"국내 최장의 산악 NATM 터널 건설, 천성산 관통을 목표로"

- 정보화 시공의 효시…광변형 센서를 응용하여 굴착 중 터널 계측 실시 -

건국 이래 최대의 국책 사업이라 불리는고속철도가 2004년 4월개통됨에 따라 우리나라는 프랑스, 일본, 독일, 스페인등과함께시속 300km의초고속철도시대에들어섰다. 고속철도의개통은전국을2시간대생활권으로연결시켜국민들의생활에커다란변혁을가져왔다. 뿐만아니라첨단 기술의 집약체인 고속철도는 차세대를 대표할 만한 새로운 교통 수단으로 자리매김하고있다.

하지만 우리나라 '레일 위의 항공기'는 아직미완성이다. 서울에서대구에이르는1단계 구간만 개통된 상태이다. 대구 부산간2단계사업이완료되는2010년이되어야 비로소 완전한 고속철도 시대를 열게 되는 것이다.

'도롱뇽'에 발목 잡혀

2단계 사업은 1단계의 시행착오와 이를 통한경험및기술축적으로비교적쉽게이루어질것으로예상되었다. 그러나, 철의실크로드를 건설하는 대역사는 쉽지 않은 일이었다. 새만금 방조제와 마찬가지로 경부고속철도2단계사업역시환경문제에발목이잡혔다. 수조원이들어가는이국책사업의 가장 큰 장애 요인은 바로 천성산의 '도롱뇽'.

노선 선정 과정에서부터 많은 논란으로 인해발주자체가1년여연기되기도하였던 천성산 통과 구간은 발주 후에도 문제가 끊이지않았다. 지율스님및환경단체의공사방해와공사중지가처분소송(도롱뇽소송) 과정에서의 두 차례 공사 중지로 막대한 공정상 차질이 빚어졌다. 이들의 100일 점거농성까지 포함하면 사실상 세 차례나 장비를세운셈이다. 공사초창기에3개월간공사가중지되면서협력업체를포함해시공사는엄청난손실을감내할수밖에없었다.

이러한 우여곡절과 많은 어려움 속에서 국내 최장의 터널 공사는 2005년 12월부터 본격적으로 시작되었다. 천성산통과 터널, 즉 원효터널은경부고속철도 제13-3공구와 제13-4공구에걸쳐있다. 이중제13-4공구는 현대건설이 주간사를 맡아 수행하고 있다. 새만금 방조제 공사의 마지막을 장식한

현대건설이 경부고속철도 사업에서도 마지막 난공사를 맡고 있는 점이 이채롭게 느껴진다.

경남 양산시 웅상읍 주남리에서 동면 개곡리까지 총연장 9km의 노반을 신설하는 공사는 대안입찰 방식으로 발주되었다. 공사기간은 착공일로부터 51개월로 2008년 2월말 준공예정이다. 하지만 도롱뇽 소송과 지역 주민의 민원으로 공정이 지체되어 있는 상황이다. 60% 정도의 공정률이 정상이지만 9월 말 현재 35%에 머물고 있는 실정이다.

환경 훼손을 최소화하는 설계 기법 활용

이 현장에서는 설계 및 공사 단계에서 환경단체가 우려하는 생태계 파괴 및 터널 불안정성을 방지하기 위하여 정보화 시공 및 친환경 정밀 시공 대책을 마련하였다. 그리고 추가적으로 터널 굴착 전 · 중 · 후의 환경 모니터링을 실시하여 터널 굴착과 생태계 변화의 연관성을 지속적으로 관찰하고 있다.

천성산 통과 구간 터널은 설계 단계에서 환경 훼손을 최소화하기 위하여 시추 조사 등의 직접 조사 기법을 지양하고 환경 훼손에 거의 영향이 없는 각종 최신 기법을 총망라하여 적용하였다. 먼저, 1단계로 선구조분석을 실시하였다. 이를 통해 천성산 구간의 광역적인 지형특성, 선구조 특성 판독 및 암종 분포, 단층대의 발달 상태 등을 지표지질조사와 연계 분석하였다. 주응력 방향에 따른 주향이동전단개념에 근거한 새로운 기법의 선구조분석을 수행한 것이다. 2단계로는 정밀지표지질조사를 실시해 과업지역을 지층 분포 · 불연속면 발달 상태 등 지질학적 특성이 유사한 지역으로 세분하였다.

3단계는 1, 2단계에서 제시된 선구조 분석 등을 근거로 물리 탐사 구간을 선정하여 전자탐사, 원거리탄성파탐사, 전기비저항탐사, 전기 비저항 검층, VLF 탐사 등을 실시해 지반설계정수 산정의 근거자료로 활용하였다. 4단계는 이러한 조사결과에 의거 암반의 특성을 반영한 개략적인 암반 분류를 시행하고, 정밀 물리 탐사 및 현장 시험 결과를 이용하여 시추 조사 결과와의 상관성을 분석하였다. 특히, 미시추구간에 대해서는 시추코어 암반분류, 물리탐사와 시추 조사 결과와의 상관성 분석을 통하여 암반 등급을 결정하였다.

정보화 시공으로 터널 안정성 극대화

설계 단계에서 제시된 터널 암반 등급은 간접 기법에 의해 산정된 것으로서 불확실성을 내포하고 있다. 이에 현대건설은 이러한 불확실성을 터널 굴착 중 정보화 시공으로 극복하고 있다.

정보화 시공은 TSP(Tunnel Seismic Prediction) 탐사를 통해 막장 전방 암반에 존재하는 파쇄대, 단층대 등 불연속면을 굴착전방 100m에서 정밀하게 예측해 합리적인 굴착계획 및 보강계획을 수립하는데 1차적인 목적이 있다. TSP 탐사결과에 따라 연약 구간으로 확인된 구간에 대해서는 점보 드릴에 센서를 장착해 전방 막장을 직접 천공하여 지질을 예측하는 LIM(Logging Instrumentation Measure) 시스템을 적용한다. 이 시스템은 선진보링시회전력대천공 속도, 압력의 변화를 그래프로 출력함으로써 불안정 지반에 대한 전방의 암질을 예측할 수 있도록 해준다.

미니인터뷰 윤철수 현대건설현장소장

"소모적 논쟁으로 국책 사업이 중단되는 악순환 이젠 사라져야"

"그동안 수차례에 걸친 공사 중단에다 공사장 인근 주민들의 억지성 민원들로 인해 마음 편히 공사에 임한 적이 없었습니다. 다행히 지난 6월 장기간 단식 농성까지 벌였던 지율스님과 환경 단체의 공사 착공 금지 가처분 신청이 대법원에 의해 기각됨으로써 공사에 탄력이 붙고 있습니다."

윤철수 소장은 대법원의 도롱뇽 소송 기각으로 천성산 터널이 명분을 얻음으로써 전 직원들이 세계 최고의 고속철도를 건설한다는 각오로 공사에 임하고 있다고 말했다. 그는 도롱뇽 소송으로 주요 국책사업의 결정과정에서 생태가치 등 환경을 중시해야 한다는 공감대가 형성된 것은 소중한 교훈이었다며, 향후 소모적인 논쟁으로 수행 중인 공사가 중단되는 악순환이 되풀이되어서는 안된다고 강조하였다.

윤철수 소장은 경부고속철도와 깊은 인연을 맺고 있다. 1995년 1단계 사업 중 제2-2공구(수원 평택)의 공무 책임자로 참여해 2002년 1월 준공시에는 현장소장으로서 공사를 마무리하였다. 공사비만 3,500억원에 달하는 프로젝트가 그의 손끝을 거쳐 세상에 선을 보이게 된 것이다. "공사를 끝낸 지 7년째 접어들었지만 아직 발주기관으로부터 하자를 통보 받은 적이 없습니다. 이는 고속철도가 다른 일반 프로젝트와 달리 보수 공사가 거의 불가능한 점을 감안해 처음부터 엄격한 품질 관리를 실시하였기 때문입니다. 당시 '하자 없는 현장'을 모토로 국내외 토목 공사에서 익힌 노하우를 열정적으로 쏟아 부었습니다." 윤철수 소장은 이라크 북부 철도공사 등 국내외에서 철도공사 경험만 14년을 갖고 있는 베테랑 엔지니어 출신이다.

이러한 그의 경험과 노하우는 이곳 양산 현장에서도 여지없이 드러나고 있다. 도롱뇽 소송 등으로 전 국민적인 관심과 시선을 받고 있는 부담 많은 현장을 맡아 지금까지 품질, 환경, 안전관리를 체계적으로 수행하고 있다. 특히, 환경 문제에 노출된 점을 고려해 계곡 수량과 고산 습지 수위, 그리고 지하수량을 지속적으로 체크하는 환경 모니터링에 중점을 두고 있다. 환경 분쟁을 미연에 방지하기 위해서이다. "착공 이후 지난 2년 8개월 동안 실제 작업 기간은 1년 남짓에 불과하였습니다. 앞으로 고속철도 건설 사업의 성공적인 수행을 위해 품질, 안전, 환경 관리 체계를 한 차원 높임으로써 대한민국의 대표 건설업체의 명성을 이어가는 데 혼신의 힘을 기울이겠습니다."

다음으로, 직경 45mm의 막장 감지공을 천공해 누수량을 측정하고 그 평가 결과에 따라 그라우팅 적용 여부를 결정하고 있다. 이러한 단계에서 확인된 연약 구간 및 용수 구간에 대해서는 소규모 터널인 pilot 터널을 선행 굴착하여 터널 내 지하수 용출량을 최소화하고 필요시 그라우팅을 실시한 후 확대굴착한다.

이처럼 현대건설은 여러 가지 정보화 시공에의하여 터널 전방 막장에 대한 예측을 실시하며, 또한전방막장및후방의터널거동을 확인하기 위하여 계측을 실시하고 있다. 특히, 이현장에서는국내최초로광변형센서를 응용한 굴착 중 터널 계측을 실시하고있다. 광변형센서를응용한계측데이터는시공중뿐만아니라완공후유지관리차원에서도 적극 이용된다. 그리고계측 자료를통해설계시가정사항에대한평가와차후 설계 및 시공되는터널에 반영하기 위한 자료로활용될수있다.

정밀 시공 · 환경 모니터링으로 갈등 극복

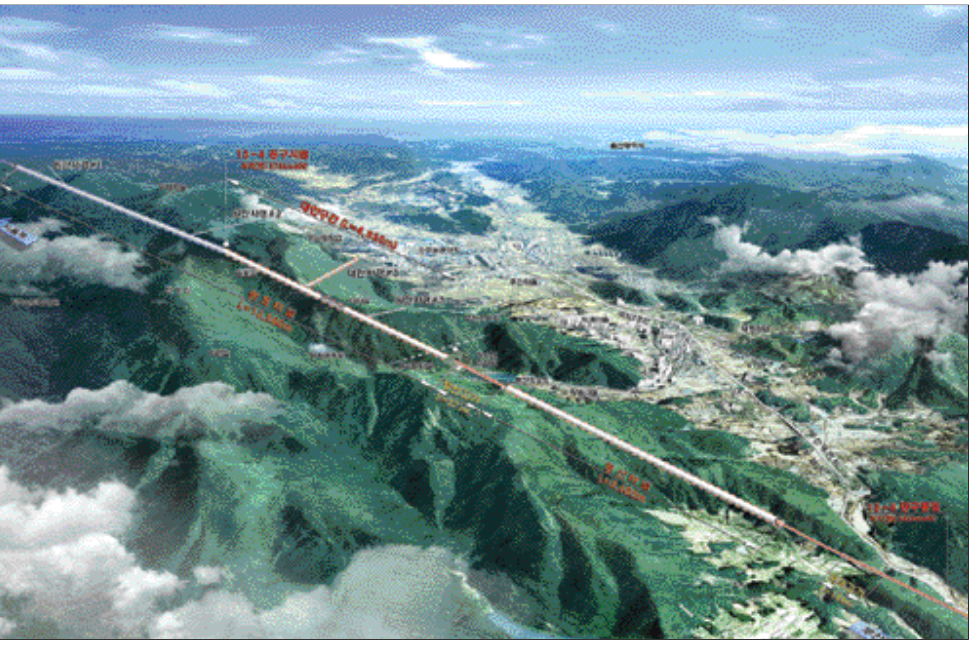
당초천성산을관통하는설계안에대하여 환경 단체는 터널 상부에 위치하는 고산 습지의생태계파괴및터널굴착에의한지반침하를 이유로 반대하였다. 현대건설은 이에대한대책으로생태계및환경영향모니터링을 통해 터널 굴착으로 인한 정밀 영향을분석하였다.

그결과연약구간등단층대통과구간에대해서는 차수 공법을 적용하여 터널 통과 시습지의고갈에대비하였다. 즉, 우레탄공법의 일종인 TAS(Tunneling method on Advanced reinforcing System) 그라우팅, MSG(Micro Silica Grouting) 공법, 시멘트 주입공법등현장조건에적합한공법을선정해시행하였다. 특히, 용출수가있는경우에는 MSG, TAS 공법을 선행 혹은 병행하였다.

원효터널내점보드릴천공작업.

이처럼 친환경과 생태계 보전에 최선을 다하고 있지만 현장 관계자들은 아직도 불안하다. 3년에걸친 소송 과정에서 결국 대법원의판결로써종결되었지만환경단체와의 갈등은 아직도 끝나지 않았기 때문이다. 이러한 문제는 설계에 제시되어 있는 정밀 시공과지속적인환경모니터링으로극복해야할것이다. 그러한과정에서완벽한안전 시공도도모하게될것이다.

이제 천성산 터널은 3개 작업 터널과 본선 터널과의 관통을 눈앞에 두고 있다. 13.28km의국내최장산악터널의8개막장에서 지금도 진행되고 있는 발파의 진동은 경부고속철도의역사적인완공을알리는신호음인것이다. 지금까지두차례의공사중단으로 공정상 차질이 빚어지고 있으나 불철주야 노력하고 있는 현장 근로자들의 땀과 중장비의 굉음에서 2010년 부산 신항만과 연계되는 동북아 물류 시스템의 완성을 미리그려볼수있었다.

글 · 사진: 이형우 기자 (hwlee@cerik.re.kr)

경부고속철도 13-4공구위치도.