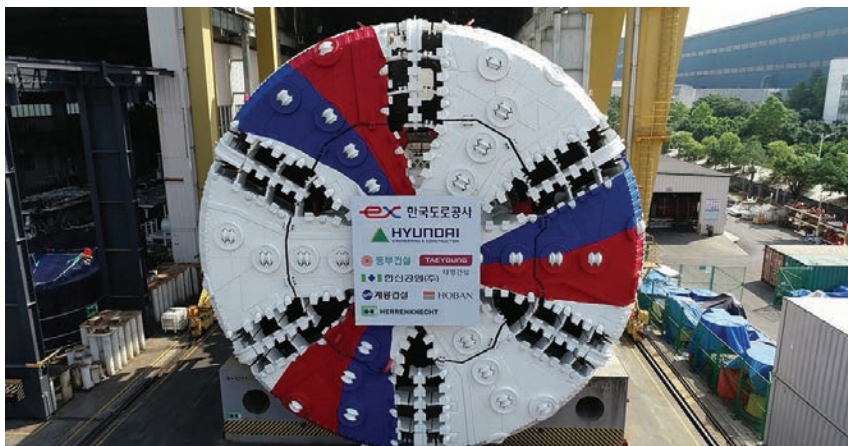


국내 최초 한강 아래로 고속도로 터널 생긴다! 현대건설이 선보이는 스마트 터널 - 수도권제2순환고속도로 김포~파주 2공구 -

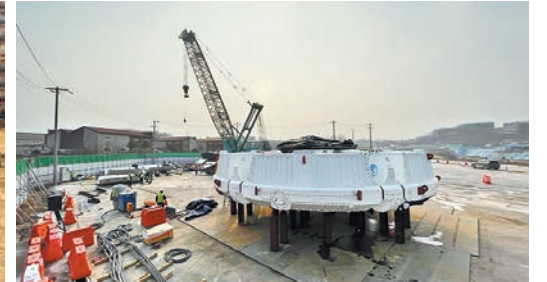


국내 최초 한강 하저 고속도로 터널

수도권제2순환고속도로는 인천광역시와 경기도를 포함한 수도권 지역을 아우르는 2번째 순환고속도로이다. 이중 김포~파주 구간은 총연장 26.36km의 고속도로로 현대건설이 수주한 2공구는 김포시 하성면부터 파주시 연다산동을 잇는 왕복 4차로 6.76km의 최장 구간이며, 국내 최초 한강하저 도로터널의 난코스 공사구간이 포함되어 있다. 이 도로터널은 한강수면 20~35m 아래로 약 2.9km를 통과해야 하는 공사로 아파트 5층 높이와 맞먹는 쉴드 TBM장비를 설치하기 위해 건물 지하 9층 깊이까지 발진기를 굴착했다.



발진기지 굴착 현장



TBM 커터휠 조립모습

쉴드 TBM 공법 적용

현대건설이 건설하는 김포~파주고속도로 2공구 한강 하저터널의 쉴드 TBM(shield Tunnel Boring Machine)은 터널 굴착공법 중에 하나로 지상에 위치한 구조물 등 영향을 주지 않고 지하를 굴착하는 공법이다. 쉴드 TBM공법은 지반침하나 터널 붕괴 위험이 낮고 지상에 있는 구조물 등의 영향을 받지 않아 안전한 터널 공사 공법으로 평가받고 있지만 500톤 규모의 커터헤드를 조립하고 해체하는데 반년 이상 소요되어 공사비가 비싸다는 단점이 있다. 한강 하저터널 현장은 대기의 최대 5배에 이르는 고수압 환경, 흙, 모래, 암반 등이 뒤섞인 복합지반 등을 감안하여 안전성이 높고 수압 대응성이 우수한 이수 가압식 쉴드 TBM공법이 채택되었다. 쉴드 TBM은 굴착직경이 14m로 국내 최대 직경 터널로 쉴드 본체를 포함한 장비 길이는 125m, 장비 무게는 약 3,200톤이며, 전면부의 커터 헤드에는 회전하면서 터널을 뚫는 최대 19인치 크기의 원형 커터 71개를 장착했다. 이는 세계적으로도 흔하지 않은 대구경 쉴드 TBM 공법으로 하저구간의 무한한 수원에 대응하여 안정적인 공사를 효율적으로 수행

할 수 있는 다양한 첨단장치를 적용하였다. 또한 터널 굴착부터 구조체 시공, 토사 배출까지 전 과정이 기계식 자동화로 이뤄진다. 참고로 현대건설은 현재 커터헤드를 경기도 파주시 송촌동 일대 하저 터널공사 발진기지에서 조립을 완료하였으며 10월 이후 순차적으로 굴진한다고 밝혔다.



국내·외 26개 TBM 터널 시공 경험을 토대로 각종 스마트 기술 적용

김포~파주고속도로 2공구 한강 하저터널 쉴드 TBM에는 각종 센서와 디지털 기기를 탑재해 운영정보를 실시간으로 취득할 수 있도록 설계했다. 특히 현대건설의 자체 개발 기술(TADAS: TBM Advanced Driving Assistance System)을 활용해 굴착 데이터와 지반정보를 실시간으로 분석하고 최적의 운전 방법을 제



시하여 TBM을 활용한다. 이러한 터널의 시공 정보를 포함한 전체 현장의 현황 정보는 현대건설에서 개발한 BIM기반 디지털 시스템(HIBoard: Hyundai IoT Board)과 중앙 통합 운영 시스템(HOC: Head Office Control)을 이용해 실시간으로 현장 작업을 원격 지원·관리하고 있다. 참고로 HIBoard는 현장 디지털 현황판, 현장운영에 대한 모든 정보(공정, 인력, 시공현황 등)가 실시간으로 나타나며 현장 전체 정보를 관리할 수 있는 시스템이며, HOC는 본사-현장 통합운영시스템으로 디지털화된 현장들의 HIBoard 정보가 본사 HOC 시스템에 실시간으로 연동되어 현장들을 통합하여 관리할 수 있는 시스템이다.

터널 내부에서도 스마트글래스를 활용해 실시간으로 본사·사무실과 원격 화상 회의를 수행하고 홀로렌즈와 연계한 AR(Augmented Reality) 기반의 품질관리업무도 할 수 있게 되었으며, 무인 현장 관리에 활용 가능한 원격드론, 무인지상차량(UGV: Unmanned Ground Vehicle) 등도 터널 현장에 투입해 AI 기반의 안전관리 및 라이다(LiDAR) 기반의 측량 업무 무인화를 실현하고 있다.

또한 현대건설은 터널 전 구간에 ICT 기반의 스마트건설기술 기반의 통신환경 구축을 실현했다. 특히, 국내 최초로 터널 현장의 원활한 무선 데이터 통신 환경 구축을 위한 기술(TVWS: TV White Space)을 적용해 터널 전 구간에서 원활한 데이터 통신을 가능하게 했고, 다양한 스마트건설 장비의 활용이 가능한 무선 통신 환경을 구축했다.

현대건설은 안전한 터널 시공을 위해 자체 개발 시스템인 AI 재해예측 시스템을 통해 빅데이터 기반의 안전 리스크를 분석해 안전관리 업무를 효과적으로 수행하고 있으며, 특수장비인 TBM의 시공 단계를 VR(Virtual Reality) 시뮬레이터로 구축해 모든 시공 과정을 가상으로 체험하고 몰입형 안전 교육도 수행이 가능하다. 또한 현대건설의 독자기술로 개발된 IoT 센서 기반의 안전관리시스템(HIoS: Hyundai IoT Safety System)과 이동식 AI CCTV를 통해 작업자의 위치를 실시간 모니터링하고 있으며, 현장의 모든 차량계 건설장비에도 AI 기반의 근로자인식카메라를 설치하여 장비협착사고를 예방하는 등 관리사각지대에 발생하는 근로자 안전사고 방지에 앞장서고 있다.

한강 하저터널 준공 이후에는?

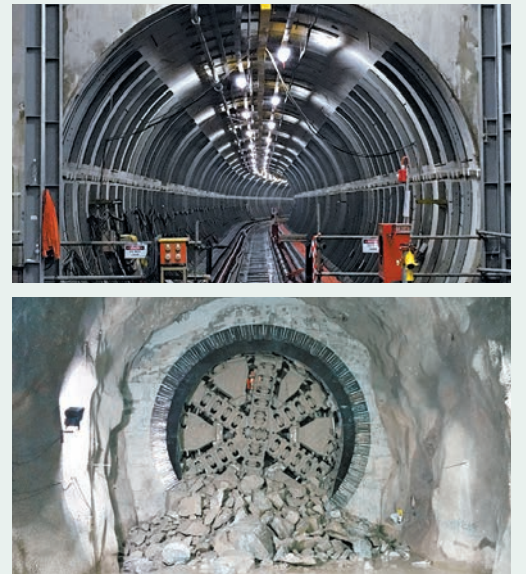
한강하저터널은 운영 시에도 안전을 최우선으로 한다. 1등급 방재시설로서 차량용 피난 연락갱 4곳을 비롯해 환기용 제트팬 30개와 물분무 시설 120개를 설치한다. 특히 100여 미터 간격으로 피난 슬라이드 62개를 설치해 화재가 발생했을 경우 차량이 운행하지 않는 터널 하부 안

전한 공간으로 신속하게 대피할 수 있도록 설계했다. 또한 교통사고로 인한 중증 외상환자 발생 시 긴급구난 연결로를 이용해 인근의 권역외 상센터까지 곧바로 후송이 가능하고, 200년 빈도의 침수방지둑과 100년 빈도의 집수정과 펌프를 설치하고 침수방지센서를 이용한 실시간 모니터링 등 침수에도 완벽히 대비했다.

TBM공법 터널기술 이모저모

TBM공법이란 굴착기 전면의 커터헤드(Cutterhead)를 회전시켜 터널을 굴착하고 미리 제작한 터널 벽면을 조립하며 굴진하는 공법이다. 저진동·저소음으로 민원 발생 문제가 적고, 가압을 통한 방수로 지하수의 수위 저하를 막을 수 있기 때문에 자연보호가 가능하다. 또한 기존에 널리 사용되고 있는 발파 공법인 NATM(New Austrian Tunneling Method) 공법에 비해 분진, 오염물질 발생이 거의 없고 최대 5배 이상의 굴진율을 보여 공사기간을 단축시킬 수 있어 경제적이다. 이처럼 빠른 시공, 안전성, 환경성뿐만 아니라 경제성 향상을 장점으로 고루 갖춘 TBM공법은 많은 기술이 필요하지만 터널건설에 많은 수요가 있어 날로 발전하고 있다. 전 세계적으로 도심지 터널, 해저터널, 장대 산악터널 등에서 적용이 확대되고 있으며, 해외 터널 프로젝트의 상당수가 이 공법으로 발주되고 있는 상황이다. 우리나라에서도 1985년에 처음으로 TBM이 적용된 이후 도심지 위주로 적용이 점차 증가하고 있다.

현대건설은 명실상부 터널기술 선두주자로서 다양한 TBM공법과 기술을 보유하고 있다. 회전식 암석 절삭 시험기(Rotary Cutting Machine), 디스크 커터 마모 시험기(New Abrasion Tester), Micro EPB(토압 균형식) TBM, 토사지반 EPB TBM 모사장비(Soil Abrasion Penetration Test) 등 특허기술에 '세계 최초', '독자 개발'이란 수사를 당당히 붙이고 있다. 



TVWS: TV 방송용으로 할당된 주파수 대역 중 사용하지 않는 주파수 대역으로 전파 특성이 우수하여 커버리지가 넓음.

자료와 사진을 제공해준 현대건설(주)에 깊이 감사드립니다.