

# 건설산업의 디지털 전환 동향과 대응 방향

2022.10

김우영

■ 서론 .....	4
■ 디지털 전환의 개요 .....	8
■ 국내 건설산업의 디지털 전환 현황 .....	14
■ 결론 .....	23



- 본 연구는 건설산업 혁신의 기반이 되는 디지털 전환에 대한 개념을 정립하고, 우리나라 건설산업의 디지털화 현황을 살펴봄으로써 향후 발전 방향을 살펴보고자 함.
  - 건설산업은 디지털화에 대한 많은 노력이 있었음에도 불구하고 타 산업에 비하여 저조한 생산성 정체 현상이 나타나고 있음. 따라서 이에 대한 원인을 찾고 그 개선 방향을 도출하는 것이 필요한 시점임.
  - 보편적으로 적용될 수 있는 디지털 전환의 개념을 살펴보고, 건설산업에서 디지털 전환을 어떤 관점에서 구현해야 하는지 그 방향성을 살펴보고자 함.
  
- 디지털 전환은 아날로그 정보의 디지털화에서부터 출발하는데, 일반적으로 다음과 같이 3 단계의 디지털화 수준으로 구분하고 있음.
  - 정보 디지털화(Digitization) : 기존 아날로그 자료와 콘텐츠를 디지털화하는 것으로서 여기서도 2개 단계로 구분할 수 있는데, 1단계는 기존 종이 기반의 도면을 CAD로 디지털화(형상만을 디지털화)하는 '단순 디지털화' 단계이며, 2단계는 BIM과 같이 도면의 형상뿐만 아니라 구현하고자 하는 시설물의 정보까지 담아내는 '분석 가능 디지털화' 단계임.
  - 업무 디지털화(Digitalization) : 자료나 정보를 디지털화함에 따라 기존의 업무 체계가 달라져서 새로운 업무 범위와 조직, 프로세스가 적용되는 디지털화 단계에 해당함. 업무를 통합하는 디지털화된 시스템이 도입되면 중복되거나 불필요한 프로세스들이 제거되고 가장 효율적인 업무 프로세스로 전환할 수 있기 때문에 디지털화를 통한 업무 혁신이 이에 해당함.
  - 디지털 전환(Digital Transformation) : 디지털화를 통해서 기존 사업 영역을 벗어난 새로운 비즈니스 모델을 구현하는 단계에 해당함.
  
- 우리나라 종합건설업체의 경우 30위권까지는 디지털화 수준이 대동소이한 것으로 보이며, 31위권 이하에서는 매우 낮은 수준인 것으로 나타남.
  - 1~10위권 기업은 BIM을 대부분 사용하고 있고, MIS와 PMIS를 보유하고 있으며, RFID, 생체인식 기술, 드론, 3D 스캐너, 스마트 센서, 가상현실 등 스마트 건설기술들을 일부 적용하고 있음.
  - 11~30위권 기업은 절반 정도의 업체가 BIM을 사용하고, PMIS는 보유하지 않은 업체가 다수였으며, 스마트 건설기술도 일부 사용하는 업체가 있었음.
  - 31위권 이하 기업은 전체 업무의 70%를 엑셀 등 범용 소프트웨어를 사용해 수행하고 있으며, ERPL나 PMIS 등을 사용하는 비율은 20%가 되지 않고 P3 등 업무에 특화된 전용 프로그램을 사용하는 경우는 거의 없는 것으로 나타남.
  
- 향후 정보 디지털화 및 업무 디지털화와 함께 디지털 전환의 각 단계에 맞추어 건설정보를 표준화하고 업무를 체계화함으로써 디지털 기술 기반으로 생산성 혁신 방향을 도출하고, 나아가서는 기업별 디지털 플랫폼을 기반으로 새로운 사업 영역을 창출하는 방향을 도출할 수 있는 개방적이고 창의적인 사고의 전환이 필요함.

# I 서론

## 1. 건설산업의 생산성 정체와 혁신의 어려움

■ 일반적으로 건설산업은 높은 불확실성과 정형화 및 규격화가 어려운 작업 또는 업무 환경으로 인하여 표준화와 정보화에 의한 효율성을 기대하기가 어려운 산업적 특성이 있음.

- 외부 기후나 주변 여건에 따른 예측하기 어려운 변화의 가능성을 최대한 배제한 제조업의 작업 환경은 통제 가능한 작업 여건에서 표준화되고 규격화된 작업이 가능하므로, 표준화된 프로세스와 시스템의 적용이 가능함.
- 외부 환경의 영향을 많이 받는 건설생산 현장은 각 공종 간 작업 시간과 순서가 상황에 따라 달라질 가능성이 높아 완벽하게 통제되지 않는 불확실성 속에서 작업이 수행됨. 따라서 동일 사업 내에서도 작업 시점마다 그 여건이 달라짐으로써 같은 작업을 같은 방식으로 할 수 있다는 보장이 없음.
- 제조업은 통제되는 환경하에서 작업이 이루어지므로 작업 분석을 통해서 단위 작업뿐만 아니라 여러 작업이 연계된 프로세스를 최적화하기 위한 노력이 성과를 거둘 수 있고, 정보통신 기술의 발전에 따른 컴퓨터 시스템의 도움을 받기가 용이함.
- 건설산업은 단위 작업이 적용되는 시점마다 여건이 달라지고, 연계 작업 프로세스도 외부 환경에 따라 영향을 받기 때문에 최적화된 작업 방식이나 프로세스를 도출하기 어렵고, 정보통신 기술의 도움을 받기도 어려움.

■ 현장의 불확실성을 최소화하기 위한 방안으로서 현장을 공장화하는 택트(tact)공법이나 부재·부품의 공장 생산을 통해 현장 작업을 최소화함으로써 불확실성을 극복하고자 하는 OSC(Off-Site Construction) 방법론 등이 나타나고 있음.

- 택트공법은 건설현장의 작업 프로세스를 규격화함으로써 작업 간의 간섭을 최소화하고 공사가 진행됨에 따라 달라질 수 있는 공종별 작업 여건이 변하지 않도록 함으로써, 건설현장을 통제된 제조공장의 작업 여건처럼 만드는 것임.
- 예를 들어 아파트 건설공사에서 조적공사, 방수공사, 타일공사 등의 공종들이 층마다 다른 환경을 마주치게 되는 것은 선후행의 각 작업들의 소요 시간이 다르기 때문이므로, 각 공종들의 작업 시간을 동일하게 함으로써 각 층에서 진행되는 작업 여건을 동일하게 만드는 것임.
- 모듈러나 PC공법<sup>1)</sup>과 같은 경우는 현장을 공장화하는 것과는 달리 현장에서 이루어지는 대부분의 작

1) 프리캐스트 콘트리트(precast concrete)의 약자로, 벽과 바닥 등을 구성하는 콘크리트 부재를 미리 운반 가능한 모양과 크기로 공장에서 만들어서, 건설현장에서는 설치 작업만으로 공사를 수행하는 방식임.

업의 결과물인 건설 부재들을 공장에서 제작하고 현장에서는 설치 작업만 함으로써 현장의 작업을 최소화하는 방식임.

- 기존의 건설자재들도 공장에서 생산이 되지만 단위 자재들이 세분화되어 있어 현장에서 이루어지는 작업이 많아지게 되고 복잡해짐으로써 공중 간 간섭과 불확실성이 증가하는 것이기 때문에, OSC 기법은 가능한 한 공장 제작 부재를 복합적이고 크게 제작함으로써 현장 설치 작업을 최소화하고자 하는 것임.
- 이 같은 건설산업의 공장화 추세는 결과적으로 건설산업을 규격화하고 표준화함으로써 산업의 생산성을 혁신할 수 있는 기반을 만들고자 하는 데 그 목적이 있음. 현실적으로 원가 경쟁력이 기존의 작업 방식을 월등하게 뛰어넘지 못하는 문제가 있더라도 관련한 다양한 시도가 이루어지고 있는 이유이기도 함.

## 2. 제4차 산업혁명과 스마트 기술의 발전

❖ AI<sup>2)</sup>와 IoT<sup>3)</sup>, 클라우드 컴퓨팅<sup>4)</sup>, 모바일 기술 등 첨단 기술로 대표되는 4차 산업혁명 기술의 발전은 전 세계적인 현상으로 변져나가고 있으며, 건설산업도 이 같은 스마트 기술을 이용한 발전 방향을 모색하고 있음.

- 2016년 1월 다보스포럼에서 클라우드 슈밥이 4차 산업혁명이라는 용어를 처음 발표하면서 시대의 전환기라는 점을 이해하기 시작했지만, 관련된 기술들은 이미 2000년대에 들어서면서 급속하게 발전하고 있었음.
- 2016년 3월에는 알파고가 이세돌과의 바둑 대결에서 4승 1패로 승리함으로써 AI의 시대를 열었고, 2009년에 IoT를 이용하는 사물의 개수가 9억여 개였으나 2020년에는 260억 개에 이를 것으로 보고 있을 정도로 IoT가 확산되고 있음.
- 국내외의 많은 건설 관련 기업들이 스마트 기술들을 건설업무에 도입함으로써 건설 생산체계의 혁신 뿐만 아니라 새로운 건설상품과 비즈니스 모델을 확장하고자 하고 있음.

❖ 개인용 컴퓨터가 보급되기 시작한 1990년대부터 건설산업도 정보화를 통한 생산체계 혁신 방안을 모색해 오면서 상당한 수준의 성과도 있었지만, 산업의 본질적인 체계 변

2) 인공지능(人工智能) 또는 AI(artificial intelligence)는 인간의 학습능력, 추론능력, 지각능력을 인공적으로 구현하려는 컴퓨터 과학의 세부 분야 중 하나임. 정보공학 분야에 있어 하나의 인프라 기술이기도 함(위키백과).

3) 사물인터넷(Internet of Things, IoT)은 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 인터넷에 연결하는 기술, 즉 무선 통신을 통해 각종 사물을 연결하는 기술을 의미함. 여기서 사물이란 가전제품, 모바일 장비, 웨어러블 디바이스 등 다양한 임베디드 시스템이 됨. 사물인터넷에 연결되는 사물들은 자신을 구별할 수 있는 유일한 아이피를 가지고 인터넷으로 연결되어야 하며, 외부 환경으로부터의 데이터 취득을 위해 센서를 내장할 수 있음(위키백과).

4) 클라우드 컴퓨팅(cloud computing)은 사용자의 직접적인 활발한 관리 없이 특히, 데이터 스토리지(클라우드 스토리지)와 컴퓨팅 파워와 같은 컴퓨터 시스템 리소스를 필요시 바로 제공(on-demand availability)하는 것을 말함. 일반적으로는 인터넷 기반 컴퓨팅의 일종으로 정보를 자신의 컴퓨터가 아닌 클라우드에 연결된 다른 컴퓨터로 처리하는 기술을 의미함(위키백과).

화가 이루어지지 않음으로써 생산성 혁신에는 한계를 보이고 있음.

- 1990년대에는 CIC(Computer Integrated Construction)<sup>5)</sup>를 구현하기 위해서 건설정보를 디지털 화하고 통합된 체계로 관리하기 위한 노력이 전개되었으나, 컴퓨터 기술의 한계와 프로세스와 단절된 시스템 구현 등의 문제가 있었음.
- 소프트웨어 간의 데이터 호환 기반을 제공하는 윈도우 운영체계의 도입과 함께 건설정보 시스템 간의 호환 가능성이 높아지고, 전사 차원의 경영관리 시스템(Management Information System, MIS)이나 건설정보관리 시스템(Project Management Information System, PMIS) 개발 방향으로 바뀌면서 통합적인 시스템으로 전환하기 시작함.
- CIC의 궁극적인 목적이었던 설계와 시공의 통합은 객체지향형 설계 시스템의 발전으로 3차원 설계 시스템이 개발되면서 BIM(Building Information Modeling)으로 발전하였으나, 설계 주체와 시공 주체 간의 단절된 업무 프로세스는 BIM의 통합적 활용에 장애요소로 여전히 작용하고 있음.
- 다양한 건설 프로젝트 경험으로 쌓은 건설지식은 기술자들 개개인의 역량으로는 쌓이지만, 기업이나 조직의 역량으로 축적되지 못하고 개인이 떠나면 그 역량도 손실되는 한계가 있어, 많은 건설기업들이 지식관리 시스템(Knowledge Management System, KMS)<sup>6)</sup>을 구축하고 건설지식을 데이터베이스화하려는 많은 시도가 있었으나 성공적인 사례가 도출되지 못하였음.

### 3. 연구의 목적

❖ 정보통신 기술의 발전과 같은 건설산업의 외적인 요소들에 의해서 스마트 기술이 상당히 발전하고 있어, 이를 기반으로 건설산업의 생산성 혁신과 새로운 상품과 비즈니스 모델을 발굴할 수 있는 기회가 열리고 있음.

- 정보통신 기술은 꾸준히 발전하고 있으며 이 기술을 이용해서 건설산업이 혁신할 수 있는 기회는 꾸준히 향상되고 있음에도 불구하고 여전히 한계를 보이고 있음.
- 건설산업의 디지털화에 대한 많은 노력이 있었음에도 불구하고 타 산업에 비해 저조한 생산성 정체 현상에 대한 원인을 찾고 그 개선 방향을 도출하는 것이 필요한 시점임.
- 4차 산업혁명기에 접어든 현재, 기술 발전과 더불어 산업의 구조까지 급격하게 바뀌고 있다는 점을 감안하면 정보통신 기술에 대한 과신으로 엄청난 투자를 했음에도 불구하고 그만한 성과를 거두지 못한 과거의 실책을 반복하는 것은 건설산업의 미래를 어렵게 할 것임.

❖ 본 연구는 건설산업 혁신의 기반이 되는 디지털화에 대한 개념을 정립하고, 우리나라

5) 컴퓨터 기술을 건설에 적용함으로써 디지털 기반의 통합관리 체계를 구축하고자 하는 개념으로서, PMIS와 ERP 등의 시스템 통합과 설계와 시공 데이터 통합 등의 관점에서 추진된 혁신적 개념.

6) “데이터 - 정보 - 지식”으로 이어지는 추적 가능한 위계별 자료 중 가장 상위의 “지식”을 축적함으로써 전문분야의 인력 누수에 따른 지식과 노하우의 유출을 막고, 미숙련 인력의 업무를 지원하고자 하는 시스템.

### 건설산업의 현황을 살펴봄으로써 디지털화의 방향을 살펴보고자 함.

- 최근 화두가 되고 있는 ‘디지털 전환(Digital Transformation)’은 유행처럼 많은 관심을 끌고 있지만, 디지털화와 관련한 명확한 기준에 대한 학술적 관점이나 사회적 관점의 동이가 모여진 것인지에  
는 의문이 있음.
- 보편적으로 적용될 수 있는 디지털 전환의 개념을 살펴보고, 건설산업에서 디지털 전환을 어떤 관점  
에서 구현해야 하는지 그 방향성을 살펴보고자 함.

## II 디지털 전환의 개요

### 1. 디지털의 개념과 특성

❖ 디지털은 아날로그를 연속적인(continuous) 실수가 아닌, 특정한 최소 단위를 갖는 이산적(離散的, discrete)인 수치를 이용하여 처리하는 방법을 말함.

- MIT 미디어랩(Media Lab) 설립자인 니콜라스 네그로폰테(Nicholas Negroponte)의 “디지털이다(Being Digital)”(1995)에서 일반적인 삶의 방식뿐 아니라 기업과 사회의 운영방식에도 큰 변화를 가져오는 근본적 기술인 범용 기술(GPT: General Purpose Technology)로서 기술의 최소 단위에 해당하는 것으로 언급되었음.7)

❖ 디지털 자료는 문서와 통계 자료뿐만 아니라 음성과 영상자료까지 포함하며, 복제·삭제·편집이 간편하고 복사물과 원본의 차이가 없다는 특징이 있음.

- 컴퓨터에서 정보가 디지털로 형성, 보관, 전달되면서, 아날로그상에서 아톰의 형태로 공간을 차지하던 정보는 디지털로 바뀌면서 공간을 차지하지 않는 무형의 존재가 됨.
- 디지털은 글(Text), 소리(Sound), 그림(Image), 영상(Video) 등 각기 다른 성질의 아날로그 정보들이 비트로 통합될 수 있는 특성(통합성)이 있으며, 정보의 손실과 변형, 손상 없이 무한 저장·복제·변환이 가능하고 복제 비용이 거의 들지 않으며(복제성), 빛의 속도로 물리적인 장벽이 없이 확산(전파성)할 수 있고, 저장 공간을 거의 차지하지 않는(저장성) 특징이 있음.

❖ 디지털은 데이터(data)와 정보(information)를 다루는 기술임과 동시에 프로세스를 다루는 프로그램(Software Program)이라는 측면에서 테크놀로지(Technology), 즉 범용 기술이 되는 두 가지 특성을 모두 가짐.

- 데이터는 목적성이 없는 객관적 사실을 반영하는 것이지만, 특정한 목적에 따라서 가공되고 변환되는 것은 목적에 적합한 일정한 프로세스를 통해서 처리되어야 함.
- 물리 세계에서 수행되는 업무 프로세스의 일부를 디지털화함으로써 해당 프로세스가 컴퓨터상에 반영되어 디지털화된 데이터를 처리하고 그 결과를 목적에 맞게 가공 처리함.
- 디지털화된 프로세스는 물리 세계의 그것보다는 효율성이 높고 업무를 단축시킴으로써 생산성을 높이기 때문에 기존 프로세스를 변화시키고 업무 간의 관계를 변화시키기도 함.

7) 이명호(2018.12), “디지털이 미래다”, 디지털의 개념과 역사, 여시재 e-핸드북.



## 2. 디지털 전환의 정의

❖ 의미 있고 명확한 디지털 전환의 정의는 학술적으로 정립되어 있지 않지만, 이미 많은 이들에 의해서 이 용어가 사용되고 있으며 각자의 정의가 난립하고 있음.

- 아날로그 정보를 디지털 정보로 변환하는 것도 디지털 전환이라고 이해하는 경향도 있어 디지털 전환이라는 용어가 구분 없이 사용되는 경향도 있음.
- <표 1>에서 보는 바와 같이 디지털 전환의 다양한 정의가 있지만, 공통적인 사항은 단순한 디지털화를 넘어서 비즈니스 모델을 변화시키는 것으로 보고 있음.

〈표 1〉 디지털 전환의 다양한 정의

구분	정의
Bain & company	디지털 엔터프라이즈 산업을 디지털 기반으로 재정의하고 게임의 법칙을 근본적으로 뒤집음으로써 변화를 일으키는 것임.
AT Kearney	모바일, 클라우드, 빅데이터, 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT) 등 디지털 신기술로 촉발되는 경영 환경상의 변화에 선제적으로 대응하고 현재 비즈니스의 경쟁력을 획기적으로 높이거나 새로운 비즈니스를 통한 신규 성장을 추구하는 기업 활동임.
PWC	기업 경영에서 디지털 소비자 및 에코 시스템이 기대하는 것들을 비즈니스 모델 및 운영에 적용시키는 일련의 과정임.
Microsoft	고객을 위한 새로운 가치를 창출하기 위해 지능형 시스템을 통해 기존의 비즈니스 모델을 새롭게 구상하고 사람과 데이터, 프로세스를 결합하는 새로운 방안을 수용하는 것임.
IBM	기업이 디지털과 물리적인 요소들을 통합해 비즈니스 모델을 변화(Transform)시키고 산업(Entire Industries)에 새로운 방향(New Directions)을 정립하는 것임.
IDC	고객 및 마켓(외부 환경)의 변화에 따라 디지털 능력을 기반으로 새로운 비즈니스 모델, 제품 서비스를 만들어 경영에 적용하고 주도하여 지속가능하게 만드는 것임.
World Economic Forum	디지털 기술 및 성과를 향상시킬 수 있는 비즈니스 모델을 활용해 조직을 변화시키는 것임.

자료 : 디지털리테일 컨설팅그룹.

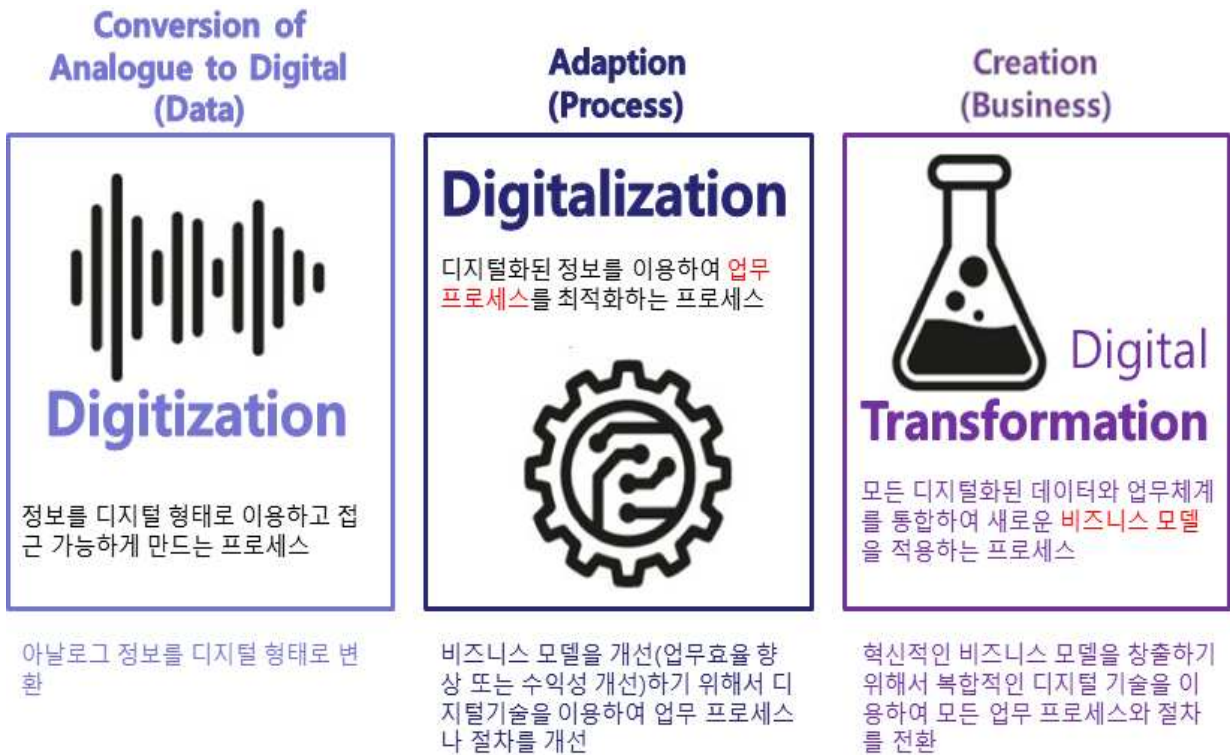
❖ 디지털 전환은 아날로그 정보의 디지털화에서부터 출발하는데, 일반적으로 다음과 같이 3단계의 디지털화 수준으로 구분하고 있음.

- 정보 디지털화(Digitization) : 기존 아날로그 자료와 콘텐츠를 디지털화하는 것으로서 여기서도 2개 단계로 구분할 수 있음. 1단계는 기존 종이 기반의 도면을 CAD로 디지털화(형상만을 디지털화)하는 ‘단순 디지털화’ 단계이며, 2단계는 BIM과 같이 도면의 형상뿐만 아니라 구현하고자 하는 시설물의 정보까지 담아내는 ‘분석가능 디지털화’ 단계임.
- 업무 디지털화(Digitalization) : 자료나 정보를 디지털화함에 따라 기존의 업무 체계가 달라져서 새로운 업무 범위와 조직, 프로세스가 적용되는 디지털화 단계에 해당함. 업무를 통합하는 디지털화된

시스템이 도입되면 중복되거나 불필요한 프로세스들이 제거되고 가장 효율적인 업무 프로세스로 전환할 수 있기 때문에, 디지털화를 통한 업무 혁신이 이에 해당함.

- 디지털 전환(Digital Transformation) : 디지털화를 통해서 기존의 사업 영역을 벗어난 새로운 비즈니스 모델을 구현하는 단계에 해당함. 애플이 아이폰 판매(파이프라인 사업)를 통해서 앱스토어 운영 수익 모델(플랫폼 사업)을 구현한 것과 카카오톡을 통한 메신저 고객 네트워크를 기반으로 다양한 사업 영역을 확장하고 있는 카카오가 이에 해당함.

〈그림 1〉 Digitization, Digitalization, Digital Transformation의 차이



자료 : www.coresystems.net, Difference between Digitization, Digitalization and Digital Transformation.

❖ 건설산업에서 정보 디지털화(Digitization)도 상당한 시행착오가 있었던 분야로서, 컴퓨터가 단순한 이미지로서 인식하는 1단계 디지털화와 객체지향형 데이터로의 디지털 변환에 해당하는 2단계 디지털화로 구분할 수 있음.

- 1단계 정보 디지털화는 아날로그 정보를 단순히 디지털화하는 것에 그치는 것으로 문서를 스캔하여 이미지 파일로 저장하거나 CAD 도면을 작성함에 있어 컴퓨터가 공간을 인식하지 못하고 사용자가 그림으로 인식하는 수준의 디지털화에 해당함(단순 디지털화).
- 2단계 정보 디지털화는 디지털화된 데이터로부터 컴퓨터가 목적에 맞는 의미 있는 분석 결과를 사용

자에게 제공할 수 있는 단계로서 PMIS에 문서 이미지가 아니라 개별 수치 데이터가 분석 가능한 데이터베이스로 저장되거나, BIM과 같이 건축 부재를 컴퓨터가 인식할 수 있는 객체지향형 데이터와 같이 저장되는 디지털화에 해당함(분석가능 디지털화).

- 머신러닝, AI 등 정보통신 기술의 발전에 따라서 1단계 디지털화에 해당하는 문서 이미지나 2차원 CAD 도면도 컴퓨터가 그 목적에 맞게 해석할 수 있는 환경이 조성되기도 해서 그 단계 구분이 모호할 수도 있음.

#### ❖ 업무 디지털화(Digitalization)는 조직의 목적을 달성하기 위해서 디지털화에 따른 업무 프로세스와 조직의 혁신을 동반함.

- 컴퓨터를 도입하거나 스마트 기술을 도입하면 업무 생산성이 높아질 것으로 기대하지만, 기존 업무 프로세스와 조직 구도로서는 디지털화 결과가 오히려 업무를 방해하는 것처럼 여겨질 수 있음.
- 기업이나 조직이 특정한 목적으로 디지털화를 추진할 경우, 디지털화에 따른 업무방식의 변화가 수반되므로 단일 조직 내 또는 연계 조직 간의 업무처리 프로세스의 변화를 고려해야 함.
- 조직의 부분적인 디지털화나 전산화로는 충분한 성과를 거둘 수 없기 때문에, 전사 차원의 프로세스 혁신(Process Innovation, PI)으로 조직의 구조, 규정(rule), 역할(role), 정보 시스템 등을 조직의 목적에 따라서 전면적으로 개편하는 방식을 도입하기도 하였음.

#### ❖ 업무 디지털화가 기존의 사업모델 내에서 조직 활동의 최적화에 초점을 맞춘 것이라면, 디지털 전환(Digital Transformation)은 디지털화를 통해서 새로운 비즈니스 모델을 구현하는 단계임.

- 애플이 아이폰 판매(파이프라인 사업)를 통해서 앱스토어 운영 수익모델(플랫폼 사업)을 구현한 것과 카카오톡을 통한 메신저 고객 네트워크를 기반으로 운송 및 금융업 등 다양한 사업 영역으로 확장하고 있는 카카오가 이에 해당함.
- 종합건설업체가 수행한 많은 사업에서 축적된 데이터와 지식을 디지털화하고 업무 프로세스를 혁신함으로써 사업관리 컨설팅 역량을 확보하고 PMC의 고부가가치 사업으로 확장하는 것도 디지털 전환에 해당함.
- 스마트홈이나 스마트시티와 같은 건설상품의 디지털화를 통해서 해당 상품을 분양받거나 이용하는 고객을 네트워크에 편입하고 연관된 다른 서비스들을 공급하는 플랫폼 사업을 발굴하는 것도 여기에 해당됨.

### 3. 제4차 산업혁명과 디지털 전환

4차 산업혁명은 AI와 IoT 등 첨단 기술의 발전으로부터 촉발된 프로세스 혁신과 비즈니스 혁신으로 새로운 산업 생태계가 구축되는 것을 의미하며, 그로 인하여 산업의 주도세력이 교체되는 현상이 발생함.

- 1차 산업혁명에서 증기기관의 발명으로 생산성 혁신이 일어나고 그 결과 가내수공업 방식에서 공장 생산 방식으로 전환되면서 봉건영주체제가 붕괴되고 자본가가 사회의 주도세력이 되는 자본주의 사회로의 전환이 일어났음.
- 4차 산업혁명에는 디지털 기술과 물리학 기술, 생물학 기술 등이 융합된 신기술에 의해 많은 혁신이 일어나면서 새로운 사업 분야가 산업 전면에 등장하고 시대의 주역이 교체되는 현상이 나타남.
- 애플은 파이프라인 사업(스마트폰 판매)에서 앱스토어를 통한 플랫폼 사업(앱 중개거래)으로 확장함으로써 스마트폰 시장의 선두주자가 되었고, 아마존, 에어비앤비, 우버 등은 실물 없는 중개거래 플랫폼으로 성장하여, 기존 파이프라인 사업 주체들의 상위 플랫폼으로서 시장을 주도하게 됨.
- 디지털 전환 시기 기업의 생존 시나리오는 ① 지속적인 혁신을 통해 선도 기업화하는 경우(애플, 구글, 아마존 등)와 ② 기술 혁신은 했으나 기존의 사업 영역에 안주함으로써 경쟁력을 상실하는 경우(플라로이드, 노키아 등), ③ 타 기업의 기술 혁신을 빠르게 받아들여 경쟁력을 제고하는 경우(캐논, 니콘 등), ④ 기술 혁신에 수동적으로 대처함으로써 경쟁력이 파괴되는 경우(월마트, 테스코 등)<sup>8)</sup>로 구분해볼 수 있음.

〈표 2〉 디지털 전환의 시나리오

구분	선도적 기술개발	추격형 기술개발
기존 경쟁력 강화 (주도적 흡수/활용)	구글, 애플, 아마존, GE 등	캐논, 니콘 등
기존 경쟁력 파괴 (수동적 흡수/활용)	플라로이드, 노키아 등	월마트, 테스코 등

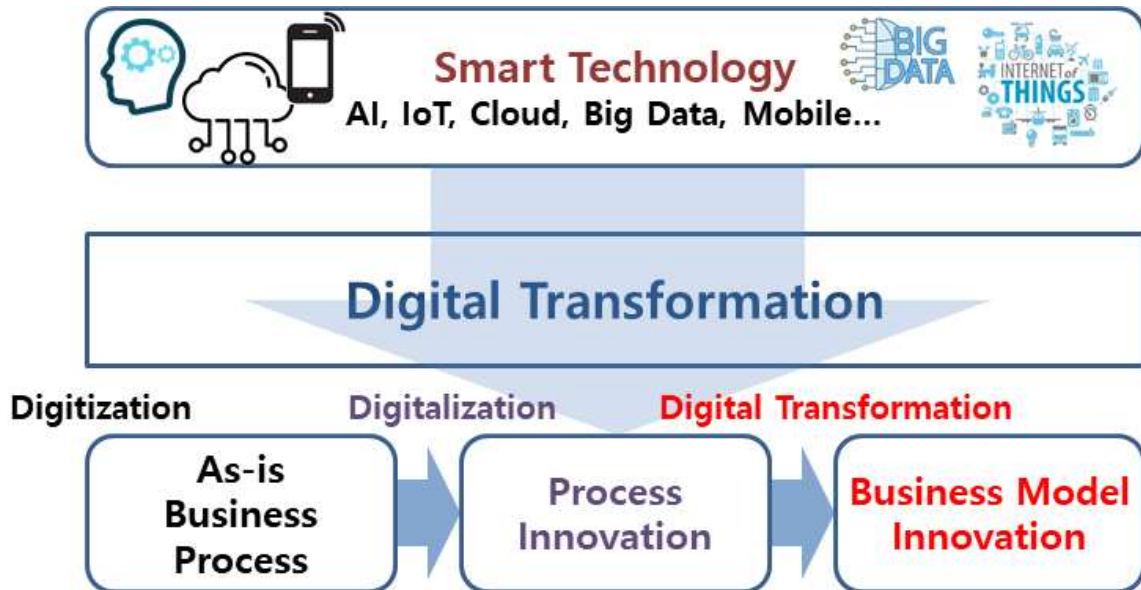
프로세스 혁신과 비즈니스 혁신에 작용하는 스마트 기술의 메커니즘은 디지털 전환을 매개로 하여 산업의 변화를 촉발함.

- 기존 업무 프로세스를 디지털화하고, 디지털화에 따른 프로세스 혁신이 일어나고, 중국에는 비즈니스 모델까지 혁신하는 전 과정에는 정보의 디지털화와 업무 디지털화, 디지털 전환이 작용함.
- AI, IoT 등의 스마트 기술은 프로세스 혁신과 비즈니스 혁신 단계에 모두 적용될 수 있으나, 모든 디지털화를 포함한 디지털 전환의 배경 위에서만 올바르게 작동할 수 있음.

8) 김준연 외 2인(2017.4), 제4차 산업혁명과 산업의 디지털 전환 : 위기와 전략, 소프트웨어정책연구소.

- 디지털 전환이 뒷받침되지 않는 스마트 기술의 개발과 적용은 해당 기술이 작동할 수 있는 기반이 취약하기 때문에 산업의 생산성 향상이나 생산체계 혁신으로 이어지지 못하고 한시적인 활동으로 제한될 가능성이 높음.

〈그림 2〉 스마트 기술과 디지털 전환



### Ⅲ 국내 건설산업의 디지털 전환 현황

#### 1. 국내 디지털 전환 관련 정책 동향

- 지난 2016년 세계경제포럼에서 4차 산업혁명을 천명하면서, 우리 정부도 2017년 10월 4차 산업혁명에 대비하기 위한 컨트롤 타워로서 대통령 직속의 ‘4차산업혁명위원회’를 설립하였음.

  - 4차산업혁명위원회는 ① 과학기술, 인공지능 및 데이터 기술 등 기반 확보, 신산업·신서비스 육성 및 사회변화 대응에 관한 정책의 심의·조정, ② 민관 팀플레이를 통한 규제·제도 개선 기반 마련, ③ 신산업 생태계 조성 지원, ④ 4차 산업혁명 관련 대국민 홍보 및 변화 참여 독려 등의 역할을 하는 것으로 계획함.
  - 2017년 11월에 ‘혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획’을 확정하였으며, ‘지능화 혁신’, ‘기술 경쟁력 확보’, ‘산업생태계 조성’ 그리고 ‘미래사회 변화 대응’ 등 4개 분야로 나누어 2022년까지 5개년 계획을 발표함.
  
- 2020년 7월에는 코로나19로 인한 극심한 경기 침체 극복과 경제의 구조적 대전환 대응이라는 이중 과제를 극복하기 위한 방안으로서 정부 관계부처 합동으로 ‘한국판 뉴딜’ 종합계획을 발표함.

  - 한국판 뉴딜은 ‘디지털 뉴딜’과 ‘그린 뉴딜’로 구성되었으며, 그중 디지털 뉴딜에서 D.N.A.(Data, Network, AI)<sup>9)</sup> 생태계 강화, 교육 인프라 디지털 전환, 비대면 산업 육성, SOC 디지털화 등으로 나누어 2025년까지 집중 투자하는 계획을 제시함.
  - 건설과 연관성이 깊은 ‘SOC 디지털화’는 ① 4대 분야 핵심 인프라 디지털 관리체계 구축, ② 도시와 산단의 공간 디지털 혁신, ③ 스마트 물류체계 구축의 내용으로 계획함.
  - 2022년 1월에는 디지털 뉴딜 2.0 초연결 신산업 육성을 위해 수립한 첫 번째 종합대책으로 ‘메타버스 신산업 선도전략’을 발표함.
  
- 「산업 디지털 전환 촉진법」이 제정되어 2022년 7월 15일부터 시행되기 시작함.

  - 이 법은 산업데이터 생성·활용의 활성화와 지능정보 기술의 산업 적용을 통하여 산업의 디지털 전환을 촉진함으로써 산업 경쟁력을 확보하고 국민의 삶의 질 향상과 국가 경제 발전에 이바지함을 목적으로 함(제1조 목적).

9) Data, Network, Artificial Intelligence.

- 이 법에서는 '산업 디지털 전환'을 '산업데이터와 지능정보 기술을 산업에 적용하여 산업활동 과정을 효율화하고 새로운 부가가치를 창출하여 나가는 일련의 행위'로 정의하고 있음(제2조 정의).
- 개별 산업이나 사업 분야에서 디지털 전환을 통한 새로운 사업 유형을 발굴하여 추진하고자 할 경우 이를 지원하기 위한 근거 법 체계로서 작동할 수 있음.

❖ 우리나라 정부가 4차 산업혁명기에 발 빠르게 대응하고 디지털 기술을 기반으로 하는 산업 혁신을 유도한다는 측면에서는 산업의 디지털 전환을 지원할 수 있는 정책들이지만, 건설산업의 디지털 전환과 관련해서는 자체적인 디지털화 수준에 대한 점검과 발전 방향성이 우선 논의될 필요가 있음.

- 타 산업과 달리 건설산업에 내재된 여러 제약 요인들(높은 불확실성, 업무의 비정형성/비표준화 등)로 인해서 디지털화에 많은 어려움을 겪고 있고, 정부의 지원 정책과는 무관하게 건설산업의 효과적인 디지털 전환 체계를 발굴할 필요가 있음.
- 본 연구에서는 우선 우리나라 종합건설업체들의 디지털화 수준을 파악하는 것에 초점을 맞추고, 기업 규모별 동향을 파악하고자 함.

## 2. 건설산업의 디지털 전환의 필요성과 방향

■ **삼정KPMG 경제연구원이 발표한 보고서(2021.7)<sup>10</sup>에 따르면 건설산업이 디지털화해야 하는 이유는 다음의 4가지임.**

- 생산성 향상 : 건설산업이 다른 산업에 비해 생산성 향상 속도가 매우 느린 원인으로는 산업의 불확실성과 비정규성, 비표준화 등이 지적되고 있는데, 이에 대한 해결책이 디지털화임.
- 고부가가치 증대 : 사업 포트폴리오의 전후방 산업으로의 수직계열화와 유관 산업 중심의 수평적 사업 확장에 있어 디지털 기술의 접목(단절된 사업 분야의 연계와 신규 서비스 확장 등)을 통한 고부가가치 창출의 가능성을 제기함.
- 리스크 감소 : 빅데이터와 AI 분석을 통한 안전사고 예측과 BIM 기술을 통한 현장의 위험 상황 예측 등을 통한 산재사고 리스크 저감이 가능함을 주장함.
- 친환경 대응 : BIM, OSC, 3D프린팅 등 디지털 기술의 적용으로 건설 과정의 폐기물을 감소시키고, 최적화된 계획으로 탄소 배출을 감소시킬 수 있을 것으로 내다봄.

■ **건설산업은 참여하는 주체와 단계가 구분되어 있어서 디지털화와 관련한 접근도 다른 산업과는 차이가 있음.**

- 건설의 참여 주체는 발주자와 설계자(디자이너와 엔지니어), 사업관리자(CM/PM), 종합건설사업자, 전문건설사업자, 자재·장비 공급자 등으로 나누어지며, 각 주체별로 디지털화의 목적과 범위, 방향이 상이함.
- 건설은 기획, 설계, 구매, 시공, 시운전 등의 단계로 나누어지고 각 단계별 주요 정보와 처리 프로세스가 상이하며, 선행 단계에서 발생한 정보는 후행 단계로 연계하여 사용되지만, 단계별 주요 주체가 달라짐으로써 데이터가 단절되는 현상으로 인해서 중복 작업 발생이 잦기 때문에 각 단계별 정보 연계 체계가 필요함.
- 기업 레벨의 디지털화는 경영 관점의 관리 체계와 사업(project) 관점의 관리 체계로 나누어지고, 생산 프로세스상의 개별 관리 기능과 자재 및 장비 등에 대한 정보 체계와 건설상품과 사업에 관련된 정보 체계가 존재하며, 기업이나 사업 내 단위 조직 및 담당 업무 간 데이터 연계도 필요함.
- 산업 레벨의 디지털화는 각 단계별·주체별 사업 측면의 상호 협력(인허가·계약·사업관리 등)을 위한 표준과 플랫폼이 있으며, 산업 차원의 지식과 경험 데이터 축적 및 공유 체계가 있고, 인적·물적 자원 공유 플랫폼과 산업 차원의 의사소통 체계가 있음.
- 정부 레벨의 디지털화는 각종 법·제도와 R&D 성과, 공공 펀드, 공공 정보(GIS 등), 교육 체계 등을 위한 공유 체계와 공공사업 발주와 관련한 플랫폼(발주 체계 및 입찰 시스템 등)이 있음.

10) 삼정KPMG 경제연구원(2021.7), “미래의 건설산업, 디지털로 준비하라”.



■ 1990년대부터 건설산업 디지털화를 위한 많은 노력이 있었음에도 불구하고 다른 산업에 비해서 큰 성과를 거두지 못한 것은 전술한 바와 같은 건설산업의 특성에 기인하는 것이기 때문에, 디지털 전환이라는 명제를 스마트 기술에 치중하는 것만으로는 성과를 거두기 어려움.

- 건설산업은 표준화와 규격화의 어려움 때문에 디지털화가 쉽지 않아, 표준화된 프로세스를 정립하고 업무 환경을 규격화하는 것이 필요함.
- 디지털화와 업무 표준화는 상호보완적이기 때문에 어느 한쪽이 우선되는 것은 아니며, 디지털화하는 과정에서 프로세스를 체계화하고 표준화하는 작업이 병행되어야 함.
- 불확실성이 높은 건설산업의 특성을 극복하고 표준화된 프로세스를 구축하기 위해서는 건설 환경을 제조업과 같은 공장화 개념으로 전환할 필요가 있으며, 그 일환으로택트공법이나 로봇틱스, 모듈러, OSC 등의 접근이 시도되고 있음.
- 건설산업의 공장화 개념은 궁극적으로 생산성 혁신을 위한 프로세스 혁신의 근간이 되는 건설정보와 업무의 디지털화에 해당하는 것이며, 프로세스 혁신을 통한 표준화된 생산체계가 구축될 때에 스마트 기술들이 올바르게 작동하는 기반이 마련됨.

■ 4차 산업혁명에 따른 건설산업의 새로운 상품과 사업 영역으로서 스마트홈과 스마트 도시 등이 있으나, 디지털 전환 관점보다는 마케팅 관점의 상품에 머물고 있음.

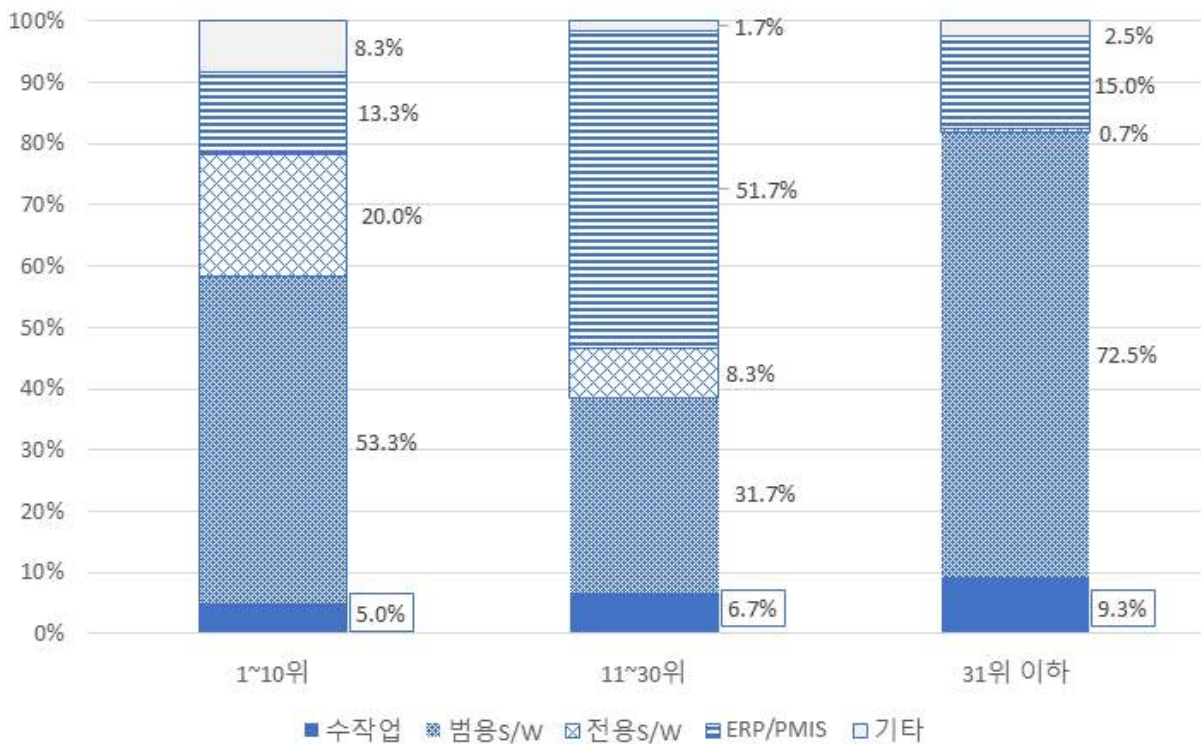
- 기존에 인텔리전트홈이나 u-City 등과 같이 건설산업의 신상품이 될 것으로 기대를 받던 분야가 성공하지 못한 경험이 있기는 하지만, 스마트 기술의 발전에 힘입어 스마트홈과 스마트 도시 등이 산업 전면에 다시 부상하였음.
- 과거 인텔리전트홈 등은 비즈니스 혁신을 위한 디지털 전환 없이 새로운 기술의 접목으로만 추진되어 성공하지 못한 것으로 분석됨. 따라서 이러한 실패 경험을 바탕으로 현재 추진되고 있는 스마트홈과 스마트 도시 등에 대해서는 스마트 기술 도입 외에 비즈니스 혁신 작업이 얼마나 진행되었는지에 대한 검토가 필요함.
- 4차 산업혁명에서 주요한 변화는 파이프라인 사업 위에 플랫폼 사업이 시대의 주역이 되는 것이라는 점을 감안하면 건설산업의 신상품에서도 플랫폼 사업의 가능성을 검토해볼 필요가 있음.
- 비즈니스 혁신 관점에서 건설 신상품을 이해하고 그 기반이 되는 디지털 전환의 방향이 전략적인 관점에서 개발될 때에 4차 산업혁명기의 큰 흐름을 탈 수 있는 성공적인 사업 확장이 가능할 것으로 판단됨.

### 3. 건설산업 디지털 전환 현황

■ 우리나라 건설산업의 디지털 전환 현황을 살펴보기 위하여 종합건설업체를 대상으로 무작위 설문조사를 실시하였음.

- 회신이 된 설문지 수는 25개였으며, 규모(시공능력평가액 기준)로 나누어보면 1~10위권에서 3개, 11~30위권에서 6개, 31위 이상에서 14개, 기타 답변이 2개였음.
- 통계적으로 유의미한 답변이 회수되지 않았기 때문에 개략적인 추이만을 판단하는 자료로 활용하였으며, 조사 결과는 다음의 <그림 3>과 같음.

<그림 3> 기업 규모별 데이터 처리 방법



■ 우리나라 종합건설업체 중 1~10위에 해당하는 업체들은 상대적으로 디지털화 수준이 높은 것으로 나타났지만, 여전히 업무 디지털화에서는 한계가 있고, 디지털 전환에 있어서도 제한된 가능성만을 보여주고 있음.

- 실무자들 가운데 절반 이상이 여전히 엑셀 등 범용 소프트웨어를 이용해서 업무 처리를 하고 있고, PMIS 등 업무 프로세스가 녹아 있는 전용 관리 시스템의 사용률은 20%에도 미치지 않는 것으로 나타남.

- 1~10위권 건설업체의 대부분이 BIM을 사용하고 있었는데, 설계 오류 검토와 시공 계획 검토, 시공 오차 확인, 물량 산출, 공정 시뮬레이션(4D/5D) 등의 업무에 이를 활용하고 있는 것으로 나타남.
- MIS와 PMIS는 대부분의 기업이 보유하고 있었으며, 실무자들의 업무에 따라서 차이가 있으나, 상황에 따라서 각 시스템을 사용하고 있는 것으로 나타남.
- 스마트 건설기술 적용에 있어서는 출역 관리에 바코드, RFID, 생체인식 기술 등이 활용되고 있으며, 자재관리에 바코드나 RFID를 적용하는 업체는 상대적으로 적었음.
- 대부분의 업체가 현장 모니터링이나 측량 목적으로 드론과 3D 스캐너를 사용하고 있었으며, 현장관리를 위한 모바일 장비(태블릿 등)도 활용하고 있음.
- 일부 기업들의 경우 스마트 센서나 인공지능 CCTV를 사용하고 있었으며, 가상현실 기술을 활용하는 사례도 있었음.
- 대부분의 업체는 스마트홈을 주택에 적용하고 있었으며, 인텔리전트빌딩과 스마트 도시, 스마트 주차관리시스템, 스마트 도로, 스마트 헬스케어 등을 적용하는 기업도 있었음.

**■ 11~30위권 건설업체들도 상대적으로 높은 디지털화 수준을 보여주고 있는 것으로 조사됨. 1~10위권 업체와 큰 차이가 나지 않는 수준의 디지털화 노력을 기울이고 있는 것으로 나타남.**

- 11~30위권 업체 실무자 업무의 절반 이상이 ERPL나 PMIS 등 전용관리 시스템을 통해서 데이터가 처리되고 있는 것으로 나타났으며, 30% 정도의 업무가 엑셀 등 범용 소프트웨어를 사용하여 처리되고 있음. P3와 같은 업무별 전용 프로그램을 이용한 데이터 처리는 1~10위권의 업체(약 20%)보다 상대적으로 낮은 수준인 10% 미만으로 나타남.
- 절반 정도의 업체들이 BIM을 사용하고 있는 것으로 나타났으며, 1~10위권과 마찬가지로 설계 오류 검토와 시공 계획 검토, 시공 오차 확인, 물량 산출, 공정 시뮬레이션(4D/5D) 등의 업무에 활용하고 있는 것으로 나타남.
- 대부분의 응답 업체들이 MIS용 ERP 시스템을 사용하고 있는 것으로 나타났으며, 사용 정도도 1~10위권의 업체들보다 높은 수준으로 밀접하게 해당 시스템을 사용하고 있는 것으로 나타남. PMIS는 상대적으로 보유하고 있지 않은 기업이 많았으며, 보유한 기업의 경우에는 상황에 따라 이용하는 것으로 나타남.
- 대부분의 응답 업체가 출역관리 시스템(RFID, 생체인식 등)을 사용하고 있고, 일부 RFID를 이용한 자재관리 시스템이 있고, 드론 3D 스캐너 등도 일부 업체가 사용하고 있는 것으로 나타남.
- 3D프린터와 건설 로봇 등 건설 자동화와 관련된 스마트 장비를 사용하는 업체도 있는 것으로 나타났으며, 모바일 현장관리 시스템, 스마트 센서, 인공지능 CCTV, 가상현실 기술들을 사용하는 업체들도 있는 것으로 나타남.
- 11~30위권 건설업체 중 응답한 모든 업체가 스마트홈을 주택에 적용하고 있는 것으로 나타났으며,

인텔리전트빌딩이나 스마트 도시 등의 사업을 수행하는 업체들도 있었음.

**■ 31위권 이하의 건설업체들은 상대적으로 매우 낮은 디지털화 수준을 보여주고 있는 것으로 나타남.**

- 전체 업무의 70% 이상을 엑셀 등 범용 소프트웨어를 사용해서 데이터 처리를 하고 있으며, ERPL나 PMIS 등을 사용하는 비율은 20%가 되지 않는 것으로 나타남. P3 등 업무에 특화된 전용 프로그램을 사용하는 경우는 거의 없는 것으로 나타남.
- BIM을 거의 사용하고 있지 않으며, CAD조차도 사용하지 않는 업체가 있는 것으로 나타남.
- 20% 정도의 업체들만 ERPL나 MIS를 사용하고 있으며, PMIS는 거의 사용하지 않고 있음.
- 30% 정도의 업체들이 출역관리 시스템은 활용하는 것으로 보이며, 일부 업체들이 자재관리 시스템이나 드론 스마트 센서 등을 사용하고 있음.
- 스마트홈 등의 새로운 건설상품을 사업화하고 있는 기업은 거의 없는 것으로 나타남.

**■ 우리나라 종합건설업체의 경우 30위권까지는 디지털화 수준이 대동소이한 것으로 보이며, 31위권 이하에서는 매우 낮은 수준인 것으로 나타남.**

- 30위권 이상에서도 엑셀 등 범용 소프트웨어의 사용 빈도가 절반 이상이고 ERPL나 PMIS 등 전용관리 시스템의 사용 빈도가 절반도 되지 않아 업무 디지털화(Digitalization) 수준이 여전히 낮은 것으로 평가됨. 100위권 이하의 업체들은 업무 디지털화가 전혀 이루어지지 않고 실무자 개인의 역량에 의존하는 사업방식을 보여주는 것으로 파악됨.
- 정보 디지털화(Digitization) 관점에서 살펴보면 30위권 업체 이내에서 BIM을 사용하지 않는 경우가 40% 정도가 되기 때문에 정보 디지털화의 2단계인 '분석가능 디지털화' 수준까지 이르지 못한 것으로 나타남. 100위권 이하의 업체들은 정보 디지털화의 1단계인 '단순 디지털화' 수준에 머물고 있는 것으로 파악됨.
- 30위권 이상 업체들은 대부분 MIS와 PMIS를 사용하고 있는 것으로 나타났으나, 업무처리 비중에 있어서 절반에 미치지 못하는 것으로 나타나, 프로세스 혁신까지 이르지 못하고 있는 경우가 대부분인 것으로 파악됨.
- 전반적으로 스마트 건설기술에 대한 업계의 관심은 높은 것으로 보이며, 업체마다 다양한 스마트 기술을 도입하기 위한 시도는 있는 것으로 보임. 다만, 기업의 건설정보 체계와 연계성이나 업무 프로세스나 절차에 반영되는 정도와 관련해서는 여전히 낮은 수준인 것으로 파악됨.
- 30위권의 업체들은 스마트 기술이 적용된 신상품과 비즈니스들을 시도하고 있는 것으로 파악되지만, 디지털 전환에 기초한 신규 사업 영역으로의 접근이 아니라, 개별 기술들의 적용에 더 큰 관심이 있는 것으로 파악됨.

#### 4. 조사 결과 분석 및 시사점

❑ 전반적인 우리나라 건설산업의 디지털 전환 수준은 정보 디지털화 수준에 머물고 있는 것으로 파악됨. 설문조사 결과 30위권 내에서도 단순 디지털화에 머물고 있는 기업이 9개 사 중 4개 사로 나타남.

- 일반적인 관점에서 봤을 때 30위권 내 기업들의 전산화가 상당히 진척된 것으로 이해될 수도 있지만, 디지털 전환 관점에서 보면 여전히 정보 디지털화 1단계인 단순 디지털화에 머물고 있는 기업들도 있는 것으로 파악됨.
- CAD로 작성하는 도면 데이터는 일반적으로 선과 호로 그려짐으로써 사람이 눈으로 도면이 표현하는 공간과 부재들을 이해할 뿐 컴퓨터는 단순한 데이터로만 이해하게 되어, 건설 엔지니어링과 관련된 다양한 분석 기능을 지원받지 못하는 한계가 있음.
- BIM은 도면 작성시에 건설 부재를 도면 객체로 작성함으로써 컴퓨터의 연산 기능을 이용한 건설 엔지니어링 분석 기능을 지원받을 수 있고, 일관되고 통합적인 사업관리의 기반이 되는 데이터로 활용할 수 있음.
- 업무 디지털화에 있어서는 30위권 내의 기업들은 대부분 경영관리나 사업관리 측면에서 전용 시스템을 갖추고 있는 것으로 보이지만, 업무 프로세스를 충분히 담아내지 못하는 것으로 파악됨.
- 그 결과 엑셀 등과 같은 범용 소프트웨어에 의존하여 데이터 처리를 하게 되고, 이렇게 사용된 데이터들은 개인 파일로 보관될 뿐 조직의 데이터베이스로 축적되지 못하는 결과가 됨.

❑ 스마트 센서나 드론, 3D스캐너 등 다양한 스마트 건설기술을 적용하고자 하지만, 디지털화(정보와 업무)에 기반한 내부 시스템과의 연계성을 높일 필요성이 있음.

- 정보통신 기술의 급격한 발전으로 건설산업에서 활용할 수 있는 많은 스마트 기술이 등장하고 있어 선도 기업들이 앞다투어 이 기술들의 도입을 추진하고 있으나, 건설산업의 기존 업무 체계와 프로세스를 고려하지 않는 성급한 기술 도입 형태를 보이고 있음.
- 프리콘 방식의 사업 수행에 BIM을 기반으로 한 협업 체계를 구축하고, 모듈러나 PC공법 등 OSC의 공장화 생산 방식을 적용하고 그 위에 스마트 기술들을 도입하는 방식으로 접근하는 일부 선도 기업들도 있음.
- 궁극적으로 생산성 향상을 위한 목적으로 스마트 건설기술을 도입하는 것이라면 해당 기술 도입뿐만 아니라 관련된 생산체계와 프로세스의 혁신도 동시에 이루어져야 함.

❑ 선도 기업들에 의해서 스마트 건설기술들이 도입되지만, 전체 건설산업이 같이 발전하지 않으면 건설산업의 스마트화가 지속성을 가지기 어려움.

- 건설산업은 종합건설업과 전문건설업, 설계/엔지니어링 등으로 분업화되어 있기 때문에, 일부 종합건설업체가 스마트화된 기술을 도입한다고 하여 효과적인 생산성 향상을 이끌어 낼 수 없음.
- 종합건설업체의 지휘를 받는 전문건설업체들이 스마트 건설기술을 원활하게 사용할 수 있는 역량을 갖춰야 하는데, 한두 개의 전문건설업체를 육성한다고 하여 그 성과가 나타나지는 않음.
- DL이앤씨는 수년 전에 택트공법을 도입해서 특수한 공법을 감당할 수 있는 몇몇 전문건설업체를 육성해서 상당한 성과를 거두었음에도 불구하고, 선택할 수 있는 업체들이 제한됨으로써 오히려 건설 단가가 상승하는 문제를 겪은 바 있음.
- 초기에 선도 기업에 의해서 스마트 건설기술이 개발되고 그들의 차별화된 경쟁력으로 작용할 수는 있어도 전체 건설산업의 스마트 건설기술 활용이 보편화되지 않으면, 결과적으로 해당 기업도 스마트 건설기술 적용 자체가 어려워질 수 있음.
- 개별 기업들의 스마트 건설기술 도입에 대한 노력도 있어야 하지만, 전체 산업 관점의 도입 전략과 함께 유관 기업들의 육성 전략도 필요함.

**❖ 디지털화를 기반으로 하여 새로운 사업 영역으로 확장하는 디지털 전환에 대한 시도는 기존 사업 영역의 변동 없이 첨단 상품으로 포장된 기존 상품의 개발에 그치는 것으로 파악됨.**

- 스마트홈의 경우 새로운 신기술들이 접목된 새로운 상품처럼 보이지만, 비즈니스 모델 관점에서 보면 기존 주택 분양과 동일한 방식의 사업으로서 차별성이 없음.
- IBS나 스마트 도로, 스마트 도시 등도 궁극적으로는 건설사업 수주를 위한 경쟁력 관점에서 접근하고 있을 뿐 디지털화를 기반으로 새로운 비즈니스 영역으로의 확장 관점에서 시도되는 것으로 보기 어려움.
- 전통적인 건설산업의 먹거리에 대해 강하게 고착된 인식의 변화가 어렵다는 점과 새로운 비즈니스를 발굴하지 못하는 문제가 함께 작용하고 있음.
- 대표적으로 애플사가 아이폰을 판매(기존 사업, 파이프라인 사업)하면서 앱스토어를 통해 앱 개발자들과 고객을 연계하는 앱 판매를 중개(신규 사업, 플랫폼 사업)하는 사업으로 확장한 사례 등을 참고하여 건설사업의 기존 건설상품과 연계된 확장 사업 영역을 발굴하는 노력이 필요함.

## IV 결론

### 1. 정보 디지털화(Digitization) 관점의 대응 방향

- 건설산업의 정보 디지털화는 오랫동안 논의되어 온 분야로서 BIM과 PMIS로 대표되는 디지털화 방향이 있었으며, 현재도 논의가 진행 중인 사안임.
  - 다수의 참여 주체로 구성된 건설사업은 각 주체 간의 원활한 의사소통과 정보 교환이 필요하므로, 정보의 통합이 중요했으며 설계와 시공, 유지관리의 전 생애주기에 걸쳐서 활용되는 도면 데이터의 연계 활용 방안을 찾는 과정에서 BIM의 개념과 실체가 발굴되었음.
  - 복잡한 사업을 계획하고 그 수행 정보를 체계적으로 관리하기 위해서 PMIS의 필요성이 있었고, 많은 사업에서 사용하고 있으나 개인 역량에 의존하는 경향이 큰 건설산업의 특성상 형식적인 보고 차원의 시스템으로 치부되는 경향도 있음.
  - BIM과 PMIS는 개별적인 사안처럼 보일 수도 있으나, BIM의 통합적인 건설정보 운영 목적을 고려하면 PMIS와의 연계된 형태로 운영하는 방향에 대한 논의가 필요함.
  
- BIM은 정부 차원에서 일정 기준 이상의 공공공사에서는 의무 적용하도록 규정하는 등 장려하고 있으나, 업계에서 스스로 BIM의 필요성을 인지할 수 있는 발주 체계를 제도화하는 것이 중요함.
  - 정부의 BIM 장려 정책은 한편으로 득이 될 수도 있지만, 무조건적인 의무화는 업계가 그 필요성과 사용 방법을 체득하는 것을 방해할 수도 있기 때문에, 어떤 경우에 BIM이 필요하고 제대로 된 효과를 낼 수 있는지에 대한 검토가 우선되어야 함.
  - BIM으로 설계하기 위해서는 기존 CAD에 익숙한 작업자들을 교육하고 시스템을 정비하는 등의 부가적인 일이 발생하는데, 그로 인하여 설계자에게 발생하는 이익이 없다면 설계자들의 입장에서는 불필요하고 과도한 투자를 유발하는 것으로 인식될 수 있음.
  - 설계자에 의해서 작성된 BIM 도면을 건설회사가 그대로 사용할 수 있을 정도로 표준화된 체계로 작성되지 않는 경우가 많기 때문에 다시 BIM 작업을 하는 경우도 많아서 당초에 BIM을 도입하고자 했던 취지인 ‘한번 작업한 BIM 도면으로 전 생애주기에 걸쳐서 사용’하는 것에도 위배됨.
  - 설계시공분리발주(Design-Bid-Build, DBB) 방식에서는 설계와 시공 주체가 다르기 때문에 이런 중복 작업의 가능성이 높고 부가적인 업무만 발생할 뿐 당초의 취지를 달성하기 어렵기 때문에, 설계 단계에 시공 노하우를 가진 건설회사가 참여하는 ECI(Early Contractor Involvement) 발주 방식을 통해서 공동 작업으로 BIM 도면을 작성함으로써 그 취지를 달성할 수 있음.

- 따라서 정부가 BIM을 의무화함에 있어서 공사의 크기 유무보다는 어떤 발주 방식이냐에 따라 구분하여 장려하는 것이 적절하며, DBB 방식보다는 ECI 방식의 발주를 장려함으로써 BIM의 활용도를 높이고 우리나라 건설산업의 체질을 강화하는 방향으로 정책을 가져갈 필요가 있음.

**■ BIM 도입은 단계별 주체의 역할과 책임(Role and Responsibility, R&R)의 변화를 수반함. 이에 따라 기존의 사업수행 방식에서 벗어나 역할 관계를 조정하고 사업수행 프로세스에 대한 변화도 필요함.**

- BIM은 ‘분석가능 디지털화’의 개념이 반영된 것으로 사람이 눈으로 보고 해석하는 것보다 컴퓨터가 인지해서 구조 분석, 에너지 분석, 일조 분석, 물량 산출, 공정 시뮬레이션 등의 엔지니어링 업무를 지원할 수 있음.
- BIM을 도입하여 초기 엔지니어링을 강화함으로써 사업 성과를 높일 수 있는 여건이 확보되기 때문에, 사업 수행에 있어서도 설계단계의 업무 범위를 기존보다 확장하고 설계자뿐만 아니라 건설과 운영 단계의 주체들까지 참여해서 설계 품질을 향상하도록 단계별 업무 기능을 보정할 필요가 있음.
- 결과적으로 설계 품질 제고뿐만 아니라 시공 방법을 설계에 반영함으로써 시공단계 업무의 상당 부분을 사전 시뮬레이션을 통해서 해결하고 시공 업무를 효율화하는 린건설(Lean Construction)로 발전할 수 있음.
- BIM은 설계 엔지니어링을 강화하고 시공과의 연계성을 높이는 기반이어서 그 효과를 최대화하기 위해서는 설계와 시공, 유지관리 주체들 간의 협업이 필요하고 산업 전반의 혁신이 따를 수밖에 없음.

**■ BIM 도면에 내재된 데이터들을 2차 가공하여 사업관리 데이터들을 생성하며 이 데이터를 사업관리를 위한 PMIS에 입력해서 사용할 수 있으므로, BIM과 PMIS의 연계 체계도 검토되어야 함.**

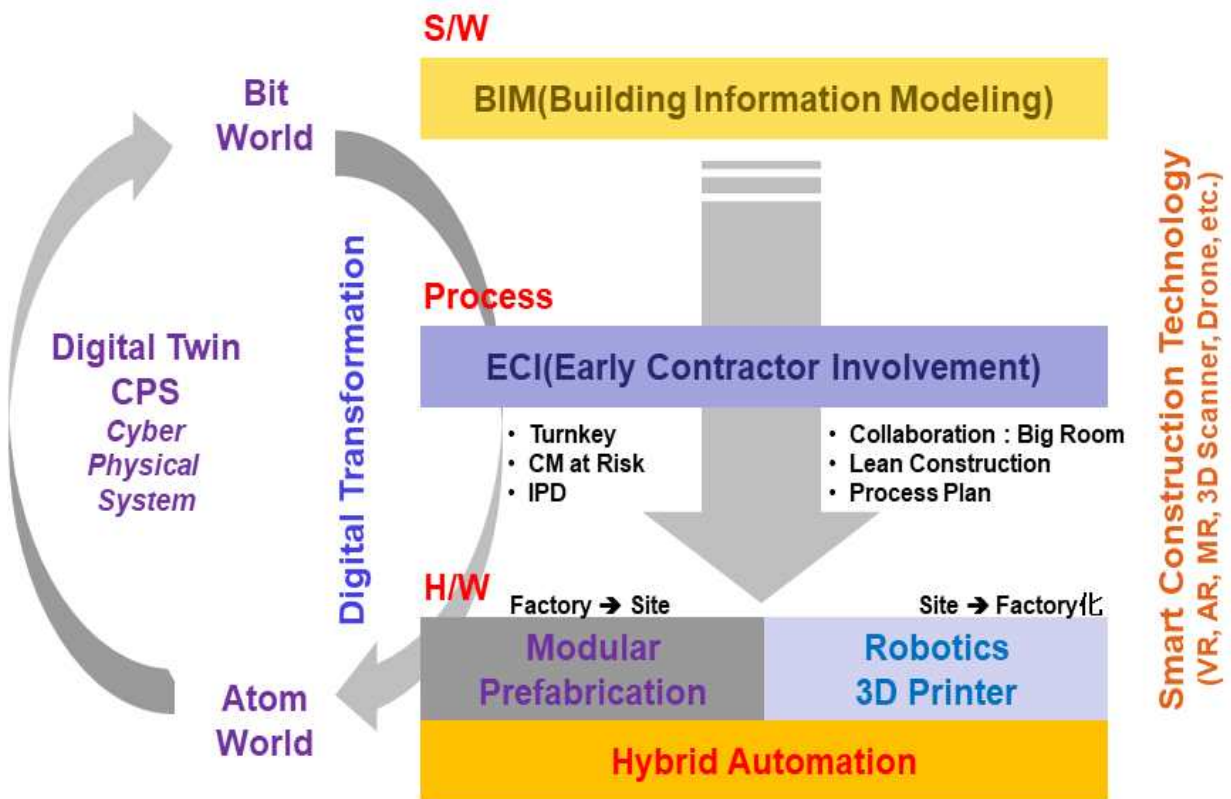
- 사업 수행 중에 발생하는 설계변경은 도면의 수정을 발생시키지만, 이것이 PMIS의 데이터에 반영되기까지는 많은 수작업을 요구하게 되며, 데이터의 시간 차이 불일치나 정합성 여부는 사업수행 과정의 안정성에 영향을 미침.
- 많은 사업 참여 주체들이 혼재된 상황에서 데이터 버전의 문제는 관리자를 혼란스럽게 하는 요소 중 하나일 뿐만 아니라 실무적으로 많은 수작업을 거치게 되는 요소임.
- 따라서 BIM과 PMIS를 연계하는 정보 체계와 업무 프로세스의 정립이 필요하며, 이를 기반으로 하는 사업관리 절차의 정립도 필요함.
- 건설사업 업무 프로세스와 BIM, PMIS의 3개 요소를 통합하는 것은 건설산업 정보 디지털화의 핵심이라 할 수 있음.



❖ 정보 디지털화의 정점은 ECI 방식의 사업수행 과정에 적용된 BIM을 통해 공장화 생산체계로 전환함으로써 건설 생산성을 극대화하는 체계임.

- 정보 디지털화의 소프트웨어인 BIM을 활용하기 위한 사업수행 프로세스로 ECI를 도입함으로써 설계 단계부터 시공 노하우를 반영한 공장화 개념의 공정 설계가 가능해짐.
- 공장화 개념은 모듈러 또는 OSC(Off-Site Construction)로 대표되는 공장생산을 통한 현장 작업 최소화 방법과 로보틱스나 3D 프린터 등을 이용한 현장의 공장화 방법이 있으며, 이 두 가지 방법을 조합한 하이브리드 자동화 건설생산 방법이 있음.
- 스마트 건설은 소프트웨어(BIM), 프로세스(ECI), 하드웨어(공장화 건설) 등 3가지 요소의 융합을 근간으로 작동되며, 그 위에 증강현실 및 가상현실, 3D 스캐너, IoT 센서 등 다양한 스마트 건설기술 요소들을 활용하는 체계로 보아야 함.

<그림 4> 건설 생산성 혁신을 위한 디지털 전환 개념

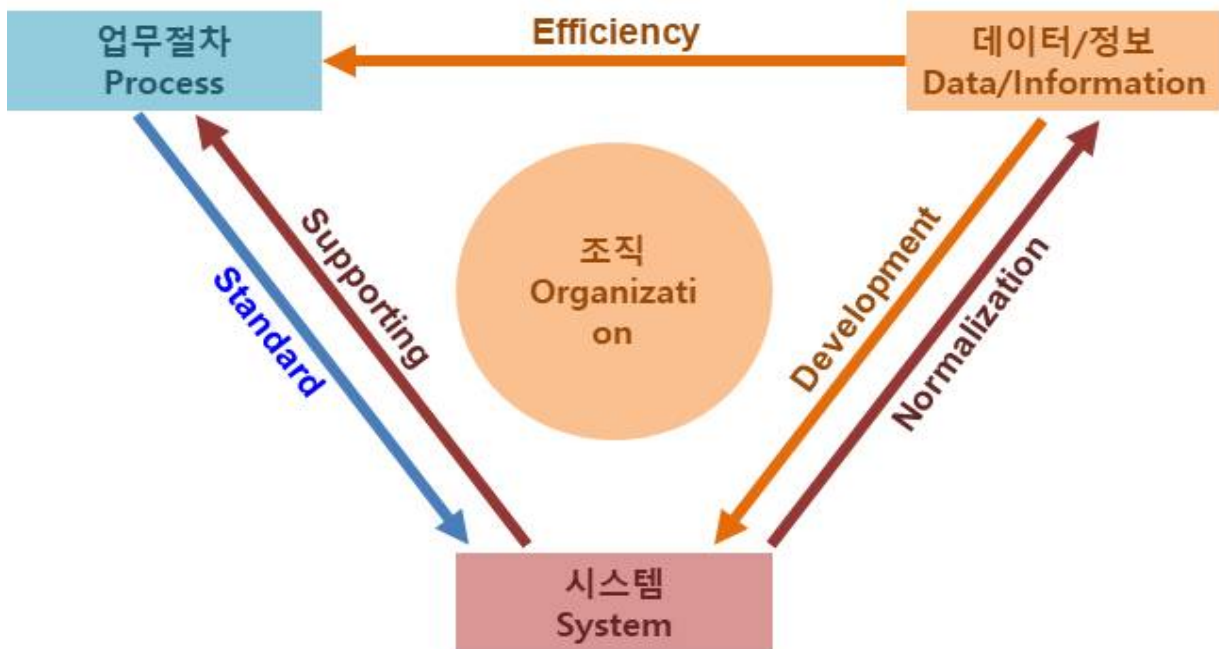


## 2. 업무 디지털화 관점의 대응 방향

✚ MIS와 PMIS는 경영관리와 사업관리 업무를 디지털화하는 도구인데, 대부분 업무처리 과정보다 처리 결과 위주로 시스템화함으로써 업무 디지털화에 한계가 있음.

- 프로세스 혁신 없이 MIS나 PMIS와 같은 시스템을 도입하면, 기존 업무를 그대로 수행하면서 추가적으로 시스템 입력 작업을 하게 됨으로써 업무 효율을 높이는 것보다는 부가적인 업무가 증가하는 것으로 인식하는 경향이 있음.
- 건설업무를 처리하는 전체 프로세스를 시스템에 반영하는 것은 해당 업무가 표준화되어야 하며, 이 표준화된 업무로도 사업이 효과적으로 수행될 수 있다는 전제가 있어야 함. 따라서 시스템화에 앞서 업무가 얼마나 표준화되어 있는 것인지가 업무 디지털화의 관건임.
- 업무 처리 결과를 보고하는 형식의 시스템보다는 업무 처리 전 과정을 모델링하고 이를 기반으로 가능한 전 과정을 지원할 수 있는 시스템으로 구현함으로써, 각 프로세스에서 발생하는 데이터들을 축적하고 실적 데이터(historical data)로서 미래 사업에서 참고하고 활용할 수 있는 기반을 만드는 것이 중요함.

〈그림 5〉 업무 디지털화 관련 요소 관계도



■ **건설산업에 있어서 업무 디지털화는 생산성 향상이라는 관점에서 접근해야 하므로, 정보 디지털화를 기반으로 기존의 업무 방식을 혁신하는 과정도 포함해야 함.**

- 정보 디지털화의 2단계인 BIM을 기반으로 한 건설수행 방식의 변화를 프로세스에 반영하고 표준화함으로써 생산성을 향상하기 위한 디지털화가 되도록 해야 함.
- 전술한 바와 같이 BIM을 도입하면 사업 참여 주체 간 R&R의 변화가 불가피하며 이를 반영한 프로세스 변화도 필수적임.
- 건설산업에서 프로세스 혁신은 해당 기업만의 혁신에 그치지 않고 관련 협력업체들까지 영향을 받을 수밖에 없기 때문에 산업 전반의 컨센서스에 기초한 혁신 운동으로 전개될 필요가 있음.

■ **정보 디지털화와 업무 디지털화의 기반 위에 각종 스마트 건설기술의 활용이 가능하게 되며, 표준화된 업무 분류별로 스마트 건설기술의 적용 시나리오와 방법을 정의함으로써 지속적인 개선 방향을 찾아 나가야 함.**

- 스마트 건설기술은 기존에 그 성과를 검증받은 바가 없으므로 표준화되고 디지털화된 업무체계 위에 적용 가능한 스마트 건설기술의 지속적인 검증 작업이 이루어져야 함.
- 스마트 건설기술도 그 도입 여부에 따라서 업무 프로세스가 영향을 받고 주체별 R&R에 변화가 생길 수 있으므로 그에 따른 합리적인 프로세스를 도출하는 것이 필요함.

### 3. 디지털 전환 관점의 대응 방향

❖ 디지털 전환은 궁극적으로 새로운 사업 영역으로의 확장에 그 목적이 있으나, 건설산업은 명확한 자아 정체성(identity)으로 인해서 오히려 사업 영역의 확장이 어렵다는 문제가 있음.

- 수천 년의 역사를 가진 건설산업은 그 주체들의 전문성과 업무 영역이 명확하고 수주 아니면 개발사업 영역으로 나뉘어 수익창출 방식도 분명함.
- 건설산업의 높은 불확실성은 반대급부로 참여 주체의 개인적인 역량에 대한 의존도를 높이기 때문에, 도제 방식의 기술 전수와 경험 기반의 지식 축적으로 오랫동안 많은 사업을 수행하면서 축적된 노하우가 개인의 경쟁력으로 작용함.
- 경험에 기반한 이와 같은 경쟁력은 경험해보지 못한 사업수행 방식에서는 효과를 발휘하지 못하기 때문에 새로운 방식보다는 기존의 방식을 고수하는 경향이 있어 새로운 사업 영역의 확장으로 진출하는 것에도 어려움이 있음.

❖ 전술한 바와 같이 건설산업은 정보나 업무 측면의 디지털화도 쉽지 않기 때문에 디지털 전환을 통한 새로운 사업 영역의 확장은 쉽지 않은 것으로 파악됨.

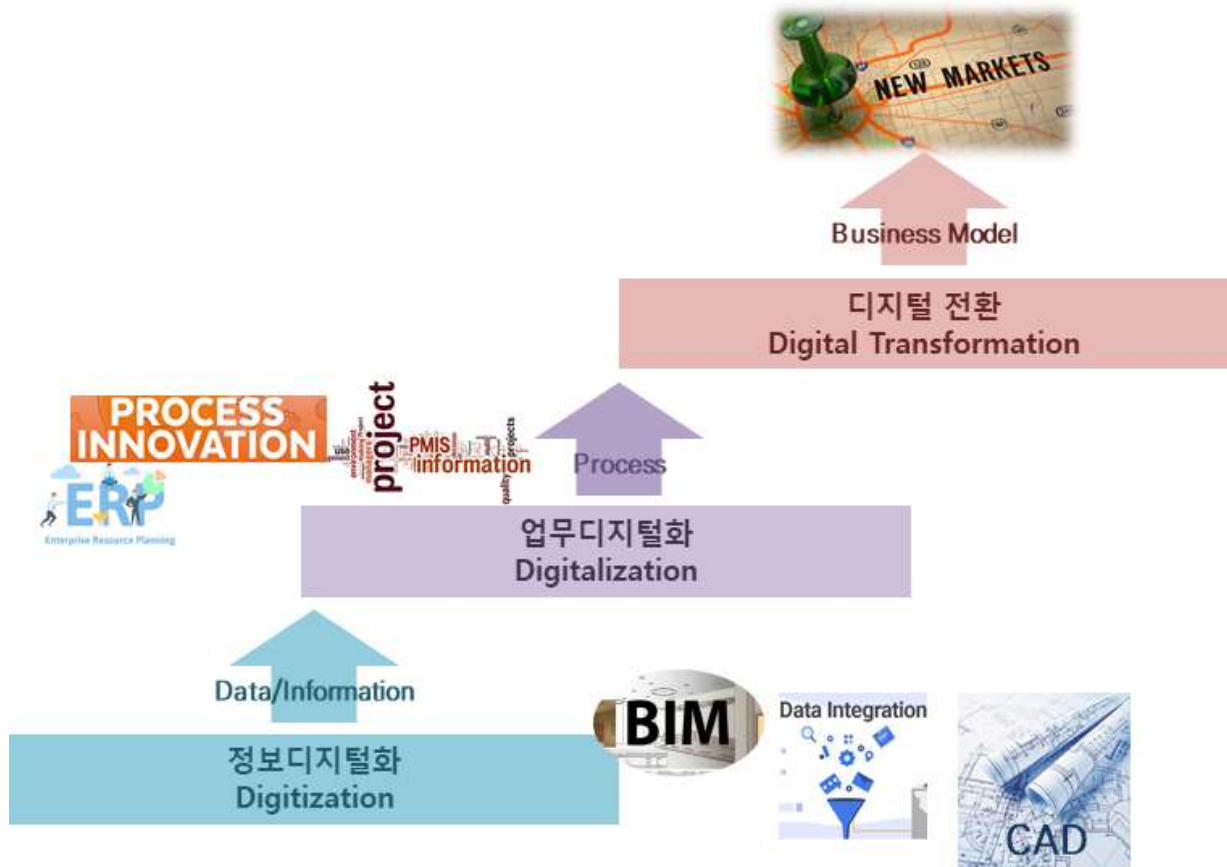
- 불확실성과 사업의 유일무이성 등의 특성은 개인 역량 중심의 사업수행 체계로 고착화되어 왔으며, 그 한계를 극복하고 디지털화하는 과정도 쉽지 않아 BIM과 같은 기반 기술이 정착되는 데도 상당한 어려움을 겪고 있음.
- 디지털 전환은 이 같은 디지털화의 단계를 넘어서 축적된 디지털 기술 위에 새로운 사업 영역을 창조하는 것인데, 여기서는 건설산업 종사자들의 고정관념과 선입견이 장벽으로 작용함.

❖ 디지털화는 단일 기업이나 조직 관점보다는 전체 산업 관점의 접근이 필요했지만, 디지털 전환은 고정관념과 인식의 문제를 해결해야 하는 과제와 함께 개별 기업의 시장 경쟁력 관점에서 접근할 필요가 있음.

- 디지털화는 전체 산업의 혁신 운동이 필요하다고 했지만, 디지털 전환은 디지털화를 기반으로 기업별로 독자적인 사업 영역을 창출하고 선점해야 하는 분야에 해당함.
- 디지털화를 기반으로 하는 새로운 사업 영역은 정해지지 않은 분야이기 때문에 다양한 관점에서 가능한 생산체계와 서비스체계를 구상하고 이를 사업화할 필요가 있음.
- 디지털 전환으로 인한 새로운 사업 영역은 기존의 건설산업이라는 사일로를 벗어나는 다른 업종에 해당하는 사업일 수도 있기 때문에 내부적으로 거부감을 가질 가능성이 높음.

- 따라서 4차 산업혁명 시기 건설산업의 정의를 확장해서 ‘사람이 거주하고 머무는 공간과 시설을 발굴하고 제공하기 위한 모든 행위’가 포함되도록 할 필요가 있음.

〈그림 6〉 디지털 전환의 위계



❖ 디지털 전환은 고정관념과 선입견을 넘어 창의적인 아이디어가 정보 디지털화와 업무 디지털화 기반 위에 작동할 때 가능함.

- 정보 디지털화와 업무 디지털화까지는 전 산업적 관점에서 혁신을 필요로 하므로 기업들의 노력과 더불어 정부의 전폭적인 지원이 필요할 수 있지만, 디지털 전환은 개별 기업들의 문제이며 기존 체계에 대한 혁명적인 변화를 필요로 함.
- 디지털 전환에 들어서는 건설기업은 더 이상 「건설산업기본법」의 건설사업자로는 정의할 수 없게 되며, 보다 넓은 시야로 건설산업을 이해할 필요가 있음.
- 모바일폰 제조업체였던 애플이 앱스토어를 통하여 플랫폼 사업자로 변신한 것과 같이 대표적인 파이프라인 산업의 건설기업들도 디지털 전환을 통해 디지털 기반의 플랫폼 사업자로 변모할 수도 있음.

- 전통적 사업 모델인 개발사업과 수주사업 중심에서 건설상품에 내재되는 디지털 기술(스마트홈, 스마트 도로, 스마트 도시 등)을 바탕으로 운영사업으로 확장할 수도 있으며, 디지털로 축적된 사업수행 빅데이터를 기반으로 하는 사업 기획과 설계 분야로의 확장을 고려할 수도 있음.

김우영(연구위원·beladomo@cerik.re.kr)