

최근 세계 고속철도 기술의 진화경향 분석을 통한 한국 고속철도의 향후 기술개발 전략

A Suggestion of New R&D Strategy based on an Analysis on a Trend of Evolution of World Wide High-Speed Rail Technology

김기환 †
Kim, Ki-Hwan

목진용 *
Mok, Jin-Yong

ABSTRACT

The Korean high-speed rail network has been made a remarkable growth recording the world's 4th rank passenger transportation scale during last 5 years after opening the revenue service of Kyoung-bu high-speed line in 2004. However, in spite of it's outstanding growth, Korean Rail technology should meet a demand of intensive technology development in order to prepare a severe competition with an advance parties of worldwide high-speed rail technology.

In this paper, the characteristics and new trend of world's rail industry was reviewed based on the most recent statistics and papers of worldwide rail network from UIC and WCRR 2008. In conclusion, new R&D strategy with choice an concentration for the Korean high-speed rail industry was suggested based on an analysis on the trend of evolution of the state of the art technologies in worldwide high-speed rail system.

1. 서론

2009년 4월 서울-부산 간 경부고속철도 개통과 함께 본격적인 고속철도 시대를 연지 5주년이 되는 한국 고속철도는 5년이란 짧은 운영기간에도 불구하고 단일 노선으로 세계 4위 여객 수송 규모를 가지며 빠르게 성장해 왔다. 그럼에도 불구하고 한국 고속철도가 세계적으로 고속철도의 기술발전을 주도해 온 해외 선발국들과 경쟁할 수준까지 도약하기 위해서는 먼저 최근에 연구 개발되는 해외 고속철도시스템 기술이 어떤 경향으로 진화·발전하고 있는지 정확히 분석하고 우리 고속철도가 나아가야 할 기술개발 방향을 설정해서 선택과 집중의 효율적 기술개발 전략을 수립하는 것이 중요하다.

따라서 본 연구는 UIC가 조사, 발표한 최근 세계 철도 네트워크 통계자료와 서울에서 개최되었던 WCRR 2008 학술대회, 독일 2008 InnoTrans 등에 발표된 해외 고속철도 분야의 최근 신기술 개발 동향 관련 논문과 프랑스, 일본, 독일 등 고속철도 선발국의 기술발전 동향을 조사·분석하여 세계 고속철도 기술의 진화 경향을 평가하고, 그 분석 결과를 기초로 현재 국내에서 진행 중인 차세대 동력분산형 고속철도시스템 기술개발의 방향을 점검하고 앞으로 한국의 고속철도 분야가 운영 및 연구개발, 생산·제조기술 측면에서 선택과 집중을 통해 나아갈 신기술 개발 방향과 전략을 제안하였다.

† 책임저자 : 정희원, 한국철도기술연구원, 차세대고속철도기술개발사업단 수석 연구원
E-mail : khkim@krti.re.kr
TEL : (031)460-5601 FAX : (031)460-5649

* 정희원, 한국철도기술연구원, 차세대고속철도기술개발사업단 책임연구원

2. 최근 통계로 본 세계 철도망의 성장 추세

세계 철도연맹(UIC)에서 최근 조사, 발표한 자료에 의하면 표1에 보인 바와 같이 2006년 현재 세계 철도의 총연장은 지난 2003년 약 101만 6천km에서 3년간 5000km 이상 늘어난 102만 1천km로, 지역별로는 Europe 35%, America 38%, Asia와 Oceania주의 철도가 21%를 이루고 있다. 철도 수송의 특성은 그림1의 UIC 자료로 알 수 있는 것처럼 여객 수송은 Asia와 Oceania 지역이 70%, 화물은 미주 지역이 39%로 지역별 차이를 보인다. 또 철도의 수송량은 매년 약 4.8% 증가하는데 특히 아시아 지역 철도의 여객수송이 약 6.3%까지 두드러지게 증가하고 유럽은 상대적으로 화물수송 증가율이 4.8%의 경향을 보이는 반면 미주 지역은 변함없이 철도수송의 대부분을 화물이 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

(단위 : Km, 자료출처 : 2008 UIC Railway Statistics)

지역 / 연도	2003	2004	2005	2006
Europe	351,813	349,695	352,364	360,169
Africa	56,863	56,099	57,517	57,779
America	396,127	391,720	389,199	386,945
Asia & Oceania	211,362	213,209	215,632	216,851
World estimates	1,016,165	1,010,723	1,014,712	1,021,744

표 1. 대륙별 철도망 연장거리

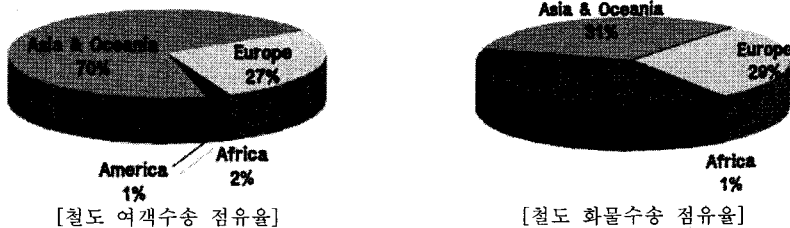


그림 1. 대륙별 철도의 여객·화물 수송 점유율

이와 함께 UIC가 예측한 바에 의하면 2025년까지 세계 고속철도(250km/h급 이상) 노선 총 연장거리는 36,967km까지, 늘어날 것으로 예상하고 있는데 이는 2006년 유럽 5598km, Asia 3959km를 포함한 총 연장거리 9,919km에 건설중인 노선 8,295km와 계획중인 노선 18,753km를 고려하여 예측한 결과이다. 또한 2006년에 세계적으로 고속철도의 수송량은 총 172.8 Billions PK(Passenger kilometer인 것으로 조사되었는데, 그림 2의 통계에서 개통 5년차인 한국 고속철도가 일본, 프랑스, 독일에 이어 세계 4번째 규모로 조사된 것은 한국 고속철도의 향후 성장 잠재력을 보여주는 일례로 보인다.

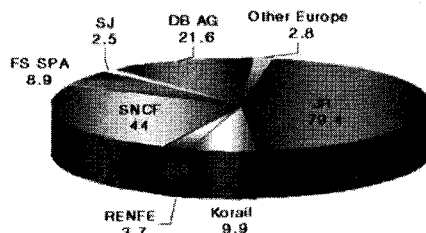


그림 2. 세계의 철도 운영자별 고속철도 영업운영 노선

2. 세계 각국의 고속철도 기술의 진화경향

2.1 일본 고속철도 기술의 최근 변화

일본은 1964년 세계 최초의 고속열차 신간선을 개통한 이래 약 11차례의 진화 단계를 가지며 산악과 구릉지형이 많은 노선에 적합한 동력분산식 고속열차를 발전시켜 왔는데 최근 개발한 신형 고속열차의 개발시험을 철도 운영사가 직접 주도하는 점이 특이하다. 그림 3에는 일본 신간선의 주요 노선을 보였으며, 그림 4는 일본 JR EAST가 최근에 개발, 시험을 완료한 FASTECH-360 시험열차의 모습이다. JR EAST는 2002년 4월 350km/h 급 시제차량 개발을 목표로 “신간선 고속화 추진 Project”를 착수하고 2005년 6월부터 2008년까지 동북신간선의 센다이~기타무라 구간에서 시험운행을 마쳤다. 동력분산식에 Air Bag을 이용하는 2°까지 차체 경사장치(틸팅)를 채택하였고 열차의 총 출력은 8600kW, 최대 축중은 12.5톤으로 선두형상 개선, 공기저항 제동, 전동기 성능향상과 접착력 향상, Active Suspension 적용 등 변화를 시도하고 터널 미기압과 대책, 지진대책과 탈선 검지·경보시스템(EQAS), ATS-P 신호시스템에 IT 접목과 하이브리드, 전차선-배터리, 연료전지 등 친환경 기술을 철도에 적용하려 시도하였다. 그림 5는 공력 최적화 선두형상 모델 시험, 그림 6에는 전차선-배터리 하이브리드 기술 적용 시험차를 보였다.

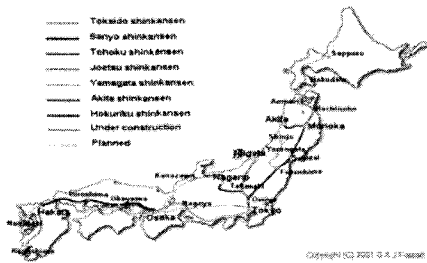


그림 3. 일본 신간선의 주요 노선

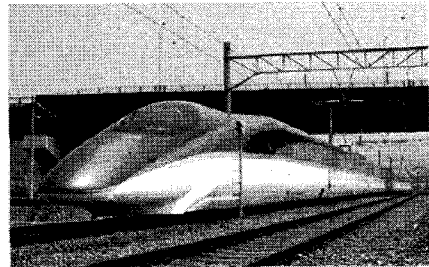


그림 4. 일본의 최신 시험열차 FASTECH 360

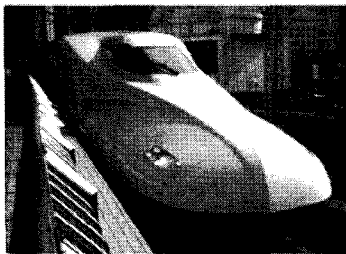


그림 5. 공력 최적화 선두형상 모델



그림 6. 하이브리드 기술 적용 시험차량

2.2 유럽 지역 고속철도 기술의 최근 변화

최근 EU지역 고속철도 기술의 변화를 살펴보면 고속선-기존선 간 정보처리 상호운영과 철도 ERTMS 신호 통일에 주요한 점을 두는 상호호환성(Interoperability) 구현기술, GPS, WiFi 무선인터넷, mooviTER 등 IT를 철도에 접목하는 지능형 이동기술(Intelligent mobility), 열차운행 안전·보안기술과 소음 저감, 에너지 소비량 표시, 연료전지 활용을 테마로 하는 환경기술, 혁신적 소재·제조법을 연구하는 Mod-train EU Project 등을 추진중이며 2007부터 2013까지 3억5천만 유로(약 6000억원)를 연구개발에 투입하는 “EU Program FP7”의 운영 등 범국가적인 철도 신기술 개발 투자에 주력하고 있다.

EU 국가 중 프랑스는 1982년 TGV 동남선 개통 이후로 6종류의 차량을 개발하며 최고 영업운행속도 320km/h(TGV-Est, TGV-POS)에 이르기까지 지속적인 기술개발을 진행해 오고 있다. 특히 가장 최근 2002년 이후 약 1500억원의 개발비를 투입해 시험중인 차세대 AGV는 최고속도 300~360km/h 목표로 관절대차와 동력분산식을 채택하고 760kW급 영구자석 모터의 적용과 기존 TGV 대비 약 20톤의 경량화를 통해 약 5%의 에너지 절감을 달성하였다. 또한 프랑스는 바퀴식 철도 기술 분야에서 515km/h(1990.5), 574.8km/h(2007.4)까지 세계 기록을 2차례 갱신하였고 전장품의 모듈화 및 경량화와 관절 대차의 지속적 발전, 2층 객차와 동력분산식의 병행개발 등으로 2030년까지 경제성을 고려한 360km/h 영업운행 계획을 제시하는 등 프랑스 고속철도의 기술력을 세계에 과시하였다. 최근에는 이태리 Nuovo Trasporto Viaggiatori(NTV)社로부터 첫 고속열차 25편성(11량 1편성)을 수주한 바 있다. 그림 7은 최근 개발 완료한 AGV 열차를, 그림 8에는 2007년 4월에 최고속도 574.8km/h까지 주행 시험을 했던 열차를 보였다.

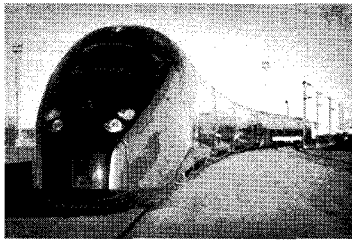


그림 7. 프랑스의 최신 시험열차 AGV



그림 8. 최고속도 574.8km/h로 수행한 시험열차

독일 고속철도는 1991년 첫 개통 이후 4종의 고속열차를 개발해 왔는데 2000년경 프랑크푸르트-켈른 구간에서 ICE-3로 최고속도 320km/h까지 운행 이후 기업 중심의 연구개발을 진행하고 있다. 독일 고속철도 연구는 경제성을 고려한 기존선-고속선 운행중대 기술이 주된 테마이며 기술 특징은 ICE3의 기술 특징은 모듈화와 최고 영업운행속도 330km/h, 평균축중 13ton(최대 15ton), 8량(4M4T) 편성에 정원 441명, 총중량 409톤에 8000kW로 종전 ICE차량 대비 동력배치를 ICE-3부터 동력분산식으로 변경하였다.

독일 Siemens는 최근 개발한 ICE-3 열차를 Velaro-E(스페인), Velaro-Rus(러시아), Velaro-CHR3(중국) 등 수출모델로 상용화시키며 해외시장 개척에 주력하고 있으며, 이는 Bombardier의 ECO-4(Energy, Efficiency, Economy, Ecology) 기술, Knorr-Bremse社의 열차탈선 감지기술(EDT 101), Voith 社의 Hydro-Brid 기술 등이 독일 고속철도시스템의 기술을 뒷받침하고 있다. 그림 9는 2000년 들어 동력분산식으로 진화한 ICE-3 열차를, 그림 10은 ICE-3의 스페인 수출형 모델인 Velaro-E 열차를 보였다.

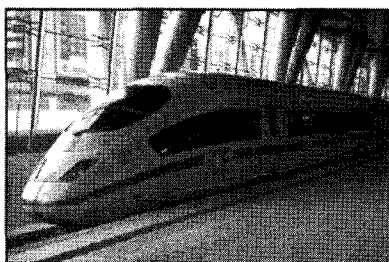


그림 9. 독일의 동력분산형 ICE-3 고속열차

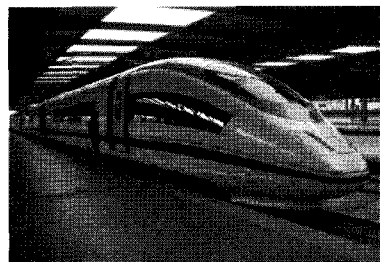


그림 10. 스페인 수출형 모델 Velaro-E 열차

2.3 최신 해외 고속철도 기술의 진화 경향

앞 절에 보인 것처럼 최근 2000년대 초에 들어서서 세계적인 고속철도 기술의 진화 경향은 철도의 수송효율 향상이란 기본 목표를 추구하면서 몇 가지 공통적인 특징과 경향을 보이고 있다.

첫째, 열차의 꾸준한 속도향상에 수반되는 궤도의 정적, 동적 부담하중을 최소화하기 위해 차량 축중 감소에 더욱 주력하고 있다. 차량의 경량화는 대차, 전장품, 윤축의 경량화를 기본으로 경량 알루미늄 압출재 또는 복합소재 적용의 대폭 확대, 부품의 소형화, 대용량화, 구성품의 단일화를 혁신적으로 시도하고 있다. 차량의 경량화는 축중 감소로 인한 따른 궤도 부담력 저감 뿐 아니라 철도운송의 에너지 효율 향상에도 직접적으로 기여하므로 앞으로도 신기술 개발이 지속적으로 필요한 분야임을 시사하고 있다.

둘째, 운행속도 향상과 객실 좌석배치, 2층 객차 확대 등 열차의 단위 수송력 증대와 열차 운행효율의 향상에 유리한 동력분산식이 대세로 확대되고 있다. 기존 선로를 최대한 이용하며 수송효율을 높이는 기술이 철도 수익성 개선과 승객서비스 향상 전략으로 더욱 요구되는데, 이는 고속선에서 어렵게 구현한 운행시간 단축효과를 극대화하려면 역간 거리가 짧은 기존선 구간서 잦은 정차, 출발 시 가속 성능이 우수한 동력분산식 기술의 적용으로 전체적인 운행시간을 단축, 최적화할 기술이 더 강조되고 있다.

세 번째 특징은, 차량의 운영유지 단계에서 유지보수 비용 최소화과 운용효율 증대에 유리한 표준화, 모듈화 시스템의 적용이 확대되는 점이다. 즉 ICE-3 와 ICT열차의 호환성, TGV와 AGV간 운용효율성 증대를 고려한 모듈시스템 도입이 대표적인 사례이다. 최근 철도 운영기관들도 차량의 운영효율 향상을 위해 신규 개발차량과 기존 운영차량 사이의 유지보수 호환성을 강조하는 경향이 더욱 커지고 있다.

또한 최근 독일에서 개최된 베를린 InnoTrans 2008 등에 전시된 첨단 철도시스템에서 분석되는 기술 동향은 최고 320km/h 수준까지 열차의 최고 영업운행 속도가 높아지고 있으며 고유가 시대 환경여건을 반영한 듯 철도시스템의 에너지 효율향상 연구가 강화되고 있다. 차량시스템의 경우도 다양한 수요자 요구사항을 만족시키는 맞춤형 차량 개발, 승객에게 품격 높은 편의성과 안락한 승차감을 제공하기 위한 현대 감각의 실내 디자인에 역점을 두는 추세이며 EU의 유럽 철도 표준규격과 다국간 상호운행규격(TSI)의 완성에 후속하여 첨단 IT기술의 적용 확대와 고유 브랜드화 경쟁이 더욱 치열해지는 추세이다.

이상 해외 고속철도의 유전자 진화 경향으로 볼 때, 우리 고속철도가 염두에 두고 나아갈 기술로는 분산식 동력배분 기술, 첨단 IT기술의 차량 응용, 열차의 점진적 영업운행 속도 증속 기술, 차량 모듈화 및 소형 경량화와 소형 대용량 부품 기술, 신규 개발차량과 기존 운영차량 간 호환, 모듈화 기술, 하이브리드 및 연료전지 등 에너지 소비효율 향상기술과 환경친화 기술 등으로 요약 정리될 수 있다.

2.4 최근 국내 고속철도의 기술개발 현황

국내에는 '97년부터 2002년까지 건설교통부 주관, 과학기술부와 산업자원부가 협조하여 약 2,100억원의 예산을 투입한 G7 고속전철기술개발사업을 통해 동력집중식 고속전철시스템의 차량 및 추진제어장치, 제동장치, 열차제어장치 등 핵심 설계·제작·시험기술을 개발하였고, 2002년부터 2007년까지 자체개발한 동력집중식 한국형 고속열차의 신뢰성 검증과 기술 안정화 사업이 산학연 공동연구 형태로 추진된 바 있다. 지난 2007년 5월부터는 2000년대 들어 세계적인 경향으로 분석되는 동력분산식 고속철도시스템을 개발하는 400km/h급 차세대 고속철도 기술개발사업이 착수되어 2013년 7월 완료 목표로 진행 중이다.

4. 결 론

우리나라 철도 산업 및 건설·운영 분야가 가까운 장래에 해외의 고속철도 시장에 진출하여 세계적인 선발 철도 국가들과 경쟁하려면 최근 들어 세계 철도기술 분야에 나타나는 기술의 진화 추세와 동향을 철저히 분석하고 선발국들보다 경쟁력을 갖추기 위하여 한국 철도가 발전해 나갈 틈새 기술 분야가 무엇인지 분석하고 관련 분야의 기술 역량을 집중하는 전략을 구체화시켜 정립하는 연구가 필요하다.

이러한 관점에서 국토해양부 주관으로 2007년부터 추진중인 400km/h급 차세대 동력분산형 고속철도 기술개발사업은 향후 세계 고속철도의 기술 흐름에 대응하고 선발 철도국들과 어깨를 견주며 경쟁할 만한 미래 철도기술의 목표를 선택적으로 선정하고 산학연 분야별 기술개발 활동을 통합시켜 시너지 효과를 높이는 시기적절한 전략적 사업으로 분석되었다. 국내의 철도 건설·운영 기관들도 고속철도 기술개발 분야에 참여도를 높이며 다각적인 해외 진출 방안을 준비하는 등 구체적인 연구 활동을 진행하고 있다.

본 연구에서 제시한 해외 고속철도의 기술진화 경향의 분석 자료는 향후 우리 고속철도 기술 분야가 세계 시장에 진출하기 위한 전략을 수립하는데 중요한 참고 자료가 될 수 있을 것이며, 현재 국내의 철도 분야에 진행 중인 다양한 신기술 연구개발 방향을 재점검하는 측면에서 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업(과제번호 07, 차세대고속철도A01)의 연구비 지원에 의해 수행 되었습니다.

참고 문헌

1. 2008 Railway Statistics, UIC ; Union Internationale des Chemins de fer, 2008
2. Paper Abstracts, 8th WCRR : World Congress on Railway research, 2008
3. Paper Abstracts, InnoTrans 2008
4. "Rail System in Near Future, 2030" , ESTACA, France (프랑스 교통대학)
5. "분산형 고속철도 시스템 통합 및 총괄" 1차년도 보고서 부록, pp. 1~20, 한국철도기술연구원