

#1

현대엔지니어링 스마트 건설 적용 사례



글. 이창용 현대엔지니어링 팀장

현대엔지니어링의 스마트 건설 도입 연혁

불과 수년 정도 사이에 스마트 건설 기술은 앞서가는 한 두 건설사의 전유물이 아닌 모든 건설사들이 사용하는 일반적인 기술이 되었다. 대표적으로 건축정보모델링(BIM), 드론 촬영, 3D 스캔 기술 등은 건설사에 따라서 활용하는 방법과 정도의 차이는 있지만 중견 건설사 이상에서는 이제 이용하지 않는 곳이 없을 정도의 기술이 되었다.

스마트 건설 기술은 다양한 기준에 따라 분류할 수 있겠지만 시공 단계에 국한하여 분류해보면 대체적으로 '현장 관리 디지털화'와 '시공 자동화'로 나뉠 수 있고, 추가로 'Off-Site Construction' 등을 포함시킬 수 있을 것이다. 여기에서 한발 더 나아가간다면 디지털화된 건설 자료를 빅데이터화하여 건설사의 사업 계획 시 이용하는 '데이터 기반 의사 결정'까지를 포함시킬 수 있다.

현대엔지니어링은 2019년 BIM 도입을 시작으로 본격적으로 스마트 건설 기술을 도입해 왔다. 이후 2021년 전사 스마트 건설 기술 R&D 조직인 스마트기술센터 설립을 통하여 시공 분야뿐 아니라 엔지니어링 설계 분야 및 구매/조달 분야를 포함하는 EPC 사업 전 분야의 스마트 건설 기술 개발 조직을 갖추었다. 유사 수준의 건설사에 비해 스마트 건설 기술 도입 시기는 다소 늦었지만 경영진의 전폭적인 지원 등에 힘입어 스마트 건설 기술을 빠르게 도입, 개발, 적용했다. 이러한 노력으로 e-대한경제와 한국건설기술연구원이 주관하여 평가한 스마트 건설 기업 지수(Smart Construction Cooperation Index,

SCCI)에서 2021년 현대건설, 삼성엔지니어링 등과 함께 2위 그룹인 B+ 등급으로 평가되었으며, 2022년에도 동일한 등급을 유지하였다.

본 고에서는 현대엔지니어링의 스마트 건설 기술 개발 및 도입 사례를 앞서 설명한 3개 분야로 나누어서 소개하고자 한다.

현장 관리 디지털화

현장 관리 디지털화와 시공 자동화는 건설 요소별 세부 정

그림 1. 3D 스캔

사업 대지 현황 검토

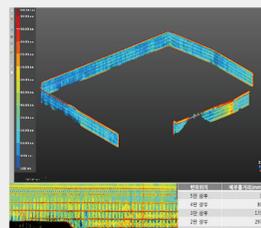


[도심지 현장 주변 시설물 현황 스캔(+BIM)]

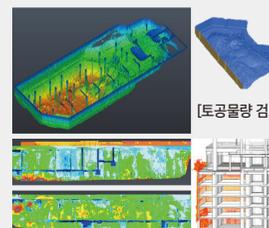


[3D스캔 실측 데이터 기반 대지경계 검토]

사업 대지 현황 검토



[흙막이 수직도 및 변형 검토]



[토공사 현황 및 지하연속벽면 검토][합벽물량 검토]

보가 담겨있는 3D 모델을 이용할 수 있어야만 구현 가능하기 때문에 이를 위해서는 가장 먼저 BIM 데이터가 필요하다. 현대엔지니어링에서는 2019년 판교 지식센터 현장에 BIM을 시범 도입한 이후 현재 모든 주택 사업에 BIM을 적용하고 있다. 3D 모델 기반으로 본사와 현장이 함께 공중간 간섭 검토, 설계 오류 검토 등을 수행하여 오시공을 방지하고 있으며, 현장에서 수립한 공정을 BIM으로 시뮬레이션해서 공정의 적합성을 사전 점검하고 있다. 본격적인 5D BIM(3D 모델을 이용한 설계 검토에 더하여 공정(4D) 및 예산 관리를 BIM 기반으로 수행하는 것) 전환을 위하여 2023년부터 골조 공사에 대해 BIM 데이터 기반으로 현장 예산을 수립하고 집행해 나가고 있다.

드론을 이용해 연속 촬영된 사진을 정합하여 현황을 3D 데이터화하는 포토그래메트리(Photogrammetry) 기술 레이저의 반사 속도 차이를 이용해 정확하게 현황을 3D 데이터화하는 3D 스캔 기술은 이제 중견 건설사 이상에서는 일반화된 기술이다. 드론 촬영 활용 기술의 경우 현대엔지니어링은 현재 건설사들에서 주로 활용하고 있는 토공량 검토 외에 자산 관리 사업과 연계 가능한 건물 외관 관리 기술을 스타트업 회사와 함께 개발 중이다.

데이터의 정확성이 높은 3D 스캔은 골조 공사 정밀도 관리, 바닥 평활도 관리, 스카이 브릿지 설치 관리, 토목 옹벽 변형 관리, 모듈러 설치 정밀도 관리 등에 활용하고 있다. 3D 스캔의 경우 대상 공간을 스캔하기 위해서 공간 내의 여러 지점에서 스캔을 수행한 후 데이터를 정합해야 하는데 스캔 지점이 증가할수록 스캔 시간과 정합 시간이 증가하고, 반대로 스캔 지점이 부족할 경우 대상 공간의 3차원 데이터 일부분이 생성되지 않을 수 있다. 일반적으로 스캔 지점 및 그 수는 스캐너 사용자의 경험에 따라 임의적으로 결정되는데 현대엔지니어링에서는 2021년 국내 대학과 공동으로 대상 공간 정보를 입력하면 스캔 위치 및 횟수를 최적화해주는 프로그램을 개발하여 스캔 계획 시 활용하고 있다.

현장 안전 관리 기술의 경우, 2020년 보스턴 다이내믹(Boston Dynamics) 사의 사족 보행 로봇을 도입해 별도의 가스 센서, 불꽃 감지 센서 등 각종 센서를 장착시켜 국내외 주요 현장에 현장 안전 관리용으로 시범 적용해 왔다. 아직 시범 적용 단계이지만, 머지않아 자체 개발 중인 인공지능 영상인식 기능 등과 융합하여 실제 배치되면 인력을 도와 현

장 안전사고 예방에 크게 기여할 수 있게 될 것이다.

시공 자동화

현대엔지니어링은 2020년 3D 프린팅 기술을 이용한 비정형 구조물 제작 기술 개발을 시작으로 바닥 미장 로봇, 외벽 도장 로봇 개발 등 시공 자동화 분야에 많은 투자를 해왔다. 비정형 구조물 제작 기술은 다관절 로봇팔을 이용해 비정형 스티로폼 거푸집과 콘크리트 보강용 곡선 철물망을 제작하고 이들을 조립한 후 전용으로 개발된 고유동성 초고강도 콘크리트를 부어 넣어 50mm 두께의 얇은 곡선판 구조물을 제작하는 기술이다. 개발된 공법은 국내 최초의 기술로 특허 등록되었으며, 향후 비정형 건축물 시공, 비정형 외장 패널 제작 등 다양한 형태로 활용될 예정이다.

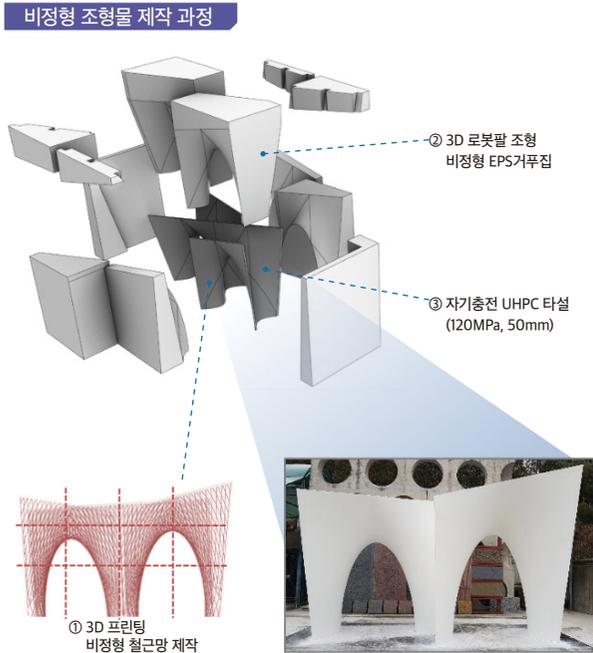
아파트의 외벽 도장은 인력이 달비계에 매달려 수행하는 작업으로 종종 안타까운 추락사고가 발생하기도 하는데, 현대엔지니어링이 2021년 개발한 외벽 도장 로봇은 시공 자동화 측면 외에 위험 작업에 인력을 대체할 수 있는 기술이라는 점에서 의의가 크다. 이 로봇은 다중 분사구가 장착되어 이전 기술보다 도장 속도가 크게 향상되었고, 전용 도료의 사용과 별도의 비산 방지 장치를 통하여 도료의 비산을 방지할 수 있도록 설계되었다. 또한, 작업 중 로봇의 안정성을 확보하기 위해 자이로 센서 등 다양한 센서를 부착하여 순간적인 강풍 등에 의해 정상적인 작업이 불가할 경우 작업이 일시 중단되도록 설계되었다. 현재는 최초의 스프레이 타입 로봇에 더해 개

그림 2. 도장 로봇

도장 로봇 시공 현황



그림 3. 3D 프린팅



3D 프린팅 기술 개발 개요



구부가 있는 벽체에도 사용할 수 있도록 롤러 타입의 로봇을 추가로 개발 중이다.

이 밖에도 MG(Machine Guidance) 기술은 굴착기 실증 단계를 거쳐 다양한 장비로 적용을 확대해 나가고 있으며, MC(Machine Control) 기술의 경우 실제 효과를 평가 중에 있다.

OSC(Off-Site Construction)

OSC, 즉 Off-Site Construction은 현장에서 시공하는 On-Site Construction에 대비되는 조어로, 현장 밖의 공장에서 건물의 크고 작은 유닛을 제작하고 현장에서는 최소한의 인력과 시간으로 외부에서 제작된 유닛을 조립만 하는 개념의 건설 공법을 의미한다. OSC는 불과 몇 년 사이에 국내 건설업계에서도 일반적인 단어가 되었고, 최근에는 이러한 변화에 따라 건설자(Builder) 중심이 아닌 제조자(Maker) 중심의 건설 환경으로 변해가고 있다는 뜻으로 언론에서 ‘메이콘 (Maker-Construction)’ 시대가 오고 있다고 보도되고 있다. 현재의 현장 중심 건설이 OSC 공법으로 전환되어야 하는 이유는 많다. 현장과 공장 동시 수행을 통한 공기 단축, 공장 자동화 생산에 의한 품질 향상과 안전사

고 예방, 현장 환경 오염 방지 및 건설 폐기물 최소화 등을 OSC 공법의 주요 장점으로 꼽을 수 있을 것이다.

OSC의 대표적인 공법이 모듈러 공법이라고 할 수 있다. 언론에도 많이 언급되어 이제 건설에 어느 정도 관심이 있는 일반 사람들도 모듈러 건축을 ‘레고처럼 쌓아서 집을 짓는 기술’이라고, 막연하게라도 알고 있을 정도이다. 현대엔지니어링은 현대엠코 시절이자, 또한 국내 모듈러의 초창기인 2012년부터 모듈러 건축 기술 개발 분야에 꾸준히 투자해 왔다. 2013년 완공한 2층의 모듈러 실험 주택을 시작으로, 모듈러 구조 내진 접합부 개발, SH 및 LH 모듈러 표준 구조 시스템 개발, 모듈러 단열/기밀 성능 실증 연구 등을 통해 건설신기술 770호 인증과 11개의 관련 특허를 확보하였으며, 또한 3개의 모듈러 및 OSC 실증 국책과제에도 참여해 왔다.

현대엔지니어링은 이러한 기술력을 인정받아 2020년 경기주택도시공사에서 발주한 국내 모듈러 건축 최고층(13층) 사업인 용인 영덕 행복주택과 2021년 서울주택도시공사에서 발주한 국내 모듈러 단일 건물 규모 최대 사업인 가리봉동 행복주택 사업에 연이어 사업자로 선정되었다. 용인 영덕 행복주택의

그림 4. 건축 모듈러_GH 용인 영덕 행복 주택



경우, ‘모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술’ 국책 연구의 최종 실증 사업으로 현대엔지니어링을 비롯한 국내 산학연이 모여 수년간 개발한 모듈러 기술이 총망라되어 적용된 사업이다. 대표적으로 국내 모듈러 최초로 3시간 내화 기술이 적용되었으며, 각종 모듈러 구조체에는 반복된 해석과 시험으로 안전성이 완벽히 검증된 기술들만이 적용되었다. 현재 이 사업은 준공을 완료하였고 행정상의 절차를 거쳐 7월경 입주자를 맞이할 예정이다.

가리봉동 행복주택의 경우, 도로 폭 제한에 따른 모듈 운송 문제로 인해 3m 내외의 폭으로만 설계되던 종래 모듈러의 거주 공간 한계를 뛰어넘어 거주자에게 보다 확장된 공간을 제공하고자 멀티 모듈로 한 세대를 구성하도록 설계되었다. 또한 종래 모듈러 건축에서의 다소 단순한 형태의 입면을 뛰어넘기 위해 디자인에 많은 노력을 기울이고 있다. 이 사업은 건축인허가를 거쳐 2023년 하반기에 착공 예정이다.

결언

현대엔지니어링이 스마트 건설 기술을 집중적으로 도입 및 개발하여 단기간에 일정 수준의 기술력을 확보하기는 했으나, 스마트 건설에 긍정적인 면만 있는 것은 아니다. 스마트 건설을 적용하는 데에는 공통적인 두 가지 고민이 있다, 첫 번째는, 과연 스마트 건설 기술의 개발 주체가 건설사가 되는 것이 맞는지의 문제이다. 왜냐하면 기본적으로 스마트 건설 기술은 IT 산

업에 바탕을 두고 있기 때문에 소위 ‘토건’ 전공의 전통적인 건설 R&D 기술자가 스마트 기술의 세부적인 내용을 파악하고 개발에 참여하기가 쉽지 않다. 따라서 스마트 건설 기술 개발에는 IT 기술자, 기계 기술자, 건설 기술자의 역할 구분과 인소싱과 아웃소싱에 대한 합리적인 분배 등이 고려되어야 한다.

두 번째는, 스마트 건설 기술의 R&D 투입 비용에 대비한 실제 효과가, 특히 시공 자동화 분야에 있어서는 평균적으로 아직은 종래의 일반적인 건설 기술 분야에 비해 낮다는 점이다. 이 부분은 기술의 발전에 따라 지속적으로 개선되어 나가겠으나 제조업과 다른 고도의 비정형성을 갖는 건설업의 특성상 아무래도 그 개선 속도가 더딜 수밖에 없을 것으로 예상된다. 따라서, 건설업에서 스마트 기술의 효과를 극대화하기 위해서는 제조업의 장점을 살릴 수 있는 OSC로의 전환이 절실하다. 즉, 스마트 건설의 효과를 최대화하기 위해서는 ‘건설’을 ‘제조’의 방식으로 전환하여야 한다.

전술한 현재의 일부 한계에도 불구하고 스마트 건설로의 전환은 불가피한 선택이다. 기술의 발전 속도는 늘 예상보다 빨랐고, 최근 ChatGPT가 보여준 인공지능 기술의 놀라운 성능에서 유추할 수 있듯이 앞으로의 스마트 기술 발전 속도는 지금까지보다 훨씬 빠를 것이다. 시기를 정확히 예측하긴 어렵지만 곧 스마트 기술이 티핑(Tipping) 포인트를 넘어 건설 생산성을 비약적으로 향상시킬 순간이 올 것이고, 늘 그렇듯 준비된 자만이 시장의 주도권을 가질 수 있을 것이다.

...	저자소개	↗
이창용 현대엔지니어링 스마트토건기술팀 팀장은 2000년 성균관대학교 건축공학과에서 석사학위를 취득했다. 현재 건축구조기술사이며 ㈜마이다사이티와 ㈜현대종합설계를 거쳐 2014년부터 현대엔지니어링에서 근무하고 있다.		