

초고속 자기부상시스템의 세계적 기술현황과 실용화 타당성

김 용 주

(한국전기연구소 전력기기연구실장)

1. 서 론

근래에 들어 경부선의 교통포화로 인한 고속전철의 채용계획이 발표되고 서울 등 대도시의 심각한 교통난의 해소방안이 다각도로 모색되는 시점에서 자기부상시스템이 해결책의 하나로 거론되고 있다 [1]. 자기부상시스템은 선진외국에서 이미 20여년전부터 연구개발에 착수하여 지금 현재 실용화 단계에 도달했으며, 21세기에는 육상 수송분야의 주역을 담당하게 될 것이 확실시 된다. [2]

자기부상시스템이란 이름 그대로 전자석 또는 영구자석의 자기력(磁氣力)을 이용하여 부상(浮上)한 상태를 유지하며 주행하는 차량을 말한다. 따라서 자기부상시스템은 바퀴나 레일이 필요없다는 점이 기존의 열차방식(Wheel on rail)과 현저히 다르다.

보다 빠르고 쾌적한 대량 궤도교통수단을 실현하기 위해서 부상식 철도에 대한 구상은 거의 1세기 이전의 에어쿠션(air cushion)이나 수압을 이용한 부상차의 실험으로부터 시작되었다. 기존방식(wheel on rail)은 궤도와 바퀴 사이의 마찰에 의해 추진력을 얻기 때문에 속도를 높인다든가 소음을 낮추는데 또는 승차감 향상에 한계가 있어 특정구간에서는 3백Km/h, 평균적으로는 2백50Km/h 정도가 고작이다. [3]

따라서 이러한 한계를 극복하기 위한 부상식 열차

의 개발은 오랫동안 인류의 꿈이었다. 1960년대 후반에 들어 자기기술과 전력전자공학의 진보를 배경으로 자기부상시스템의 개발이 시작되어 공기부상식 열차와 함께 실용화를 위한 본격적인 연구가 진행되었다.

1970년대 중반까지 프랑스, 영국, 미국 등에서 개발이 진행되어 왔던 공기부상열차는 고속에 따른 공기저항의 증대 등 난관이 많아 실용화에는 이르지 못하고, 신교통시스템에 부분적으로 적용되는 정도로 그치고 말았다. 그러나 자기부상시스템은 관련기술의 진보와 고유의 뛰어난 특성덕분에 실용화를 위한 꾸준한 개발이 이루어져 왔다. 그결과 자기부상시스템은 고속주행의 특성을 최대로 살린 초고속(400Km/h이상)열차가 지역간 수송수단(Regional System)으로 실용화될 단계에 도달했고, 환경과의 친밀성을 살린 자기부상방식은 중·저속으로 국부시스템(Local System)으로 일부 실용화가 이루어졌다. 본 고에서는 지역간 수송수단으로 사용될 초고속 자기부상시스템에 대한 세계적 기술현황 및 그 실용화 타당성에 대해서 기술한다.

2. 초고속 자기부상시스템의 특징

2.1 자기부상시스템의 특징

자기부상(Magnetic Levitation:Maglev)시스템은

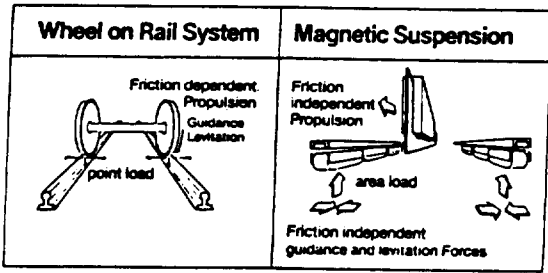


그림 1. Wheel on Rail과 Maglev

레일과의 마찰력에 의해 추진하는 방식이 아니기 때문에 본질적으로 고속성, 무공해, 안전성, 신뢰성, 경제성 그리고 승차감이 뛰어나다. Maglev는 레일 표면에서 자력을 이용해서 약 1.5cm(EMS) 또는 10cm(EDS) 가량 부상한 상태에서 주행하기 때문에 마찰에 의한 소음, 공해, 마모 등이 없는 대단히 이상적인 미래의 대중 운송수단이다.

Maglev는 보통열차와 마찬가지로 궤도 위를 주행하지만 자동차 또는 단거리 비행에 비해서 정규노선 운행시의 높은 운행 효율, 승객 1인Km당 적은 에너지 소모, 화석연료에 의존성이 없음, 기후에 거의 영향을 받지 않음, 지극히 안전함 등의 특징이 있다. 그리고 Maglev는 트랙(track)에 면적부하(area load)로 작용하며, 안내(guidance)도 역시 물리적인 접촉을 피하고 있기 때문에 제어성이 뛰어나며 마모와 진동 등이 최소화되고 오직 문제되는 것은 주행시 일어나는 공기저항에 의한 소음(aerodynamic noise)뿐이므로 가이드웨이(guideway)의 건설을 경제적으로 할 수 있다.

2.2 자기부상시스템의 시장성

Maglev는 이를 위해 투자가 정당화 될 수 있는 곳(즉, 이에 대한 욕구가 많은 곳)과 여행의 질이 중요한 문제가 되는 곳에 구현될 것이다. 초고속 자기부상시스템은 Maglev의 고속주행성능을 최대한 이용함으로써 각국의 교통축(Corridor)이 현상태로 또는 가까운 장래에 포화상태가 될 때 최고의 해결책이 될 수 있으며 이 외에도 자동차로는 멀고 비행기로는 가까운 거리의 여행구간에도 대단히 적합하다.

또한 이 시스템은 장거리 자동차 여행과 단거리 항공기 여행에 비교할 때 에너지 절약과 환경보호의

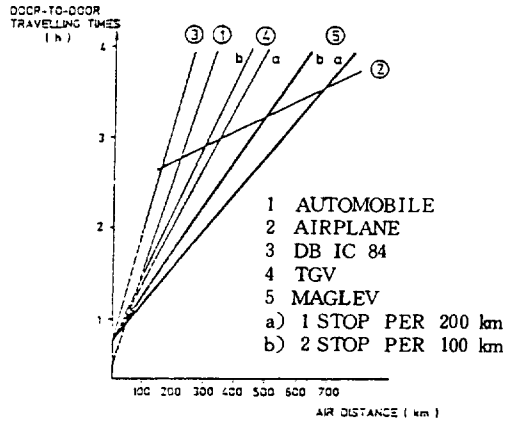


그림 2. 문에서 문까지의 각수단별 여행시간 비교

측면에서 큰 장점을 가지고 있으며 대도시의 도심에서 타 대도시의 도심까지 바로 연결이 된다는 장점이 있어 문에서 문까지의 여행시간(Door-to-Door travelling time)이 크게 절약된다.

3. 바퀴/레일과 자기부상시스템의 비교

3.1 바퀴/레일시스템

Wheel on rail시스템에는 바퀴, 플랜지(Flange), 그리고 레일의 결합이 지지(support), 안내(guidance), 추진(Propulsion), 그리고 제동(brake)의 역할을 수행한다. 이러한 원리는 150여년 전에 기차가 발명되고 난 후 근본적으로는 거의 변하지 않은 채 발달해 왔다. wheel on rail시스템은 현재까지도 다음과 같은 장점들을 가지고 있다.

- 간단하고 견고한 구조
- 풍부한 운행경험
- 트랙의 변형이 없이 차축이 전달 수 있는 부하의 허용치가 높은 점 그러나 동시에 다음과 같은 결함도 존재한다.
- unsprung primary mass와 궤도와의 결합이 견고해 승차감이 좋지 않다.
- 마찰에 의해 추진력과 제동력이 제한 받는다.
- 바퀴의 플랜지의 단면모양에 의해 정련파적인 측면 진동이 발생한다.

- 커브·주행시 바퀴가 레일에 완전하게 접촉하지 않는다.
- 적재량에 비해 차체무게가 비교적 무겁다. 특히 고속주행시 나타나는 특유의 문제점들은 다음과 같다.
 - 추진력과 제동력이 마찰에 영향을 많이 받기 때문에 최급구배(gradient)가 제한을 받는다.
 - 레일이나 바퀴 등이 정밀하지 않으면 주행시 과도한 충격으로 시스템의 고장을 일으키기 쉽다.
 - 정현파적으로 발생하는 측면 진동과 커브 회전시 발생하는 바퀴의 요란은 바퀴와 레일의 급속한 마모를 초래하며, 또한 레일의 위치도 변형을 가져온다.
 - 제어 불가능한 측면 발생힘에 의해 커브경사도(cant)가 제한을 받게 된다. 따라서 승차감을 향상시키기 위해서는 속도의 제곱에 비례하여 열차의 회전반경을 증가시켜야 한다.

- 제한된 경사등판능력과 큰 회전반경으로 인해 지형적으로 어려운 구간이나 인구 밀집지역 등에서는 터널과 교량공사의 부담이 증가해 건설비 비용이 과도하게 늘어난다.
- 열차의 무게 및 용적은 속도의 세제곱에 비례하는데 이로 인해 속도가 증가할 수록 적재량/차량무게 비율이 감소한다. 현재의 기술로는 이론적인 한계속도인 400Km/h 정도의 속도가 되면 적재량은 거의 제로에 이른다.
- wheel on rail 시스템의 주행시 소음은 속도에 따라 급격히 증가하므로 소음방지를 위한 추가적인 설비가 필요하다.

3.2. 자기부상시스템

wheel on rail 시스템도 418Km/h(TGV-A)라는 놀라운 속도를 기록하는 등 고속화의 여지는 아직 남아 있다. 하지만 실질적인 문제는 고속주행시 그 타

표 1. 바퀴/레일과 Maglev의 비교

비교항목	Wheel on Rail	자기부상	비고
목표운행속도	300km/h	500km/h	
소음	약 71dB	약 62dB	250km/h 기준
dead weight	1,200kg/좌석(250km/h) 1,800kg/좌석(350km/h) (ICE)	520kg/좌석 (TRANSRAPID)	(그림 6 참조)
커브 경사도	6°	12°	
최소회전반경	5,000m	3,500m	370km/h 기준 (그림 5 참조)
stress 형태	point load	area load (W/R의 0.1~0.01%)	(그림 1 참조)
토지수용면적 (Land Requirement per km guideway)	25,000MxM	14,000MxM	
추정건설비	\$ 20억 (TGV)	\$ 25억 (TRANSRAPID)	라스베가스-로스엔젤리스 370km 구간
보수유지비	\$ 28.5백만/년 (TGV)	\$ 22백만/년 (TRANSRAPID)	"
소비에너지	43Wh/seat. km (TGV-A)	60WH/seat. km (TRANSRAPID)	
최급구배	1.5~3.5%	10%	
집전장치	有	無	

당성이 인정될 수 있는 경제성의 여부이다. 지금까지의 연구 조사보고에 의하면 250Km/h이상의 속도에서는 자기부상시스템이 기술적, 경제적, 그리고 환경적인 면에서 wheel on rail시스템에 비해 절대적인 우위를 정하고 있으며, 그 이유는 다음과 같다.

- 지지(support) 안내, 추진, 그리고 제동장치 등은 비접촉 방식을 이용하고 있으므로 속도에 따라 증가하는 마찰에 의한 마모가 존재하지 않는다.

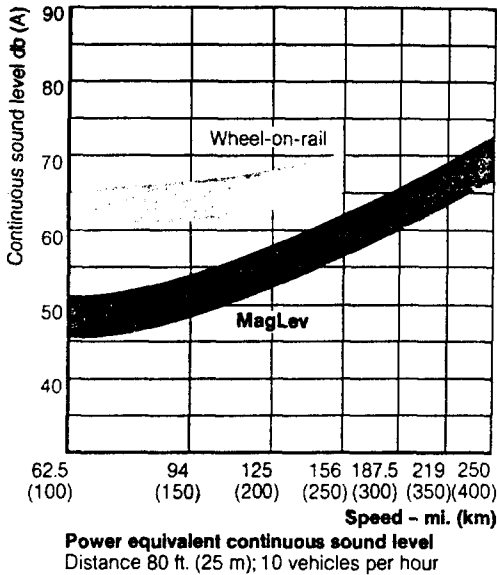


그림 3. 소음비교

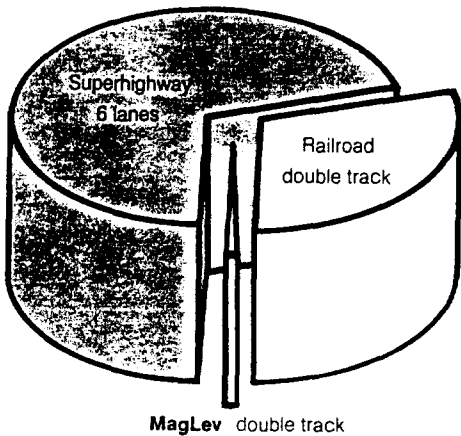


그림 4. 토지수용 면적 비교

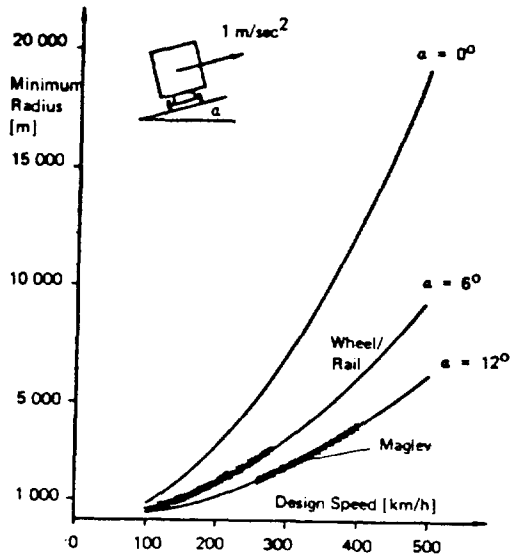


그림 5. 최소회전 반경 비교

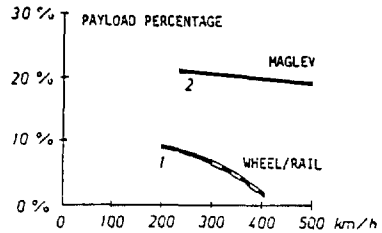


그림 6. Pay Load 비교

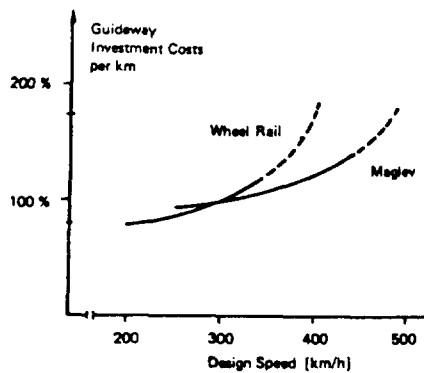


그림 7. 건설비 비교

○ 모든 힘이 면적부하의 형태로 전달되기 때문에 가이드웨이에 미치는 기계적 스트레스의 강도가 낮다. 이는 고속 wheel on rail시스템의 1/1,

000~1/10,000정도에 불과해 구조물이 상대적으로 경량화 되고 승차감이 뛰어나다.

- 선형추진시스템 (Linear propulsion system)은 비접촉식이고 마찰이 없어 이론적으로는 수직으로도 상승할 수 있다. 그러나 승차감 및 경제적인 이유에서 보통의 경우는 최대 경사도는 10% 정도가 허용된다. (일본 신간선: 1.5%, 프랑스 TGV-A: 3.5%)
- 측면에 발생하는 안내력이 제어가능하므로 커브 경사도를 높일 수 있어 고속주행시에도 승차감 및 안전성을 해치지 않으면서도 회전반경을 대폭 줄일 수가 있어서 400Km/h의 속도에서 반경 4,000m이하가 가능하다.
- 높은 경사도 및 짧은 회전반경이 허용되기 때문에 선로 건설시 터널공사, 절도(cutting), 그리고 교량공사 등의 공사를 줄일 수가 있어서 공사비를 절감시킬 수 있다.

이상과 같은 이유들로 인해서 자기부상시스템의 선로 건설비는 속도에 비례해서 증가하는 추세가 wheel on rail시스템에 비해 급격하지 않으므로 같은 조건하에서라면 250Km/h이상의 속도에서는 자기부상시스템의 건설이 더 적합하다.

4. 초고속 자기부상시스템의 기술현황

4.1 TRANSPERAPID

60년대 말경에 독일에서는 독일 과학기술처(BMFT)의 지원하에 미래의 고속 교통상 운송시스템에 사용될 새로운 운송수단에 대한 연구가 시작되었다. 1974년에 들어서 개발의 방향은 EDS방식과 EMS방식으로 초점이 모아졌으며, EDS방식과 EMS방식에 대한 각각의 장·단점을 비교·검토하고 EDS방식의 시험용 차량인 EET01을 제작해 실험한 후 개발방향은 최종적으로 EMS방식으로 결론지워졌다.

현재는 TRANSPERAPID06이 '83년에 제작완료되어 Emsland지방에 31.5Km구간의 시험 가이드웨이를 건설하여 제반시험중이다. Emsland시험구간에서 주행시험 및 특성시험을 실시하여 1984년 6월에 300Km/h의 속도를 기록했고, 1988년 1월에는 412.6Km/h까지 달성했다. 현재는 400Km/h이상의 속도로 주행할 수 있는 TR07을 개발중에 있다.

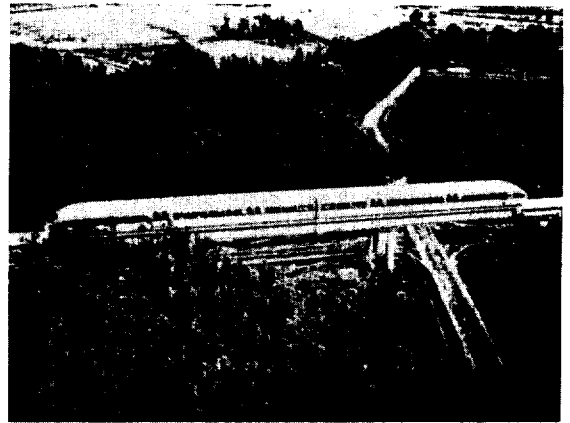


그림 8. TRANSPERAPID-06

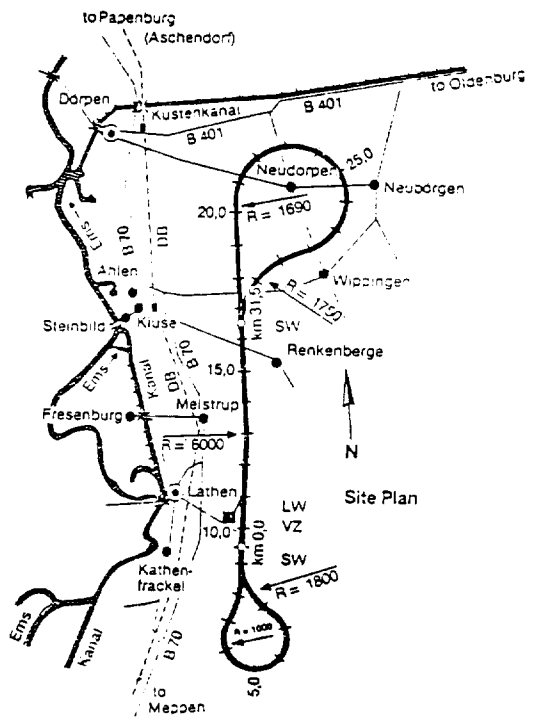


그림 9. TRANSPERAPID 시험구간

TRANSPERAPID는 2개의 동일한 차량으로 구성되어 있으며 각 차량에는 8개의 자기 지지 보기 (magnetic suspension bogie)가 장착되어 있다. 또 각개의 보기에는 장1차 선형동기전동기의 강자성체 코어쪽으로 흡인력을 발생하는 부상용 자석이 4개씩 설치되어 있고, 가이드웨이의 측면을 따라 설치되어

표 2. TRANSRAPID 개발차량 및 특징

No.	Name	YEAR	Suspension	Propulsion	Speed	Total Weight	Payload
1	TRANSRAPID 01	1970	EMS	SLIM	Demonstration Model		
2	Principle Vehicle	1971	EMS	DLIM	90km/h	5.8t	0.6t
3	TRANSRAPID 02	1971	EMS	DLIM	164km/h	11.3t	0.6t
4	TRANSRAPID 03	1972	AC	DLIM	140km/h	10.0t	2.0t
5	TRANSRAPID 04	1973	EMS	DLIM	253km/h	20.0t	1.5t
6	HMS 2	1974	EMS	LSIC	36km/h	2.0t	0.3t
7	KOMET	1975	EMS	Booster	400km/h	9.0t	0.3t
8	LSV 301	1975	EMS	LSIC	20km/h	2.2t	0.2t
9	EET 01	1974	EDS	DLIM	140km/h	17.0t	5.0t
10	EET 02	1977	RW	LSAC	230km/h	14.0t	3.0t
11	TRANSRAPID 05	1979	EMS	LSIC	75km/h	36.0t	5.2t
12	TRANSRAPID 06	1983	EMS	LSIC	355km/h	108t	20.0t

EMS : Electromagnetic Suspension
 AC : Air Cushion
 EDS : Electrodynamic Suspension
 RW : Rubber Wheels

SLIM : Single Sided Linear Induction Motor
 DLIM : Double Sided Linear Induction Motor
 LSIC : Iron Core Long Stator Linear Motor
 LSAC : Air Core Long Stator Linear Motor

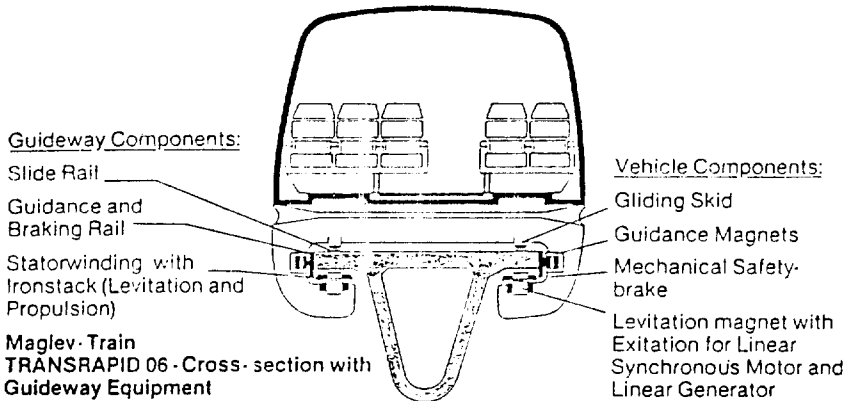


그림 10. TRANSRAPID-06 단면도

있는 강자성체 안내용 레일 쪽으로 흡인력을 발생시키는 4개의 안내자석이 있다. 부상 및 안내 gap은 보통 10~12mm 정도를 유지한다.

부상용으로 사용되는 자석은 장1차 선형동기전동기의 여자(field excitation) 용으로도 사용되며, 선형동기전동기는 가이드웨이의 양쪽에 3상권선이 설치되어 있다. 그 외에 환기, 조명, 냉난방 등 차량에 필요한 전원은 선형발전기(linear generator)에서 공급받아 축전지에 저장한 후에 이를 이용한다. 차량

이 저속주행시는 축전지에서 전원을 공급받고, 고속주행시는 선형발전기에서 얻은 전력을 축전지에 저장한다.

TRANSRAPID에서 사용하는 부상방식은 EMS이며 이 방식은 차량에 전자석을 장착하여 이 전자석과 가이드웨이의 아랫부분에 지면을 향하게 설치되어 있는 강자성체와의 흡인력을 이용하여 부상력을 얻는다. EDS방식의 경우는 주행시 도체 밖으로 자장이 밀려나와 자석과 도체사이의 공기층에 압축되

표 3. TRANSPERAPID-06 제원

차량(Vehicle) :	
구성	2량 1조
전체길이	54.2m
폭	3.7m
높이	4.2m
무게(비었을때)	108ton
(만재시)	128ton
좌석수	192석
예상최고속도	400km/h
객실내최고자장	5gauss이하
부상(Levitation) :	
방식	EMS
부상높이	10-12mm
추진(Propulsion) :	
종류	장1차 철심선형동기전동기(long-stator iron-core linear synchronous motor)
추력(400km/h때)	45KN
최대 용량	8.8MVA
최대 전압	4.24KV
최대 전류	1.2KA
주파수범위	0-215Hz

어 자기쿠션(magnetic cushion)의 역할을 함으로써 부상력을 얻지만, EMS는 자장이 강자성체 레일의 내부로 침투하여 흡인력을 발생시킨다. 하지만 EDS와는 달리 불안정시스템이기 때문에 능동 동적 귀환 제어(active dynamic feedback control)를 이용하여 안정상태를 유지시켜야 한다. 부상높이는 약 0.8~1.5cm정도이지만 EDS와는 달리 속도에 무관한 부상력을 얻을 수 있어 별도의 지지기구가 필요없다.

현재까지 독일 국내 및 유럽, 북미의 여러 교통축의 건설타당성 조사를 진행하여 왔고, 이 중에서 미국 남부 캘리포니아의 로스엔젤레스-라스베가스 교통축에의 타당성검토는 상당한 진척을 보았으며 [9], 우리나라에도 경부축에의 건설타당성 조사를 제외한 바가 있다.

4.2 MLU

일본에서는 자기부상시스템에 관한 연구가 1962년부터 일본 국철에서 시작되었으며, 부상방식은 초전도 자석을 이용한 EDS 방식을 채용하였는데, 이는

안전을 고려하여 트랙에 충분한 에어갭의 여유를 두기 위한 것이라고 여겨진다. 실제크기의 시제품은 1972년 철도기술연구소에서 첫 선을 보였으며, 이

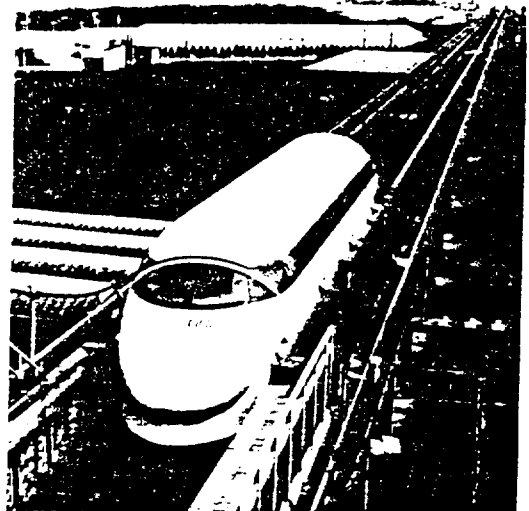


그림 11. MLU-002

때의 모델은 가이드웨이가 역T자형인 ML-500이었다. 1974년에 구슈성의 미야자키에 시험 트랙을 설치하기 시작하여 1979년에 7Km의 시험구간을 설치 완료했다. 1980년에 들어서는 새로운 차량인 MLU001을 개발했고 가이드웨이드 U자형으로 교체해 실험을 계속했다.

MLU001은 1량, 2량 또는 3량을 1조로 하여 주행 시험을 실시해 왔다. 2량만으로도 주행시 최고속도 400Km/h를, 3량 주행시 352Km/h를 기록했다. 이 상적인 속도에 이르지 못한 것은 트랙의 옆에 설치

되어 있는 전원공급장치의 사이크로컨버터(cyclo-converter)의 전압제한 때문이었고, 이의 개량이 진행중이다.

MLU001의 가장 큰 특징은 4K온도환경하에서 동작하는 초전도 자석인데 큰 부상높이(약 10cm)를 유지하기 위해서는 이 초전도 자석이 필수적이며 MLU001에 채용된 방식은 만족스럽다고 한다. 그러나 액화 헬륨을 사용해야 하고, 동작중 기화하는 액체헬륨을 다시 액화시키는 장치 등이 필요해 시스템의 유지·보수가 까다로우며 자장이 막대해 차량내

표 4. MLU 개발연혁

	MAJOR EVENTS
Early 1960s	Maglev Research Start
1970	Basic test equipment (EDS) was developed
1972	Test car LSM200 (EDS, LSM) made a successful run Test car ML-100 (EDS, LSM) made a successful run
1974	Test guideway and power supply were completed
1975	Test car ML-100A (EDS, LSM) made a completely levitated run
1977 July	Test run was started at Miyazaki Test Track (Vehicle : ML-500, Guideway : inverse T-shape)
Sep.	ML-500 recored 112 km/h (with wheel support)
1978 Mar.	301km/h run was recored on a 3.1 km section
Nov.	347km/h run was recorded on a 4.7km section
1979 Jan.	Test run in a model tunnel
May	Test run of ML-500 (with He refrigerator)
Dec.	517 km/h was recorded on a 7km section
1980 Nov.	Test run of MLU-001(Guideway : U-shape)
1981 Apr.	251km/h was recorded on a 4km section
Nov.	Test run of two-car train was started
1982 July	305km/h was recorded on a 7km section
Sep.	Passenger test run was started
Nov.	Test run of three-car train was started
1983 Aug.	400km/h was recorded on a single-car run
1986	352.4km/h was recorded on a three-car run
1987	400.8km/h was recorded on a two-car run with passengers
1988	Test run of MLU-002 was started

EDS : Electrodynamic Suspension LSM : Linear Synchronous Motor

표 5. MLU-001 제위

	중간차량	선두 및 후미 차량
차량 :	001-2	001-1, 001-3
길이	8.2m	10.1m
폭	3.0m	3.0m
높이	3.3m	3.3m
무게		10ton
초전도자석,		
배열	차량당 4극 2열	
강도 (strength)	700KA	
냉각방식	헬륨액화	
부상 :		
부상력	98KN	
부상높이	100mm	
안내 :		
안내력	50mm 변위시 49KN	
안내거리 (clearance)	150mm	
추진 :		
추력	최대 51KN	
전원공급	Cycloconverter	
주파수범위	0-27Hz	
최대전압	3KV	
최대전류	1,100A	
제동 (상시)	회생제동	
(긴급)	동적 및 기계적 (dynamic & mechanical)	

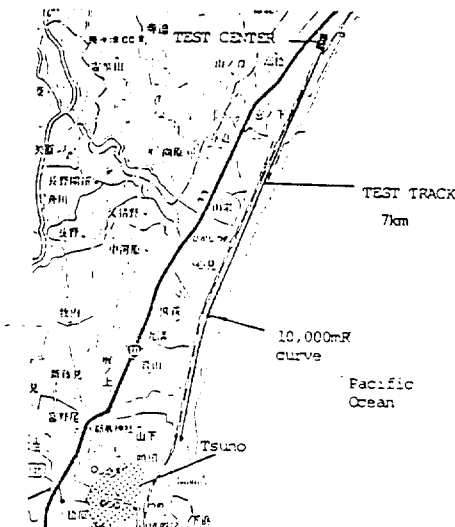


그림 12. 미야자키-시험구간

부에서 이에 의한 영향을 개선해야 할 것이다. 따라서 상업적 운용을 염두에 둔 시험차량의 제작을 위해서는 아직 미진한 부분이 많으며, 독일의 TRANSRAPID에 비해 기술적으로 5년정도 뒤지고 있다고 보고 있다.

MLU에서 사용하고 있는 EDS방식의 가장 큰 특징이자 장점은 주행시 열차와 가이드웨이간의 부상높이가 10~15cm에 이르러 기후나 미세한 지진, 가이드웨이의 표면상태에 큰 지장을 받지 않는다는 점이다. 또 다른 장점은 지지원리가 완전히 수동적이며 시스템의 안전성과 신뢰성이 높다는 점이다. 그러나 부상력이 속도에 비례하기 때문에 저속에서는 부상을 할 수가 없어서 보조적인 지지기구가 필요하다. EDS방식의 차량은 설계에 의해 차이는 있겠지만 적어도 60~80Km/h의 속도가 되어야 자기부상력을 얻을 수 있다.

일본 국철에서는 현재까지의 MLU001의 시험 결과 및 축척된 기술을 통해 MLU002를 개발하였으며

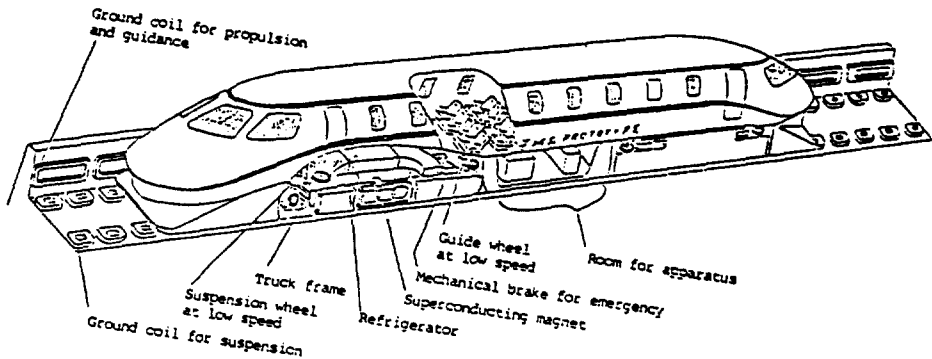


그림 13. MLU-002

이를 이용하여 계속적인 연구를 수행하고 있다. 이 연구의 결과로 장래 실제적인 상업용 운용에 투입될 자기부상시스템의 제원을 설정하였고, 실제차량의 시험용 차량은 90년대에 완성될 것이라고 예상하고 있다.

5. 서울-부산간 자기부상시스템의 실용화 타당성

승객은 도심에서 타도시의 도심까지로의 여행을 요구하지만 바퀴/레일 방식의 고속전철은 주행시 진동 및 소음공해가 워낙 크기 때문에 도심지 통과가 어려운 실정이므로 도시의 외곽으로 접근할 수 밖에 없으며, 이 경우는 다시 도심으로까지의 환승설비 등의 부수적인 교통수단을 강구해야 하고, 외곽지역 일지라도 소음 차폐벽 등 특수설비를 설치해야 하는 어려움이 있다. 자기부상방식은 원천적으로 이러한 진동 및 소음의 발생요인이 존재하지 않아 환경적인 면과 고급승차감의 제공이란 면에 있어서 인류가 지금까지 고안해 낸 가장 이상적인 수송수단이다.

바퀴/레일 방식의 열차는 그동안 눈부신 기술발전 에 의해 개량을 거듭하여 고속화가 이루어져 왔으나 [12] 기본적으로는 19세기에 증기기관차가 발명된 당시의 형태를 유지하고 있다. 따라서 고속화됨에 따라 소음공해, 큰 회전반경, 승차감의 상대적 열 등, 고속화의 한계, 그리고 유지·보수 및 운영에 큰 어려움이 있다는 문제점들이 나타났다. 주행속도의 증가에 따라 열차 및 레일의 각 부분에 많은 부담이 가해지고 있으나 현 기술로는 완전한 해결이 어려운 실정이다. 즉, 바퀴, 레일, bogie, 판

토그래프(pantograph), 브레이크 등은 일정거리 주행후 마다 점검하고 보수 및 교체를 해야한다. TGV의 경우는 레일의 유지·보수에, 신간선은 직류모터의 유지·보수에 많은 노력을 경주하고 있다. 바퀴/레일 방식의 제문제점들은 바퀴와 레일간의 마찰력에 의해 주행하는데 기인한 것들이며, 이는 구동장치가 기관차에 실려있기 때문이므로 자기부상방식은 상기한 바퀴/레일 방식의 제반 문제점들을 원칙적으로 해결할 수 있다.

바퀴/레일 방식의 열차가 전기모터를 열차하부의 bogie에 장착하고 있는 점과는 달리 자기부상 방식의 초고속 열차는 노면을 따라서 선형전동기가 설치되어 있다. 따라서 전동기가 열차에 설치되어 있지 않으므로 급전설비, 전력 변환장치 등이 필요 없어 무게가 대폭 가벼워지며, 기관차가 필요없어 승객 수송능력도 향상된다. (실제로 바퀴/레일 방식의 기관차는 거의 전부가 급전설비, 전력변환장치로 구성되어 있다.) 무게가 경감된다는 것은 자기부상 방식의 차량이 주행시 가이드웨이에 미치는 하중이 그리 크지 않다는 것을 뜻하며 따라서 가이드웨이의 건설이 용이하다. 자기부상시스템의 또 하나의 특징은 모노레일처럼 주로 고가 구조의 가이드웨이(elevated guideway)위로 주행하는 점인데, 이로써 토지 수용면적이 줄어들고 주위환경에 대한 영향을 최소화 할 수 있으며, 충돌사고 등의 위험이 없어지는 등 여러가지 장점이 있다.

일본의 신간선은 240Km/h, 독일의 ICE 및 프랑스의 TGV는 270Km/h정도의 최고속도로 주행하고 있으며, 이들 바퀴/레일 방식의 이론적 한계는 400 Km/h정도이다. 그러나 실제로는 여러 요인에 의해 상

용운전의 한계는 최고 300Km/h 정도에 불과하므로 장래의 수요증대에 유연하게 대처하기가 곤란하다. 자기부상시스템의 속도는 400Km/h 정도이고 500 Km/h까지 주행이 가능해 질 것으로 예상되어 문자 그대로 초고속 주행이 이루어 지게 되어 수요증가에 유연하게 대처할 수 있으며, 회전시 측면으로 발생하는 힘을 제어할 수 있고 공해가 없으므로 도심-도심연결이 가능하며, 경사등판 능력이 뛰어나 우리나라와 같은 지형에서는 대단히 유리하다.

정부에서 계획한 경부고속전철의 완공까지는 앞으로 10년의 세월이 더 필요하다. 하지만 현재 독일에서는 자기부상시스템이 개발되어 주행시험을 '89년 12월까지 완료하고 앞으로 2~3년 이내에 실용화 운전할 예정이므로 그 때쯤이면 바퀴/레일 방식은 이미 시대에 뒤떨어진 방식이 되어 있을 지도 모른다는 점과 자기부상시스템과 바퀴/레일 시스템을 비교할 때 자기부상시스템이 훨씬 더 우월한 점을 많이 가지고 있다는 점을 고려한다면 국가적 대역사(大役事)인 경부고속전철의 기종선정은 자기부상시스템까지를 포함하여 신중하고도 장기적인 안목으로 21세기를 바라보면서 결정되어야 한다.

10년후에 완공될 새로운 경부고속전철은 몇 년이라는 단기간동안만 사용될 것이 아니라 거의 일세기라는 장기간 동안 우리나라의 대동맥인 서울-부산간의 여객수송을 위해 사용될 역사적인 대사업이다. 따라서 이러한 국가적인 대사업을 함에 있어서는 아무리 신중을 기하여도 지나치지 않을 것이다.

6. 결 론

현재 우리나라의 철도기술은 선진외국과 비교할 때 아주 미흡한 수준에 있으며 경부고속전철의 건설 또한 선진외국에서 이미 발표된 열차를 선정해야 할 입장에 처해있다. 이런 점에서 앞으로 건설될 경부고속전철은 우리나라의 철도관련기술을 한단계 끌어올릴 수 있는 획기적인 계기로 삼아야 할 것이다. 따라서 어떠한 방식의 고속전철을 채용하느냐의 문제는 장래에 세계적인 철도의 수요가 어떠한 방식을 선호하게 될 것인지 그러므로써 우리가 보유하게 될 철도기술을 얼마나 활용할 수 있을지 등이 장기적인 안목으로써 충분히 고려되어야 할 것이다.

많은 교통전문가들은 자기부상시스템이 21세기에 는 육상수송분야의 주역이 될 것이라는 사실을 의심

하지 않고 있으며, 단지 언제부터 시작될 것인가에 대한 관심을 표명하고 있다. 거의 모든 산업분야에서 공상과학 소설에나 등장했던 여러기술들이 빠른 속도로 실용화 되고 있으며, 많은 기술들이 이미 우리 일상생활에 일반화되어 있고 나아가 진보된 과학 기술을 구상하는 단계에 와 있다. 최첨단 기술이 실용화되는 21세기를 준비할 현 시점에서 우리나라 산업발전의 대동맥인 경부고속전철은 최첨단기술을 채택하는 것이 가장 타당하며, 이로써 관련 산업분야의 획기적인 발전도 기대할 수 있다고 본다.

참 고 문 헌

- [1] "서울-부산축의 장기교통투자 필요성 검토 및 서울-부산간 고속철도타당성 연구," 제2단계 최종보고서, 국토개발연구원, 1985.9
- [2] "자기부상시스템의 수도권 교통수단 및 서울-부산축에의 적용가능성에 대한 검토연구," 연구보고서, 한국전기연구소, 1988.10
- [3] "고속전철기술 현황조사 해외출장 귀국보고서," 한국기계연구소, 1989.3
- [4] "10th International Conference on Magnetically Levitated Systems(Maglev)," June 9-10, Hamburg, 1988
- [5] "Int'l Conf.on Maglev and Linear Drives," May 19-21, Las Vegas, 1987
- [6] "Int'l Conf.on Maglev and Linear Drives," May 14-16, VanCouver, 1986
- [7] "Int'l Conf on Maglev Transport '85," Sep. 17-19, Tokyo, 1985
- [8] "Int'l conf. on Maglev Transport '84 : Now and for the Future," Oct. 9-10, Solihull, England, 1984
- [9] "Super Speed Ground Transportation System Las Vegas/Southern California Corridor Phase II," CIGGT Report no.86-10, 86-16, 86-19, 1986
- [10] 김용주, "초고속 시대가 달려온다 : PART I 자기부상열차," 과학동아, vol.4, no.5, PP.42-50, 1989
- [11] 김두희, "초고속 시대가 달려온다 : PART II 우리의 선택은?," Ibid., 1989
- [12] R.J.Kemp, "Developments in Electrical Trac-tion," Power Eng.J., vol.3, no.2, 1989
- [13] 正田英介, 권병일, "자기부상철도의 현상과 전망," 대한전기학회지, vol.37, no.4, PP.58-70, 1988