

건설혁신을 위한 건설자동화 기술개발 방향



김석 한국교통대학교 철도인프라시스템공학과 조교수, kimseok@ut.ac.kr

1. 서론

국내는 거시적인 재정정책의 변화에 따라 건설산업에 대한 투자는 계속적으로 감소하고 있다. 2000년 이후 첨단산업 육성 및 복지예산 확충을 위한 재정운영이 이루어지면서, 건설산업 예산은 해마다 줄어들고 있다. 그 결과, 2019년 국토교통부 전체 SOC 예산은 18.5조원 규모로 2010년 이래 최저치를 기록하였다. 중앙정부 SOC예산 추이를 분석해보면, 2016년부터 2020년 인프라 투자는 연평균 6%정도 감소하는 것으로 나타났다.

줄어든 SOC예산에 따른 국내건설시장의 축소를 만회하기 위해 2010년 초반에 해외건설시장으로의 진출이 활발하게 이루어졌다. 2010년에 약 716억달러를 기록한 이후 2011년 591억달러, 2012년 649억달러 등 2014년까지 600억달러 이상의 수주액을 항상 확보하였다. 하지만 2015년 이후 해외건설 수주액이 큰 폭으로 감소하면서 2018년 321억달러 정도로 줄어든 상황이다. 저유가에 따른 발주물량감소, 해외사업 리스크관리 실패 등 다양한 원인분석이 이루어지고 있으며, 국내 건설산업의 생산성 우위 및 가격 경쟁력 확보실패도 하나의 원인으로 지목되고 있다.

건설노동 생산성 향상이 건설산업의 현상황을 해결할 하나의 방법이 될 수 있다. 하지만, 국내 인프라 건설 노동생산성은 해외 주요국 평균의 절반정도 수준이며, 노동인구의 고령화로 인해 향후 지속적인 생산성 약화가 예상되고 있다. 2015년 매킨지 분석에 따르면, 노동생산성이 시간당 13달러로 미국의 시간당 34달러에 비해 절반이하인 것으로 조사되었다. 뿐만 아니라 노동생산성 성장률도 0.2%로 낮은 수준으로 나타났다. 산업별 종사자의 고령화 비율을 살펴보면, 건설업이 26.7%로 제조업의 15.8%보다 높게 조사되었으며, 지속적인 고령화가 우려된다. 젊은 노동력의 투입이 줄어들면서 장기적인 건설 생산성 저하도 우려되는 상황이다.

국내 건설산업은 SOC예산의 지속적인 감소, 해외시장 개척 어려움, 건설노동자 고령화 등 다양한 문제에 직면해 있다. 이를 해결하기 위한 다양한 논의가 이루어지고 있지만, 본고에서는 건설자동화 기술개발을 통한 중장기적 생산성 향상방안을 건설산업 문제에 대한 해결책으로 제시하고자 한다. 이를 위해, 건설산업 및 기술의 변화과정을 살펴보고, 향후 건설자동화 기술의 발전방향을 제시하였다.

2. 건설산업 및 기술의 변화

2.1 건설기술의 변화과정

1) 노동력 중심 시기('60~'70년대)

1962년 경제개발5개년계획을 시작으로 산업화 및 국가경제발전이 본격화되는 시기로 고속도로, 중화학산업기반시설, 대규모 다목적 댐 등 산업기반시설이 조성된 시기이다. 1960~70년대에는 사회간접자본시설 확충을 위해 많은 건설인력을 현장에 투입하여 인력중심 작업이 이루어졌다. 물론 1970년대에 대기업을 중심으로 일부 대형국가사업에는 건설현장에 건설기계장비를 투입하여 시공을 하였으나, 산업 전반에 걸쳐 노동력 중심의 건설공사가 주를 이루었던 시기이다.

2) 기계화 시공 시기('80~'90년대)

급격한 도시화에 따른 주택부족 문제와 88년 올림픽 등의 영향으로 주택 200만호 건설, 도시재개발 1기 신도시 등 도시기반시설의 수요가 급증하던 시기로 산업기반 고도화가 병행한 시기이다. 기계화 시공기술의 도입을 통해 노동력 중심의 낙후된 기술에서 벗어나 기술 집약적 산업발전의 기초를 마련하였다. 국내는 90년대부터 커튼월 공사용 로봇, 콘크리트 바닥 연마로봇 등 단위작업

에서 인력을 대체할 수 있는 자동화 기계 및 로봇 개발이 일부 추진되었다.

3) 시스템화 시공 시기('00~'10년대)

기존의 양적성장에서 국토균형발전, 도시재생 등 국토기반 선진화와 질적 성장을 도모하던 시기이다. IT기술이 발전하고 인터넷이 보급되면서 건설산업에 컴퓨터 시스템을 활용하여 건설사업을 효율적으로 수행하기 위한 다양한 기술이 적용되었다. CIC(Computer Integrated Construction), PMIS(Project Management Information System), BIM(Building Information Modeling) 등의 기술을 적용하여 설계효율을 높이고, 시공단계 사업관리를 효율적으로 수행할 수 있는 기반을 마련한 시기이다. RFID/USN, GIS, ICT 등의 기술을 활용하여 건설현장에서 인력관리, 재고관리, 품질관리 등 다양한 사업관리 부분에 자동화에 대한 연구개발이 이루어졌다.

2.2 최근 건설기술 변화

2017년 세계경제포럼에서는 건설기술의 미래 발전에 대한 보고서를 발표하고 앞으로 건설산업이 기술적 측면에서 큰 변화가 일어날 것으로 예측하였다. 이러한 기술변화의 예상은 전세계 건설산업이 겪고 있는 어려움과 연관이 있다. 선진국 및 개발도상국 모두 경험 많은 건설기능공의 확보에 어려움이 가중될 것이고, 도시화로 인한 건설수요가 증가할 것으로 예상되기 때문이다. 보고서는 부재의 표준화 및 모듈화 기술, 자동건설기계 및 3차원 프린팅 기술, IoT기반의 스마트장비 및 빅데이터 활용기술 등의 기술이 향후 도입될 것으로 분석하고 있다.

국내 건설기술 연구개발 현황을 살펴보면, 인프라를 구성하는 부분 구조물을 공장에서 제작하고 현장에서 조립 및 시공하는 off-site 공법을 개발하여 모듈 생산방식을 통해 안전성을 확보하고, 생산성을 높이고 있다. 개발된 off-site 기술을 적용하여 서울 가양단지외 천안두정에 시범적으로 모듈러 주택이 지어졌다. 두 번째로, 비정형 구조물에 대한 수요가 늘어나면서 3D 프린팅 기술이 주목받고 있다. 이미 미국, 영국, 중국 등 다양한 국가에서 3D 프린팅을 이용하여 구조물 건설하는 기술을 개발하고 있으며, 기술을 적용한 구조물을 내어놓고 있다. 국내에서도 3D 프린팅 기술을 이용한 건설기술이 연구개발되고 있는 중이다. 세 번째로, Infra BIM의 개발이 이루어지고 있다. 기존의 BIM에서 적용성을 확장하여 토목 공공공사에도 BIM을 도입하기 위한 노력이 이루어지고 있다.

3. 향후 건설기술 개발방향

3.1 모듈러 건설

모듈러 건설은 현재도 활발히 기술개발이 이루어지는 분야이며, 앞으로 더 다양한 분야에 걸쳐 연구가 이루어질 분야로 예상된다. 모듈러 건설의 특징은 공장에서 건설부재를 제작하고 이를 현장에서 조립 및 시공하는 방식으로 건설생산성 및 품질 향상에 크게 기여할 수 있어 활발한 기술개발이 이루어질 것이다. 모듈러 건설을 위해 다양한 기술개발이 필요하며 건설사업 단계별로 특화된 기술이 요구된다. 예를 들어, 설계단계에는 BIM기반 모듈설계 기술, 모듈간 연결기술 등, 제작단계에는 자동화 설계공정기술, 금형제작기술, 품질검사기술 등, 시공단계에는 모듈의 운반 및 현장조립 장비기술이 필요하다. 설계, 제작, 시공단계가 유기적으로 연계되는 기술이 요구되며, 최종형태는 스마트공장과 유사한 형태로 발전할 것으로 예상된다.

3.2 자동화 건설

자동화 건설은 건설현장의 제조업화로 정의될 수 있다. 최근의 건설기계장비, 계측장비 등 제조업의 건설산업 진출이 이루어지고 있다. 건설현장의 비정형화된 구조물, 작업자, 장비 등을 총괄적으로 관리하여 건설현장 생산성 및 안전성을 향상시키기 위한 기술개발 노력이 이루어지고 있다. 건설현장을 제조업화하기 위해서는 최근 제조업에서 도입하고 있는 스마트공장의 생산방식변화를 도입할 필요가 있다. 스마트공장은 크게 Sensing단계, Thinking단계, Acting단계로 구성된다. 건설산업에 이러한 단계들을 도입해보면 다음 기술들이 예상된다. Sensing단계에는 현장정보를 자동으로 수집하는 복합센싱 플랫폼 기술이, Thinking단계에는 BIM설계 및 현장정보 기반 작업계획 산정기술이, Acting단계에는 건설장비 가이던스 및 자동 커트링 기술이 대표적인 기술이 될 것이다. 제조업이 비정형 환경의 건설산업으로의 진출을 모색하는 것과 같이 건설산업도 제조업의 기술을 도입하여 변화할 필요가 있다.

3.3 CPS기반 건설

향후 건설기술에 있어 BIM은 필수적인 도구이자 기술이다. 미래 건설기술개발을 위해서는 BIM을 이용한 가상건설을 넘어 가상과 현실이 융합되는 CPS(Cyber Physical System)를 위한 기술로의 발전이 요구된다. CPS기술을 통해 물리세계의 정보를 가상세계로 전달하고 이를 정확하고 빠르게 분석 및 피드백하여 현실의 시공 및 사업관리에 적용하는 사이클이 끊임없이 가능하게 되어

전반적인 건설산업의 생산성 향상이 가능하다. CPS기술은 크게 수집, 구현, 분석, 제어단계로 구분된다. 수집단계에는 센서, CCTV, mobile device, telematics 등을 통한 현장정보 수집기술이, 구현단계에는 BIM 및 Digital Twin 기술기반 사이버시스템 구현기술이, 분석단계에는 구조해석, 신뢰성분석, 고장진단기술 등이, 제어단계에는 가이던스 시스템, 작업자동화 기술 등의 연구개발이 필요하다.

4. 결론

국내 건설산업은 국내외 건설시장의 축소로 인하여 어려움 뿐만 아니라 건설노동자의 고령화 문제 등으로 인하여 어려움을 겪고 있다. 새로운 건설기술 개발을 통한 건설산업 생산성 향상이 이를 해결하기 위한 좋은 해법이 될 수 있다. 최근 4차 산업혁명기술에 대한 관심이 높아지면서 전산업분야에 걸쳐 기술혁신이 이루어지고 있다. 건설산업도 혁신을 위한 기술개발이 필요한 시점이다. 미래 건설기술은 크게 모듈러, 자동화, CPS라는 키워드로 정의될 것이라 내다보며, 이러한 기술개발을 통해 국내 건설산업이 처한 문제가 가까운 미래에 해결되길 기대한다.

참고문헌

1. Mackinsey Global Institute, "Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity", Feb, (2017).
2. World Economic Forum, "Shaping the Future of Construction: Inspiring innovators redefine the industry", Feb, (2017).