

운영속도 400km/h급 고속철도인프라시스템 기술개발 추진현황

The Status of Technology Promotion and Development
for 400km/h HSR Infra-System



엄기영



윤희택



최원일

1. 서론

일반적으로 고속철도는 복합적인 시스템기술로 정의된다. 차량을 비롯하여 노반, 궤도, 전차선, 신호 등 다양한 서브-시스템으로 구성되고, 서브-시스템들은 또 다른 부품들로 구성될 뿐만 아니라, 상호 긴밀한 인터페이스를 필요로 하기 때문이다. 또한 고속철도 기술은 실용기술이다. 수십 년 이상의 먼 미래에 활용될 수 있는 기초기술 또는 철강, 화학, 자동차, 항공 등 다양한 분야에서의 광범위한 활용을 목적으로 하는 원천기술이라기 보다는 불과 5~10년 후에 활용할 수 있는 현실적인 기술이며, 경우에 따라서는 기술개발의 종료와 동시에 실용화될 수 있는 경우도 있다.

최근 철도의 속도는 교통수단으로서 경쟁력을 결정하는 중요한 요인 가운데 하나로 인식되고 있다. 특히, 최고속도는 교통수단의 이미지를 형성한다는

상징적인 의미가 있을 뿐만 아니라, 국내외적으로 교통수단의 기술수준을 보여줌으로써 국민들에게 자긍심을 심어주고 국가 경쟁력 향상에도 기여하게 된다.

그 동안 우리나라는 고속철도 차량의 개발에 집중해왔다. G7고속철도 기술개발사업, 차세대고속철도 기술개발사업 등을 통해 철도차량의 최고속도(300km/h→350km/h→430km/h)를 향상시켜왔다.

하지만, 고속철도는 복합적인 시스템 기술로서의 특징으로 인해 철도차량뿐만 아니라 인프라시스템의 동반 발전을 필요로 한다. 고속화를 위해서는 고속철도 차량에 안정적으로 전력을 공급할 수 있는 전차선로시스템을 갖추어야 하고, 고속운행 시에도 안전성을 보장할 수 있는 선로구축물을 필요로 한다, 또한 환경소음을 적절한 수준까지 저감시킬 수 있어야 하고, 고속에 적합한 신호시스템을 통하여 열차운영의 안전성을 확보해야만 한다. 열차운영

엄기영 : 한국철도기술연구원 고속철도인프라시스템연구단, kyeum@krri.re.kr, Phone: 031-460-5680, Fax: 031-460-5289

윤희택 : 한국철도기술연구원 고속철도인프라시스템연구단, htyoon@krri.re.kr, Phone: 031-460-5383, Fax: 031-460-5289

최원일 : 한국철도시설공단 녹색철도연구원 기술연구소, choiwi@kr.or.kr, Phone: 042-607-4312, Fax: 042-607-3629



〈그림 1〉 430km/h 고속철도 차량개발 (HEMU-430x)

측면에서의 표정속도 향상을 위한 기술도 중요하다. 결국, 철도차량 기술뿐만 아니라 선로구축물, 전차선, 열차제어, 환경소음 저감장치 등 인프라시스템 기술의 전반적인 발전을 필요로 한다. 특히, 고속철도는 어느 한 분야의 기술낙후가 곧 가장 기술력이 낮은 분야의 기술수준으로 자리매김하게 되므로, 전체 시스템의 기술수준을 발전시키기 위해서 각 분야의 기술이 균형 있게 발전해야 한다.

본고에서는 국내외 고속철도 인프라시스템 기술 동향을 살펴보고 2010년 12월부터 실시되어진 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발 사업의 연구내용을 소개하고자 한다.

II. 국내외 기술개발 동향

1. 국외 기술동향

철도의 역사는 속도향상의 역사였다. 영국에서 세계 최초로 증기기관차를 운행하기 시작한 이래, 1964년 일본 신간선이 210km/h의 속도를 달성하면서 전 세계적으로 속도향상을 위한 기술경쟁이 촉발되었다.

일본은 신간선 개통이후 1980년대 220km/h로 속도를 향상하였고, 1992년에 신간선300계 270km/h, 1997년에 신간선500계 300km/h, 1999년 신간선700계 285km/h, 2004년 신간선

800계 260km/h를 달성하였으며, 2008년에는 최고속도 398km/h를 수립하였다.

일본의 신간선 개통으로 자극을 받은 프랑스는 1981년 9월 신간선보다 빠른 260km/h로 TGV 남동선(Paris-Lyon)을 운행하기 시작하였고, 현재는 320km/h로 운행 중에 있다. 프랑스는 1981년 2월 380km/h, 1990년 5월 515km/h, 2007년 4월 574.8km/h 등 1981년 이후 바퀴식 철도의 세계 최고속도를 갱신하며 자국의 기술력을 과시하고 있다.

독일에서는 1978년에 IC특급으로 본격적인 200km/h 운행을 시작하였다. 이후 1985년 ICE 시제차량을 개발하였으며 1985년 11월 기존선에서 317km/h, 1986년 11월 신선의 일부를 사용하여 345km/h의 속도기록을 달성하였다. 이후 지속적인 연구개발을 통해 2000년 프랑크푸르트와 쾰른구간 신선에서 300km/h 운행이 가능한 동력분산형 고속열차인 ICE3(설계최고속도 330km/h)까지 성능을 향상시켜 왔다.

또한 독일은 자기부상열차 분야에서도 뛰어난 기술력을 보여주고 있다. 1969년 자기부상열차 개발에 착수한 뒤 1987년에 차량을 제작하였으며, 2004년에는 중국 푸둥공항-상하이 구간에서 상용화에 성공하였다. 중국에서 운행 중인 자기부상열차의 최고 운행속도는 430km/h이며, 시험선에서 최고속도 500km/h를 기록한 바 있다.

현재 세계의 고속철도 지도는 중국에 의해 새로 그려지고 있다. 2007년만 해도 중국에는 근대적인 고속철도는 거의 전무했고 평균 시속 100km



〈그림 2〉 프랑스 및 중국의 고속철도차량

정도의 일반 재래철도가 중심이었다. 그러나 1년 후인 2008년 8월 베이징올림픽 개막 직전에는 중국 최초로 근대 고속철도인 징진(京津)철도(북경-천진간 총길이 120km)가 개통되었고 그 운행속도는 당시 세계최고인 350km/h이었다.

2. 국내 기술동향

세계적인 고속철도 속도경쟁 못지않게 우리나라 철도기술의 발전도 속도향상과 함께 이루어져왔다. 1987년 최고속도 150km/h의 새마을호 동력차를 개발하였으며, 2004년 프랑스에서 TGV를 도입하여 최고속도 300km/h의 고속철도 시대를 열었다. 이후 1996년부터 2002년까지의 자체 기술개발을 통해 최고속도 350km/h의 고속철도 기술을 확보하게 되었으며, 이 차량은 KTX-산천이라는 모델명으로 상용화에 성공하였다. 현재는 2007년부터 2012년까지 최고속도 430km/h의 동력분산형 고속철도 차량(HEMU-430x)이 개발되었다.

이러한 고속철도 차량 기술의 발전과 비교하여, 고속철도 인프라 측면에서는 획기적인 기술발전이 이루어지지 못했다. 최고속도 350km/h급의 고속철도를 개발하는 과정에서도 400km/h급의 고속철도를 개발하는 과정에서도 고속철도 차량이 실제로 운행하는 노반¹⁾, 궤도²⁾, 전차선, 신호 등의 인프라 시스템에 대한 연구와 기술개발은 부차적인 것으로 다루어져왔기 때문이다. 즉, 핵심은 고속철도 차량의 개발이고, 인프라 기술은 차량기술과 비교하여 상대적으로 우선순위가 낮은 것으로 간주되어 왔다.

이로 인해 400km/h 운행을 위한 인프라 기술은 고속철도 건설규칙이 최고속도를 350km/h로 규정하고 있다는 것에서 잘 나타나듯이 350km/h 이상의 고속 대역에 대한 기술이 부족한 상황이다. 이러한 문제 인식에 따라 정부는 2010년 12월부터 400km/h 운행에 대응할 수 있는 고속철도 인프라시스템 기술의 개발을 추진하고 있다.

III. 400km/h 고속철도 인프라시스템 기술 개발 추진 현황

1. 기술개발의 개요

고속철도는 철도차량, 선로구축물, 전차선로시스템, 열차제어시스템 등 다양한 서브시스템으로 구성된 복잡한 기술이다. 그럼에도 불구하고 고속철도 차량기술과 비교하여, 차량이 안전하고 빠르게 달릴 수 있도록 하는 인프라시스템은 정책적인 또는 사회적인 관심을 받아오지 못했다.

그러다 2009년 12월 철도공사 물자감사에서 감사원은 차세대 고속철도 기술개발사업과 연계하여 400km/h급 궤도, 노반, 전차선, 신호시스템 등 기반시설 연구를 포함하여 추진하도록 권고하였다. 이후 2010년 3월 국토해양부 교통R&D 토론회에서는 국내 고속철도의 속도향상 필요성이 제기되었으며, 경부고속철도와 호남고속철도의 증속을 위한 기술적·경제적 검토가 이루어지고 있다.

이후 한국건설교통기술평가원의 기획연구(고속철도 인프라 선진화 기술개발사업 추진계획)를 통하여, 400km/h 고속철도 인프라시스템의 개발을 위한 연구기획이 이루어졌으며, 2010년 12월부

〈표 1〉 400km/h 고속철도 인프라시스템 기술개발

사업명	400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발
기술 개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 환경소음 저감장치, 전차선, 궤도 노반 등 400km/h급 인프라 핵심 기술개발 ◦ 호남고속철도 Test-bed 구축을 통한 성능검증 및 실용화
발주처	국토해양부 (전문기관: 한국건설교통기술평가원)
연구기간	2010.12~2014.10
사업비	총 296.4억 원

1) 궤도를 지지하는 기반(基盤). 무거운 차량에서 레일 → 침목 → 도상(道床)을 거쳐가는 하중을 최후로 부담하는 부분.

2) 레일과 그 부속품, 침목 및 도상으로 구성되며 견고한 노반 위에 도상을 일정한 두께로 설치하고, 그 위에 침목을 일정 간격으로 부설하여 침목 위에 두 줄의 레일을 평행하게 체결한 것.

터 약 4년간 기술개발이 본격적으로 추진되고 있다. 현재 국토해양부의 지원으로 추진되고 있는 400km/h 고속철도 인프라시스템 기술개발을 간략히 살펴보면 <표 1>과 같다.

2. 고속철도인프라시스템 핵심기술 개발

운영속도 400km/h급 고속철도 인프라시스템 개발은 크게 4가지 분야로 나누어 기술개발이 추진되고 있다. 첫째는 고속철도의 속도 증가에 따른 환경소음 증가에 대응하기 위한 기술이다. 둘째는 선로구축물에 대한 첨단 모니터링을 통하여 최적의 설계기준을 도출하기 위한 연구이다. 셋째는 400km/h 운행에 적합한 전차선로시스템을 개발하는 것이며, 넷째는 세계적인 기술발전 패러다임에 따라 무선통신 기반의 유럽표준형 열차제어시스템 지상 핵심장치를 개발하는 것이다.

<그림 3>과 같이 고속철도인프라시스템의 개발은 크게 4가지 분야로 나누어 추진되고 있으며, 각각의 분야별로 기술개발 내용을 간략히 살펴보면 다음과 같다.



<그림 3> 고속철도 인프라 시스템의 구성 체계

1) 환경소음 저감기술 개발

일반적으로 환경소음은 고속철도 차량의 운행속도에 비례하며, 승차감 저하와 지역 민원의 원인이

됨으로써 고속철도의 속도향상을 저해하는 간접적인 또는 사회적인 요인이 된다.

일본의 신칸센은 300km/h에서 360km/h로 증속 시 약 4dB 정도 소음이 증가하는 것으로 측정되었으며, TGV-Pos Duplex는 300에서 400km/h로 증속 시 약 3.8~4dB의 소음이 증가하는 것으로 나타났다. 공력소음의 영향이 커지는 고속철도의 환경소음 연구에 따르면, ICE 및 TGV는 300km/h와 대비하여 400km/h 주행 시 환경소음이 약 5-7dB 증가하는 것으로 예측되었다. 이와 같이 고속철도의 운행속도를 300에서 350km/h 또는 400km/h로 증속할 경우, 환경소음은 약 7dB 정도까지 증가할 것으로 예상할 수 있다.

400km/h 고속철도 인프라시스템 연구에서는 i) 400km/h 환경소음 예측 및 주파수 튜닝 등의 핵심원천기술을 개발하고, 이를 바탕으로 실제 고속철도 노선에 설치가 가능한 ii) 방음벽 상단장치와 흡음블럭을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 연구를 통해 개발되는 방음벽 상단장치와 흡음블럭은 설치 전후를 기준으로 각각 3dB의 소음 저감을 목표로 하며, 호남고속철도에 시범 적용하여 성능을 검증하고 이후 국내 고속철도 노선에서 실용화를 기대하고 있다.

특히, 우리나라에서 400km/h 운행을 목표로 개발된 HEMU-430x 시제차량은 기존의 KTX 또는 KTX-산천과 형상, 팬터그래프³⁾ 위치 등이 다름에 따라 이러한 변화를 고려한 환경소음 예측모델의 개발과 환경소음 저감기술의 개발이 새로운 고속철도 차량의 실용화에도 중대한 영향을 미친다고 할 것이다.

2) 선로구축물 모니터링 및 설계기준 개발

우리나라는 경부1단계의 자갈도상 궤도, 경부2단계의 콘크리트 슬래브 궤도의 건설을 계기로 고속철도 선로구축물에 대한 상당한 기술력을 확보하였다.

그러나 철도 건설규칙에서는 설계 최고속도를 350km/h로 규정하고 있다는 것에서 잘 나타나듯

3) 전기차량이 전차선로로부터 전력을 받아들이는 장치로 지붕 위에 탑재(搭載)되는 것.

이, 350km/h 이상의 속도대역에 대해서는 국내뿐만 아니라 국외에서도 연구사례가 없는 실정이다.

따라서 350km/h 이상의 속도대역에 대해서는 속도에 민감한 파라미터를 도출하고, 장기적인 모니터링을 통하여 성능을 검증하며 측정DB를 축적할 필요성이 있다. 또한 이러한 데이터를 근거로 400km/h 선로구축물의 최적 설계기준 수립이 필요하다. 이를 위해서는 노반, 선로, 교량 등의 구성품에 대한 장기적이고 체계적인 모니터링 시스템을 구축해야 한다.

선로구축물은 고속철도 인프라의 안전성과 경제성에 중대한 영향을 미친다. 과다설계는 안전성을 높이지만 경제성을 저하시키며, 지나친 경제성의 강조는 차질 안전성의 문제를 야기할 수 있다. 따라서 선로구축물은 안전성과 경제성 두 가지를 모두 만족할 수 있는 최적의 설계기준을 수립하는 것이 기술력의 발전에 매우 중요하다.

특히, 호남고속철도는 국내 최초로 운행속도 350km/h로 건설되고 있는 중이며, 일부구간에서는 400km/h 운행을 목표로 하고 있다는 점에서 고속철도의 안전성을 확보하기 위한 체계적인 모니터링이 중요하다. 또한 국내 최초로 장경간 케이블 교량이 설치됨에 따라 체계적인 모니터링이 필요하며, 고속분기기 및 곡선구간 측정, 노반 장기 거동 측정 등 새로운 모니터링 기법을 이용한 측정DB의 구축 필요성이 매우 높다.

한편, 선로구축물에 대한 모니터링과 설계기준 개발은 호남고속철도 건설사업과 긴밀한 연계 속에 추진되어야 한다. 2006년부터 2014년 말까지 예정되어 있는 노반, 교량, 궤도 등 각각의 건설공정과 연계하여 모니터링 시스템의 현장설치가 이루어져야 하기 때문이다.

3) 전차선로 시스템 개발

고속철도의 속도가 증가함에 따라 이선율⁴⁾, 가선진동(압상량)⁵⁾, 집전계 소음⁶⁾ 등의 증가는 속도향상을 어렵게 하는 중대한 요인이 된다. 따라서 고속철도의 속도향상을 위해서는 전차선로로부터 안정적으로 양질의 전력을 공급받을 수 있는 고성능 전차선로시스템을 필요로 한다.

국내 전차선로시스템 기술은 경부고속철도 건설과정에서의 기술이전 및 자체연구를 바탕으로 300km/h급 전차선로를 독자적으로 설계할 수 있는 기술과 일부 금구류 등을 국산화하였다.

하지만 300km/h급 전차선로의 일부 개량을 통해 400km/h 운행이 가능한 것이 아니다. 기본적인 설계 원칙에서부터 상세 설계기술까지 새로운 기준을 정립해나가는 동시에 400km/h 전차선로의 신뢰성을 독자적인 체계로 검증해나가야 한다.

이러한 필요성에 따라서 400km/h급의 전차선로시스템 설계기술의 개발과 전차선로를 구성하는 핵심부품의 개발이 추진되고 있다. 구체적으로 300km/h 전차선로의 장력이 20kN으로 설계된 데 반해 400km/h 운행을 위해서는 34kN의 장력이 필요로 한 것으로 분석됨에 따라, 이에 대응할 수 있는 전차선, 조가선⁷⁾, 가동브래킷⁸⁾, 곡선당김금구⁹⁾ 등 총 7종의 핵심부품들의 개발이 추진되고 있다.

400km/h 전차선로시스템은 2013년 말부터 호남고속철도 구간 56km(상행선 28km, 하행선 28km)에 부설될 예정이다. 이를 위해 약 500m의 한국철도기술연구원 구내 Test-bed를 사전에 구축하여 약 1년간 개발된 전차선, 조가선 등 핵심부품의 성능을 검증할 예정이다.

4) 전기차량(electric car)이 주행 중에 집전장치인 팬터그래프(pantograph)가 트롤리선(trolley line, 가선)에서 떨어지는 것을 이선(離線, de-wiring)이라 부르며, 이선한 전체 시간의 합을 전 주행시간으로 나눈 수치.
 5) 팬터그래프가 도래하면 가선(架線)은 상 방향으로 변위한다. 트롤리선(가선)의 이 변위를 압상량이라 함.
 6) 철도 소음에 있어서 가선-팬터그래프계에서 발생하는 소음.
 7) 전차선을 같은 높이로 수평하게 유지시키기 위하여 드로퍼, 행거 등을 이용하여 조가하여 주는 전선.
 8) 온도 변화에 의한 전차선의 이동에 대응할 수 있도록 지지점을 중심으로 수평회전할 수 있는 브래킷(bracket).
 9) 곡선로에서 전차선을 곡선 횡장력에 의하여 곡선의 내측으로 장력이 작용한다. 이 때문에 전차선을 외측으로 잡아당겨 주어 전차선의 편의를 소정의 값 이내에 유지하도록 하는 장치.

〈표 2〉 고속철도 차량 개발, 인프라시스템 개발, 고속철도 건설사업간의 연계

	고속철도 차량개발	고속철도 인프라시스템 개발	호남고속철도 건설사업
목적	430km/h 고속철도 차량개발 (HEMU-430x)	400km/h 고속철도 인프라시스템 개발 (선로구축물, 전차선 등)	오송~광주송정~목포간 230.9km 고속철도 건설
사업기간	2007. 7 ~ 2012. 7	2010. 12 ~ 2014. 10	2006 ~ 2017년 (오송~광주송정 2014년 말 완공)
사업비	961.2억 원	296.4억 원	10조 4,901억 원
주관기관	한국철도기술연구원	한국철도기술연구원	한국철도시설공단

4) ETCS-L2 열차제어시스템 개발

경부고속철도의 열차제어시스템은 프랑스의 TVM-430(자동열차제어장치, ATC)과 전자연동장치의 조합으로 구성되어 있다. 열차제어시스템은 현재 운행구간을 시속 몇 km로 달릴 수 있는지 운전석에 표시하고, 만약 허용속도를 넘어서 열차가 운행될 경우 자동으로 제동을 걸어 감속시키는 기능을 한다.

궤도회로를 이용한 경부고속철도의 ATC는 300km/h 이상의 속도 대역에서 작동하기 위해서는 추가적인 기술개발을 필요로 하고, 최근의 국외 고속철도사업에서 무선통신 기반의 열차제어시스템을 요구하는 등의 세계적인 추세에 부응하기 어렵다는 약점을 가지고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 유럽표준형 열차제어시스템(ETCS-L)¹⁰⁾ 핵심기술의 개발이 추진되고 있다. 구체적으로 ETCS-L2를 구성하는 선로변제어장치, 전자연동장치, 차상 컴퓨터, 차상 안전전송장치, GSM-R(Global System for Mobile Communications - Railway)네트워크 가운데, 지상의 선로변제어장치와 차상 안전전송장치의 개발을 추진하고 있다.

ETCS-L2의 실용화를 위해서는 무선통신을 위한 철도전용 주파수를 확보해야 하므로, 기술개발 성과의 조기 상용화가 어려운 한계가 있다. 하지만 최근 브라질 고속철도 사업을 추진하는 과정에서 우리나라

라는 외국의 기술을 탑재할 수밖에 없는데 반해, 중국은 자체 개발한 ETCS-L2를 탑재하는 것으로 제안했다는 점은 많은 시사점을 제공하고 있다. 기술개발 성과를 당장 실용화할 수는 없더라도 미래의 철도기술 환경과 국제적인 기술발전 추세를 고려한 선행적인 기술개발의 중요성을 시사 하는 것이다.

한편, 최근 국내에서 4G 통신망(Long Term Evolution)의 구축이 활발해짐에 따라, 국내 기업들이 높은 기술력을 가지고 있는 LTE를 철도에 적용할 수 있는 LTE-R 기술의 개발이 활발하게 추진되고 있고, 또한 국토해양부 등을 중심으로 철도전용 주파수의 확보를 위한 노력들이 활발하게 추진됨에 따라 ETCS-L2 기술의 국내 실용화도 그리 멀지 않은 미래에 가능할 것으로 기대하고 있다.

3. 고속철도 기술개발과 고속철 건설사업의 연계

고속철도 인프라 시스템의 개발은 '차세대 고속철도 기술개발 사업'과 오송과 광주송정을 잇는 '호남고속철도 1단계 건설사업'과 긴밀하게 연계하여 추진되고 있다. 차세대 고속철도 기술개발사업을 통해 개발되어진 동력분산형 차량(HEMU-430x)이 400km/h급 고속철도 인프라시스템 개발 사업을 통해서 구축되는 Test-bed에서 시험운행을 해

10) 국제철도연합(UIC)이 중심으로 되어 1991년부터 개발을 진행하고 있는 열차제어시스템(train control system). 유럽 각 국에 통일적으로 적용 가능한 시스템을 목적으로 한다. 단계적인 도입을 위해, 제1레벨(level)은 속도조사기능이 있는 지상신호기에 의한 자동폐색제어, 제2레벨은 기존의 지상열차검지에 의한 무선병용의 자동열차제어, 제3레벨은 차상위치검지에 의한 무선제어로 자동열차제어를 한다.

야 하기 때문이다.

또한 고속철도 인프라시스템 사업을 통해 개발되는 각종 핵심장치와 모니터링 시스템이 호남고속철도 일부구간(익산-정읍간 약 28km)에 현장 설치되어야 하므로, 호남고속철도 건설사업과도 긴밀한 연계가 필요하다.

IV. 기술 분야별 Test-bed 구축 계획

TPS 분석과 한국철도시설공단 등 유관기관 협의를 통해 잠정적으로 결정된 Test-bed 구간(상행선 100~128k, 하행선 54~82k)에는 호남고속철도 건설공정에 따라 순차적으로 각종 인프라시스템이 시범 설치된다. 환경소음 저감기술, 선로구축물, 전차선로시스템 등 각각의 기술 분야별로 Test-bed 구축방안을 살펴보면 다음과 같다.

1. 환경소음 저감장치

환경소음 저감장치는 2010년 12월부터 기초연구와 핵심기술개발을 바탕으로 2012년부터 2013년까지 방음벽 상단장치와 흡음블럭을 개발하여 실험실에서 성능검증이 이루어진다. 이후 2013년 말부터 호남고속철도 Test-bed 구간에 설치하기 위한 제품을 양산하여, 2014년 실제현장에 설치할 계획이다.

구체적으로 방음벽 상단장치는 개활지 구간 약 450m에 부설하며, 흡음블럭은 개활지 400m와



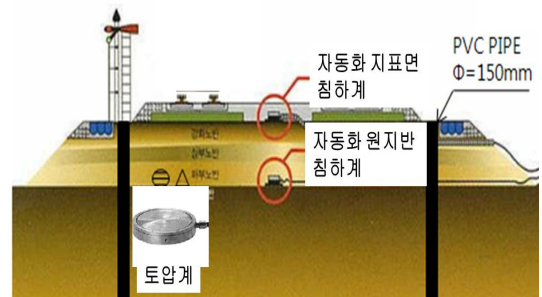
〈그림 4〉 흡음블럭 및 상단장치

터널구간 400m에 각각 부설하여 성능과 현장 적용성능을 검증하게 된다. 즉, 방음 및 흡음성능, 유지보수성, 부착성 등을 종합적으로 검토하게 된다.

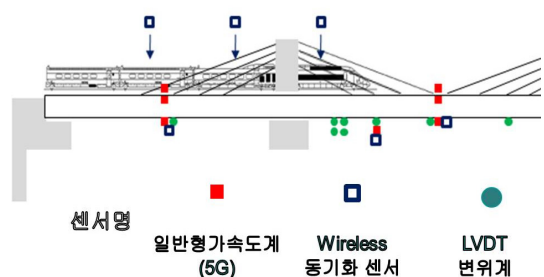
2. 선로구축물 모니터링 시스템

선로구축물 분야에서는 400km/h 운행에 대응한 선로구축물 최적 설계기준 수립을 위하여 궤도, 노반, 교량 등에 대한 첨단 모니터링 시스템을 구축한다. 구체적으로 궤도분야는 직선토공, 원곡선, 완화곡선, 고속분기기, PSC교 접속부, Cable교 접속부 등에 대한 계측시스템이 구축될 예정이며, 노반 분야는 성토부 절·성토 경계부, 연약지반 등으로 나누어 계측시스템이 구성된다. 교량분야에서도 PSC-Box교와 Extra-dosed교에 대한 모니터링이 이루어질 계획이다.

선로구축물 분야는 환경소음 저감장치, 전차선로시스템 등과 달리 호남고속철도 건설공정과 긴



〈그림 5〉 연약지반 자동화 계측시스템



〈그림 6〉 Extra-dosed교 계측센서 배치도

〈표 3〉 속도대역별 전차선로시스템 비교

구분		300km/h (경부고속철도)	350km/h (호남고속철도)	400km/h (호남고속철도 Test-bed)
최대경간		63m	65m	55m
전차선	장력	20kN	26kN	34kN
	선종	Cu 150mm ²	Cu-SN 150mm ²	CuMg 150mm ²
조가선	장력	14kN	20kN	23kN
	선종	Bz 65mm ²	CuMg 116mm ²	CuMg 116mm ²
전철주		H250	250	H300

밀한 연계를 필요로 한다. 노반, 교량, 궤도 등 선로구축물의 시공 일정에 따라 각종 계측장치의 설치가 이루어져야 하기 때문이다. 이러한 특성으로 인해 호남고속철도 건설공정에 맞추어 궤도분야는 2013년 1월부터 2014년 5월까지, 노반분야는 2011년 5월부터 2012년 8월까지, 교량분야는 2012년 1월부터 2013년 12월까지 각종 계측시스템의 설치가 이루어질 예정이다.

3. 전차선로시스템

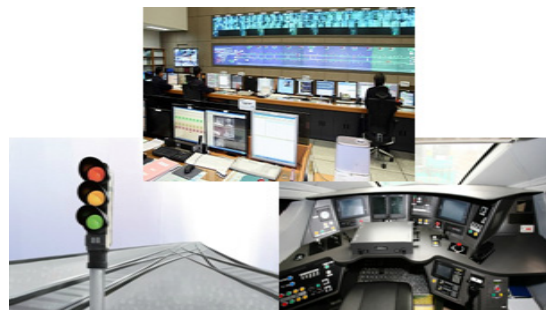
전차선로시스템은 400km/h 속도에 적합한 전차선, 조가선, 균압드로퍼¹¹⁾, 인류애자¹²⁾ 등 총 7종의 핵심부품을 2012년 말까지 개발하고, 2012년 10월부터 2013년 5월까지 약 500m의 한국철도기술연구원 구내 Test-bed에서 성능검증 및 기술보완을 하게 된다. 고속철도인프라시스템 사업을 통하여 개발할 예정인 400km/h급 전차선로시스템을 기존의 300km/h 및 350km/h급과 비교하면 〈표 3〉과 같다.

전차선로시스템 핵심부품들은 한국철도기술연구원 구내 Test-bed에서 충분한 성능검증을 거치게 된다. 이후 2013년 8월부터 호남고속철도 상행선 28km(100~128k)와 하행선 28km(54~82k)에 각각 설치하게 된다. 상행선과 하행선의 설치위치가 다른 이유는 선로선형, 구배 등으로 인해 400km/h 운행이 가능한 구간이 상·하행선이 다르기 때문이다.

4. 열차제어시스템

호남고속철도(Test-bed 구간 포함)의 열차제어시스템은 현재 경부고속철도에 부설되어 있는 TVM-430을 개량하여 설치하는 방안이 검토되고 있다. 2010년 12월부터 2013년 10월까지 400km/h급 고속철도인프라시스템 기술개발 사업을 통하여 무선통신 기반의 ETCS-L2 핵심기술이 개발되지만, 철도전용 주파수의 부재로 인해 단시간 내의 실용화가 어렵기 때문이다. 따라서 2014년까지 건설될 호남고속철도에는 속도코드 추가 등의 소프트웨어 개량과 지상 장비, 궤도회로 장치, 불연속정보 전송루프(BSP) 조정 등 하드웨어 개량이 이루어진 TVM-430이 설치될 전망이다. TVM-430의 개량은 400km/h급 고속철도 인프라시스템 개발사업의 범위에는 포함되지 않으며, 현재 한국철도시설공단의 주관 하에 추진되고 있다.

비록 철도전용주파수의 문제로 인해 국가R&D



〈그림 7〉 열차제어시스템 사례

11) 전기철도에 있어서 복식 커터너리 현수법에 의하여 트롤리선을 조가할 때 보조 메신저를 주 메신저에서 매어 내리는 선.
12) 실패 모양을 한 절연체.

를 통해 개발되는 ETCS-L2 열차제어시스템을 당장 실용화할 수는 없지만, 연구개발을 통해 확보되는 다양한 핵심기술들은 호남고속철도 열차제어시스템의 구축에 활용될 예정이다. 특히, 우리나라에서 LTE망의 구축이 급격하게 추진되고 있고, 유럽이 2017년까지 현재의 GSM-R을 대체하는 LTE-R 표준규격을 개발할 계획이며, 철도전용주파수를 확보하기 위한 국가연구개발사업이 활발하게 추진됨에 따라, 머지않은 미래에 ETCS-L2 시스템의 실용화를 기대할 수 있는 여건이 만들어져 가고 있다.

V. 결론

고속철도 인프라시스템 기술은 노반, 궤도, 교량, 전차선, 환경소음, 신호시스템 등의 세부기술들이 상호 인터페이스를 통해 종합적으로 성능을 발휘할 때만이 고속운행이 가능하다.

이러한 관점에서 운영속도 400km/h 고속철도 인프라시스템의 개발과 호남고속철도를 대상으로 한 400km/h Test-bed의 구축은 우리나라 고속철도시스템의 발전을 위해 매우 중요한 기술적 도전이다. 그 동안의 연구개발을 통하여 축적한 고속철도 차량에 대한 기술력을 뒷받침할 수 있는 명실공히 400km/h급의 고속철도 인프라시스템 기술을 확보할 수 있기 때문이다.

또한 고속철도의 속도는 기술력의 상징이다. 물론, 고속철도 기술의 경쟁력은 단순히 속도만으로 판단할 수 없고 수송용량, 안전성 등이 종합적으로 고려되어야 하지만, 속도의 향상이 가장 고난이도의 기술적인 과제인 만큼 종합적인 기술력의 척도로 인식되고 있다.

우리나라는 경부고속철도의 건설, G7고속철도 기술개발사업 등을 계기로 고속철도 차량과 인프

라시스템에 대한 상당한 기술력을 축적해왔다. 하지만, 아직까지 속도 경쟁력 측면에서는 유럽, 일본 등의 기술력에 미치지 못하고 있다.

이제 400km/h급 고속철도인프라시스템의 개발과 호남고속철도 Test-bed의 구축은 우리나라 고속철도의 속도경쟁력을 획기적으로 향상시킬 것으로 기대된다. 2004년 300km/h의 경부고속철도를 개통한 이래, 불과 10여년 만에 최고속도 400km/h급의 고속철도인프라시스템을 확보하게 되는 것이다.

또한 현재 건설 중인 호남고속철도 일부구간에 400km/h급 이상으로 인프라가 건설된다면 세계에서 처음으로 운영선구에 인프라를 구축하는 국가가 될 것이다. 특히, 400km/h급 고속철도인프라시스템의 구축과 운영을 통해 경부고속철도 1, 2단계 건설시에 확보하지 못한 고속열차(시험, 운영차량)와 인프라(선로구축물, 전차선로, 환경, 전기신호)와의 적합성 및 성능평가를 통하여 핵심기술을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 국토해양부(2011), “해외고속철도 기술발전 동향 및 우리나라 발전방향 연구”.
2. 국토해양부(2011), “제2차 국가철도망 구축계획(2011-2022)”, pp.7-25.
3. 한국철도기술연구원(2010), “고속철도 인프라 선진화 기술개발사업 추진계획 연구보고서”.
4. 한국철도기술연구원(2011), “400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발 제 1차년도 총괄연구보고서”.
5. 土木關係技術基準調査研究會(2002), “鐵道에 관한 技術 基準(土木編)”.