

# 4차 산업혁명에 따른 일본 건설산업의 기술 개발 동향

글 조재용 \ 대한건설정책연구원 선임연구원 \ 전화 02-3284-2625 \ E-mail adelid83@ricon.re.kr



## 1. 머리말

2016년 3월, 바둑 인공지능 프로그램 알파고와 최고의 인간 실력자인 이세돌의 대국은 많은 사람들에게 충격을 안겨주었다. 이는 같은 해 1월에 스위스에서 개최된 세계경제포럼(다보스 포럼)의 핵심 의제였던 제4차 산업혁명에 의한 신드롬을 단적으로 보여준 예라고 할 수 있다. 하루가 멀다 하고 관련된 각종 세미나, 정책기조, 출판, 뉴스가 줄을 잇고 있는 지금, 제4차 산업혁명은 우리 사회 전반의 최대 화두이다.

제4차 산업혁명은 최근 급격히 발전된 정보통신기술(CT기술)과 인공지능 및 빅데이터 분석 등의 기술혁신과 산업분야 간 융합을 기반으로 하고 있다. 이를 통해 기존의 제품과 서비스의 생산과 유통, 소비의 형태가 총체적으로 변화될 뿐만 아니라, 나아가 인류의 가치관의 전환으로도 이어질 것으로 예상된다. 따라서 기업뿐만 아니라 모든 사회 구성원에게도 새로운 역할이 요구되고 있으며, 이를 위해 우리 정부는 제4차 산업혁명에 체계적으로 대비하고 지휘할 컨트롤타워로서 대통령 직속의 '제4차 산업혁명 위원회'를 신설, 2017년 10월에 출범하였다.

건설부문에서는 국토교통 분야에서의 대응전략 마련 및 범부처 종합대책 수립을 위해 국토교통부에서 2017년 1월부터 TF를 구성하여 운영하고 있다. 2017년 4월 국토교통부는 제4차 산업혁명이 국토교통 분야에 미치는 영향과 그 대응방향, 향후 중점 추진 과제로 구성된 '국토교통 분야 제4차 산업혁명 대응전략'을 발표하였다. 2018년에 들어와서 국토교통부는 2025년까지 스마트 건설자 동화 등 4차 산업혁명에 대응하는 기술 개발을 통해 건설현장 노동생산성을 40%까지 향상시키고, 안전사고로 인한 사망자 수를

30% 감소시키는 내용을 포함한 향후 5년간의 건설기술정책 로드맵인 「제6차 건설기술진흥 기본계획」을 수립하였다.

지금 한국 건설은 위기를 맞이하고 있다. 외부적으로는 SOC 예산 감소 등 건설시장의 축소 기조와 해외 건설 수주의 감소, 내부적으로는 인구 감소와 청년층의 3D업종 기피 현상으로 인하여 한국인 기능노동자를 찾기 힘들고, 건설 기술자 및 기능자들이 고령화되어 가는 등의 문제가 발생하고 있다.

본 고에서는 우리보다 한발 앞서 유사한 문제점을 겪고 있으며, 4차 산업혁명을 준비하고 있는 일본 정부의 대응과 이에 발맞춘 건설기업의 기술 개발 현황을 소개하고자 한다.

## 2. 일본 건설 산업의 상황과 정부의 대응

### 2-1. 일본 건설 산업의 상황

일본의 건설투자는 최대 시기였던 1992년(약 84조 엔)에서 2010년 약 41조 엔까지 감소하였으나, 이후 동일본대지진과 도쿄 올림픽 개최를 계기로 증가로 반전하여, 2016년에는 51조 엔 규모로 증가한 상황이다<sup>1)</sup>. 2011년 3월 11일 토호쿠(東北) 지역에 진도 9.0의 대지진이 발생하여 24,598명의 사상자가 발생하였다. 이로 인해 2011년도부터 동일본대지진의 복구공사가 진행되고 있으며, 복구비용은 18조 엔에 달할 것으로 예상된다<sup>2)</sup>. 2013년 9월 7일 아르헨티나 부에노스아이레스에서 열린 국제올림픽위원회(IOC) 제125차 총회에서 2020년 제32회 도쿄 올림픽의 개최가 결정되었으며, 이와 관련한 건설투자에는 1,500억 엔에 이르는 올림픽 주경기장 설비 등의 직접적인 수요뿐만 아니라, 민간 호텔의 신축, 리모델링이나 도심의 재개발, 상업시설의 건설이나 교통 인프라

의 준비가 진행되고 있다. 따라서 현재 일본 국내 건설시장은 호황 상태에 있으며, 이러한 건설 물량을 조달하기 위한 건설 인력이 필요한 상황이다.

이렇게 건설 시장 상황이 긍정적임에도 불구하고 건설 인력 부족은 심각한 상황이다. 왜냐하면 일본은 2000년대 초반부터 심각한 고령화, 저출산 문제를 겪고 있으며, 특히 건설업은 3D 업종이라는 인식이 높아, 타 산업에 비해 젊은 층의 유입이 적은 상황이기 때문이다. 현재 일본 건설업에서 종사하는 60대는 118만 명이며, 앞으로 10년 후에는 이들의 대부분이 은퇴하고 18만 명의 공백이 발생할 것으로 예상된다. 그러나 일본 정부는 인력 공백이 발생하더라도 자국민의 일자리 확보 문제와 건설현장의 품질 및 안전 확보, 기술 계승을 이유로 건설업에서 외국인 단순 노동자 사용을 금지하고 있다. 2014년 4월 국토교통성에서 건설 분야 외국인재 활용에 관한 긴급조치<sup>3)</sup>를 발표하였으나 그 내용은 기능실습제도를 수정하는 것이며, 건설 노무 시장을 개방하는 우리나라의 외국인 노동자 구조와는 차이가 있다. 이러한 상황에서 일본 건설업은 부족한 인력 문제를 해결하기 위하여 외국인 노동자 수입이라는 방법이 아닌 4차 산업혁명과 관련된 신기술을 적극적으로 반영하여 생산성을 향상시킴으로써 부족한 노동력을 메우는 전략을 수립하였다.

## 2-2. 국토교통성의 대응 : i-construction

국토교통성에서는 4차 산업혁명을 맞이하여 일본 건설업의 다양한 문제점을 해결하기 위한 방안으로써 생산성을 향상시키는 것이 중요하다고 판단하였다. 국토교통성은 2016년을 생산성 혁명 원년으로 설정하고, 2016년 3월 국토교통성 장관을 본부장으로서 하는 생산성 혁명 본부를 국토교통성 내부에 조직하였다.<sup>4)</sup>

국토교통성은 과거에는 일본 건설의 높은 생산성이 고도 경제 성장에 큰 원동력이 되어왔으나, 최근 생산성이 하락하고 있다고 진단하고, 현재의 인구감소사회에서 성장하기 위한 열쇠는 생산성 향상에 있다고 판단하였다. 이에 2017년 3월 국토교통성은 지금까지 개발이 진행되고 있는 기술들을 다시 한 번 검토하고 국토교통 분야에서 생산성 향상을 위해 어떻게 적용시킬 것인지를 계획한 20대 생산성 혁명 프로젝트를 발표하였다.<sup>5)</sup>

이 가운데 건설산업과 직접적으로 연결되어 있는 프로젝트는 i-construction이다. 국토교통성은 생산인구가 감소하고 있는 가운데 일본의 건설산업이 경쟁력을 유지하기 위해서는 과거보다 더 높은 생산성이 필요하다고 결론지었다. 이를 위해서 1980년대부터 진행해 온 정보화 시공, 로봇, CIM의 연구과제들을 융합한 성과로서 건설현장에서 드론 및 ICT 기술을 활용하는 i-construction을 추

진하게 되었다.

표 1 20대 생산성 혁명 프로젝트<sup>5)</sup>

No	프로젝트
1	핀 포인트 정제 대책
2	고속도로를 현명하게 사용하는 요금
3	크루즈 새로운 시대의 실현
4	컴팩트 + 네트워크
5	부동산 최적상황의 촉진
6	인프라 유지보수 혁명
7	댐 재생
8	항공 인프라 혁명
9	i-construction의 추진
10	주거 생활산업의 새로운 전개
11	I-shipping과 i-Ocean
12	물류 생산성 혁명
13	도로의 물류 이노베이션
14	관광산업의 혁신
15	하수도 이노베이션
16	철도 생산성 혁명
17	빅데이터를 활용한 교통안전대책
18	고품질 인프라의 해외 전개
19	자동차의 ICT 혁명
20	기상 비즈니스 시장의 창출

i-construction의 핵심이며, 선두 정책이 되고 있는 것은 ICT 토공이다. ICT 토공은 ① UAV(드론)을 활용한 측량, ② ICT 중장비를 활용한 시공, ③ CIM 플랫폼을 활용한 검사의 3가지 항목으로 구성되어 있다. 국토교통성에서는 각각의 기술 개발이 완료되었으며, 시범 사업 등을 통해 충분한 효과가 검증되었다고 판단하고, 공공 공사 프로젝트에 전면적인 적용을 추진하고 있다. 시범 사업을 통해 분석된 각 기술의 효과는 다음과 같다.<sup>6)</sup>

먼저 ① UAV(드론)을 활용한 측량에 있어서는 기존방식으로 기준점 측량 1일, 중형단 측량 3일, 측량성과 정리 등의 내부작업 4일의 총 8일이 소요되었으나, UAV(드론)을 활용한 측량의 경우 기준점 측량 1일, UAV 측량 1일, 측량성과 정리 등의 내부작업 2일의 총 4일에 완료되는 것으로 분석되었다. ② ICT 중장비를 활용한 시공에 대해서는 2008년부터 국토교통성이 직접 발주하는 직할 공사에서 적용하여 종래시공방식에 비해 1일당 시공량은 약 1.5배(노반공 기준) 향상되었고, 중장비 주변의 보조 작업이나 안전표지물 설치작업이 불필요하기 때문에 중장비 오퍼레이터 외의 노동자가 1/3로 감소하는 효과가 있는 것으로 검증되었다. ③ CIM 플랫폼을 활용한 검사는 기존의 인력으로 검사를 수행하는 경우 2km 기준 10단면을 계속하여 10일이 소요되었으나, GNSS 로버로 계속하는 경우 1현장에 1단면만 체크하여 2일이 소요되는 것으로 판명되었다. 또한 2km 당 50장의 보고서류 작성이 필요했으나 3차원 데이터 통합을 통해 1현장에서 1장만의 보고서류로 감소하는 효과가 있었다.

### 3. 중장비 메이커의 ICT 대응 사례

국토교통성에서 추진하는 ICT 토공은 중장비를 개발하고 판매하는 중장비 메이커와 밀접한 관계를 가지고 있다. 특히 일본에서는 개인이 건설중장비를 소유하고 영업하는 것을 인정하지 않기 때문에 건설 중장비 메이커는 중장비 임대사업도 하고 있다. 비계·토공사업에 특화된 일부 건설업체는 일부 중장비 및 오퍼레이터를 보유하고 있으나, 공사 상황 및 물량에 따라 부족분이 발생하면 이러한 업체로부터 부족분을 임대한다. 3장에서는 일본의 대표적인 건설 중장비 메이커인 코마츠 사와 히타치 사의 사례를 설명하고자 한다.

#### 3-1. 코마츠(Komatsu) 사<sup>7)</sup>

코마츠 사에서는 ICT기술을 활용한 중장비로서 굴삭기와 불도저를 우선 개발하여 출시하였다(그림 1 참조).

코마츠 사의 ICT 굴삭기는 GNSS(글로벌 위성 위치측정 시스템)을 통한 위치정보와 3D의 설계 데이터, 암(Arm) 제어 시스템을 통해 작업기구의 반자동화를 실현한 세계 최초의 머신 컨트롤 굴삭기이다. 버켓의 앞부분이 설계면에 닿으면 기기가 자동정지하기 때문에 오퍼레이터는 너무 많이 파는 것을 신경 쓸 필요 없이 안심하고 작업을 진행할 수 있다. 컨트롤 박스(정보화시공 전용 모니터)에는 보기 쉽고 쓰기 쉬운 12.1인치 대화면을 설치하여, 아이콘 표시 및 터치 패널로 간단하게 조작할 수 있다.



[그림 1] 코마츠 사의 굴삭기<sup>7)</sup>

코마츠 사의 ICT 불도저는 ICT 기술을 사용하여 세계 최초로 굴삭에서 마무리 땅고르기까지의 불도저 블레이드 조작을 자동화하였다(그림 2 참조). 오퍼레이터는 차량을 전후좌우로 움직이거만 하면 설계도면 대로 시공이 가능하다. 또한 블레이드의 부하가 증가하면 슈 슬립을 방지하기 위해 자동으로 블레이드를 올리고 부하를 컨트롤한다. 이를 통해 항상 최대의 토량으로 효율적인 시공이 가능하다.

표 2 코마츠 사의 ICT 굴삭기 요소 기술<sup>7)</sup>

부분	설명
오토록 센서 장착 실린더	본체에 스트로크 센서를 내장하고 있기 때문에 작업 중에 부상의 위험이 없음. 정밀도 검증 응답성도 뛰어나고 버켓의 위치를 빠르게 표시할 수 있기 때문에 시공 작업을 빠르게 진행할 수 있음
관성 센서 유닛(IMU)	가속설계와 자이로 신호로부터 차체의 회전각을 정확히 검출하는 센서
GNSS 안테나	GNSS의 신호(GPS, GLONASS)를 확실하게 수신하는 고성능 안테나. 안테나는 핸드레일에 장착되어 있어, 작업 시에 접촉을 피할 수 있으며, 유지보수 작업에도 안전함
컨트롤 박스	크고 보기 쉬운 정보화시공 전용 모니터임. 적은 조작횟수로 움직일 수 있는 사용하기 쉬운 모니터임

운전석에 있는 컨트롤 박스에는 작업상황이 실시간으로 표시되며, 그 데이터는 현장에서 떨어져 있는 곳에서도 인터넷을 통해 즉시 확인할 수 있다.



[그림 2] 코마츠 사의 불도저<sup>7)</sup>

표 3 코마츠 사의 ICT 불도저 요소 기술<sup>7)</sup>

부분	설명
GNSS 안테나	파손과 도난 리스크가 적은 조중석 지붕 위에 장착됨
스트로크 센서 장착 실린더	코마츠 최첨단 센서기술을 응용한 스트로크 센서 장착 유압 실린더를 통해 고정밀 마무리 땅고르기 성능을 실현
고정밀 관성 센서(IMU+)	차량에 장착된 고정밀 관성 센서(IMU+)를 통해 블레이드 틸트 센서 없이 높은 정밀도로 마무리 땅고르기를 실현
컨트롤 박스	다색 컬러 모니터의 오른쪽 위에 장착된 컨트롤 박스는 조작하기 쉽고 시인성이 높음

코마츠 사에서는 상기의 건설중장비를 제작하고 판매, 임대하는 것뿐만 아니라 아래 <표 4>와 같은 솔루션을 제시하고 있다. 이러한 솔루션은 시공자 또는 발주자가 요구할 경우 코마츠 사가 제공할 수 있는 서비스로, 측량 업무 및 시공도면의 3차원화(설계), 리스크 분석, 시공계획 시뮬레이션 등의 건설 프로젝트와 관련하여 다양하다.<sup>7)</sup>

표 4 코마츠 사가 제안하는 솔루션<sup>7)</sup>

솔루션	항목	내용
Solution 01	현황의 고정밀도 측량	<ul style="list-style-type: none"> <li>UAV(드론)가 사람을 대신하여 현황을 정확히 측량함</li> <li>UAV(드론)와 3D 레이저 스캐너, 건설중장비에 장착된 스테레오 카메라에 의한 3차원 측량을 통해 고정밀도 현황 측량 실시</li> </ul>
Solution 02	시공완성도면의 3차원화	<ul style="list-style-type: none"> <li>시공하는 범위와 토사량이 사전에 정확하게 알면 보다 생산성이 높은 현상이 될 수 있음.</li> <li>고객으로부터 시공완성도면을 접수하여 2차원 시공완성도면을 3차원으로 변환하는 작업을 수행</li> <li>시공완성도면의 3차원 데이터는 ICT 건설중장비에 전송되어 자동제어를 위한 정보로 활용됨</li> <li>현황의 3차원 데이터와 시공완성도면의 3차원 데이터 분석을 통해 시공 범위, 형태, 토사량을 정확히 파악함</li> </ul>
Solution 03	변동요건의 조사·해석	<ul style="list-style-type: none"> <li>시공기간 중에 발생할 수 있는 다양한 리스크(토질, 지하의 매설물 등)를 미리 조사, 해석함</li> </ul>
Solution 04	시공계획 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> <li>시공조건을 입력하여 공기를 최대한 단축하는 경우, 비용을 가장 줄이는 경우 등 다양한 최적공정을 제안함. 최신 시공 상황이 실시간으로 반영되기 때문에 시공 중에도 최적인을 받을 수 있음</li> </ul>
Solution 05	고도 지능화된 시공	<ul style="list-style-type: none"> <li>시공완성도면의 3차원데이터를 통해 지능화된 ICT 건설중장비가 자동적으로 제어되고 경험이 적은 오퍼레이터라고 하더라도 어려운 작업을 수행할 수 있게 함</li> <li>자동제어를 통해 건설중장비 옆에서 눈으로 확인하면서 지시하는 작업자가 필요 없게 되어 현장의 안전이 향상됨</li> <li>건설중장비 메이커만이 가지고 있는 노하우를 활용하여 가장 효율적인 시공 동작을 가이던스 함</li> </ul>
Solution 06	시공 후의 데이터 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT 건설중장비로 시공한 정보는 공사의 개시부터 완료까지 모든 정보가 중앙데이터시스템(KomConnect)에 축적됨</li> <li>장래에는 납품도서작성과 재해발생 시 등 필요한 때에 제공할 예정임</li> </ul>

### 3-2. 히타치(Hitachi) 사<sup>8)</sup>

히타치 사에서는 건설공사 시공 분야에 집중하여 ICT 기술에서 얻어진 전자정보에 기초하여 고효율·고정밀 시공을 실현하는 것을 정보화시공이라는 명칭으로 표현하고 있다. 시공공정에서 얻어진 전자정보를 다른 공정에서 활용함으로써 건설공사 전체의 생산성 향상이나 품질 확보를 꾀할 수 있다고 설명하고 있는 것이다.<sup>8)</sup>

사전에 시스템에 인스톨한 3차원 데이터에 기초하여 굴삭기 버킷 위치를 계속·표시하고, 작업을 지원하는 것이 굴삭기 3D 가이던스 시스템이다. 이는 시공 품질 확보와 공기 단축, 안전성 향상은 물론 2D 시스템에서는 대응하기 어려운 형태의 시공도 가능하게 되며, 오퍼레이터는 굴삭기 전용 모니터에서 버킷의 각도나 높이, 굴삭기의 위치정보가 문자와 그림으로 안내되므로 시공위치를 정확하게 판단할 수 있다. 이를 통해 굴착공·법면정형공사에서는 굴착 위치 확인이 가능하고 규준을 설치가 감소하며 검측 작업이 줄어드므로 작업효율과 안전성이 향상된다. 또한 설계변경에도 신속하게 대응할 수 있고, 직접 눈으로 확인하기 어려운 굴착도 가능

하게 된다. 특히 준설공사에서는 육안확인이 불가능한 상황에서도 버킷 위치를 실시간으로 정확하게 파악할 수 있다.

히타치 사는 코마츠 사와 같은 솔루션을 제안하고 있지는 않지만 기업체질 강화를 지원하기 위해 현장의 작업개선 방법인 HI-CEC<sup>9)</sup>(Hitachi Constructive Engineering for Customer support)를 개발하여 제공하고 있다.<sup>8)</sup>

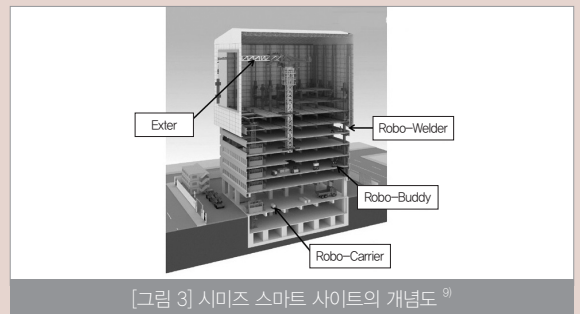
## 4. 건설기업의 기술 개발 사례

일본의 대형 건설업체들은 일본 건설산업이 겪고 있는 인력 부족에 대응하고 경쟁력을 확보하기 위하여 각자가 건설자동화 및 정보화를 추진하고 투자하고 있다. 각 기업들이 자신들의 판단에 따라 목표를 수립하고 진행하기 때문에 각 사가 조금씩 다른 방향성을 가지고 있다. 시미즈(Shimizu) 건설은 다양한 로봇 개발을 통한 종합적인 향상에, 타이세이(Taisei) 건설은 개선이 필요한 구체적인 공종을 개선하는 것을, 건축 부문이 강점인 타케나카(Takenaka) 건설은 건물 유지관리 부문에 집중하고 있다. 오바야시(Obayashi) 건설은 기존의 중장비를 원격 제어하는 기술에, 카지마(Kajima) 건설은 시공계획을 입력하면 중장비가 자동으로 공사를 진행하는 기술을 목표로 하고 있다.

본 4장에서는 일본의 5대 대형 건설업체의 자료를 조사하여 이들의 최신 기술 개발 사례를 소개하고자 한다. 각 건설업체들은 아래에서 소개된 기술 이외에도 다양한 기술 개발을 진행하고 있다.

### 4-1. 시미즈(Shimizu) 건설<sup>9)</sup>

시미즈 건설은 2017년 7월에 건축 공사 현장의 생산성 향상을 위하여 힘들고 반복적인 작업을 줄이고, 검사·관리 업무의 고효율화를 목적으로 BIM을 중심으로 한 정보화 시공 기술 및 최첨단 기술을 탑재한 자율형 로봇과 사람이 협력하여 공사를 진행하는 차세대 생산시스템 「시미즈 스마트 사이트」를 발표하였다(그림 3 참조).



[그림 3] 시미즈 스마트 사이트의 개념도<sup>9)</sup>

9) HI-CEC는 제조업이나 건설업 등의 다양한 생산현장에 적용할 수 있는 건설턴트 서비스

「시미즈 스마트 사이트」에는 붐을 신축시켜 작업 반경을 조정하는 수평 슬라이드 크레인 Exter, 용접 토치를 자유자재로 조종하는 기동 용접 로봇 Robo-Welder, 2개의 팔을 활용하여 천장이나 바닥재를 시공하는 다능공 로봇 Robo-Buddy, Robo-Carrier의 4종류의 수평·수직 반송로봇으로 구성되어 있다. 각 로봇은 AI 및 IoT 기술을 적용하여 타블렛을 통해 컨트롤되며 로봇 통합 관리 시스템에서 전송된 작업 지시에 따라 자기 위치를 인식하면서 현장을 탐색하고 시공 대상물을 인식하면서 자율적으로 가동된다. 가동상황 및 작업 결과는 통합관리 시스템에 실시간으로 전송되며 타블렛을 통해 언제든지 확인할 수 있다(표 5) 참조).

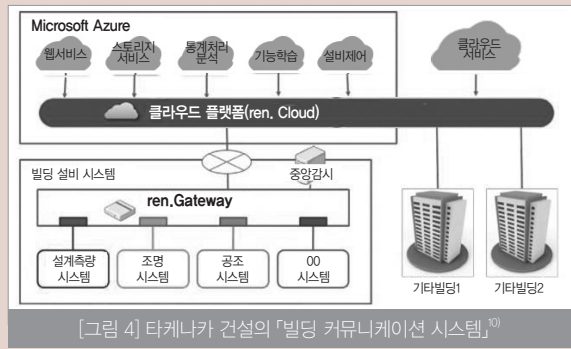
표 5 「시미즈 스마트 사이트」의 로봇 기술<sup>9)</sup>

그림	명칭 및 설명
	[Exter] 기동 타워크레인 붐과 달리, 붐을 수평방향으로 길이를 늘리거나 줄일 수 있음. 크레인의 성능은 정격 하중 12ton, 작업반경은 최소 3m, 최대 25m로 200m급 고층빌딩에 적용할 수 있음.
	[Robo-Welder] 전용 주행 대차 위에 조립된 로봇을 소정의 위치까지 유도하면 작업자의 개입 없이 완전 자동으로 용접을 실시함. 로봇은 레이저 형상 측정을 통하여 용접부위의 흠의 모양을 인식하고, 그 흠을 용접 재료로 채워가는 방식. 로봇 2대가 짝으로 작업을 진행함.
	[Robo-Buddy] 레이저 센서와 BIM정보의 조합을 통해 자신의 위치를 인식하고, 지시된 작업위치까지 자동으로 이동함. 이동 시 20cm의 단차를 극복할 수 있음. 2대의 로봇 팔은 6축에서 자유롭게 움직여 30kg의 자재를 파지할 수 있음. 천장 보드 설치, 나사 고정 등의 작업을 수행함.
	[Robo-Carrier] 현장에 반입된 자재를 Robo-Buddy 로봇이 작업할 수 있는 위치까지 자동으로 반송하는 로봇으로 수평 반송 역할을 담당함. 레이저 센서와 BIM 정보를 조합하여 자신의 위치를 인식하고, 지시된 작업위치까지 자재를 자동으로 반송함. 장애물이 있는 경우 반송경로를 재설정함.

#### 4-2. 타케나카(Takenaka) 건설

대형건설사 가운데 건축분야에 강점을 가지는 타케나카 건설은 IoT와 클라우드 서비스 등을 활용한 건물 설비 모니터링, 관리·분석 등을 자동적으로 실시하는 차세대 건물관리 시스템 구축에 노력을 기울이고 있다.

2014년 10월에는 클라우드 플랫폼 시스템인 Microsoft Azure Machine Learning 프로그램을 발표(2014년 7월)한 마이크로소프트사와 기술 협정을 체결하고 건물 내 정보를 종합하여 클라우드 상의 정보와 서비스를 연계시킴으로서 건축물 기능을 최적화하고, 건물설비비용의 합리화를 추구하는 「빌딩 커뮤니케이션 시스템 개발」을 추진하였다.<sup>10)</sup>



빌딩 커뮤니케이션 시스템은 건물 등에서 사용되는 설비와 환경센서를 상호 연결하고, 종합적으로 모니터링 및 분석을 진행하여, 설비관리자의 지식과 노하우를 학습하여, 건물의 관리부하 경감과 이용자의 쾌적성, 생산성 향상, 에너지 효율, 운용비용 절감을 꾀하고자 하였다. 여기에 마이크로소프트사가 제공하는 학습을 통한 분석을 활용하여 지금까지 인간의 경험에 의존해온 분석모델을 자동화하여 분석의 효과를 높이고자 하였다([그림 4] 참조).

#### 4-3. 오바야시(Obayashi) 건설

오바야시 건설은 2016년 10월에 기존 건설 중장비를 개조하지 않고 사용이 가능한 범용 원격조종장치를 개발하였다. 일본은 전국 각지에서 지진이나 태풍 등의 자연재해가 많고 원전 사고가 발생한 후쿠시마 현이나 화물산이 위치한 나가노 현 등의 위험지역에서 작업이 필요한 경우가 많다. 이러한 장소에서는 2차 재해의 위험이 높기 때문에 건설 장비의 원격 조종 등에 의한 무인화 시공이 요구되지만 현재 출시되고 있는 원격 조종 전용 건설 기계는 고가이며 또한 장비수도 적은 한계가 있다.

이러한 배경에서 오바야시 건설은 일반 건설 기계에 장착하여 무인화 시공을 가능하게 하는 저비용 「범용 원격조종장치」를 개발하였다.<sup>11)</sup> 이 장비는 기존의 건설 기계를 개조하지 않고 일반적인 건설 중장비에 탈착이 가능하다. 또한 제조업체를 불문하고 일반적인 모든 굴삭기에 적용할 수 있어 범용성이 높다. 또한 설치 및 해체에 3분이 소요되는 등 손쉽게 전환할 수 있는 특징이 있다<sup>11)</sup> ([그림 5] 참조).



[그림 5] 오바야시 건설의 「범용 원격조종장치」<sup>11)</sup>

이외에도 오바야시 건설은 2014년 10월부터 츠쿠바 대학과 함께 현장 작업자의 작업 부담을 감소시키기 위한 「로봇 슈트(HAL)」를 개발하여 테스트를 진행하고 있다(그림 6 참조). 「로봇 슈트(HAL)」는 뇌로부터의 물건을 올리기 위한 명령(미약한 전기신호)을 허리에 붙인 센서로 파악하고, 허벅지와 배 주위에 두른 모터가 장착된 벨트를 통해 올리는 힘을 보조하는 개념이다. 40kg의 짐을 드는 경우 「로봇 슈트(HAL)」가 최대 16kg을 서포트 할 수 있다. 오바야시 건설은 1일 작업량 기준 약 1.5배의 성과를 얻을 수 있는 것으로 분석하고, 앞으로 본격적인 도입을 준비하고 있다.<sup>12)</sup>



[그림 6] 오바야시 건설의 「로봇 슈트(HAL)」<sup>12)</sup>

#### 4-4. 타이세이(Taisei) 건설

타이세이 건설은 2017년 10월 치바공업대학교 공동으로 자동으로 철근을 결속하는 자율형 철근 결속 로봇 「T-iROBO Rebar」를 개발하였다(그림 7 참조). 「T-iROBO Rebar」는 탑재된 2종류의 레이저 센서를 이용하여 철근 교차점을 검출하고, 주변 장애물을 감지하여 정밀하게 철근을 결속한다. 또한 철근 위를 안정된 자세로 전후좌우로 이동할 수 있고 테이퍼 바퀴를 통해 철근에 설치되기 때문에 철근 결속 시에 로봇 본체가 흔들리지 않는다. 이로써 골조공사 가운데 약 20%를 차지하는 철근결속작업을 자동으로 할 수 있게 되어 생산성 향상과 함께 신체적 부담을 줄일 수 있게 되었다.<sup>13)</sup>



[그림 7] 타이세이 건설의 「T-iROBO Rebar」<sup>13)</sup>

#### 4-5. 카지마(Kajima) 건설

카지마 건설은 기존의 리모컨 등에 의한 건설 중장비의 원격 조종이 아닌 태블릿에서 여러 건설중장비의 작업계획을 지시하면 무인중장비가 자동으로 공사를 진행하는 「A4CSEL 시스템」을 개발하고 있다(그림 8 참조). 현재 이를 이용한 진동 롤러, 불도저, 굴삭기, 덤프트럭 등을 개발하고 있으며, 후쿠오카 현과 오이타 현의 댐 공사에 시범 적용하고 있다.



[그림 8] 카지마 건설의 「A4CSEL 시스템」<sup>14)</sup>

### 5. 우리 정부의 대응 및 기술개발 사례

#### 5-1. 우리 정부의 대응

지난 2017년 12월, 국토교통부에서는 인구구조변화, 도시집중화, 기술 융·복합 및 가상공간, 저성장 및 양극화 심화, 경제·글로벌화, 기후변화 등의 사회·경제적 트렌드 변화에 대응하는 건설의 변화가 필요하다는 판단 하에 건설기술정책의 로드맵과 건설기술의 발전 청사진을 제시하기 위한 「제6차 건설기술진흥 기본계획(2018~2022)」을 발표하였다.

건설기술의 중요성은 꾸준히 강조되지만 기술혁신과 글로벌 경쟁력 강화를 위해 아직 갈 길이 먼 상황이라는 진단을 하고, 극복해야 할 주요 문제점으로는 엔지니어링 기업의 영세성으로 인한 해외 경쟁력 부족, 4차 산업혁명 기술 활용 전략 및 정보의 호환성 부족, 청년기술인력 유입 저조 및 미래 환경변화 대응 역량 부족,

소프트 역량 미흡과 글로벌 스탠다드와의 호환성 결여, 그리고 건설현장의 과도한 사고 발생 및 노후 기반시설 증가 등이 제시되었고, 이를 해결하기 위해 'Smart Construction 2025 - 2025년까지 BIM, AI 적용한 건설자대화 기술 개발'이라는 비전 아래 건설 노동 생산성 40% 향상과 사망자 수 30% 감소, 건설엔지니어링 근로시간 단축 20% 및 건설엔지니어링 해외수주 100% 확대를 주요 목표로 선정하였다. 이러한 목표를 달성하기 위해서 4차 산업혁명 기술을 활용하여 건설 생산성 및 안전성을 혁신하기 위한 건설기술개발 전략 및 제도 개선방안 마련, 계획-설계-운영 각 단계에서 발생하는 정보를 축적 및 활용할 수 있는 기반을 조성하여 사업관리 및 기술건설 등 고부가가치 산업을 육성, 기술경쟁 활성화 및 발주제도와 건설기준의 글로벌스탠다드화로 건설엔지니어링 기업의 해외 진출 경쟁력 제고 뿐 아니라 건설엔지니어링 산업구조와 처우 개선으로 젊은 우수인력의 유입을 유도하고, 경력관리 및 교육제도 혁신으로 우수 기술자 양성 등을 골자로 하는 2대 주요 전략과 10개 중점추진과제를 선정하였다(그림 9 참조).

전략 I		4차 산업혁명에 대응하는 기술개발·신산업 육성	
분야	중점 추진 과제		
기술개발	① 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상 ② 해외 수요 대응형 건설기술 개발		
고부가 산업 육성	③ 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화 ④ 건설 Big Data 유통을 통한 신산업 육성		
건설 안전 강화	⑤ 건설의 안전·환경 관리		

전략 II		글로벌 시장 경쟁력 강화를 위한 제도 개선	
분야	중점 추진 과제		
산업 개편·육성	① Eng의 역량 강화 및 해외진출 지원 ② 국제 기준에 부합하는 제도 구축		
건설인력·교육	③ 글로벌 기준에 맞는 경력 관리체계구축 ④ 국제경쟁력을 갖춘 기술인력 육성		
기준·제도	⑤ 기술력 중심의 발주·심의 강화		

[그림 9] 2대 주요전략 및 10개 중점추진과제

특히, 전략 I : 4차 산업혁명에 대응하는 기술개발 및 신산업 육성은 건설산업과 직접적 관련이 있는 내용으로, 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상, 해외 수요 대응형 건설기술 개발, 분야간 융·복합을 통한 경쟁력 강화, 건설 Big Data 유통을 통한 신산업 육성, 건설의 안전·환경 관리와 관련된 정책 및 기술개발은 지속적인 모니터링을 통하여 적극적인 대응이 필요할 것으로 판단된다.

## 5-2. 국내 기술개발 사례

먼저, 국내 중장비 업체의 ICT 대응사례를 살펴보면, 국가 R&D의 일환으로서 두산인프라코어는 2006년부터 단순·반복적 사면 절토작업이 가능한 무인 굴삭기를 개발하기 시작하여, 2019년에는 반자동 굴삭기를 상용화 할 예정이며, 더불어 TMS(Telematics System), 3D Machine Guidance System 등 차세대 건설기계에 중요성이 부각되고 있는 다양한 ICT 기술들을 개발 및 적용하고 있다. TMS는 GPS 기술과 이동통신 및 위성통신과 같은 무선통신 기술을 통하여 원격지에 있는 장비의 위치 및 상태 정보에 대한 모니터링을 가능하게 하는 기술로써 특히, 장비 고장 발생 시 신속한 알림 기능과 고장 상태 분석을 통하여 빠른 시간 안에 정비가 가능한 서비스이다. 3D MGS는 굴삭기에 부착된 GPS와 각도센서 등을 이용하여 장비의 위치 정보와 자세 정보 등을 수집하고, 레이저 스캐너 또는 드론을 이용하여 작업대상이 되는 지역의 지형정보를 별도로 수집하여, 이렇게 수집된 정보들을 이용하여 장비 사용자에게 작업대상이 되는 지역의 지형과 굴삭기의 위치를 모니터를 통해 보여주는 등 원활한 작업이 이루어질 수 있도록 도와주는 시스템으로써 측량 비용 절감, 시공효율 증대로 인한 공기단축, 작업 결과의 균일성 및 정확성 향상, 시공 안전성 증대 등 작업 생산성 향상에 기여한다.

현대건설기계는 2002년 건설장비 원격관리시스템인 '하이메이트' 개발에 착수해 2008년부터 상용화하였으며, 2017년 3월, 4차 산업혁명에 대비해 ICT 기술을 적용한 '하이메이트 2.0'을 공급하였다. 굴삭기와 휠로더, 지게차에 이 시스템을 장착하면 웹사이트를 통해 장비 가동 상태 조회, 분석은 물론 스마트폰 앱으로 어디서든 건설장비의 엔진과 공조장치 등을 제어할 수 있는 것이 특징이다. 스마트폰 앱을 이용해 운전자가 직접 탑승하지 않고도 여러 대의 장비를 가동시키고 실내온도까지 조절해 겨울철 장비 예열시간을 단축할 수 있을 뿐 아니라 연료 잔량을 비롯해 가동률, 부품교환 주기 등의 분석 정보까지 파악할 수 있고, 향후 Big Data를 활용한 예방 진단 서비스까지 제공하는 방향으로 개발을 진행 중에 있다. 한양대학교에서는 2014년부터 굴삭기, 덤프트럭 등과 같은 토공사에 투입되는 작업장기간 이동 시 간섭을 최소화하고 작업효율을 높이는 ICT 활용 건설장비 관련 연구가 진행되고 있다.

이와 더불어 건설기업의 움직임도 활발하다. 대우건설은 건설-ICT 융합을 통한 시공품질안전분야 혁신, 건설역량강화 및 ICT 융합 사업추진 기반 확보, 국가건설기술 선진화 정책에 선제적 대응 등을 위해 2015년부터 '대우 스마트 컨스트럭션(DSC, Daewoo Smart Construction)<sup>9)</sup>'을 개발하여 2017년부터 시범현장에 적용하고 있다. DSC 시스템은 3D 설계를 기반으로 시공정보를 수집하는 기술,

이를 스마트맵으로 분석하고 시뮬레이션하여 활용 가능한 정보로 변환시키는 기술, 그리고 현장에서 각종 IoT 센서를 통해 수집된 정보를 작업자가 편리하게 조회하고 활용할 수 있는 기술 등으로 구성되어 있다(그림 10 참조). 롯데건설은 굴착 공사 현장에서 가장 많이 사용하는 포크레인 장비에 GPS 수신이 가능한 장비를 부착해 현장에 적용하여 2017년 한국건설경영협회에서 주관하는 제10회 건설기술연구 우수사례부문 최우수상을 수상하였다. 쌍용건설은 드론을 활용하여 공사현장 부지 파악과 공사물량 산출 및 공정 관리에 활용하고 있으며, 작업자의 안전모에 소형 카메라를 부착해 동영상을 촬영하고 실시간으로 스마트폰이나 컴퓨터로 전송하는 '액션캠 LTE 시스템'을 현장에 도입하여 핵심공정, 고난도공사, 위험공사 관리에 활용하고 있다.

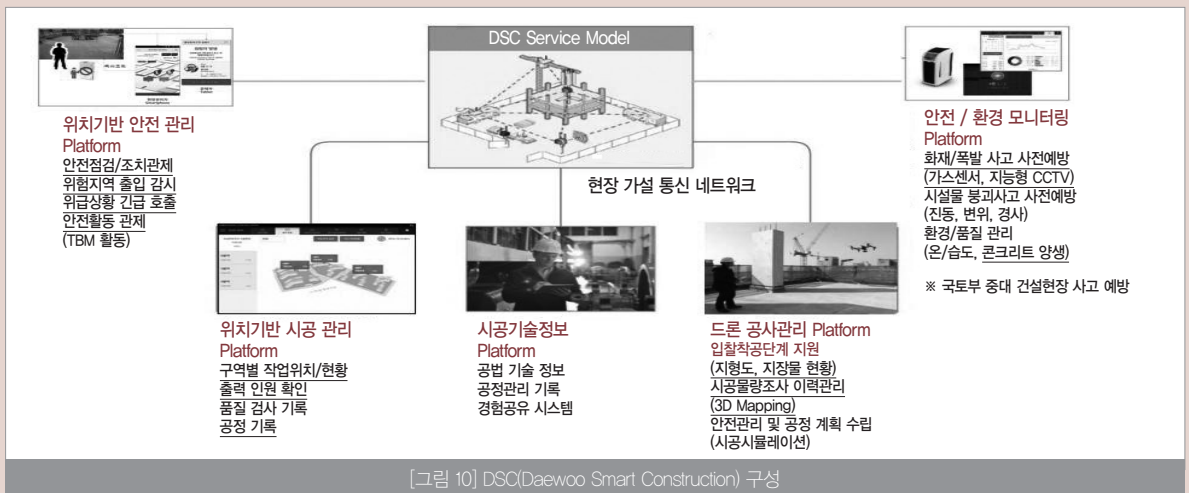
## 6. 맺음말

머리말에서 언급한 바와 같이 다보스 포럼 이후에 4차 산업혁명이라는 말이 유행하기 시작하였다. 그러나 최근 일부에서는, 특히 해외 선진국에서는 4차 산업혁명이라는 표현을 별도로 사용하지 않으며, 4차 산업혁명의 실체는 없다는 식의 자조적인 의견도 나오고 있다. 필자는 이러한 의견에 일부는 동의하면서도 4차 산업혁명에 대한 생각의 전환이 필요하다고 생각한다. 우리는 너무나 4차 산업혁명이라는 단어에 얽매어서 내용이 무엇이 되었든 대응 방안을 세워야 한다는 강박관념을 가지고 접근하고 있는 듯 하다. 그러나 4차 산업혁명은 해결해야 할 문제가 아니며, 자연스럽게 받아들여야 하는 사회 현상의 한가지를 의미하는 개념이다. 즉, 우리

는 4차 산업혁명 자체에 대하여 고민하고 대응방안을 세울 것이 아니라, 현재 우리 건설산업이 당면한 문제를 먼저 고민하고, 해결 방안의 하나로써 4차 산업혁명의 기술을 활용하는 방안을 세워야 하는 것이다. 이제까지 전통적인 건설업의 관점에서만 해답을 구했다면 앞으로는 고도화된 ICT, 로봇기술 등 다양한 분야의 기술과 함께 종합적으로 검토하고 융합된 해결책을 모색해 나가야 한다. 우리 건설산업의 생존과 경쟁력 강화를 위해서는 끊임없는 혁신이 필요한 시기가 되었다. 우리나라가 가지고 있는 풍부한 IT인프라를 적절히 활용하면 자연스럽게 건설업의 4차 산업혁명 대응 방안이 수립될 것이라고 생각한다. 이러한 변화에 능동적으로 대응하는 기업은 21세기를 선도하는 기업이 될 수 있을 것이다. S

### 참고문헌

- ① 建設業を取り巻く情勢・変化, 国土交通省, 2016
- ② 18兆円に達した東日本大震災の復旧・復興経費, 崎山建樹, 2012
- ③ 建設分野における外国人材の活用に係る緊急措置, 国土交通省, 2014
- ④ 国土交通省生産性革命本部の設置について, 国土交通省, 2016
- ⑤ 国土交通省生産性革命プロジェクト, 国土交通省, 2017
- ⑥ 情報化施工の実施結果について, 国土交通省, 2016
- ⑦ スマートコンストラクションの建設機械の紹介, Komatsu Smart Construction, 2017
- ⑧ レンタル商品紹介, 日立建機日本, 2017
- ⑨ 建築工事現場で最先端技術を搭載したロボットと人がコラボ, 清水建設, 2017
- ⑩ 日本マイクロソフトと竹中工務店がIoTを活用した次世代建物管理システムで連携, 竹中工務店, 2014
- ⑪ 汎用遠隔操縦装置, 大林組, 2016
- ⑫ 大林組、建設現場にロボスーツ導入 「HAL」で作業者負担減, 大林組, 2016
- ⑬ 自律型鉄筋結束ロボット「T-iROBO Rebar」を開発, 大成建設, 2017
- ⑭ 建設機械の自動化システム「A4CSEL®」に自動グンプトラックを導入, 鹿島建設, 2017



[그림 10] DSC(Daewoo Smart Construction) 구성

② 대우건설의 다양한 시공경험과 자체적인 기술개발을 기반으로 사물인터넷(IoT)과 정보통신기술(CT)을 활용하여 건설 현장의 모든 안전과 공정, 품질을 통합적으로 관리하는 시스템이다. 3D설계를 기반으로 시공 정보를 수집하는 기술, 이를 스마트맵으로 분석하고 시뮬레이션하여 활용 가능한 정보로 변환시키는 기술, 현장에서 각종 IoT 센서를 통해 수집된 정보를 작업자가 편리하게 조회하고 활용할 수 있는 기술 등으로 구성된다.