

국내 고속전철 기술 현황 및 차세대 시제차량개발

정경렬* · 김경택
(한국생산기술연구원)

1. 머리말

한국에서의 철도는 1890년대 말 서울-노량진 간(33 km)을 시속 20 km/h로 1시간 30분에 주파한 이래 100여년이 지난 2004년 4월 1일 시속 300 km/h의 고속철도시대를 개막하였다.

고속철도의 개통은 전국을 한나절 생활권으로 묶으면서 국민 생활 전반에 큰 변화를 가져올 것으로 기대된다. 지역균형 발전과 지역경제 활성화에 기여할 뿐만 아니라 사람과 물류의 이동시간을 단축시켜 운송 및 물류비용을 절감시키는 등 고속철도는 국토의 대동맥 역할을 담당할 신교통수단으로서 그 자리를 굳건히 할 것이다.

본 글에서는 지난 4월 1일 상업운전에 돌입한 한국고속전철(KTX : Korea Train eXpress, 한국고속전철의 차량명)과 1996년 12월 선도 기술개발사업(G7)의 일환으로 추진·개발되어 현재 350 km/h의 안정적인 주행을 위해 시운전시험 중에 있는 한국형 차세대 시제차량(HSR 350X)을 소개하고, 동역학, 소음 및 진동 문제와 관련된 내용을 보다 상세하게 기술하였다.

2. 경부고속철도

2.1 경부고속철도의 건설 및 차량 제작현황

한국에서 고속철도에 대한 논의는 1973년 프랑스 및 일본의 조사단에 의해 새로운 경부철도건설의 필요성 제의를 통하여 시작되어 1989년 경부축의 수송난 타개를 위한 서울-부산간의 고속철도신선 건설방침이 결정됨에 따라 본격화되었다.

경부고속철도의 역사는 수차례의 사업 재검토와 사업자체의 중단 등의 위기를 극복하고

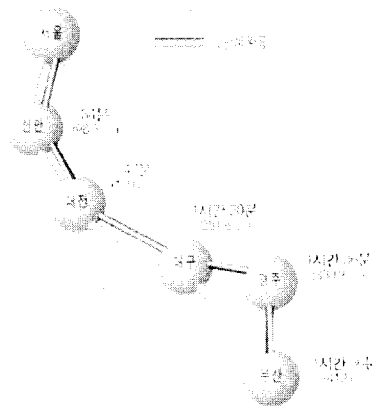


그림 1 경부고속철도 단계별 건설 현황

* E-mail : chungkr@kittech.re.kr / Tel : (041)589-8251

1992년 천안-대전간의 시험선 구간에서 첫삽을 뜬 이후 1999년 12월에 공식적인 시험운행을 개시하고 2000년 10월에 시험선 전구간(57.2 km)을 완공하였다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 2004년 4월에 1단계 우선 개통한 서울-부산간 노선은 서울-대구 구간을 신선 건설을 통해 시속 300 km/h로 주행하고 대구-부산간을 기존선의 전철화를 통해 2시간 40분대(새마을호 4시간 10분)로 주행한다. 이어 2004년부터는 2단계 완전 개통을 위하여 대구-경주-부산을 경유하는 신선건설에 착수하여 2010년에 완전 개통을 목표로 하고 있다. 서울-부산간 전 구간이 개통되면 총 길이 412 km를 1시간 56분에 주행이 가능해 기존의 교통수단 중 가장 빠르고 경제적인 신교통수단으로 뿌리 내릴 것이다.

경부고속철도의 건설과 더불어 국토의 효율적 이용과 지역간의 균형개발을 통한 국가 경쟁력 강화 차원에서 1999년 12월 국가기간교통망계획을 통하여 각 권역의 지역균형개발을 바탕으로 효율적인 교통연계체계 수립을 통한 국토의 서남부축과 강원축의 개발사업을 동시에 추진하고 있다. 이러한 개발사업이 호남고속철도의 건설과 동서고속철도의 건설계획이다.

호남고속철도 건설(서울-목포은 경부고속철도의 개통과 동시에 이루어졌으며, 서울-서대전 구간은 고속신선을 이용하고 서대전에서 목포구간은 선형개량 및 전철화를 통하여 경부고속철도와 동시에 개통하여 서울-목포구간을 2시간 58분에 운행한다. 아울러 국토의 효율적인 이용이라는 측면에서 경부축을 중심으로 움직이는 물류흐름의 불균형을 해소하고 공동화의 우려가 지적되는 서울-강릉간의 동서축은 수송능력의 증가를 통한 관광중심으로서의 입지 확보 및 남북교류와 유라시아로의 물류수송을 담당하는 원대한 계획이었으나, 2020년 이전의 개통은 사업의 경제성 등에 문제가 있는 것으로 나타나 유보되었다. 그러나 장기적으

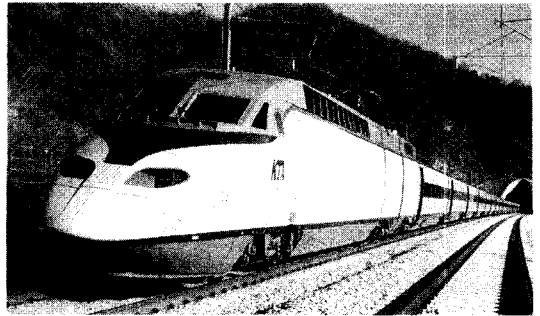


그림 2 한국고속철도 차량 KTX

로는 동서를 연결하는 철도망의 구축은 바람직한 것으로 분석되어 경춘선의 복선전철화 사업 등과 연계하여 고속철도의 건설을 장기적으로 추진키로 하였다.

2004년 4월 1일에 운행에 들어간 한국고속철도의 차량인 KTX(그림 2)는 총 46편성으로서 1994년 6월 프랑스의 알스톰사와 계약체결로 12편성은 해외에서 프랑스의 알스톰사와 유럽의 협력업체들에 의해서 제작되었으며, 나머지 34편성은 국내에서 알스톰으로부터 기술을 이전받은 국내 철도차량제작사인 (주)로템을 중심으로 100여개의 국내 협력업체들에 의해 제작되었다. 최초 생산된 부품에 대해서는 승인된 설계사양대로 제작되었는지를 확인하는 초도품 검사를 실시하였고, 양산제품에 대해서는 부품단계와 시스템 단계 및 편성열차 단계별로 공장시험을 거치는 등 단계별로 품질확인을 실시하였다.

아울러 열차의 시운전 시험은 고속철도의 성공적인 운영을 위해, 무엇보다도 열차의 성능과 안정을 확보하기 위해 매우 중요한 과정이다. 편성당 9백여명의 승객을 태우고 시속 300 km/h로 주행하는 만큼 본격적인 운행에 앞서 성능과 안전에 대한 철저한 사전 검증은 반드시 필요하다.

열차의 시운전시험은 시험장소에 따라 프랑스 시운전과 국내 시운전으로 구분되며, 목적

에 따라 조정시험, 설계성능입증시험, 인수시험 및 종합시운전으로 구분되어 단계적으로 이루어졌다. 각 단계별로 성능과 품질 및 안전성 등 총 180여종의 시험항목에 대한 시험이 이루어지는 시운전시험은 1997년 12월 KTX 1호차에 대하여 프랑스에서 시운전시험을 시작하여 1998년 5월 시속 300 km/h의 속도를 달성하므로써 기본적인 성능이 입증되었다. 이후 국내의 운영환경에서의 열차성능과 안전성 확인을 위한 시운전은 1999년 10월 KTX 2호를 시작으로 46편성 전체에 대해 국내 고속철도 시험선 구간에서 진행되었다.

2.2 차량(KTX)의 특성

한국고속철도의 차량인 KTX는 프랑스의 TGV 설계를 바탕으로 한국적 여건에 맞게 개선된 열차로서 더욱 쾌적하고 안전한 운행이 가능하도록 하였다. KTX는 기존 프랑스 TGV 열차보다 1.5배 강력한 1만 8천 마력의 추진시스템과 더불어 한국적 환경특성을 고려하여 설계 제작되었다.

관절형 대차는 객차와 객차를 하나의 몸통으로 단단히 연결하여 마치 사람의 관절처럼 자유로이 움직일 수 있는 원리로 제작되어 탈선 등의 불의의 사고가 발생하더라도 차량이 떨어져 나가거나 넘어지지 않도록 하고 경량 및 저소음설계로 인하여 안락한 승차감 유지가 가능토록 하고 있다. 또한 차량이 터널(최장 19.25 km)구간을 통과할 때 압력차로 발생하는 승객의 귀울림 현상(이명현상)을 방지할 수 있도록 객실과 차량외부를 완전히 차단하는 기밀시스템을 장착하였다.

전기를 전차선으로부터 받아들이는 집전장치는 1990년 5월 TGV 고속열차가 시속 515.3 km/h의 기록을 수립할 때 장착되었던 고성능 판토티그래프를 채택하고 있으며, 제동시 에너지를 전기로 바꾸어 전차선에 전력을 공급해주는

회생제동장치를 추가로 채택하여 에너지절약 및 제동의 신뢰성을 향상시켰다.

열차의 운행중에 이물질과의 충돌 및 열차간의 충돌 등의 만약의 경우를 대비하여 동력차의 선두부에 허니컴 구조의 특수재질로 된 충격흡수장치를 설치하여 열차의 충돌시 에너지를 최대한 흡수하여 승객에게 전달되는 충격을 최소화할 수 있도록 하고 있을 뿐만 아니라 충돌 에너지를 전두부에서 흡수할 수 있는 차체구조와 후부차가 전두부에 타오름을 방지하기 위하여 동력차와 동력객차간에 타오름 방지장치(anti-climber)를 설치하여 승객과 기관사를 위협으로부터 최대한 보호할 수 있는 구조로 설계되었다. 그리고 철도차량은 정해진 레일위를 따라 주행하게 되므로 고속주행시 사행동에 의해 탈선의 위험을 방지하기 위해 대차에 감지장치를 설치하여 위험을 사전에 방지할 수 있도록 하였다. 차체의 구조도 공기저항과 에너지소모 및 공력소음 등을 최소화 하도록 동력차의 전두부를 설계하였다.

또한 안전한 운행을 위하여 기관사의 상태를 확인하는 운전감시시스템을 설치하여 기관사가 열차운전중 심장마비와 같은 예기치 않은 신체장애로 인해 운전이 불가능한 상황이 빚어졌을 때 열차의 안전운행을 확보할 수 있도록 안전시스템이 구축되어 있다. 아울러 화재감지시스템이 설치되어 있어 전기장치의 과열로 인해 화재가 발생할 경우, 이를 즉시 감지하여 관련 전기회로를 차단하고 차내에 설치된 차상 컴퓨터를 통하여 운전실과 객실에 위험을 알려 줌으로써 신속하고 적절한 조치가 취해질 수 있도록 하였다. 그리고 화재로 인하여 발생하는 연기와 유독가스로부터 승객을 보호하기 위하여 차량을 구성하는 모든 재료는 난연성과 불연성소재를 사용하였다.

객실의 창문은 이중구조로된 비상창문(안전 유리)이 설치되어 있어 출입문의 개방이 불가

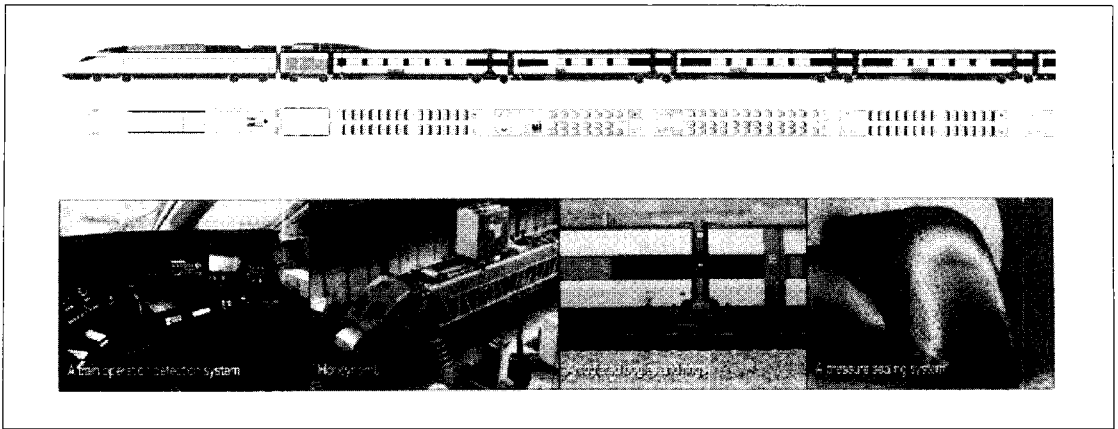


그림 3 KTX에 채용된 기본편성도 및 운전감시장치, 하니컴 구조, 관절형대차와 차량밀폐 시뮬레이션

능할 경우를 대비하여 승객이 안전하게 대피할 수 있도록 객실당 4개소에 설치되어 있고 정전시를 대비하여 객실의 조명을 지속시키고 30분 이상의 객실 환기시스템을 가동할 수 있는 축전지를 설치하여 비상상태에 철저히 대비하고 있다.

그림 3은 KTX 차량의 기본편성도 및 운전감시장치, 하니컴 구조, 관절형 대차와 차량밀폐 시뮬레이션을 보여주고 있다.

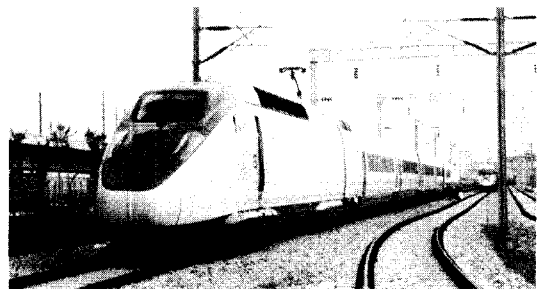


그림 4 HSR350X

3. HSR350X의 개발

3.1 HSR350X의 개발 개요 및 특성

본 절에서는 1996년 12월 선도기술개발사업으로 선정되어 3년씩 2단계로 나누어 국내 관련업체와 연구진에 의해 추진된 G7 고속전철 기술개발사업의 성과물인 한국형 고속전철 시제차량 HSR350X(High Speed Railway 350X:이하 HSR350X, 그림 4 참조)을 소개하고자 한다.

G7 고속전철기술개발사업은 건설교통부를 총괄부처로하고 산업자원부 및 과학기술부가 협조부처로서 정부출연금을 투자하며, 매년 사업성과와 계획을 점검하고 추진과정을 감독하는 역할을 하였다.

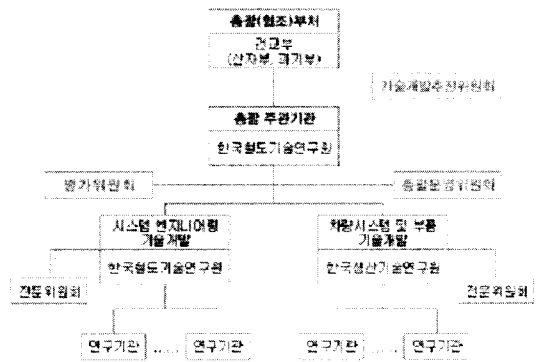


그림 5 HSR350X 개발 체계

기술개발체계는 그림 5에서 볼 수 있듯이 시스템엔지니어링과 차량시스템 및 부품기술개발분야로 크게 나누어 각각 한국철도기술연구원과 한국생산기술연구원이 주관하고 그 하부

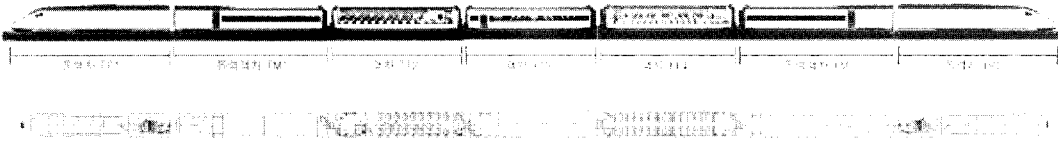


그림 6 HSR350X의 기본편성도

에 속한 소과제를 산업체, 학교, 연구소로 구성된 각 연구기관이 수행하였다.

HSR350X은 350 km/h의 최고운행속도로 경부고속선로에서 양방향운행이 가능하도록 설계되었다.

또한 기본편성은 기본적으로 정원 1천명 수준의 승객을 수송할 수 있는 20량 편성과 5백명 수준의 승객을 수송할 수 있는 11량 편성 운행이 가능하도록 하였다. HSR350X는 차세대 고속전철의 제반특성을 나타내고 그 성능을 평가 검증할 수 있는 최소한의 편성인 7량 편성으로서 편성의 순서는 그림 6에서 볼 수 있듯이 동력차+동력객차+3객차+중간동력객차+동력차로 되어 있다.

표 1에 차세대 차량과 경부고속철도의 핵심 기술을 비교하였다. 표에서 알 수 있듯이 최고속도는 KTX가 300 km/h 인 반면에 HSR350X는 350 km/h로서 서울-부산간을 100분 이내로 단축할 수 있으며, 열차의 편성은 차세대 차량의 경우 20량 및 11량 가변편성으로서 노선별 승객의 수요에 적절히 대응하여 편성을 변경하도록 하였다.

아울러 추진장치는 KTX의 경우 동기전동기를 채용하였지만 HSR350X는 독자개발에 의한 유도전동기를 채용하므로써 추진력 및 유지보수성을 향상시켰다. 제동장치의 경우 KTX에 채용된 마찰 및 회생제동 외에 고속영역에서의 제동력 확보를 위하여 와전류제동시스템을 개발하여 채택하므로써 고속영역에서 안전한 제동력을 확보함과 동시에 제동의 신뢰성을 한층

표 1 고속철도 핵심기술 비교

주요항목	경부고속철도(KTX)	차세대 차량(HSR350X)
최고속	300 km/h	350 km/h
열차편성	20량 1편성	20량, 11량 가변 편성
전두부	TGV 형	한국형 고유형상
객차차체	연강(Mild Steel)	알루미늄 압출재
추진장치	동기전동기	유도전동기 독자개발 적용
제동장치	마찰, 회생	마찰, 회생, 와전류
여압장치	없음	독자개발 적용

향상시켰다. 차량의 전두부는 차세대 차량의 경우 한국고유의 형상을 구현하였으며, 차체의 경우 KTX는 연강으로 제작되었으나, HSR350X에서는 알루미늄을 압출재를 적용하므로써 차량의 경량화와 더불어 제작공정을 단순화하였다. 아울러 차량이 고속으로 터널진출입 및 교행 등에 의해 발생할 수 있는 차내외압력변동에 의한 이명현상 등 승차감의 저하를 방지하기 위하여 KTX의 경우 밀폐에 의해 압력변동 최소화를 기하지만 HSR350X의 경우에는 차내외 압력변동에 능동적으로 대처하기 위해 차내외 압력을 조절하는 여압장치를 독자개발하여 채용하므로써 승객의 안락감 및 승차감이 최대화될 수 있도록 하였다.

3.2 HSR350X의 개발과정

HSR350X의 개발과정은 요구조건분석, 설계, 제작, 시험/평가 및 최적화의 과정으로 이루어지며 차량의 설계과정은 다시 개념설계, 기본

설계, 상세설계 등으로 나뉘어 진행된다. 그림 7은 HSR350X의 개발과정을 도식화한 것이다.

차량시스템의 요구조건 검토 단계는 차량개발의 가장 초기인 설계 이전의 단계로서 주요 요구사항의 목록인 설계사양서가 작성되어 개념설계단계로 넘겨지게 된다. 주요 요구조건 검토 항목은 운용조건, 기능조건, 설계기준, 환경조건, 규격 및 사양 등으로 이러한 항목들의 분석을 통하여 요구사항들의 목록인 설계사양서가 작성된다. 이러한 요건검토 과정에는 이미 개발되었던 이전의 차량과 관련된 시험/평가 결과, 차량운용시 발견된 문제점 및 개선 요구사항 등이 적절히 반영되어야 하며, HSR350X의 개발과정에서는 속도향상의 요인, 효율제고, 수송력 증대, 여행시간의 단축, 유지 보수 비용의 절감에 대한 검토 및 분석이 이루어졌으며 그 결과는 개념설계에 반영되었다.

개념설계 단계에서는 설계명세서에 수록된 요구사항 목록을 요약하여 핵심적 목표사항을 인식하고 열차의 구성 기본안을 도출한 후 목표달성을 위한 다양한 설계변수 검토 및 해석

을 수행하고 이에 대한 기술적 및 경제적 평가를 시행하여 열차구성 기본모델을 설정하는 과정이다. HSR350X의 개발과정에서는 설계명세서에 주어진 사항들을 만족시키는 차량시스템 편성안을 결정하기 위해 차량편성 대안을 도출하고 요구조건 및 목표에 대해 편성대안별로 성능에 대한 정성적, 정량적 평가를 수행하였다. HSR350X의 편성안으로는 경부고속철도의 이전기술을 충분히 활용할 수 있는 동력집중식 편성안과 당시 새롭게 개발·완료되어 운행예정인 ICE-3 차량기술과의 접목이 가능한 분산식 편성안, 그리고 미래를 지향한 차량 편성안 등 3가지 편성안을 검토하였으며 주요 비교·검토 항목으로는 각 차량시스템 편성대안 별로 차량시스템 중량, 승객수, 에너지 소모율, 궤도수명에 직접적인 영향을 미치는 축중과 unsprung mass, 점착계수 활용도 등이 있었다. 3가지 편성대안을 비교·검토하여 우선 KTX 차량시스템의 구성을 기본으로 하며, 고속전철 요구조건을 만족시킬 수 있도록 하는 상업용 20량 편성의 주요 구성내용과 시제차량 편성을 확정하였다.

기본설계 단계 초기에는 각 모듈별로 주요 치수가 포함된 구조 형상이 개발되고 초기 배치도가 도출된다. 이를 통하여 구체적인 자료에 근거한 갖가지 해석과 기초 실험이 이루어지면서 제작을 위한 재료와 더 상세한 형상과 치수가 결정되고 최종적으로 기술성 및 경제성에 근거한 기준에 따라 평가된 열차구성의 최종 배치도가 도출되게 된다.

고속전철 기본설계 확정 이전 단계에서 차체설계 각 분야별 문제점 파악 및 보완설계 방안이 제시되고 향후 상세설계시 적용할 수 있는 적절한 설계 기준을 확보하였다. 차체설계와 관련하여 검토되었던 분야는 차체 설계 및 해석, 충돌 설계 및 해석, 공기조화·여압 및 환기 시스템, 제동 시스템, 대차설계, 소음예측 및 분

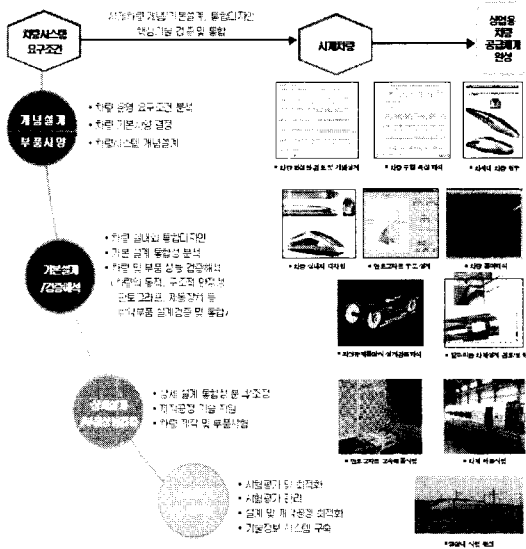


그림 7 HSR350X 개발을 위한 차량시스템엔지니어링 기술개발 내용

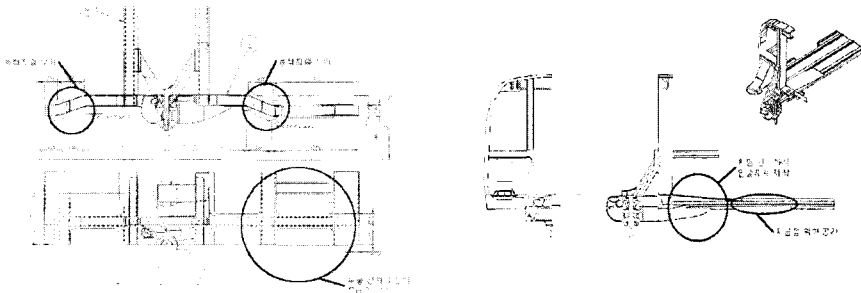


그림 8 검토 · 개선된 차량설계안의 예 (차량 단위 연결부: 변경전(좌), 변경후(우))



그림 9 HSR350X의 외형디자인 예

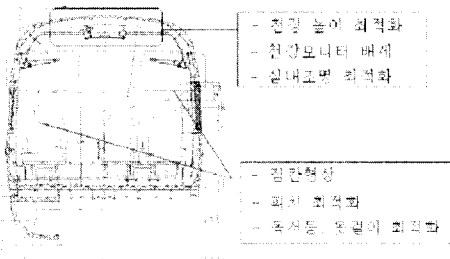


그림 10 객실공간 디자인 통합 예

석, 동역학 시뮬레이션 등 모두 7개 분야였으며 아래 그림 8은 국내외 전문가들의 기술검토를 통해 개선된 설계사례로서 차체 언더프레임과 차량단부 연결부의 설계내용을 보여주고 있다.

객차의 객실공간과 그 내장품에서부터 운전실과 외형 형상의 통합으로 이루어지는 고속철도 디자인 통합시스템을 구축하기 위하여 고속철도 설계 초기단계부터 차량제작단계까지의 개발과정상의 다양한 문제로 발생하는 지속적

인 세부형상변화에 대응하여, 고속전철 차량이 생산되어 출하될 때까지 지속적인 수정보완이 수행되었다. 시제차량 디자인 통합을 위한 검증 및 개선은 크게 차량 외형형상 통합디자인과 실내형상 통합디자인의 2개의 분야로 나누어 추진하였다.

HSR350X의 상세설계 분석 및 통합성 확보를 위하여 우선 차량분야, 대차분야, 제동분야, 차량외형 및 실내 디자인 분야와 시제차량 및 시험차의 layout에 대한 설계검증을 수행하였고, 이후 상세설계 결과에 대한 각 분야별 인터페이스 검토내역을 중심으로 도면과 차량 제작성을 검토하였다. 검토 및 조정되었던 주요 설계 인터페이스 현황들 중 핵심적인 분야는 아래와 같다.

- 차량제작분야(기계) : 동력차, 동력객차, 객차, 대차, AI 형강재, HVAC
- 대차분야 : 대차, 감속기, 전동기, 동력차, 동력객차, 객차
- 제동분야 : 제동, 대차, 동력차, 동력객차, 객차, 전기S/E

차량 상세설계가 완료됨에 따라 차량제작을 위한 설계검증 및 제작성을 확보하기 위하여 국내 기반기술이 취약한 분야를 중심으로 독일, 스위스, 덴마크, 영국 등 유럽국가와 일본과의 해외기술협력을 추진하였다. 주요 연구분야

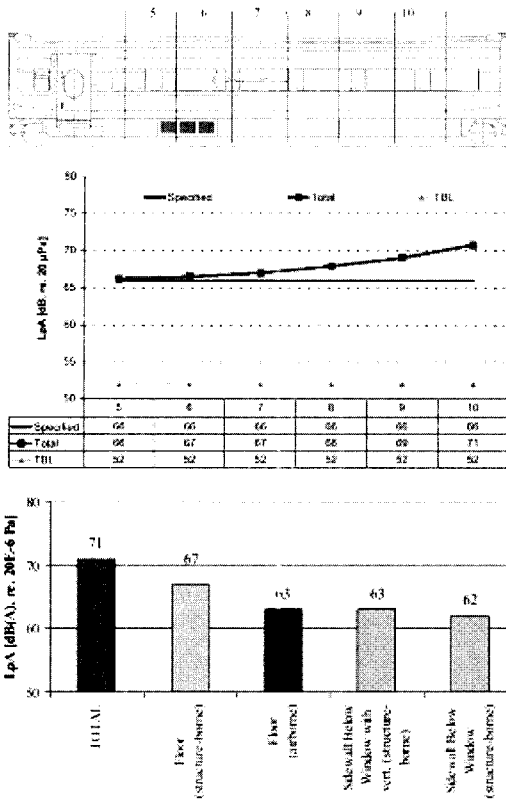


그림 11 소음 해석결과의 예 (객차)

는 차체 분야, 대차분야(와전류 제동분야 포함), 소음분야 등이었다. 일례로서 차량이 정차중인 경우와 최고속도인 350 km/h로 주행시의 차량 실내의 소음해석을 통한 소음도 예측 결과를 활용하여 해석 당시의 차량설계 자료를 바탕으로 수정이 필요한 부위를 규명하고, 수정을 요하는 부위에 대하여는 소음 저감방안이 제시되었다. 또한 소음요구량을 만족시키기 위한 각 전장품별 소음사양이 제시되었다.

차량제작 단계는 앞서 설계과정을 통하여 작성된 설계도를 토대로 차량 및 부품이 생산/조립되는 단계로 구체, 의장, 대차, 중전기 분야로 나누어 제작 및 조립이 수행되었다. 일반적으로 차체의 경우 크게 용접을 통하여 차체를 제작하는 차체제작공정과 제작된 차체에 각종 부품을 취부, 조립하는 조립공정으로 나눌 수 있다.

상용차량이 아닌 시제차량의 개발에 있어 필요한 특정 부품의 경우 소요량이 많지 않아 별도 개발시 경제성이 떨어진다. 이러한 부품에 대해서는 해외의 전문 생산업체를 통해 필요한 부품의 아웃소싱을 추진하였다. 주요 대상 품목은 동력차 전면창, 와이퍼, 객차의 출입문, 차량 단부 링 구조품 등이다.

시험평가단계에서는 개발품 성능의 목표달성 여부를 평가하는 과정으로 개발품의 목표기능 및 성능과 실제 시험결과와의 비교 검증이 가장 중요하다. 따라서 차량개발에 있어서 목표 기능 및 성능을 정의하는 것은 시험평가부문에 있어서 가장 중요한 부분으로서 기본 사양서의 명확한 목표 설정이 반드시 선행되어야 한다. HSR350X개발에서는 각 부품의 성능을 시험평가하는 부품단위의 시험과 60 km/h 이하 속도에서의 차량시스템에 대한 성능을 검증하는 공장내시험과 350 km/h까지의 증속시험을 포함한 본선시운전시험을 수행하였다.

3.3 HSR350X의 소음진동 및 동역학적 기술

고속전철이 주행중 발생시키는 소음 및 진동은 승객의 승차감 및 차량 안정성과 직결되는 문제로 세계 각국의 고속철도들은 각기 저마다의 기준을 정하여 엄격히 관리하고 있는 상황이다. HSR350X 역시 차량의 개념설계 초기단계부터 최종 차량 제작단계까지 체계적인 관리를 통해 소음·진동 특성의 향상을 추진해왔다.

HSR350X 기본사양중 소음·진동 및 동역학적 측면에서의 승차감, 주행안정성, 소음, 충격 및 진동의 4개 항목의 설계기준은 표 2에서와 같다. 상기 4개 항목의 설계기준은 국내에서 처음 개발되는 고속전철이라는 특수성을 고려하여 주로 국제철도차량 규격인 UIC 및 전기부품 관련 국제 규격인 ICE77, KTX 차량규격 등을 참고로 하여 작성되었다.



표 2 소음진동 및 동력학적 측정항목 및 설계기준

항 목	관련규격	측정항목	설계기준
승차감	UIC 518 OR	횡방향, 수직방향 가속도 (RMS 값)	0.315 m/s ² 이하
		최대가속도 (모든방향)	1 m/s ² 이하
		최대가속도 (모든방향)	0.5 m/s ² 이하
주행안정성 (휠하중)	UIC 518 OR	탈선계수 (Y/Q)	0.8 이하
		선로위 2 m 이상 횡방향 힘 (ΣY) _{2m}	10 + (축하중/3)
		동적 휠 하중 (Q)	170 kN 이하
		곡선선로에서의 준정적 횡하중 (Y _{qst})	60 kN 이하
		곡선선로에서의 준정적 수직하중 (Q _{qst})	145 kN 이하
소음	KTX사양 준용	실외소음 (개활지)	선로변 25 m 거리 91 dB(A) 이하
		정차소음 (개활지)	운전실 : 70 dB(A) 객실 : 60 dB(A)
		실내소음 (개활지 / 터널내)	운전실 : 78 / 80 dB(A) 객실 : 66 / 73 dB(A)
충격과 진동	ICE77 KSR 9144	진동한계 (g-Peak to Peak)	차체 : 0.4 대차 : 4.0 차축 : 10.0
	ICE77 KSR 9144	충격한계 (g-Peak to Peak : 수직-좌우-길이)	차체 : 2-2-3 (g) 대차 : 20-10-5 (g) 차축 : 50-20-10 (g)
	UIC 512	차체 고유진동수	동력차 : 8 Hz 이상 동력객차 : 13 Hz 이상 객차 : 10 Hz 이상

설계진행 과정에 따라 지속적인 성능검증 해석을 병행하여 해석을 통해 발견된 문제점을 사전조치를 통해 예방하였고 성능검증 뿐만 아니라 시제차량을 보완한 상용차량 개발에 대비한 성능 향상방안 도출에 해석결과를 활용하였다.

소음분야의 검증해석의 경우 시제차량 7량 1편성에 대한 실내·실외 소음해석을 수행하였다. 실외소음의 경우 차량외부 25 m 전방에서의 소음을 예측하였으며, 실내 소음의 경우 각 차종별로 한 대씩의 객실내 소음도를 예측하였다. 실외 소음의 경우 차량편성 전체 길이방향에 대한 소음도 분포도가 작성되었으며 실내 소음의 경우 소음도에 가장 크게 기여하는 소음원

과 전달경로에 대한 분석이 이루어졌다. 또한 차량의 소음평가 기준을 만족시키기 위한 주요 부품의 소음도 관리시양을 제시하여 상용차량 제작시 소음도 관리에 활용할 수 있도록 하였다. 그림 12는 판토품의 소음측정 장면을 보여주는 것으로서 동력차 지붕위에 취부되는 판토품의 경우 시작품을 이용한 고속 풍동 시험을 수행하였고 탑재품 제작 이전에 공력소음도를 예측하여 소음성능 검증을 수행하였다.

차량 구체의 경우 각 차종별 고유진동수 해석을 통해 설계의 타당성을 검증하고 안전성을 확인한 이후 차량제작에 착수하였다. 승차감의 해석은 객차 차체를 대상으로 수행하여 본선

시운전시험 이전 객실의 승차감 수준을 예측해 보았다. 또한 승차감 향상을 위한 대안들을 해석을 통해 검토하여 상용차량 제작시 활용할 수 있도록 하였다.

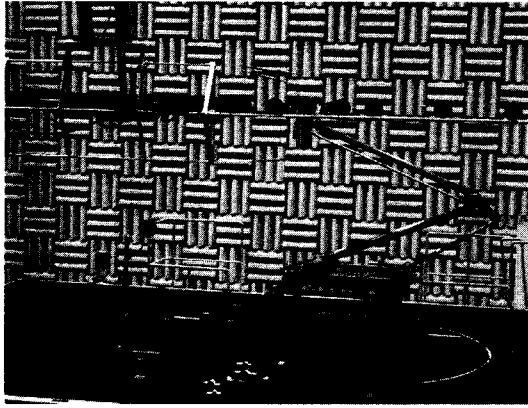


그림 12 판토티그래프 공력소음시험 장면

동역학 분야의 검증해석은 고속전철의 속도 향상을 위해 레일-차륜-대차-차체로 구성되는 고속전철 차량시스템의 차량 동역학적 현상을 해석하여 차량시스템의 설계변수와 속도, 동적 성능 그리고 안전도 기준의 상관관계를 규명하였다. 또한 개발차량의 주행안전성 확보 및 승차감 수준을 예측하기 위하여 차량 동역학특성 해석인 각 설계변수들에 대한 민감도 해석도 수행하였다.

차량시스템 및 부품의 성능검증과 품질개선을 목적으로 수행되는 개발시험평가는 차세대 고속전철 시제차량의 경우 부품 단품시험, 공장내시험, 시운전시험의 3개 분야로 나뉘어 진행하였다. 개발시험평가는 시험항목 및 성능평가 기준이 정의되어 있는 시험계획서와 시험절차서에 의해 수행되었으며, 표 3에 주요 부

표 3 부품별 소음·진동관련 성능평가 기준

구성부품	시험분야	시험항목	평가기준
대차	동특성 UIC 5180 OR prEN12082	자려 사행동	진동의 증폭없이 윤축의 좌우 진동 진폭을 수 mm 이내 유지
		강제 사행동	진폭이 0으로 수렴 진동의 감쇄비 1/2 이하
		윤증감소율 ($\delta Q/Q$)	일반조건 : 0.35 이하 1개의 공기스프링 빠졌을 때 : 0.4 이하
제동	소음 JIS Z 8731	주공기 압축기 보조공기 압축기	80 dB(A) (1.5 m 전방) 85 dB(A) (1 m 전방)
HVAC 및 여압장치	소음 UIC 533	HVAC	동력차용 : 85 dB(A) (5 m 전방) 객차용 : 80 dB(A) (5 m 전방)
		여압장치	동력차용 : 85 dB(A) (5 m 전방) 객차용 : 85 dB(A) (5 m 전방)
감속구동장치	진동 ISO 8579-1 ISO 8579-2	무부하 시험	1차 감속기 : VR 3.15 2차 감속기 : VR 3.15
판토티그래프	소음 prEN	구조체 풍동시험	91 dB(A) (선로 중앙에서 25 m 거리)
공통	진동 JIS E 4031 KSR 9144	고유진동수 공진내구성	시험후 제품의 정상작동 여부

품별 소음 · 진동 관련 분야의 시험평가기준을 정리하였다.

4. 맺음말

한국에서의 철도는 1890년대 말에 도입된 이래 2004년 4월 1일 한국고속철도의 개통과 더불어 전국이 2시간대의 생활권으로 진입하기 까지 국가의 중추적 교통수단으로서 그 지위를 누리며 국가산업발전에 큰 기여를 하였다. 1970년대에 경부고속도로의 개통으로 급격히 침체기로 접어들기 시작하여 육로를 통한 교통의 기동성과 접근성 및 자동차산업의 기술발전 등은 최근까지도 철도산업의 침체를 가속화시켰다. 그러나 최근 사회발전에 따른 경제활동의 증가로 교통체증이 심각해지면서 수송수단 간 효율적인 역할분담의 필요성이 대두되어 왔고 경부고속철도의 도입으로 철도에 대한 관심이 다시 높아지고 있다.

이와 함께 남북간의 철도연결과 시베리아 횡단철도, 중국횡단철도 등 국제철도와의 연계를 통하여 유럽대륙에까지 이를 수 있는 철의 실크로드 탄생과 더불어 철도의 르네상스 시대가 예견되고 있다.

2004년 4월 1일 상업운전에 돌입한 한국고속전철 KTX와 범국가적 차원의 선도기술개발사업(G7)에서 개발되어 시운전시험 중에 있는 HSR350X을 중심으로 국내 고속전철기술 현황을 간략히 기술하였다.

본 자료를 통하여 우리나라 교통수단의 획기적인 전기를 마련한 고속철도에 대한 기술개발과 특성의 인식을 새롭게 하고 KTX 뿐만 아니라 HSR350X을 이해하는데 조금이라도 도움이 되기를 바라는 바이다.

숨가쁘게 달려온 지금까지의 국내 여정은 축

박한 일정과 제한된 자원여건에서도 차질없이 진행되어야 할 고속철도의 건설과 기술자 중심의 기술개발 추진과정이었다. 이로 인해 승객의 편의를 최우선해야한다는 기본 명제가 다소 소홀히 다루어진 점을 부인할 수는 없을 것이다. 앞으로는 진정으로 승객의 편의를 위한 차량, 시설 및 운영에 대한 관심이 어느 것보다도 우선시 되어야하고 기술적인 애로사항이 타협사안이 될 수는 없다는 점을 명심해야한다. 특히 첨단기술의 복합체인 고속전철시스템 운영을 통해 승객에게 고품격의 서비스를 제공해야만 각 분야에서 밤낮으로 땀흘린 관계자들의 자존심과 명예를 지켜나갈 수 있을 것이다.

열악한 여건에서도 KTX개통과 차세대 한국형 고속전철 HSR350X 개발과정에서 보여준 국내기술진들의 의지와 노력이 다시 결집되어 이제는 승객들과 교감을 같이 나눌 수 있는 수준으로 종합적인 계획이 수립되고 그에 따른 기술개발이 뒷받침되어야할 것이다.

참고 문헌

- (1) 한국고속철도건설공단, 한국고속철도 사보, 2002 03/04.
- (2) 한국고속철도건설공단, 한국고속철도 사보, 0223 01/02.
- (3) 한국생산기술연구원, 한국형 고속전철 시제차량 HSR350X, 2002.
- (4) 정경렬 외, 한국형 고속전철의 실내외 소음설계 검토, 한국소음진동공학회지, 10 권 4호.
- (5) 한국생산기술연구원, G7 고속전철기술개발사업 설계검증 해석자료집, 2002.
- (6) 한국철도기술연구원, 고속전철기술개발사업 시운전시험 계획, 2002.