

고속철도 궤도 건설의

경험과 이해

철도(railway, railroad)의 역사는 레일(rail)의 발달에서 시작되었으며, 레일이 철도의 심벌이듯이 궤도는 철도의 핵심 요소로서 차량을 일차적으로 직접 지지하는 주요한 시설물이다. 철도의 가장 큰 특징은 3차원의 항공 교통과 2차원의 도로 교통과 달리 열차가 궤도 위를 1차원적으로 이동하므로 가장 안전한 교통기관이라는 점이다. 즉, 철도란 레일 위를 주행하는 교통기관이며, 도로와의 차이는 바로 이 궤도의 존재에 있다. 고속철도에서 요구되는 궤도 조건은 열차가 고속으로 안전하게 주행할 수 있으면서 안락한 승차감을 유지하고 소음, 진동 등 주변환경에도 대응할 수 있어야 하는 점이다. 본고에서는 고속철도 궤도업무의 이해를 돕도록 고속전철사업기획단과 한국고속철도건설공단에서 추진한 궤도건설 준비단계로부터 광명~대구간의 성공적인 궤도부설과 유지보수까지의 과정을 소개한다.

고속철도 궤도분야 직원들은 국내에서 처음으로 건설하는 고속철도의 기반 시설인 궤도를 국내기술로 건설하기 위하여 많은 고심과 노력을 하였다. 그 당시에 국내의 대학교 토목공학과에서는 도로 등 일반토목만을 교육시키고 철도 관련 과목을 개설한 대학교가 없는 실정으로서 궤도건설 준비단계에서는 국내 궤도기술이 낙후되어 있고 고속철도 건설과 운영의 경험이 전혀 없었기 때문에 공단의 궤도국 직원들은 많은 고심을 하였다. 또한, 프랑스와 계약하여 추진한 고속차량, 전차선, 열차 제어 시스템 등의 핵심기자재 계약(코어 시스템)과 밀접한 관계가 있는 궤도 분야는 이들의 코어 시스템과는 다르게 우리의 힘으로 건설하여야만 하였으므로 더욱 큰 어려움이 있었다. 따라서, 철도선진 외국으로부터 기술 자문을 받아 이를 토대로 국내 기술에 접목시켜 독자적인 기술로



徐士範

한국철도시설공단
고속철도 궤도처장 /
공학박사·철도기술사

서 준비하고 건설하였다.

궤도건설의 준비단계로서 먼저, 고속철도-궤도의 구조와 공사의 특징 등을 사전에 면밀히 조사·검토하여 고속철도에 적합하도록 준비를 하였다. 준비단계(1989~1991)에서 조사, 검토한 고속철도 궤도건설의 특징은 다음과 같으며, 이와 같은 관점에서 고속철도 궤도건설의 업무를 추진하였다. 고속철도 궤도조건을 만족시키기 위해서는 궤도구성재료가 고속열차의 주행에 따른 충격과 진동에 견딜 수 있는 충분한 강도를 확보하여야 하며, 고도의 정밀성과 균일한 품질로 공사를 시행하여야 한다. 또한, 비교적 짧은 공기 내에 모든 작업이 집중적으로 시행되므로 충분한 사전계획과 준비가 필요하며, 공사 시행을 위한 조직과 유능한 소요 인원의 확보가 중요하다. 이 과정에서 프랑스, 네덜란드 등의 세계적인 궤도 전문가를 초청하여 기술 자문을 받고, 국내 철도기술 발전을 위하여 철도청, 지하철, 업계 등의 관련자들에게 기술 세미나를 개최하기도 하였다.

고속철도 궤도공사는 궤도재료 수송 열차와 궤도 공사용 장비가 주어진 작업통로(궤도)만을 이용하여 이동하여야 하므로 일정한 폭의 구조물을 길이방향으로 길게 산재하여 시공하기 때문에 여러 종류의 장비를 상호 조합하여 순차적으로 작업하여야 한다. 모든 궤도재료는 수송열차를 이용하여 부설현장으로 운반하기 때문에 주요 궤도재료는 발주처에서 조달하여 운반하게 된다. 궤도작업은 매일 매일 여러 단계의 작업과정과 공정을 거쳐 일정한 완성품을 시공하므로 제조공장의 제품생산라인에서의 작업성격과 유사하다. 작업방법과 순서, 부설장비 등은 발주처의 세부적인 지침과 규정으로 지정하고 있으므로 작업공정별로 각각의 위치마다 감독이 입회, 점검하여야 한다. 궤도 부설공사는 작업 공종, 방법 등의 대부분이 완공후의 유지보수 작업과 대동소이할 뿐 아니라 공사용 장비도 유지보수 작업에 공통적으로 사용되는 장비이므로 시공과 유지관리가 서로 밀접하게 연관되어 있다. 공사요원은 시공과 공정에서 작업내용과 품질관리 기법을 충분히 숙지하게 되고 각종 첨단 궤도장비에도 익숙하게 되므로 준공 후에는 유지관리 요원으로 전환하여 활용할 수 있다.

국내에서 처음으로 건설하는 고속철도의 기반시설인 궤

도구조를 선정하기 하기 위하여 공단에서 고속철도 궤도의 기본설계를 하면서 추진한 과정과 중점 연구 및 검토 사항은 다음과 같다. 먼저, 궤도강도, 보수관리, 승차감, 환경보전(소음과 진동) 등 고속철도 궤도조건에 대한 외국 고속철도 궤도의 자료를 수집하고 분석하였다. 그 다음에 6개의 궤도구조 모델을 설정하고 이들 궤도구조 모델에 대하여 경부선 부곡역 구내에 시험궤도를 부설하여 윤축낙하 시험 시스템에 의한 측정과 분석 등을 통하여(1991~1994) 고속주행에 따른 동 특성을 해석(일본의 Sato 박사 참여)하였다. 이들 궤도구조는 체결장치는 팬드롤 체결장치, 침목 길이는 2.4m(기존 철도용 침목 길이), 2.6m 및 2.8m(외국에서 사용하는 침목의 최대 길이), 레일패드는 두께 10mm의 고무 패드와 두께 5mm의 EVA 패드, 도상 두께는 35cm와 30cm, 노반은 강화 노반과 보통 노반 등으로서 이들을 조합하여 6개의 모델을 설정하였으며, 시험궤도의 연장은 각각 5m로 하였다. 또한, 궤도 각부의 응력 계산(네덜란드의 Esveld 박사 참여), 궤도구조의 동역학적 설계, 궤도관리한도에 의한 검토, 노반강도에 의한 검토, 궤도보수비의 추정 등을 시행하여 최적의 대안을 선정하였다(1991~1994). 이 때, 설정한 궤도구조 모델에 대하여는 경부선 부곡역 구내에 시험 궤도를 부설하여 측정과 분석 등을 통하여 고속주행에 적합한 최적의 궤도구조를 선정하였다. 아울러, 경부선 서정리~평택간에도 850m에 걸쳐 철도청의 협조를 받아 기존의 궤도 구조를 14종의 시험 궤도구조로 갱환하여 통과 톤수에 따른 궤도 각부의 응력, 장기적인 궤도 변형거동 메커니즘 해명과 성능을 조사하고 검토하였다(1995~1997). 이들 궤도구조는 다음과 같이 다양하게 구성하여 조합하였으며, 시험궤도의 길이는 구조에 따라 40~90m로 하였다. 레일 체결장치는 외국의 고속철도에서 사용하는 팬드롤형, 나블라형, 보슬로형 등 3종으로 하고, 침목은 방진 침목 등을 포함하여 길이 2.6m와 2.8m 침목을 각각 연속식과 단속식으로 제작하여 부설하였고, 도상 두께는 35cm와 30cm, 노반은 흙 노반과 강화 노반 등으로 하였다.

이 기본설계를 수행하는 동안에, 서울시지하철건설본부의 요청으로 지하철 궤도구조에 따른 동특성과 진동을 예

강좌 I

기 위하여 공단에서 용역 과업(1993~1994)으로 도시
도의 건설 구간(5호선 방화 기지 인입선)에 자갈궤도 3
종(보통, 벨러스트 매트를 설치한 궤도, 방진 침목을 이용한
궤도), 콘크리트 궤도 6종(2기 지하철에 사용하려는
STEDDEF형 궤도를 다양하게 변형시킨 구조), 플로팅 슬래
브 궤도(RC 궤도 슬래브를 스프링으로 지지하며, 이 특수
스프링은 외국에서 도입) 등의 시험 궤도를 부설하여 윤축
낙하 시험으로 터널 상부와 벽체 등의 지반진동을 예측하였
으며, 개통 구간에서 실제 열차 운행 시의 진동(터널 벽체와
바닥의 수평과 수직 진동가속도)을 측정하고 예측치와 비교
하여 기존 지하철의 궤도구조를 평가하는 등 서울 2기 지하
철의 소음·진동 예방대책 수립에 기여하기도 하였다.

향후 유지 보수의 어려움 등을 고려하여 연장이 5km 이
상인 장대 터널에 부설하도록 예정된 슬래브 궤도의 기본
설계 시에는 영국철도연구소의 Round 박사의 타당성 검
토(경제성과 기술 평가)와 일본의 Sato 박사 등의 구조해
석 등을 통하여 설계도 등 기본설계를 하였으며, 자갈궤도
와 마찬가지로 부곡역 구내에 방진 슬래브 궤도 4종
(25mm 마이크로 셀 매트와 25mm EDPM 매트 사용), 보
통 슬래브 궤도 2종 등을 시험 부설(두께 10mm의 고무 패
드와 두께 5mm의 EVA 패드 사용)하고 각종 시험과 측정
을 하여 그 결과를 토대로 기본설계와 시방서에 반영하였
다. 전충재인 시멘트 아스팔트 모르타의 경우에는 일본의
기술 자문을 받아 배합 설계를 하고, 이에 따라 일부 재료
는 일본에서 수입하여 국산 재료와 함께 현장에서 배합을
하여 일본 기술진(하라다 고문 등)이 재료 시험을 한 후에
슬래브 궤도에 주입하고 시공성과 장기의 성능을 확인하
였다. 또한, 기존 선로의 개량구간 중에서 슬래브 궤도를
부설하여 시험과 측정을 하기에 적합한 개소(전라선 관촌
~임실간 용암 터널)를 선정하여 슬래브 궤도를 시험 부설
하려고 예산을 확보하여 추진(1996년) 하였으나 철도청의
사정이 여의치 않아 실현하지 못하였다.

고속철도 궤도공사 시방서의 작성 시에는 궤도공사를
최신의 기계화공법으로 효율적이고 정밀하게 시행할 수
있도록 고려하였으며, 외국의 고속철도에서 적용하고 있
는 각종 자료를 수집하고 검토하여 이를 토대로 고속철도

궤도구조 기준, 궤도공사표준시방서, 슬래브 궤도 설계표
준 시방서, 궤도 슬래브 제작 시방서, 슬래브궤도공사표준
시방서, 레일용접공사표준시방서, PC 침목 설계 시방서,
PC 침목 제작시방서 등을 작성하여(1991~1994) 궤도공사
의 기준이 되는 틀을 마련하였다.

고속철도의 궤도재료는 기존철도와 달리 엄격한 규격과
철저한 품질이 요구되므로 선진외국 고속철도에서는 지속
적인 연구 개발과 반복적인 시험 및 고속철도 운행 경험을
토대로 궤도재료의 규격을 정하고 있다. 따라서, 공단에서
는 국내에서 제작하여 조달이 가능한 주요 궤도 재료를 설
계하고 규격화하여 설계 성능 시험을 수행하고 품질 수준
의 적합성을 검증하였다. 고속철도 궤도재료의 설계 및 규
격화는 일반적으로 설계 하중 → 기능 및 제원 검토 → 구
조와 재료 선정 → 구조 해석(각부 응력 조사) → 성능확인
시험 → 현장부설 시험 → 표준화 등의 과정을 거치었다.

궤도재료 설계 시(1993~1995)에 레일은 고속주행 열차
에 대한 동특성 결과로부터 레일 단면(UIC, JIS, AREA
등)에 대한 응력을 검토하였고, 침목은 대한토목학회와 서
울대학교 팀에서 설계(구조 계산과 설계도 등의 작성) 하
였으며 궤도자갈은 도상 응력과 입도 및 물성치(UIC,
JRS, AREA, CEN 등)를 검토하였고, 레일 체결장치는 응
력과 동특성에 대한 기술 검토를 하였다.

고속철도 레일은 60kg/m의 레일을 장대레일로 부설하
도록 궤도구조 기준에 규정하였다. 레일의 단면 형상은 고
속주행 시의 안정성과 차륜 마모특성에 영향을 미치므로
차륜과 직접 접촉하는 두부형상은 UIC 60 형상으로 하고
저부는 기존 철도와의 호환성을 고려하여 KS 60형상을
채택하는 것을 검토하였으나, 최종적으로는 레일의 전단
면에 대하여 UIC 60형상을 적용하였다.

분기기는 열차나 차량을 한 궤도에서 다른 궤도로 전환
하기 위하여 궤도에 설치하는 설비로서 궤도 구조상으로
가장 취약하다. 분기기의 설계 및 표준도 작성 시에는 분
기기가 고속열차의 안전운행과 승차감에서 매우 중요한
요소임을 감안하여 고속에 적합하도록 오스트리아의 세계
적인 분기기 전문가 Holzinger 및 프랑스 기술진 등의 기
술 자문을 받아 노스 가동 크로싱과 탄성 포인트 등을 포

합하는 최적의 고속용 분기기 구조로 설계하였다(1992~1994). 분기기 내에서도 가장 취약한 크로싱은 원활한 주행과 충격을 줄이기 위하여 결선부가 없는 노스 가동 크로싱으로 설계하였고, 이음 부분을 모두 용접을 하여 일반 궤도와 같이 장대레일로 하였으며, 텅 레일의 입사각을 없애고 리드 부분의 곡선반경을 크게 하였다. 또한, 쾌적한 승차감을 확보하기 위하여 캔트 부족량을 70~100mm의 범위로 하였다. 한편, 레일의 경사는 1/20으로 하고, 분기기의 침목은 국내에서 처음으로 PC 침목을 사용하였다. 또한, 분기기에는 기계적인 2중 쇄정 장치를 설치하였으며, 겨울철에 눈의 쌓임과 결빙을 방지하기 위하여 가열 장치를 설치하였다.

분기선의 통과 속도가 작은 18.5# 분기기(90km/h, 길이 약 68m)와 26# 분기기(130km/h, 길이 약 92m)는 크로싱을 포함하여 분기기 전체를 원곡선(반경 : 각각 1,200m, 2,500m)으로 하고, 분기선의 통과 속도가 큰 46# 분기기(170km/h, 길이 약 154m)는 원곡선(반경 : 3,550m)과 더블 클로사이드의 완화곡선을 삽입하였다.

UIC 60 레일용 신축 이음매는 양쪽에 길이 12.7m의 신축부(텅 레일과 이동 레일로 구성)가 있고 중앙에 25m의 일반 궤도부로 구성되어 있으며, 전장이 50.4m이고 편측의 허용 스트로크는 300mm이다. 신축 이음매도 분기기와 마찬가지로 PC 침목을 이용한다.

레일, 침목, 체결장치, 궤도자갈, 분기기 등 주요 궤도재료의 기술 규격과 품질기준은 프랑스 고속철도의 규정과 국제철도연맹(UIC), 유럽철도표준규격(CEN) 등의 규격을 바탕으로 한국고속철도에 적용할 수 있도록 SOFRERAIL에서 작성하여 세계적인 궤도 전문가로 구성된 국제궤도자문회의의 심의를 받아 각각의 규격을 확정하였으며(1994. 12), 이 과정에서 일부의 내용은 수정을 하였다. 이와 같이 작성한 기술 규격과 품질기준 등은 관련 업체에서 사전에 이에 대한 준비를 할 수 있도록 그 내용을 업체에 통보하고 각 재료별로 신문에 공고하였다(1995. 10). 그 후에 프랑스, 네덜란드, 영국 등 외국의 철도관련 재료시험소를 방문하여 재료 시험 및 시험장비에 관련된 자료를 수집하였다. 새로운 규격에 따라 국내에서 생산하는 궤도재

료는 설계 검증을 위하여 국내제작 시제품(레일 체결장치와 침목)의 시험(진동 시험, 피로 시험 등 20여 항목)을 프랑스 철도청의 재료시험소에 의뢰하여 그 시험결과를 토대로 설계 기준을 보완하고 일부는 재설계하여 재료 규격 작성을 완료하였다(1995).

새로 작성한 국제 수준의 기술 규격과 품질기준에 적합한 궤도재료를 공급하기 위해서는 낙후된 기존의 국내 제작·생산 설비를 전면적으로 개량하여야만 하였다. 또한, 향후 궤도공사에 사용되는 궤도재료의 적합성과 품질 수준을 판정하기 위한 재료시험과 ISO 9000 시리즈에 따른 엄격한 품질관리 활동을 필요로 하였다. 따라서, 관련 업체의 제작설비를 개량하도록 하고(1995~1996), 공단에서 재료를 구매하기 전에 생산설비를 사전에 심사하기로 하였다(1996~1997). 이를 위한 시험의 종류와 방법, 품질검사 세부항목과 방법, 허용 오차 등에 대하여는 UIC, CEN을 참조하였다. 공단에서는 프랑스 고속철도의 설비를 참고로 하면서 국내·외의 전문가에 의뢰하여 제작에 필요한 설비의 종류와 사전심사 기준 등을 작성하였다. 그리고 나서, 주요 궤도재료별로 국내의 전문가 3~5명으로 구성된 생산설비 사전심사 평가단을 구성하였으며, 외국 전문가는 고속철도 궤도재료 규격서 작성 및 TGV 차량 등과 연계하여 프랑스 철도의 기술진을 중심으로 구성하였다. 생산설비의 사전심사는 예비심사(1996년도)와 본심사(1997년도) 등 2회에 걸쳐 실시하였다. 궤도재료 생산을 위한 대부분의 설비가 외국으로부터 신규로 도입되고 있으므로 예비심사는 본심사를 실시하기 전에 사전 점검 및 지도를 위하여 외국의 설비 전문가가 시행하였다. 또한, 궤도재료의 시험과 검사를 위하여 만능재료시험기 등 22종을 도입하였다(1996). 이는 후술하는 오송 궤도기지의 연구 시험동과 함께 공단 품질안전실 품질시험소의 터전을 궤도국에서 제공하는 결과로 되었다. 공단에서 선도적으로 추진한 고속철도 궤도재료 생산설비의 도입·개량과 기술 기준 등에 의한 품질 수준의 향상은 철도청 등에도 영향을 주어 국내 궤도재료 생산의 품질 수준을 향상시켰다.

고속철도용 콘크리트 침목은 설계, 제작, 품질 기준에 맞는 새로운 제작설비를 갖춘 업체를 사전에 자격심사를

강좌 I

공단에 등록하게 하고 이들 업체간에 경쟁 입찰토록 하였다. 그 프로세스는 규격 및 설비기준 공고 → 제작설비의 설치 → 등록 신청 → 자격심사 → 입찰의 순이었다. 자격심사는 공단의 기술 규격과 품질 기준에 적합한 콘크리트 침목 제작설비를 갖추고 공단이 요구한 품질기준에 따라 품질보증계획서를 작성하여 콘크리트 침목에 대한 구매입찰 참가신청을 한 업체에 대하여 심사를 한 다음에 적격자에 한하여 입찰자격을 부여하고 등록 관리하였다. 침목 제작업체 중에 네덜란드의 기술지도를 받아 외국의 최신 침목 생산설비를 도입한 1개 업체만이 사전심사에 등록, 신청하여 합격하였으므로, 업체간의 경쟁을 유도하여 제작 기술의 발전을 이루고 독점에 따른 폐해를 방지하기 위하여 재공고 및 심사를 추진하여 추가로 3개 업체를 선정하였다.

궤도재료 규격 작성 당시에 기존철도 및 지하철용 레일의 연간 제작 능력은 약 137,500 톤으로서 2개의 업체가 제작하고 있었으나, 기존의 KS 레일과 고속철도에서 사용하려는 UIC 레일의 단면 형상과 재료 규격이 상이하므로 고속철도 레일에 적합한 품질을 확보하기가 어려운 실정이었다. 따라서, 고속철도용 레일 생산의 완벽한 품질관리를 위하여 레일제작 업체의 생산설비 및 품질보증계획에 대한 적합 여부를 사전에 심사하여 합격된 업체로 하여금 지정경쟁입찰에 참여토록 하였다. 그 프로세스는 규격 및 단면형상 결정 → 규격서 관련 업체 통보 → 생산설비의 설치 → 생산설비 예비심사 → 생산설비 본심사 → 입찰의 순이었으며, 자격심사는 콘크리트 침목과 유사한 절차로 시행하였다.

고속철도용 궤도자갈은 고속열차의 충격과 하중을 분산시켜 노반에 전달할 수 있도록 소정의 강도를 유지하고 궤도선형을 가능한 한 장기간 유지하기 위하여 마모율이 적은 자갈이 필요하므로, 종래의 일반철도 규격보다 강화된 고속철도용 궤도자갈 규격으로 보완하여 결정하였다. 궤도자갈은 초기에 노반공사에서 발생하는 터널 버력을 활용하는 방안을 검토하였으나, 그 동안의 계속된 석질 시험 결과, 프랑스 재래철도 규격에도 미달되므로 채택하지 않았다. 궤도자갈은 물리적 성질이 품질기준에 합격한 업체

를 대상으로 지명 경쟁에 의하여 구매하였다. 그 프로세스는 고속철도용 도상자갈 생산 희망업체 석질시험 신청공고 → 석질시험 신청서 접수 → 시료채취 및 품질시험(국내외) → 석질시험 결과통보 → 입찰설명회 → 입찰의 순이었다. 수 차례에 걸쳐 전국(49업체)의 궤도자갈 석산 조사와 시료 채취 및 품질 시험을 실시하였으나, 고속철도용으로 적합한 석산이 2개뿐이었다. 2개 업체 중 부산 사하 지역에 위치한 석산은 궤도자갈 수송이 어렵고 1개 석산만이 수송이 가능하다고 판단되어 1998년에 추가적으로 신문 공고를 하여 경북 약목역 근처에 있는 석산을 선정하였다. 석질 시험에 합격한 이들 3개의 석산에 대하여는 궤도자갈 생산설비를 보완하도록 하여 예비심사와 본 심사를 하였다.

기존철도의 분기기 제작은 그 당시에 철도청 대전정비창과 1개의 민간업체에서 저속 분기기를 생산하여 지하철도에 수의 계약으로 공급하고 있었으나, 제작설비 및 기술 수준이 낙후되어 있어 고속 분기기를 생산하기 위해서는 설비의 개량과 기술의 도입이 필요한 실정이었다. 따라서, 이에 적합한 업체를 선정하기 위하여 2차에 걸친 신문 공고로 공개 모집하여 분기기 생산업체를 지정하고 공장을 건설하여 고속 분기기를 생산·납품하도록 민자유치 업체로 선정하였다. 그 프로세스는 고속 분기기 생산업체 지정 신청 공고 → 기술 제안서 접수 → 생산업체 지정 → 제작설비 심사 → 계약의 순이었다. 자격심사는 고속 분기기의 설계, 제작, 품질 기준이 공단 요구에 맞도록 기존 시설을 보완하고 첨단 설비를 도입한 다음에 설비를 사전에 심사하여 그 결과에 따라 설비를 보완하여 고품질의 분기기를 생산할 수 있도록 하였다. 분기기 생산 업체는 1993년에 선정하였고, 1996년에 오송 궤도기지에서다 공장을 건설하여 공장 시운전을 거쳐 본 심사를 하였다.

궤도공사 실시설계 및 궤도보수기지 계획수립 시에는 궤도공사를 고속철도에 적합하게 시행할 수 있도록 프랑스의 궤도 시공회사인 TSO 등의 협조를 받아 프랑스 사례 등을 참고로 하여 고속의 조건에 부합되는 궤도부설공법을 선정하고, 이에 따른 공사투입 장비 등을 검토하여 궤도의 기계화 시공에 필요한 설계를 하였다. 궤도공사 실시

설계는 고속철도 설계참여에 따른 국내 궤도설계 수준의 향상과 저변 확대를 위하여 6개 공구로 나누어 1공구는 남서울(현재의 광명역)~천안간, 2공구는 천안~대전간, 3공구는 대전~김천간, 4공구는 김천~대구간, 5공구는 대구~경주간, 6공구는 경주~부산 간의 궤도를 각각 1994년 11월부터 실시 설계용역을 시작하였다. 그 중에서 시험선 구간을 포함하는 2공구는 시험선 구간의 궤도를 다른 공구보다 일찍 착공함에 따라 1997년 12월에 설계를 완료하였으며, 나머지 공구도 2000년도 상반기에 설계를 종료하였으나, 5공구는 경주구간의 노선이 문화 유적과 관련하여 고고학회, 불교계 등의 반발로 노선이 변경됨에 따라 노반설계가 변경되어 설계가 늦어지고 있었으므로 궤도설계를 중단하고 설계용역을 타절 준공하였다. 대전, 대구의 도심통과 구간도 지상화나 지하화냐의 문제가 해결되지 않아 노반설계가 지연됨에 따라 부득이 궤도설계를 중단하고, 이에 따른 방침이 결정되어 노반 설계가 완료되면 설계하기로 하였다.

또한, 향후의 궤도유지보수에 필요한 궤도보수기지를 궤도공사 전진기지로 겸용할 수 있도록 보수기지계획을 수립하여 궤도의 부설공사와 유지보수의 터전이 되도록 하였다. 궤도보수기지는 기계화 궤도보수에 따른 궤도 장비와 궤도재료 보급열차, 보수담당 선로의 연장 등 규모를 감안하고 외국의 사례를 참고로 하여 위치와 규모 등을 계획하였다. 당초에는 주가지와 보조기지 모두를 정부고속철도 건설기간 중에 건설하려고 하였으나, 1994년에 예산(총사업비)상의 이유로 건설기간 중에 건설하여 개통초기에 사용할 수 있는 1단계의 궤도보수기지와 도상자갈의 클리닝 작업을 하는 시기에 도래하였을 때를 상정하여 개통 10년 후에 건설하는 2단계의 궤도보수기지로 나누어 계획을 다시 수립하였다. 2단계의 궤도보수기지중 천안과 김천 보조기지의 경우에 본선 건설기간에는 기지 인입선용 분기기만을 설치하도록 하였다. 또한, 각종 궤도보수기지는 전차선 등 전기분야의 보수를 위한 기지의 역할도 할 수 있도록 배려하였다.

1단계 궤도보수기지에는 종합 궤도기지인 오송(현재의 중양) 궤도기지가 포함되어 있으며, 이 기지를 가장 먼저

건설하였다. 1단계 주가지는 영동, 약목, 고모(경부고속철도의 대구~부산간 완전 개통구간(2단계 사업 구간)에 포함되어 현재 설계와 시공 중) 등 3개소이며, 보조기지도 화성, 대전 조차장 보조기지(대전 도심통과 구간으로 현재 미설치), 언양(대구~부산 간으로 현재 미설치) 등 3개소이다. 2단계 궤도보수기지 중에서 주가지는 광명(현재의 차량 주차기지를 변경하여 사용)의 1개소이며, 보조기지는 고양(차량기지의 선로 일부 사용), 천안, 김천, 가야(고양과 동일) 등 4개 소이다.

1단계 주가지(오송 궤도기지 포함)는 궤도재료의 수송을 감안하여 궤도부설 전진기지로도 이용할 수 있도록 기존의 국철 선로와 연결할 수 있는 위치를 선정하였으며, 효율적으로 이용하기 위하여 프랑스 기술진의 자문을 받아 규모와 배선, 시설 배치 등을 결정하였다. 청원군 강외면에 위치하는(서울 기점 122km) 오송 궤도기지는 장대레일 용접공장, 궤도장비 대보수를 위한 검수 시설 등을 설비한 장비공장, 사무관리동, 연구 시험동(현재 품질시험소에서 사용), 재료 적치장 각종 크레인 설비, 자갈 세척설비, 전차대, 오페수 처리장 및 직원 숙소 등의 부대시설 등이 있으며, 부지면적이 17만 7천 평, 선로연장이 25.5km(1996~1998 부설)로서 충북선 오송역과 연결되어 있다. 이 궤도기지는 1986년에 전문 건설업 면허제도가 도입된 이후 국내에서는 처음으로 입찰참가 사전심사(PQ)에 의하여 궤도공사(전문공사)를 발주하였다. 오송 궤도기지는 궤도국에서 당초에 궤도부설 전진기지와 보수기지로서 계획을 수립하여 추진하였지만, 나중에 중부사무소와 직원 숙소, KTX열차의 유치선과 검수고, 운전관리사무소(시운전처), 품질시험소, 전기분야의 재료 적치장과 장비 유치 등의 전기 전진기지, 공단 홍보관 등을 오송 궤도기지에 설치하여 공단의 여러 분야에서 사용하게 되는 등 공단의 원활한 업무 수행에 기여하였다.

영동군 심천면에 위치하는(서울 기점 189km) 영동 보수기지는 작업원 대기동, 중보수 검수고, 재료 적치장, 전차대 등이 있으며, 부지면적이 8만 3천평, 선로연장이 19.4km(2001년 부설)로서 경부선 심천역에 연결되어 있다. 칠곡군 약목면에 위치하는(서울 기점 252km) 약목 보수기지



>> 강좌 I

경동 보수기지와 유사한 설비를 갖추었으며, 부지면적 4만 8천 평, 선로연장이 11.6km(2001~2002 부설)로서 경부선 약목역에 연결되어 있다.

오송 궤도기지에는 1995년부터 중앙궤도사무소를 두어 기지의 관리와 레일의 공장용접, 궤도장비의 정비, 궤도재료 구매의 관리 등을 수행하도록 하였다. 중앙궤도사무소의 기술직 요원은 철도청에서 궤도장비에 관련된 업무에 종사하는 직원 중에서 우수한 직원을 선정, 채용하여 확보하였다. 이들은 우수한 장비 기술자로서 시공회사 장비 담당 직원들의 장비취급 교육을 실시하여 능력을 향상시켰으며, 시공회사 장비 직원의 적격 여부를 검토하여 장비취급 능력을 검증하였다.

국내에서 처음으로 도입한 장대레일의 공장용접(플래시버트 용접) 설비를 프랑스 기술진의 도움으로 오송 궤도기지에 설치하고, 본격적으로 용접을 하기 전에 용접 기술직원에게 대하여 프랑스 기술진의 도움을 받아 사전에 충분한 교육과 실습을 하였다(1996~1998).

특히, 이 무렵은 공단이 언론 등으로부터 부실 시공문제로 비난이 계속되고 있을 때로서 공단에서 이를 타개하기 위하여 고속철도를 적극적으로 홍보하기로 방침을 정하여 공격적인 홍보 활동을 전개하기 시작한 시기로서 많은 국민들에게 레일을 용접하는 광경을 보여줌으로서 최신 기술의 용접에 관하여 매우 신기하게 느끼고 새로운 기술을 국내에 도입한 것에 대하여 자랑스럽게 생각함과 동시에 고속철도의 품질에 대하여 안심을 하고 신뢰를 갖기 시작하는 등 중앙궤도사무소는 고속철도의 홍보에 큰 역할을 하였다. 또한, 2분의 국무총리, 2분의 감사원장 등 국내외의 주요한 인사들을 포함한 외래 인사들이 고속철도 건설현장을 방문할 때는 용접 공장이 필수코스이었다. 홍보 활동을 시작한 이래 오랫동안은 중앙 궤도기지 규모와 용도 등의 전반에 대하여도 브리핑을 하였었다. 용접공장의 소개 시에는 시범적으로 최첨단의 궤도장비를 작업하는 광경을 보여 주어 홍보의 효과를 더욱 높이었다. 또한, 레일의 이음매를 없애고 용접을 하여 장대레일로 할 경우에 온도 변화에 따른 레일의 신축을 어떻게 처리하는가에 대하여 많은 의문을 갖고 질문을 하는 사람들이 많았으며,

또한 이에 대한 설명을 듣고 레일 신축 처리를 하여 장대레일로 부설하는 고속철도의 궤도기술에 감탄을 하는 사람들이 많았다.

궤도장비는 건설뿐만 아니라 향후의 유지보수에도 사용하는 건설·보수 겸용 장비에 대하여는 공단에서 구매하여 확보하고, 건설전용 장비는 시공회사에서 구매하여 확보하는 것으로 방침을 정하였다. 최첨단 시스템이 장착되어 있는 궤도장비(멀티플 타이 탬퍼, 스위치 타이 탬퍼, 밸리스트 레굴레이터, 컨베이어 호퍼카 등 28량)의 사양을 면밀하게 작성하여 외국에서 구매하였다(1조 1995~1999, 2조 2000~2001). 일반 선로의 최종 다짐 장비인 멀티플 타이 탬퍼 09-90은 가장 최신의 장비로서 ALC(선형 자동안내 시스템) 시스템이 설치되어 있어 라이닝과 레벨링의 자동 설정 및 측정을 할 수 있고, 라이닝과 레벨링의 레이저 측정 시스템을 갖추고 있는 연속작동 다짐장비이다. 또한, 분기기 다짐 장비인 스위치 타이 탬퍼도 ALC와 레이저 측정 시스템을 갖추고 있으며, 3레일을 양로할 수 있다.

궤도부설 공사기간 동안에는 시공회사에 대하여 시공회사에서 궤도 부설 공사에 사용하고, 공단에서는 일상 정비를 제외한 정비를 담당하였다. 시공회사는 대역 장비에 대하여 보험에 가입하여 사고로 인한 파손에 대비하였다. 시험선 구간의 궤도시공을 위하여 궤도기지에서 궤도부설 현장으로 왕복을 할 때는 중앙궤도사무소의 장비 운전 유경험자 중에서 지정한 운전 유도원을 탑승시켜 운전을 통제하였다. 궤도 1공구와 3공구에서는 장비 조작자들이 안전 운전이 숙달되고 체계가 잡혔다고 판단하여, 시공회사 장비 조작자 중에서 선임자를 지정하여 운전을 유도하게 하였다.

이와 같이 건설기간 동안에 궤도장비와를 효율적으로 유지 관리하고 정비하여 고품질의 궤도장비 성능을 최적 상태로 유지함으로써 기계화 시공 및 공정준수에 기여하였다. 뿐만 아니라, 전기본부에서 전차선 장비를 구입할 때 당초에는 장비의 정비를 고려하지 않고 시공회사에 임대하여 시공회사에서 사용하면서 정비하는 것으로 계획하였으므로 시험선의 공사 중에 전차선 장비의 정비에 관한 문제점이 노출되었으나 공단에는 정비 시설이나 조직이

전혀 없었기 때문에, 유능한 정비 인력을 갖춘 중앙궤도사무소에서 오송 궤도기지의 궤도장비 정비시설을 이용하여 전차선 장비를 정비하게 되었으며, 따라서 궤도 분야에서 전차선의 공사에도 기여하게 되었다.

궤도재료 수송장비는 궤도처에서 예산을 확보하여 차량본부에서 국산품을 구매하였다(1조 1997~1999, 2조 2000~2002). 기관차의 일부(7500호대 7량)는 신제차를 구매하였으며, 일부(5000호대 3량, 6000호대 9량, 4000호대 16량)는 철도청의 중고품을 구매하여 정비하였다. 자갈화차는 전량(50톤급 328량)을 신제차로 구매하였다. 평화차도 일부(장대레일, 분기기 운반용, 19.57m, 45량)는 신제차로, 일부(16m용, 146량)는 중고품을 수리하여 사용하였다.

궤도재료 수송과 관련하여 당초에는 프랑스의 사례 등을 참고로 하여 공단에서 직접 재료를 수송할 수 있도록 운전사무소를 개설하여 궤도재료의 수송과 수송차량의 정비를 담당하도록 계획하였으나, 궤도공사사무소보다도 훨씬 많은 인력이 필요하게 됨에 따라 기획예산처와 건설교통부에서 많은 인력의 증가를 반대하므로 이를 담당할 인력과 조직을 확보할 수 없었기 때문에 철도청의 자회사인 철차산업(현재의 한국철도종합서비스)에서 용역으로 수행하게 하였다. 이 용역은 궤도 예산으로 차량본부에서 철도청과 협약을 맺고 이 예산을 철도청에 지불하고 철도청에서 다시 철차산업과 계약을 맺는 형식으로 추진하였다. 이와 같이 경부고속철도 1단계 구간 궤도공사의 재료 수송을 시공회사와는 별도로 철차산업에서 수행하였으나, 시공회사의 공정에 맞게 재료 수송이 원활히 이루어지지 않는 등 여러 가지 문제가 노출되었으므로 향후에는 시공회사에서 궤도재료의 수송을 직접 수행하는 방안이 모색되어야 할 것으로 생각된다. 한편으로, 당초에 궤도공사를 위하여 추진한 궤도공사용 차량 운영(궤도재료 수송)과 정비 사업을 이용하여 오송 궤도기지와 차량기지에서의 KTX 운전통제, 신호제어와 보수, 전기공사 장비의 운전통제, 운전과 전차선 공사의 차량 지원 등으로 궤도분야에서 KTX 운영과 전차선 공사에도 기여한 바 있다.

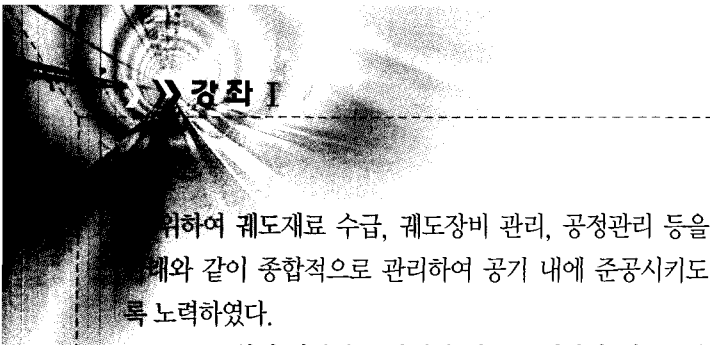
레일(25m 레일 39,400개, 오송 궤도기지에서 300m로

용접하여 지급), 침목(약 783,000개), 분기기(고속용 83틀), 신축 이음매(12조) 등의 주요 궤도재료는 공단에서 구매하여 시공회사에 지급하였으며, 궤도 자갈은 시험선 구간에 한하여 공단에서 구매하여 지급하였다(약 1,310,000m³ 중 443,000m³). 궤도재료의 제작 시에는 감리원을 배치하여 고속철도에 적합하게 철저히 품질을 관리하여 시공 공정에 맞추어 적기에 공급하였다.

궤도 공사와 감리 등을 종합적으로 관리하여 궤도부설 현장 업무를 수행할 조직은 당초에 북부궤도사무소와 남부궤도사무소를 두어 서울~부산 간의 궤도공사를 담당하도록 추진하였으나, 공단의 직제 개편으로 1997년 1월부터 노반공사 담당의 기존 건설공사사무소를 확대 개편하여 노반, 궤도, 건축, 전기, 신호, 통신 등 모든 분야의 공사를 담당하는 종합사무소를 설치하게 됨에 따라 이미 확보한 정원을 건설사무소의 궤도 부서에 배치하여 궤도공사를 담당하게 하였다. 그 결과, 1997년 말에 궤도부설공사를 시작한 궤도 2공구(천안~대전간; 시험선 구간 포함)는 공단 창립(1992) 시에 설치된 중부사무소, 2000년 말에 시작한 궤도 1공구(광명~천안)는 1994년에 설치된 서울건설사무소, 2001년 초에 시작한 궤도 3공구(대전~대구)는 1996년에 설치된 김천건설사무소에서 담당하게 되었다.

또한, 공단의 소요 인력이 부족하여 궤도를 부설하기 시작할 때부터 공단에서 시설물을 유지 보수할 때까지 철도청의 인력을 일부 지원(파견)받아 부족한 인력을 보충하고, 또한 이들이 건설단계부터 고속철도 업무에 참여하여 향후의 유지보수를 위한 기술을 습득할 수 있게 하였다.

궤도공사 업무는 선행 공정인 노반공사와 후속 공정인 전차선·신호와의 경계를 이루는 부분으로 기술적인 인터페이스 문제를 다루어야 하며, 특히 선로 위를 주행하는 차량분야와 상호관계가 복잡한 특수한 분야이다. 고속열차의 안전 운행과 차량 등 코어 시스템과의 기술적인 연계성을 확보하기 위하여 궤도의 설계와 건설 및 유지관리 등에 관하여 TGV 고속철도의 설계, 건설, 운행의 경험이 있는 프랑스 기술진(SOFRERAIL)으로부터 자문(1996~1997)을 받고 궤도기술 요원의 교육을 실시하였다. 그리고, 상기와 같이 인터페이스가 중요한 고속철도 궤도공사



장차 I

위하여 궤도재료 수급, 궤도장비 관리, 공정관리 등을 궤도와 같이 종합적으로 관리하여 공기 내에 준공시기도 록 노력하였다.

1997. 11월에 시험선 구간에서 최초로 시작한 궤도공사는 시공회사와 감리단 모두 당시의 우수한 요원을 투입하여 국내에서 고속철도 궤도를 처음으로 시공함에 있어 많은 노력을 하였다. 감리단장은 고속철도 건설의 경험이 있는 외국인으로 하고 부단장은 내국인으로 하는 등 외국회사와 국내 회사와 공동으로 계약하여 궤도시공의 품질을 확보하도록 하였다. 시공회사에서도 주요 궤도장비의 조작자 등은 외국인을 채용하여 효율적이고 고품질을 확보하면서 시공하였으며 기술 습득에 노력하였다. 시공 과정에서는 철도청 시설국장을 역임한 바 있는 노건현 씨가 시공회사의 총괄책임을 맡아 공정과 품질 등을 종합 관리하였으며, 시험선의 성공적인 궤도 건설은 국내 최초의 고속철도 궤도공사를 책임감을 갖고 성실하게 현장에서 지휘한 그분의 공적을 빼놓을 수 없다.

시공회사가 구매하여 확보하기로 되어 있는 시공회사 장비는 그 당시에 IMF 한파가 불어닥쳐 외국 장비의 도입에 따른 외화 소비의 절감 및 국내기술의 축적 차원에서 시공회사가 자체적으로 국내 제작 업체로부터 구매·제작하여 오송 궤도기지에서도 소정의 성능 시험을 시행한 후에 공사에 투입하였다.

궤도공사는 공단의 IPS에 따라 구간별로 단계적으로 진행하였다. 궤도부설공사의 순서는 다음과 같다. 궤도 부설을 위한 시공측량 → (고가교 등 매트 설치 개소에 밸러스트 매트 설치) → 1궤도 임시궤도 부설(평화차 위의 임시궤도를 전방의 런칭 빔으로 부설) → 1, 2궤도 장대레일 하화(문형 크레인 주행통로의 폭인 3.31m에 적합하게 배열) → 1, 2궤도 바닥자갈 살포(1궤도는 자갈화차 이용, 2궤도는 1궤도의 컨베이어 호퍼 화차에서 2궤도의 덤프트럭으로 자갈공급 → 피니셔에 자갈공급 → 피니셔로 살포 고르기) → 1궤도 궤광 조립[임시궤도 철거 → 바닥자갈 도상단면 정리 → 침목 배열 → 장대레일을 침목 위에 거치 및 침목 간격 조정 → 레일 체결(본 궤도와 임시궤도 경계부에 특수 건널 장치의 설치), 2궤도 궤광 조립[침목 배열(1궤도

화차 위의 침목을 쇼벨기로 2궤도에 배열) → 장대레일 거치 및 침목 간격 조정 → 레일 체결 → 레일 용접(테르밋 용접) → 자갈 살포 및 다짐(2차~4차, 동적 안정화) → (분기기 설치 개소에 분기기 부설) → 자갈 살포 및 다짐(5차~6차, 동적 안정화) → 장대레일 설정(레일온도가 22~28℃ 사이에 있을 때는 자연 온도에서, 그 외는 긴장기 사용) → 최종 다짐 → 궤도 검측. 이들 공정 중에서 장대레일 현장용접, 장대레일 설정, 최종 선형조정 작업 등 주요 작업 공정에는 외국인 기술자를 배치하였다.

공장에서 300m로 장대화한 레일을 현장에서 테르밋 용접으로 연결 작업을 실시하는 시공회사의 용접 담당자는 용접 품질의 확보를 위하여 소정의 기술자격 요건을 갖춘 자로서 공단의 확인을 받아 공사에 투입하였다. 또한, 궤도 부설 직후 전구간의 레일표면을 국내 최초로 연마하였다. 이는 레일 제조과정에서 생기는 레일표면의 탈탄층을 제거하여 레일표면 결함을 제거하고 레일의 수명을 늘리며 소음과 진동을 저감하여 승차감을 향상시키기 위한 것이다. 아울러, 탐상차로 전구간의 레일을 탐상하였다.

시험선 구간(57.2km) 중에서 우선 완공된 구간(연장 34.4km)에서 대통령과 국내외 귀빈을 모시고 1999년 12월 9일에 200km/h의 속도로 시험운행을 성공적으로 시작한 이후 계속하여 차량 시험을 진행하고, 그 다음 해에 시험운행 구간을 57.2km로 연장하여 9월 22일에 300km/h의 선로 최고속도로 시험운행하기 시작하였다. 궤도 2공구는 오송 궤도기지를 전진기지로 사용하였으며, 궤도 2공구의 나머지 구간은 2002년 12월까지 시공을 완료하였다.

시험선 구간에서 고속열차 KTX의 시험운행을 계속 진행하였으나(1999~2003), 흑한기에는 KTX 열차의 흔들림이 심하였으므로, 여러 가지 조사, 시험과 검토 등을 통하여 2003년 5차량 흔들림 해소 대책으로 코어 계약자가 차량에 횡댐퍼를 추가로 설치하고 차량의 경사를 1/40에서 1/20으로 변경하는 것이 가장 바람직한 것으로 결론을 내렸다. 다른 한편으로, 상기에서 설명한 것과 같이 엄격한 규격을 적용하여 선구자적으로 국내에서 처음 시행한 설계 입증 성능시험을 한 침목의 시험과정과 결과를 오해한 일부 업체에서 성능 시험을 수행하지 수년 후에 체결장치의

성능시험이 잘못되었다고 이의를 제기하여 1년 반 동안 시달리기도 하였다. 이를 계기로 오해의 소지가 없도록 레일 체결장치의 성능 사양서를 재정비하고 이에 따른 성능시험을 하였다. 또한 그 외에도, 밸러스트 매트 등의 일부 사급 재료에 대하여도 과다 경쟁이나 민원의 제기 등이 있었다.

열차의 고속 주행 시의 자갈 비산을 방지하고 겨울철의 강설 시에 차량 하부에 형성된 얼음 덩어리의 낙하에 따른 자갈 등의 비산 방지를 위하여 프랑스, 독일, 일본 등 외국 의 사례를 조사하여 가장 경제적이고 효율적이라고 판단 되는 공법(궤도자갈 상면을 침목 상면에서 5cm 낮추는 방안)을 선택하였다. 이는 프랑스 기술진의 권고를 받아들인 것으로 또한 국제궤도자문회의의 검토(1999. 5)를 거쳤다. 이와 같은 공법을 적용하여 시공된 구간을 KTX 열차가 시험 운행을 계속하는 동안에 일부 궤도자갈의 미세한 입자가 날리어 차량과 레일의 담면을 손상시키는 사례가 발생 되었지만, 이는 차륜손상의 여러 가지 원인 중의 하나라고 상정된다. 궤도 측으로서는 소정의 도상 단면을 확실하게 확보하고 궤도도상보수 작업 후의 뒷정리 작업을 철저히 시행하여 이 현상을 감소시키도록 노력하고 있다.

또한, 겨울철에 눈이 내릴 때는 기존 선로와는 달리 고속 주행에 따른 열차풍에 의하여 선로 위의 눈이 날려 차량의 하부에 눌러 붙어 이것이 성장하고 결빙되어 얼음 덩어리가 형성(일명, 樹氷 현상)되었다가 설해 구간을 통과한 후의 주행 중에 도상으로 떨어지면서 도상자갈에 충격을 가하여 이 충격으로 눈덩어리와 자갈 등이 튕겨져서 차량 하부를 파손시키는 사례가 발생하였다. 고속철도의 운영 기관인 철도청에서는 2003년 12월의 관계자 회의를 통하여 강설시의 운전 에 관한 규정 등을 제정하고, 강설과 결빙 낙하 상황에 따라 고속열차를 230km/h나 170km/h로 서행시키는 등의 방안을 수립하였다. 또한, 고속선로에는 눈이 오지 않더라도 KTX 열차가 예를 들어 호남선 등 눈이 오는 기존 선로 구간을 주행하는 동안에 차량 하부에 형성된 얼음 덩어리가 고속선로 구간을 통과하는 동안에 떨어지는 경우가 있으므로 KTX 열차가 차량기지에 입·출고할 때에 차량 하부의 결빙을 조사하여 제거하는 등의 조치를 취하여야 한다. 궤도 측으로서는 상기의 자갈 비산

방지를 위한 조치를 계속 유지 관리하고 있다.

한편, 공단의 본부 조직이 토목, 궤도, 건축, 전기(전력, 신호, 통신) 등 모든 분야의 설계업무를 설계관리실로 통합하고, 회계 부서를 제외한 국 단위의 체제를 팀제로 전환함(1998. 9)에 따라 궤도국의 설계 업무를 설계관리실의 토목설계팀으로 이관하고 궤도국을 시공관리 2팀으로 명칭을 바꾸었다. 당초에는 궤도국에서 궤도 분야의 종합계획 수립, 기본설계와 실시설계, 궤도기지 및 유지관리 계획의 수립, 재료의 계획과 구매 관리, 장비 계획과 구매 관리, 기계화 시공 계획과 관리(품질과 공정) 등을 종합적으로 일관되게 추진하여 왔으나, 설계 분야만이 노반만을 전문으로 설계하는 토목설계팀으로 흡수되어 궤도의 전문 기술이 부족한 팀장의 지휘를 받아 궤도설계 업무를 수행함에 따라 궤도설계 업무가 비효율적으로 되어 궤도공사 1, 3공구의 발주 시에 공사비 산정, 콘크리트 궤도 구조와 공법, 궤도기지의 분기기 구조, 일부 재료의 설치 위치에 혼선을 초래하기도 하였다. 시공관리 2팀은 2000. 11월에 명칭을 궤도처로 바꾸고 2003년 1월에 설계관리처의 궤도설계 업무를 다시 흡수하였다. 이와 같은 전례 및 고속철도 궤도 업무가 첨단 의 궤도장비를 효율적으로 이용하여야 하는 등의 고속철도 고유의 특수한 전문기술임을 감안하여 설계, 시공, 장비 운영 등 궤도에 관련된 모든 업무를 종합적으로 관리하여 효율화를 기할 수 있도록 향후에도 궤도관련 업무를 궤도처로 1원화시키는 것이 궤도기술의 발전을 위하여 바람직하다고 생각된다.

광명~천안간 궤도 1공구의 공사(2000. 6~2003. 3)는 시험선 구간(궤도 2공구)의 궤도를 시공한 경험이 있는 시공회사가 시공하게 됨에 따라 자갈궤도의 공사를 무난하게 수행하였으나, 궤도공사의 선발 주자로서 후술하는 콘크리트 궤도 공사의 공법을 선정하기 위하여 많은 고생과 노력을 하였다. 궤도 1공구는 2공구와 마찬가지로 오송 궤도기지를 전진기지로 사용하였다. 또한, 궤도공사가 진전됨에 따라 화성 보조기지도 궤도장비를 유치하는 기지로 사용하였다. 이 공구는 광명역 구내의 공사가 건축의 지붕 골조 공사 등과 서로 간섭되어 이에 유의하여 공사를 수행하였다. 광명역 구내에서는 플랫폼이 지장을 주어 장대레

장차 I

하화 장치를 이용하여 장대레일을 직접 하화할 수 없으므로 윈치와 와이어 로프 등 특수한 장치를 고안하고 이 장치를 이용하여 장대레일을 배설하였다.

대전~대구간 궤도공사(궤도 3공구, 2001. 3.~2003. 11.)는 새로운 시공 업체가 선정되어 시공하였다. 특히, 궤도 3공구의 경우에는 선행 공정이 민원 등으로 상당히 지연되어 있을 뿐만 아니라(다수 고가, 월곡 터널, 월곡 고가, 옥산 터널, 옥산 2교 등), 노선의 중간 중간에서 지연되어 궤도공사를 연속하여 수행하지 못함에 따른 지연(궤도 공사는 주어진 작업통로(궤도)만을 이용하여 이동하면서 시공하여야 하므로 시공개소 전방에서 선행 공정이 지연되면, 일반 토목공사와 같이 진행할 수 없음)에 따라 궤도 공정도 매우 촉박한 상태에서 후속 공정에서조차도 조기 인계를 요구하므로 공정을 단축시키기가 위하여 많은 검토와 노력을 하였다. 또한, 절대 공기가 부족한 점을 감안하여 시공회사, 감리단, 공단사무소와 긴밀한 협조체제를 유지함과 동시에 궤도처에서 부장 1명과 차장 1명을 이 구간의 공사를 담당하고 있는 김천사무소에 파견시켜 궤도 공사를 추진하도록 하고 본부에서 주기적으로 시공을 독려하고 점검하여 기간 내에 준공시키었다. 공사 기간 중에는 2002년 여름의 태풍 루사의 영향으로 감천 철도교량 유실에 따른 궤도자갈과 장대레일의 운반 지장, B/P장의 단전과 레미콘 운반로 유실에 따른 콘크리트 궤도공사의 지장 등(약 1개월의 공정지연)이 있었고, 콘크리트 궤도의 시공 중에 열차 사고로 인한 지장, 국철의 대수송 기간 중의 궤도재료 수송 지장 등도 있었다. 그리고, 공정상 겨울철에도 공사를 하여야 하였으므로 특히 겨울철의 품질관리에 유의하면서 레일용접 등은 소정의 온도 이상에서만 실시하였다. 궤도 3공구는 영동과 약목 기지를 전진기지로 동시에 사용하였으나, 궤도공사를 진행하는 동안에는 이들 두 기지가 고속철도 선로로 서로 연결되지 않아 보조 궤도 부설용 런칭 빔의 기지간 이동이 곤란하고 새로운 런칭 빔 제작도 어려우므로 런칭 빔은 영동 기지 구간에서만 사용하고, 약목 기지 구간에서는 일반 건설 중장비인 백호우를 사용하는 공법을 사용하였다. 이 공법은 초기에 작업 능률이 런칭 빔에 비하여 50~70%로 떨어졌으나, 반복되

는 숙련작업으로 런칭 빔을 상회하는 능률을 올렸으며, 향후에도 런칭 빔과 병용하여 사용하는 것이 가능하리라 생각된다.

궤도 2공구와 1공구에 사용된 분기기는 오송 궤도기지의 고속 분기기 공장에서 조립한 분기기를 포인트 부분, 리드 부분, 크로싱 부분 등 3~4 부분으로 분할하여 특수화차로 운반하였으며, 3공구는 기존선로 구간(대전 지역)을 통과하여야 하므로, 기지에서 조립 검사를 한 후에 분해하여 수송하였다. 오송 궤도기지의 용접공장에서 용접한 장대레일도 급곡선 구간을 통과할 수 있는 운반 장치와 하화 장치를 설치한 장대레일용 특수화차에 300m 장대레일을 30개씩 적재하여 궤도 2공구와 1공구는 오송 궤도기지에서 궤도부설 현장까지 곧바로 운반하였으나, 3공구는 상기와 같이 부득이 국철 구간을 통과하여 영동과 약목 기지로 운반하고 이들 기지에서 다시 현장으로 수송하여야 하므로 철도청에 운송료를 지불하고 철도청이 국철 구간의 운송을 수행하였다. 국철 구간을 통하여 장대레일을 운송하기 전에 공단과 철도청(시설, 차량, 전기, 운전, 운수, 안전 등 관련 부서에서 20여 명 참석)이 합동으로 1단계로 중앙 궤도기지에서, 2단계로 국철 충북선에서 사전에 장대레일 운송시험을 하였으며, 장대레일 운송구간인 경부선에서도 수 차례 시험 운행하면서 경부선의 다양한 선로 조건과 열차운행속도, 안전율 등을 검토하여 안정성을 확인한 다음에 운송하였다. 이 과정에서는 공단에서 시험선 구간을 시공할 때 이미 장대레일 수송열차가 곡선 반경이 작은(150m) 오송 궤도기지 내의 8# 분기기들을 전혀 무리가 없이 통과한 사례와 외국의 사례를 제시하며 철도청과 어려운 협의 과정을 거쳤으며, 시공회사에서 철도기술연구원에 장대레일의 국철구간 운송 안정성 검토 용역을 의뢰하기도 하였다.

시험선 이외의 구간에는 기존의 e 클립 체결장치 대신에 레일 체결장치의 부품을 침목 공장에서 침목에 취부하는 신형의 패스트 클립 체결장치를 사용하였다. 1998년 이후에 상용화된 이 체결장치는 체결과 해체 작업의 기계화와 자동화가 용이하며, 공단의 사업관리 용역을 하고 있던 백텔 기술진이 사용토록 권고(2000. 4)함에 따라 국제궤도

자문회의의 자문(2000. 8)을 받아 채택하였다.

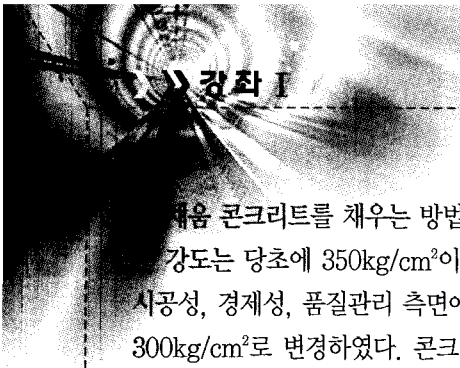
고속철도용 궤도자갈은 먼지 등의 발생을 줄이기 위하여 시방 규정에 따라 세척하여 사용하였으나, 터널내 자갈 작업 중에는 많은 먼지가 발생하여 작업자들이 많은 고생을 하므로 시공회사에서 관계자들에게 방독면을 지급하기도 하였으며, 궤도시공회사의 인부들보다는 궤도재료 수송열차의 기관사와 수송 통제원 등 철차 산업 직원들의 불평이 많았다. 궤도공사가 완료된 구간은 외국 고속철도의 사례에 따라 물 세척 장비로 터널내부를 살수하여 터널에 쌓인 먼지를 세척하였다. 이 작업은 물탱크와 터널 라이닝부 살수장치, 궤도표면 살수장치가 설치된 물탱크 화차(2량으로 편성)를 이동시키면서 시행하였다.

궤도1공구의 광명 정거장(궤도 연장 3.4km), 일직~장상 터널간(18.3km)과 궤도 3공구의 화신 5터널(궤도 연장 12.4km), 황학 터널(궤도 연장 19.8km) 등 53.9km의 궤도는 콘크리트 궤도로 시공하였다. 콘크리트 궤도는 당초에 일본식의 슬래브 궤도를 부설하려고 계획하였으나, 일본측에서 경부고속철도 차량 선정과정에서의 서운한 감정도 있어 1공구 궤도공사 발주 당시에 핵심 기술인 시멘트 아스팔트 모르타에 관한 기술 이전의 거부와 고가의 비용 요구 등의 이유 때문에 다른 구조로 공법을 바꾸어 시공하여야 하였으므로, IPS상 공사발주 시기 등을 감안하여 시공회사가 구조와 공법을 결정하여 공단의 승인을 받도록 계획을 바꾸었다. 시공회사는 독일에서 개발한 레다 디비닥식 콘크리트 궤도가 시공 경험이 많고 국내 시공에 유리하다고 판단하여 이 구조와 공법으로 결정하였고, 공단에서는 국내 자문회의와 국외 자문회의 등을 거쳐 이를 승인하였다. 궤도 1공구 시공회사는 콘크리트 궤도구조의 설계와 시공 경험이 풍부한 독일의 Dywidag International GmbH와 기술 협력 합의계약을 맺어 시공기술을 도입하고 구조검토를 하였다. 구조설계는 터널구간과 정거장 구간을 구분하여 검토하였다. 궤도 3공구도 1공구와 같은 레다 디비닥 궤도 구조와 공법을 채택하여 시공하였다. 공사용 레미콘의 운반 방법은 각 공구별 특성을 감안하여 선택하였다.

구조와 공법 선정 과정에서 3개의 방안이 제시되어 이를 공법과 관련이 있는 국내 에이전트들이 민원을 제기하

는 등 많은 진통이 있었다. 또한, 차량, 전차선, 열차운행 제어시스템 등 핵심 기자재 계약(코어 시스템)을 담당하는 유코레일 측의 열차운행 제어분야에서 독일 방식의 콘크리트 궤도에 대하여 궤도회로 절연 문제를 제기하여 프랑스의 궤도 전문가인 Motagne 씨의 기술자문을 받았으며, 유코레일 측에서도 몇 가지 사항을 조사하도록 제안하였다. 따라서, 2001년 8~9월에 궤도 1공구 시공회사에서 광명 차량주박기지에 궤도회로 시험용 궤광을 부설하여 신호 측(프랑스 기술진)에서 콘크리트 궤도/궤도회로 간섭에 따른 전기적 특성치 확인 시험을 하고 그 결과에 따라 신호와 궤도의 설계를 일부 보완하였다. 한편, 콘크리트 궤도 시공과정에서의 허용오차를 엄격하게 적용하여 콘크리트의 양생이 끝난 궤도의 궤간이 준공 허용한도에는 들지라도 콘크리트 타설 전의 허용오차를 벗어난 경우에는 시공회사에서 각종 크기의 조절용 가이드 플레이트를 추가로 구매하여 타설 전의 허용 한계 내로 조정하였다. 다른 한편, 공단에서 구매 제작하여 시공회사에 제공하는 콘크리트 궤도용 침목의 입찰 과정에서는 침목 제작업체들이 상당한 기간 동안 아무런 해명도 없이 콘크리트 궤도용 침목과 직접 관계가 없는 다른 이유로 입찰에 불응하여 담당자들이 많은 곤혹을 당하기도 하였다.

레다 디비닥 콘크리트 궤도는 자갈궤도의 도상을 콘크리트로 바꾼 것으로 자갈궤도의 프리텐션 방식의 콘크리트 침목 대신에 포스트텐션 콘크리트 침목을 사용하며, 침목이 콘크리트 도상에 묻히는 구조이다. 콘크리트 궤도용 포스트텐션 콘크리트 침목은 당해 구간의 궤도공사 실시 설계를 담당하였던 설계회사의 비용부담으로 독일 DE-C 회사에 의뢰하여 구조계산과 도면을 보완하였으며, 시제품을 만들어 한국기계연구원에 의뢰하여 침목 및 레일체결장치의 성능 시험을 하였다. 이 과정에서 체결장치(보슬로 시스템)의 절연이 부족함을 발견하고, 독일에 이에 대한 보완 방법을 확인하여 매립전에 그리스를 추가로 충전하는 방법으로 보완하였다. 콘크리트 궤도는 시공 전에 시험궤도를 부설하여 시공성 등을 확인하였다. 시공 방법은 트러프 콘크리트를 타설하여 양생하고 나서 자갈궤도와 같은 방식으로 궤광을 설치하여 선형을 정확히 맞춘 다음



▶ 절차 1

최음 콘크리트를 채우는 방법이다. 콘크리트의 설계기 강도는 당초에 $350\text{kg}/\text{cm}^2$ 이었으나 구조계산 결과 및 시공성, 경제성, 품질관리 측면에서 종합적으로 고려하여 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 변경하였다. 콘크리트 궤도는 시공 경험이 있는 독일 기술자(감리단, 시공회사)를 참여시켜서 시공하였다. 트러프 콘크리트 타설은 궤도 1공구와 3공구가 다른 방식으로 시공하였다. 1공구는 거푸집을 설치하고 콘크리트를 타설하였으며, 3공구는 슬립폼 페이퍼 기계를 사용하여 된 반죽의 콘크리트를 타설하였다. 콘크리트는 노반에서의 사용이 끝난 배치 플랜트를 노반 시공회사에서 인수하여 사용하였다. 콘크리트 궤도를 시공할 때는 정밀한 측량 장비인 GEO 시스템(automatic track measuring, 레이저빔과 컴퓨터를 조합)을 사용하여 고저, 방향, 수평 등을 엄격하게 관리하였다. 콘크리트 궤도와 자갈 궤도간의 접속 구간의 중요성이 부각되어 독일 철도에서 많은 시간과 노력으로 얻은 경험적 노하우를 바탕으로 설계와 시공을 하였다. 이 접속 구간은 탄성 거동과 칩하 거동이 다르므로 이 차이를 완화시키기 위하여 보강 레일을 설치하고, 고결제로 자갈을 고결시켰으며, 탄성패드의 스프링계수를 점진적으로 증가시키고, 콘크리트 궤도의 단부를 보강하였다.

각 공구의 궤도공사를 시행하는 동안에는 안전 확보를 위하여 많은 노력을 기울였으나, 안타깝게도 크고 작은 사고가 다소 일어났으며, 사고로 인하여 피해를 입은 관계자 여러분들에게 이 지면을 빌어 위로의 말씀을 전하고 싶다. 그리고, 특히 고속 분기기 구간에서는 기존철도 출신의 기관사들과 모터카 등의 장비 조작자들이 재래의 고정 크로싱만을 머릿속에 기억하고 있어서 포인트의 텅 레일과 크로싱의 가동 노스 레일이 동시에 같은 진로를 형성하고 있을 때만 통과하여야 함에도 불구하고 텅 레일이 작동되는 것만을 확인하고는 크로싱의 상태를 확인하지 않아 크로싱의 가동 노스 레일 작동되지 않은 상태에서 곧바로 분기기를 통과하려다가 노스 레일을 손상시키는 일이 시험선 구간의 궤도 공사 때부터 종종 발생하기 시작하였다. 이 점에 있어서는 기관사나 장비 운전자들에게 고속 분기기와 재래 분기기간의 차이를 철저히 교육시킬 필요가 있다.

시공이 완료된 구간은 외국의 궤도 전문가를 포함하는 유효성 확인 조직을 구성하여 궤도의 성능을 검증하였다. 그 결과, 한국의 고속철도 선로가 외국의 고속철도 선로에 비하여 손색이 없고 매우 우수하다는 평가를 받았다.

한편, 공단에서는 준공된 시설물에 대하여 자체적으로 종합 검증을 시행하였으며, 그 절차는 다음과 같다. KTX 열차의 주행에 필요한 안전성 확인을 위하여 속도를 $60\text{km}/\text{h}$ 로부터 시작하여 $120\text{km}/\text{h}$, $170\text{km}/\text{h}$, $230\text{km}/\text{h}$, $270\text{km}/\text{h}$, $300\text{km}/\text{h}$ 의 6단계로 증속하여 KTX를 주행시키면서 열차에서 궤도상태를 관찰하고 차체와 대차의 수평과 수직 진동가속도를 측정하였으며, 또한 열차의 주행 후에 검측차로 궤도 선형을 검측하였다. 매증속 단계마다 측정 데이터를 분석하여 문제점이 발견되었을 경우에는 이를 보완한 후에 증속 시험을 재실시하는 절차로 진행하였다. 시설물 검증은 1999년 11월에 연기 소정~충북 청원 구간에서 최초로 시작한 이후에 화성~신탄진 2003년 5월, 광명~화성 2003년 7월, 시흥 직결선~광명 2003년 7월, 신탄진~대전북 2003년 8월 등 각 구간별로 전차선 공사 등이 완료 후에 단계별로 증속 시험을 실시하였다. 경부고속철도 1단계 사업구간의 마지막 시설물검증 시행구간인 대전~대구간은 2003. 10월에 $60\sim 270\text{km}/\text{h}$ 단계의 시험을 완료하고, 11월 3일에 $300\text{km}/\text{h}$ 증속시험을 하였으나, 4번 대차의 현팅센서 이상동작으로 $300\text{km}/\text{h}$ 의 증속이 원활하게 이루어지지 못함에 따라, 센서를 정밀 점검하고 궤도도 다시 점검한 후에 11월 7일에 $300\text{km}/\text{h}$ 증속 시험을 다시 하여 시설물 검증을 마쳤다.

공단의 궤도 분야에서는 상기와 같이 고속철도의 궤도 건설에 중점을 두어왔으나, 궤도의 건설 완료 후에는 유지보수가 당면 과제로 되었다. 왜냐하면, 경제적이고 효율적인 유지관리가 고속철도 운영에서 절대적으로 중요하기 때문이다. 고속열차의 운행에 따른 선로의 유지보수에서 주안점을 두어야 할 점은 고속의 속도대역에서 발생하는 여러 가지 기술적인 특성을 이해하고 적절한 대처방안을 수립하는 것이며, 선로 유지관리의 최우선 목표는 열차의 주행 안정성과 승차감을 확보하는 것이다. 고속철도의 유지관리 기술은 실제로 열차가 고속으로 주행하는 환경에

서 발생하는 여러 가지 복잡한 현상을 이해하고 문제점을 해결하는 과정에서 축적된 기술과 경험을 근간으로 하여 발전된 기술로서 “유지관리의 기술이 고속철도 기술의 핵심”이라고 해도 과언이 아니다. 고속 철도 유지보수 작업의 일반 원칙은 어느 면에서 일반 철도와 유사하다고 할 수 있다. 그러나, 고속 철도에서는 속도에 관련된 변수가 크기 때문에 작은 결함도 안전에 매우 큰 영향을 미칠 수 있으며 결함의 진행도 매우 빠르게 전파된다.

궤도는 보수를 전제로 한 유일한 시설물로서 열차가 고속으로 주행하는 고속선로의 유지보수는 고도의 기술과 세밀한 관리가 필요하므로 이에 적합한 유지관리 매뉴얼을 프랑스 고속철도 기술진이 작성하여 공단에서 우리 실정에 부합하도록 보완하고, 이를 토대로 유지관리 지침을 작성하여 준공된 궤도시설물을 관리하는데 지장이 없도록 하였으며, 외국 기술진에 의한 교육을 실시하였다. 궤도 기술은 상기에 설명한 것과 같이 유지관리 기술이 상당히 중요하므로 현장의 실제 보수작업은 궤도공사를 시행한 시공회사로 하여금 고속철도 궤도건설의 기술과 경험을 살려서 시행하도록 하여 KTX 열차가 시험운행을 하는 데 차질이 없도록 하였다. 그리고, 고속철도의 성공적인 개통과 운영을 위하여 공단이 건설중인 고속철도 자산(광명~대구간 1단계 사업구간의 시설물)을 법적 인계 인수 전에 철도청이 사용할 수 있도록 현물 인계 인수를 2003년 8월 말에 완료하였다. 궤도 분야에서는 선로 562km(자갈궤도 508km중 본선 409, 직결선 21, 측선 78, 콘크리트 궤도(본선) 54km, 기타 차량기지 51.9km), 분기기 279틀(고속 분기기 75틀, 기타 UIC 60레일용 분기기 8틀, 50 NS 분기기 171틀, 기타 차량기지 83틀), 신축 이음매 19틀, 선로 보수용 궤도장비 8대, 유지보수 공기구 72종, 유지보수용 자재 119종을 철도청에 인계하였다. 철도청에서는 잠정적으로 시공회사의 선로보수 과업을 관리하는 동시에 철도청의 선로보수 조직체제를 갖추어 가면서 고속철도를 이해하고 선로보수 기술을 익히도록 하였으며, 또한 공단 궤도처의 SYSTRA 기술진이 수 차례 유지보수 교육을 실시하였다. 이 체제는 고속철도 운영기관인 철도청이 완전한 선로보수 체제를 갖추는 2003년 말까지 유지하였다.

그 동안의 유지보수 과정 중에 일부 교량의 교대 뒷부분(어프로치 블록 부분)에서 치짐이 생겨 다른 구간에 비하여 상대적으로 아닌 궤도틀림이 발생하였으므로 이를 조사하여 비록 틀림의 크기가 허용한도 이내라도 인력과 장비를 이용한 자갈 다짐으로 궤도틀림의 크기를 줄이는 보수작업을 하였다. 또한, 겨울철과 봄 사이에 특정 유형 경간의 교량 신축 이음부에서 차량의 수직 진동 가속도가 다른 구간에 비교하여 크게 발생하여 이를 조사한 결과, 진동 가속도가 허용치 이내이고 궤도의 고저틀림도 허용치 이내인 것으로 파악되었으며, 이 틀림은 소형 장비가 이용하여 충분히 보수할 수 있다.

노반의 일반 토목을 담당하는 직원들보다 상대적으로 인원이 적은 고속철도공단의 궤도 직원은 직렬이 토목직으로 분류되어 있어 유능한 인력이 타 분야로 누출되는 등 상대적으로 불리한 여건이 있기도 하였으나 대다수의 직원들은 최첨단의 고속철도 궤도기술업무를 수행하고 국내 궤도기술을 선도한다는 자부심 하나만으로 묵묵히 과업을 수행하여 왔다.

이상과 같이 국내 최초로 고속철도를 건설하면서 외국으로부터 설계자문과 검증, 사업관리 자문, 시공 자문과 검증을 거쳤었다. 그리고, 10년에 걸쳐 공단에서 개최한 국제궤도자문회의(자문 위원은 프랑스의 Montane, 독일의 Kaess, 일본의 Sato 박사, 네덜란드의 Esveld 박사, 오스트리아의 Reissberger 교수 등 세계적인 궤도 전문가 5명으로 구성) 등을 통하여 고속철도 궤도의 주요 기술에 대하여 자문을 받고 공단에서 검토, 계획한 주요 기술 사항에 대하여 인증을 받았으며, 최신의 기술에 대한 정보 교류를 통하여 궤도기술을 축적하고 국내의 철도 기술을 선도적으로 향상시켰다. 또한, 고속철도 궤도건설을 수행하면서 새로운 기술을 갖게 된 점에 대하여 공단의 궤도분야 직원들은 자부심과 자긍심을 갖게 되었다. 상기와 같이 시험 궤도 등을 부설하여 각종 시험과 측정을 통하여 우리 고유의 궤도 구조 등을 결정하고, 각종 재료의 생산 설비를 국제 수준으로 향상시키는 등 고속철도 건설을 체계적으로 준비하여, 비록 선진 외국 기술의 도움을 받기도 하였지만 우리의 노력과 기술로 세계적인 품질의 궤도를 건설하는

강좌 I

공단이 주체가 되어 주도적으로 국내 철도기술을 향상시킨 것은 고속철도의 단위 사업 중에서 궤도 분야가 유일하지 않은가라는 생각도 든다. 이와 같은 실적을 이룬 것은 강기동 박사의 공이 크다. 공단에서는 앞으로도 이에 만족하지 않고 대구~부산간 고속철도와 호남고속철도 건설 등을 통하여 더욱 기술을 축적시키고 발전시킴과 동시에 또한 철도기술 연구사업을 활성화시켜 향상시켜 완전한 기술 자립을 이룩하여야 하며, 아울러 외국의 진출을 적극적으로 모색하여야 할 것이다.

끝으로, 시공회사, 감리단, 수송회사 등의 관계자 여러분에게 궤도건설 과정 중의 노고와 희생에 깊은 감사를 드리며, 또한 궤도공사를 지원하여 주신 공단의 관계 부서 관계자들, 그리고 한국의 고속철도 건설을 위하여 자문을 하여주시는 외국의 궤도 전문가들 및 철도의 원로 등 외부에서 음양으로 도와 주고 지원하여 주신 여러분에게 감사드립니다.

참고 문헌

1. 한국고속철도건설공단 궤도처의 각종 업무자료
2. 서사범 : 철도공학의 이해(Railway Engineering), 도서 출판 (주) 열과 알, 2000. 4.
3. 서사범 : 선로공학(線路工學) 개정판, 도서 출판 (주) 열과 알, 2002. 2.
4. 서사범 : 궤도 장비와 선로 관리(Mechanized Track Maintenance), 도서 출판 (주) 열과 알, 2000. 12.
5. 서사범 : 궤도시공학(軌道施工學) 개정판, 도서 출판 (주) 열과 알, 2001. 3.
6. 서사범 : 최신 철도선로(Modern Railway Track), 도서 출판 (주) 열과 알, 2003. 5.
7. 강기동, "고속철도 궤도재료의 품질확보", 제 6회 철도선로 기술발표회 자료집, 한국철도선로 기술협회, 1998. 4.
8. 金載學, "京釜高速鐵道 試驗線 區間 軌道工事 機械化 新工法 紹介", 鐵道施設 No. 73~74, 1999. 9~12.
9. 吳秉洙, "京釜高速鐵道 大田~大邱間(軌道 3工區) 軌道工事 推進現況", 鐵道線路 No. 45, 2003. 6.
10. 徐士範, "大韓土木學會 學術發表會 紹介", 鐵道施設 No. 51, 1994. 3.
11. 徐士範, "플래시 버트 鑄接의 原理와 技術의 發達(II)", 鐵道施設 No. 68, 1998. 6.
12. 박대혁, "레일 연마에 관한 조사 검토", 鐵道線路 No. 45, 2003. 6.
13. 박대근, "슬래브/자갈 도상 궤도의 접속부 시공", 철도시설 No. 89, 2003. 9.
14. 김인재, "고속철도 시험선구간 궤도유지보수 체제", 鐵道線路 No. 44, 2003. 3.
15. 강기동, "고속철도 기술의 성과와 반성", 鐵道線路 No. 37, 2001. 6.
16. 궤도공영, "경부고속철도 궤도부설공사(10)", 鐵道線路 No. 44, 2003. 3.
17. 한국고속철도건설공단 : 경부고속철도건설사, 2000. 7.