

# 스마트 건설기술 · 안전 적용 사례

글 이송헌 / 토목기술팀 부장 / 도로및공항기술사 / 전화 02-3433-7768 / E-mail song7778@ssyenc.com

글 김준호 / 토목기술팀 과장 / 전화 02-3433-7418 / E-mail jykim@ssyenc.com

글 안동열 / 토목기술팀 과장 / 전화 02-3433-7763 / E-mail prosperous@ssyenc.com

## 1. 머리말

### 1.1 스마트 건설기술 도입 필요성

건설산업은 노동집약적이고 현장의존적인 생산체계와 공급자 위주의 산업구조, 참여 주체 간 정보단절 등으로 인하여 전체 산업 중에서 생산성이 낮은 전통산업으로 머무르고 있다.

최근 국내 건설산업은 고령화, 숙련인력 감소 및 근로시간 단축 등의 사회 흐름에 의해 건설산업의 변화를 요구받고 있으며, 타 산업에 비해 2배이상 높은 재해율 및 사망률은 고질적인 안전문제를 해결하기 위한 필요성을 증대 시키고 있다.

또한 국내기업의 해외건설 경쟁력 약화에 따른 수주 급감 추세와 국내 건설시장의 양적 성장 한계 등을 고려할 때 국내기업이 세계 시장에서 경쟁력을 확보하고, 변화하는 국내 시장에 적응하기 위해서는 건설기술의 혁신이 필요한 상황이다.

### 1.2 스마트 건설기술 건설현장 활용

현재 국내 건설현장에서는 건설기술의 혁신이 필요한 시점에서 4차 산업시대를 맞이하여 BIM, 드론, ICT기반 현장관리 기술 등 스마트 건설기술이 일부 도입되어 활용되거나 시범적으로 적용되고 있기도하며 또 일부 스마트 기술들은 아직 연구개발 중으로 전면 활용이 어렵지만 학계, 발주처 및 건설업체 등에서는 활용 방안을 모색하며 현장 적용성에 대해 연구 개발중이다. 당사의 일부 현장에서는 설계, 시공 및 안전관리에 스마트 건설기술을 도입해 운영하고 있으며 시공성, 안전성 및 경제성 향상 효과를 기대하고 있다.

이에 본 고는 이러한 스마트 건설기술을 설계, 시공 및 안전관리 측면에서 당사 건설현장에 적용한 사례와 그 효과를 소개하고자 한다.

## 2. 국내외 건설 정책 동향

### 2.1 해외 주요국가 건설정책 동향

영국, 일본, 싱가포르 및 미국 등 세계 여러 선진국들은 건설산업의 혁신을 위하여 스마트 건설기술을 활용한 다양한 국가적, 산업적 노력을 진행하고 있다.

대표적인 정부주도의 정책들을 살펴보면, 영국은 건설산업 혁신방안으로 'Construction 2025'전략을 수립하여 건설 산업의 스마트화를 강조하며, BIM 중심의 건설프로세스를 혁신하기 위한 활동을 다양하게 전개해나가고 있다.

일본은 건설인력의 고령화 및 인력 감소에 대비해 건설산업 생산성 향상을 목표로 'i-Construction'전략을 추진하고 있다. 건설과정에 3차원 데이터 도입, ICT 장비 등 신기술을 활용한 건설 자동화·무인화를 진행하고 있다.

싱가포르는 'Consturction 21 운동'을 통해 건설산업의 생산성 향상을 목표로 자동화 장비 및 로봇, BIM/가상설계 및 시공 등 7대 핵심 기술 분야를 제시하고 있으며, 국가사업에 BIM의 적용을 의무화하는 등 도시의 스마트화를 모토로 디지털 도시모델인 'Virtual Singapore'를 구축하고자 노력하고 있다.

### 2.2 국토부 스마트 건설정책

국토교통부에서는 첨단 기술을 기반으로 건설산업의 새로운 도약기회를 마련하고자 스마트 건설기술의 활성화를 위해 2025년까지 스마트 건설기술 활용기반을 구축하고, 2030년까지 건설자동화를 완성하는 것을 목표로 '스마트 건설기술 로드맵(2018.10)'을 수립·발표하였다.

스마트 건설기술 로드맵에서 정의하고 있는 스마트 건설기술은 전통적인 건설기술에 첨단기술(BIM, 드론, 로봇, IoT, 빅데이터, AI 등)을 융합한 기술로 규정하였다. 로드맵을 통해 제시한 건설기술의 발전방향은 건설 과정에서 생성되는 각종 정보를 공유·유통하고 빅데이터 및 시뮬레이션을 적극 활용해 건설을 기존의 경험의존적 산업에서 지식·첨단산업으로 전환하는 것이다.

구체적인 발전 목표는 단계적으로 구분해 제시했다. '설계 단계'에서 드론측량과 BIM을 전면 활용한 디지털정보모델을 정착시킨 후 빅데

이터를 기반으로 한 설계 자동화를 추진한다. '시공 단계'에서는 건설 장비 자동화, 가상시공 등 기술 개발 후 시공 전반을 자동화 하며, '유지관리 단계'에서는 로봇과 드론이 시설물을 점검할 수 있는 기술을 확보하고 빅데이터 구축을 활용해 디지털 트윈(Digital Twin)을 통한 시설물 유지관리 체계로 발전시키는 것을 목표로 하고 있다.

### 3. 당사 스마트 건설기술 적용 사례

#### 3.1 당사 설계 및 시공 적용 사례

##### 1) BIM(Building Information Modeling)

건설 산업에서 가장 활발히 연구되고있으며 현장에 적용되고 있는 가장 대표적인 4차산업 기술이 BIM이다.

국내 건축현장에서는 500억원 이상 공공 건축물, 싱가포르 건축현장에서는 500m<sup>2</sup> 이상일 경우 설계 및 시공에 대해 BIM을 적용하도록 하고 있으며, 국내 토목에서도 2016년부터 조달청 발주공사에 BIM 설계적용이 의무화 되고 있다.

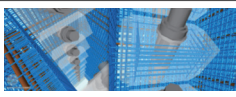
점차 BIM 활용도가 높아짐에 따라 BIM 3D모델링을 통한 설계 오류검토, 철근 간섭검토 등을 넘어서 설계부터 시공, 유지관리까지 운영가능한 통합 플랫폼 개발 및 적용을 하고자 한다.

당사는 2008년 BIM 적용을 시작으로 <표 1>과 같이 국내의 건설사 최고 수준의 BIM 기술을 축적해가고 있으며, 당사의 BIM 단계별 수행 현황은 <표 2>와 같다.

<표 1> 국내외의 최고 수준의 BIM 기술 축적

항목	주요내용
BIM 공사관리 통합시스템	국내외 토목 최초 적용
BIM에 의한 설계 및 시공성 검토 (3D 구조물 및 철근상세 모델)	과업 전구간에 BIM을 적용한 국내 토목분야 최초 사례
3D 토공 유동 계획 시스템	국내 토목 최초 적용
웹기반 5D 시스템	국내 토목 최초 적용
아바타 안전관리 시스템	국내 최초 적용 (특허 제10-1700920호)
가상현실 장비운영 시스템	웹기반 국내 최초 적용

<표 2> 당사 BIM 단계별 수행 현황

시공 전	
3D 모델링 및 실시설계	3D 철근 상세 모델링
	
철근 및 구조물 간섭체크	사전 시공성 검토
	

시공 중	
시공시뮬레이션	공정관리
	
자재관리 및 물량산출	스마트 기기 연동/실시간 협업
	

<표 3> BIM 장비 시뮬레이션을 통한 가설 검토

BIM 시뮬레이션



2D 도면으로 계획한 거더 가설공법에 대한 BIM 시뮬레이션 (가설계획 검토로 공기지연 사전 예방)

[그림 1] BIM 수상실적

<ul style="list-style-type: none"> <li>2010 BIM Construction Awards 대상 및 Best Practice 상 (스테이트 타워 및 호남고속철도 4-2공구)</li> <li>2011 BIM Construction Awards Good Practice 상 (우이동 콘도미니엄)</li> <li>2012 BIM Construction Awards 우수상 (사망의 교회)</li> <li>2013 한국 BIM 학회 작품상 (호남고속철도 4-2공구)</li> <li>2014 싱가포르 BCA BIM Awards 최고상 (베독 레지던스)</li> <li>2015 싱가포르 BCA BIM Awards 조직부문 금상</li> <li>2018 BIM Construction Awards Good Practice 상 (L Project)</li> <li>BIM Construction Awards First Prize (마곡 N Project)</li> </ul>	<p>싱가포르 BCA BIM Awards 최고상</p>  <p>BIM Construction Awards</p> 
--	---

#### 2) 드론(Drone)

대규모 시설의 공사 관리를 위해 드론과 3D모델링 기술을 접목하는 공법을 적용하고 있다. GPS가 장착된 드론을 활용해 현장을 촬영하고 3D로 모델링함으로써 시공 현장의 좌표, 레벨, 체적, 면적 및 길이의 데이터 값을 신속하고 정확하게 산출해 현장 설계·공정·공사·안전관리 모든 분야의 생산성 향상에 도움을 주고 있다. 주기적으로 전경사진 및 영상을 촬영하여 이를 토대로 골조 및 외부공사 공정파악이 가

능하고, 골조 및 외부공사 진행 시 문제점을 파악할 수 있으며, 공사에 대한 관리자의 이해도 향상에도 도움이 되고 있다.

[그림 2] 건설현장 드론의 활용(공정관리)



[그림 3] 건설현장 드론의 활용(공사관리)



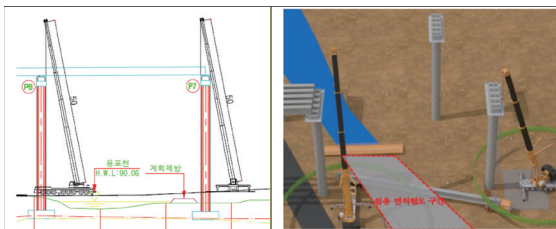
### 3) 가상현실(Virtual Reality, VR)

최근 건설현장에는 VR을 여러 목적으로 많이 활용하고 있다. 당사 현장에서는 교량 Girder 거치 작업에 VR을 통해 시뮬레이션함으로써 시공성 및 안정성을 확보했으며, 초대형 병원 현장의 사전 설계 검토에 적용해 작업 효율성을 향상시키고 있다.

#### ① VRS를 활용한 교량 Girder 거치 작업

교량 Girder 거치를 위한 크레인의 작업 반경내에 고압선이 인접해 있어 감전사고의 위험이 있고, 하천에 인접하여 정확한 크레인 설치위치 및 하천점용 면적 산정의 어려움이 있으며, 현장 여건에 맞는 크레인 용량 선정방법 필요, 고중량물 거치를 위한 크레인 운전원 교육 등이 필요하여 가상현실을 구현한 VRS(Virtual Reality Simulation)를 이용하여 작업 전 위험요인을 철저히 파악하고 대책을 수립하였다.

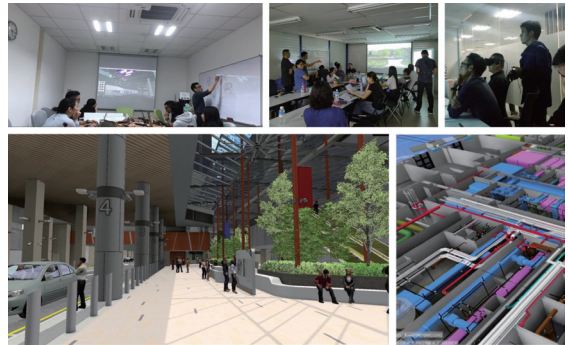
[그림 4] VRS를 활용한 교량 Girder 거치 작업



#### ② VR을 활용한 사전 설계 검토

설계 오차를 줄이고 잦은 설계 변경안을 원활히 적용할 수 있도록 VR을 활용하고 있다. 싱가포르 우드랜드 헬스 캠퍼스 현장은 지하4층 ~ 지상7층, 8개 동 총 1,800병상 규모의 초대형 병원으로 건축물 대부분을 사전 제작한 뒤 레고블록을 맞추듯 조립해야 하는 방식인 PMU(Prefabricated Modular Unit) 방식이 싱가포르에서 처음으로 적용된 현장이다. 프로젝트의 성공적 수행, 발주처 및 사용자의 만족도를 높이기 위해 각 Room 별 마감 등을 반영한 VR을 적용하여 설계에 대한 이해도를 최대화하고 있으며, 이를 통해 설계 변경 최소화를 도출하고 있다.

[그림 5] VR을 활용한 설계 검토



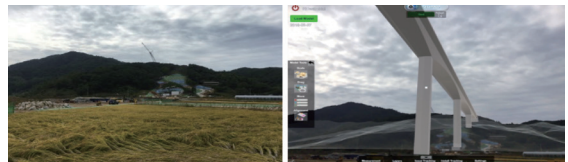
### 4) 증강현실(Augmented Reality, AR)

AR은 가상현실(VR)의 한 분야로 실제로 존재하는 환경에 가상의 사물이나 정보를 합성하여 마치 원래의 환경에 존재하는 사물처럼 보이도록 하는 기법으로 건설중인 현장에서 완공된 구조물을 미리 확인할 수 있다. BIM모델을 기반으로 공간데이터를 결합하여 완공 및 검토 필요단계를 구현해 확인할 수 있는 AR 시스템을 일부 현장에 적용하고 있다. 기존 구조물과 신규 부재가 복잡하게 얽혀 있는 리모델링 현장과 도로현장의 장대교량에 적용하여 시공 전 설계의 적정성, 시공 위치 및 간섭 확인 등에 활용하고 있다.

[그림 6] AR을 활용한 시공전 현장 확인(건축현장)



[그림 7] AR을 활용한 시공전 현장 확인(토목현장)



### 5) QR코드(Quick Response Code)

QR코드를 기반으로 근로자들이 시공 공정현황을 실시간으로 확인할 수 있는 디지털 공사관리 시스템을 두바이 로얄 아틀란티스 리조트 & 레지던스 현장에 도입했다. 당 현장은 총 3,300여 공간으로 이루어진 대형 현장으로 하루 약 10,000여명의 출력인원이 근무하고 있다. 매일 각 공구별 / 업체간 공정보고 등을 통해 정보를 공유하지만 실시간 공정현황을 파악하는데 시간과 노력이 많이 소요되고, 또한 이런 이유가 생산성 저하 및 공기 지연을 유발할 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위한 효율적인 방안으로 QR코드 시스템을 도입하였다.

각 Room에 부착된 QR코드를 이용하여 현장에서 실시간으로 각 Room의 작업리스트, 히스토리, 공정진행상황, 검측결과 및 코멘트, 문제점, 사진기록 등을 입력 및 확인이 가능하다. 또한, 선행공정 작업 완료 후 다음 공정 책임자에게 자동 알림 기능, 실시간으로 생성되는 각종 시각적 자료를 통한 즉각적인 의사결정 기능 등을 활용해 복잡한 초대형 현장 선·후행 공사의 신속한 작업 연결 및 검측관리에 적용하여 작업 생산성 향상을 도모하고 있다.

[그림 8] QR코드 디지털 공사관리 시스템



## 3.2 당사 안전관리 적용 사례

### 1) BIM을 활용한 안전관리

국내외 BIM 수행실적을 바탕으로 시공 전 BIM을 이용한 안전시공 시뮬레이션을 수행하며, 최상의 안전관리계획 수립을 통한 공사 중 안전사고 및 재해사고 ZERO화를 위해 BIM을 활용하고 있다.

[그림 9] BIM을 이용한 아바타 3차원 안전관리



### 2) VR을 활용한 안전교육

건설근로자에게 사고 대응태세 확립 및 경각심 고취에 도움을 줄 목적으로 작업 전 VR을 활용한 안전교육을 실시해 현실적인 사고체험 기회 및 주요작업에 대한 사전 가상체험을 제공함으로써 안전사고 예방교육을 실시하고 있다.

[그림 10] VR 안전교육



### 3) 에어백 일체형 안전벨트

안전성 및 시인성을 고려한 대형 반사경이 부착된 에어백 일체형의 안전벨트로 추락 시 에어백 기질이 자동 센서에 의해 자동으로 부풀어 올라, 목, 등, 흉부 등의 충격을 완화하여 작업자를 보호한다.

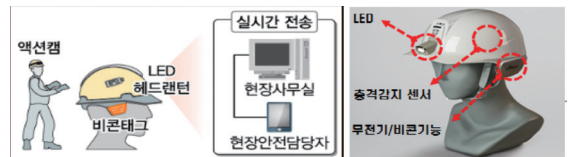
[그림 11] 에어백 일체형 안전벨트



### 4) 지능형 안전모

현장상황 실시간 확인 및 이상충격 시 사고정보를 실시간 전송함으로써 근로자의 사고를 실시간으로 감지하여 신속한 대응이 가능하다.

[그림 12] 지능형 안전모



## 5) 액션캠 및 드론 연계

작업자의 안전도 및 드론에 액션캠을 부착함으로써, 실시간 작업영상을 시간과 장소의 제약 없이 스마트폰 및 PC로 모니터링이 가능하며 주변 작업 여건과 근로자 안전 수칙 준수 여부 등을 실시간 체크하여 핵심공정, 고난도·위험 공사 등을 효과적으로 관리할 수 있다. 또한 주변 작업 여건과 중장비 배치 등 실시간 체크가 가능하다.

[그림 13] 액션캠 및 드론 연계 활용



## 6) QR코드를 이용한 건설장비 스마트 통합관리시스템

기존에 현장 담당자의 개별 장비 점검방식에서 발생되는 오류를 개선하여 현장 특성을 반영한 건설장비 통합 관리시스템으로서 휴대폰을 이용한 QR코드 인식으로 장비 투입 전 장비 이상유무 사전 확인 및 운전원 이력 파악 등 안전사고 사전예방이 가능하다.

[그림 14] QR코드를 이용한 통합관리시스템



## 7) 안전관리 우수성

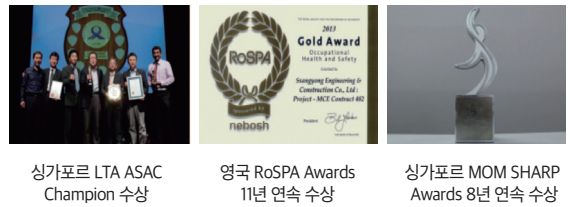
차별화된 품질 관리와 더불어 안전 최우선의 기업철학을 바탕으로 이러한 스마트 건설기술을 시공뿐 아니라 안전 관리에도 적극 활용하고 있다. 최근 국내 현장에 IoT를 활용한 스마트 건설안전 솔루션 적용, 서울시 최초 VR안전교육 시스템 도입 등을 통해 안전교육의 다변화, 작업자의 능동적이고 적극적인 교육 참여 의지 및 작업자의 안전문화 의식 고취에 일조함으로써 현장별 무재해 목표를 달성하였다.

특히 싱가포르에서는 지하철 공사사상 최장 무재해 기록(1,675만 인시)을 수립, 9개 프로젝트에서 총 6,500만 인시 무재해 달성을 유지하며, 싱가포르 안전대상 최고 영예인 Champion을 수상하는 등 세계 최고 수준의 안전관리 능력 보유하고 있다.

[그림 15] 안전기록(싱가포르)



[그림 16] 안전수상(싱가포르)



## 4. 2019 스마트 건설기술 · 안전 EXPO 참가

국도교통부가 스마트 건설기술 활성화와 기술 융복합을 위한 업역간 소통, 첨단기술·산업 트렌드 공유 목적으로 '2019 스마트 건설기술·안전 EXPO'를 개최했다. EXPO에는 설계, 시공, 안전, 유지관리 등 약 240여개의 관련 업체가 참여했으며, 전시 기간 동안 각 사의 전시관, 전문포럼, 기술 설명회, 대중 강연 등 스마트 건설기술과 관련된 다양한 기술들이 소개되었다. 우리회사는 전시관 내 홍보 부스를 설치하여 각 현장에 기 적용했던 스마트 설계·시공 기술인 BIM, VR, AR, 드론, QR코드 기반 공사관리 플랫폼 등과 스마트 안전 기술인 지능형 안전모, 에어백 일체형 안전벨트, 액션캠, QR코드기반 장비관리 등을 선보여 4차산업시대를 맞이하는 당사의 기술력을 대외에 홍보하는 기회가 되었다.

[그림 17] 스마트 건설기술 안전 EXPO 홍보 부스



## 5. 맺음말

다른 산업분야에 비해 변화가 느린 건설업계에서도 4차산업혁명시대를 맞이하여 건설산업도 스마트 건설을 위해 변화의 바람이 거세게 불고 있다.

정부는 스마트건설의 자리매김을 위해 2019년도에만 스마트국토 엑스포(8/7~8/9), 스마트시티 엑스포(9/4~9/6), 스마트 건설기술·안전 엑스포(11/27~11/29)를 연이어 개최하며 스마트 건설 활성화 및 기술 융복합을 위한 업역간 소통, 첨단 기술 및 산업 트렌드 공유를 지속적으로 시도하고 있다. 특히 건설업계는 스마트 건설을 실현하기 위해 다양한 첨단 스마트 기술을 연구개발 및 현장 적용하기 위한 여러 방안을 모색하며 스마트 건설 실현을 위한 가속화에 발빠르게 움직이고 있다. 이에 당사도 BIM적용 선두업체로서 시공 시 스마트 설계·시공 기술인 BIM, AR/VR, 드론, QR코드 기반 공사관리 플랫폼 등과 안전관리 시 지능형 안전모, 에어백 일체형 안전벨트, 액션캠, QR코드 기반 장비관리 등의 스마트 기술을 적용하여 현장 관리함으로써 효율적으로 현장을 관리하고 있다. 앞으로도 당사는 4차산업시대를 맞이하여 정부의 스마트 건설산업 육성 및 확대 정책에 맞춰 미래 건설산업 경쟁력 강화는 물론 당사의 스마트 건설 기술 개발 및 적용 확대를 위해 혁신적이면서 지속적으로 스마트 건설 실현에 일조할 계획이다.

### ※ 참고문헌

1. 국토교통부, 건설생산성 혁신 및 안전성 강화를 위한 스마트 건설기술 로드맵, 2018.10.31
2. 진경호, 건설생산성 혁신 및 안전성 강화를 위한 스마트 건설기술, 건설기술 쌍용, 2019.03.29

### WRITER INTRODUCTION



이승헌 부장은 쌍용건설 토목기술팀 팀장으로 근무하였다. 현재 토목기술팀에서 재직중이며, 도로분야 설계 및 입찰 업무 등을 담당하고 있다.



김준호 과장은 쌍용건설 토목기술팀에서 기술연구소 업무 및 토목/건축현장의 지반분야 현장기술지원, 입찰 등을 담당하고 있다.



안동열 과장은 쌍용건설 토목기술팀과 총주-제천2공구 고속도로 현장에서 근무하였다. 현재 토목기술팀에서 재직중이며, 구조분야 설계 및 입찰, 설계용역 업무 등을 담당하고 있다.

