

경부고속철도 건설에 있어 안전성 확보를 위한 조치

장경환 (한국고속철도 건설공단 건설본부장)

I. 서 론

경부고속철도는 서울~부산간의 교통난 해소와 토목, 기계, 전자, 제어 등 관련 산업의 기술향상을 기할 수 있는 우리나라 최대의 국책사업으로써 1개 열차에 1,000여명의 승객을 싣고 시속 300km의 고속으로 열차를 안전하게 운행할 수 있는 시설을 갖추어야 하기 때문에 고도의 정밀성과 완벽한 품질을 요구하는 고난도의 사업입니다.

그러나, 우리는 고속철도에 대한 건설 경험이 없는 상태에서 충분한 사전준비를 갖추지 못한 채 날로 심각해지는 경부간 교통체증을 시급히 해결하고자 서둘러 착공함으로써 그동안 사업추진 과정에서 잦은 계획변경, 국내 설계수준 미흡으로 인한 설계보완 등으로 사업비와 사업기간이 늘어나고 공사가 일시 중단하는 등 사업계획, 설계, 시공, 감리 품질관리 분야에서 어려움이 부딪쳐 왔습니다.

이와 같이 그동안 제기되었던 문제들에 대해서는 관계기관과 국내외 전문가들의 자문과 노력으로 대부분이 개선 보완 되었습니다.

향후 시행되는 공사에서는 이러한 시행착오가 재발되지 않도록 공단에서는 설계, 시공, 감리, 품질관리 등 사업시행의 전과정을 안전성 확보에 초점을 맞추어 관리함으로써 불신된 국민의 신뢰를 확보하고, 국민들이 안심하고 이용할 수 있는 고속철도를 건설할 계획입니다.

II. 경부고속철도 건설의 필요성 및 추진현황

□ 필요성

- 서울~부산간의 교통난과 물류비 부담 완화를 위해 새로운 교통 시설의 건설시급
 - 경부축은 국내 물동량의 약 70% 담당 : 기존 교통수단 한계에 도달
- 장거리, 대량, 고속 수송수단 요구됨
- 전국의 반일 생활권 추진
- 국내 기술수준의 선진화 및 경쟁력 확보

□ 추진경위

- '73. 12 : 프랑스, 일본 기술조사단이 경부축에 새로운 철도 ~'74.6 건설제의 (IBRD 의뢰)
- '83. 3 : 서울~부산축의 장기교통투자 및 고속철도건설 ~'84.11 타당성조사 실시
 - 경부축에 새로운 교통시설의 확충이 필요하고 고속철도건설이 경제성이 높은 것으로 조사
- '86. 9 : 제6차 경제사회발전 5개년 계획('87~'91)에 경부 고속철도 기술조사 실시를 계획
- '89. 5 : 경부고속철도건설 추진방침 결정

- '89. 7 : 고속전철건설추진위원회 및 실무위원회 구성
- 위원장 : 경제기획원장관, 위원 : 관계부처장관
- '89. 7 : 경부고속철도 기술조사 실시
~ '91. 2 - 기본노선 및 차량성능조건 결정
- '90. 6 : 서울~부산간 기본노선 확정
- '92. 6 : 천안~대전 시험선구간 공사착공
- '94. 6 : 차량 등 핵심기자재 공급계약 체결
- '95. 4 : 대전·대구 도심 통과구간 지하 건설로 계획수정
- '97. 1 : 새로운 경주노선 확정

□ 사업의 규모

- 서울~부산간 412km
- 사업비 : 17조5,028억원 ('97가격)
※정부에서 총사업비 검토중
- 사업기간 : '92. 6 ~ 2005.11
※정부에서 사업기간 검토중
- 재원조달 : · 정부지원 45%
· 자체조달 55%
- 운행속도 : 최고 300km/h

□ 노반공사 추진현황

○ 추진실적

- '92. 6월 착공이후 '98. 4월말까지 전체 15.9% 진척
- ※전체 40개 공구중 16개 공구 착공, 3개 공구는 '98. 6월 시공업체 선정예정, 21개 공구 미발주

<서울~천안구간>

- 공정 : 22% 추진
- 노반공사는 전공구(5개공구) 시공중
- 용지는 4,017천m²중 3,766천m² 매수 (93.7%)

<천안~대전구간>

- 공정 : 83% 추진
- 노반공사는 전공구(7개공구) 시공중에 있으며, 교량상판 설계보완이 완료되어 '97 하반기부터 본격시공 추진됨
- 용지는 4,253천m²중 3,454천m² 매수 (81.2%)

<대전~대구구간>

- 공정 : 4% 추진
- 노반공사는 14개 공구중 4개 공구 시공중
- ※ 3개 공구는 '98. 6월 시공업체 선정예정
- 용지는 4,341천m²중 2,721천m² 매수 (62.7%)

○ '98 추진계획

- 서울~대전구간 12개 공구 공사 계속추진
- 대전~대구구간
 - 기착공 4개 공구 계속시행, 발주중인 3개 공구 업체선정 및 착공('98. 7)
 - 대전 및 대구구간은 정부방침 결정후 노반공사 발주 예정

Ⅲ. 고속철도의 특성

□ 일반적인 특성

- 고속주행시의 안전성
- 시설물의 내구성
- 승객의 승차감
- 유지보수의 최소화
- 환경소음공해의 최소화

□ 분야별 기술적 특성

<교량분야>

- 과도한 수평하중(2@40=80m인 경우)
 - 260t(1개선로 제동하중, 1개선로 시동하중)
 - 과도한 수평하중으로 교각에 발생하는 전단력이 도로교의 약 30배 정도
 - 큰 수평하중 때문에 기초에 휨모멘트가 많이 작용하므로 기초의 소요 지지력이 확보돼야 함

○ 연속 교량 구조형식(2@40m, 3@25m PC BOX)

- 고속철도의 동적거동 특성상 교량의 구조가 연속구조임
- 연속구조에서 하부구조의 부등침하하는 상부구조에 치명적인 영향을 미침으로 기초에 부등침하가 생기지 않도록 기초공사에 철저를 기해야함

○ 교량의 동적거동

- 일반철도와 고속도로는 시속 150km 이하로 주행하여 구조물의 공진발생 가능성이 적으나, 고속철도는 열차가 빠른 속도로 주행하므로 상부 구조물의 공진발생 가능성이 높다.
 - 공진현상 : 구조물의 고유 진동주기와 열차하중으로 인한 진동주기가 같을 때 발생하는 현상으로 시속 259 km~350km 사이에서 발생
- 공진현상 발생시 상부구조물의 처짐과 작용 휨모멘트가 증폭돼 구조물에 영향을 미침으로 시공관리가 필요하다.
- 동적거동 영향에 따른 제한치
 - 처 짐 : 1/1,700
 - 상판가속도 : 0.35g
 - 단부격임각 : 50×10^{-5} rad(1' 43")
 - 비 틀 림 : 0.44mm/3m
- 장대레일 부설
 - 고속철도용 교량은 상부에 장대레일이 부설되고 장대레일 유지관리상 교량의 상·하부 구조물에 요구되는 엄격한 조건을 만족시켜야 한다. 이 요구조건을 만족시키지 못할 때에는 궤도에 이상이 발생해 사고우려가 있으므로 교량구조물의 엄격한 시공관리가 필요하다.
- 장대레일에 따른 교량구조물의 요구조건
 - 제동 및 시동하중 작용시 하부구조 변위 : 10mm이하
 - 상부구조물 단부 격임각 : 50×10^{-5} rad(1' 43")
 - 상부구조 고정점간 거리 : 80m이하

<터널분야>

○터널내 공기압

- 열차가 터널내를 고속으로 주행할 때 터널내부에서 약 $\pm 10,000\text{pa}$ 정도의 공기압 변화가 발생한다. 이때 열차선두부에 $+10,000\text{pa}$, 열차후두부에 $-10,000\text{pa}$ 정도의 공기압이 발생한다.
- 열차가 계속적인 통과에 따른 공기압 변동으로 반복응력이 발생해 그로인한 피로 때문에 라이닝 콘크리트 시공이음부가 떨어져 나갈 우려가 있으므로 터널의 조인트 등 시공에 철저를 기해야 한다.

<토공분야>

○토공과 구조물 접속부

- 토공과 구조물의 접속부에서 급격한 노반강도 변화방지 및 구조물과 토공사이의 부등침하를 방지하기 위하여 어프로치블럭 설치한다.
- 어프로치블럭이 규정되로 시공되지 않을 경우 고속주행의 진동으로 수직방향에 과대한 침하가 발생해 탈선의 우려가 있다.
- 특히 토공이 교대배면에 접속될 때에는 이를 감안해 규정대로 정밀시공해야 한다.

○강화노반

- 궤도를 충분히 지지하고 상부노반의 연약화를 방지하기 위해 도상자갈 아래에 강화노반층 설치
- 규정대로 시공하지 않을 경우 노반 연약화 등 문제발생으로 안전운행에 지장을 초래

<궤도분야>

- 고속철도의 교량은 상부에 장대레일이 부설되고, 장대레일 유지관리상 교량의 상·하부 구조물에 요구되는 엄격한 조건을 만족하여야 함
 - 궤도부설 허용한도는 2~3mm(일반철도 7~10mm) 이내로 정밀시공 요구됨

<유지·보수분야>

- 고속철도 시설물은 열차운행도중 문제가 발생하는 경우 보수가 곤란하므로 시공단계에서 완벽을 기하여야 함
 - 일부 구조물에 문제 발생시 대체시설물이나 우회도로 개설이 불가
 - 열차운행이 중지되는 심야시간에 작업 가능
 - 시설물에 커다란 문제 발생시 보수를 위하여 열차운행을 중지하는 사태가 발생할 가능성이 큼으로 시공단계에서 완벽하게 시공하여 운영중 유지보수가 최소화 되도록 하여야함

IV. 고속철도 건설 안전성 확보를 위한 조치사항

□ 설계분야

- 외국 기술진에 의한 설계검증·보완
 - UIC(국제철도연맹) 기준으로 설계된 교량을 선정차량(TGV)기준으로 안전성과 시공성을 재검증
 - 동적 안전성 검증 : PC Beam→PC BOX 변경

- 기술적 안전성 검증을 거쳐 교량상부 재설계 : 경제성, 시공성 향상
 - ※ 시험선구간 완료('97.7), 미착공구간 '98.5월까지 완료 예정
- 국내사가 작성한 도면을 정비 및 재작성하여 시공상세도까지 완벽하게 보완
- 크립커플러(creep coupler)
 - 열차운행중 급제동으로 인한 교각에 미치는 영향을 여러교각으로 분산시키는 장치로 제동하중이 미고려된 교각에 설치하여 안전성 확보
- S.D.B(spring damping box)
 - 승강장과 역사를 분리된 구조물로 하여 열차운행시 진동으로 인한 피해가 없도록 충격완화장치인 spring damping을 승강장과 역사사이에 설치하여 생활환경피해 예방

※ 고속철도와 일반철도 비교

항 목	고속철도	일반철도
설 계 속 도	350Km/h	150Km/h
최고운행속도	300Km/h	150Km/h
최소곡선반경	7,000m	400m
교량(40m)처짐	23mm	50mm
교량수직진동가속도	0.35g	-
터 널 단 면	107m'	62.2m'
토 공	강화노반설치	-
궤도허용오차		
· 궤 간	+5, -2mm	+10, -2mm
· 고 저	2mm	7mm
· 방 향	3mm	7mm

○ 공사시방서 개정·보완

- 품질관리강화 및 ISO9000시리즈 적용
- 외국기술진에 의해 검증된 어프러츠블릭, 강화노반 등 적용
- 동일공종의 콘크리트강도 공구별 통일

○ 전노선 폐갱도 실태조사

- '96. 12 ~ '97. 6 : 대한광업진흥공사
- 폐갱도 19개소에 대한 정밀안전진단결과
 - 18개소는 안전에 전혀 영향 없음
 - 1개소(조남1터널) : 경량 콘크리트로 채움시공완료

○ 교량 설계기준 보완

구 분	당초설계	보완적용	비 고
하 중	UIC	UIC/TGV	
교각변위	-	최대10mm이내	· 교각단면 보강 · 크립커플러 설치
교량상판길이 한도	최대 120m이내	최대 80m이내	· 3@40m → · 2@40m, 3@25m
처짐한도	L/1,800	L/1,700	
단부꺾임각	L/370	L/4,000	PC-Beam
비 틀 림	1mm/m	0.4mm/m	→PC BOX로 변경
상판수직각도	-	0.35g	

□ 시공분야

○ 정밀시공 정착을 위한 제도강화

- 공동도급 참여업체 3개사 이내로 조정

- ISO 품질인증 취득업체 확대
 - 부실시공업체 입찰참가 제한
 - 하자보증기간 연장(교량, 터널 7년→10년)
 - 지체상금을 상향조정(0.1%→0.2%)
- 공사 실명제를 시공사·감리자 및 작업반장까지 확대시행
(책임의식 강화)
 - 백텔의 전문인력 보강으로 현장 기술적 대처능력 향상

□ 감리분야

- 고속철도 경험이 있는 외국 감리단 투입(독일 : DEC, 프랑스 : SEEE)
 - '96. 3월 이후 발주구간 : 외국 전문업체의 책임감리실시
 - '96. 3월 이전 발주구간 : 국내·외 공동감리로 전환
 - ※ '98 발주구간에서는 그동안 정착된 국내 감리업체를 투입하여 시행할 예정(단, 외국업체는 고용)
- 책임감리회사의 철저한 감리를 통하여 안전성을 확보키 위해 품질관리 강화
 - 저가 낙찰구간에 감리원 추가투입으로 감리강화('96. 6)
 - 감리단, 시공사, 공단간의 조직적인 관리와 철저적인 관리체계 확립
 - 작업단계별 확인 절차후 작업착수

□ 품질관리분야

- 품질관리부서 현장전진배치, 상설안전점검반 설치 운영
- 교량상부공 시공시 현장작업·인력작업을 공장작업·기계화 작업으로 전환 → 공기단축 및 정밀시공
 - Caging 공법 : 교량 상부철근을 공장에서 조립하여 거치하는 방법
 - Precast Span Method : 교량상부를 공장에서 제작하여 직접 거치하는 방법
 - 철근가공공장 설치 : 인력으로 철근을 가공하던 것을 기계화
- 콘크리트에 대한 엄격한 품질관리
 - 시중레미콘 사용금지
 - 현장마다 자체 Batcher Plant 설치·생산사용
 - 콘크리트용 조골재 세척사용
 - Batcher Plant에 골재규격별 투입구를 분리하여 배합 설계대로 생산 → 컴퓨터에 의한 자동생산
 - 하절기 냉각수(5℃) 사용으로 수화열에 의한 콘크리트 균열 방지
 - 동절기 구조물의 연속성과 구조적 문제발생이 예상되는 경우 시공에 지장이 없도록 완벽한 보온장비를 갖추어 감리단 승인후 시공
- 재시공 등 강력대처로 적당주의 관행 근절
 - 시목교, 노장1교의 일부 결합부분 전면해제·재시공
- 공단 품질관리 기능보완
 - 자체 건설시험소 설치운영 하므로써 자재 및 구조물에 대한 확인시험 실시