

KR C-15010

Rev.1, 30. August 2024

스마트 건설기술

2024. 08. 30



국가철도공단

경 과 조 치

이 “철도설계지침 및 편람” 이전에 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 “철도설계지침 및 편람”을 그대로 사용할 수 있습니다.

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 “철도설계지침” 및 “편람”을 국제적인 방식에 맞게 체계를 코드별로 변경하였습니다.
또한, 코드에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각코드별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 “철도설계지침 및 편람”은 개정 소요가 발생할 때마다 각 항목별로 수정되어 공단 EPMS, CPMS에 게시될 것이니 설계적용시 최신판을 확인 바랍니다.
- “철도설계지침 및 편람”에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야하는 부분이고, 해설(이전 편람) 부분은 설계용역 업무수행의 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서입니다. 여기서, 제목부분의 편람은 각 코드에서의 해설을 총칭한 것입니다.

목 차

1. 목적	1
2. 적용범위	1
3. 관계법령, 지침 및 기준	5
4. 용어의 정의	7
5. 주요 스마트 건설기술	9
 해설 1. 일반사항	 18
해설 2. 스마트 안전장비	19
해설 3. 기존 철도사업 주요 스마트 건설기술 적용사례	21
(1) BIM(Building Information Modeling/Management)	21
(2) OSC(Off-Site Construction)	22
(3) 건설 자동화	23
(4) 디지털 센싱 및 스마트 모니터링	26
(5) 스마트 안전장비	26
(가) 건설안전 종합관리 시스템	43
(나) 위험요소 모니터링 장비	49
(다) 작업위험 경보알림 장비	53
(라) 구조물위험 경보알림 장비	56
(마) 장비위험 경보알림 장비	59
(바) 근로자 안전관리 장비	61
(사) 스마트 안전교육 시스템	68
(6) 디지털 측량기술	69
(7) 기타	70
해설 4. 스마트 건설기술 적용을 위한 체크리스트	74
 RECORD HISTORY	 75

1. 목적

- (1) 본 기준은 철도건설사업에 적용가능한 스마트건설기술에 대한 활성화를 통해 지속적인 개발을 촉진하여 관련 산업을 발전시키고, 건설공사의 안전성, 생산성을 향상시키는 것을 목적으로 한다.
- (2) 현 단계에서 스마트건설기술관련 각종 관계법령, 지침 및 기준들을 정리하고, 철도건설사업에 적용되고 있는 기술들의 개요, 특징, 적용성 및 효과등을 검토하여 설계자 및 시공자로 하여금 적절한 스마트 건설기술을 선정할 수 있는 기본자료로 활용할 수 있도록 한다.

2. 적용범위

- (1) 철도공사의 생산성·안전성 향상 및 국내 건설기술의 글로벌 시장 경쟁력이 확보되도록 스마트건설기술을 설계, 시공 및 유지관리 과정에 적극적으로 반영하여야 한다.
- (2) 본 기준은 스마트건설기술을 철도건설사업의 계획, 설계, 시공, 유지관리 등에 활용하기 위해 필요한 사항을 제시한 것으로, 과업의 성격 및 관련기술의 발전에 따라 추가 또는 변경하여 적용할 수 있다.
- (3) 별도의 건설기준을 마련하여 전문기관 등의 검토가 완료된 스마트건설기술에 대해서는 기존 건설기준과 상충되는 경우에도 공단과 협의하에 건설공사에 적용할 수 있으며, 스마트 건설기술의 활용절차 및 전문기관 등의 검토에 관한 사항은 “스마트건설기술 활성화 지침(국토교통부)”을 따른다.
- (4) 품질, 안전 및 공기단축 등을 토대로 공사비 적정성 검토를 완료한 스마트 건설기술은 기존 공법 대비 공사비가 증액되어도 공단과 협의하에 이를 사업비 산출 시 반영할 수 있다.
- (5) 본 기준에 언급되지 않은 사항이라 하더라도, 신기술 활용을 위한 「건설기술진흥법」 등 관련 법령, 융합기술 규제 특례를 규정한 「산업융합 촉진법」, 「정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법」 등 관련 법령에 규정된 사항은 그에 따른다.
- (6) 표 1은 건설공사 단계별 스마트건설기술의 예를 나타낸 것으로 스마트건설기술은 계획·조사, 설계, 시공, 유지관리 등 건설산업 전 분야에 걸쳐 적용할 수 있으며, 다양한 분야의 기술을 건설기술에 접목할 수 있다.



표 1. 건설공사 단계별 스마트건설기술 예시

단계	스마트건설기술	기술내용
계획·조사	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (조사) 지반정보 디지털 <ul style="list-style-type: none"> - 3차원 지형 및 지질 ▪ (측량) 드론, 무인항공기 등 측량기술 <ul style="list-style-type: none"> - 3차원 디지털 지형정보 - 다기능 장비 장착 드론 (접촉+비접촉 정보수집) 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 영상장비(항공사진, 드론 등), 레이저장비(항공 및 드론 LiDAR(Light Detection And Ranging), MMS(Mobile Mapping System), 지상스캐너 등), GNSS(Global Navigation Satellite System, 위성항법시스템), T/S (Total Station 또는 트랜싯과 광파거리측량기 등을 총칭)등을 통한 3차원 디지털 지형정보 구축 - 비파괴 조사장비, 센서 등을 통한 지질 정보 구축 - 3차원수치지도, 수치지표고모형(DEM, Digital Elevation Model), 연속지적도 등 기존 데이터를 활용한 3차원 지형정보 구축 - 무인항공기 기반 건설현장 맞춤형 자율 측량 기술 - 드론기반 지형·지반 정보 모델링 기술 - RTK(Real Time Kinematic)-GNSS기반 고정밀 측위기술
설계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (3차원 설계) 디지털 설계 <ul style="list-style-type: none"> - BIM (Building Information Modeling) 설계 - 시설물의 3D 모델(디지털 트윈) 	<ul style="list-style-type: none"> - BIM 설계를 위해 시설물별 특성을 반영한 BIM 작성 표준 - 디지털 맵 기반 건설현장 정보 분석기술 - Land XML(eXtensible Markup Language) 기반의 3차원 설계데이터 구축 - AI (Artificial Intelligence, 인공지능) 기반 BIM 설계 자동화 - 라이브러리를 활용해 속성정보 포함한 3D 모델을 구축 - 제약조건 및 발주자 요구사항 등을 반영한 최적화된 설계안 자동도출
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (계측설계) 스마트계측 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트계측 시스템의 구성 및 계획 - 스마트계측 시스템의 운영 및 유지관리 - 스마트계측의 결과 활용 및 관리체계 	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트계측을 위한 센서, 데이터 수집장치 등 계측기기 구성체계 - 스마트계측 기기의 성능 및 최소 요구기능 기준제시 - 스마트계측을 위한 표준 계측항목 및 계측 관리 표준방안 선정 - 스마트계측 관리체계(위치, 수량, 빈도, 관리기준 등) 설계 - 스마트계측 시스템을 이용한 사고대응 및 의사결정지원 체계 수립
시공	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (자동화시공) 건설자동화 및 제어기술 <ul style="list-style-type: none"> - 건설장비의 자동화 - 시공 정밀제어 기술 - 공장제작·현장조립(Modular or Prefabrication) 기술 - 로봇 등을 활용하여 조립시공 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 토공, 굴착기 등 건설기계에 탑재한 센서·제어기·GNSS 등을 통한 실시간 위치·자세·작업범위 정보 - 조립 및 시공시 부재 위치를 정밀 제어하고, 접합부 자동 시공 - 드론·로봇 등 취득 정보와 연계한 공정 절차 확인

단계	스마트건설기술	기술내용
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (운영관제기술) 건설기계 제어를 위한 위치서비스와 시공현장 관제기술 <ul style="list-style-type: none"> - 건설현장 내 건설기계의 실시간 통합 관리·운영 - 건설자동화 및 제어를 위한 실시간 고정밀 측위서비스 지원기술 - 센서 및 IoT를 통해 현장의 실시간 공사정보 - AI를 활용하여 최적 공사계획 수립 및 건설기계 통합 운영 절차 ▪ (건설공정) 스마트 공정 및 품질 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 3차원 및 AI를 활용한 공사 공정 - 무인비행장치, 레이저스캐너 등 첨단 측량기술을 이용한 시공품질의 실시간 관리기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 무인기기 운용 및 관제, 검측을 위한 실시간 고정밀 측위서비스 제공 - 사업목적·제약조건 등을 고려한 공사관리 - 건설시공 간섭 요인 확인 - 건설현장 데이터 통합 관리 플랫폼기술 - 무인비행장치 및 레이저스캐너, 로봇 등을 활용한 공정 및 품질관리
안전관리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (안전관리) ICT(Information and Communication Technologies, 정보 및 통신 기술), 드론·로보틱스 기반기술 <ul style="list-style-type: none"> - 안전사고 예방 기술 - 모니터링 및 상태 진단을 위한 고정밀 측위 및 측량기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 취약 공종과 근로자 위험요인에 대한 정보기술 - 스마트 착용장비(Smart Wearable), 센서 등으로 취득한 정보를 통해 장비·작업자·자재 등의 상태·위치 등을 분석 - 무인비행장치 및 레이저스캐너 등 첨단 측량기술을 이용한 실시간 모니터링
유지관리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (유지관리) IoT(Internet Of Things, 사물인터넷) 센서, AI 기반 시설물 모니터링 관리기술 <ul style="list-style-type: none"> - IoT 센서 기반 시설물 모니터링 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 특정상황이 발생하였을 때 수집된 정보를 전송 - 무선 IoT 센서의 전력소모를 줄이는 상황 감지형 정보수집 - 대규모 구조물의 신속·정밀한 정보수집을 위한 대용량 통신 N/W (Network)
	<ul style="list-style-type: none"> - 드론·로보틱스 기반 시설물 상태 진단 기술 - 유지관리를 위한 고정밀 측위 및 측량 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 다종·다수 드론의 군집관제, 카메라와 물리적 실험 장비를 장착한 다기능 드론 (접촉+비접촉 정보수집)을 통해 시설물을 진단 - 드론-로봇 결합체가 시설물을 자율적으로 탐색하고 진단 - 디지털 연속 촬영에 의한 터널안전진단
	<ul style="list-style-type: none"> - 시설물 정보 빅데이터 통합 및 표준화 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 시설관리자 판단에 의한 비정형 및 정형 데이터 표준화 - 산재되어 있는 건설관련 데이터를 통합하여 빅데이터로 활용
	<ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 유지관리 최적 의사결정 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 빅데이터를 바탕으로 AI가 유지관리 최적 의사결정 지원 - 시설물의 3D 모델(디지털트윈)을 구축해 유지관리 활용

(7) 스마트 건설기술을 건설산업 내 적용하기 위한 건설 전단계(설계, 시공, 운영 및 유지관리) 목표, 적용 방향 등을 정리하면 다음의 그림 1과 같고, 다양한 4차 산업혁명의 주요 요소기술들이 철도건설산업에 유기적으로 적용되어야 한다.



그림 1. 스마트건설기술의 적용 방향
(미래 건설산업의 디지털 건설기술 활용 전략, 한국건설산업연구원, 2019)

(8) 스마트 건설기술을 사업 수행 프로세스안에서 어떤 역할을 하는지에 따라 ‘플랫폼 기술’, ‘데이터 수집 기술’, ‘데이터 분석기술’, ‘적용 기술’로 그림 2와 같이 구분할 수 있으며 데이터의 수집 및 분석, 적용 기술에 해당하는 각각의 요소기술들은 플랫폼 기술을 기반으로 융·복합 방식으로 적용 가능성을 검토하여 스마트 건설기술의 적용효과를 극대화 하여야 한다.

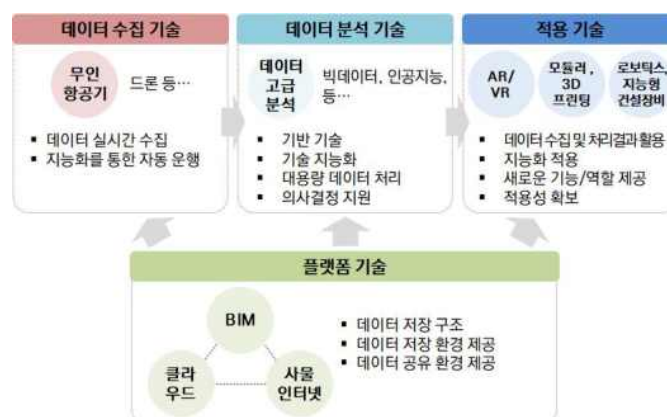


그림 2. 스마트건설기술 구분과 역할
(미래 건설산업의 디지털 건설기술 활용 전략, 한국건설산업연구원, 2019)

3. 관계법령, 지침 및 기준

☐ 스마트건설관련 주요 관계법령, 지침

- (1) 건설기술 진흥법 [시행 2022. 6. 10.] [법률 제18933호, 2022. 6. 10., 일부개정] 제10조의 2(융·복합건설기술의 활성화), 제62조의3(스마트 안전관리 보조·지원) 등
- (2) 산업융합 촉진법 [시행 2022. 6. 29.] [법률 제18661호, 2021. 12. 28., 타법개정] 제2장 산업융합의 촉진을 위한 추진 체계의 구축 등
- (3) 정보통신 진흥 및 융합 활성화 등에 관한 특별법 (약칭: 정보통신융합법) [시행 2023. 6. 22.] [법률 제19240호, 2023. 3. 21., 일부개정] 제4장 정보통신융합등 활성화 지원 등
- (4) 건설기술 진흥법 시행령 [시행 2023. 1. 6.] [대통령령 제33212호, 2023. 1. 6., 일부개정] 제27조의2(스마트건설지원센터의 업무 및 운영), 제101조의7(스마트 안전관리 보조·지원 대상) 등
- (5) 스마트건설기술 활성화 지침 [시행 2021. 11. 30.] [국토교통부고시 제2021-1283호, 2021. 11. 30., 제정] 제3장 스마트건설기술 활용, 제10조(스마트건설기술 활용 촉진)~제13조(등록된 기술 외의 스마트건설기술의 활용) 등

☐ 스마트안전 관련 지침 및 기준

- (6) 전파법 [시행 2023. 6. 11.] [법률 제18957호, 2022. 6. 10., 타법개정] 제2조(정의)
- (7) 건설기술 진흥법 시행규칙 [시행 2022. 12. 30.] [국토교통부령 제1175호, 2022. 12. 30., 일부개정] 제60조(안전관리비) 등
- (8) 건설공사 안전관리 업무수행 지침 [시행 2023. 1. 1.] [국토교통부고시 제2022-791호, 2022. 12. 20., 일부개정] 제5장 스마트 안전관리 보조·지원
- (9) 대형공사 등의 입찰방법 심의기준 [시행 2023. 6. 8.] [국토교통부고시 제2023-299호, 2023. 6. 8., 일부개정] [별표 3의 2] 스마트 건설공사의 선정기준과 검토항목 등
- (10) 산업안전보건기준에 관한 규칙 (약칭: 안전보건규칙) [시행 2022. 10. 18.] [고용노동부령 제367호, 2022. 10. 18., 일부개정]
- (11) 공공공사 추락사고 방지에 관한 보완지침 (2020.3, 국토교통부 건설안전과)
- (12) 건설업 산업안전보건관리비 계상 및 사용기준 [시행 2024. 1. 1.] [고용노동부고시 제2023-49호, 2023. 10. 5., 일부개정]

☐ BIM 관련 지침 및 기준

- (13) 건설산업 BIM 기본지침, 국토교통부, 2020.12.



- (14) BIM 기반 건설산업 디지털 전환 로드맵, 국토교통부, 2021.6.
- (15) 건설산업 BIM 시행지침, 국토교통부, 2022.7.
- (16) 시설사업 BIM 적용지침서, 조달청, 2022.12.
- (17) 철도 인프라 BIM 가이드라인 VER1.0, 국가철도공단, 한국철도기술연구원, 2018.
- (18) 철도 BIM 2030 로드맵, 한국철도기술연구원, 연세대, 국가철도공단, 국토교통부, 2018.8.
- (19) 건설엔지니어링 대가 등에 관한 기준 [시행 2023. 10. 17.] [국토교통부고시 제 2023-580호, 2023. 10. 17., 일부개정] [별표 1] 건설공사분야별 설계 투입인원수 산정 기준(도로, 철도, 항만, 하천, 댐, 상수도)
- (20) P-설계관리-10 BIM 설계 및 시공관리 [시행 2023. 12. 20] [국가철도공단 2023. 12. 14 일부개정. 철도 BIM 적용지침 신규 제정에 따른 개정]
- (21) 철도 BIM 적용지침, 국가철도공단, 2023.11
- (22) 철도시설 종합정보시스템 RAFIS(Railway Facilities Information System) 소개, 국가 철도공단, 2024.2
- (23) 스마트 안전장비 활용 가이드라인, 국토교통부, 국토안전관리원, 2024.3.

□ 기타

- (24) 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략, 국토교통부, 2017.4.
- (25) 혁신성장을 위한 사람 중심의 「4차 산업혁명 대응계획」, 관계부처 합동, 2017.11.
- (26) 제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022), 국토교통부, 2017.12.
- (27) 건설산업 혁신방안 - 건설기술·생산구조·시장질서·일자리 혁신-, 관계부처 합동, 2018.6.
- (28) 제5차 건설산업진흥기본계획(2018~2022), 국토교통부, 2019.1.
- (29) 건설 생산성 혁신 및 안전성 강화를 위한 스마트 건설기술 로드맵, 국토교통부, 2018.10.
- (30) 스마트건설기술 현장 적용 가이드라인, 국토교통부, 2021.3.
- (31) 스마트 건설 활성화 방안, 국토교통부, 2022.7.
- (32) 제7차 국가공간정보정책기본계획(2023~2027), 국토교통부. 2023.6
- (33) 제7차 건설기술진흥기본계획(2023~2027), 국토교통부. 2023.12

4. 용어의 정의

- (1) 스마트건설기술 : 공사기간 단축, 인력투입 절감, 현장 안전 제고 등을 목적으로 전통적인 건설기술에 로봇틱스, 인공지능(AI), BIM, 사물인터넷(IoT) 등의 첨단 디지털 기술을 적용함으로써 건설공사의 생산성, 안전성, 품질 등을 향상시키고, 건설공사 모든 단계의 디지털화, 자동화, 공장제작 등을 통한 건설산업의 발전을 목적으로 개발된 공법, 장비, 시스템 등을 말한다.
- (2) 융·복합건설기술 : 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능(AI) 및 실시간 모니터링 기술 등을 기존 건설기술에 활용하여 자동화하는 기술을 말한다.
- (3) 스마트 안전관리장비 : 무선안전장비, 융·복합건설기술을 활용한 스마트 안전장비 및 안전관리시스템을 구축·운영하여 건설현장의 안전관리를 강화할 수 있는 장비를 말한다.
- (4) BIM(Building Information Modeling / Management, 건설정보 모델링 / 건설정보 관리) : 3차원 모델과 시설물 정보(자재, 공정, 공사비 등)를 결합한 정보모델을 구축하여 건설 전과정의 정보를 생산, 관리, 활용하는 기술로서, 시설물의 생애주기 동안 발생하는 모든 정보를 3차원 모델 기반으로 통합하여 건설정보와 절차를 표준화된 방식으로 상호 연계하고 디지털 협업이 가능하도록 하는 디지털 전환(Digital Transformation) 체계를 의미한다.
- (5) ICT(Information and Communications Technology, 정보통신기술) : 정보기기(하드웨어, 소프트웨어)를 이용하여 정보를 수집, 생산, 가공, 보존, 전달, 활용하는 모든 방법을 말한다.
- (6) IoT(Internet of things, 사물인터넷) : 정보통신기술을 기반으로 실세계(physical world)와 가상세계(virtual world)의 다양한 사물들을 연결하여 진보된 서비스를 제공하기 위한 서비스 기반 시설로서 인터넷을 기반으로 모든 사물을 연결하여 정보를 상호 전달하는 지능형 기술을 말한다.
- (7) VR(Virtual Reality, 가상현실) : 컴퓨터로 만든 가상공간을 사용자가 체험하게 하는 기술을 말한다.
- (8) AR(Augmented Reality, 증강현실) : 현실 세계에 가상의 콘텐츠를 겹쳐 디지털체험을 가능케 하는 기술을 말한다.
- (9) MR(Mixed Reality, 혼합현실) : 혼합현실 혹은 융합현실이라는 용어로 혼용되며, 현실 공간에 가상의 물체를 배치하거나 현실의 물체를 인식해 가상의 공간을 구성하는 기술을 말한다.



- (10) 확장현실 (XR, eXtended Reality) : 확장현실이라는 용어로, XR는 VR, AR, MR을 모두 의미하며 미래에 등장할 모든 현실을 포괄하는 용어이자 MR의 확장된 개념을 말한다.
- (11) AI(Artificial Intelligence, 인공지능) : 사고나 학습 등 인간이 가진 지적 능력을 컴퓨터를 통해 구현하는 기술을 말한다.
- (12) OSC(Off-Site Construction, 탈현장건설공법) : 현장에 자재를 조달하여 건설하는 기존 방식과는 다르게 모듈러 공법과 공장제작 등을 통해 현장 작업을 감소시켜 현장에서 발생할 수 있는 리스크와 환경오염, 다양한 문제점의 최소화를 목적으로 하는 건설방식을 말한다.
- (13) Prefab(Prefabrication, 조립식 공법) : 건축물을 별도의 생산공장에서 일정한 단위로 사전 제작하여 현장으로 운송 후 설치 및 완성하는 건설 공법을 말한다.
- (14) MG(Machine Guidance, 머신 가이드스) : 건설장비에 센서를 부착하여 장비의 자세, 위치, 작업 범위 등을 수집하여 모니터를 통해 운전자에게 제공하는 시스템으로 생산성 향상이 가능한 기술을 말한다.
- (15) MC(Machine Control, 머신 컨트롤) : MG보다 발전한 시스템으로, 숙련된 장비 운전자가 아니더라도 입력된 설계 도면을 따라 자동으로 시공할 수 있도록 도와주는 시스템이자 생산성 향상이 가능한 기술을 말한다.
- (16) 디지털트윈(Digital Twin) : 건설분야 디지털트윈은 건물이나 구조물을 가상화하고 이에 대한 실제 현장 및 실시간 정보를 수집·연계·통합하여 시각화·분석, 예측을 통한 의사결정지원체계를 말하며, 3D 스캐너, 드론, 센서, 기타 IoT 등 스마트기술과 BIM 모델 기반으로 현실 상황을 디지털 기반으로 복제하여 시뮬레이션 등을 통해 구축되는 정보의 조합하는 기술을 말한다.

5. 주요 스마트건설기술

(1) BIM(Building Information Modeling / Management, 건설정보 모델링 / 건설정보 관리)

① 설계분야

- 가. BIM은 엔지니어링과 모델링 내용의 가시화를 통해 주체들 간의 신속하고 원활한 협의에 기여할 수 있다.
- 나. 시설물, 건축물, 구조물, 지형 및 지반정보 등에 대한 공간, 형상 및 속성정보를 포함함으로써 도면을 추출하고 설계 수량을 자동적으로 산출할 수 있다.
- 다. 모델기반의 정보 유통을 통해 고품질의 설계가 가능하고 사전제작 구조물에 대한 시공성 확보를 통해 설계 역량을 증대시킬 수 있다.
- 라. 3차원 가시화를 통해 시공 및 유지관리 단계에서 발생할 수 있는 문제점을 설계단계에서 사전 검토할 수 있다.

② 시공분야

- 가. BIM기반 가상시공을 통해 공정, 비용 및 품질관리 등 시공계획을 사전 검토 및 예측하고 자재조달의 최적화에 활용할 수 있다.
- 나. 2차원 설계 도면으로 불가능한 입체적인 간섭 및 공법 검토 등 품질 확인에 활용할 수 있다.
- 다. BIM은 시공과정과 공법 등을 가시화하여 위험 작업 예측과 안전대책 수립에 기여할 수 있다.
- 라. 시공 상태의 시각화를 통해 예측되는 민원 발생 등에 효율적 사전대응이 가능하다.
- 마. BIM을 계측기와 연계하여 시공관리 및 검측의 가시화와 설계변경에 활용할 수 있다.

③ 유지관리분야

- 가. BIM 데이터를 활용하여 시설물·건축물 등의 안전상태를 입체공간에서 실시간으로 감시하고, 유지관리 대상 시설의 열화 및 성능을 평가하며, 보수보강에 대한 공법을 결정하는등 입체적·선제적인 유지관리 및 보수보강 의사결정에 활용할 수 있다.
- 나. BIM은 GIS 등의 정보시스템과 연계하여 각 건설단계(조사, 설계, 시공)에서 작성된 각종 데이터(공간 및 속성정보 등)를 유지관리 및 보수보강 업무의 통합 관리에 활용할 수 있다.
- 다. 기존 유지관리 데이터와 BIM을 결합하여 관계자 간 데이터 공유를 통해 데이터를 검색·취득·재가공할 수 있으며, 효율적인 자산관리가 가능하다.



④ 기타분야

- 가. BIM 설계 데이터를 기반으로 빅데이터 구축 및 인공지능 학습을 통해 설계 자동화에 활용할 수 있다.
- 나. 정확한 BIM 데이터를 기반으로 구조물의 공장제작, 현장조립 등 제작 및 시공 장비 등과 연동하여 조립식 공법(Prefabrication), 모듈화 공법(Modularization), 탈현장건설공법(OSC), 3D프린팅, 시공 자동화 등에 활용할 수 있다.
- 다. 유지관리의 효율성을 높일 수 있는 IoT와 연계한 디지털트윈의 구축과 건설 디지털 데이터 통합 도구로 활용할 수 있다.
- 라. BIM은 개방적이고 고도로 협업적인 데이터 생태계 구축이 핵심적 이슈로 부상하여, 다양한 스마트건설기술과 결합하고 있다. 시설물의 설계와 시공에 중점을 둔 BIM 모델을 활용하여 사물인터넷(IoT) 센서의 실시간 데이터와 연결된 디지털 트윈 환경을 조성하여 시설물 건설과정 및 운영환경과 상호 작용하는 방식을 모델링하여 빠른 의사결정과 최적화를 가능하게 한다. 레이저 스캐너를 활용한 3D 스캔, 플랫폼화를 위한 클라우드 컴퓨팅, 3D 프린팅, 실시간 데이터 수집을 위한 사물인터넷, 모듈러공법, 드론 등 다양한 기술과 결합하여 활용할 수 있다.

⑤ BIM의 적용

- 가. 설계 및 시공단계에서 철도 BIM을 적용하여야 하며, 국토교통부 「건설산업 BIM 기본지침」 및 공단 업무 프로세스 「P-설계관리-10 BIM 설계 및 시공관리」 등 관련 규정을 준수하여야 하며, 국토교통부 「건설산업 BIM 시행지침」 및 공단 「철도 BIM 적용지침」을 공사의 설계 및 공사 추진 중 설계 및 시공에 반영하여야 한다. (설계 및 시공 중에 공단 지침이 제정 및 개정될 경우에도 이를 반영하여야 한다.)
- 나. 설계단계에서는 국토교통부 「건설산업 BIM 기본지침」, 「건설산업 BIM 시행지침」 및 공단 업무 프로세스 「P-설계관리-10 BIM 설계 및 시공관리」, 「철도 BIM 적용지침」에 따라 전면 BIM 설계를 수행하여 시공 및 유지관리 단계까지 BIM을 연속 적용할 수 있도록 하여야 한다.
- 다. 실시설계 단계에서는 BIM을 적용한 3차원 노선계획, 주요 구조물(부재)에 대한 3차원 모델링과 속성정보를 활용하여 설계도면을 작성하고 하여야 하며, 설계품질 향상, 인터페이스 협의(저축 확인), 관계기관 업무협의 및 민원검토 등에 활용하여야 한다. 또한, 공단과 협의하여 주요 설계 검사점(Hold Point) 단계에서 BIM으로 작성한 설계 성과물을 제출하여야 한다. BIM 설계 시 간섭사항 검토를 수행하고, 분야별 간섭사항 리스트를 작성하여 BIM 설계 성과품 제출 시 BIM 결과보고서에

「품질검토 보고서」를 포함하고 건축, 기계, 소방, 궤도, 시스템분야간의 인터페이스 협의사항과 운영 중 터널기계설비, 토목시공 전기설비를 반영한 통합 BIM 모델을 작성하여 제출하여야 한다.

- 라. 시공 단계에서는 시공되는 시설물에 속성정보를 포함하여 BIM 모델을 최소 월간 단위로 작성 후 공정관리 및 사업비 집행관리에 활용하여야 하며, 타 분야와의 간섭 확인 등 인터페이스 및 각종 지장물과의 저촉 및 안전성 검토에 활용하여야 한다. 또한, 각종 시공 계획서 승인 전 BIM 모델을 활용하여 근로자 안전 및 건설장비 운영계획, 품질 확보 등에 공단, 감리 및 시공사(하도급사 포함)와 사전 합동회의를 개최하여야 하며, 각종 주요 설계 변경, 민원 해소 등에 BIM 도면을 활용하고, 준공 시에 준공 BIM 모델 및 BIM 보고서를 제출하여 준공 후 시설물 유지보수업무에 활용하도록 하여야 한다.
- 마. BIM 모델의 상세수준은 기본설계 단계 LOD200, 실시설계 단계 LOD350, 시공단계 LOD400, 유지관리단계 LOD500을 기준으로 작성되, 필요시 사업규모 등에 따른 모델의 활용성 등을 고려하여 모델링의 범위와 수준을 공단과 협의하여 조정할 수 있다. BIM 적용 결과보고서는 BIM 적용 범위 및 작성 기준과 시공단계 BIM 활용에 대한 방안 등을 포함하여야 한다.
- 바. 유지관리 단계에서는 철도시설 종합정보시스템 RAFIS와 설계 및 시공단계에서 구축된 BIM 정보를 상호연계하여 효율적인 유지관리에 활용하도록 하여야 한다.

(2) OSC(Off-Site Construction, 탈현장건설공법)

- ① OSC는 현장 시공작업을 가능한 최소화하기 위해서 건축물이 설치될 부지 이외의 장소에서 부재(Element), 부품(Part), 선조립 부분(Pre-Assembly), 유닛(Unit) 등을 생산 후 현장에 운반하여 설치 및 시공하는 건설방식으로 그 대상 범위는 시설물의 주요 구조부, 비구조 요소, 기계, 전기, 설비 등의 모든 부분을 포함한다. OSC 생산방식은 구성요소의 소재(철골, 프리캐스트 콘크리트, 목재 등) 및 구조체 내력방식(벽식 구조, 기둥보 구조, 입체식)에 따라 다양한 유형으로 활용될 수 있다.



그림 3. OSC 분류

- ② 모듈러 공법은 착공 시점부터 현장 기초공사와 동시에 공장에서 표준화된 건축 모듈러 유닛이 제작되어 기초공사 완료와 동시에 현장으로 운송 및 설치되어 단기간 내에 조립하여 완공하는 탈현장(Off-site) 건설공법으로서 기존 건설 프로세스보다 단시간에 시설물을 구성하는 모듈 등을 잘 제어된 공장 조건하에서 기존 현장 건설 방식의 시설물과 동일한 자재, 기준·표준에 따라 설계하고 제작하는 프로세스로 비대면 건설방식 확대와 연결되어 작업 낭비시간 축소를 통해 생산성 향상, 건설현장 안전 강화, 고용의 질 향상 등의 장점이 있으므로 계획단계에서부터 적용가능성을 적극 검토하여야 한다.
- ③ 모듈러 건설 재료는 철골, 프리캐스트 콘크리트, 목재, FRP 등이 활용되고 있으며, 모듈러 건물의 고층화 추세와 연계하여 철골 구조물 형태의 사용이 급격하게 증가, 철골(Steel Frame)을 활용한 모듈구조는 구조적 무결성, 설계 유연성, 강도, 내구성, 내화성 측면에서 장점을 가지고 있으며 건물 생애주기 동안 수리 및 유지 보수의 필요성이 적으므로 계획단계에서부터 적용가능성을 검토하여야 한다.
- ④ 탈현장 공장생산 기반 건설은 Prefabrication 정도에 따라 다양한 형태가 있을 수 있다. 아래 그림 4는 탈현장 공장생산 건설의 유형들로, 공장 생산의 제품, 제작 수준, 규모 등에 따라 부재단위의 Precast Concrete(이하 'PC')에서부터 패널단위의 생산 (Panel Construction), 설비와 마감까지 공장에서 완성한 시설물 완제품(Modular Construction)에 이르기까지 다양한 형태가 있으므로 시설물의 특성에 계획단계에서부터 Prefabrication 정도를 검토하여야 한다.

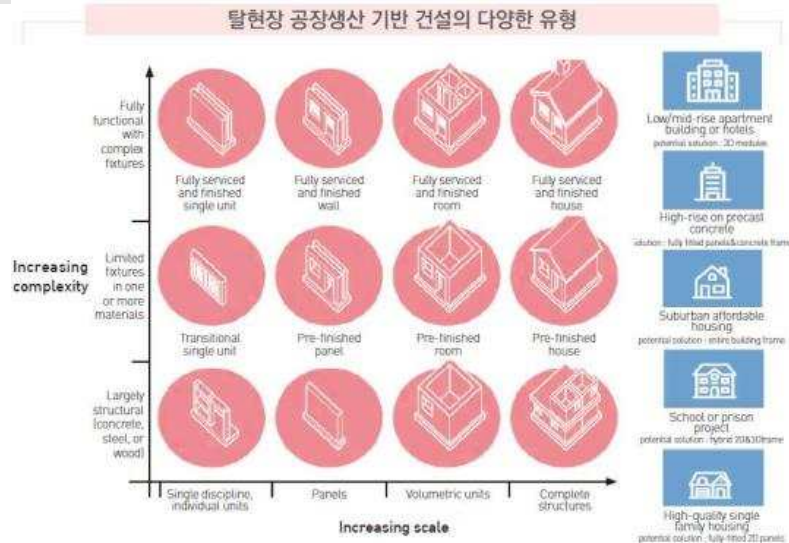


그림 4. 탈현장 공장생산 기반 건설의 유형

(Modular Construction : Form projects to products, McKinsey & Company, 2019.6)

- ⑤ 토목 Prefabrication 공법의 경우 현재 교량의 반단면, 거더 등에 일부 사용되고 있으나, 미국·일본 등과 같이 교대·교각 등 교량 전반으로 확대가능성 여부를 검토하여야 한다.
- ⑥ 철도시설공사의 경우 제작물량이 대량이고, 현장시공 방식 대비 경제성이 확보되는 공종 (예: 교량-PSM (Precast Span Method), 터널-쉴드 TBM 프리캐스트 세그먼트 라이닝, 궤도-PST (Precast Slab Track)) 및 소규모 구조물(예: 조립식 PC 암거 또는 박스 구조물, 조립식 옹벽/수로/암거, 조립식 방호벽 등) 위주로 일부 적용되고 있으나, 구조물 전반으로의 확대가능성 여부를 검토하여야 한다.

(3) 건설 자동화

- ① 건설산업에서 로봇을 활용한 건설 자동화는 인력 투입을 최소화하거나 완전히 대체하는 것을 의미하며, 건설 로봇의 도입은 위험한 환경에서 작업하는 작업자를 대체하여 안전성을 향상시키며, 높은 시공 정확도로 공사비를 절감할 수 있으므로 자동화를 위한 로봇의 도입을 검토할 수 있다.
- ② 건설 로봇의 개발현황은 아래와 같으며, 철도건설사업의 특성을 고려하여 설계단계에서 적용가능성을 검토하여야 한다.

가. (현장 시공 로봇) 조적식 구조물을 자동으로 시공하는 로봇인 Hadrian X, 용접 로봇인 Robo-Welder, 그리고 3D 프린팅 로봇 등

나. (조립식 건설 로봇) 제조업에서 활용되는 로봇 암 등을 조립식 주택에 접목하여 건



설산업에 적용

- 다. (자율주행 건설 장비) 굴삭기, 도저, 그레이더, 진동롤러 등의 건설장비 무인화를 목표로 생산성 향상 및 공기 단축이 가능한 정밀 시공 기술 개발
- 라. (준공 검측 로봇) 자율적으로 현장을 스캔하고 검측할 수 있는 기술 개발이 활발히 이루어짐
- 마. (웨어러블 로봇) 현장에서 작업자가 착용하여 무거운 장비를 조작하면서 느끼는 피로를 줄여줌
- 바. (특수목적기계 로봇) 기기 내부에 탑재된 웨어러블(wearable) 장치를 이용해 장비를 마치 자신의 팔처럼 자유롭게 움직여 건설현장 중량물 작업시 안전성확보 및 생산성 향상

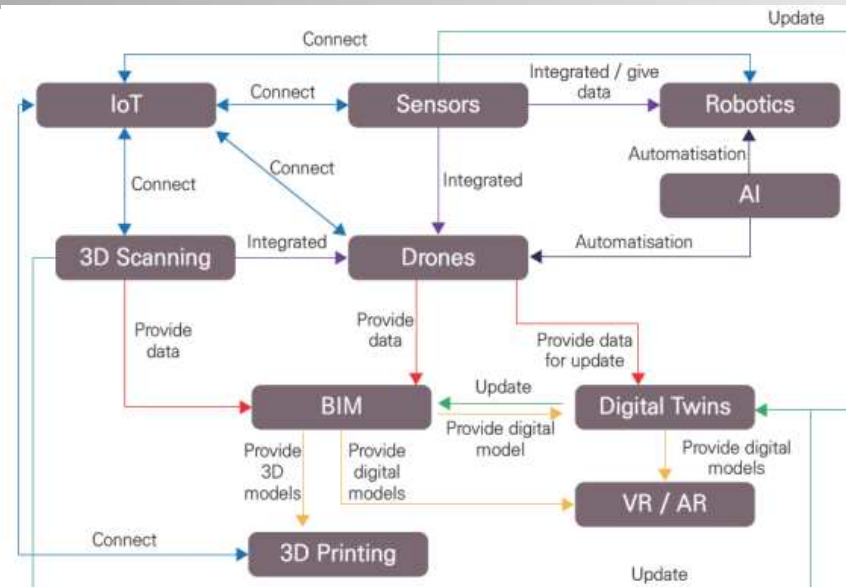


그림 8. 건설부문 스마트기술간의 상호 작용 관계
(월간 스마트건설리포트, 국토교통부, 한국건설기술연구원, 2021.9)

- ③ 스마트 모니터링은 데이터 수집 편의성 및 안정성을 향상시키기 위해 빅데이터, IoT, 무선센서 네트워크를 융합하고 통신, 데이터처리, 의사결정 기능 등 2개 이상의 기능을 통합하여 기존의 수동, 자동측량의 기술적 한계를 보완하기 위한 측정기법으로, 스마트 모니터링을 위한 설계, 시공 및 운영체계 등의 측정계획을 수립할 때에는 KR C-02050 (측정)에 제시된 기준을 따른다.
- ④ 스마트 모니터링을 위한 센서는 자동정보 수집장치와의 연계성을 고려하고 센서의 성능이 검증된 센서를 사용하여야 하며, 측정시스템 설치전 국가공인기관으로부터 센서의 성능검증시험을 받아야 한다.
- ⑤ 스마트 모니터링은 설계 및 시공 단계에서 예측하지 못한 위험요인을 확인하고, 주요 위험인자의 변화를 빠르게 확인함으로써 안전사고를 예방할 수 있도록 실시간 모니터링 체계를 구축해야 하며, 의사결정 지원을 통해 단계별 관리체계가 원활하게 이루어지도록 계획을 수립하여야 한다. 또한, 실시간 모니터링 체계 구축시 주요 위험인자의 변화 발생은 청각, 시각적으로 송출 될 수 있도록 한다.

(5) 스마트 안전장비

- ① 스마트 안전장비는 건설 현장 작업자 안전장비에 IoT 기술 및 무선통신기술등을 적용하여 작업자의 안전 현황을 실시간으로 관제함으로써 안전사고를 줄일 수 있도록 개발된 장비(해설 2 참조)로 작업자의 실수 방지 및 안전관리 사각지대를 실시간 모

니터링 및 대응, 조치함으로써 안전 효과를 극대화할 수 있도록 계획을 수립하여야 한다.

- ② 현 단계에서 건설업 10대 중대재해 공사 대비 선제적 예방 가능한 스마트 안전기술은 아래의 그림 9.에 정리된 기술을 활용가능하며 이에 대한 적용을 설계단계에서부터 검토하여야 한다.

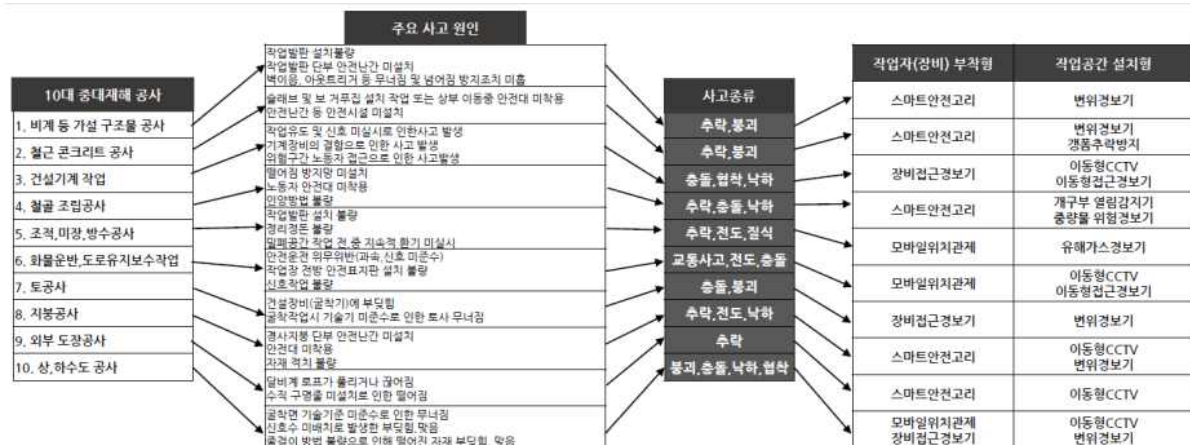


그림 9. 건설부문의 디지털 기술간의 상호 작용 관계

(스마트 건설안전기술 개발 및 활용, 한국스마트건설안전협회, 2022.11)

(6) 디지털 측량기술

- ① 스마트건설 설계측량은 스마트건설 시행을 위해 요구되는 3차원 측량성과를 작성하는 것을 기준으로 하며, 3차원 디지털 설계를 위한 설계측량에 관한 사항은 KDS 12 00 00, KDS 12 10 00, KDS 12 20 00을 따른다.
- ② 무인비행장치, 지상 레이저스캐너, 이동형 레이저스캐너 등을 이용하여 3차원 설계에 필요한 3차원 점군데이터 취득, 정사영상 제작, 수치표면모델 작성, 수치지형모델 작성, 수치표고모델 작성, 중·횡단면도 작성, 공사수량 산정 등을 수행하는 3차원 디지털 설계측량에 관한 사항은 KDS 12 30 00을 따른다.



해설 1. 일반사항

본 기준은 철도건설사업에 적용가능한 스마트 건설기술에 대한 활성화를 통해 지속적인 개발을 촉진하여 관련 산업을 발전시키고, 건설공사의 안전성, 생산성을 향상시키는 것을 목적으로 현 단계에서 스마트 건설기술관련 각종 관계법령, 지침 및 기준들을 정리하고, 철도건설사업에 적용되고 있는 기술들의 개요, 특징, 적용성 및 효과등을 검토하여 설계자 및 시공자로 하여금 적절한 스마트 건설기술을 선정할 수 있는 기본자료로 활용할 수 있도록 하였다.

- (1) 현 단계에서 철도건설사업에 적용되고 있는 스마트 건설기술들의 개요, 특징, 적용성 및 효과등을 검토하여 설계자 및 시공자로 하여금 적절한 스마트 건설기술을 선정할 수 있는 기본자료로 활용할 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 스마트건설기술은 건설기술진흥법 제10조의 2에 의거하여 설립된 스마트건설지원센터의 스마트건설기술마당의 등록기술, 건설신기술, 철도신기술 및 방재신기술 등의 전문기관의 인증 및 검증기술을 우선적으로 사용할 수 있다.
- (3) 스마트건설기술 마당을 통해 지속적으로 업데이트 되는 스마트 건설기술들이 보완될 수 있다.

해설 2. 스마트 안전장비

- (1) 스마트 안전장비는 「전과법」에서 정한 무선설비 및 무선통신을 이용하여 무선안전장비와 융복합 건설기술이 결합된 안전장비와 안전관리 시스템을 의미한다.
- (2) 또한, 재해율이 높은 건설현장을 대상으로 사물인터넷과 무선네트워크기술 등 첨단기술을 활용해 현장의 위험요소를 사전에 인지·제거해 근로자의 안전을 실질적으로 개선할 수 있도록 제작된 장비를 말한다.
- (3) 국내 스마트 안전장비 개발 동향의 분석을 통해 건설현장 활용이 가능한 장비를 △건설안전 종합관리 시스템(2종) △위험요소 모니터링 장비(5종) △작업위험 정보알림 장비(3종) △구조물위험 정보알림 장비(2종) △장비위험 정보알림장비(3종) △근로자 안전관리 장비(8종) △스마트 안전교육 시스템(1종) 등 7개 분야 24개 장비로 구분된다.

분류	장비명		세부정의
(가) 건설안전 종합관리 시스템	▪ 안전관리 시스템(구축형)		▪ 스마트 안전장비에서 전달되는 건설현장 정보(현장·구조물·장비 관련 감지된 위험 요소, CCTV 실시간 관제 등)을 통합적으로 수집하고 관리(방송 등)할 수 있는 장비 - 건설현장 규모에 따라 구축형 또는 모바일 활용여부 분류
	▪ 안전관리 시스템(모바일)		
(나) 위험요소 모니터링 장비	▪ AI CCTV	▪ 고정형	▪ 고성능 실시간 영상 촬영 및 인공지능 기반 분석을 통하여 안전모 미착용 등 현장 위험요인을 감지할 수 있는 장비 또는 일반 CCTV와 연동하여 인공지능 기반 분석을 통하여 건설현장 위험요인을 분석하는 솔루션
		▪ 이동형	
	▪ 로봇 안전관측 장비		▪ 로봇의 조종(또는 자율주행)과 영상 촬영기능을 활용하여 건설 근로자 안전상태 확인, CCTV 사각지대 확인 등 원격관제장비
	▪ 드론 안전관측 장비		▪ 드론의 조종(또는 자율주행)과 영상 촬영기능을 활용하여 사각지대 감시 및 디지털 안전진단에 활용할 수 있는 원격관제장비
	▪ 웨어러블 카메라		▪ 근로자가 휴대 또는 착용하여 근로자 시점의 영상 전송을 통해 건설현장의 위험요소를 확인할 수 있는 장비
(다) 작업위험 정보알림장 비	▪ 위험지역 접근경보 장비		▪ 라이다(LiDAR)등의 센서 또는 근로자 태그 장비 송수신 기능 등을 활용하여 사전 설정된 위험구역에 대한 근로자 접근을 감지하여 위험경보할 수 있는 장비
	▪ 화재위험 접근경보 장비		▪ 건설현장의 불꽃 및 연기 감지등을 통하여 화재발생 여부를 감지하고 근로자에게 경보할 수 있는 장비
	▪ 유해가스 측정경보 장비		▪ 밀폐된 장소 등 유해가스가 발생할 수 있는 장소에 설치하여 유해가스 유무를 확인하고 근로자에게 경보할 수 있는 장비


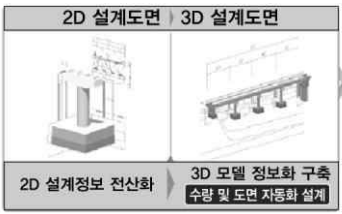

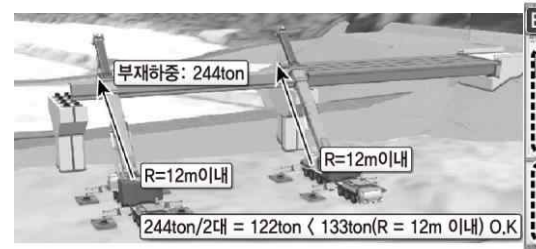



분류	장비명		세부정의
(라) 구조물위험 경보알림 장비	▪ 붕괴·변위 위험경보 장비		▪ 흙막이, 비계 등 가시설 또는 기타 구조물에 설치하여 변위 및 가속도 변화를 감지하여 위험요인 발생시 주변 근로자에게 경보할 수 있는 설비
	▪ 콘크리트 양생 모니터링 장비		▪ 콘크리트 타설시 매설 센서를 활용하여 콘크리트 양생강도를 측정하거나 양생조건(온도 모니터링 등)을 관리할 수 있는 장비
(마) 장비위험 경보알림 장비	▪ 원격 와이어 점검 장비		▪ 중량물 취급과 관련하여 건설장비에 활용하는 와이어로프에 설치하여 직경 감소를 감지 기능 등을 통한 와이어 파단, 마모, 부식, 피로 측정·관리할 수 있는 장비
	▪ 건설기계 접근감지 장비		▪ 건설기계에 이미지 센서(어라운드 뷰), 레이더 등을 활용한 접근 감지를 통하여 실시간으로 경고 알림하거나 건설기계 제어 장비
	▪ 타워크레인 충돌방지 장비		▪ 타워크레인에 부착한 센서(엔코더, 경사감지 등)를 활용하여 크레인 움직임을 실시간 감지하고 거리를 자동으로 연산하여 충돌 위험을 단계적으로 경보할 수 있는 장비 및 시스템
(바) 근로자 안전관리 장비	▪ 스마트 개인 안전장비	▪ 스마트 안전턱끈	▪ 근로자가 착용하여 활용하는 장비로 실시간 근로자 위치관계 및 위험요인(안전고리 체결 여부, 안전모 착용여부) 알림기능을 포함한 개인 안전장비 - 위치관계, 안전모 착용 및 안전고리 체결 여부 감지 기능을 필수로 포함하여 사용자의 자율조합으로 활용가능
		▪ 스마트 통신조끼	
		▪ 스마트 안전모	
		▪ 스마트 안전고리	
		▪ 스마트 밴드(위치)	
		▪ 스마트 안전태그	
	▪ 스마트 에어백 조끼		▪ 추락 사고 발생시 조끼에 장착된 에어백으로 근로자를 보호하고 사고발생 알림 및 위치 파악이 가능한 개인보호장비
	▪ 출입관리 장비(시스템)		▪ 근로자 안면인식 기능 또는 스마트 안전장비에 부착된 태그기기를 활용하여 위험구역 출입관리 및 실시간 인원 계수 장비
(사) 스마트 안전교육 시스템	▪ 스마트 안전교육 장비		▪ VR·AR 및 메타버스등 스마트 신기술을 활용하여 근로자 안전교육을 실시하거나 스마트 TBM에 활용할 수 있는 안전장비

- (4) 해당 장비들은 현재 상용화되어 활용되고 있는 스마트 안전장비 예시로서 기술 발전 등에 따라 추가·변경 등이 가능하다. (가설물, 안전시설, 경보장치, 신체 및 장비장착물 등 정보통신, 인공지능 기술을 활용한 장비 등)
- (5) 「스마트 안전장비 활용 가이드라인」(국토교통부, 국토안전관리원, 2024.3.)에 근거하여 세부정의 및 최소(권장) 성능기준 및 단가기준을 적용할 수 있다.
























해설 3. 기존 철도사업 주요 스마트 건설기술 적용사례

(1) BIM(Building Information Modeling / Management, 건설정보 모델링 / 건설정보 관리)

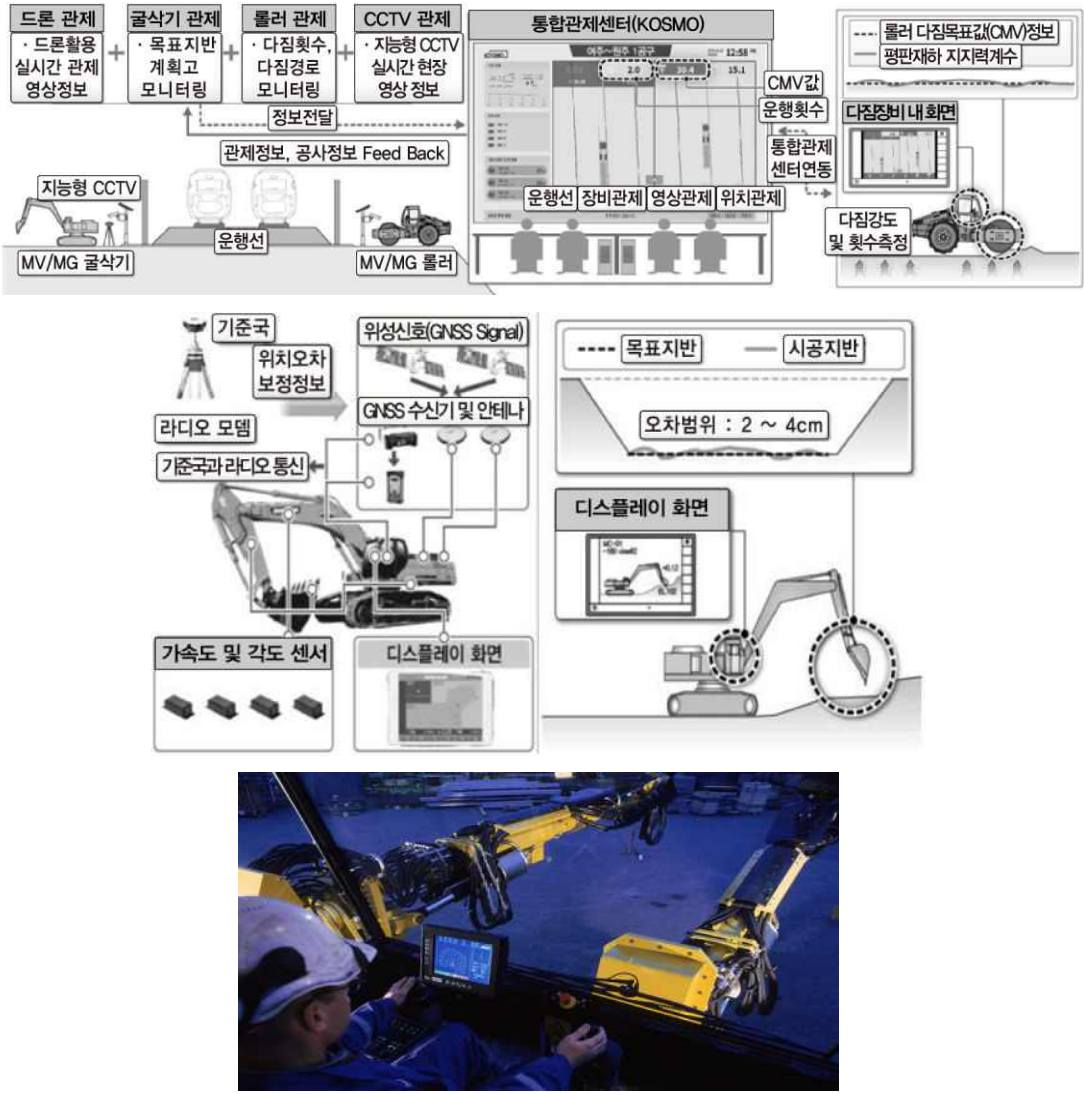
구 분	BIM (Building Information Modeling / Management)
개요	<ul style="list-style-type: none"> 3차원 정보모델을 기반으로 시설물의 생애주기에 걸쳐 발생하는 모든 정보를 통합하여 활용이 가능하도록 시설물의 형상, 속성 등을 정보로 표현한 디지털 모델 건설 전단계에 걸쳐 디지털화된 정보를 통합 관리하는 기술로 자동화·지능화 등 스마트 건설 실현을 위한 기본 Tool로 활용가능 BIM모델을 이용한 구조해석 수행 S/W, BIM 기반의 시공 시뮬레이션 및 공정/공사비 관리 S/W 등 다양한 방법으로 활용
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 설계변경·시공오류 최소화로 공기/공사비 절감(10~30%, 해외), 건설 자동화 및 디지털 트윈 기반의 유지관리를 위한 토대 BIM모델을 이용한 구조해석 수행 S/W, BIM 기반의 시공 시뮬레이션 및 공정/공사비 관리 S/W 등 다양한 방법으로 활용 공종간 설계오류 및 간섭사항 검토를 통한 설계품질 향상, 가상현장 기반 안전관리, 시뮬레이션 검토 등 단계별 장비투입 간섭검토로 안전 및 시공성 검증 BIM 가상현장 구축을 통한 공사구간의 3차원 시각화 지원 및 수량산출을 통한 수량 적정성 검토 3차원 전자도면 및 시공상세도 추출을 통한 공사이해도 증진, 설계 오류 및 간섭사항 검토 장비 운영 시뮬레이션을 통한 시공성 검토 4D BIM을 통한 계획공기/실행공기의 비교검토, 가상현장을 통한 공사 홍보 및 이해도 증진 nD의 숫자가 커질수록 기본 3차원 모델에 공정부터 물량 산출, 유지 관리 등의 정보가 각 단계별로 추가됨 (시공 시각화(3D), 공정순서 시각화(4D), 물량/비용 산출(5D), 조달/운송(6D), 유지관리(7D), 안전/보건(8D))
활용사례	<div data-bbox="357 1413 895 1626"> <p>지반보강 및 고효율 장비 적용</p>  <p>초대구경강관 고효율 기계굴착</p> </div> <div data-bbox="903 1413 1246 1626"> <p>2D 설계도면 3D 설계도면</p>  <p>2D 설계정보 전산화 3D 모델 정보화 구축 수량 및 도면 자동화 설계</p> </div> <div data-bbox="1270 1413 1445 1626"> <p>BIM 표준 라이브러리</p>  <p>BIM Big Data 시공 유지관리시 활용</p> </div> <div data-bbox="357 1648 895 1895">  <p>부재하중: 244ton R=12m이내 R=12m이내 244ton/2대 = 122ton < 133ton(R=12m 이내) O.K</p> </div> <div data-bbox="903 1648 1445 1895"> <p>BIM기반 공정 시뮬레이션</p>  <p>모델속성 예정공정표 연동 Activity별 일정 공정관리 데이터</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : ‘20년 하반기 대전북연결선 사업부터 BIM 설계를 의무화하고 시공 및 유지보수 단계에도 BIM을 적용함으로써 설계부터 유지보수까지 시설물의 체계적인 관리를 시행



(2) OSC(Off-Site Construction, 탈현장건설공법)




구 분	OSC (Off-Site Construction)																										
개요	<ul style="list-style-type: none">OSC는 현장 시공작업을 가능한 최소화하기 위해서 건축물이 설치될 부지 이외의 장소에서 부재(element), 부품(part), 선조립 부분(pre-assembly), 유닛(unit) 등을 생산 후 현장에 운반하여 설치 및 시공하는 건설방식																										
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none">공정이 간편하고, 기초공사와 동시에 공장에서 구조물을 따로 제작하기에 공사 기간을 줄일 수 있고, OSC에 속하는 모듈러 공법의 경우 철근을 조립하고 콘크리트를 타설하는 기존의 철근콘크리트 공법보다 50% 정도 기간 단축 가능철도시설공사의 경우 제작물량이 대량이고, 현장시공 방식 대비 경제성이 확보되는 공종 (예: 교량-PSM (Precast Span Method), 터널-쉴드 TBM 프리캐스트 세그먼트 라이닝, 궤도-PST (Precast Slab Track)) 및 소규모 구조물(예: 조립식 PC 암거 또는 박스 구조물, 조립식 옹벽/수로/암거, 조립식 방호벽 등) 위주로 일부 적용																										
활용사례	<div>교량 : PSM (Precast Span Method) 터널 : 쉴드 TBM 프리캐스트 세그먼트 라이닝</div> <div></div> <div>궤도 : PST (Precast Slab Track)</div> <div></div> <div><table><tr><th colspan="5">BIM기반 PSM교량 철근모듈러 및 선조립/로봇을 활용한 제작장 안전관리</th><th colspan="2">스마트 품질관리</th></tr><tr><td> BIM 철근모델링 Midas CIM</td><td> 철근 모듈러 제작 Unreal Engine</td><td> 조립 시공 시뮬레이션 Unreal Engine</td><td> 상부박스 철근 모듈러 조립 Unreal Engine</td><td> 현장순찰로봇 안전관리 360도 카메라, 실시간 화상 전송, 현장사무실</td><td colspan="2"> 무선수화열 측정시스템 수신기, 본체, 거푸집, IoT 전용 무선통신망, 모바일 접속, PC 접속</td></tr><tr><td colspan="2">철근 가공장 철근 조립장</td><td colspan="2">콘크리트 타설장 강재거푸집 및 청소시설</td><td colspan="2">박스 아적장 및 상차장</td></tr><tr><td colspan="4">Gantry Crane</td><td colspan="2">PSM장비</td></tr></table></div> <ul style="list-style-type: none">출처 : 강릉~제진 단선전철 제1공구 건설공사(T/K) 실시설계, 평택~오송 2복선화 제1공구 등	BIM기반 PSM교량 철근모듈러 및 선조립/로봇을 활용한 제작장 안전관리					스마트 품질관리		 BIM 철근모델링 Midas CIM	 철근 모듈러 제작 Unreal Engine	 조립 시공 시뮬레이션 Unreal Engine	 상부박스 철근 모듈러 조립 Unreal Engine	 현장순찰로봇 안전관리 360도 카메라, 실시간 화상 전송, 현장사무실	 무선수화열 측정시스템 수신기, 본체, 거푸집, IoT 전용 무선통신망, 모바일 접속, PC 접속		철근 가공장 철근 조립장		콘크리트 타설장 강재거푸집 및 청소시설		박스 아적장 및 상차장		Gantry Crane				PSM장비	
	BIM기반 PSM교량 철근모듈러 및 선조립/로봇을 활용한 제작장 안전관리					스마트 품질관리																					
 BIM 철근모델링 Midas CIM	 철근 모듈러 제작 Unreal Engine	 조립 시공 시뮬레이션 Unreal Engine	 상부박스 철근 모듈러 조립 Unreal Engine	 현장순찰로봇 안전관리 360도 카메라, 실시간 화상 전송, 현장사무실	 무선수화열 측정시스템 수신기, 본체, 거푸집, IoT 전용 무선통신망, 모바일 접속, PC 접속																						
철근 가공장 철근 조립장		콘크리트 타설장 강재거푸집 및 청소시설		박스 아적장 및 상차장																							
Gantry Crane				PSM장비																							

(3) 건설 자동화

구 분	롤러 및 양중작업 건설장비 모니터링(MG)
개요	<ul style="list-style-type: none"> 시공기면이 표출되는 장비를 활용하여 측량사의 측량없이 장비가 단독으로 정밀하게 시공할 수 있는 ICT 건설장비 활용
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 다짐 횟수 관리가 가능한 MG 롤러를 투입하여 생산성 향상 MG 장비를 활용한 시공 안전 향상 시공 생산성 및 품질 향상을 통한 공기 지연 예방
활용사례	 <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제1공구 노반건설공사, 월곶~판교 복선전철 제6공구 노반건설공사등



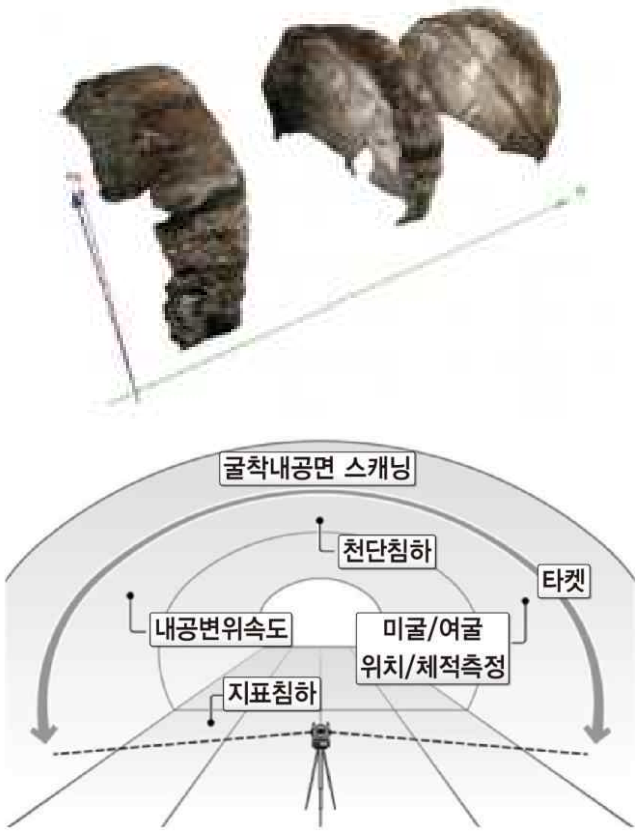
구 분	머신컨트롤 시스템, 건설장비 통합관제
개요	<ul style="list-style-type: none"> 굴삭 자동화장비(백호)는 수신기 및 안테나, 가속도 및 각도센서, 머신가이던스 네비게이터로 구성되며, 수신 받은 GPS 정보로부터 각도 센서를 거쳐 버킷 끝단의 위치를 추적하고 버킷 끝단의 위치는 설계정보인 3D BIM 도면위에 표현되어 장비 조종자가 설계도면까지의 목표 레벨을 확인하며 작업을 수행 설계도면 대비 작업현황(작업물량) 및 굴삭장비의 위치정보를 수신하여 실시간 관제 가능 정밀시공을 통한 시공품질 향상, 시공 및 장비 운영관리 최적화 장비 경로추적, 스마트 자동화 장비 관제로 안전성 강화 및 품질관리
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 측량사 작업 배제를 통한 측량 인력 투입 절감 MG 장비를 활용한 토공 생산성 향상 측량 작업 배제를 통한 시공 속도 향상 원격 조종, 측량사 배제를 통한 사고 예방
활용사례	<ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제1공구 노반건설공사등

구 분	로봇 활용 위험구역 관제 및 근로자 안전확보
개요	<ul style="list-style-type: none"> ■ UGV(Unmanned Ground Vehicle), 4족 보행로봇 : 원격 운용이나 자율 제어에 의하여 사람이 탑승하지 않고 임무를 수행할 수 있는 로봇 ■ 스마트 웨어러블 로봇 : 근력 지원을 통한 하중 분산
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자율 주행, 24시간 무인 현장 패트롤, 인력접근이 어려운 위험지역 모니터링, 센서 부착을 통한 현장환경정보 수집 등 현장의 로보틱스 안전관리 실현 ■ 근로자 근력 지원을 통해 하중을 분산시키고 근로자의 부상을 방지
활용사례	<div data-bbox="715 667 1129 1019">  </div> <div data-bbox="507 1041 922 1411">  </div> <div data-bbox="925 1059 1332 1400">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ■ 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등



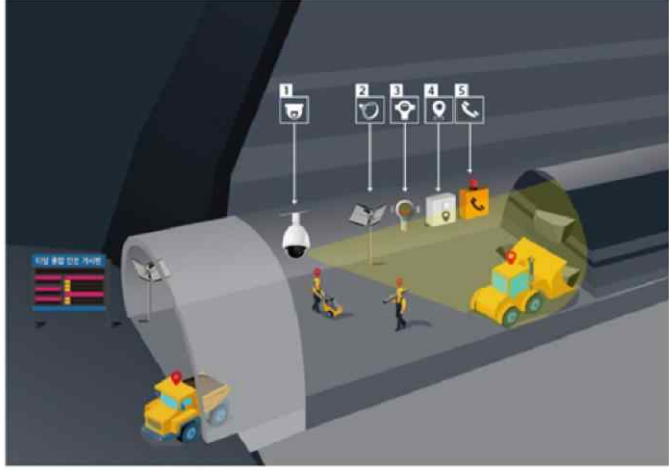


(4) 디지털 센싱 및 스마트 모니터링

구 분	터널 디지털 페이스 맵핑
개요	<ul style="list-style-type: none"> 터널현장에서 지질조사의 한계, 위험지반의 출현빈도 증가, 불충분한 막장관찰(기술자의 개인 해석차, 사실기재의 오류 등) 문제점에 대해 터널시공 전반에 대한 제도개선과 체계적인 시스템을 구축을 통해 전문성을 확보하는 기술 장면 촬영을 통한 이미지 정보 수집으로 조사시간 단축이 가능하고 입력된 지질정보는 서버 전송 및 데이터베이스화 가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 드론촬영 및 3D레이저 스캐너 등 디지털 페이스맵핑을 통한 작업자 안전성 증대 및 디지털 정보를 활용한 스마트 시공기술 축적 터널 시공관련 정보의 D/B 구축 및 디지털 자료 축적으로 기 시공 자료의 활용성 증대 및 신뢰도 향상 불합리한 암판정에 의한 터널시공 중 붕괴사고 감소와 인명피해 저감
활용사례	<div data-bbox="603 913 1203 1366" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="608 1391 1203 1704" data-label="Diagram"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제2공구 노반건설공사등


구 분	터널굴착면구조 검측레이저 스캔
개요	<ul style="list-style-type: none"> 레이저스캐너를 활용하여 터널 막장면을 신속, 정확하게 스캐닝 3차원 이미지 및 좌표를 기록하여 전문가 분석 등에 지속 활용
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 레이저 스캐닝을 통한 3차원 정밀 디지털 트윈 모델 기록을 통해 원격지의 전문가를 비롯한 과업 참여자들(발주처, 협력사, 본사 등)의 현황 파악, 원활한 업무 협의 및 원격 기술 지원 가능 전문가의 원격 현장 지원을 통한 비용 및 시간 절감, 원격으로 현장 현황 확인 및 신속 대응 가능
활용사례	 <p>The diagram illustrates the application of laser scanning in tunnel construction. The top part shows three 3D point cloud models of tunnel sections. The bottom part is a cross-sectional diagram of a tunnel with a scanner at the entrance. Labels indicate the scanning process: '굴착내공면 스캐닝' (Excavation interior surface scanning), '천단침하' (Roof settlement), '타켓' (Target), '내공변위속도' (Internal displacement velocity), '지표침하' (Ground settlement), and '미굴/여굴 위치/체적측정' (Unexcavated/remaining excavation position/volume measurement).</p> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 평택~오송 2복선화 제4공구 건설공사등

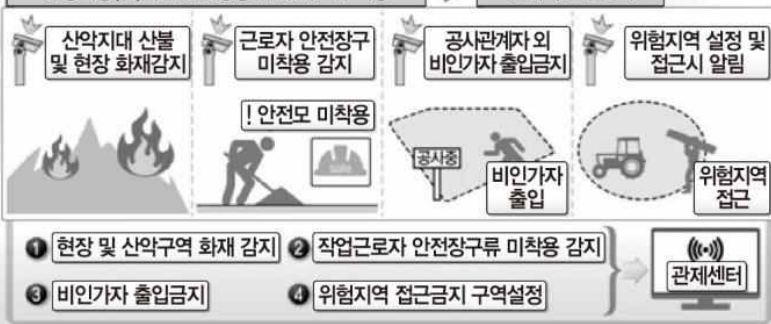






구 분	AR기반의 2D / 3D 디자인 모델 시각화
개요	<ul style="list-style-type: none"> AR(Augmented Reality)로 실제상황에서 3D데이터를 정확하게 표시/측정데이터의 클라우드 실시간 동기화 및 기록
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 시공 전, 중 및 후 현장의 안전 확인 구조물의 현장 영향, 배치 및 유지보수 등을 3D로 시각화 실제상황에서 3D데이터를 정확하게 표시/측정데이터의 클라우드 실시간 동기화 및 기록
활용사례	<div data-bbox="708 689 1098 1173" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제2공구 노반건설공사등

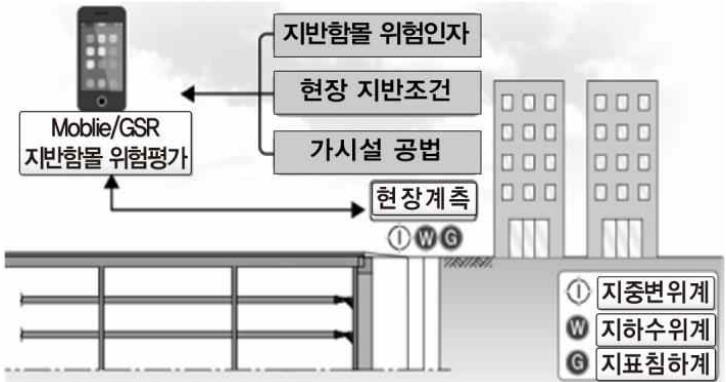
구 분	스마트 통합안전관리시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> PC, 스마트폰과 연동하여 터널공사 현황을 가설사무소나 안전관리자가 원거리에서 실시간 모니터링 터널전용 웹 카메라, 무선통신 네트워크, 유해가스센서, 실시간 위치추적, VoIP 비상 인터폰, 대형전광판 등으로 구성 근로자에 부착된 BLE(Bluetooth Low Energy) 태그를 감지하여 터널 내부의 출입 이력 관리 및 작업 위치 실시간 모니터링
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 터널내 무선 네트워크 환경 조성 위험구역내 실시간 위치 파악, 근로자 대피 현황 파악, 신속 대응 통합 시스템을 통한 실시간 모니터링 원거리에서 실시간 관리, 신호수, 출입 관리자 등의 추가 인력 배치 최소화 무선통신 Zone 확보에 따른 시공·공정 연계 용이 실시간 원격 모니터링 및 정보취득으로 공사중 사고예방 투입 작업자 현황 관리 및 분석을 통한 시공성 개선
활용사례	<div data-bbox="395 981 1066 1451">  </div> <div data-bbox="1098 981 1417 1473">  </div> <div data-bbox="603 1496 1209 1921">  </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제2공구 노반건설공사, 동탄~인덕원 사업 9공구 실시설계등

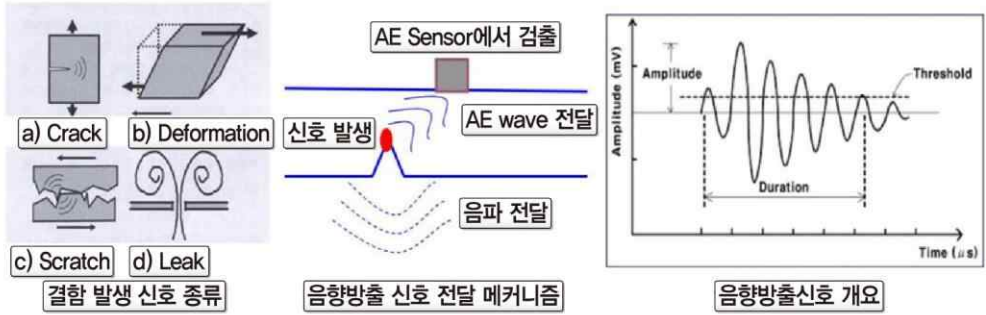


구 분	AI 피난시물레이션
개요	<ul style="list-style-type: none"> AI(인공지능) 소프트웨어에 BIM으로 모델링된 정거장 내부 구조물을 연계하여 승객들의 피난 시물레이션을 수행
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> BIM 모델을 활용한 층간 이동을 고려한 정밀 피난 시물레이션 가능 출입구, 계단, 비상구 등의 정거장 내부 시설물이 정확하게 표현된 3차원 BIM 모델을 활용한 AI기반의 피난 시물레이션을 수행하여 첨두시 대피 동선 및 대피 시간의 정밀 시물레이션 수행 사전 대피 동선/시나리오 검토를 통한 재시공 예방, 첨두시 대피 동선/대피 시간 최적화를 통한 안전 향상 센서를 부착해 실시간으로 데이터를 수집하는 IoT 기반 소방 설비 기술, 인공지능(AI) 기반 기술을 활용해 화재를 예측함으로써 안전성과 신뢰성을 향상하는 화재 안전 대응 기술
활용사례	 <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 월곶~판교 복선전철 제6공구 노반건설공사등

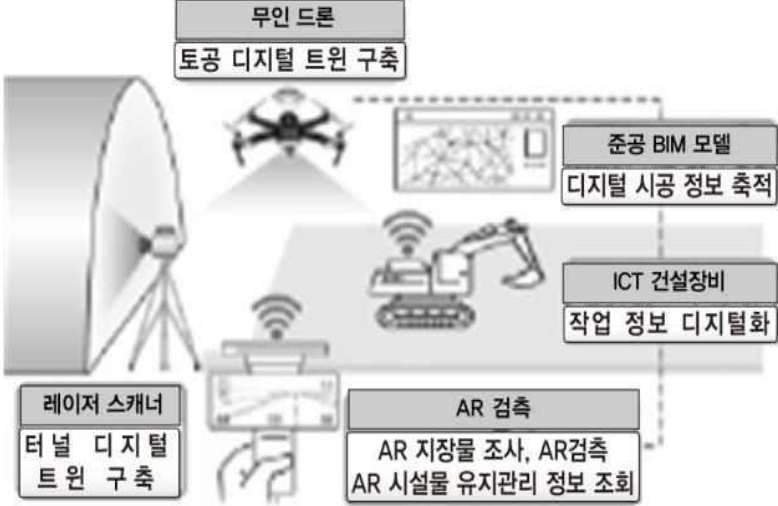
구 분	AI 기반 영상분석 안전관리 시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> 현장내 설치된 모든 CCTV 영상 실시간 분석을 통하여 작업근로자 및 현장출입자의 안전장구류(안전모, 안전조끼) 착용여부, 사전 설정된 위험지역 접근금지, 현장내 출입제한시간 출입자 및 차량 검지 가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 CCTV는 1대의 영상 범위만 감지하여 사각지대가 발생됨으로 여러대의 지능형 CCTV 설치를 해야 하나 경제성이 저하됨. 이에 현장 내 모든 CCTV 영상(일반, 지능형, 이동형 CCTV) 채널수에 상관없이 영상분석이 가능함. AI 기반 안전관리시스템 도입을 통해, 안전관리자의 모니터링 범위를 넓히고, 이를 통해 안전관리 사각지대 해소 이벤트 발생시 청각, 시각적으로 알림이 울려 선제적 안전관리를 통한 안전성 향상 24시간 상시 모니터링이 가능하며, 실시간으로 분석되기 때문에 돌발상황 발생 시 즉각적인 대응이 가능함
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 안전장비 통신시스템(LTE, LoRa등)과 안전관리시스템 연동, 스마트 안전장비 서버시스템(클라우드 서버, 자체서버 등) 및 데이터 저장장치(DVR, NVR 등) 구축 모바일(App) 및 통합(Web)에서 확인 가능한 안전관리시스템 구축에 따른 실시간 관제 기능 필요 IoT 기반의 사전경보기능, 실시간 데이터 전송에 따른 감시 기능 및 위험상황 발생시 즉각 알람 기능
활용사례	<div data-bbox="507 1025 1302 1397"> <p>인공지능(AI)기반 돌발상황 감지 시스템 적용 > 선제적 안전관리</p>  <p>① 현장 및 산악구역 화재 감지 ② 작업근로자 안전장구류 미착용 감지 ③ 비인가자 출입금지 ④ 위험지역 접근금지 구역설정</p> <p>관제센터</p> </div> <div data-bbox="399 1420 1417 1971"> <div> <p>이벤트 감지 시연 영상(안전장비 미착용 감지)</p>  </div> <div> <p>이벤트 감지 시연 영상(위험지역 접근 감지)</p>  </div> <div> <p>이벤트 감지 시연 영상(비인가자 감지)</p>  </div> <div> <p>관제 지원 프로그램과 연동</p>  </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제1공구 노반건설공사

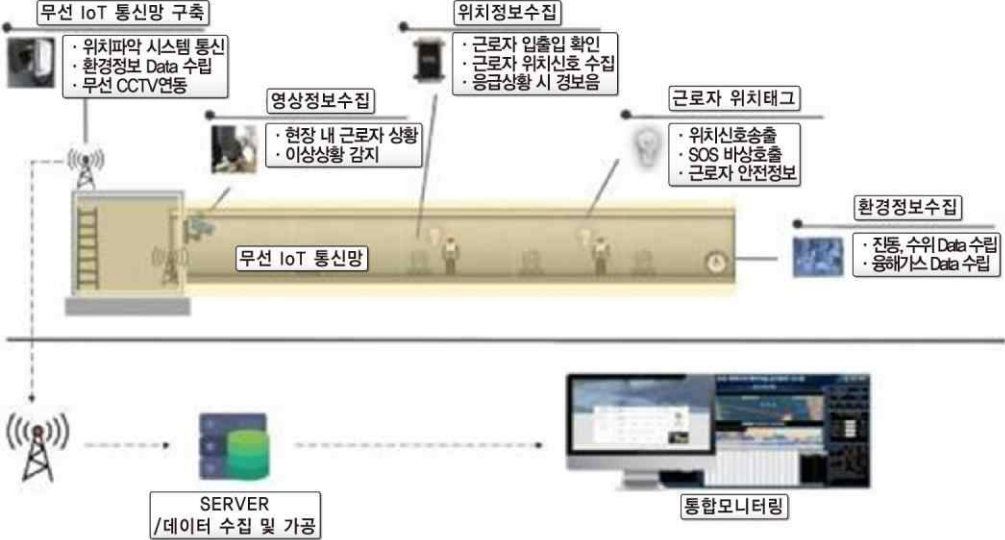


구 분	지반함몰 스마트계측
개 요	<ul style="list-style-type: none"> 지반함몰 위험영향인자를 활용한 지반함몰 위험산정시트를 적용하여 굴착현장 위험성 평가
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 실제 굴착공사 설계 및 시공 현장에서 지질특성에 맞는 지반함몰 위험성 평가가 적용되지 않아 설계와 시공 시 위험요소가 있으나, 지반함몰 위험산정(GSR) 시트를 활용하여 현장 지반특성과 건설현장의 설계 및 시공전에 지반함몰 예방 가능함 함몰 예방에 따른 민원 요소 방지 함몰 위험 배제를 통한 공기 준수 위험성 평가를 통한 인접구조물 안전성 확보
활용사례	 <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 월곶~판교 복선전철 제6공구 노반건설공사등

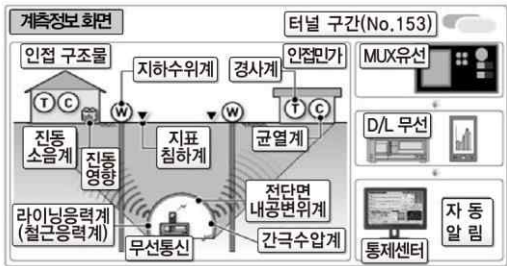
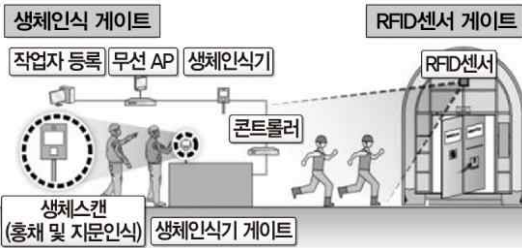


구 분	위험요소(열수송관) 스마트모니터링 시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> 개착정거장 상부에 위치한 지하 열수송관의 달아매기 공법 시행 예정이며 지하매설물에 음향방출모니터링 기술을 적용함으로써 매설물의 파괴 이전부터 작은 변형이나 미세한 균열을 사전에 발견, 예측함으로써 안전사고를 미연에 방지하기 위함
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 음향방출(Acoustic Emission, 이하 AE)은 대상체의 변형, 균열, 누설 또는 파괴 시에 발생하는 탄성파를 센서를 통해 계측하여 손상 정도를 측정하는 비파괴 검사법 탄성파는 재료의 파괴 이전부터 작은 변형이나 미세한 균열(crack)의 진행과정에서 발생하므로 AE의 발생 경향을 진단하여 재료와 구조물의 결함 및 파괴를 발견 또는 예측 가능 열수송배관의 이상 유무를 사전에 확인 가능함으로써 비상시 적극대응 및 안전사고 예방
활용사례	<div style="text-align: center;">  <p>음향방출 신호 발생 종류 음향방출 신호 전달 메커니즘 음향방출신호 개요</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>음향방출 실시간 모니터링</p> <pre> graph TD Root[음향방출 실시간 모니터링] --> System[시스템 제어] Root --> Data[실시간 데이터 수집] Root --> Comm[통신 및 입출력] Root --> Diag[진단 기능] Root --> Graph[그래픽스] Root --> DB[데이터베이스 개발] System --> SysMgmt[시스템 관리] System --> SensorTest[센서 테스트 기능] Data --> DataAcq[데이터수집장치제어] Data --> HighSpeed[고속 데이터처리] Data --> DBLog[데이터베이스 기록] Comm --> Ethernet[Ethernet 통신] Comm --> IOPort[입출력 제어] Diag --> DataLog[데이터로그기능] Diag --> Feature[특징 추출] Diag --> Abnorm[이상상태 분류 및 관리] Diag --> Alarm[데이터알람기능] Graph --> UI[유저 인터페이스 구현] Graph --> DataGraph[데이터 그래프 기능] DB --> DBDev[데이터베이스 개발] </pre> <p>지하배관 상태 모니터링 소프트웨어 UI</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>모니터링 SW</p> <ul style="list-style-type: none"> PC 기반 SW 웹 기반 SW 웹 기반 SW </div> <div> <p>(PC기반 지하배관 모니터링 Overview)</p> <p>(웹기반 모니터링 Overview)</p> </div> <div> <p>(Trend 분석)</p> <p>(웹기반 Trend 분석)</p> </div> <div> <p>(결함 위치 추정 및 Alarm Level)</p> <p>(웹기반 모니터링 소프트웨어)</p> </div> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 월곶~판교 복선전철 제8공구 노반건설공사등



구 분	스마트 관제시스템 활용 실시간 현장관리
개요	<ul style="list-style-type: none"> 드론, 레이저스캐너, ICT 장비 시공 이력 등을 활용하여 시공 현황을 시각적으로 관리하고 디지털 정보를 구축하여 BIM과 연계 활용
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 드론과 레이저스캐너를 중심으로 토공부와 터널부의 시공 현황을 정기적으로 스캔한 후, 이를 디지털 모델로 변환하고 BIM 모델과 비교하여 검측 및 공정 현황 분석 등의 현장 관리에 활용함 정기적 현장 모니터링을 통한 공정 관리 효율 향상 검측 간소화를 통한 시공성 향상 위험 지역의 측량 업무 무인화로 안전 사고 예방
활용사례	 <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 월곶~관교 복선전철 제2공구 노반건설공사등

구 분	터널 방재설비 스마트 관리시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> 터널 내 밀폐공간 등 위험지역 작업자의 실시간 위치파악, 영상 및 환경정보 수집 제공 무선 IoT통신망을 이용해 터널내 근로자 위치정보, 영상정보, 유해가스 데이터 등 환경정보 수집, 응급상황 발생시 정보작동 등으로 안전사고 방지
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 터널 내 무선통신 불가로 출입 근로자 실시간 관리가 불가능했던 기존 게이트 운영 등 수동적 출입관리를 실시간 자동으로 각종 정보를 취득하여 밀폐공간 안전성 향상
활용사례	 <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 대전북연결선 1공구 건설공사등

구분	스마트글라스 및 3D 시각화장치
개요	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 글라스와 서버시스템으로 구성 BIM설계 데이터를 스마트 글라스를 통해 현장에서 AR로 실현 현장 근로자 스마트 글라스 착용 및 관제센터와 실시간 영상통화
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 눈앞에서 홀로그램처럼 3D 형상을 바로 확인가능한 기능을 활용하여 시공전 3D BIM 도면 확인, 문제시 영상통화를 통한 실시간 문제 해결 등이 가능 현장과 관제센터 실시간 상황 연동 현장 작업 시 위험하거나 불편한 상황에서 장치를 처리하는 번거로움 없이 태블릿의 모든 작업을 수행할 수 있고, 핸즈프리 음성 지원 헤드셋을 통해 작업장 사고를 방지 헤드셋과 볼륨, 시각효과를 조절할 수 있는 컨트롤러로 구성 영상 송수신, 통화기능, 3D BIM 도면확인, AR등을 확인
활용사례	<p>스마트 글라스</p> <p>3D 시각화장치</p> <p>스마트드론/AR/계측현장점검</p> <p>프로세스효율화</p> <p>점검이력</p> <p>진단이력</p> <p>보수이력</p> <p>보강이력</p> <p>실시간 현장관제</p> <p>BIM AR, MR 확인</p> <p>가상 현장점검</p> <p>현장사진</p> <p>Site Map</p> <p>현장사진</p> <p>현장사진</p> <p>전문가화상회의</p> <p>현장점검사진</p> <p>현장점검사진</p> <p>스마트 글라스/3D 시각화장치 활용 시설물점검</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제1공구 건설공사등

구 분	IoT 기반 실시간 안전/환경/품질/계측관리
개요	<ul style="list-style-type: none"> ■ 각종 계측 및 모니터링으로 작업현장 안전 확보 ■ IoT기술을 활용한 작업자 위치 확인 및 인원 제어 ■ 통합상황실과 연계한 실시간 계측 시스템 구축 ■ 생체인식 및 스마트헬멧 등의 작업자 관리 장비적용
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ■ 작업자 관리 효율 향상으로 인건비 추가 방지 ■ 실시간 계측을 통한 터널막장면 시공성능 향상 ■ 작업인원 실시간 확인 및 유해요소 최소화
활용사례	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">실시간 자동계측 정보 연동</p>  <p style="text-align: center;">생체인식(RFID센서) 게이트 운영</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">유해가스 실시간 감지</p>  <p style="text-align: center;">IoT 스마트 헬멧</p>  </div> </div> <p>출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등</p>




구 분	운행선과 신설선 센서 / 화상기반 스마트 원격감시시스템 구축
개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 각종 계측 및 모니터링으로 작업현장 안전 확보 ▪ IoT기술을 활용한 작업자 위치 확인 및 인원 제어 ▪ 통합상황실과 연계한 실시간 계측 시스템 구축 ▪ 생체인식 및 스마트헬멧 등의 작업자 관리 장비적용
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 변위계측으로 안전성 강화, 철도시설 종합정보시스템 연계로 유지관리효율 향상
활용사례	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등

구 분	모바일 레일변위 계측기
개요	<ul style="list-style-type: none"> 열차 운행선상에 고정밀 레일변위 계측센서를 설치하여 열차진동 및 노이즈 필터링 값을 모바일로 전송
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 운행선상 레일 변위값을 모니터링 함으로써 실시간으로 위험상황에 대응이 가능함
활용사례	<div data-bbox="603 645 1204 1019">  <p>열차진동 및 노이즈 필터링</p> <p>열차진동</p> <p>노이즈 필터링</p> <p>고정밀 레일 변위 계측센서</p> <p>이상 징후시 즉각 경고</p> <p>· 운행선 레일 변위 모니터링, 실시간 대응</p> </div> <div data-bbox="437 1055 1362 1514">  <p>도상참하계 설치방법</p> <p>RFID 운행선 송수신시스템 → 운행선 근접구간 접근시 사전 경고 경고</p> <p>이77번 변위 측정시스템 → 가시성 변위 사전 확인</p> <p>본공사기간 3선 운영</p> <p>접착 CIP</p> <p>고강성 강관버틸보</p> <p>열차감시원 배치</p> <p>복공판 설치 60m 간격</p> <p>고정식 안전헬스</p> <p>PC슬래브 시공 → 사공기간 단속 (199년)</p> <p>비개착작업구</p> <p>플레이트 결속</p> <p>침하봉 향타 삽입</p> <p>Sensor 연결</p> <p>Cable 연결</p> <p>Logger 연결</p> <p>도상참하계 설치완료</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 대전북연결선 2공구 건설공사등




구 분	관제 플랫폼 및 관제실 구축
개요	<ul style="list-style-type: none"> 현장운영 Server 구축 다중 모니터 활용을 통한 현장 운영 현황 실시간 관제 CCTV 및 계측정보 등, 현장 발생정보 동시 모니터링 가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 워크스테이션 설치를 통한 데이터 처리 안정화 및 신속화 현장관리 플랫폼은 스마트 건설기술 적용항목의 데이터와 장비 및 작업자 위치, 실시간 구간별 공사정보 등을 관제, 데이터축적, 보고서 생성을 하여 최적의 현장관리를 통한 생산성, 안전성을 향상시킴 클라우드 기반 공동데이터 환경을 구축하여 협업 시스템 활용가능
활용사례	<div data-bbox="384 817 1422 1350"> </div> <div data-bbox="384 1393 919 1727"> </div> <div data-bbox="938 1370 1422 1733"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등



구 분	항공 모니터링 시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> 연(Kite) 원리를 이용한 계류형 기구 상공에서 영상 촬영, 대기정보 수집 등의 역할 가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 상시 운용을 통한 특정구역 관제가 용이하고, 우천과 강풍에도 사용 가능 원거리/신속 이동이 필요한 경우는 기존 드론시스템이 유리하다 판단
활용사례	 <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등



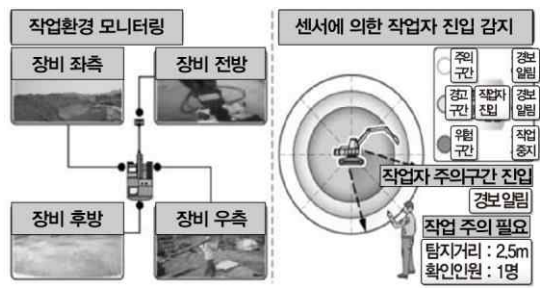

(5) 스마트 안전장비

(가) 건설안전 종합관리 시스템

구 분	스마트 통합 상황실 구축 (지능형영상관제 서버)
개요	<ul style="list-style-type: none"> ■ 그래픽 기반의 통합 관제 플랫폼을 통해 시공 현황 실시간 관제 ■ 주요 기능 : 공정 관리, 영상 관제, 작업 현황, 시공 기록 관리 등
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ■ 음현장 내의 각종 현황 정보를 실시간으로 모니터링 가능 ■ 과업 참여자들(발주처, 협력사, 본사 등)의 신속한 현황 파악 및 원활한 업무 협의 및 원격 기술 지원 ■ 전문가의 원격 현장 지원을 통한 비용 및 시간 절감 ■ 원격으로 현장 현황 확인 및 신속 대응 가능 ■ 터널/육상의 시공 현황에 대한 원격 안전관리 모니터링
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> ■ OnVIF 프로토콜 지원으로 국, 내외 CCTV 연동, 침입 및 안전모 미착용 공인기관 영상인식을 90% 이상, 이동형CCTV 영상 수신 및 저장, 최소 30일간 영상 저장, 관리자의 실시간 영상관제 및 저장된 영상검색이 가능한 모바일 APP(iOS, Android)제공, 관리자 핸드폰에서 촬영한 영상 수신 및 저장, 웹연동
활용사례	<div style="text-align: center;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">ICT 통합 관제 플랫폼 운용</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> HoS 안전관리 PC부재 관리 유해가스 감지 모바일 공사관리 NFC 출역관리 원격영상관제 레일 변위 관제 ... </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ■ 출처 : 여주~원주 복선전철 제1공구 노반건설공사, 월곶~판교 복선전철 제2공구 노반건설공사 등

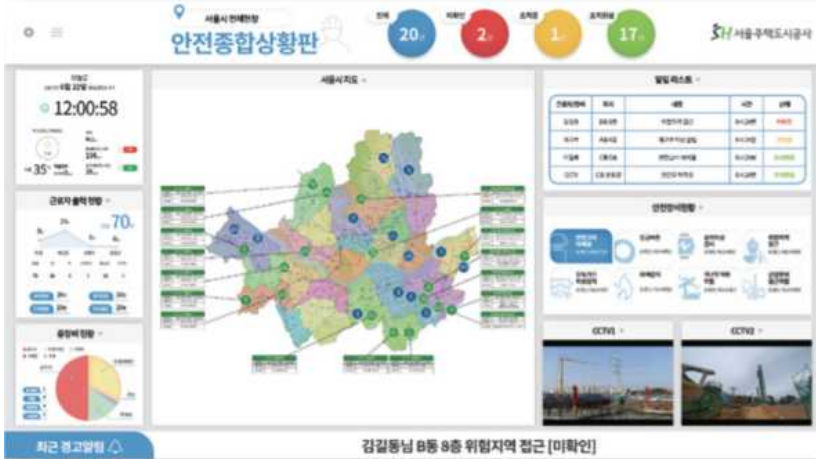



구 분	IoT 기반 실시간 안전/환경/품질관리
개요	<ul style="list-style-type: none"> 무선통신을 통해 건설장비에 의한 작업자 보호, 작업자의 안전한 근무환경 조성, 시공 구조물의 변위 예측 등을 실시간 모니터링 및 원격 통제
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 무선통신(Wifi)과 LTE를 이용 원격 안전시스템을 통해 작업자의 안전모 턱끈 및 안전고리 체결여부, 현장영상 전송, 건설장비와 근로자의 충돌위험, 공사중 유해가스 측정, 계측현황 등을 영상, 진동, 부저, 경고음, 데이터 등으로 현장관리자 스마트폰 및 안전종합상황판으로 실시간 원격전송 기존 인력 확인 및 통제방식, 계측 데이터 현장확인 관리체계에서 탈피하여 실시간 자동 및 원격방식으로 위험해소 및 정확성을 향상시킴으로써 안전향상, 발생하는 비용과 시간을 절감
활용사례	<ul style="list-style-type: none"> 출처 : 대전북연결선 1공구 건설공사등

구 분	ICT 건설장비 관제 시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> ICT 건설장비를 활용한 실시간 관제 시스템 운영 장비투입, 운영시간, 작업반경 등 장비운영상황 파악
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 건설장비별 운영사항 실시간 모니터링으로 장비운영 효율 향상 공사차량 운영 정보, 작업장 접근제어 등 안전확보 가능 장비운영 효율성 확보로 시간비용 절감 현장 시공상황에 적합한 장비운영 능력 향상 작업장 장비운영시 작업자 안전 확보
활용사례	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">머신 가이드 시스템</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">건설장비 정비정보 수집</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">공사차량 운행정보 확인</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">장비접근 제어시스템</p>  </div> </div> <p>출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등</p>



구 분	ICT, IoT기반 첨단기술을 활용한 실시간 현장 관리
개요	<ul style="list-style-type: none"> 무선통신, CCTV 등을 활용한 현장관리 시스템 실시간 현장관리를 통한 작업효율 향상
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 각종 스마트장비를 활용한 실시간 현장관리 시스템 구축 작업자 및 장비의 실시간 네트워크 확보 작업인원, 장비의 효율적인 투입 시공시간, 작업장 상태 실시간 현황 파악 작업자 안전 확보가 가능한 작업시간 분배
활용사례	<p style="text-align: center;">스마트 건설기법 로드맵을 반영한 실시간 현장 관리</p> <p style="text-align: center;">작업자 중심의 모바일 네트워크 구축 디지털 촬영기술로 작업통제</p> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등

구 분	안전종합 상황판
개요	<ul style="list-style-type: none"> 현장내 스마트 디바이스 정보 수집 및 표출 web 및 모바일을 활용한 현황 모니터링 가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 공사현장 출역인원에 관한 현황 파악 및 체계적인 인원 관리 기상현상 알람으로 효율적인 공사일정 관리 및 기상으로 인한 안전사고 방지
활용사례	<div data-bbox="491 667 1311 1124">  <p>김길동님 8동 8층 위험지역 접근 [미착용]</p> </div> <div data-bbox="651 1160 1184 1639">  </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등




구 분	근로자 위치 관제 시스템(비콘활용 위험지역 알리미)
개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 블루투스 방식으로 LTE 모뎀과 연동 ▪ 이동식 부착 형태로 위험구간에 설치 ▪ 스마트 안전모, 스마트 밴드등과 연동하여 위험 위치 출입관제 가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실내/실외 위험구간에 출입 작업자 및 장비 확인 가능 ▪ 위험지역/건설장비 접근 시 턱큰 진동/부저 알림(현장은 싸이렌) ▪ 원격에 있는 관리자 스마트폰과 사무실/감독실 상황판 TV에 실시간으로 전송하여 근로자 안전 확인
활용사례	<div data-bbox="651 683 1157 1064" data-label="Diagram"> </div> <div data-bbox="582 1097 1220 1388" data-label="Diagram"> </div> <p>출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등</p>

(나) 위험요소 모니터링 장비

구 분	고정식 CCTV
개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LTE 또는 현장 네트워크(무선 wifi)를 활용한 실시간 중계
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 현장 내부 및 주요 구간 설치를 통한 실시간 모니터링 ▪ 지능형 CCTV(S/W) 조합 운영을 통한 24시간 이상상황 감시 가능 ▪ 태양광 배터리 활용시 추가 전원설비 불필요
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TTA인증 국산CCTV(Full-HD 이상의 고화질 영상 실시간 송출, 360도 회전이 가능한 볼렛형 및 Speed-Dome형 카메라), 방진방수, OnVIF 프로토콜 지원
활용사례	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1; text-align: center;">  <p>해상도 Full HD 화 각 광시야각렌즈 적용 코덱 최신 고효율 비디오코딩</p> <p>태양광 CCTV (솔라캠)</p>  </div> <div style="flex: 1;">  </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 출처 : 강릉~제진 단선전철 제9공구 건설공사등



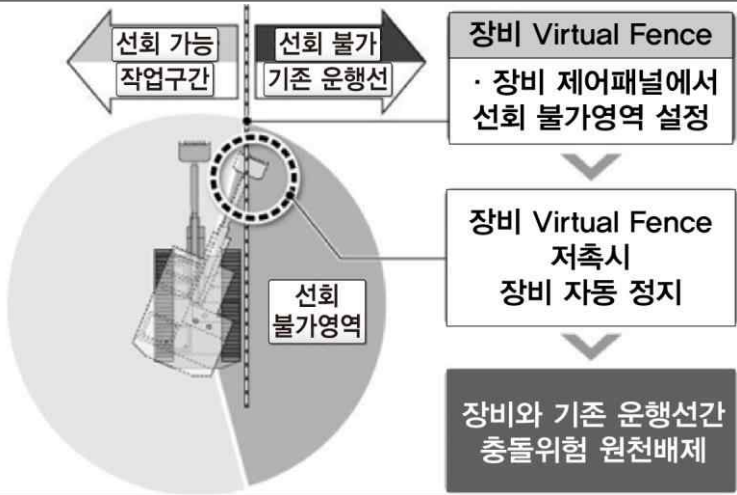
구 분	이동식 CCTV
개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주요 작업차량 및 관리차량 내 설치 ▪ 공사현황 및 주요 관찰구간 영상 실시간 전송 ▪ 사용자 Web 접속을 통한 실시간 화면 공유
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주요 작업 투입장비 및 관리차량 내 설치를 통한 중요구간 실시간 모니터링 가능
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TTA 인증 국산 CCTV(Full-HD 이상의 고화질 영상 실시간 송출, 360도 회전이 가능한 볼렛카메라 또는 고정형 볼렛카메라), 방진방수, 장거리 무선 송신기(전송거리 1km~3km, 802.11a/an 5.8Ghz WiFi, DC 12V전원) 장거리 무선 수신기 (802.11a/an 5.8Ghz WiFi, DC 12V전원 또는 PoE 전원), 폭발 위험이 적은 안전성을 가진 배터리 (국내안전인증, 리튬배터리 제외, 만충시 48시간 사용), 어떤 환경에서도 설치 가능한 삼각받침대, OnVIF 프로토콜 지원
활용사례	<div data-bbox="359 1115 917 1556"> </div> <div data-bbox="938 1115 1449 1556"> </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 출처 : 강릉~제진 단선전철 제9공구 건설공사등

구 분	지능형(AI) CCTV
개요	<ul style="list-style-type: none"> 영상취득용 카메라, 네트워크 및 Local패널, 영상제어시스템, 소프트웨어 등으로 구성 LTE 또는 현장 네트워크(무선 wifi)를 활용한 실시간 중계 AI CCTV는 CCTV를 통해 촬영되는 영상을 AI가 실시간으로 분석해 위험지역에 근로자의 접근, 안전모 미착용, 쓰러짐 등을 감지해 안전사고를 사전에 예방 건설 현장의 기후를 고려해 방수와 방진 기능을 탑재하고, 이와 함께 역광 방지 기능 열, 소리를 감지하고 마이크와 스피커가 내장하여 건설 현장 위험지역에 접근 시 사이렌 경보나 경고 방송 송출가능 AI 감식 시스템이 탑재돼 사람, 건설 장비 등 선택된 객체만 분류해 인식 가능 크레인 덤프트럭, 지게차, 굴삭기 등 중장비 종류 인식을 통해 근로자가 중장비 작업 반경 내 있는 경우 위험상황으로 인식해 연결된 관제센터에 실시간으로 경고 알림 송출 가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 현장 내부 및 주요 구간 설치를 통한 실시간 모니터링 인공지능 영상분석 시스템(S/W) 조합 운영을 통한 24시간 이상상황 감시 가능
활용사례	 <p>지능형 CCTV</p> <p>충돌/전도 인식</p> <p>화재/붕락 인식</p> <p>위험 전파/통제</p> <p>이상행동 감지</p> <p>이상행동 등 비상상황 감지 ➡ 현장관리자에게 실시간 알림</p> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 강릉~제진 단선전철 제9공구 건설공사등



구 분	바디캠
개요	<ul style="list-style-type: none"> 바디캠은 건설현장 근로자의 몸에 부착해 근로자의 세세한 움직임을 상시 기록하고, 안전사고 발생 시 증빙자료로 활용할 수 있는 현장 기록장치 역할을 수행
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 바디캠은 제품별로 다양한 성능 차이를 보이지만, 평균적으로 QHD의 선명한 고화질로 촬영 사진과 영상 모두 촬영할 수 있고 IR 비전이 탑재돼 야간에도 근거리를 촬영가능 자석마운트를 활용하면 컨테이너 등에 부착해 블랙박스나 CCTV처럼 사용 가능
활용사례	<div data-bbox="667 645 1150 987" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 강릉~제진 단선전철 제9공구 건설공사등

(다) 작업위험 정보알림 장비

구 분	건설장비 Virtual Fence
개요	<ul style="list-style-type: none"> 1m 크기의 격자로 분할하고 격자마다 고유한 주소를 부여하여 정밀한 위치를 소통할 수 있는 정밀주소 플랫폼
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 운행선 방향 Virtual Fence 활용 장비 선회 제어를 통한 안전 확보
활용사례	 <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제2공구 건설공사등

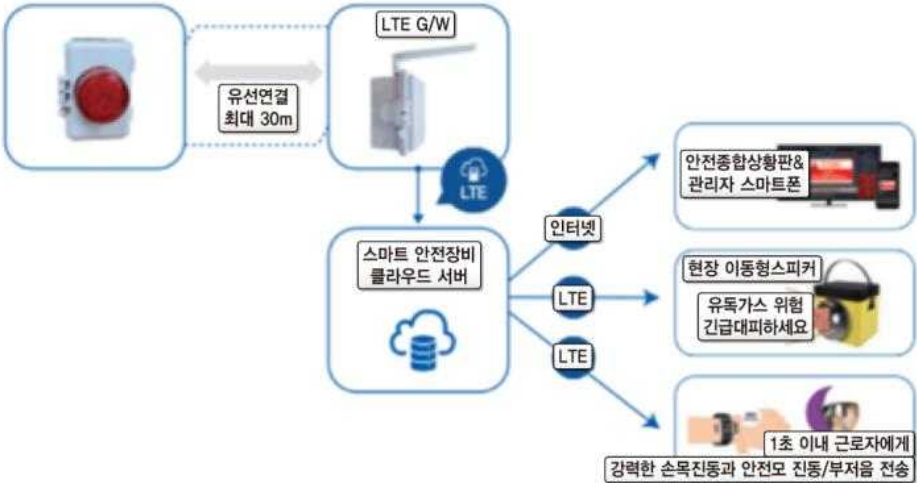
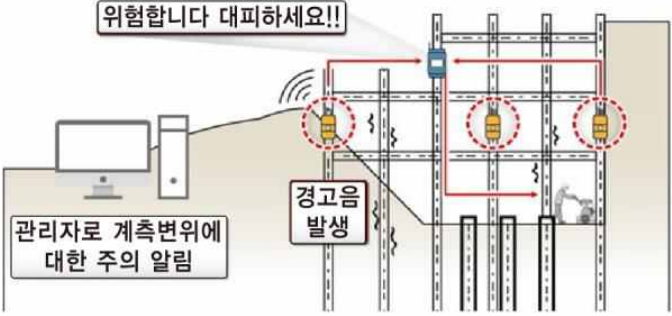




구 분	AI 지능형 불꽃감지기
개요	<ul style="list-style-type: none"> AI 지능형 불꽃감지기는 빠른 화재감지속도와 화재정보로 초기 화재 대응·대피를 가능토록 만들어 화재로 인한 재해 예방
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> AI 지능형 불꽃감지기는 3cm 정도의 작은 불꽃에서도 실제 화재 여부를 10초 이내에 신속히 감지해 경보 고감도 적외선 센서가 이산화탄소의 고유 파장 감지를 통해 불꽃을 인식하고, 극초기 화재 불꽃 인식·지능형 화재불꽃 인식 모듈이 감지된 불꽃을 분석 화재 위치까지 분석해 도출된 정보를 연결된 모든 소방수신기 및 스마트폰, PC 등에 실시간으로 전달
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> 적외선3파장 센서기술을 적용한 국산 불꽃감지 CCTV(KFI 인증제품, 불꽃감지거리 최대 50m, Full-HD 이상의 고화질 영상 실시간 송출, 고정형 볼렛카메라), 방진방수, 장거리 무선 송신기(전송거리 1km~3km, 802.11a/an 5.8Ghz WiFi, DC 12V전원) 장거리 무선 수신기(802.11a/an 5.8Ghz WiFi, DC 12V전원 또는 PoE 전원), 폭발 위험이 적은 안전성을 가진 배터리 (국내안전인증, 리튬배터리 제외,만충시 48시간 사용), 어떤 환경에서도 설치 가능한 삼각받침대, 휴대성(10kg 미만), 유해가스 검출시 싸이렌 및 경광등 동작으로 대피 신호 전달
활용사례	<div data-bbox="778 1153 1023 1541" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제2공구 건설공사등

구 분	가스 감지 시스템 (질식사고위험 위험알리미)
개요	<ul style="list-style-type: none"> ■ 가스 감지 시스템은 현장 내 환경 분석을 통해 유해가스를 24시간 모니터링하고 관리자에게 ■ 가스 감지 시스템에는 산소, 일산화탄소, 이산화탄소, 황화수소, 가연성가스 등 15종의 유해 가스 측정 센서가 각각의 USB 타입으로 구성
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ■ 통신 연결은 무선 방식으로 복잡한 케이블 필요 없이 간단하게 설치할 수 있고, 유해가스가 누출돼 설정한 임계값에 도달하게 되면, 긴급 버저 알림이 작동함과 동시에 통신상 연결된 관리자에게 문자 및 전화 발신으로 위험사항을 자동 전송 ■ 센서를 통해 수집된 가스 정보는 무선통신을 통해 PC와 모바일, 모니터 등으로 관리자에게 전송하면서 현장 내 가스 수치를 실시간으로 점검·분석 가능
활용사례	<div data-bbox="651 801 1155 1330" data-label="Image">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ■ 출처 : 강릉~제진 단선전철 제3공구 노반 기본 및 실시설계등

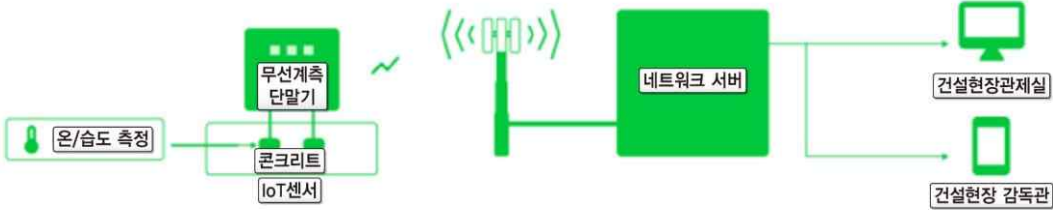



(라) 구조물위험 경보알림 장비


구 분	붕괴 감지 경보 시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> ■ 붕괴 감지 경보 시스템은 구조물에 대한 외부 충격이나 기울어짐을 감지해 붕괴사고를 예방 ■ 건설·산업 현장의 가시설물 또는 노후 구조물 등 환경적 요인이나 외부 충격으로 인한 기울어짐을 정밀 움직임 감지 센서가 실시간으로 감지 ■ 붕괴위험 경보기는 흙막이 가시설, 거푸집 동바리 등 붕괴 전도의 위험이 있는 장소에 설치하여 설정된 값 이상의 기울기가 발생하면 경보음이 발생하는 장치로 경보음 발생시 근로자 선 대피 후 가설구조물을 보강하여 안전하게 작업을 재개할 수 있는 장치
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ■ 대상의 기울기를 정밀하게 측정해 붕괴가 감지될 시 LED 등과 110dB의 고소음 알람음을 발생해 주위 근로자에게 즉각 신호하여 붕괴 전에 신속히 대피하여 인명피해 최소화
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자이로/가속도센서 이용하여 기울기/가속도 값을 실시간 전송, 기간별 트렌드 추이 분석, 방수/방진 기능, 위험 값 지정시 상황판/관리자 스마트폰 알림, 전원 없는 곳은 배터리 (리튬이온충전), 사용시간 3주(일 8시간기준), 통합관제시스템 활용 시 통합관제 모니터의 Dash Board로 연동 관리가 가능한 제품, App/Web과 연동 가능 등
활용사례	<p>기울기 변위 / 가속도 변화 알람 센서</p>  <p>위험합니다 대피하세요!!</p>  <p>관리자로 계측변위에 대한 주의 알림</p> <p>경고음 발생</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ 출처 : 장항선 개량 2단계 제1,2공구 노반 기본 및 실시설계등

구 분	변위 감지 시스템 (가설부재전도위험 위험알리미)
개요	<ul style="list-style-type: none"> 변위 감지 시스템은 구조물의 변형이나 기울어짐을 감지해 관리자에게 위급사항을 즉시 전송하면서 신속한 사고 대처에 활용
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 장비에 탑재된 고정밀 센서가 굴착공사, 자연재해 등으로 지반 변위의 영향범위 내 구조물의 기울기 변화를 실시간으로 측정 미리 설정해둔 위험 각도(기울기)가 감지되면, 근로자들에게 즉시 대피 알림을 하고, 관리자에게는 데이터를 전송 장비에는 1년 이상 사용할 수 있는 대용량 배터리와 LTE 무선통신기술이 내장돼 복잡한 전기, 통신 공사 필요없이 누구나 손쉽게 현장에 설치해 사용가능 차세대 LTE 통신 기술 내장으로 안정적인 통신 품질을 제공함과 동시에 통신 비용이 저렴
활용사례	<div data-bbox="651 835 1155 1279" data-label="Image">  </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 강릉~제진 단선전철 제3공구 노반 기본 및 실시설계등





구 분	IoT 콘크리트 양생관리 시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 건설 현장의 콘크리트 양생 시 발생하는 양생 온도를 계측하여, 무선으로 수집된 데이터를 통해 등가재령과 압축강도의 관계에 기반한 추정강도를 제공하는 시스템
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부실시공 예방 및 공사기간 준수 ▪ 데이터에 기반한 정확한 거푸집 탈형 시기 확인 ▪ 하루 20차례 이상 압축강도 추정 데이터 수집 및 보관 ▪ 콘크리트 양생 불량으로 인한 붕괴사고 방지 효과 ▪ 무선통신망으로 양생온도 측정 데이터 전송 ▪ 무선계측 단말기에 배터리가 내장되어 있어 설치 시 제약 없음 ▪ IoT 데이터 센싱 및 빅데이터 기술 활용 시공품질 향상
활용사례	 <p>전원 / 네트워크 공사 필요없이 쉽게 바로 설치!</p> <ul style="list-style-type: none"> · 콘크리트 타설 현장에 누구나 쉽게 바로 설치 가능 · 간편한 이동 설치를 통한 지속적인 단말기 재사용 · 교체형 센서 매립으로 정확한 양생온도 계측  <p>Step 1 철판 구조물에 본체 고정 브라켓 및 와이어 사용</p> <p>Step 2 센서 2ea 기본 제공 8pin형 1ea/4pin형 1ea, 길이 5m</p> <p>Step 3 타설 전 온도 센서 매립 교체형 센서로 대기 및 양생온도 계측</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 출처 : 강릉~제진 단선전철 제9공구 건설공사등

(마) 장비위험 정보알림 장비

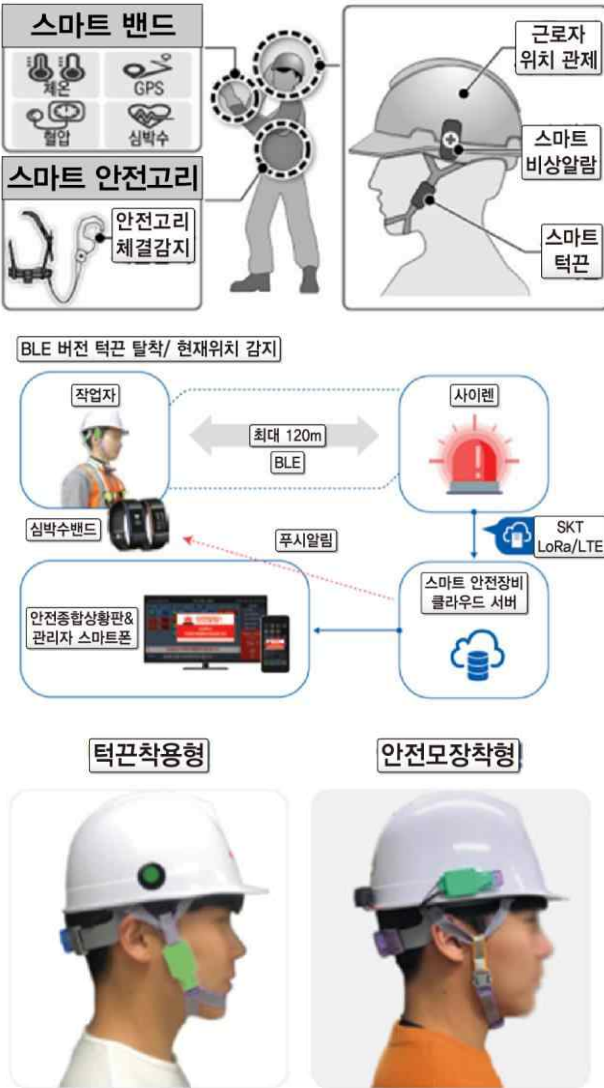
구 분	중장비 접근 경고시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 근로자 건설장비(굴삭기, 지게차, 로더 등) 접근시 싸이렌 알림 ▪ 스마트안전터크과 건설장비 싸이렌은 양방향 통신으로 한쪽이 통신이상일 경우에도 다른 한쪽이 반응하도록 이중 설계
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 스마트폰 앱으로 위험알림 거리설정 ▪ 관리자 스마트폰과 사무실 상황판에 실시간 전송하여 근로자 안전 확인
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 접근감지 스캐너/태그/센서 등과 양방향 블루투스 통신방식, 레이더 방식, 접근거리 설정 가능, GPS, 관리자 스마트폰으로 거리 조절 가능, 통합관제시스템 활용 시 통합관제 모니터의 Dash Board로 연동 관리가 가능한 제품, App/Web과 연동 가능 등
활용사례	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등



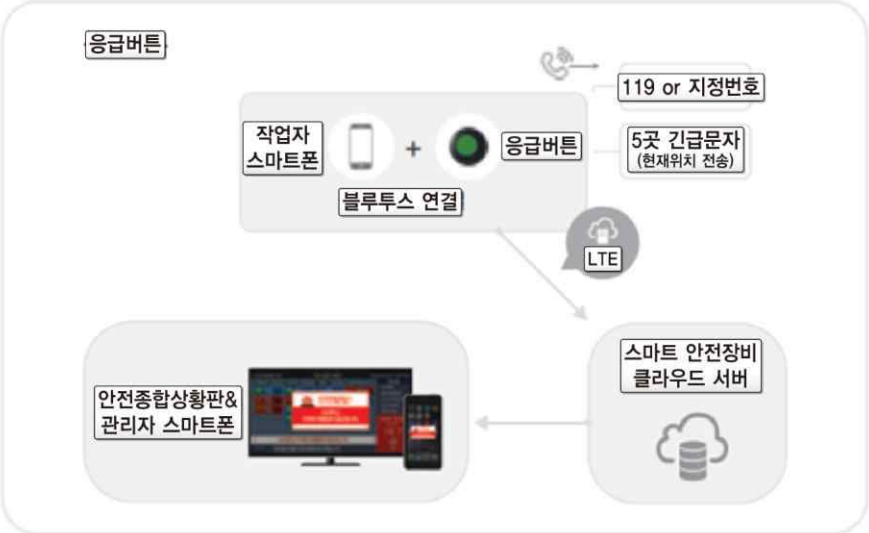

구 분	충돌협착 방지장비
개요	<ul style="list-style-type: none"> 충돌협착 방지장비는 건설기계·장비에 부착해 실시간으로 작업자를 감지하고, 위험상황 유발 시 경고 알림 등으로 사고예방에 기여 장비 센서에는 인공지능을 기반으로 한 영상인식시스템이 탑재돼 건설기계·장비에 센서가 탑재된 카메라를 부착하면 근로자를 정확하게 인식해 장비 주변에 발생하는 시야 사각지대 문제 해결 장비의 구성은 건설기계·장비 운전석에 부착하는 모니터와 장비 상단부에 설치하는 센서 카메라가 있으며, 모니터는 모니터 브라켓(흡착 타입)을 운전석에 부착한 뒤 모니터를 끼우면 되고, 센서 카메라는 자석 타입으로 쉽고 빠르게 설치 가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 현장 주변의 상황과 정보를 실시간으로 분석하면서도, 근로자가 태그나 별도의 장비를 소지할 필요없이 자체 딥러닝 알고리즘을 기반으로 근로자를 포함한 장비 주위를 파악해 위험을 사전에 감지하기 때문에 충돌 문제를 예방 가능 운전자의 화면에 근로자가 보일 시 즉각 알림 등 4단계의 알람범위를 설정할 수 있고, 블랙박스 기능이 탑재돼 기록된 영상을 안전교육용 자료, 사고이력 조회, 동선효율성 최적화 등에 활용 가능
활용사례	<div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 평택~오송 2복선화 제2공구 건설공사등


(바) 근로자 안전관리 장비

- 스마트 개인 안전장비


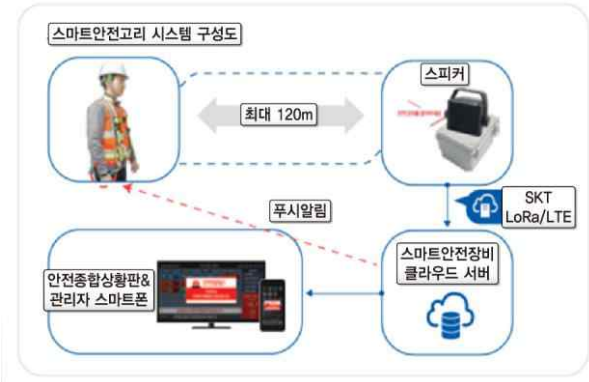
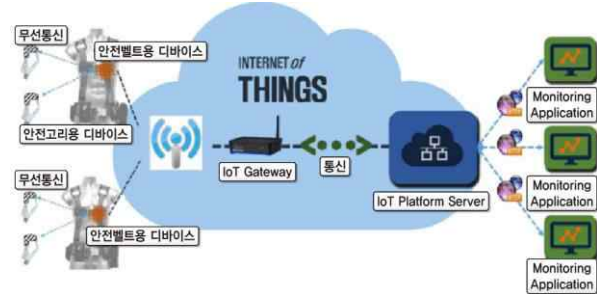
구 분	스마트 안전턱끈
개요	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 개인안전 보호구-스마트안전턱끈 도입으로 근로자 안전모 착용확인, 위험지역/건설 장비 접근시 근로자에게 진동/부저 알림, 현재위치 파악, 이를 관리자 스마트폰과 안전종합 상황판에 실시간으로 전송하여 근로자 안전확인 및 신속대응 시스템 구축 양방향 블루투스로 실내에 설치된 사이렌과 연동하여 턱끈 탈착 유무 확인 양방향 거리설정 기능 - 관리자 스마트폰으로 거리 조절 가능 기존 안전모에 탈부착 사용(방수/방진 가능)
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 근로자의 안전모 착용 확인, 실내/외 현재위치 파악 위험지역/건설장비 접근 시 턱끈 진동/부저 알림 (현장은 사이렌) 관리자 스마트폰과 사무실 상황판에 실시간 전송하여 근로자 안전 확인
활용사례	 <p>The diagram illustrates the Smart Safety Harness system. It shows a worker wearing a '스마트 밴드' (Smart Band) with sensors for '체온' (Body Temperature), 'GPS', '혈압' (Blood Pressure), and '심박수' (Heart Rate). The worker also wears a '스마트 안전고리' (Smart Safety Hook) with '안전고리 체결감지' (Safety Hook Locking Detection). A '근로자 위치 관제' (Worker Location Monitoring) system is integrated into the worker's helmet, which also features a '스마트 비상알람' (Smart Emergency Alarm) and a '스마트 턱끈' (Smart Harness). The system communicates via 'BLE 버전 턱끈 탈착/ 현재위치 감지' (BLE version harness detachment/current location detection) with a '사이렌' (Siren) within a '최대 120m BLE' (Maximum 120m BLE) range. The worker's '심박수밴드' (Heart Rate Band) sends data to a '스마트 안전장비 클라우드 서버' (Smart Safety Equipment Cloud Server) via 'SKT LoRa/LTE'. The server is connected to an '안전종합상황판 & 관리자 스마트폰' (Safety Comprehensive Situation Board & Manager's Smartphone). Below the diagram, two types of harnesses are shown: '턱끈착용형' (Harness Wearing Type) and '안전모장착형' (Safety Helmet Wearing Type).</p> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제2공구 건설공사, 평택~오송 2복선화 제5공구 건설공사등




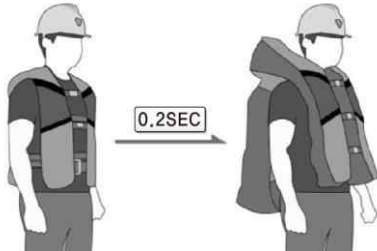


구 분	작업자 긴급상황 알림 안전모 응급버튼
개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 근로자 안전모나 안전복에 부착 ▪ 응급상황시 버튼을 누르면 관리 스마트폰과 상황판으로 알림
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 응급근로자 현재위치 파악 신속대처 ▪ 응급버튼을 누르면 스마트폰은 바로 스피커 폰으로 상태 변경, 근로자가 말을 할 수 있는지 상태 파악
활용사례	  <ul style="list-style-type: none"> ▪ 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등

구 분	스마트 손목밴드
개요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무사고 밴드는 근로자의 체온, 심박수등을 실시간으로 감지해 코로나19, 열사병, 심정지 등의 사고를 사전 예방하고 응급상황 시 신속 대응 가능 ▪ 무사고 밴드를 착용한 근로자의 피부 온도와 심박수를 밴드 내 탑재된 센서가 실시간으로 측정해 주기적으로 데이터를 안전관리자에게 전송 ▪ 관리자는 심박정상 기준 설정 (정상 심박수 60-120) ▪ 관리자 긴급 메시지 전송시 진동알림 가능, 실시간 현재위치 전송 ▪ 응급상황시 버튼을 누르면 곧바로 관리자 스마트폰과 상황판으로 알림
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 근로자 스마트폰과 블루투스 연동 ▪ 과로, 피곤, 과음 등으로 심박이상 근로자 작업 중지 ▪ 응급 근로자 현재위치 파악 및 신속 대처 ▪ 실시간 심박수 전송, 응급상황 시 관리자 및 상황판으로 알림 ▪ 심박이상 근로자 작업 중지, 응급 근로자 현재위치 파악 및 신속 대처 가능
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 근로자 스마트폰과 블루투스 연동, 착용 후 자동으로 1초마다 심박수 원격전송(일반 스마트 밴드는 운동모드 시 심박수 전송), 실시간 현재위치 전송, 관리자 긴급메시지 전송시 진동알림기능, 손목밴드 착용형식 방진방수, 사용성 및 통합관제시스템 활용 시 통합관제 모니터의 Dash Board로 연동 관리가 가능한 제품, App/Web과 연동 가능 등
활용사례	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사, 신분당선 광고~호매실 복선전철 제2공구 건설공사등



구 분	안전고리체결 및 조난신호 알리기
개요	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 안전고리시스템은 위험지역에서 고소작업자의 안전벨트 고리 체결 여부를 안전벨트에 부착된 IoT 통신장치(안전고리용/안전벨트용 디바이스)를 통해 관리자에게 알려 작업자의 추락사고 예방이 가능한 시스템 PC, 스마트폰과 연동하여 작업자 안전고리 체결여부를 가설사무소, 안전관리자가 원거리에서 실시간 모니터링 가능 안전그네, 위험/비위험 구분장치, 자동경보장치, 수집장치, 관리자 송신 서버로 구성
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 안전고리 체결상황 주의 알림으로 고소작업자 안전확보 수상공사 중 추락시 인명사고 등 중대사고 방지 실시간 원격 작업자 안전고리 체결여부 확인으로 고소작업자 등의 안전사고 예방
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> 안전고리 미체결시 경고 알람, 방진방수, 무선통신 및 통합관제시스템 활용 시 통합관제 모니터의 Dash Board로 연동 관리가 가능한 제품, App/Web과 연동 가능 등
활용사례	 <p>스마트안전고리 시스템 구성도</p>   <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제1공구 건설공사등


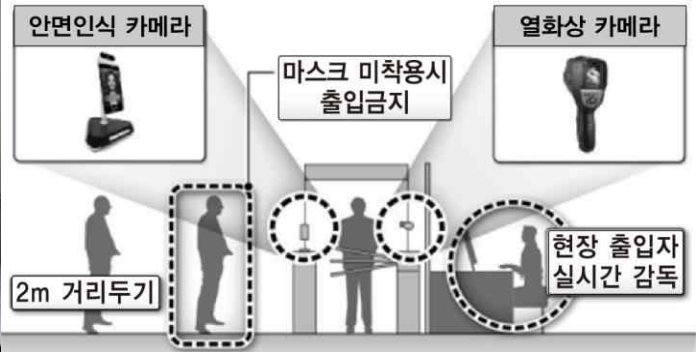
- 스마트 에어백 조끼

구 분	스마트에어백(웨어러블 에어 안전조끼)
개요	<ul style="list-style-type: none"> 스마트에어백은 근로자의 추락, 낙상 사고로 인한 중상을 방지해 주는 조끼 형태로 착용하면 추락 시 인체가 직접 받는 충격을 대폭 줄여주는 안전장비 스마트에어백에 내장된 센서를 통해 작업자의 추락이 감지되면 전자식 인플레이터(에어백 가스 발생 장치)가 에어백을 0.2초 만에 팽창시켜 머리, 경추, 척추와 골반 등 중상에 취약한 신체 부위를 감싸 보호 가속도 감지기, 충격 감지기, 위치 확인 시스템 감지기(GPS) 등이 탑재돼 사고를 즉시 감지할 수 있고, 연계 앱(App)을 통해 지정된 연락처로 사고 상황과 위치를 알려 사고자의 구조 골든타임 확보 가능 스마트에어백은 주로 건설 현장과 공장, 5m 이상에서 작업하는 고소작업, 철도 공사 현장에서 이용 센서는 배터리 완충 시 100시간 이상 연속 사용할 수 있고, 에어백은 손쉽게 교체가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 작업자의 기울기 및 이상 움직임을 감지하는 센서 부착 작업자 추락인지 시 에어백 전개로 중대사고 방지 등 근로자 안전확보
권장 성능	<ul style="list-style-type: none"> 고소작업중 추락사고시 에어백 역할 및 사고 알림, 에어백 전개시간 0.2초 이내 및 앱연동(GPS위치 알림) 등
활용사례	<div data-bbox="432 1137 831 1541">  <p>작업자 추락인지(센서)</p> <p>에어 안전조끼</p> <p>안전조끼 가스주입 (0.2초 이내)</p> <p>에어백 전개 (근로자 보호)</p> </div> <div data-bbox="1007 1223 1385 1473">  <p>0.2SEC</p> </div> <div data-bbox="432 1570 831 1951">  </div> <div data-bbox="1015 1552 1382 1973">  </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제1공구 건설공사등





구 분	이동형 안전스피커
개요	<ul style="list-style-type: none"> 1초 이내 100 데시벨 스피커 음성/싸이렌 알림, 이동식 거치, 볼륨조절 방수/방진, 전원 및 배터리 사용 가능(일/8시간 사용시, 3주) 이동형CCTV로 현장 확인 후 관리자 스마트폰을 이용해 실시간 안전 안내 방송
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 작업현장 위험요소 제거와 근로자 개인안전보호구 미착용 등을 이동형CCTV로 확인 후 실시간 현장 안전 방송, 실시간 긴급대피 싸이렌 알림
활용사례	<div data-bbox="539 712 1273 1070"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 평택~오송 2복선화 제1공구 건설공사등

- 출입관리 장비(시스템)

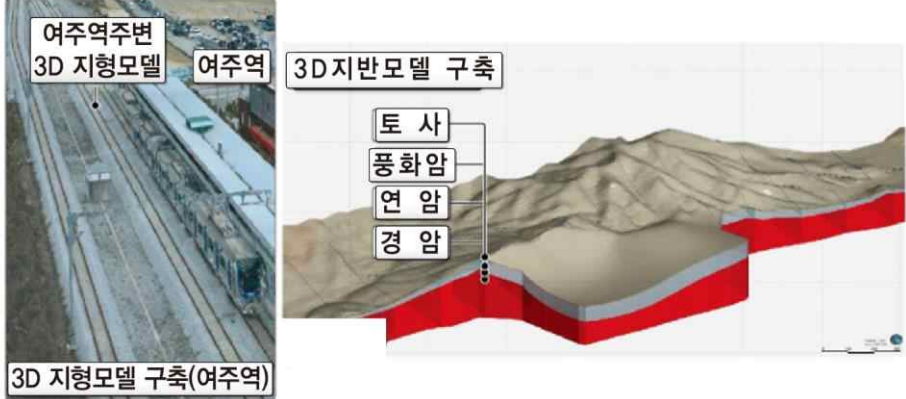
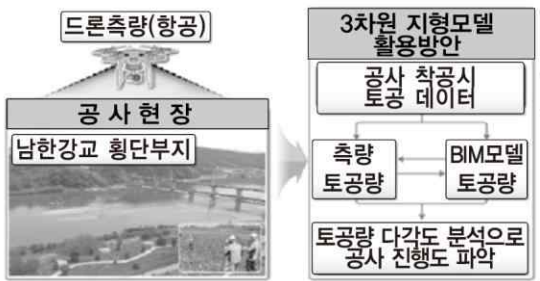

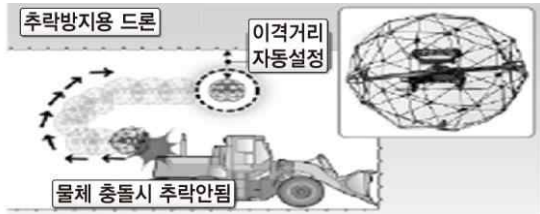



구 분	근로자 출입관리 및 체열감지 시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> 출입 관리 시스템은 근로자 안전인식 기능을 통해 건설 현장의 위험 장소 출입을 관리하고, 출입자 온도 측정을 통해 감염병 확산을 방지 출입 관리 시스템은 얼굴인식 알고리즘을 탑재해 다양한 거리에서도 최대 4m까지 대상을 정확하게 인식할 수 있으며, 동시에 최대 18명까지 감식 가능 지문과 QR 인증 센서를 접목해 얼굴, 지문, 카드, 모바일 출입카드, QR 코드, 비밀번호 등 다양한 방식의 인증수단을 지원해 사용자의 요구와 환경에 따라 자유롭게 사용가능 얼굴인식 시스템을 통해 출입자의 발열감지와 마스크 착용을 식별할 수 있어 감염의 위험을 원천 차단할 수 있고, 출입자의 체온 기록을 저장할 수 있어 근로자의 일일 건강 보고서로도 활용가능 관리 사무실과 연동돼 위험지역 등 출입이 제한된 지역에 근로자가 출입하거나, 체온 등에 문제가 발생했을 경우 알람이 울리고, 관리 사무실에서는 출입 관리 시스템의 패널을 통해 경고 메시지를 송출가능
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 1m 이내에 접근하면 체열 자동 감지, 1초 이내 반응 8인치 태블릿으로 얼굴자동 인식 출입관리시스템과 연동. 3만명까지 사전 근로자 등록 가능 근로자 동선에 설치하여 비대면 체열감지 이상시 경고음 및 출입통제, 마스크 미착용 확인
활용사례	<div data-bbox="379 1361 724 1792">  </div> <div data-bbox="724 1406 1423 1756">  </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제2공구 건설공사등



(사) 스마트 안전교육 시스템

구 분	VR 가상안전 교육장
개요	<ul style="list-style-type: none"> 차량전복, 추락, 충돌, 협착, 질식, 화재, 감전, 낙상 사고 등 가상현실 콘텐츠를 제작하여 근로자가 체험할 수 있도록 하는 시스템 건설안전교육을 위해 정보를 가상현실 기법을 활용해 새로운 형식의 안전교육 콘텐츠로서 간접 체험할 수 있도록 개발한 건설 안전교육정보시스템
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> VR 가상체험 안전교육관 운영을 통한 건설현장내 사고체험, 화재안전, 응급처치법 등 3D 가상영상 체험 교육
활용사례	  <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 강릉~제진 단선전철 제2공구 건설공사(T/K) 실시설계등

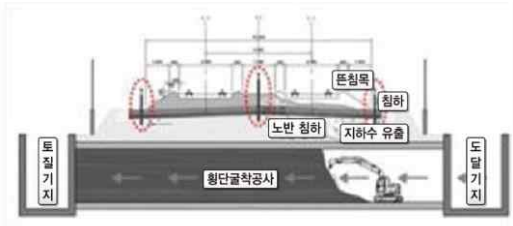
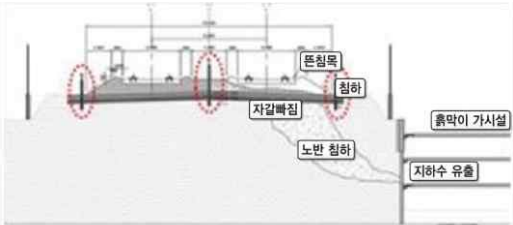

(6) 디지털 측량기술

구 분	드론 활용
개요	<ul style="list-style-type: none"> 지형모델 제작 및 가시화로 현장 정밀파악 드론을 활용한 계획 대비 실적 물량 비교로 공정관리에 활용 드론을 활용한 위험지역 관제, 실시간 영상정보 제공으로 위험상황 발생 시 신속대처 가능 드론을 활용한 철도시설점검(교량 등의 유지보수) 활용 (사례 : 드론과 인공지능(AI)을 활용한 철도시설물 안전 점검 무인 자동화 시스템, 한국철도기술연구원)
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 3D 형상 지형·지반모델을 활용한 설계검토 및 물량산출 드론을 활용한 안전 사각지대 제로화
활용사례	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">      <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="text-align: center;">  <p><기존 점검></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><드론 활용 점검></p> </div> </div> </div>
	<ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제1공구 노반건설공사등



(7) 기타

구 분	IoT 기반 대기, 수질 환경측정 시스템
개요	<ul style="list-style-type: none"> 환경관리 고도화를 위한 IoT, 드론 등 활용 분진 등 측정장비 부착 드론 활용 환경정보 측정센터로 관제센터 터널환경정보 모니터링 미세먼지 정보 제공 신호등 및 쿨링포그 가동으로 쾌적환경 조성
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5), 온도, 습도, VOC, 이산화탄소를 실시간 모니터링하여 원격 전송 IoT 기반 디지털 복합 센서를 활용한 풍향, 풍속, 대기환경, 소음측정 종합적인 대기 환경 센서 기능을 통합시켜 시리얼 데이터 출력 제공 안정적인 데이터 전송을 위한 표준 Modbus 통신 방식 사용 별도의 외부 IoT 서버 없이 단독적인 데이터 전송 가능
활용사례	<ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제1공구 노반건설공사등

구 분	스마트레일빔
개요	<ul style="list-style-type: none"> 철로 중앙부 또는 측면에 스마트 레일빔을 설치하여 안전성을 확보 후 공사
주요특징 및 적용효과	<ul style="list-style-type: none"> 철도에 근접하여 철도보호지구 내에서의 “철도하부횡단공사” 및 “철도측방굴착공사” 공사 시행시 흙막이 벽체주위에서 발생하는 횡방향 부등침하로 인하여 노반의 침하현상이 발생할 가능성이 높고, 노반침하가 발생할 경우 궤도틀림 등의 선로유지관리비용이 증가하고 열차 안전 운행 저해, 뿐만 아니라 안전사고 발생 가능 <div data-bbox="646 638 1161 862">  <p>토질기저, 횡단굴착공사, 노반 침하, 지하수 유출, 침하, 토침목, 도달기저</p> <p>선로 하부 횡단공사</p> </div> <div data-bbox="646 929 1161 1153">  <p>토질기저, 자갈배진, 노반 침하, 지하수 유출, 침하, 토침목, 흙막이 가시설</p> <p>선로 측방 굴착공사</p> </div>
활용사례	<div data-bbox="528 1205 1276 1626">  </div> <ul style="list-style-type: none"> 출처 : 여주~원주 복선전철 제2공구 노반건설공사등



해설 4. 스마트 건설기술 적용을 위한 체크리스트

(1) 스마트 건설기술의 적용을 위해서는 대상 스마트 건설기술의 적용성, 우수성, 건설기준 부합성등에 대한 검토를 수행하여야 한다.

구 분		세부검토항목
기술요약서		<ul style="list-style-type: none"> 기술 개요, 특징 등을 명확하게 작성
기술의 적용성		<ul style="list-style-type: none"> 사용하려는 스마트건설기술의 현장 적용성을 판단할 수 있도록 건설공사의 적용 단계 및 분야 등을 작성하고, 기존기술이 있을 경우 기존기술과 비교하여 기술 개선사항을 작성
기술의 우수성	안전성	<ul style="list-style-type: none"> 재해예방 효과, 안전사고 저감효과 등
	생산성	<ul style="list-style-type: none"> 공사기간 단축 또는 투입인력 절감 효과 등
	첨단성	<ul style="list-style-type: none"> 세계최고 수준 또는 국내외 최초 적용 등 기술 수준 등
	확장성	<ul style="list-style-type: none"> 건설산업에 지속적 활용 또는 타분야 적용성 등
	기타	<ul style="list-style-type: none"> 시공성, 현장적용성, 경제성, 기타 기술적 우수성, A/S 의 신속성 및 백업 시스템 구축지원 가능여부 등
건설기준 부합성		<ul style="list-style-type: none"> 대상 스마트건설기술이 국가건설기준에 부합하는지 여부 대상 스마트건설기술의 특성상 현행 건설기준을 적용할 수 없는 경우, 이에 대한 해결방안이 제시되어 있는지 여부

RECORD HISTORY

- Rev.00('24.06.04) 철도건설사업에 적용가능한 스마트건설기술의 활성화 등을 해 고도화
용역 검토사항을 반영한 KR CODE 제정(심사기준처-715호, '24.06.04)
- Rev.01('24.08.30) 불필요 문구 삭제 및 스마트건설 기술의 현장 적용을 위한 활용절차 및
전문기관 등의 검토에 관한 사항은 국토부 고시 “스마트건설기술 활성화
지침”을 따르도록 문구 반영(심사기준처-2216, '24.08.30)