

#3

현대건설의 스마트 건설 사례

🔍 :

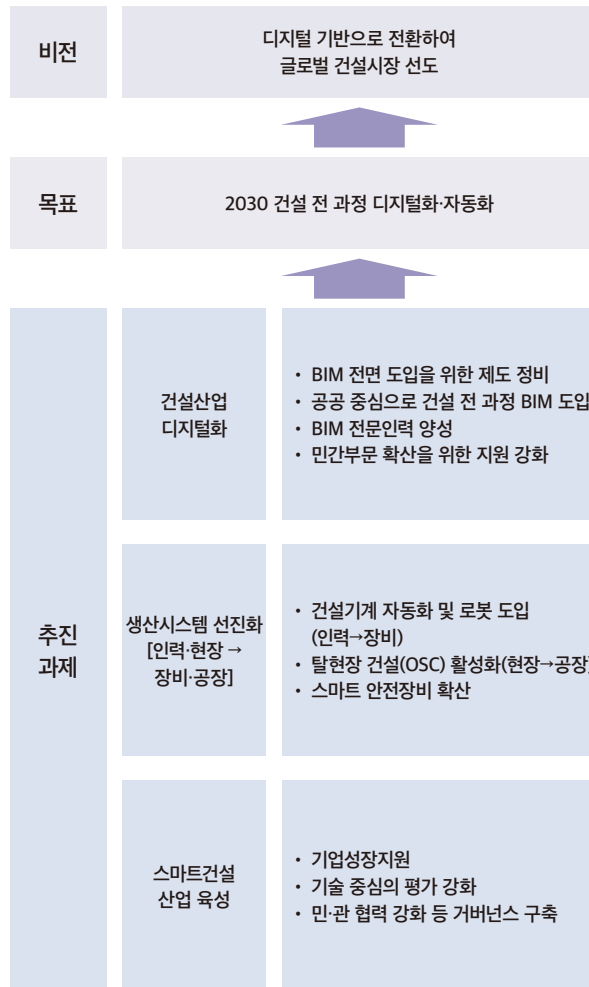
글. 황재웅 현대건설 토목사업본부 책임매니저

건설산업의 디지털 전환을 위한 첫걸음 : 스마트 건설

2022년 7월, 국토교통부 건설정책국 기술정책과는 「스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030」을 발표하였다. 즉, 디지털 전환을 통해 글로벌 건설시장을 선도하겠다는 비전 아래, 2030년까지 건설 전 과정의 디지털화와 자동화를 달성하겠다는 목표를 설정하여 '건설산업 디지털화, 생산시스템 선진화, 스마트 건설산업 육성'이라는 총 3가지 추진과제를 제시하였다. 이제 건설업계는 이러한 정책에 발맞추어 변화하는 비즈니스 환경에 대응해야 한다. 즉, 건설 전 과정에 스마트 기술이 활성화될 수 있는 환경을 구축하여, 낮은 노동 생산성, 중대 재해, 환경 오염 등의 건설산업의 각종 난제를 효과적으로 해결해야 하는 상황에 직면했다. 이러한 변화를 선제적으로 준비한 현대건설은 스마트 건설을 통해 건설산업의 체질을 개선하는 것이 국내 건설산업의 도약은 물론이고, 성장 가능성이 큰 해외 건설시장에서 차별화된 경쟁력을 확보할 수 있는 지름길이라는 인식을 바탕으로 스마트 건설기술 확보 및 현장 확산에 노력을 기울이고 있다.

현대건설은 스마트 건설이라는 용어도 정립되지 않았던 10여 년 전부터 BIM(Building Information Modeling)을 비롯하여, 드론이나 IoT와 같은 스마트 건설기술을 현장에 선제적으로 적용하였고, 레이저 스캔을 비롯한 VR, MG/MC, 빅데이터/AI 등의 4차산업혁명 요소기술에 기반한 다양한 스마트 건설 기술을 개발하여 현장에 확산시키고 있다. 특히, 공종이 다양하고 계약 형태나 국가별로 수행 체계가 상이한 토목 프로젝트의

그림 1. 스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030



('22.7., 국토교통부)

그림 2. MC건설 장비 야간작업 활용 사례



〈카타르 TSE 저류조 공사〉

특수성을 고려하여, 현장 적용성을 극대화하는 최적의 스마트 건설 수행 프로세스를 개발하여 국내외 현장의 기술 보급에 힘쓰고 있다.

아울러, 건설업계 전반의 스마트 건설 역량 향상이 중요하다는 인식하에 정기적으로 스마트 건설기술 시연회를 개최하여 기술 공유 및 상생 협력에 이바지하고 있다. 2020년에는 국내 최장 경간의 콘크리트 사장교 건설 프로젝트인 세종-포천 고속도로 14공구에서, 2022년에는 국내 최대 직경의 TBM(Tunnel Boring Machine)으로 한강 하저에 고속도로를 건설하는 고속국도 제400호선 김포~파주 간 건설공사 2공구 현장에서 기술 시연회를 개최하여 당사의 스마트 건설 적용 사례를 주요 발주기관을 비롯한 협력사, 학계 및 연구소 등의 전문가들과 공유하고 국내 건설산업의 발전 방향을 모색하였다.

본 고에서는 당사가 기술 시연회를 비롯하여 학술대회, 세미나 등에서 건설업계 관계자들과 공유하였던 내용을 바탕으로 설계 검토를 비롯하여 현장의 협업 효율 향상, 검측 간소화, 데이터 기반의 안전관리와 같은 다양한 분야에서 현대건설이 적용한 스마트 건설기술 활용 사례를 소개하고자 한다.

설계 검토 및 품질 개선 사례

스마트 건설 활성화 방안의 첫 번째 과제가 건설산업 디지털화, 즉 건설 전 과정의 BIM 도입 및 확산인데, 이를 비추어 볼 때, BIM이 스마트 건설 및 건설산업의 디지털 전환에서 차지하는 비중이나 위상이 어느 정도인지 실감할 수 있다. 당사

그림 3. 현대건설 스마트건설기술 시연회('20)



〈세종-포천 고속도로 14공구〉

는 2010년부터 BIM 전담팀을 구성하여 입찰설계부터 기본설계, 실시설계단계로 활용 범위를 지속적으로 확대하였다. 이러한 준비를 바탕으로 건설 전 과정에서 BIM이 의무적으로 도입된 최초의 토목 프로젝트라 할 수 있는 안성~구리 간 고속도로 14공구 현장의 설계 BIM을 성공적으로 수행하였다. 기본설계부터 BIM을 적극적으로 도입한 것은 물론이고, 시공 및 유지관리 단계의 BIM 활용을 고려한 실시설계 BIM을 수행함으로써, 국내 최장 경간 콘크리트 사장교의 설계 품질 향상에 기여하였다. 이러한 성과를 인정받아 빌딩스마트협회가 주관하는 BIM Awards 2017에서 토목 부문 최고상인 국토교통부 장관상을 수상하는 쾌거를 이루었다.

또한 시공 중에도 BIM을 효과적으로 활용하였는데, 주두부와 같이 비정형 구조물의 시공 과정에서 많은 시간과 인력이 소요되는 기하학적 간섭 해소나 철근 가공 계획 수립 등의 업무를 BIM을 통해 신속하게 수행할 수 있었다. 특히, 시공 중 문제가 발생할 수 있는 리스크를 감리단에 BIM으로 시각화하여 보고하거나, BIM 기반의 시뮬레이션을 수행하여 협력사와 함께 최적의 시공 방법을 찾아내는 등의 다양한 업무 협의 과정에 BIM을 효율적으로 활용하여 BIM의 효과를 공유하고 활용을 독려하였다.

스마트 건설 활성화 방안의 두 번째 과제가 생산시스템 선진화인데, 이를 달성하기 위해서는 인력 작업을 대체할 수 있는 수준으로 고도화된 기계 장비의 설계와 제작, 운용이 중요하다. 김포-파주 2공구 현장에서는 하저 터널 굴착의 핵심 장비

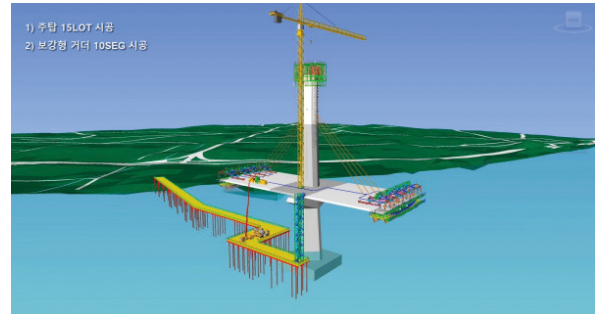
인 TBM 장비의 설계부터 제작, 운반, 운용으로 이어지는 전 과정에 스마트 건설기술을 적용하여 장비 제작사는 물론이고, 감독기관 및 협력사들과 장비 설계 정보를 공유하고 설계 관리에 활용하였다. 특히, 복잡한 TBM 설비를 BIM으로 구축하여 기존의 2D 도면에서는 발견하기 어려웠던 설계상의 문제점이나 사용성 개선 사항 등을 효과적으로 검토할 수 있었다. 또한 화상회의의 시스템과 CDE(Common Data Environment)를 활용하여 코로나로 인해 대면 협의가 불가능했던 상황에서도 파주에 위치한 현장에서 독일의 장비 제작사 및 중국의 장비 제작공장과 원활하게 협업을 진행할 수 있었다.

아울러 BIM 모델을 기반으로 TBM을 VR로 구현하여, 실제 작업 시퀀스를 시뮬레이션한 후, 운용 중에 발생 가능한 위험 요소나 시공성 저해 요소들을 가상 환경하에서 검토하였다. 이를 통해, 현장의 TBM 운용 전문가와 안전 전문가들이 실물 TBM이 제작되기 이전부터, 사전에 예상되는 리스크를 시각적으로 발굴할 수 있었으며, 장비 제작사와 리스크를 공유하여 신속하게 해결책을 도출할 수 있었다. 또한 VR을 활용하여 실물 장비가 제작되기 전에도 운용 계획 수립이나 작업 방법 교육 등의 업무를 진행하여 TBM 운용 준비에 소요되는 시간을 크게 단축시켰다.

시공성 개선 사례

스마트 건설기술 중, 현장의 시공성 개선에 가장 직접적인 효과를 낼 수 있는 기술을 꼽으라면, 건설장비에 설치하여 장비 기사의 장비 조작을 도와주는 MG(Machine Guidance)/MC(Machine Control) 기술을 들 수 있다. 주로 굴삭기에 설치되는 MG 장비는 토공 계획면을 장비 조종석의 모니터에 표시하여 별도의 측량없이 토공작업을 신속하게 수행할 수 있게 해주는 기술로써, 당사의 아파트 건설 현장의 터파기 공중에 투입되어 공기 단축 효과를 확인한 후, 다양한 공중에 활용되고 있다. 특히 토목 현장의 수중 사석 쌓기, 수중 준설 작업, 관로 터파기 등의 공종은 다양한 현장에서 시공성 개선 효과가 검증되어, 신규 현장에서는 필수적으로 활용되고 있다. 일례로, 부산의 단지 조성공사 현장에서는 MG 장비를 1대만 투입했었는데, 기사들이 서로 MG 장비를 사용하고 싶어해서 추가로 3대를 더 구매하는 등 국내외 토공 현장에서의 MG 활용이 빠르게 확산되는 추세이다.

그림 4. BIM 기반 공정 시뮬레이션



(세종-포천 고속도로 14공구)

사실 MG/MC 기술은 직영 공사 형태로 진행되는 해외 현장에서 더욱 진가가 발휘된다. 당사는 쿠웨이트, 싱가포르, 방글라데시의 해양/항만 공사에서 MG를 선제적으로 도입하여 비용 절감 및 공기단축 효과를 확인한 후, 2020년에 수주한 카타르와 페루의 육상 토공 현장에는 MG/MC 장비를 대규모로 투입하여 현지 장비 기사들의 부족한 기술력을 보완할 수 있었다.

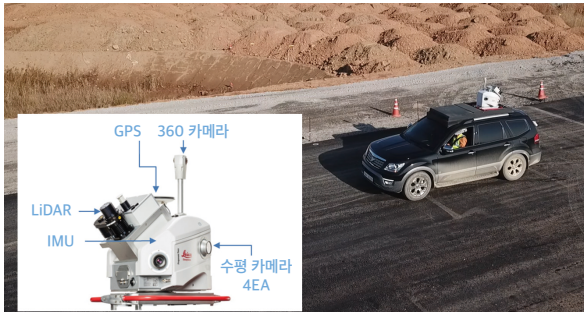
굴삭기와 달리 도저나 모터그레이더는 블레이드(배토판)를 통해 먼 고르기 작업을 수행하는데, MC 장비는 설계 경사에 맞게 블레이드를 자동으로 조절해주므로, 숙련도가 부족한 장비 기사로도 충분한 수준의 시공 품질을 확보할 수 있었다. 또한 사전측량 없이도 장비 기사가 모니터상의 시각적 정보만으로 작업을 수행할 수 있으므로 측량 외업에 투입되는 인력을 줄일 수 있었고, 장비 인근에서 측량을 수행할 수밖에 없었던 위험한 작업을 배제하여 측량기사의 안전을 확보할 수 있었다. 특히, MG/MC는 측량 표식을 식별하기 어려운 야간작업에 큰 효과를 발휘하여, 안전하고 신속하게 공사를 수행할 수 있었다.

시공관리 효율성 향상 사례

민수용 드론의 가격이 낮아지면서 농업이나 영화 산업과 같은 타 산업에서 드론 활용이 급증하던 2015년 무렵, 현대건설도 건설 현장에서 드론을 활용하기 위한 방안을 적극적으로 모색하기 시작했다. 특히, 면적이 넓은 토공 현장을 드론으로 촬영하여 지형 측량을 수행할 수 있는 기술을 적극적으로 개발하여, 인력 중심의 측량 외업을 기계화·자동화하는 기술을 내재화하였다.

이를 통해, 발주기관이나 지자체 및 기타 유관기관(전력, 통신, 상하수도 등)의 인허가를 비롯한 각종 업무 협의에 효과적

그림 5. MMS 기반의 고정밀 현장 스캐닝



〈한국타이어 주행시험장〉

으로 활용하고 있다. 특히, 드론으로 촬영한 항공사진에 설계 내용을 중첩시켜 태블릿으로 관계자들에게 복잡한 현장 현황을 시각적으로 쉽게 이해시키고, 현장의 문제점과 개선 방안을 협의하는 용도로 널리 활용하고 있다. 이를 통해 각종 보고서 작성 시간을 크게 단축시키는 등 현장 관리 업무의 효율을 크게 향상시켰다. 특히, 현장의 업무 현황 및 협의 사항이 자연스럽게 드론 사진상에 기록되고 공유되면서, 디지털 정보를 기반으로 한 업무 체계가 확산되는 계기가 되었다.

이를 발전시켜, 해외 현장에서는 드론 사진을 기반으로 생성한 3차원 토공 모델을 활용하여 측량 및 검측 업무를 수행하였다. 드론으로 구축한 3차원 디지털 지형 모델을 활용하여 현장에 나가지 않고도 인터넷으로 토공 작업 진행 상황을 확인하고, 정량적 측량 데이터를 취득하여 검측 서류를 생성하는 등 디지털 트윈의 기초적인 활용 프로세스를 수립하여 이를 실제 업무에 적용하였다. 특히, GNSS 신호를 통해 항공사진이 촬영된 지점의 좌표를 산출하고, 이를 사진측량(Photogrammetry)에 활용하여 정확도를 높이는 RTK(Real-time Kinematic) 드론이 최초로 적용되었는데, 이를 통해, GCP(Ground Control Point, 지상기준점) 설치 개소를 최소화하여 현장의 드론 측량 업무의 편의성을 높임과 동시에 측량 성과품의 품질을 향상시켰다. 또한, 토공작업에 대한 검측 서류 작성 시, 드론 측량 데이터를 활용하는 것에 대해 가리단을 설득하여 드론 측량을 통한 토공 검측을 승인을 얻어냄으로써, 현장의 측량 및 검측 업무 생산성을 크게 향상시킬 수 있었다.

그러나 드론 측량의 기술적 특성상, 연직방향 좌표의 측량 오차는 다소 클 수밖에 없는데, 이러한 기술적 한계를 감안하여, 높은 정밀도를 요구하는 측량 및 검측 업무에는 레이저 스

캐너와 같은 LiDAR(Light Detection And Ranging)를 적극적으로 현장에 활용하는 것이 효과적이다. 특히 당사는 국내 건설업체 최초로 MMS(Mobile Mapping System) 장비를 구비하여 정밀 측량 및 디지털 맵핑 작업에 투입하고 있다. 최근에는 포장 노면의 편평도 관리가 중요한 자동차 주행시험장 고속주회로의 곡선부 포장면 검측에 효과적으로 활용하였다. 기존 방식으로는 경사가 급한 지점에 사람이 올라가서 일정 간격으로 데이터를 취득해야 했으나, 당사는 MMS를 활용하여 차량을 타고 전 구간을 연속적으로 스캔할 수 있었다. 이를 통해 검측 정밀도는 높이면서 소요 시간은 단축시키는 효과를 보였다.

안전관리 효율성 향상 사례

4차산업혁명 기술 중 대중에게 가장 인상 깊게 다가온 기술은 빅데이터/AI 기술이 아닐까 싶다. 그러나 건설현장에서 이 기술을 효과적으로 활용하기 위해서는 충분한 양의 학습 데이터가 필요하다는 어려움이 있다. 이에 당사에서는 충분한 양의 학습 데이터가 확보된 분야가 무엇인지 고민하기 시작했고, 그 결과 10여 년간 축적해 온 안전 및 재해 관련 데이터가 있음을 확인하였다. 또한 이러한 데이터를 학습시키면 현장의 특성이나 작업 내용을 바탕으로 공중벌 사고 확률을 비롯하여 각종 위험 요소들을 사전에 발굴하여 안전사고에 미리 대비할 수 있을 것이라는 아이디어에 착안하여, '재해 예측 인공지능(AI) 시스템'을 개발하였다. 이를 통해 현장의 작업 담당자가 작업 계획 및 공사정보를 입력하면, AI가 재해 유형별 발생 확률을 분석하고, 안전관리 지침을 자동으로 생성한다. 현장의 안전 담당자들은 이를 바탕으로 사고 발생 확률이 높은 요인을 사전에 점검하고, 위험 요소를 제거하는 등의 안전관리 업무에 효율적으로 활용하고 있다. 현대건설은 본 시스템을 토목, 건축, 주택, 플랜트 등 국내 전 현장에 적용하여 선제적 안전관리를 수행하고 있으며, 전국 현장에서 매일 업데이트되는 공사 정보들을 실시간으로 학습해 최신 데이터를 유지함으로써, 시스템의 재해 예측 성능을 지속적으로 향상시키고 있다.

...	저자소개	↗
황재웅 현대건설 책임매니저는 서울대학교 지구환경시스템공학부에서 석사학위를 취득했으며, (주)유신과 (주)아이디엠을 거쳐 2016년부터 현대건설 토목사업본부에서 BIM 및 스마트건설 관련 업무를 담당하고 있다.		