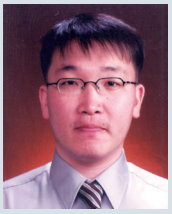
건설업의 디지털 혁신 현황 및 건설업의 미래



이명호 대우건설 기술연구원 연구기획팀 책임연구원
myungho1.lee@daewooenc.com
김정헌 대우건설 기술연구원 연구기획팀 선임연구원
jeongheon.kim@daewooenc.com
백기현 대우건설 기술연구원 연구기획팀 수석연구원
kihyun.baek@daewooenc.com
유희찬 대우건설 기술연구원 원장 상무
heechan.yoo@daewooenc.com

1. 서론

최근 다양한 분야에서 우리는 디지털 혁신을 경험하고 있다. 이러한 변화는 사회, 경제 전반에 걸친 디지털 분야의 기술개발들과 관련이 있다. 디지털 혁신과 관련해 각 분야에서 4차 산업혁명, Digital twin, Cyber Physical System이 화두로 등장하고 있으며 많은 사람들이 열광하고 있다.

우리는 이미 3번의 산업혁명을 경험했으며, 4차 산업혁명은 아직 경험하지 않고 다가올 미래로 혁명의 초기 단계로 보는 것이 타당하다. 하지만 어떤 분야에서는 빠르고 파괴적인 변화가 이루어지고 있는 반면, 다른 분야에서는 서서히 지속적으로 변화가 일어나고 있다. 어떠한 경우에도 4차 산업혁명과 디지털 시대 이전으로 돌아갈 수는 없다고 판단된다.

4차 산업혁명의 핵심은 표준화와 생산성 향상에 있다. 미국, 유럽, 일본은 이러한 표준화를 선점하려 하고 있으며 이를 통해 경쟁력 있는 산업기반을 확보하고 최종적으로 리쇼어링(re-shoring)을 통해 제조업 강국으로 재도약하려는 의지가 강하다. 저비용 수출분야의 선두주자인 중국은 뉴 노멀 (New Normal) 시대의 다양한 문제를 해결 가능한 솔루션으로 활용하고 이를 통해 선진국과 대응하기 위한 경쟁수단으로 디지털 대응에 앞장서고 있다. 단순하게 개별기업의 대응이나 생존전략에 국한되지 않고 향후 세계 경제의 주도권을 확보하기 위한 국가 차원의 대응들이 이루어지고 있는 양상이다.

이러한 변화는 건설업에서도 서서히 게임의 규칙이 바뀔 것으로 예상되며 최종적으로 위협과 기회 중 어느 쪽으로 건설업의 영향을 미치게 될까? 위협과 기회 모두 가능하지만 확실한 건 4차 산업혁명이 진행되는 동안 부분적 또는 전체적으로 조직, 프로세스, 역량을 혁신하는 기업이 경쟁력을 확보해서 시장에서 살아남을 가능성이 높다는 것이다.

한국 경제 성장에 긍정적 기여를 했던 건설투자는 2018년 들어 동력이 점차 약화될 것으로 전망되고 있으며 건설투자 증감률은 2016년 10.7%, 2017년 6.5%에서 2018년 0.2%로 둔화될 것으로 예상된다. 또한, 2018년 정부의 SOC 예산은 19조원으로, 지난해보다 3조 4천억 원 감소되었다. 낮은 생산성, 건설투자 침체, 기업 내부적인 불안요소들이 증가하고 있어 기존 방식의 사업수행에서 벗어나 새로운 방식에 대한 체질 개선이 필요하다. 이러한 상황에서 국내외 건설업에서 새로운 기회를 모색하기 위해 다양한 디지털 기술들이 도입되고 있으며 이를 통해 경쟁력을 확보하기 위한 노력들이 추진 중이다. 그러나, 건설업은 인력중심의 생산구조로 인해 전체 작업 공정에 대한 표준화의 어려움이 있으며 자동화를 통한 생산성 향상에도 한계가 있다. 제조업과 비교하여 투입 비용 대비 낮은 생산성은 디지털 분야의 과감한 투자를 결정하기 어려운 가장 중요한 요인이다. 이러한 한계가 건설업에서 디지털 대응이 느린 이유라고 판단된다. 이러한 한계를 극복하고 표준화, 과감한 투자, 생산성 향상을 위해서는 다양한 디지털 기술의 도입 사례를 검토하고 기업별 상황에 맞게 단계적으로 기술을 도입한 후 도입기술들을 융합하여 운영할 수 있는 플랫폼이 필요하다.

본고에서는 국내외 건설업에서 적용되고 있는 다양한 디지털 기술의 도입사례들을 살펴보고 이를 통해 적절한 대응방향을 찾아보고자 한다.

2. 건설업의 디지털 혁신 대응현황

1) 건설업의 디지털 혁신 유망기술

2016년 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)에서는 디지털 기술 관점에서 건설산업의 미래를 살펴보고, 이에 따라 건설업에서 기술적 측면의 변화가 나타날 것으로 예측하였다. WEF에서 보스턴컨설팅그룹이 예측한 바에 따르면 향후 건설업에 적용이 유망한 디지털 기술들은 ① 부재의 표준화 및 모듈화 기술, ② 자동화된 건설기계 및 3차원 프린팅 기술, ③ IoT 기반의 스마트 장비, ④ 드론활용기술, ⑤ VR과 AR 활용기술, ⑥ 빅데이터 활용기술, ⑦ 클라우드를 기반으로 한 BIM 설계 기술 등이다. 또한, 맥킨지는 ① 고정밀 측량 및 위치기반 정보 제공, ② BIM 연계 설계, ③ 공유 협업 소프트웨어와 모빌리티의 결합, ④ IoT를 활용한 건설사업관리가 건설업 내 생산성을 향상시키기 위해 활발하게 적용될 것이라고 예상하였다.

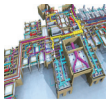
맥킨지에 따르면 이러한 디지털 기술들의 도입은 건설산업에서 설계, 조달, 시공 전반에 있어 영향을 미칠 것으로 예상된다. 첫 번째, 엔지니어와 발주처, 협력업체 등 다양한 이해관계자들의 실시간 소통이 확대되면서 빠른 의사 결정과 공기 단축이 가능한 디지털 협업의 증가가 예상된다. 대부분의 문서(계약, 도면, 보고등)가 클라우드를 기반으로 실시간 공유되면서 낮은 생산성이 향상될 것으로 기대된다.(Digital collaboration) 두 번째, 프로젝트와 관련된 회계, 재무 등 관리 및 지원부서의 데이터들이 실시간으로 접근되고 통합되어 업무 통합에 따른 프로젝트의 생산성이 향상 가능하다.(Back-office integration) 세 번째, 실시간으로 현장 내에서 GPS (위성 항법 장치)를 이용한 위치기반 현장관리가 확대되며 현장 자체적으로 기자재를 조달하는 등 원가와 공기절감이 가능한 다양한 형태의 현장 실행이 강화된다.(On-site execution)

표 1은 2017년 ENR Futuretech에서 참가자들을 대상으로 건설업에서 향후 가장 영향력이 큰 디지털 분야에 대한 설문조사 결과이다. 주요 상위 분야는 AI와 Big data 활용, 클라우드 기반 실시간 협업 솔루션, 모듈화 시공(Prefabrication), 센서기반 IoT 기술, BIM 설계분야이며 E&C 산업의 Value chain에서 가장 영향력이 큰 분야로 예상된다. 조사결과 6위부터 9위까지는 현재 기술 수준은 영향력이 낮으나 향후 파급력이 클 것으로 예상되어 지속적인 관심을 가져야 하는 분야이다.

2) 디지털 기술의 건설업 적용사례

앞서 언급된 바와 같이 여러 기관들이 디지털 기술과 관련된 건설산업의 미래를 제시하고 향후 건설산업을 선도할 기술들을 예측하고 있다. 국내외에서 선진사 위주로 관련된 기술들을 도입하고 있으나, 실제적으로 현업에서 적용되고 있는 주요 분야는 표 2의 4가지 분야(디지털 설계 및 시공분야, 디지털 측량분야, PMIS분야, 3D 프린팅분야)로 나누어 볼 수 있다. 해당 분야 외에도 MC(Machine Control)을 통한 현장 내 자동화 기계 도

표 1. E&C 산업의 디지털기술 중 영향력 있는 분야 순위

구 분	분 야	구 분	분 야
	① Big data & AI		⑥ 3D 프린팅 시공
	② 클라우드기반 실시간 협업 및 모빌리티 연결		⑦ AR & VR
	③ Prefabrication 및 모듈화 시공		⑧ 시공 자동화 로봇
	④ 센서기반 IoT 기술		⑨ 차세대 건설재료 (자기치유 콘크리트등)
	⑤ BIM 기반 설계/시공	번호순으로 영향력이 큼 (ENR Futuretech, 2017)	

입, 모듈화시공에 대한 기술개발과 적용이 진행되고 있으나 건설산업 전반으로 확대되기에는 다소 시간이 걸릴 것이다.

4가지 분야 중 가장 적용이 활발한 분야는 BIM을 활용한 설계 및 공정관리이다. 대부분의 사례들은 BIM 설계를 통한 정확한 물량산출과 간섭검토에 활용되고 있으나, 최종적으로 현장에서 발생되는 다양한 데이터를 연계하여 구조해석, 공정관리(비용 및 일정)까지 활용 가능하다. BIM은 대형 프로젝트의 빠른 작업 진행, 사전검토, 정확한 설계 실현, 계획된 커뮤니케이션에 가장 유리하다. Trimble사는 Tekla 솔루션을 통해 모든 철골 구조물의 세부 정보, 제작, 현장 조립을 관리하고 있으며 철근의 사전 제작을 관리하면서 총 비용 및 시간을 줄이고 있다. Trimble사는 기존 BIM 솔루션에 MR(Mixed Reality)을 적용시킨 새로운 솔루션을 보급 중이며 이러한 툴을 통해 실시간 협업과 의사소통을 가능하게 하고 인건비 20% 절감, 현장 철근공사 효율성 60% 증대할 것으로 평가하였다.

최근 드론과 3D 스캐너를 연계시킨 디지털 측량은 국내외 주요 건설사들이 도입 중인 대표적인 분야이다. 측량에 소모되는 시간과 비용을 절감하고 접근 용이성뿐 아니라 고정밀 측량까지 가능하므로 지속적인 기술개발과 적용사례들이 확대되고 있다. 측량드론은 주로 공사 규모가 큰 토목현장에서 활용되고 있으나, 시설물의 유지보수뿐 아니라 BIM, MR과 연계되어 다양한 분야에서 접목이 가능하므로 활용도가 더욱 높아질 것으로 예상된다.

당사에서 적용하여 성과를 분석한 결과에 따르면 기존의 인력측량법과 비교하여 드론 측량기술의 우월성은 더욱 두드러진다. 첫째는 정확성이다. 80만평(264만㎡)을 측량한다고 가정할 경우 기존 인력측정은 GPS를 이용해 20m 간격(좌표점 1만 8548개)으로 측정했다. 반면 드론은 3~5㎝ 간격으로 촬영한다. 이를 통해 생성된 좌표점은 최소 25만 8464개(3m 간격)에 이른다. 투입 인원과 비용이 절감되는 것도 장점이다. 동일 면적을 측량한다고 가정했을 때 기존에는 4~6인이 10~15일에 걸쳐 작업을 수행한 반면 드론을 활용하면 2인이 4~5일 안에 마칠 수 있다. 드론 측량의 경우 다양한 PJ의 적용을 통해 경험 축적 및 정확성 향상이 중요하며 대우건설은 호안변위검측(지형의 경사도 이동 측정), 태양광 발전 부지 설계(최적부지 선정), 평지 조성기술(평지의 적정 높이 산출) 등 측량 드론과 관련한 다양한 프로젝트에 대한 적용사례를 보유하고 있다.

PMIS(Project Management Information System)분야는 건설사업 생애주기 전반에서 체계적이고 과학적인 프로젝트 관리 시스템을 구축하고 이를 통해 관계자들의 실시간 협업 및 소통을 지원하는 솔루션 기술이다. PMIS의 가장 큰 장점은 생산성을 향상시키기 위해서 프로젝트 관련자 간의 신속하고 명확한 문서공유 및 결재관리, 강력한 Communication & Collaboration 기능을 실시간으로 제공하는 것이다. 최근에 해외에서 많이 적용되고 있으며 국내에도 솔루션 적용이 확대되고 있으며 BIM과 PMIS를 연계한 통합 프로그램도 개발 중이다. Procore, Plangrid, Aconex 등은 대형 프로젝트에 보유 솔루션을 적용하였으며 최근에는 국외 발주처들이 해당 솔루션 적용을 통한 프

표 2. 주요 분야 및 주요 기업

디지털 설계 및 시공 (BIM, Preconstruction, AR, VR)	디지털 측량 (3D 스캐닝, 드론)
Trimble, AUTODESK, SMART REALITY, DAQRI	DroneDeploy, 3DR, TOPCON, senseFly
PMIS (Project management information system)	**3D Printing**
PROCORE, PlanGrid, Explorer CONSTRUCTION SOFTWARE, VIEWPOINT CONSTRUCTION SOFTWARE	WINSUN 盈创, MX3D, Gammon, stratasys

로젝트 관리를 요청하고 있는 실정이다. PMIS 솔루션은 프로젝트 기획-설계-시공-시운전-운영 등 전 단계에서 공사관리 업무가 가능하다. 또한, 계약, 설계, 구매, 공정, 공사비, 시공, 품질, 안전, 환경, 자료관리 등 기능적으로 분류된 항목들을 공정관리와 상호 연계시켜 효율적인 프로젝트 관리가 가능하다.

3D 프린팅 건축의 대표적인 기업인 중국의 윈선은 두바이에 3D프린터를 이용한 가장 높은 건축물을 제작하기 위한 프로젝트를 추진 중이다. 3D프린터를 이용한 적층 방식으로 건물 원형을 만든 후 현장에서 조립해 건설할 계획이며 내부 가구와 구조 역시 3D프린팅 기술을 통해 철근 콘크리트, 유리섬유로 보강한 석고, 플라스틱 등으로 제작될 예정이다. 3D프린터를 이용한 건설로 인건비 50~80%를 줄이는 동시에 시공기간 역시 몇 주면 가능한 것으로 알려져 있다. 홍콩의 Gammon사는 3D 프린터로 생산될 프로토 타입의 건축물 모델을 제작한 후 BIM과 연계하여 발주처 및 이해관계자의 협업에 활용하고 있다. 설계, 수주, 시공시 기술설명과 의사결정이 필요한 시기에 건축물 모델을 활용하여 업무를 보다 쉽게 하고 생산성 향상을 달성한 것으로 평가하였다.

하지만, 3D 프린팅 기술은 아직까지 대규모 현장에 적용하기에는 소재, 비용 등의 기술적 한계가 존재하고 초기시장을 형성하고 있어 단계적 도입 방안이 필요한 분야이다.

3) 건설업 단계별 주요 적용 디지털 기술

앞서 살펴본 사례들과 함께 설계, 시공, 유지관리, 보수 등 다양한 단계에서 적용이 예상되는 분야는 표 3과 같다. 예상분야는 클라우드, 실시간 협업, 드론, BIM, 3D 프린팅 기술들과 연관이 있다. 4차 산업혁명을 통한 디지털 기술의 적용은 기존에 존재하지 않는 새로운 기술을 개발하는 것보다 이미 개발된 요소기술들을 각 사업에 맞추어 적용하고 융합하여 최적화된 기술로 만들어 가는 과정이라고 판단된다.

3. 건설업의 미래와 대응방안

미래의 건설업의 모습은 그림 1과 같이 디지털 기술의 융합된 형태로 나타날 가능성이 높으며 최종적으로 업무 생산성을 향상시키고 원가 및 공기 혁신을 통한 건설업 IT화로 전이될 것으로 예상된다. 하지만, 건설업에서 디지털 관련 기술이 생산성 향상으로 이어지기 위해서는 일하는 방식이 바뀌어야 한다. 설계-시공-운영으로 이루어지는 건설업 전사이클에서 최신 기술 습득이나 활용에 있어서 역량이 유사해야지만 성과가 고도화할 수 있다고 판단된다. 이를 위해서는 그림 1과 같이 BIM, Cloud, Big Data, 인공지능, AR/VR, IoT와 같은 기술의 활용도를 높이는 것과 더불어 건설업 전사이클에서 일하는 사람들의 Consensus 형성을 통한 융합아이디어 도출이 무엇보다 중요하다고 판단된다. 결국은 공감대 형성 기반의 일하는 방식의 변화가 필요하고, 이를 기반으로 외주/구매/재무 역량이 동반하여 역량이 강화되어야지 소기의 성과를 달성할 수 있을 것이라 예상된다.

표 3. 건설업 단계별 주요 분야 및 주요기업 (Future of Construction, BCG)

구분	주요 대응 분야	주요 도입 사례
설계 / 엔지니어링	• 원격 협력 플랫폼 구축 (3D 홀로그램 기술기반 설계) • BIM 기반 설계를 통한 비용 예측 및 공기 단축 • EPC 통합설계 • 간섭분야등 간접 검토 수행 • 실물 구조 디지털 측량 및 디지털 모델 구현 • 드론 영상기반 측량 • 생활 패턴 데이터 반영을 통한 설계 • 설계 분야 협업을 위한 3D 프린팅 기반 신속한 프로토타입 수행	• Trimble • DPR • Balfour Beatty • Aecom • McCathy • Mascaro Const. • British Columbia • Gammon Const.
시공	• 증강현실 기반 현장 시공 지원 • 시공 로봇 활용 • 건설기계장비 원격 제어 및 자동화 • 모바일 기기 기반 현장 안전 및 품질 점검 • 시뮬레이션 기반 공사 계획 수립 • 설계/시공간 실시간 정보 공유 플랫폼 구축 • 3D 프린팅 기반 자동건축기술	• Gilbane • Masterson Hold. • Trimble • Davis • Arup • Hexagon Const. • Winsun
유지관리 / 보수	• 증강현실 기반 스마트 유지관리와 보수 • BIM 기반 시설물 실시간 모니터링	• BIG • Aecom

이러한 성과 달성을 위해서는 다음과 같은 전략수립 및 단계적인 수행이 필요하다고 판단된다.

① 투입비용대비 성과를 고려하여 단계적 대응 => 과도한 투입시 리스크 관리 어려움
② 신속한 대응을 위한 기술센싱 전략
③ 신속하고 정확한 의사결정을 위한 사내외 공조체계 구축
④ 비즈니스를 하기 위한 제도가 만들어 지기 전에 역량 축적 및 시장 창출전략 수행
⑤ 강점을 보유하고 있는 기관 및 기업 사이의 공조체계 구축

4차 산업혁명이 가시화되는 미래에는 건설업은 기술중심의 IT화가 촉진될 것으로 판단된다. 이를 고려하면 R&D조직의 재정비가 필요하고, 이를 기반으로 미래기술 및 시장 예측을 통하여 새로운 문화를 만들어가야 할 시점이라고 판단된다. 이러한 노력이 결실이 맺어지면 기업 성장의 원동력이 되어 새로운 가치를 창출하고 차별화된 기술경쟁력을 토대로 고부가가치를 창출함으로써 회사의 경영과 미래 성장에 기여할 것이라 확신한다.

4. 결론

본 고에서 건설업의 주요 디지털 기술의 적용사례를 살펴보았으며 이를 통해 향후 대응 방향을 모색할 필요가 있다. 건설업의 변화는 시작되었으며 디지털 기술이 주도할 가능성이 높다.

첫째는 국내 건설사들은 디지털 기술의 적용 확대가 사업 다각화와 미래 먹거리 발굴의 새로운 기회로 인식할 필요가 있다. 디지털 기술의 도입시 비용대비 효과에 대한 불확실성이 존재하지만 스마트시티처럼 발주 프로젝트의 형태가 변화하고 있으며 디지털기술을 보유한 기업이 유리한 양상이므로 새로운 영역을 확장하기 위해 디지털 기술의 확보가 필요하다.

둘째는 드론, PMIS, BIM 등으로 나누어진 요소기술들을 융합하여 하나의 플랫폼으로 만들 필요가 있다. 이러한 요소기술들은 서로 연관되어 시너지를 나타낼 수 있다. 건설사들이 최종적으로 플랫폼을 확보하면 생산성 향상뿐 아니라 새로운 부가가치 창출이 가능한 서비스도 제공 가능하다.

셋째는 파트너쉽 구축을 통한 타 업종과의 협업이 필요하다. 디지털 기술은 건설업에 다소 생소할 수 있으며 타 업종에서 주도권을 가지고 있는 경우가 많다. 새로운 기술을 자체 확보하는 것보다 빠른 의사결정과 전략적 제휴를 통한 디지털 기술 도입 전략이 필요하다.

마지막으로 이러한 전략이 가시화되면 건설업은 기술중심의 IT화가 촉진될 것으로 판단되며, 이러한 노력이 결실이 맺어지

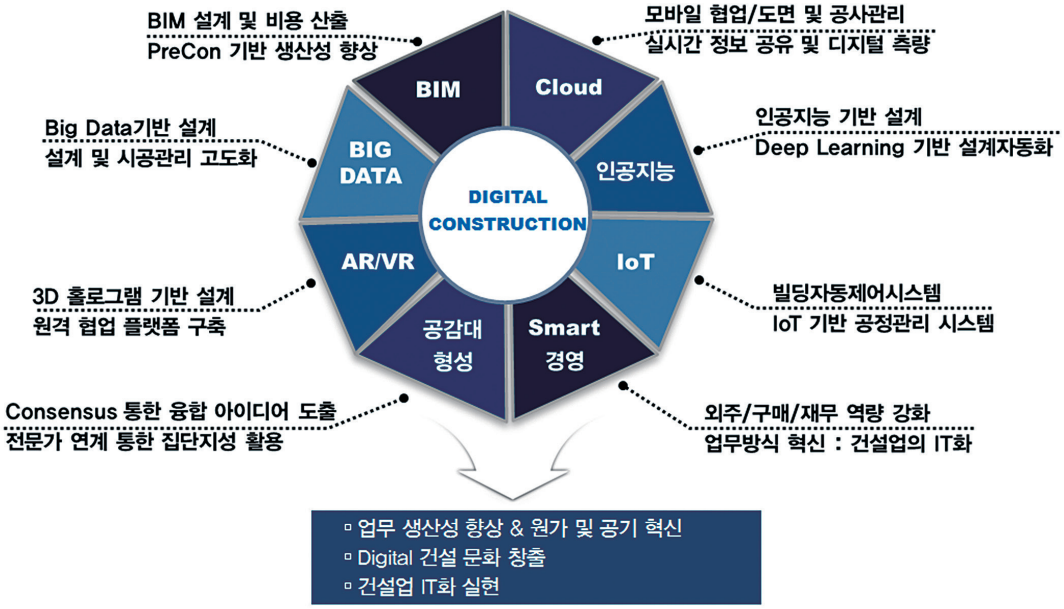


그림 1. Digital Construction의 미래

면 기업 성장의 원동력이 되어 새로운 가치를 창출하고 차별화된 기술경쟁력을 토대로 고부가가치를 창출함으로써 회사의 경영과 미래 성장에 기여할 것이라 확신한다.

참고문헌

1) BCG, Digital in Engineering and Construction
2) BCG, Future of Construction
3) McKinsey & Company, The new age of engineering and construction technology
4) 롤랜드 버거, 4차 산업혁명 : 이미 와 있는 미래
5) 글로벌 건설 리더스, 건설 전방산업의 트렌드 변화와 국내 건설사들의 대응방안, 2018년 2월
6) 4차산업혁명위원회, 4차 산업혁명 대응을 위한 기본정책방향, 2017
7) 4차산업혁명위원회, 4차 산업혁명 대응계획, 2017