건설 역사의 새 章 - 고속철도 시대를 열다

시행착오와 혼선… 향후 사업의 소중한 교훈으로

- 안전하고 튼튼한 구조물 시공에 역점, 건설 공사 품질 관리 모범 보여 -

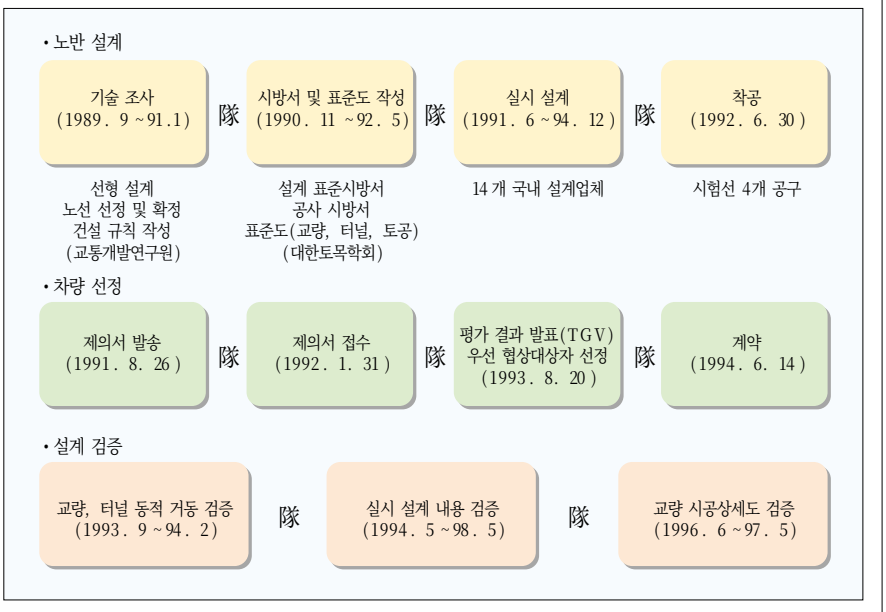
경부고속철도 사업이 1992년 6월 첫 삽을 뜬 이후 마침내 2004년 4월 1일 1단계 개통을 하게 된다. 단군 이래 최대의 국책 사업으로 한국 철도 100여 년의 역사상 괄목할 만한 기술 발전의 성과를 이룩하였다. 하지만 기술 조사가 시작된 1991년 무렵에는 고속철도의 건설을 위한 국내의 기술 기반, 특히 철도 기술의 수준은 매우 미약한 실정이었다.

고속철도는 고속으로 운행하는 열차에 의해서 발생되는 구조물의 공진 현상과 고주파 진동에 기인하는 재료의 피로, 터널 통과시 급격한 공기압의 변화로 인한 승차감 저하 등 기존의 철도에서 볼 수 없던 여러 가지 복잡한 동 역학적인 현상에 대처해야 한다. 특히, 시속 300 km의 열차를 안전하게 운행하기 위해서 요구되는 엄격한 기술 규격과 품질 기준을 만족시켜야 한다.

외국 고속철도의 경우에는 고속철도 기술 개발 과정에서 축적된 체계적인 기술과 시속 160 200 km의 속도 영역에 대한 충분한 운행 경험을 갖고 있었다. 그러나, 우리나라의 경우는 시속 100 km 내외의 운행 경험뿐인 철도 기술 수준에서 갑자기 시속 300 km의 고속철도를 도입함으로써 고속철도의 핵심 기술들을 우리의 수준에서 이해하고 준비하는 데는 어쩔 수 없는 한계와 어려움이 있었다.

이제 경부고속철도 1단계 사업을 마무리하면서 사업 초기에 발생되었던 혼선과 오류 등

공사 착공을 전후한 설계 추진 사항과 차량 선정 일정



을 되돌아보고 이를 개선·보완하였던 내용을 소개하면서 향후 2단계 사업을 위한 교훈으로 삼고자 한다.

사전 준비 부족으로 시행착오

경부고속철도 건설 공사는 당시 국내에서 추진되었던 대부분의 다른 대형 건설 공사와 마찬가지로 사전 준비가 충분치 못한 상태에서 1992년 6월 착공되었다. 국내 기술을 최대한 활용하여 우리 기술로 고속철도 건설을 하겠다는 의욕으로 국내 기술진을 중심으로 설계 기준과 기술 시방서를 확정한 후 서울 부산간 14개 공구에 대하여 실시 설계를 추진하였다.

고속철도의 기술적 특성이 반영된 핵심 기술 사항은 고속철도 운영 국가만이 갖고 있는 노하우이지만 고속철도 차량이 선정되면 차량 선진국의 경험과 기술을 이전받아 수정·보완하면 큰 문제가 없을 것으로 생각하고 착공을 추진하였던 것이다. 그러나, 위의 표에서 보는 바와 같이 1991년 8월 고속철도 차량 선정을 위한 제의 요청서를 발송한 후 차량 선정은 당초 계획보다 계속 늦어져 노반 공사 착공 후 2년 만인 1994년 6월에야 계약이 체결되었다.

더욱이 고속철도의 기술적 특성에 대한 이해 부족으로 종래의 일반 철도 설계 개념과 일부 외국 고속철도 기술 자료를 참고로 하여 수행된 노반 설계는 고속 차량 선정 후 프랑스 철도 기술진에 의해 전면적인 수정 보완이 불가피하였다. 이러한 과정에서 가장 큰 영향을 준 것은 전체 노선의 약 30 %를 점하고 있는 교량의 재설계 문제로서 이로 인하여 전체적인 공사 추진에 큰 혼선과 지장을 초래하게 되었다. 시속 300 km의 고속 차량에 대한 동적 거동을 해석한 결과 PC 빔으로 설계된 교량 상부는 PC BOX로 변경하여야 했고, 정차장 구간의 라멘교는 강성을 증가시키기 위하여 단면을 크게 해야만 하였다. 또한, 고속 열차의 제동력 등에 따른 교량의 종 방향 해석 결과 교각의 보강이 필요하게 되었다. 교각 보강의 경우 상판 구조의 변경과는 달리 설계 보완 작업만으로 끝나지 않았다. 공사 착공 후 2년이 지나 공사가 상당히 진척되어 있었던 시험선 구간에서는 이미 시공된 교각의 변경 작업이 필요하였다. 그러나, 현실적으로 이러한 보강 작업은 거의 불가능하였으므로 수평력을 완화 분산시키는 클럽커플러 장치를 도입·설치할 수밖에 없는 실정이었다. 프랑스 기술진에 의해 전면적인 설계 검증을 실시한 결과 보완해야 했던 주요 내용은 다음 표와 같다.

혼선을 극복하며 얻은 성과

고속철도 사업을 통해 얻은 주요 성과 중의 하나는 외국 기술의 국내 적용 과정에서 발생한 혼선과 시행착오 등을 극복하면서 얻은 경험으로부터 국내 철도 기술이 도약하는 기틀을 마련하였다는 것이다. 무엇보다도 고속 열차 운행시 발생하는 동적 현상에 대한 해석을 통하여 공진 발생 현상을 명확하게 파악하고 이해할 수 있었으며, 이를 교량 설계에 적용함으로써 독자적인 설계 기술을 확립할 수 있게 되었다. 특히, 고속철도 기술은 고속으로 운행되는 열차로부터 발생하는 여러 가지 복잡한 현상에 대한 해결 과정에서 축적된 기술로서 지난 4년 간의 시운전 과정에서 경험한 고속철도 운행 실적이 귀중한 기술 자료로 활용될 수 있을 것이다. 경부고속철도 건설을 통하여 기술을 축적한 국내 건설업체와 설계 용역사가 최근 건설 중인 대만 고속철도 사업에 진출하여 큰 성과를 얻고 있는 사례에서 볼 수 있듯이 국내의 고속철도 건설 기술은 세계적인 수준에 도달하고 있다.

또한, 고속철도 사업은 노반, 궤도, 전력, 신호, 차량 등 다양한 분야의 기술이 집약된 대형 사업으로 이를 체계적이고 효율적으로 관리하기 위한 종합적인 사업 관리 체계를 도입하였다. 사업 초기에는 미국 벡텔사의 도움을 받아 국내 기술진과 공동으로 사업 관리를 시작하였다. 하지만 사업이 어느 정도 진척되면서 국내 기술진만으로 사업 관리를 추진함으로써 이제는 자립의 단계로 접어들어 중국 고속철도 사업 등 해외 고속철도 사업에 진출하는 데 가장 경쟁력 있는 분야가 되었다.

프랑스 기술진의 설계 검증 결과 보완한 주요 내용

구분	보완 내용	비고
선형	- 종곡선, 평면곡선, 완화곡선 - 건넘선 및 분기기 설치 위치 - 신축이음 설치 위치 - 정차장 내 선로 중심 간격	고속철도 기준에 적합한지 여부 검토
교량	- 표준 교량 구조 검토 등 상세 설계 검증 - 특수 교량 구조 검토 등 상세 설계 검증 - 시공 상세도 검증 - 장대 레일 축력 - PC BOX 설계 관련 사항 - 부속 설비(받침, 방수, 접지, 신축 이음, 클립커플러, 전차선 기초, 공동구, 방음벽 기초)	상세 설계 검토
토공	- 토공 강화 노반 - 토공 어프로치 블록 - 토공 구조물 형상, 배수 형식, 절·성토 경사도	기준 제공 및 상세 설계 검토
터널	- 터널 라이닝 콘크리트 강도 : 240 kg/cm²(당초 210 kg/cm²) - 터널 보조도상 콘크리트 : 균열 방지 와이어 매쉬 사용	기준 제공
정거장	- 분기기 설치 기준 - 레일 신축 설치 기준 - 정거장 내 최급구배 - 정거장 형상과 배치, 승강장 길이, 분기기 위치	정거장 설계의 적합성 검토
시방서	- 교량(BPEL, BAEL) - 토공의 절·성토 - 터널 - PC BOX 가설 공법(MSS, FSM) - 파일 기초, 확대 기초 - UIC, EURO, NORM	프랑스 TGV 노선 건설에 적용된 설계 공사시방서 제공
유지 보수 지침서	- 교량 받침(탄성, 포트) - 리지드 커플러 - 클립 커플러 - 신축 이음 - 방수	교량 부속 설비에 대한 유지 보수 지침서 작성

고속철도는 1회 운행시 1,000여 명의 승객을 싣고 시속 300 km로 주행하는 교통 수단으로, 충분한 강도와 안전이 확보되도록 시공해야 하는 구조물로서 완벽한 품질이 생명인 건설 공사이다. 이를 확인하기 위하여 사업 초기 미국의 안전 진단 전문 업체에서 시행한 고속철도 구조물의 안전 점검 결과는 당시 국내 여론에 부정적으로 보도되면서 커다란 파문이 일어나기도 하였다. 그래서 국내 건설 공사의 고질적 관행이었던 끝마무리 미흡, 무성의한 시공, 정착되지 못했던 감리 제도 등을 개선·보완하기 위하여 먼저 공단에서 설계, 시공, 감리, 구매, 제조 등 각 단계별로 ISO 절차에 따른 체계적인 사업 체계를 도입해 완벽한 체제를 구축하게 되었다. 또한, 고속철도 공사가 부실 공사의 대명사라는 시련을 극복하기 위하여 참여 업체의 ISO 요건에 의한 품질 관리, 선진 첨단 공법 도입 및 기계화 시공을 통한 공사 관리, 공사실명제 시행으로 책임 의식 고취, 고속철도 건설 경험이 있는 외국의 감리단 투입, 고성능 배치 플랜트 및 철근 가공장 설치·가동으로 콘크리트 품질 향상, 예방적 품질·안전 관리 활동 등을 지속적으로 추진하였다. 그 결과 이제는 고속철도 공사가 국내 건설 공사의 관행을 바꾸고 건설 공사 품질 관리에서 현장의 가장 모범적인 사례로 인용되고 있다. 고속철도 건설 공사를 통하여 얻은 또 하나의 커다란 성과라 할 수 있다.

효율적·경제적인 구조물 시공을

1단계 사업에서 얻은 교훈은 사업 초기 고속철도 기술에 대한 이해와 경험이 부족했으면서도 국내 기술로 추진하려는 의욕이 앞서 설계도서나 시방서가 충분히 준비되지 않은 상태에서 공사를 시작한 것이다. 또한, 뒤늦게 차량이 결정되면서 설계의 전면적인 보완 작업을 시행함으로써 많은 혼선과 시행착오를 야기하기도 하였다.

인허가 과정과 용지 매수 과정에서 발생되는 각종 민원과 폐광 인접 지역을 통과하는 상리터널의 안전성에 대한 논란으로 수 차례 공사가 중단되면서 공사 기간이 지연되어 품질보다는 공정 만회에 역점을 두어 사업을 추진하기도 하였다.

특히, 문화재 환경 보호 등을 명분으로 한 경주 지역 노선 변경, 대전 및 대구 도심 통과 문제로 인한 사업비 증가 등으로 고속철도 사업 자체가 중단될 수도 있는 위기를 경험하기도 하였다.

따라서, 향후 사업 추진에서는 이러한 점들을 교훈 삼아 사전 준비를 철저히 해야 할 것이다.

그간 1단계 사업 과정에서는 부실 공사의 우려를 해소하고 고속철도 경험 부족에서 오는 불안감을 해소하기 위하여 무엇보다도 안전하고 튼튼한 구조물을 시공하는 데 역점을 두었다. 그러나, 향후 사업에서는 1단계 공사의 경험을 바탕으로 어느 정도의 자신감과 확신을 갖고 있기 때문에 1단계 공사의 설계를 그대로 답습하지 말고 효율적이고 경제적인 구조물을 시공하도록 노력해야 할 것이다.

또한, 고속철도 상업 운행 결과를 예의 주시하면서 앞으로 예상되는 운영 측의 다양한 요구 사항을 설계에 반영해야 한다. 더 나아가 새로운 사회적 요구 사항인 방재 기준의 보완 등 안전 시설의 확충이나 강화된 환경 기준의 적용 등을 적극 수용해야 할 것이다. CJ

강기동
한국고속철도건설공단
품질안전실장