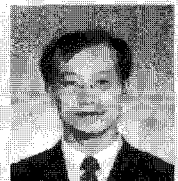


초고속 튜브트레인 시스템 기술동향

1. 서론

현재, 동북아시아 지역은 지역경제의 블록화 및 국가 간 FTA 증가 추세로 통합경제권이 형성되고 있으며, 교역량과 물동량의 지속적인 증가로 세계 경제중심으로 부각되고 있어서 보다 빠른 초고속 교통망이 필요한 시점에 있다.

원유자원의 감소 또는 고갈에 따라 기존의 교통·물류 체계 역시 향후 발생할 대대적인 유류난에 대비할 필요가 있다. 특히 원유 의존이 불가피한 기존 항공 및 선박 수요를 흡수할 수 있는 대륙 간 또는 국가 간 장거리 이동 수단의 개발이 필요하다.



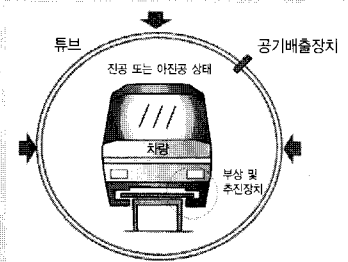
한영재
한국철도기술연구원 초고속열차연구실장

KTX와 같은 바퀴식 고속철도는 운행최고속도가 약 300km/h로 국가 간 또는 대륙 간 장거리 교통수단으로 활용되기에는 어려움이 있다. 이러한 난제를 해결하기 위해, 초고속 자기부상열차에 대한 연구가 독일, 일본, 중국 등을 중심으로 활발히 수행되고 있다. 이 중에서도 속도향상에 장애가 되는 공기저항을 최소화하고, 차내외 소음을 크게 줄일 수 있는 초고속 튜브트레인 시스템 기술에 대한 연구가 국내외적으로 꾸준히 진행되고 있다. 본 논문에서는 최근 들어 더욱 활발하게 연구가 진행되고 있는 초고속 튜브트레인 시스템 기술에 대하여 살펴보았다.

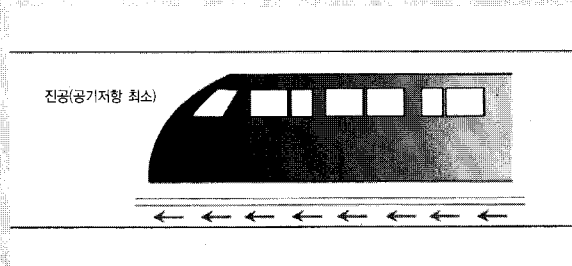
2. 초고속 튜브트레인 시스템 개념

초고속 튜브트레인 기술은 철도의 궤도를 튜브로 감싼 후 진공 또는 아진공 상태로 만들어 공기저항을 최소화하여 동일 출력으로 더 큰 속도를 낼 수 있게 한다. 이론적으로는 마하 3~4까지도 가능하지만, 속도는 선로구축물 건설과 차량제작 등에 투입되는 비용에 비례하기 때문에, 현재로서는 기존 항공기에 버금가는 속도인 시속 700km/h가 여러 측면에서 유리하다고 판단하고 있다.

열차 추진방식은 바퀴식, 자기부상식 등 여러 방법이 있으며, 관내를 진공 또는 아진공 상태로 유지하므로 고도의 공기역학적 설계 및 정밀제어기술이 요구되며, 튜브의 직경은 4.5m~10m 정도이다. 튜브 내에 자기부상열차를 이용할 경우에는 가이드웨이 상에서 자기력으로 일정한 간격을 유지하면서 차량을 지지하고, 선형전동기로 추진한다. 자기부상열차 시스템은 급구배 등판능력과 급곡선 주행능력이 우수하며, 급가감속 성능이 뛰어나다. 또한 단위여객의 수송에 소요되는 에너지와 유지보수 비용이 적게 들어간다. 그리고 진동, 소음이 적기 때문에 승차감이 우수하며 환경 친화적인 차량이다.



[그림 1] 튜브 열차 개념도(횡단면도)



[그림 2] 튜브 열차 개념도(종단면도)

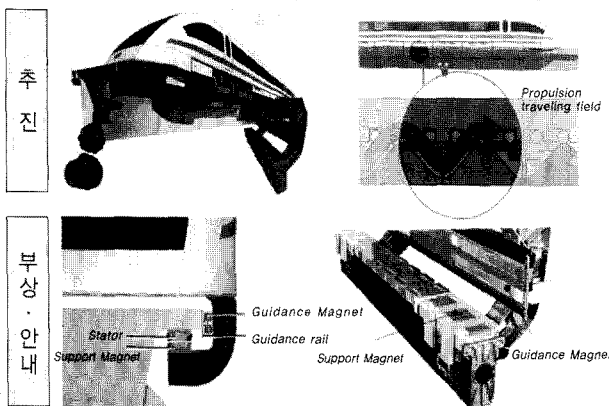
3. 국내외 기술개발 현황

독일과 일본은 30~40년간의 기술개발을 통하여 상용화 또는 그 직전 단계에 있으며, 각 핵심요소기술에 대한 국내 개발 가능성이 높다. 독일은 세계 최초로 자기부상철도 특허를 등록하였으며, 시스템 원리구현을 위한

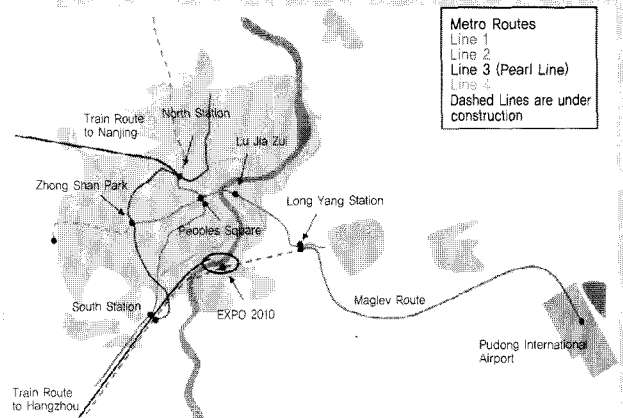
다수의 시제품 제작 등 다양한 연구개발을 실시하였다. 또한 대규모 초고속 시험시설(TVE)을 건설(1987년)하여 지속적인 시험을 시행 중이다. 그림 3은 독일에서 연구 중인 흡인식 자기부상열차의 구성도를 보여준다.

일본은 Tokaido Shinkansen 노선(Tokyo~Osaka)의 포화로 대체선로의 필요성이 증가하면서 Chuo Sinkansen 계획을 수립하고, 1970년부터 500km/h 이상의 초전도 반발식 초고속 자기부상철도에 대한 연구개발을 진행하였다. 기술의 확인과 함께 대규모 시험시설을 건설(1996년)하고 실용화를 위한 지속적인 시험을 실시하고 있으며, 2007년 JR-Central에서는 초고속 자기부상철도 실용화 노선을 구축할 것으로 발표하였다.

중국과학기술부는 1999년 말 중점연구 과제인 “중국 최초 초고속 자기부상철도 시험선에 대한 가능성 연구”와 함께, 독일의 상전도 흡인식 초고속 자기부상철도(Transrapid) 기술을 검토하였다. 국립 자기부상철도 기술센터를 설립하여 기술을 집중하고, 고온 초전도 자기부상열차 대차 개발 등 중저속형, 초고속형 자기부상철도에 대한 자체기술력 확보를 위한 노력과 함께 다양한 시스템의 독자 개발을 추진하였다. 독일로부터 기술을 도입하여 상하이에서 세계 최초의 자기부상열차를 운행하고 있으며, 현재 룡양역에서 홍차우까지의 연장선을 건설 확정하고 항저우까지의 노선을 승인하였다. 그림 4는 푸둥공항과 상하이 룡양역 구간의 영업노선도를 보여준다.



[그림 3] EMS(Electromagnetic Suspension)방식의 자기 부상열차

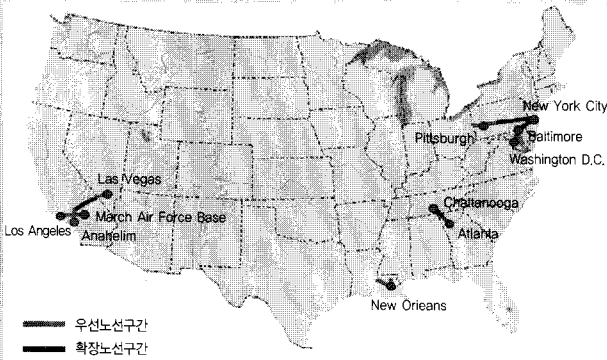


[그림 4] 상용화 중인 초고속 자기부상열차 노선도

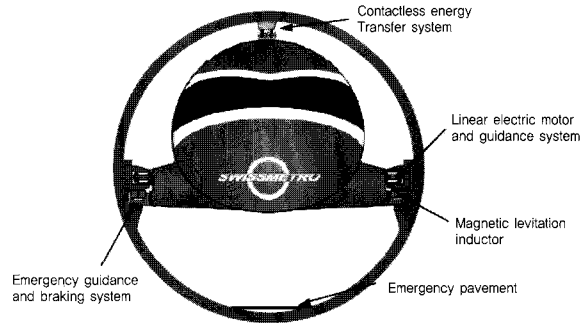
미국은 1960년대부터 다양한 연구를 시도하고 기술개발을 수행하였으나 정부지원의 부재로 연구의 연속성은 없었다. 그러나, 2008년 부시 전 대통령의 승인 하에 미국 최초 초고속 자기부상열차 노선 건설을 위해 4,500만불의 예산을 들여 현재 캘리포니아 애너하임과 네바다 라스베가스 노선의 건설을 위한 타당성 조사를 수행 중이다. 3년의 연구기간 후 건설비용으로 120억불을 받게 될 예정이다. 그림 5는 자기 부상철도 건설 계획도를 나타낸 것이다.

스위스에서는 산악지형에 적합한 초고속 지상운송수단 개발을 위하여 1987년부터 스위스메트로 (Swissmetro) 프로젝트를 시작하여 2000년대 초반에 기초연구를 완료하였다. 그림 6은 스위스메트로의 초고속 튜브 트레인 개념도를 나타낸 것이다.

국내의 경우에는 2006년 한국철도기술연구원에서 자기부상철도 기술기반 구축 연구를 수행한 바 있고, 현재는 초고속 자기부상철도 요소기술 연구를 수행중이다. 초전도 반발식 부상과 관련하여 한국전기연구원에서도 초전도 선재를 개발 중이며, 연구자식 반발식 부상과 관련하여 한국기계연구원에서도 회전형 시험기에 대해 연구 중이다.



[그림 5] 미국의 자기 부상철도 건설 계획 노선

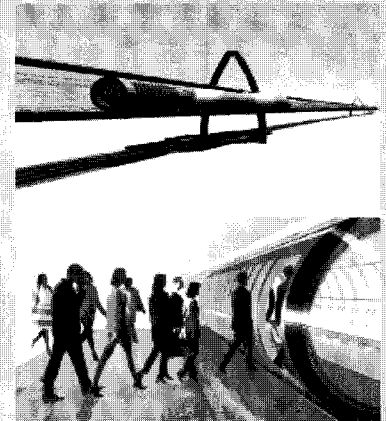


[그림 6] 스위스메트로 개념도

4. 튜브열차 기술개발 현황

1990년대 이후 튜브를 이용한 운송시스템의 개발이 본격적으로 시작되었으며, 전 세계 각국에서 다양한 기술적인 시도가 이루어지고 있다. 대표적인 사례로서 화물 운송용으로 개발되고 있는 TubExpress, CargoCap과 여객용으로 개발 중인 ET3, Flextaxi, Tubeway 등이 있다. 튜브 내를 진공으로 만들 경우 공기저항이 이론적으로 없기 때문에 초고속 운행이 가능하며, ET3의 경우에는 도시 내, 도시 간뿐만 아니라 대륙 간 교통까지 가능할 것으로 전망된다.

개발 중인 국가로는 미국(3종), 독일, 오스트리아, 러시아 등이 있으며, 대학연구에서 민간 기업으로 이전된 형태가 제일 많으며, ET3와 Tubeway는 개인의 아이디어를 바탕으로 소규모 기업으로 발전한 경우이다. 한국철도기술연구원에서는 2007년부터 튜브운송기술 연구를 수행 중에 있다. 튜브열차에 대해 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 그림 7은 Tubeway 개념도를 보여준다.



[그림 7] Tubeway 개념도

- (1) Tube Express : 지하에 건설된 콘크리트 파이프라인으로 도시 중심 간을 연결하여 화물을 수송하기 위한 자동운전 시스템을 갖춘 튜브 운송시스템이다.
- (2) ET3 : 튜브 내를 진공으로 만들 경우 공기저항이 이론적으로 零(zero)이기 때문에 초고속 운행이 가능하며, ET3의 경우에는 도시 내, 도시 간 뿐만 아니라 대륙 간 교통까지 가능한 것으로 전망된다.

- (3) Flextaxi : 몇 개의 위성도시를 포함한 거대 도시권에서 개인이나 소규모의 화물을 자동으로 안전한 목적지까지 운송하고자 하는 튜브 추적 개념의 운송시스템으로, 기존의 도로중심의 여객 운송체계를 새로이 대체할 수 있는 대안으로 연구 중이다.
- (4) Tubeway : 고갈 중인 화석연료에 의존하고 있는 현재의 교통수단에 대한 대체 방안으로 연구되기 시작되어 혁신적인 에너지 절약형 친환경 기술에 의한 여객 및 화물수송을 목적으로 하는 튜브 운송시스템의 한 형태이다.
- (5) CargoCap : 혼잡한 도시지역에서 교통 혼잡을 피해 지하공간을 활용하여 도시 간 화물을 운송하는 튜브 운송시스템으로, 목적지까지 화물을 정확하고 신속하게 운송하기 위해 자동운행기능을 포함한 지능형 물류시스템이다.

5. 결론

앞에서 살펴본 바와 같이, 세계 각국은 원유자원의 고갈에 따라 항공기 수요를 보완해 줄 수 있는, 국가와 국가를 보다 빠른 시간 내에 연결할 수 있는 초고속 교통망에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다. 중국 처럼 초고속열차를 실제로 운행하고 있는 나라도 있고, 30~40년 전부터 연구를 진행해 온 국가도 있기 때문에, 향후 보다 많은 국가에서 초고속열차를 실제로 장거리 영업노선에 투입할 것으로 예상된다.

국내의 경우에는 아직 초고속 튜브트레인 시스템에 대한 연구가 초기 단계에 있는데, 보다 많은 예산과 연구인력을 투입하여 초고속 튜브트레인 시스템 기술과 관련된 주요 원천기술을 조기에 선점하여 해외시장을 개척해 나가야 한다. 지금까지는 해외기술을 받아들인 후, 개선하여 우리 기술로 만드는 데 역량을 집중해 왔다면, 앞으로는 도전정신을 갖고 새로운 기술개발을 위해 최선의 노력을 다해야 할 것이다. KEA

참고문헌

- [1] 최성규, "초고속 자기부상 튜브열차 개발의 필요성", 한국철도학회지, 2008.
- [2] 한규환, "미래지향적 교통수단으로서의 자기부상열차", 현대정공(주), 1992.
- [3] Zane A. Goff, "Feasibility of Tube Transportation to Relieve Highway Congestion", Texas Transportation Institute, 1988.
- [4] Georg Abay, "Nachfrageabschatzung Swissmetro", National Research Programm NPR 41, 2000.
- [5] Walter Ernst, "Energy-and Environmental Assessment of EUROMETRO", Swiss Transport Research Conference, 2001.
- [6] Michele Mossi, "Swissetro: a revolution in the high-speed passenger transport system", Swiss Transport Research Conference, 2001.
- [7] E. Jun, "The Novel Power Supply System in the Yamanashi Maglev Test Line", JR Central, 2003.
- [8] Xiang Ming Wu, "磁浮列車 Maglev Train", SMTC, 2003.
- [9] Vance, "Tube Transportation", US Dept of Transportation, 1994.
- [10] Y. Sato, "SUPERMETRO-Super-High-Speed-Train in Low Pressure Tunnel", WCRR2006, 2006.