

AI를 활용한 프로젝트 재무관리가 확산됨에 따라서 기존 프로젝트의 성과관리에 초점을 맞춘 사후관리 방식의 재무관리 방식에서 사전 예측 관리 중심의 재무관리로 전환될 것으로 보인다.

프로젝트 금융의 실사(Due Diligence)에의 AI 활용



자료 : SoluLab

□ AI를 통한 비용관리 혁신

최근 원자재 및 인건비의 상승으로 인해 건설프로젝트의 수익성이 지속 하락하고 있고, 부동산경기 침체로 인하여 부동산시장의 재무적 위험이 다른 어느 때보다 커진 상황이다. 여기에 국내외 금리 변동성 증가로 인하여 건설사업 추진을 위한 자금조달 비용이 지속적으로 증가하고 있다.

이에 따라 건설기업의 재무관리에 있어 핵심은 건설공사의 원가관리라고 할 수 있으며, 이는 원가관리가 업의 수익성과 재무 안정성을 좌우하는 핵심 경영 요소이기 때문이다. 건설업은 프로젝트 중심 산업이며 계약 금액이 대부분 사전에 정해져 있기 때문에, 공사원가를 얼마나 효

율적으로 통제하느냐에 따라 기업의 이익이 결정되기에 그렇다.

이러한 건설공사의 원가관리에 있어 AI는 관리의 자동화는 물론, 프로젝트 전체의 손익 관리에 있어서도 활용도가 날로 증대될 것으로 전망된다. 건설공사가 원가관리의 핵심인 원가 데이터의 실시간 분석에 있어 AI 기술은 이미 기존 개발된 기술로도 충분히 널리 활용될 수 있으며, 다양한 원가절감 방안을 제안해줄 것이기 때문이다. 더 나아가 프로젝트 진행 중 비용 초과 위험이 발생할 경우, 그 위험에 대해 AI는 조기 경고가 가능하다는 장점 또한 갖추고 있다.

쉽게 건설공사 원가관리에서의 AI의 활용을 정의하자면, AI 기반의 원가관리 시스템은 빅데이터, 머신러닝, 자동화 기술을 활용하여 공사비 데이터를 분석하고 비용 발생을 예측하며 원가 초과위험을 사전에 관리하는 시스템이다. 공정 및 자재 가격, 인력 투입, 장비 사용, 계약 및 설계 데이터를 종합적으로 수집하여 AI 알고리즘을 통해 분석함으로써 공사비를 예측하고, 이를 통하여 원가 통제 그리고 공정계획, 자재구매 등 의사결정에 있어 다양한 정보를 제공한다.

이를 통해 공사원가를 절감할 뿐만 아니라 정확한 원가 관리를 통하여 프로젝트 수익성을 개선하고, 재무적 리스크를 감소시킨다. 또한, 건설공사의 수행에 있어 최적의 의사결정을 지원하며, 건설공사에서의 재무관리 전반의 업무 효율화를 도모할 수 있다.

□ 자금조달 전략의 최적화를 유도하는 AI

건설프로젝트는 대규모 초기 투자가 크다. 특히 부동산 개발사업의

경우, 토지 매입, 설계 및 인·허가 그리고 착공하기까지 들어가는 금융 비용이 크기 때문에 프로젝트의 자금조달 계획의 수립과 적기 이행은 매우 중요한 프로젝트 성공의 키(Key)이다. 결국 건설기업의 입장에서 자금조달 역량은 기업의 성장과 재무 안정성을 결정하는 요소이며, 경기 변동성이 높은 산업적 특성상, 안정적이고 효율적인 자금조달 전략을 수립하는 것은 전체 경영의 효율성을 좌우하게 한다. 또한, 건설공사의 공사 기간이 긴 경우, 공정단계별 비용 발생을 예측한 자금조달은 프로젝트의 원활한 진행을 결정하고, 프로젝트에 따라서는 대금 회수의 지연 가능성을 고려할 필요가 있다.

AI는 이러한 건설기업 자금조달의 특성을 고려하여 자금조달의 역량을 강화시킬 수 있다. AI는 방대한 금융 데이터를 분석하여 금리, 금융 시장 상황, 투자 흐름 등을 실시간으로 파악할 수 있도록 하여 최적의 자금조달 시점을 결정하는데 기여할 수 있다. 또한, AI 기반 재무 분석 시스템은 기업의 재무 상태와 사업 리스크를 정밀하게 분석하여 최적의 자금조달 전략을 수립하도록 돕는다.

AI 플랫폼을 활용하여 투자자와 프로젝트를 자동으로 연결할 수 있는데, 인프라 및 부동산 투자 플랫폼과 글로벌 투자자 네트워크에의 접근을 가능하게 하여 자금조달 채널의 확대를 도모할 수 있도록 하고, 회사채, PF, 투자 펀드 등 다양한 자금 조달원에 대한 시나리오 분석을 통해 금융비용을 최소화하기 위한 최적의 자금조달 전략을 제시해 준다.

더 나아가 기업의 자금조달에 있어 필수적인 관리 요소인 신용평가 및 금융기관과의 신뢰도 향상에 있어서도 AI를 활용할 수 있으며, 이

때 AI는 프로젝트 관련 빅데이터(시장 동향, 지역별 규제, 환경 영향 평가 등)를 분석하여 신용위험을 정량화한다. 기존 통계 모델에 비해 20~30% 더 정확한 연체율 예측을 가능하게 하여 프로젝트 승인 결정의 신뢰도가 크게 향상된다.

AI를 통한 건설기업의 재무관리 혁신

AI 기반의 재무관리를 통한 건설기업 재무관리 업무의 고도화 및 경쟁력 확보를 위해서는 재무관리 업무 전반에 있어 AI 기술이 갖고 있는 특성을 고려한 재무전략의 수립과 이행이 중요하다.

AI를 기반으로 한 건설기업의 재무관리 혁신을 위해서는 다음과 같은 7가지의 재무관리 혁신 전략을 추진할 필요가 있다.

첫째, 데이터 기반의 재무관리로 예측성 제고이다. 재무전략에 있어 가장 핵심은 데이터에 기반한 재무관리를 정착하는 것이다. 기존의 경험 중심의 재무관리 관행 즉, 경영자와 프로젝트 경험자의 경험에 의존하던 재무 의사결정을 데이터 분석 기반의 재무 의사결정 방식을 정착시킬 필요가 있다. 데이터 분석에 기반하여 공사비와 비용을 예측함으로써 프로젝트의 성공 가능성을 높여야 한다.

둘째, 프로젝트의 리스크 관리의 고도화다. AI는 다양한 데이터를 분석하여 프로젝트 리스크를 사전에 분석하여 프로젝트 수행에 있어 리스크를 최소화한다. 주가, 환율, 금리 변동, 급격한 자금 소요 등 재무적

인 리스크는 물론, 공사 지연, 시장 수요의 변화 등 비재무적인 리스크 등 전반적인 리스크의 사전 예측을 통하여 리스크를 최소화하기 위한 전략을 사전에 수립, 이행하여 리스크를 최소화한다.

셋째, 현금 흐름 관리의 정확성 제고다. AI는 공사 진행률에 기반한 자금 흐름을 예측하고, 자금 부족 위험을 조기에 발견하여 경고하며, 금융조달 시점을 최적화함으로써 금융비용을 최소화한다. 건설프로젝트는 장기 프로젝트로서 현금 흐름 관리가 가장 중요한 재무관리 기능이라는 점에서 AI를 통한 현금흐름 관리의 정확성을 높이는 노력은 필수적이다.

넷째, 비용관리의 고도화다. 특히, 건설기업 재무관리의 핵심인 공사원가 관리에 있어 AI 기술을 활용하여 건설공사의 원가 데이터의 실시간 분석을 통해 공사원가 통제 능력을 향상할 필요가 있으며, AI가 제안하는 원가절감 방안을 건설공사의 원가관리에 활용할 필요가 있다. 더 나아가 사업과 관련된 인건비, 재료비, 상각비, 감가상각, 이자지급 등 재무적 비용은 물론, 브랜드, 평판, 리스크, 고객 만족 등 비재무적 비용에 대한 실시간 모니터링을 통해 건설기업 비용관리를 고도화할 수 있다.

다섯째, 자금조달 체계의 혁신이다. 건설프로젝트가 이전에 비해 복잡해지고, 사업 형태가 다양화함에 따라서 자금 조달원의 다각화는 매우 중요한 바, AI는 자금 조달원의 다각화에 있어 매우 유용하다. 은행 중심에서 벗어나 다양한 자금 조달원의 분석이 가능하고, 건설기업의 재무 부담을 분산시키기 위한 자금조달 체계의 구축에 있어 AI는 최적의 제안을 제시한다. AI는 금융시장 데이터를 분석하여 최적의 자금조

달 전략을 수립하도록 한다.

여섯째, 금융 분석 역량의 고도화다. AI는 기업 내부 데이터와 외부 시장 데이터를 통합적으로 분석하여 보다 정밀한 금융 분석이 가능하다. 건설기업이 수행하는 건설프로젝트들은 외부조달 의존성이 크고, 시장 변동성의 영향을 크게 받기 때문에 보다 정밀한 금융 분석 역량은 필수적이다. 따라서 AI 기술의 활용은 필수적이다. AI를 통하여 금융 분석의 정보 범위를 확대하고, 사전 대응형 금융 관리를 강화하며, 리스크 분석 역량을 키울 필요가 있다.

마지막으로 통합 재무관리 플랫폼의 구축이다. AI가 유용한 재무관리 도구가 되는 것은 회계 정보, 프로젝트, 시장, 투자 등 다양한 데이터를 통합적으로 분석이 가능하다는 데 있다. 건설기업의 경우, 프로젝트 중심의 재무관리가 중요하고, 시장 등 외부 영향을 많이 받는다는 측면에서 통합 재무관리 플랫폼을 구축하는 것은 매우 중요하다. 기업 내부의 전체 금융 상황을 종합적으로 분석하는 것은 건설기업의 경영에 있어 매우 중요하다.

종합적으로 볼 때, AI의 활용은 재무관리 영역에서 혁신적인 변화를 불러오고 있다. 재무 데이터 분석부터 위험관리 및 자금조달까지 재무 업무 전반에 걸쳐 AI의 도입이 재무관리의 효율성과 정확성을 크게 향상시킬 것이기 때문이다. 건설기업은 AI를 활용해 시장 변화에 즉시 대응하는 재무전략 수립, 더욱 정교한 재무 예측 모델 개발, 반복적이고 규칙적인 정형화된 재무 업무의 자동화 등을 적극적으로 추진해 나갈 필요가 있다. 이를 통하여 재무 담당 부서 또는 담당 인력들이 단순 업무 처

리에서 전략적 분석과 의사결정 지원으로 변화시킬 수 있도록 할 필요가 있다. AI가 제공하는 분석결과의 비즈니스 의미 해석, AI 분석을 바탕으로 한 재무전략 수립, AI가 다양한 정보들을 분석해 탐지한 위험 관리 요소에 대한 대응방안 수립 등의 업무를 잘 추진해 나갈 필요가 있다.

AI를 활용한 건설기업 재무관리 혁신과제



9

기업 대응 전략④

AI로 건설기업의 혁신적 사업전략 구축

AI가 비즈니스 패러다임을 바꾸고 있다



AI는 기업들의 상품 및 서비스의 종합 경쟁력을 강화하는 데 있어 중요한 요구로서 자리잡고 있다. AI는 상품 및 서비스의 개발단계에서 기획부터 출시까지 전 과정의 혁신을 유도할 수 있으며, 연구개발 단계에서는 AI의 방대한 기술 데이터베이스를 분석해 혁신적인 기술 조합을 제안한다. 더 나아가 서비스 영역에서는 고객 경험의 질적 수준을 높여준다.

AI 시대에는 기업 경쟁이 심화하고 있는 사업환경에서 경쟁우위 확보를 위해 데이터 기반의 경쟁우위 인프라를 구축하는 것이 중요하다. 즉, AI를 활용해 운영 프로세스를 지속 최적화하고 비용을 절감하며, 생산성

을 향상해야 하며, 혁신적인 비즈니스 모델을 개발해야 한다. 뿐만 아니라 새로운 비즈니스 창출에 있어선 AI 기술의 활용은 필수적이라 할 수 있을 정도로 일상화 되고 있다.

건설기업으로 이를 치환하자면, 지속적으로 건설산업 환경이 변화되고 경쟁이 심화되며, 기술 발전이 급속히 이루어짐에 따라서 AI를 활용한 사업모델의 혁신과 새로운 비즈니스의 창출을 적극적으로 도모할 필요가 있다. 특히, 건설시장의 축소와 경쟁 심화 속에서 이를 극복해야 하는 중소 건설기업은 AI 인식도와 활용도가 낮은 상황이기에 보다 적극적인 AI를 활용한 사업전략 모색은 그 어느 때보다 중요하다.

AI를 활용한 상품 및 서비스 경쟁력 강화

기업의 국내외 경영환경의 변화가 가속화됨에 따라서 기업들은 상품과 서비스 혁신을 위해 많은 노력을 경주하고 있다. AI 기술을 활용하여 기존 상품을 고도화하거나 새로운 비즈니스 모델을 창출하는 경영혁신을 적극적으로 추진하고 있거나, 상품 혁신 전략의 수립에서부터 혁신적인 비즈니스 모델의 개발에 이르기까지 상품의 기획과 출시, 판매에 이르기까지 전반적인 혁신을 도모하고 있다.

□ AI를 통한 데이터 기반의 혁신적 상품 설계 및 개발

데이터 기반의 상품 설계란, 다양한 고객의 피드백 데이터를 기반으로 하여 상품의 기능을 개선하고, 고객의 수요에 부합하는 상품을 설계하는 것이다. 고객의 사용 패턴의 분석, 제품 기능의 확장에 대한 AI의 추천 그리고 최적화된 상품 설계 프로세스의 혁신을 도모하는 데 있어 AI는 유용한 도구가 된다.

이러한 데이터 기반의 상품 설계는 제품의 실패 확률을 현저하게 줄이고, 시장에 적합한 상품 출시로 이어져 상품의 판매를 개선한다. 또한, 상품 개발에 소요되는 시간도 줄일 수 있다. 또한, 고객 데이터를 기반으로 한 상품의 설계는 개인 맞춤형 상품을 제공하게 함으로써 새로운 수요를 창출할 수 있다.

상품 설계에 활용되는 데이터는 고객 행동 데이터, 구매 데이터, 시장 트렌드 데이터, 경쟁사 정보, SNS 및 온라인 데이터 등이 활용되며, 이를 통하여 고객 선호, 소비 패턴, 시장 수요 변화, 가격 민감도 등의 분석이 가능하며 이를 바탕으로 상품 기능과 가격구조, 다양한 옵션의 추가 등 상품 설계가 가능하다. 상품 출시 이후에도 데이터를 분석하여 지속 상품을 개선하는 데 활용한다.

AI는 기존의 상품 설계에 있어 오랜 기간 경험에 의존하던 것에서 탈피하여 데이터 중심의 상품 설계가 가능해지게 하기에 표준 상품에 초점을 맞추던 설계에서 맞춤형 상품 설계, 개발에 이르는 시간 단축시켜 실시간으로 상품 수요를 반영하는 장점이 있다.

□ AI를 통한 고객 서비스의 확장

고객 중심의 서비스 혁신에 있어 AI가 가장 기여하는 측면은 무엇보다 '초개인화(Hyper-Personalization) 서비스'의 창출이다. 고객 행동 데이터를 분석하여 개인별 맞춤 서비스를 제공할 수 있다. 특히, 상품과 연관된 금융, 기술 등 다양한 영역의 서비스와의 통합을 통하여 보다 전문화된 서비스를 제공한다. 이를 통하여 고객 만족도를 높이고, 서비스 이용률과 고객 충성도를 증가시킨다.

AI 기술 발전으로 고객 서비스는 오프라인 중심에서 디지털 기반 서비스로 전환되고 있고, AI 챗봇, 모바일 서비스, 온라인 상담 시스템 등이 고객 접점의 핵심 채널로 자리잡고 있다. 고객의 구매패턴과 고객 이탈 가능성 그리고 고객가치 등의 분석을 통해 고객의 선호도와 행동 패턴을 파악함으로써 서비스의 영역을 확장해 나간다. 또한, AI 챗봇, 음성 상담 AI, 자동 고객 대응 시스템 등 AI 기반의 고객서비스 체제 구축을 통하여 운영비용을 절감하고, 고객 응답 속도를 향상시키며, 서비스 품질 또한 향상시킬 수 있다. 이와 함께 고객 데이터를 분석하여 미래 수요를 예측하고 선제적 서비스를 제공한다.

금융, 유통업, 여행업 등에서는 고객의 행동 데이터와 소비패턴을 분석하여 맞춤형 금융상품의 추천, 개인화 쇼핑 추천 그리고 개인 맞춤 여행 서비스를 통하여 고객의 만족을 높이고 있다. 이와 유사하게 건설 및 부동산산업에 있어선 AI 기반의 분양 상담 서비스, 스마트 주거 관리 서비스, AI 기반 주택 유지관리 서비스를 확대시키고 있다.

이러한 서비스의 확장은 서비스 편의성을 향상시켜 고객 만족도를 향

상시키고, 고객 충성도를 증가시키며, AI 기술을 통하여 기존 서비스 확장에 소요되는 비용을 절감하고, 서비스 경쟁력을 향상시킬 것이다.

□ AI를 통한 상품 개발 혁신

AI 기술의 발전은 기업의 상품 개발 방식 자체를 근본적으로 변화시키고 있다. 과거 상품 개발이 경험과 직관 중심이었다면, 이제는 데이터 기반·예측 기반·맞춤형 중심의 상품 개발 체계로 전환되고 있다. 이는 AI는 고객 데이터, 시장 데이터, 경쟁사 데이터를 분석하여 고객 행동 데이터 분석, 시장 수요 예측, 경쟁 상품과 트렌드 분석 등을 통해 상품 기획 단계에서부터 과학적 의사결정을 가능하게 하기 때문이다. 이러한 상품 개발은 실패 확률을 감소시키고, 시장 적합성을 향상시킨다.

AI는 방대한 데이터를 분석하여 신상품 아이디어를 자동으로 도출할 수 있게 하는데, SNS 데이터, 검색 트렌드, 소비자 리뷰, 시장 보고서 등을 바탕으로 하여 새로운 상품 개발의 아이디어를 창출할 수 있다. 이를 통해 혁신 아이디어 발굴 속도를 증가시키고, 시장 트렌드에 선제적으로 대응하게 한다. 또한, AI는 다양한 데이터를 분석하여 신제품 출시 후 시장 수요를 예측할 수 있다. 소비 패턴, 경기 변수, 경쟁사 전략, 가격 탄력성 등의 데이터를 분석하여 시장에서 새로운 상품의 시장 수요를 예측함으로써 상품 생산계획 최적화하고, 재고 리스크 감소시킨다.

AI는 상품 개발 과정의 다양한 단계를 자동화하는데, 디자인 자동 생성, 제품 사양 최적화 등 상품 개발 과정을 자동화하며, 시제품을 테스트함으로써 상품의 수요를 예측할 수 있다. 상품 개발 과정에서의 AI의

활용은 상품 개발의 생산성 향상과 인력 효율성을 증대시킨다. 또한, AI는 고객 리뷰, SNS 의견 등을 분석하여 상품 개선에 실시간 반영한다. 기술 감성 분석(Sentiment Analysis), 텍스트 마이닝, 고객 경험 분석 효과 등을 바탕으로 상품 품질을 지속적으로 개선하며, 고객 만족도 향상시킨다.

AI의 상품 개발에서의 활용은 외부 데이터와 협력네트워크를 활용한 개방형 상품 개발(Open Innovation)이 가능하게 하는데, 스타트업과의 협력을 위한 데이터 공유 플랫폼을 통해 공동 연구개발 등이 가능하다.

AI를 통한 새로운 비즈니스 창출

AI는 기업의 새로운 비즈니스에의 접근을 가능하게 한다. AI는 기존 사업의 효율화 수준을 넘어 완전히 새로운 비즈니스 모델과 시장을 창출하는 핵심 기술로 작용하고 있다. 특히 데이터·플랫폼·자동화 기술과 결합되면서 기업은 AI 기반 신규 서비스, 디지털 플랫폼, 지능형 솔루션 사업을 창출하고 있다.

AI를 통한 새로운 비즈니스 창출은 크게 세 가지 흐름으로 접근한다. 먼저 AI는 기업이 보유한 데이터를 분석하여 새로운 수익 모델을 만들도록 유도한다. 데이터 자체가 새로운 상품의 될 수 있는바, 데이터 분석 서비스, 산업 데이터 플랫폼의 제공, 고객 데이터 기반의 마케팅 서비스의 창출 등이 가능하다. 또한, AI 자체의 서비스를 통한 비즈니스를

창출할 수 있는데, AI 분석 서비스, AI 자동화 솔루션 그리고 AI 예측 서비스 등 AI가 제공하는 다양한 서비스를 상품화한다. 또한, 부동산, 금융, 물류 산업 등에서 널리 활용되는 플랫폼 기반의 비즈니스가 한 축을 이루고 있다. AI 기반의 부동산 플랫폼, 금융 플랫폼 그리고 물류 플랫폼 등이 거래에 발생하는 비용을 줄이고, 효율성을 높이고 있다.^[169]

□ AI를 통한 신사업 기회 발굴

기업은 AI 기술을 활용해 기존 사업 영역을 확장하거나 완전히 새로운 사업 영역을 진출할 수 있다. 이를 위해서는 체계적인 기회 발굴과 평가 프로세스가 필요하다. 또한, 기업은 시장 겹 분석을 통해 현재 시장에서 충족되지 않는 고객 니즈를 파악하고, AI 기술로 이를 해결하는 방안을 모색할 수 있다. 개인화된 건강관리 서비스, 예측 기반 유지보수 서비스, 지능형 금융상품 등이 새로운 사업 기회가 될 수 있다. 그리고 AI 기술 융합을 통해 새로운 가치를 창출하는 것도 가능하다. AI와 사물 인터넷, 블록체인, 빅데이터 등 다른 기술을 결합해 전에 없던 새로운 서비스나 상품을 개발할 수 있다.

AI 기반 클라우드 및 추천 비즈니스를 추천하는 “아마존”은 전자상거래 데이터를 기반으로 AI 기술을 활용해 AWS(AI 기반 클라우드 서비스), AI 추천 알고리즘 기반 광고 및 판매 플랫폼, 음성 AI 서비스(Alexa 생태계) 등 새로운 사업을 창출하였다. 이로 인해 AWS는 현재 아마존의 핵심 수익원 중 하나가 되었고, AI 추천 시스템이 전체 매출의 상당 부분을 차지하고 있다.

AI 기반 자율주행 서비스를 제공하는 “테슬라”는 자율주행 소프트웨어(FSD), 차량 데이터 기반 서비스, 개발 중인 로보택시 플랫폼 등 차량 데이터를 활용하여 자율주행 소프트웨어 사업을 창출하였다. 이로 인해 자동차 생산업체에서 AI 소프트웨어 기업으로 확장되고 있다.

OTT 서비스 기업인 “넷플릭스”는 AI 추천 알고리즘을 활용하여 시청 데이터 분석, 콘텐츠 성공 가능성 예측 및 맞춤형 콘텐츠 추천하는 서비스 영역을 확충하여 콘텐츠 제작 및 유통 전략을 혁신하고 있다. 이를 통해 데이터 기반의 콘텐츠 제작이라는 신사업영역을 창출하여 글로벌 OTT 시장으로 넓혀가고 있다.

중국의 보험회사인 “핑안보험”은 금융 데이터를 활용해 AI 기반 플랫폼 사업을 구축하였다. AI 금융 서비스, AI 의료 플랫폼 및 AI 보험 심사 시스템 등을 개발하여 AI 금융·헬스케어 플랫폼을 구축하여 AI 기술기업으로 성장하고 있다.

“삼성전자”는 AI 기술을 활용하여 다양한 스마트 서비스 사업을 확대하고 있다. AI 스마트홈 플랫폼, AI 가전 서비스, AI 반도체 설계 기술 등 스마트 서비스 사업은 지속 확대되고 있다.

□ 신사업 창출을 가능케 하는 AI 파트너십과 생태계 구축

기업이 AI 기반 신사업 성공을 위해 단독으로 모든 것을 해결하려 하기보다는 전략적 파트너십을 구축하는 것이 효과적이다. AI 기술 전문 기업, 데이터 제공업체 그리고 유통 파트너 등과의 협력을 통해 신속하고 효율적인 사업 추진이 가능해지고 있다. 또한, 기업이 오픈 이노베이션 접근법을 통해 외부의 혁신적인 아이디어와 기술을 적극적으로 도

입하고, 내부 역량과 결합해 새로운 비즈니스 모델을 창출할 수 있다. 이는 위험을 분산하면서도 혁신 속도를 높이는 효과를 가져오고 있다.

AI 전문기업과 협력하여 새로운 기술 기반 사업을 개발하고 있는데, “마이크로소프트”는 “OpenAI”와의 협력하여 혁신적인 구독 모델을 공동으로 선보였다. 아마존은 클라우드 자회사 아마존웹서비스(AWS)는 소프트웨어 개발 스타트업 “허깅페이스”(Hugging Face)와 파트너십을 맺고, 허깅스가 개발한 “ChatGPT”의 경쟁 제품인 언어 생성 툴 “블룸”을 통해 자사 클라우드에서 애플리케이션을 개발하는 고객에게 이 툴(Tool)을 제공하고 있다.

또한, 기업 간 데이터 협력을 통해 새로운 데이터 기반 서비스를 개발하는 사례도 늘어나고 있다. 금융기관들이 IT 기업들과 손을 잡고 AI 금융서비스를 개발하여 활용하고 있고, 건설업체들은 도시 데이터 기업과 손을 잡고, 스마트 시티 서비스로 영역을 확충해 나가고 있다.

AI 플랫폼을 중심으로 다양한 기업이 참여하는 생태계형 비즈니스 모델이 만들어지고 있다. “Google AI 플랫폼”, “Amazon 클라우드 AI 플랫폼”, “NVIDIA AI 컴퓨팅 플랫폼”등이 대표적이다.

이 밖에도 대기업 AI 스타트업과 협력하여 전략적 투자와 공동 연구 개발 그리고 기술 아이센싱을 공동으로 추진하고 있으며, 기업과 연구기관이 협력하여 AI 기술을 공동 연구개발하고 있는데, 대학 연구소와의 협력, 산업 연구 컨소시엄 구성을 통해 신사업 영역을 창출하는 기업들이 늘어나고 있다.

AI 시대, 건설기업 사업전략재설계가 필요하다



AI 시대, 건설기업 사업환경의 변화

누차 반복적으로 강조하고 있으나 AI의 활용이 확산됨에 따라 건설기업의 사업환경도 빠르게 변화되고 있다. 건설사업의 성공을 위한 핵심 경쟁 요소가 변화되고 있으며, 사업의 추진에 있어 시장구조, 경쟁방식, 사업모델과 생산방식이 변화되고 있다.

이러한 변화 속에서 건설기업의 사업 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소도 데이터와 스마트 기술이 핵심 경쟁 요인으로 변화되고 있고, 건설업도 플랫폼 중심의 산업으로 변모함에 따라 플랫폼 시장 대응 역량이 매우

중요한 경쟁 요소가 되었다. 생산 과정에 있어선 지능형 생산이 확산되고 있으며, 디지털 기반의 생산이 확대되고 있다.

□ AI로 인한 건설시장의 구조 변화

건설산업은 전통적으로 자본력, 프로젝트 경험, 지역, 인맥 등 외적 요인 중심의 산업이었으나, AI의 확산에 따라서 기술 경쟁력이 핵심 요소가 되고 있다. 프로젝트의 기획에서 시공, 유지관리에 이르기까지 AI 기반의 기술이 확산됨에 따라서 이에 대응한 기업의 대응역량이 경쟁력이 되고 있다. 이러한 AI 기술의 확산은 향후 기업 간의 기술 격차를 심화시키고, 더 나아가 기업의 경쟁력 차이로 확대될 것으로 보인다.

디지털 기술의 발전과 함께 타 산업과의 융합이 본격화된 이래 AI 확산으로 건설산업과 타 산업 간의 경계가 더욱 약화되고 있다. ICT와 건설산업의 융합은 더 이상 특이한 사례가 아니며, 최근에는 데이터 서비스, 에너지 등 주요 성장 산업과의 융합을 통하여 새로운 사업모델을 개발하고 있다. 건설산업이 융합형 산업으로 변모되고 있는 것이다. 이뿐만이 아니라 과거 시공 중심의 산업에서 AI의 확산에 따라 서비스 중심의 산업으로의 전환이 빠르게 이루어지고 있다. 기존의 건설사업 추진 과정에서 축적된 데이터를 중심으로 건축물의 유지관리, 데이터 서비스 등 서비스를 확장하고 있다.

이와 함께 건설업에 있어 스타트업의 확산은 건설산업을 협력네트워크 중심의 산업구조로 전환시키고 있다. AI, 스마트 건설기술 등 건설기술 관련 스타트업의 창업이 활성화되고 있고, 부동산산업과 관련된

스타트업의 확산은 더욱 거세지고 있다. 이러한 건설 분야의 스타트업들의 사업 영역은 건설기업들의 사업 확장과 맞물려 상호 협력 혹은 경쟁 관계가 형성되고 있다. 대형 건설기업들은 자체적인 기술 역량 확보에 주력하든 반면, 중견, 중소 건설기업의 경우, 성장하는 스타트업 기업들과 협력네트워크를 통한 기술 경쟁력 확보에 주력할 것으로 보인다. 이에 따라서 건설산업 내 스타트업과의 협력네트워크는 크게 확산될 것으로 예측된다.

건설시장에 있어 AI는 경쟁을 심화시키고 있다. 특히, 해외 건설시장에서의 글로벌 경쟁은 더욱 가속화될 것이다. 글로벌 건설기업들이 디지털 전략을 지속 추진하고 있고, 기술 기반의 경쟁 심화 속에서 AI 등 새로운 기술의 발전은 경쟁을 더욱 가속화 시킬 것으로 전망된다.

□ AI로 인한 건설 상품의 질 변화

AI 건설기술의 발전은 건설 상품을 물리적인 구조물 중심의 상품 구조에서 지능형, 맞춤형, 지속 가능한 고부가가치 상품 구조로 변화시키고 있다.

AI 기술을 활용하여 건축물 등 시설물의 지능적인 고도화가 빠르게 진전되고 있다. AI 기반의 시설물의 환경 및 에너지 관리의 고도화가 빠르게 진행되고 있으며, 기후, 환경 등 환경변화를 자동으로 제어하는 기능을 갖춘 시설물에 대한 수요가 빠르게 확산될 것으로 예측된다. 현재 건축물 중심으로 발전하고 있는 지능형 시설 수요는 도로, 교량, 철도, 항만, 수자원 시설 등 토목시설물로 확장되어 센서 및 IoT 장치, 데이터

수집 시스템, AI 분석시스템, 자동 운영 및 관리 시스템 등을 접목된 ‘지능형 인프라’의 수요로 확장될 것으로 전망된다.

AI 기술은 고품질 건설의 시장 정착을 빠르게 진전시킬 것이다. AI에 기반한 설계시스템은 설계의 최적화를 도모하도록 하고, 품질 및 안전과 직결되는 각종 시공 과정의 자동화가 빠르게 진전되며, 품질관리에 있어 AI 데이터 분석에 기초한 관리 시스템의 도입은 품질을 향상시킬 것이다. 특히, 주택에 있어서는 AI 기술을 활용하여 스마트 생활환경을 제공하게 될 것으로 보이는데, 스마트 홈 시스템의 발전과 가전제품, 공조 시설 등 다양한 시설과의 음성 기반의 제어 기능 그리고 스마트 보안시스템 등 스마트 한 주거환경을 조성하는 기술적 발전으로 고품질 건설이 확산될 것으로 보인다.

이와 함께 최근 기후 변화 대응 등 환경적 이슈가 급증하고, 사회적 책임과 통합에의 산업 및 기업의 기여 등 사회적 이슈의 증가에 따라서 건설시설물 특히, 건축물의 지속가능성 제고는 중요한 이슈가 되고 있는데, AI 기술의 발전은 이러한 건설의 지속가능성 제고에도 크게 기여할 수 있다. 제로에너지 건축물, 그림 리모델링 등 에너지 효율 건축물의 확산, 탄소 배출 저감형 건축물의 확산 그리고 친환경 자재 및 장비의 활용 증대에 있어 AI의 확산은 큰 기여를 할 것으로 전망된다.

□ AI를 통한 새로운 사업모델로의 확장

건설기업에 있어 기존 주택 및 토목시설물 등 인프라 관련 수요의 감소에 따라 새로운 사업 창출은 최대 현안이 되고 있다. 건설업과 연관된

자재 제조·유통업, 시설물 유지관리 등 서비스업으로 확장 그리고 환경·에너지 등 기후 환경 변화에 따라 중요성을 더해가는 신분야에의 진출은 물론, 건설업과 관련이 낮은 새로운 업종으로의 진출까지도 모색하고 있다.

이러한 상황에서 최근의 AI 기술의 급속한 확산은 건설기업이 기존 사업 영역을 확장하거나, 새로운 사업 영역으로의 진출하는 데 있어 큰 역할을 담당할 것으로 예측된다. 먼저, 데이터를 활용한 데이터 기반 신사업의 창출은 건설기업에 있어서도 신사업의 기회를 늘려줄 것이다. 건설 공사를 수행하는 과정에서 축적된 데이터 즉, 공정, 원가 데이터, 다양한 리스크 요인 분석, 부동산시장 데이터 등을 활용하여 새로운 서비스를 창출하여 상품으로 개발이 이루어질 수 있다. 더 나아가 이러한 데이터들은 건축물 등 시설물의 운영이나 관리 서비스에서의 전문성을 높일 것으로 보여, 이는 운영 서비스 사업으로의 확장을 유도할 수 있다.

AI 기술은 기존 건설기업의 사업을 플랫폼 사업으로의 전환 또한 가속하는데 기여할 수 있다. 건설 공사의 수행에 있어 관리 프로세스 및 관리 기술을 패키지로 한 플랫폼 서비스도 새로운 건설 서비스로 확장될 것으로 예측되며, 건설 생산 과정에서 소요되는 자재, 장비 등의 공유를 가능하게 하는 플랫폼 서비스 이미 성장하고 있다. 더 나아가 건설사업 전반에서 생산되는 데이터를 중심으로 한 건설 데이터 플랫폼도 성장할 것으로 전망된다. 이를 바탕으로 하여 부동산 가치 평가, 투자 분석 및 임대 관리 등 부동산 및 관련 자산의 관리에 있어서도 건설기업의 참여는 확대될 것이다.

AI 기술의 발전은 설계 및 엔지니어링 분야에 있어서도 새로운 사업 기회를 제공해 줄 것으로 보인다. AI를 통한 설계 자동화가 정착되고 설계 대안의 다양화와 최적화는 물론, 시설물의 구조적 안전 분석 서비스도 엔지니어링 분야의 새로운 사업으로 확대될 것으로 보인다.

또한, 환경 및 에너지 산업의 중요성이 커짐에 따라서 친환경 및 에너지 서비스를 위한 시설은 물론, 재생에너지 개발 및 유통 등에 있어서도 건설기업의 참여는 확대되고 있다.

AI 시대, 건설기업의 사업 경쟁력 확보를 위한 전략

건설기업에 있어 AI 기술의 성장은 기존 사업환경을 변화시키고 있는 반면, 새로운 사업 기회의 창출과 사업 경쟁력을 향상시키게 될 것이다. 이를 위해서는 건설기업은 AI를 활용하는데 있어 명확한 목표와 이를 실행하기 위한 프로세스의 개선이 필수적이다. 따라서 AI와 관련된 경영기획 및 운영 역량 강화, 내·외부 환경 분석 및 체계화 그리고 외부 협력네트워크 확충 등이 필요하다.

□ AI를 활용한 전략적 경영기획 및 운용 역량 강화

급속한 환경변화와 수요 변화를 경험하고 있는 건설기업의 경영 기획 업무에 있어 AI의 활용은 경영 기획 역량을 크게 향상시킬 수 있다. AI는 경영기획에 있어 시장 변화 예측의 정확도 향상, 보고자료의 자동화

및 효율화, 경영전략 수립의 객관성 확보, 데이터 기반의 의사결정 역량 강화, 경영 리스크의 대응력을 높일 수 있어, 향후 건설기업에 있어 AI의 활용은 선택이 아닌 필수가 되고 있다.

구체적으로 건설기업의 경영기획에 있어 AI는 단순히 하나의 기술을 도입하는 것 이상이라 단정할 수 있다. 기업의 비전과 전략을 AI 기술과 융합하여 새로운 가치를 창출하고, 변화하는 시장 환경에 능동적으로 대응할 수 있는 조직 역량을 구축하는 것이 실질적인 경영기획에의 AI 활용이라 할 수 있다.

이를 위해서는 무엇보다 AI에 대한 명확한 목표를 설정하는 것이 중요하다. AI 도입 목표가 비즈니스 목표와 연계성을 갖도록 하여야 한다. AI 도입이 기업의 매출 증대, 비용 절감, 고객 만족도 향상, 운영 효율성 제고, 신사업 창출 등 구체적인 비즈니스 목표에 어떻게 연결해야 하는지를 명확히 정의해야 한다. 이와 함께 AI 도입의 성공 여부를 객관적으로 평가할 수 있는 측정 가능한 핵심 성과지표를 설정할 필요가 있다. 투자 수익률(ROI), 업무 처리 시간 단축률, 고객 만족도 개선율, 신사업 성장률 등 객관적인 성과지표가 필요하다.

이뿐만 아니라 기존 기업의 사업 및 운영 프로세스 및 시스템을 AI 중심으로 재설계할 필요가 있다. 이는 단순히 기존 프로세스와 시스템에 AI 도구를 추가하는 것이 아니라, AI의 특성을 활용해 운영 프로세스 자체를 혁신하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 AI를 활용하여 복잡한 의사결정 과정을 지원하는 시스템을 구축할 필요가 있다. 결국, AI도 인간의 협력이 필수라는 점에서 인간-AI 협력 모델을 구축할 필요가 있

다. 이는 AI가 데이터 분석과 패턴 인식을 담당하고, 인간이 창의적 사고와 전략적 판단을 담당하는 역할 분담을 통해 시너지 효과를 극대화할 필요가 있다.

□ AI 시대의 내·외부 환경 분석 및 체계화

건설기업이 AI를 활용하여 사업전략을 수립하고, 사업 경쟁력을 확보하기 위해서는 무엇보다 자사의 현재 상황을 정확히 파악하는 것이 중요하다. AI는 기업 내부의 다양한 데이터를 통합 분석해 숨겨진 패턴과 인사이트를 도출한다. 또한, 기업은 인적자원 현황을 분석해야 한다. AI는 조직 구성원들의 업무 수행 패턴, 역량 수준, 성과지표 등을 종합적으로 분석해 조직 운영의 비효율성을 찾아낸다. 특히, 건설기업의 경우, 사업의 성공적 수행에 있어 조직의 운영이 가장 중요한 요소인 바, 이에 대한 AI를 통한 보완은 매우 중요하다. 특히, 건설공사를 수행하는 현장에서의 효율적 조직 운영을 위해서는 조직 운영상의 비효율을 최소화하는 것은 매우 중요하다.

재무 상황에 대한 종합적인 분석은 사업 경쟁력을 향상하는 데 있어 매우 중요한 요소다. 단순히, 재무제표 검토를 넘어 현금 흐름 패턴, 수익성 분석, 비용 구조 최적화 등을 통해 재무 건전성을 종합적으로 평가해야 한다. 이러한 분석에서도 AI는 유용한 도구다. 복잡한 재무 데이터 간의 상관관계를 분석해 잠재적 위험을 사전에 감지하고 대응 방안을 제시해 준다.

이때 사업 경쟁력을 높이기 위해 기업 내부의 운영 프로세스에 대한

정확한 진단은 필수다. AI는 생산, 구매, 물류, 고객 서비스 등 각 부문의 효율성을 측정하고, 병목 구간을 식별한다. 건설기업은 이를 통해 프로세스 개선 우선순위를 정하고 구체적인 개선 방안을 마련할 수 있다.

이러한 내부 환경 분석과 함께 외부 환경의 분석은 매우 중요한 요소다. AI는 보다 정확하고 광범위한 외부 환경 분석이 가능하다. 시장 동향 분석에서는 AI를 통하여 뉴스, 소셜 미디어, 업계 보고서 등 다양한 정보원을 실시간으로 모니터링하고 분석해 시장 변화를 조기에 감지한다. 또한, 경쟁사의 분석도 필요하다. AI는 공개된 정보를 체계적으로 수집하고 분석해 경쟁사의 전략 변화, 신제품 출시 계획, 마케팅 전략 등을 파악할 수 있다. 이는 자사의 경쟁 전략 수립에 있어 매우 중요한 정보를 제공한다. 고객을 체계적으로 분석하는 것도 중요하다. 건설기업이 그동안 상대적으로 소홀했던 고객에 대한 분석에 있어 AI는 유용한 도구다. 특히 민간 건설시장의 중요성이 커짐에 따라서 고객 행동 패턴, 선호도 변화, 불만 사항 등을 실시간으로 분석해 고객 요구의 변화를 빠르게 파악하는 것은 향후 건설기업의 핵심 경쟁력이 될 수 있다.

□ 기업 외부(타 업종, 타 기업, 타 영역)와의 협력네트워크의 확대

AI 시대에는 건설기업의 경쟁력은 내부 역량보다 외부 협력 네트워크의 수준에 의해 좌우될 것이다. 특히 AI는 데이터, 기술, 인재가 분산되어 있기 때문에 다양한 외부 주체들과의 협력은 사업구조의 혁신과 사업전략의 실행에 있어 중요하다. ‘개방형 협력 네트워크’의 구축은 AI를 통한 건설기업 혁신의 기반을 조성하기 위한 필수조건이라고 할 수 있다.

그 이유를 구체적으로 살펴보면, 먼저 AI 기술의 확보에 있어 빠른 AI 기술의 속도를 따라가기에는 자체 개발만으로는 경쟁력을 확보하기 힘든 상황이 되었다. 이에 따라 외부 기술 파트너십의 확대와 활용은 필수적인 요소가 되었다. 기술개발에 들어가는 비용의 절감은 물론, 기술을 통한 혁신의 성과에도 속도를 내도록 지원할 수 있기 때문이다. 특히 건설기술의 경우, 기술 유형에 따라서는 대규모의 투자와 개발에 소요되는 시간이 오래 걸리는 경우가 많으므로 협력적인 기술개발은 기술혁신에 있어 매우 중요하다. 특히, 건설산업에의 AI 기술은 다양한 디지털 기술과의 융합이 빠르게 진전되고, 다양한 공종의 프로젝트를 수행하는 성격상, 특화 기술개발의 이익 실현이 쉽지 않다는 점을 고려할 때 외부와의 협력네트워크 구축을 통한 AI 기술개발은 필수적이다.

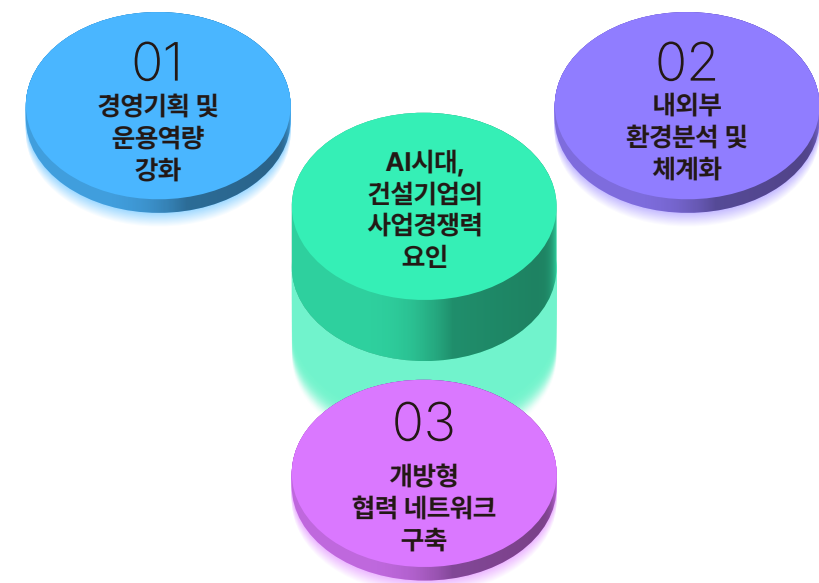
최근에는 이와 관련하여 범 건설기업 간 데이터 협력네트워크의 형성이 가속화되고 있다. 건설기업도 설계사, 시공사, 발주자, 운영전문기업과의 데이터 협력은 향후 건설 프로젝트의 성공적 수행에 있어 매우 중요한 경쟁 요소가 될 것으로 판단하고 있기 때문이다. 프로젝트 단위의 데이터 통합과 데이터 공유 플랫폼 구축을 통하여 새로운 사업 기회의 창출은 물론, 기존 사업의 효율성을 높일 수 있다.

최근 건설업 내에도 AI 스타트업들이 빠르게 성장하고 있어 혁신의 기반이 대폭 확충되고 있기 때문에 AI 및 건설기술 관련 스타트업과의 전략적 협력관계 구축은 혁신 성장은 매우 중요한 경쟁 요소가 되었다. 특히, 중소 건설기업의 경우, 이러한 스타트업과의 전략적 협력은 다양한 사업 기회의 창출을 가능하게 하고, 변화하는 기술환경에의 대

응력을 높인다.

더 나아가 기술개발과 인재 확보를 위한 대학, 연구기관과의 협력은 향후 더욱 가속화될 것으로 예상되고, 우리나라 내부의 협력네트워크뿐만 아니라 글로벌 기업과의 공동 프로젝트, 해외 스마트 시티 조성 사업의 참여 그리고, 국제적인 기술 협력 네트워크에의 참여 등 국제협력 네트워크의 구축도 빠르게 진전되고 있다.

건설산업의 특징과 기술 대전환의 구조적 한계와 동력



자료 : 김보영(2026.16.)[6]



10

기업 대응 전략⑤

**AI 시대,
건설기업 조직문화 혁신 전략**

AI의 성공적 안착, 조직문화에 달려 있다



AI는 이제 도입 단계를 넘어서 정착 즉, 내재화 단계로 접어들고 있다. 기술 도입을 넘어서 이제 기업 내 AI 정착을 위한 기업 내 사고방식 및 일하는 방식, 기업의 가치와 철학의 변화 등 문화적인 혁신이 필요하다. AI의 정착을 위한 조직문화의 혁신은 AI의 데이터 기반 의사결정 문화의 조성 및 학습하는 조직, AI 시대에 맞는 리더십 역량 개발, 윤리적 문화 조성 등을 통해 가능하다.

건설기업에 있어서도 AI 정착은 기업문화의 변화를 요구하고 있다. 건설사업의 수행에 있어 인적 요소의 중요성이 크고, 프로젝트 기반의

협력적 생산이 기반이 되기 때문에 AI의 정착은 문화적 혁신을 요구하고 있다.

AI 혁신의 성공을 위한 조직문화의 혁신

AI 혁신은 기술적 변화가 아니라 조직 변화라 할 수 있다. 실제로 많은 기업이 AI에 많은 비용과 인적자원을 투자하고도 성과를 내지 못하는 이유는 기술적 기반이 부족해서가 아니라 조직문화가 준비되지 않았기 때문이다. 따라서 AI 혁신의 성패는 조직문화에 의해 좌우된다고 볼 수 있다. 결국, AI가 확산됨에 따라서 이에 대응한 기업의 문화의 혁신을 도모하는 노력을 동시에 추진해야 한다.

□ AI 정착에 있어 기업문화가 중요한 이유

AI는 하나의 ‘기술’이 아니라, 조직의 변화를 불러오는 기업의 목표이자 기준, 원칙의 변화이기 때문에 기업의 일하는 방식의 전환으로 이해해야 한다. 이전에 경험과 직관에 의존하던 의사결정의 방식을 데이터 및 알고리즘 중심으로 바꿈에 따라서 하나의 도구가 아닌 조직 전체 혁신의 원동력을 제공하는 것이 AI라 할 수 있다. 조직문화가 그대로 유지되면 직원들은 기존 일하는 방식을 고집할 수밖에 없고, 이는 AI를 보조적인 수단으로 인식하게 된다. 결국, 실질적인 AI의 성과를 창출하는 데 실패할 수밖에 없다.

AI는 기존에 일하는 방식에 더해지는 기능이 아니라 전사적인 협력을 요구하기 때문에 기업문화가 중요하다. 데이터를 생산하고, 관리하는 주체는 단지 IT 부서만이 아니라 데이터의 구축 전략이나 활용은 경영진과 조직 구성원들이 하는 것이고, 이를 통합, 조정하는 것은 활용하는 일선에 있는 조직 구성원이다. 조직 내의 문화적인 요소가 필수적이다.

이와 함께 AI의 정착은 기업 내의 신뢰의 기반이 조성되어야 성공할 수 있다. 조직 구성원이 AI에 대하여 업무와의 관계를 명확히 인식하고, 신뢰할 수 있는 도구로서 인식하지 않는다면, 전사적인 AI 혁신은 이루어질 수 없다. 특히, AI를 일자리를 위협하는 요소로만 인식한다면 AI에 대한 저항은 불가피하다. 조직 구성원들의 수용성이 AI 정착의 전제조건이라고 할 수 있다. 즉, 수용성과 신뢰라는 문화적 요소가 바탕이 될 때 AI가 정착된다는 것이다.

AI는 실패를 전제로 하는 혁신이다. AI는 학습을 기본으로 하는 혁신으로서 조직 내의 다양한 실패와 오류를 개선하는 노력 속에서 출발하는 것으로 지속적인 AI의 확산은 실패를 전제로 하는 개방적 문화와 변혁의 문화를 필요로 한다.

또한, 조직 내부의 리더십이라는 조직 리더의 문화는 AI에 확산에 있어 매우 중요한 요소다. AI가 정착되기 위해선 리더들이 조직 구성원들의 변화에 대한 저항을 관리하고, AI 기술에 대한 불안감을 해소하며, 새로운 업무 수행 방식에 적응할 수 있도록 유도하는 리더십의 발휘가 중요하다. 이러한 리더십은 기업이 오랫동안 운영돼 오는 가운데에 형성된 문화적 요소다.

□ AI 시대, 데이터 중심의 조직문화

AI의 정착이란 데이터 중심의 기업으로의 성공적인 전환이라고 할 수 있다. 이는 조직 구성원 모두가 데이터의 중요성을 이해하고, 이를 활용하여 자신의 업무에 반영하는 문화를 만들어가는 과정이다. 데이터 중심의 접근 방식을 만드는 문화는 모든 부서와 팀이 협력하여 목표를 달성하고, 지속 가능한 성장을 이루는데 기여한다. 따라서 기업은 데이터 중심 기업으로의 전환을 위해 지속적인 교육과 훈련 제공하고, 데이터 활용에 대한 인식을 높여야 한다.

기업들이 경쟁력을 유지하고 지속 가능한 성장을 이루기 위해서는 데이터에 기반한 의사결정이 필수적이다. 데이터 중심 기업은 데이터를 수집, 분석, 활용하여 전략적 결정을 내리고, 이를 통해 고객 만족도를 높이며, 운영 효율성을 극대화하는 것을 목표로 한다. 이러한 데이터 중심의 접근 방식은 단순히 기술적인 변화를 넘어 조직문화 전반에 걸친 영향을 미치고, 영향을 받는다.

전통적인 기업문화는 경험과 직관에 의존하여 의사결정을 내리는 경향이 있다. 그러나 데이터 중심의 접근 방식은 이러한 고정관념을 깨고 모든 결정이 데이터에 기반해야 한다는 인식을 심어준다. 조직 구성원들은 데이터를 통해 더 나은 인사이트를 얻고, 이를 바탕으로 문제를 해결하는 능력을 키우게 된다. 이러한 문화적 변화는 모든 조직 구성원이 데이터에 대한 이해도를 높이고, 데이터를 활용하는 데 적극적으로 참여하도록 유도한다.

□ AI 시대, 기업 리더의 리더십

AI의 정착에 있어 기업 내부의 리더십 문화는 매우 중요하다. AI가 기업의 사고방식, 의사결정구조 더 나아가 문화를 바꾸는 것이라고 할 때, 이러한 변화를 촉진하는 것이 바로 리더십이다.

AI 시대의 리더는 AI 기술에 대한 기본적인 이해를 바탕으로 전략적 의사결정을 내릴 수 있어야 한다. AI시대 기업의 리더는 단순히 AI를 아는데 그쳐서는 안되고, AI를 활용하고, 조직 내에 전달하는 리더 즉, AI 기반의 리터러시를 성공적으로 수행하는 리더이어야 한다. AI 시대의 기업의 훌륭한 리더는 기업 내의 AI 전문가가 되고자 노력하는 사람이 아니라, AI의 가능성과 한계를 명확히 이해하고, 비즈니스 관점에서 활용 방안을 모색할 수 있는 능력을 갖춘 인재이다.

구글, 마이크로소프트 등 주요 기업의 자문 및 고문을 하고 있는 ‘버나드 마르(Bernard Marr)’는 AI 시대 리더의 핵심 리더십 자질을 10가지로 정의하였는데, 먼저, 민첩성(Agility)으로 AI의 빠른 변화 속도에 맞추어 변화를 부담으로 보지 말고 개인과 조직 차원 모두에서 성장과 혁신의 기회로 봐야한다고 하였다. 둘째는 ‘감성지능(Emotional intelligence)’으로 자동화가 촉진됨에 따라 감정 지능과 공감 같은 부드러운 기술이 더욱 중요해지기 때문이다. 셋째는 ‘문화 정보(Cultural intelligence)’로 더 다양하고, 세계화되고, 분산되는 일터의 환경을 이해하고, 모든 배경을 가진 사람들을 존중하고 잘 협력할 수 있어야 한다고 지적했다. 넷째는 ‘겸손(Humility)’으로 AI시대 리더는 자신감과 겸손의 균형을 이루어야 한다는 것이다. 다섯째, ‘책임(Accountability)’

으로 더 투명하고 책임지는 자세의 중요성을 강조했다. 게다가 리더의 행동은 회사의 목표와 분명히 일치해야 한다. 여섯째, ‘비전(Vision)’은 AI가 기업과 모든 이해 당사자들에게 미치는 영향을 이해하기 위해서는 지도자들은 큰 비전이 필요하다고 지적한다. 일곱 번째, ‘용기(Courage)’는 불확실한 것을 직시하고, 상황이 새로운 전략을 요구할 때 진로를 바꾸는 것을 말한다. 여덟 번째는 ‘직감(Intuition)’으로 데이터 중심의 의사결정이 일상화되더라도 급격한 변화에 대응한 리더의 독특한 직관 기술은 더욱 중요해질 것이라고 지적했다. 아홉 번째, ‘신뢰성(Authenticity)’은 AI의 정보혁명 속에서 다른 이해 당사자들과 신뢰를 쌓는 능력이 필요하며, 마지막으로 ‘초점(Focus)’은 놀라운 변화 속도와 지속적인 적응 필요성이 증대됨에 따라 조직의 전략적 목표에 보다 초점을 맞추어야 한다는 것이다.

□ 학습 조직화하는 AI 시대 기업문화의 핵심 요소

AI 기술의 변화 속도를 감안하면 기업이 기존의 경영전략만으로는 대응하기 어렵기 때문에 업무 프로세스와 학습 체계를 동시에 재설계해야 지속 가능한 경쟁력을 확보할 수 있다. 즉, AI 활용 역량을 기업의 지속 가능한 경쟁력으로 전환하기 위해서는 학습 중심의 조직 문화를 구축해야 한다.

AI 시대에는 AI가 지식 제공·문장 생성·요약을 빠르게 수행해도, 인간 고유의 사고·의미 해석·윤리적 판단 같은 역량은 조직이 체계적으로 기를 수밖에 없다. 따라서 학습조직은 AI 도구를 ‘학습을 돕는 수단’

으로 활용하면서도, 학습 과정·의미를 설계하고 지속 진화시키는 구조를 갖추는 것이 필요하다.

AI 도입이 단순한 기술 교체가 아니라 업무방식 전반의 구조 변화로 이어지므로, 조직은 AI 활용을 ‘학습과 개발(L&D)’과 함께 전략적으로 연계하여야 한다. 따라서 학습조직화는 AI의 필수 요소다. 따라서 변화가 빠른 환경에서는 학습 민첩성이 경쟁력으로 부상하며, 조직은 변화 센싱·큐레이팅·학습을 반복하는 체계를 갖추어야 하며, AI가 제공하는 정보·결과를 그대로 수용하기보다, 의미를 재구성하고 윤리적·사회적 맥락을 반영하는 학습이 필요해진다.

AI 시대 학습은 결과 중심에서 ‘과정+의미’ 중심으로 기록·평가를 재설계해 조직 구성원들이 스스로 해석하도록 유도하며, AI 활용 범위 설정에 있어선 문장 정리 등 편의는 허용하되, 의미 해석·가치 판단은 학습자가 수행하도록 가이드라인을 마련해야 한다. 또한, 직무별 필요 역량을 재정의하고, 핵심 직무부터 단계적으로 역량을 강화해야 한다. 이를 통하여 실패를 두려워하지 않는 ‘실험과 학습’ 문화를 통해 AI 도입을 지속 가능한 혁신으로 이어질 수 있도록 해야 한다.

AI 혁신의 성공을 위한 조직문화의 혁신 방향

AI 시대 기업의 AI 정착을 통하여 기업 혁신을 이끌기 위해서는 다음과 같은 조직문화 혁신이 필요하다.

□ 기업문화 혁신 방향① : 데이터 중심 문화로의 전환

먼저 기존의 경험과 직관, 전통을 중시하는 기업문화를 데이터, AI에 기반한 객관적 판단을 중시하는 문화로의 전환이 필요하다. 모든 중요한 경영 의사결정에 있어 데이터 근거한 의사결정을 중시하는 경영 관행이 정착되어야 하며, 데이터가 말하는 진정한 인사이트를 규명할 수 있는 능력이 필요하다. 이를 위해서는 보고서·회의에 데이터 근거를 중시하는 관행을 정착시키고, 전사 데이터 구축의 표준을 설정하고, 지속적인 품질관리가 필요하며, 데이터의 활용을 확대하기 위해 접근 권한을 점차적으로 확대해 나갈 필요가 있다.

□ 기업문화 혁신 방향② : 학습 중심의 조직 운영

AI는 지속적인 개선이 이루어지는 연속성과 지속성을 가진 시스템으로서 이해해야 한다. AI는 지속된 실행이 반복적으로 수행될 때 더욱 성과를 향상할 수 있는바, 일회성이 아닌 지속적인 변화를 유지하기 위한 학습조직화가 강화해야 한다. 사내 AI의 학습 플랫폼을 운영하여 상시적이고 지속적인 학습을 유도해야 한다. 이를 위해선 지속적인 학습의 원천을 얻기 위해 외부와의 협력을 확대할 필요가 있다. 특히, AI 시대의 학습조직은 실행 중심의 학습이 이루어질 수 있도록 실습이나 프로젝트 기반의 학습조직화를 강조할 필요가 있다.

□ 기업문화 혁신 방향③ : 협업을 강조하는 기업문화 구축

AI 시대의 기업들은 기존 전통적인 조직구조에 기반한 역할과 책임의 분산을 문제해결에 초점을 맞춘 협업 구조를 만들어갈 필요가 있다.

협업에는 조직 구성원 간의 협업과 인간-AI 간 협업을 모두 포함한다. 데이터 관련 조직 간의 협업을 활성화하여 데이터의 활용과 품질 향상을 도모할 필요가 있고, AI의 분석과 예측력에 대응한 인간의 판단과 책임성을 강조하는 협업을 구축할 필요가 있다. 이를 위해서는 직무별 AI 활용 표준 절차를 정의하고, AI의 결과에 대한 지속적인 검증 절차를 구축할 필요가 있고, 조직 간 협업에 대한 성과 측정의 반영 프로세스를 구체화해야 한다.

□ 기업문화 혁신 방향④ : 유연하고 민첩한 조직으로의 전환

AI 시대에는 유연하고 민첩한 조직 운영을 통해 빠른 의사결정과 실행이 이루어질 수 있도록 유도해야 한다. AI 시대에는 속도·적응력·실험이 경쟁력이기 때문에 기업은 전통적인 ‘안정 중심 조직’에서 벗어나 유연하고 민첩한(Agile) 조직문화로 전환해야 한다. 이를 통해 빠르게 시도하고, 빠르게 학습하고, 빠르게 확산하는 조직을 만들어가야 한다. 프로젝트 기반의 조직 운영을 강조할 필요가 있으며, 의사결정 체계의 단축과 권한의 적정 위임과 데이터 기반 의사결정의 확산 등이 필요하다.

□ 기업문화 혁신 방향⑤ : 신뢰와 윤리에 기반한 문화 구축

AI 시대에는 성과만큼이나 신뢰가 경쟁력이 된다. AI 알고리즘이 의사결정에 깊이 개입할수록, 기업은 윤리적 기준과 책임 있는 문화를 갖추지 않으면 AI를 통한 혁신을 도모하는 데 한계가 있을 수밖에 없다. 윤리적 문화가 필요한 이유는 AI 알고리즘은 편향성의 문제가 발생할 수 있고, 데이터에 대한 신뢰가 기반이 되지 않으면 결국에는 AI가 정착

될 수 없다. 따라서 공정성, 투명성 그리고 책임성에 기반을 둔 윤리적인 기준의 설정과 이에 대한 조직 차원의 관리를 위한 AI 윤리 조직 등 AI 거버넌스를 구축할 필요가 있다.

건설기업의 AI 혁신, 조직문화 개선에서 출발한다



건설기업 조직문화 혁신의 3대 방향

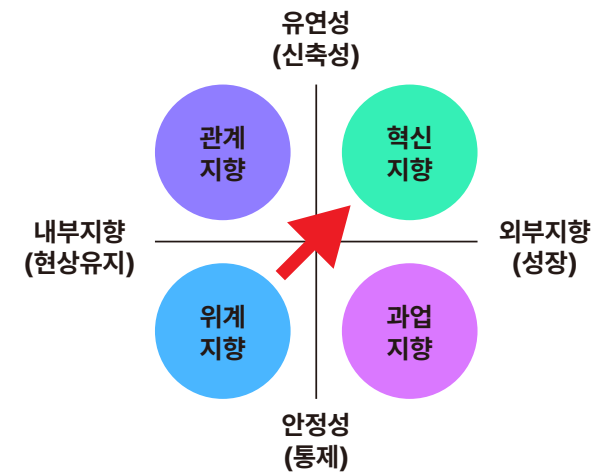
건설기업의 조직문화는 전통적으로 현장 중심·경험 의존·계층적 구조로 대변할 수 있다. 그러나 AI 시대, 변화하는 경영 환경하에서는 이러한 경직적·경험중심적 문화만으로는 경쟁력을 유지하기 어렵다. 건설기업의 조직문화 혁신은 단기간에 끝나는 단기 프로젝트가 아니라 지속적으로 추진해야 할 혁신과제다.

□ 건설기업의 혁신적인 조직문화 구축

글로벌 건설기업들의 가장 큰 성장 원동력은 다양한 위기 상황과 경영 환경 변화에 능동적으로 대처하고, 이를 타개하는 적극적인 경영 활동과 이를 수용하는 문화에 기반을 두고 있다. 이러한 글로벌 건설기업으로서 성장하는 데 필요한 제반 요소들은 바람직한 조직문화 아래에서 경쟁력을 갖출 수 있기 때문이다. 이들 기업들은 혁신 지향적 조직문화 구축에 집중하고 있는데, 혁신 지향적 조직문화란, 환경 변화에 유연하고, 고객 등 외부 이해관계자와의 연계를 강조하는 조직문화를 말한다.

우리 건설기업들이 직면한 최근의 경영 현안은 변화하는 건설 환경에 대응하여 지속적으로 확대되는 경영의 불확실성과 사업 리스크 증대, 기업 경쟁력 저하로서 어떻게 이러한 도전과제를 극복할 것인가 하는 것이다.

AI 확산을 위한 혁신적 건설기업 조직문화 방향



이는 환경 변화에 따른 경영의 불확실성을 낮추고 기회를 포착하는 경영에 의해 가능한데, 이러한 것은 무엇보다 조직문화와 직결되어 있기 때문이다. 결국, 최근과 같은 건설경영 환경하에서 건설기업의 최대 과제는 환경 변화에 맞춘 혁신 지향적인 조직문화를 구축할 것인가를 고민하고, 적절한 실행 프로그램을 이행하는 것이다. 이는 교육 훈련, 성과 평가 및 보상, 직무 관리 모든 측면에서 이를 고려할 필요가 있다.

□ 협력과 공정성의 조직문화 확대

하나의 건설프로젝트에는 투자자, 금융기관, 건설기업, 자재·장비 등 제조업자 등 다수의 많은 이해관계자가 존재하고, 건설 생산 과정에는 설계·엔지니어링사, 시공사, 감리자, 건설근로자 등 참여자가 다양하다. 이러한 점에서 건설산업은 협력 생산의 산업이라고 할 수 있다.

이에 따라 AI 시대의 건설기업의 핵심 경쟁력은 사람과 조직, 생태계 간 연결이라고 할 수 있다. 데이터와 기술, 사람과 조직 간 협업을 통하여 건설의 가치를 생산하기 때문에 협력과 포용은 선택이 아닌 필수라고 할 수 있다. 건설프로젝트가 참여자들과 이해관계자 간 협력이 중요한 산업이고, AI는 본사, 현장 등 단일한 조직이나 사람만으로 완성이 불가능하다는 측면에서 데이터의 생산 주체들과 AI 기술 전문가, 활용자 간, 더 나아가 외부와의 협력이 바탕이 될 때, 성공적으로 정착될 수 있고, AI 기술은 다양한 산업과의 융합을 통하여 산업의 혁신으로 연결될 수 있다.

또한, 건설프로젝트는 기본적으로 공정성을 유지하는 자세에서의 협

력이 바탕이 될 때, 궁극적으로 추구하는 결과물의 안전과 품질 등 제반 성과를 달성될 수 있다. AI도 복잡하고 다차원적인 관점에서의 데이터 융합을 통해 편향성을 줄일 수 있고, 조직 구성원들의 참여가 필수적인 전제조건이라는 점에서 공정성의 가치는 건설산업의 AI 정착에 있어 필수적이다.

이러한 관점에서 AI의 성공적인 정착과 AI를 통한 혁신을 달성하기 위해서는 협력과 공정의 가치를 중시하고, 이러한 가치를 달성하기 위한 조직 구성원과 협력자 간의 참여의 문화를 조성하는 것은 매우 중요하다.

이러한 협력과 공정의 문화 조성을 위해서는 무엇보다 본사, 현장, 협력업체 간 AI 시대 협력관계에 대한 공유와 데이터의 협력적 구축 그리고 다양한 이해관계자들 간의 협력과 소통 창구의 지속적인 개발이 중요하다. 특히, 안전이나 품질 등에 대한 기본적인 건설기업의 책임에 대한 참여자들의 협력과 공정은 지속가능한 경영을 위한 기반이라는 측면에서 더욱 중요하다.

□ 윤리적 가치를 중시하는 기업문화 조성

건설산업은 산업이 가지는 공공성과 안전 및 대규모 투자라는 특성으로 인하여 다른 산업보다 더욱 윤리적인 책임과 사회적인 책임이 강조되는 산업이다. 특히, 최근 AI와 디지털기술의 가속화 속에서 발생하는 다양한 윤리적 이슈들과 맞물려 건설기업에 대한 윤리적 이슈는 더욱 커질 것으로 전망된다.

건설기업의 윤리 문화 정착은 오래전부터 제기된 건설기업의 핵심 과

제지만 여전히 미흡한 상황이다. 이는 무엇보다 기존 건설기업의 의식과 관행이 건설산업 내 뿌리박혀 있기 때문이다. 따라서 윤리적 건설 문화의 정착은 윤리경영 추진 및 정착을 통해 산업 내 참여 주체별 소속 임직원의 의식과 비즈니스 관행을 개선하는 데서 출발한다. 건설산업 내 부패를 근절하기 위해서는 우선 인적 요소인 산업 내 참여 주체들의 의식상에 존재하는 부패 유발 요인들을 개선하는 것이 필요하다.

부패 발생에 취약한 건설산업 특성을 고려할 때 건설기업들은 반드시 ESG 경영의 중요한 한 축인 윤리 및 준법 경영의 이행에 관심과 노력을 기울일 필요가 있다. 특히 종합건설기업이 윤리경영을 강력히 실천할 경우 건설업체와 협력회사 사이에 부패행위 근절을 유도할 수 있고, 더 나아가 건설업체와 발주자, 공무원, 정치인 등의 사이에서 발생하는 부패행위 근절에도 일정 부분 영향을 미치게 되어 산업 내 부패 방지에 주도적 역할을 할 수 있게 된다. 즉, 건설기업이 자발적으로 윤리경영 추진하면 건설기업과 협력관계에 있는 기업 사이의 비윤리적 관행이 근절되고 이는 건설기업과 발주자, 공무원, 정치인 등의 사이의 비윤리적 관행의 근절을 통하여 건설산업 전체의 비윤리적 관행을 개선하는 선순환 구조가 형성된다.

여기에 AI 시대의 확산에 대응하여 AI의 윤리적 정착을 위하여 단순한 법 준수를 넘어 데이터·알고리즘·현장 운영까지 통합된 윤리경영 체계를 구축해야 한다. 특히 건설업은 안전·공정성·공공성이 핵심이기 때문에, AI 도입은 효율성뿐 아니라 신뢰 기반 경영으로 연결되어야 한다. 이는 윤리는 시스템만으로는 부족하고, 직원 AI 윤리 교육, AI 관련

윤리 위반 신고 보호 체계 그리고 리더십의 AI와 관련된 윤리적 메시지를 더욱 강화하는 노력이 필요하다.

건설기업의 AI 정착을 위한 조직문화 혁신과제

건설기업이 AI의 확산에 대응하여 AI 경쟁력을 확보하고, AI를 통한 혁신을 달성하기 위해서는 조직문화의 근본적인 전환이 필요하다. 전술한 바와 같이 AI 시대 혁신적이며, 협력과 공정과 윤리 문화의 정착을 위해서는 다음과 같은 조직문화 혁신과제들을 명확히 정의하고, 실천할 필요가 있다.

□ AI 시대 조직문화 혁신과제① : 데이터 기반의 의사결정 문화 정착

데이터 기반의 의사결정이 정착되도록 하기 위해서는 조직 구성원들의 기존 경험과 지식에 의존하던 의사결정 문화를 보다 객관성과 개방적인 데이터를 활용한 의사결정 문화를 정착시켜야 한다. 이러한 문화 정착을 위해서는 데이터 기반의 지시 및 보고 체계를 만들 필요가 있으며, 전사적인 데이터 공유 플랫폼의 구축과 데이터 활용도에 대한 성과 관리가 필요하다.

□ AI 시대 조직문화 혁신과제② : 광범위한 협업 조직 체계의 구축

AI의 성공적인 정착에 있어 광범위한 협업 체계를 구축하는 것은 매우 중요하다. 사람 간의 단절, 조직 간의 단절, 참여 주체 간의 단절 등

기업 내부의 단절된 체제는 AI의 성공적인 정착을 저해하는 요인이다. 기업이 추구하는 협업이란 단순한 시스템 및 제도를 구축하는 것만 의미하지 않는다. 공동의 의사결정 프로세스의 확대와 협업의 성과에 대한 공유 그리고 실시간 데이터 공유 시스템과 같은 실질적인 협력 시스템 구축이 필요하다.^[170]

□ AI 시대 조직문화 혁신과제③ : 업무 및 조직의 구조적 재설계

조직문화에 있어 조직 구성원들과 기업 내부의 조직 재설계는 혁신을 유도하는 가장 효과적인 방법이다. 즉, 일하는 방식을 재설계할 필요가 있다. AI는 새로운 업무 수행 방식의 도입과 전략적 업무에의 집중을 가능하게 한다. 그러나 이를 위해서는 업무 프로세스 및 내용을 표준화할 필요가 있으며, AI를 통한 데이터의 구조화를 확대할 필요가 있다. 또한, 조직의 재설계 즉, AI의 원활한 정착과 조직 간 통합과 조정에 기반한 유연성 확보는 필수적인 요소다.^[171]

□ AI 시대 조직문화 혁신과제④ : 인적자원과 역량의 재설계

AI의 정착에 있어 조직구성원 전체의 AI에 대한 이해는 필수적이다. 전 구성원들이 AI 리터러시 능력을 확보할 수 있도록 유도해야 하며, 인적자원을 AI가 요구하는 융합형 인재로 육성하는 시스템의 구성이 필요하다. 또한, AI의 정착을 위한 각각의 기능에서 요구하는 역량의 종류와 수준을 명확히 하는 재설계를 통하여 AI의 기업 내의 정착을 유도할 필요가 있다.

□ AI 시대 조직문화 혁신과제⑤ : 지속적인 학습조직화

AI는 계속 진화하는 기술로서, 현재의 AI 기술과 향후의 AI 기술의 양상은 전혀 다르게 나타날 수 있다. 따라서 끊임없이 학습하고 전파하는 학습조직화는 AI 정착을 위한 필수적인 요소다. 전 조직 구성원에 대한 AI 교육의 확대, AI를 활용한 사내 학습 플랫폼의 구축, 일상 업무 및 의사결정에 있어 지식과 정보의 공유 절차 및 시스템의 구축 등을 통해 학습조직화를 실현할 필요가 있다.

□ AI 시대 조직문화 혁신과제⑥ : AI 시대, 리더십 역량 강화

AI의 정착에 있어 기업 내부의 리더십 역량을 키우기 위한 노력은 매우 중요하다. 기업 내부에 AI 접근을 쉽게 하려면 혁신에 대한 이해와 혁신의 방향성을 제시하는 혁신적 리더십의 역량은 매우 중요하다. 특히, 기업 내에 AI의 빠른 정착에 있어 리더들의 AI에 대한 혁신과 공감을 이끌어내는 역량은 필수적이다. AI 기술의 확산에 따라 ‘인간다움’의 가치와 혁신이 더욱 중요해지고 있기 때문에 조직 구성원의 변화 의식을 만들어 내고 변화를 유도하는 프로그램을 개발, 운용하는 것은 기업의 AI 확산에 있어 중요하다.

□ AI 시대 조직문화 혁신과제⑦ : AI 시대에 걸맞는 성과보상시스템 구축

기업에 있어 조직 구성원들의 변화를 끌어내는 데 있어 성과 보상시스템의 개선은 중요한 도구다. AI 시대에 기업에서 요구하는 인적자원의 역량 규명과 성과관리 요소의 명확을 통하여 성과관리와 연계할 필요가 있다. AI 활용을 핵심성과지표로 반영할 필요가 있으며, 특히, AI

의 혁신 성과를 좌우하는 자동화와 데이터 활용, 협업의 성과를 성과 보상시스템에 연동시킬 필요가 있다.

I 참고문헌 I

- [1] (재)건설산업정보원(2023), "건설산업 통합 정보플랫폼 구축 방안 연구"
- [2] 김성진, 김범수, 옥현, 김태학(2023), "공공건설 사업정보의 디지털화 전략 수립에 관한 연구", 한국산학기술학회논문지
- [3] 국토교통부(2021), "BIM 기반 건설산업 디지털 전환 로드맵"
- [4] 국토교통부(2025), "2025 국토교통부 정보시스템 가이드북", 국토교통부
- [5] Carrot AX Center(2026), "한국 기업 AI 활용 현황 보고서", Carrot Global
- [6] The University of British Columbia(2026), Digital Handover,
- [7] Matthew T.(2021), Contractors lost \$1.8 trillion globally in 2020 due to bad data, new report says, Construction Dive,
- [8] Construction Leadership Council(2024), Delivering the Golden Thread: Guidance for Dutyholders and Accountable Persons
- [9] 국토교통부(2025), "인공지능(AI)이 인식할 수 있는 디지털 건설기준 시대 성큼"
- [10] Shaan H.(2025), Construction Chaos: How Disorganized Data Is Fueling Legal Nightmares and Budget Blowouts in AEC Projects, SiteMarker,
- [11] 현대건설(2024), DX에서 AX까지, 건설은 어떻게 진화할까?,
- [12] 조선일보(2025), "질 높은 AI 원료 구하라"... 이제 데이터 확보 전쟁
- [13] 조선일보(2026), 감사원 "국토부, 주택 통계 오류 알고도 3개월간 숨겨"
- [14] Emily W.(2026), DAMA DMBOK Framework: An Ultimate Guide for 2026, Atlan
- [15] Forbes(2025), What Is A RACI Chart? How This Project Management Tool Can Boost Your Productivity
- [16] 한국건설신문(2025), <연중기획> 한국건설 재도약 2005-① 건설산업기본법 변천사
- [17] 서울파이낸스(2026), [리셋 K건설②] 건설업의 디지털 혁명...로봇·AI로 스마트화 가속
- [18] Superlegal.ai(2024), 7 AI Strategies to Help Subcontractors Outperform the Competition
- [19] ENR(2025), Strengthen Subcontractor Relationships Through AI-Powered Insurance Management
- [20] PWC(2025), 내일의 건설: 건설산업의 지속성장을 위한 전략
- [21] 대한경제(2026), 건설현장에도 피지컬AI가 파고든다
- [22] Constructionrobots.com/ironbot
- [23] Y.W. Kim(2026), Fundamentals of construction project delivery system, Routledge.
- [24] 대한경제(2026), [지방건설 무너진다] 건설사 폐업이 등 록 앞질러
- [25] 김민주(2025), 융합과 확장의 실현을 위한 미래 건설 업역과 산업구조의 변화, 한국건설산업연구원
- [26] 관계부처 협동(2023), 국민 안전 강화를 위한 건설카르텔 혁파방안
- [27] CURT(2025), AI's Hidden Bottleneck : Why the Next Tech Boom Depends on Builders
- [28] 한국경제TV(2020), 설계와 시공 겹하겠단 것, 검사가 변호사까지 맡는 골
- [29] 이데일리(2021), 시공위주 건설로는 성장 한계...밥그릇 싸움에 뒤흔치는 경쟁력

- [30] 국토교통부(2025), 모듈러 공법 활성화로 주택공급 앞당긴다
- [31] 대한경제(2026), '소방·전기 분리발주' 압초 만난 모듈러
- [32] 전영준 외(2017), 건설공사 분리발주의 문제점에 관한 연구, 한국건설산업연구원
- [33] Wood, D., Yablonina, M., Aflalo, M., Chen, J., Tahanzadeh, B., & Menges, A. (2018), Cyber physical macro material as a UAV [re] configurable architectural system, Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design, 320-335.
- [34] 국토교통부고시 제2021-1304호.
- [35] Li, S., Zhou, G., Wang, S., Jia, X., & Hou, L. (2025), "Multi-sensor data fusion and deep learning-based prediction of excavator bucket fill rates", Automation in Construction, 171, 106008
- [36] Feng, H., Zhong, Y., Zhou, C., Ji, S., Yin, C., & Cao, D. (2025), Collaborative high-precision trajectory control for heavy excavators based on an improved particle swarm optimization algorithm, Automation in Construction, 180, 106546
- [37] Lee, J., Ham, Y., Park, H., & Kim, J. (2022), Challenges, tasks, and opportunities in teleoperation of excavator toward human-in-the-loop construction automation, Automation in Construction, 135, 104119
- [38] Li, Z., Yu, Y., Zeng, N., Tian, F., Shoulin, S., Sun, H., & Li, Q. (2025), Human-centric human-robot collaboration in on-site construction (2014-2024): Advances, barriers, and future directions, Automation in Construction, 180, 106566
- [39] 「특수건설기계의 지정」, 국토교통부고시 제2021-1304호
- [40] Jud, D., Leemann, P., Kerscher, S., Hutter, M. (2019), Autonomous free-form trenching using a walking excavator, IEEE Robotics and Automation Letters 4(4), 3208-3215
- [41] 조선비즈(2024), [CES 2024] 무인 굴착기·3000km 원격조종... HD현대의 미래 건설 현장
- [42] 헤럴드경제(2026), 현대건설, 국내 최초 원격제어 타워크레인 도입...고위험 작업 무인화
- [43] 이상호(2018), 4차 산업혁명 건설산업의 새로운 미래, 알에이치코리아
- [44] 김민주(2025), 융합과 확장의 실현을 위한 미래 건설 업역과 산업구조의 변화, 한국건설산업연구원.
- [45] Koskela, L. (2000), An exploration towards a production theory and its application to construction, VTT Technical Research Centre of Finland.
- [46] 김민주 외(2025), 직접시공의무제도의 쟁점과 합리적 개선 방안: 지방계약 제도 변화와 서울시 정책을 중심으로, 한국건설산업연구원
- [47] 법률신문(2026), AI 썼을 뿐인데 인공지능사업자? 기본법 두고 현장 혼란 가중
- [48] 삼성KPMG 경제연구원(2025), "AI 에이전트 혁신: 산업을 바꾸는 현재와 미래 전망", Issue Monitor
- [49] 과학기술정보통신부(2026), 인공지능 발전과 신뢰 기반 조성 등에 관한 기본법
- [50] 한국건설산업연구원(2024), "2025년 건설업계 10대 전망 및 트렌드 분석"
- [51] 고용노동부. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제223조(운전 중 위험 방지)
- [52] 국회입법조사처 (2023), "자율주행자동차 사고 시 책임소재에 관한 법적 쟁점과 입법 과제", 이슈와 논점 제 2104호
- [53] 국토교통부 (2024), 자율주행자동차 윤리 가이드라인 및 사고조사위원회 운영 지침
- [54] 한국법제연구원(2025), "인공지능(AI)의 법적 지위와 책임에 관한 연구"
- [55] 개인정보보호위원회(2025), 인공지능(AI) 프라이버시 가이드라인
- [56] 한국로봇산업진흥원(2025), 지능형 로봇 소프트웨어 재인증 가이드라인
- [57] 과학기술정보통신부·한국지능정보사회진흥원(2026), 고영향 인공지능 판단 가이드라인
- [58] Brohan, A., et al. (2023). "RT-2: Vision-Language-Action Models Transfer Knowledge from Web-Scale Data to Robotic Control."
- [59] Fu, Z., Zhao, T. Z., & Finn, C. (2024). "Mobile ALOHA: Learning Bimanual Mobile Manipulation with Low-Cost Whole-Body Teleoperation."
- [60] Makoviychuk, V., et al. (2021). "Isaac Gym: High Performance GPU-Based Physics Simulation for Robot Learning."
- [61] OpenAI, et al. (2019). "Solving Rubik's Cube with a Robot Hand."
- [62] 매일경제(2026), "로봇 1대도 현장투입 안돼, 아틀라스 거부한 현대차 노조"
- [63] 조달청(2025), '24년 공공조달 규모 225.1조원... 전년대비 7.9% 증가
- [64] 보안뉴스(2025), 2024년 공공조달 규모 전년대비 7.9% 증가한 225조 1,000억 원
- [65] 심대섭(2025), 2025 AI 트렌드 결산 #1: 글로벌 시장 주요 변화와 전망, KT Cloud
- [66] NEXTGOV FCW(2025), What federal buyers need to succeed with AI-enabled procurement: Put workforce development before technology deployment and process reform before tools
- [67] European Commission, Public Procurement of Innovation
- [68] Xenia Papanikou,(2024), Public procurement of innovation through innovation partnerships, European Commission
- [69] OECD Digital Policy Platform(2024), AI governance testing framework and toolkit ("AI verify")
- [70] Personal Data Protection Commission Singapore, Singapore's Approach to AI Governance
- [71] Microsoft(2023), Singapore launches AI Verify Foundation to shape the future of international AI standards through collaboration
- [72] AI Verify Foundation(2026), Stater Kit for Testing LLM-Based Applications for Safety and Reliability, Infocomm Media Development Authority
- [73] Infocomm Media Development Authority(2024), Building a trusted, innovation ecosystem for AI
- [74] 대한경제(2024), 계열사 동원한 '덤핑수주'...중심제 결국 탈났다
- [75] Australian Government, Guidance on AI Procurement in Government
- [76] GIBSON DUNN(2026), GSA AI Procurement Rules Would Introduce New Disclosure and Use-Rights Requirements for Federal Contractors
- [77] European Commission(2024), United Kingdom : Country Profile - Benchmarking of National Policy Frameworks for Innovation Procurement
- [78] 한국공정거래조정원(2025), 2024년 분쟁조정 역대 최대 접수 및 처리
- [79] Yusing Wu, Zhou Li(2025), "Digital Twin-Enabled BIM-Blockchain Integration for Automated and Transparent Construction Progress Payment", Development in the Built Environment
- [80] Goover(2025), "2024년 상반기 주요 건설사 지급수단·지급기간별 현황 및 분쟁조정기구 분석"
- [81] Hesam Hamledari, Martin Fischer(2020), "Construction Payment Automation Using Blockchain-Enabled Smart Contracts and Robotic Reality Capture Technologies", Stanford Engineering
- [82] McKinsey & Company(2023), "Korea's Next S-curve: A new Economic Growth Model for 2040"
- [83] Hunhevcz, J., Hall D., Brasey, P., Bonanomi, M., & Fischer, M.(2024), Decentralized Project Delivery on the Commons: Conceptualization, Governance Mechanisms, and Future Research Directions, Project Leadership and Society

- [84] AssaF, M., Salami, L., Salhab, D., & Hammad, A.(2023), "Promoting the IPD Delivery Method in Construction Projects: A BIM-based Smart Contract Approach", IGLC31
- [85] Zhang, L., & Li, F.(2014), "Risk/Reward Compensation Model for Integrated Project Delivery, IEEE
- [86] Yongshun, X., Ming, C., Heap-Yih, C., Cen-Ying, L., Keyu, C.(2024), "When BIM Meet Blockchain: A Mixed-Methods Literature Review, JCEM
- [87] 중소벤처기업부-스마트제조혁신추진단(2026), "2025년 중소기업 정보화수준조사 결과보고서"
- [88] 한국로봇산업진흥원(2025), "서비스형 로봇(RaaS) 시장 전망과 중소기업 도입 전략"
- [89] 과학기술정보통신부-한국전자통신연구원(2026), "인공지능 안전성 확보 가이드라인"
- [90] 삼성물산(2025), "'AI시대, 건설을 새로 설계하다' 삼성물산, 'AI 네이티브' 건설사 전환 로드맵 제시"
- [91] GS건설(2025), "GS건설, 국내 건설사 최초 'ChatGPT Enterprise' 도입"
- [92] Shimizu Corporation(2023), "Shimiz Smart Site: Autonomous Robot Platform for Construction Sites"
- [93] Kajima Corporation(2021), "Kajima's Automated Construction System: A4CSEL Strategy and Vision"
- [94] Obayashi Corporation(2022), "Smart Construction Vision: Real-time Data Sharing Platform 'One Model'"
- [95] Komatsu Ltd(2024), "Smart Construction: Open Platform and Ecosystem for Construction Industry"
- [96] Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. (2023). "i-Construction 2.0: Construction DX and Automation Strategy."
- [97] 서울경제(2026), "GS, 현장 직원이 만든 AI 안전관리 에이전트 'AIR' 중소기업에 무상 배포"
- [98] 산업통상자원부(2025), "자동차부품기업 미래차 전환 지원전략(2030 로드맵)"
- [99] 중소벤처기업부(2025), "중소기업 M&A 활성화 및 지원 펀드 운용 계획"
- [100] The White House(2025), "America's AI Action Plan"
- [101] 키움증권(2025), "[미국은 지금] Genesis Mission : AI 기반 '신(新) 맨해튼 프로젝트'", 키움 글로벌 리서치
- [102] Department for Science, Innovation and Technology(2025), "AI Opportunities Action Plan"
- [103] 内閣府 AI戦略会議 (2025), "人工知能基本計画"
- [104] 국가인공지능전략위원회(2025), "대한민국 인공지능 행동계획(안)"
- [105] 국토교통부(2023), "제6차 건설공사 자원 통합정보체계 기본계획"
- [106] 국토교통부(2025.12.11.), "인공지능(AI)이 인식할 수 있는 디지털 건설기준 시대 성큼, 보도자료"
- [107] 국토교통부(2025.9.2.), "'26년 국토부 예산안 역대최대 62.5조원 편성", 보도자료
- [108] 국토교통과학기술진흥원(2025), "국토교통 R&D 투자전략"
- [109] 국토교통과학기술진흥원(2025), "2025년 국토교통연구기획 사업 제2차 시행 공고 안내서"
- [110] 관계부처합동(2025), "새정부 경제성장전략"
- [111] 국토교통과학기술진흥원(2025), "2025년 국토교통연구기획 사업 제1차 시행 공고"
- [112] 국토교통과학기술진흥원(2025), "2025년 국토교통연구기획 사업 제2차 시행 공고"
- [113] 과학기술정보통신부(2024.6.5), "혁신·도전 연구개발(R&D) APRO 앞으로!", 보도자료
- [114] 과학기술정보통신부(2026.2.12.), "세계 정상급(글로벌 Top) 수준의 투자 시스템 구축으로 기술 추격국에서 선도국으로 도약에 박차", 보도자료
- [115] 현대자동차그룹 뉴스룸(2026.1.6.), "인간 중심 AI 로봇틱스 생태계 전략 통해 사람과 협력하는 로봇틱스 시대 선언"
- [116] 한국건설기술연구원 '스마트건설지원센터' 홈페이지
- [117] 국토교통부(2025.8.28.), "기술실증 지원과 강소기업 육성으로 스마트건설 중소기업 성장 이끈다", 보도자료
- [118] 국토교통부 '대한민국 대전환 한국판뉴딜' 홈페이지
- [119] McKinsey&Company(2020), "The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's largest ecosystem"
- [120] World Economic Forum(2021), "Digital Twin: Cities' Roadmap to a Better Life"
- [121] Harvard Business Review (2022), "The Age of AI-Powered KnowledgeManagement"
- [122] AlterSquare(2025.10.10.), "Edge Computing in Construction: When Cloud Latency Kills User Experience"
- [123] Gramazio, F., Kohler, M., & Willmann, J.(2014). "The Robotic Touch: How Robots Change Architecture"
- [124] 대한경제(2026.01.06.), "[AI가 바꾸는 건설 생태계] 공공발주·정책 편"
- [125] 대한경제(2026.01.16.), "건설현장에도 '피지컬 AI'가 파고든다"
- [126] 국토교통부(2018), "스마트건설 기술 로드맵"
- [127] 김윤명(2016), '인공지능과 법적 쟁점', 소프트웨어정책연구소
- [128] 한국건설산업연구원(2025), "건설산업 재탄생 전략" 세미나 보고서
- [129] Deloitte-Autodesk(2025), State of Digital Adoption in the Construction Industry
- [130] 성유경 외(2025), "건설현장 기술인력 변화 동향과 확보 방안", 한국건설산업연구원
- [131] 매일안전신문(2026.01.30.), "현대건설, 국내 최초 원격제어 타워크레인 도입"
- [132] 나현미 외(2021), "NCS 학습모듈 개발·개선 현황 및 연계 개선 방안", 한국직업능력연구원
- [133] 국가직무능력표준(NCS) 홈페이지
- [134] 장주희(2022), "한국표준직업분류 개정 2차 연구", 한국직업능력연구원
- [135] McKinsey Global Institute(2024), Delivering on construction productivity is no longer optional
- [136] 서울파이낸스(2026.01.01.), "건설업의 디지털 혁명...로봇·AI로 스마트화 가속"
- [137] World Economic Forum(2023), Putting Skills First: A Framework for Action
- [138] OECD(2023), Micro-credentials for lifelong learning and employability
- [139] 고용노동부 감사관실(2025), "K-디지털 트레이닝 특정감사 결과"
- [140] OECD(2023), OECD Skills Outlook 2023: Skills for a Resilient Green and Digital Transition
- [141] 건설기술인협회 홈페이지, 기술인 등급 산정 기준
- [142] 국토교통부 고시: 건설근로자의 기능등급 구분·관리 등에 관한 기준
- [143] 진경호 외(2019), "스마트 건설기술 적용 활성화를 위한 모니터링 및 규제 개선방향", 한국건설기술연구원
- [144] 정순기 외(2023), "디지털 기반 기술혁신과 인력수요 구조 변화", 한국고용정보원

- [145] 한국고용정보원(2024.11.12.), 인공지능(AI) 등 디지털 전환에 따른 산업·고용 구조 재편 전망 보도자료
- [146] 고용노동부, 2024년10월 사업체 노동력 조사 결과 보도자료
- [147] 전북지역인적자원개발위원회(2025), “전북지역 건설업 산업 구조 및 고용 환경 분석”
- [148] 통계청, 2024년 1/4분기(2월 기준) 임금근로 일자리 동향 보도자료
- [149] ISO (2016), ISO 10218-1/2: Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots
- [150] ISO/TS 15066 (2016), Collaborative robots
- [151] CEDEFOP(2020), Vocational Education and Training in Germany: Short Description, Luxembourg: Publications Office of the European Union
- [152] BIBB (2020), Vocational Education and Training in Germany
- [153] SkillsFuture Singapore(2023), Built Environment Skills Framework
- [154] GovTech Singapore(2021), OpenCerts: Blockchain-based Certificate Platfor
- [155] CITB(2018), Unlocking Construction’s Digital Future: A Skills Plan for Industry
- [156] BSI(2020), Centre for Digital Built Britain & UK BIM Alliance, UK BIM Framework Guidance
- [157] CITB(2017), A New Reality: Immersive Learning in Construction, London
- [158] CLC(2021), Industry Skills Plan for the UK construction sector 2021–2025
- [159] green-circle(2024.09.09.), European approach to micro-credentials for Construction Industry
- [160] skills in construction, Growing construction careers and credentials
- [161] OECD(2025), Education Policy Outlook
- [162] OECD(2025), OECD Skills Outlook 2025
- [163] 권영우(2025), “AI 기업 경영”, 커뮤니케이션북스
- [164] 윤봉현(2025), “AI(인공지능) 시대의 성공적인 경영”, 유펜이퍼
- [165] Merwe-Veldsman-Vulpen(2026), “11 HR Trends for 2026: Shaping What’s Next”, AIHR
- [166] 변연배(2023), “The HR : 성공하는 기업에는 성공하는 HR이 있다”, 클라우드나인
- [167] 김영덕(2025), “『환경변화에 따른 HR의 혁신과 전략』 중 “건설기업의 지속가능성과 혁신을 위한 HR 전략”, 건설업체인사관리자협의회
- [168] 신철 외(2025), “기업 핵심 직무별 생성형 AI 활용법”, 광문각출판미디어
- [169] KAIST 기술경영전문대학원(2026), “AI 대전환 시대”, 율곡출판사
- [170] 씨익북스 편집2부(2026), “데이터 중심 기업으로의 혁신=데이터 분석, 비즈니스 전략, 의사결정, 조직문화, AI 활용, 고객 경험, 경쟁력 강화”, 리브라북
- [171] 김영덕(2014), “건설기업의 변화관리 사례연구”, 건설업체인사관리자협의회

[건설산업 재탄생 2.0]

AI 시대가 바꾸는 건설산업

Copilot 에서 Autopilot 으로

발행인	이충재
집필	한국건설산업연구원 편저
발행처	한국건설산업연구원
발행일	2026년 4월 7일
주소	06050 서울 강남구 연주로 711 건설회관 11층, 9층
홈페이지	www.cerik.re.kr
디자인, 인쇄	수-커뮤니케이션

©한국건설산업연구원 2026

* 이 책의 저작권은 한국건설산업연구원에 있으며, 저작권법에 의해 무단 전재와 복제를 금합니다.

CERIK

Construction & Economy Research Institute of Korea

한국건설산업연구원

서울특별시 강남구 언주로 711(건설회관 11, 9층)

www.cerik.re.kr

비매품



9 788984 252349



93320

ISBN 978-89-8425-234-9