

# 신교통시스템으로서의 磁氣浮上열차 검토(2)

(상전도 흡인식 부상시스템을 중심으로)

장석명\*, 박찬일\*\*

(\*충남대공대 전기공학과 교수,

\*\*한국기계연구원 실장)

전기학회지 제 43권 3호에 이어서

전기학회지 43권 3월호에 게재된 1편에서는 추진, 부상, 운전제어의 자기부상열차기본원리와 속도, 구배 및 곡선주행의 수월성, 안전성, 기존시스템과의 연계성, 운행간격의 빈도, 대량수송성, 승객의 이용 편의성, 육상/항공 교통에서의 역할 분담에 의한 혼잡의 해소능력 등의 측면에서 신교통시스템으로서 자기부상열차 우수성에 관하여 다룬 바 있다.

### 3.9 지역을 兩分하지 않음

그림 17에서 보는 바와 같이, 자기부상열차를 콘크리트로 된 支持臺위의 트랙위에 설치하고 그 위에 레일을 설치하게 되면 지역을 양분하지 않는다.

즉 자기부상열차는 가볍고 튼튼한 특수재질로 제

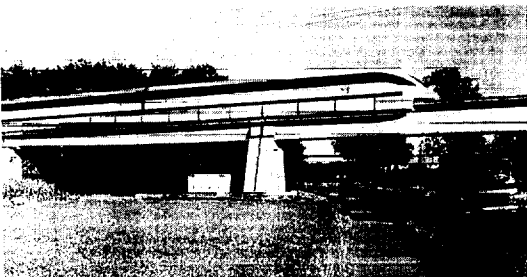


그림 17. 콘크리트 지지대위에서 주행할 수 있으므로 地域을 兩分하지 않아 인간은 물론 자연생태계에도 惡影響을 주지 않는다.

작되어야 하고, 바퀴가 없기 때문에 바퀴식에 비해 원천적으로 중량이 가벼워 콘크리트 지지대위에 레일을 설치 하여 주행 할 수 있으므로 地域을 兩分하지 않는다. 따라서 자기부상열차의 건설로 인하여 지역주민들의 생활에 불편을 주지 않음은 물론 야생동물들을 포함하는 자연생태계에도 전혀 영향을 주지 않는 데, 이 점이 미래의 교통수단으로서의 큰 장점중의 하나이다. 최근 우리나라에서도 고속전철의 도심통과에 의한 地域分割등이 큰 문제로 대두되고 있는 데 자기부상식의 경우는 전혀 문제가 되지 않는다.

### 3.8 환경성(소음, 진동, 대기오염, 전자파장애)

低소음, 低진동으로 그림 18과 같이 경관과 적당하게 조화됨은 물론, 대기오염의 원인이 되는 산화질소등의 배출이 전혀없어 환경오염에 대한 염려가 전혀 없다.

즉 자기부상열차가 목장위를 달려도 젖소들의 관심을 전혀 끌지 않을 정도로 소음, 진동등의 문제가 없어 매우 쾌적한 情景을 볼 수 있다.

#### 1) 소음

프랑스에서 개발한 비행기인 콩코드에는 초음속이기 때문에, 항공교통이 매우 발달한 미국에서 속도 면에서는 매우 유리한 입장이었지만 소음이 너무 큰 것이 결점이어서 취항을 하지 못한 例를 상기해 볼 수 있다. 이로 미루어 볼 때 개발된 新交通시스

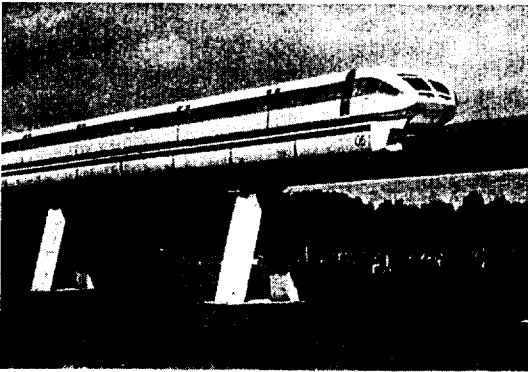


그림 18. 젓소들이 한가로이 풀을 뜯고 있는 牧歌적인 환경과 적함하게 조화되는 자기부상열차 線路

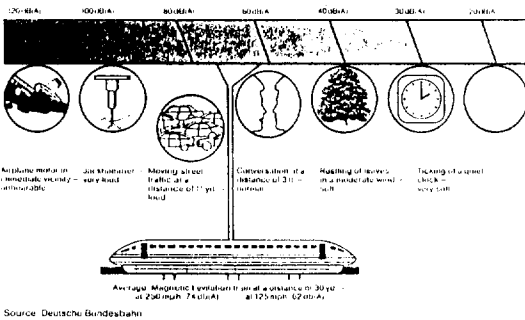


그림 19. 우리주위에서의 여러 소음발생원과 자기부상열차의 소음치비교(10데시벨의 차이가 날때 인간은 倍로 느낀다.)

템이 아무리 우수한 장점을 갖는다 하더라도 인류의 생활환경에 심각한 문제를 야기시키는 경우에는 實用化가 될 수 없다. 그림 19는 우리 주위에서 흔히 소음을 발생하는 것들의 소음치와 자기부상열차가 발생하는 소음치를 비교한 자료이다. 그림에서 10데시벨 차이가 날 때 인간이 느끼는 정도는 소음이 대략 2배로 증가된 것으로 느끼게 됨을 염두에 두어야 한다.

- 즉
- \* 청각기능 : 0데시벨
- \* 自然상태에서의 소음 : 20데시벨[db],
- \* 휘파람소리, 時計소리 : 30데시벨[db],
- \* 잔잔한 바람에 의하여 살랑거리는 나뭇잎소리 ; 40데시벨[db],
- \* 91.4[cm]정도의 거리에서 정상적인 대화를 나

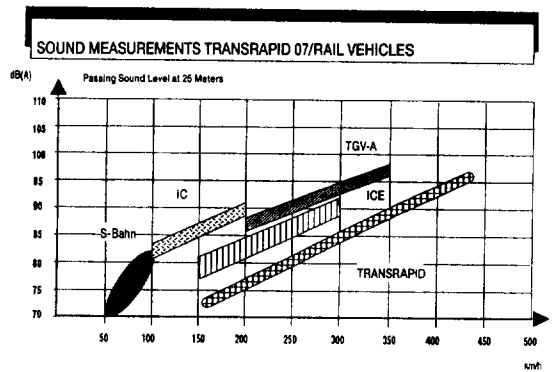


그림 20. 바퀴 /레일식과 자기부상식열차(MAG-LEV)의 소음발생(25[m]거리에서 측정)

표 5. 재래선, 바퀴식 고속철도, 자기부상열차의 운행속도에 따른 소음발생치 비교(25m 거리에서 측정)

	속도[km/h]	소음[db]
S-Bahn(독일의 재래선)	100	89-91
트랜스라피스 (독일자기부상열차)	160	74-77
영국의 도시간 고속열차, (Intercity)	200	90-95
트랜스라피드 (독일 자기 부상열차)	200	79-80
ICE(독일의 고속열차)	250	87-93
TGV(프랑스의 고속열차)	300	95-105
트랜스라피드 (독일의 자기부상열차)	300	86-87
	400	93-95

- 눌 수 있는 소음 ; 60데시벨[db],
  - \* 시속 400km로 주행하는 자기부상열차 ; 75-80 데시벨,
  - \* 시속 100km로 주행하는 자동차의 거리 ; 80데시벨[db],
  - \* 시속 300km급 바퀴식 고속열차 ; 90-95데시벨
  - \* 유압 햄머소리 ; 105데시벨
  - \* 디스크 장 ; 110데시벨
  - \* 비행기 엔진소리가 있는 공항 ; 120데시벨
- 실제로 자기부상열차의 경우는, 200[km/h]로 주행하는 경우에 27[m] 떨어진거리에서 60데시벨[db]정도, 400[km/h]로 달리는 경우는 소음발생치는 75데시벨[db]정도로 매우 쾌적한 편임을 알

수 있다.

즉 250[km/h]의 속도로 주행하는 경우 자기부상열차는 60데시벨[db] 정도이며 바퀴/레일식 열차는 70데시벨[db]정도가 됨을 볼 수 있어 바퀴/레일식의 경우 예상대로 소음이 자기부상열차에 비해 매우 큼을 알 수 있다. 따라서 防音벽을 설치하지 않아도 무방하다. 또한 그림 20, 표 5에서는 자기부상열차와 바퀴/레일식 열차와의 소음을 비교하였다.

2) 진동

자기부상열차는 電磁氣力에 의해 부상되어 非접촉, 無마찰 주행을 하게 되므로 진동이 거의 없으므로 승차감이 좋아 매우 快適한 주행을 하게 된다.

3) 대기오염

그림 21은 자동차와 자기부상열차에서 질소산화물과 탄화수소등 오염물질의 발생량을 비교하는 표이다.

즉 5인승 자동차가 25%의 부하율(=1.25인 탑승). Transrapid는 80%의 부하율(=830인 탑승)로 운행하는 경우를, [g/100인/마일]를 基準單位로 하여 조사한 것인데,

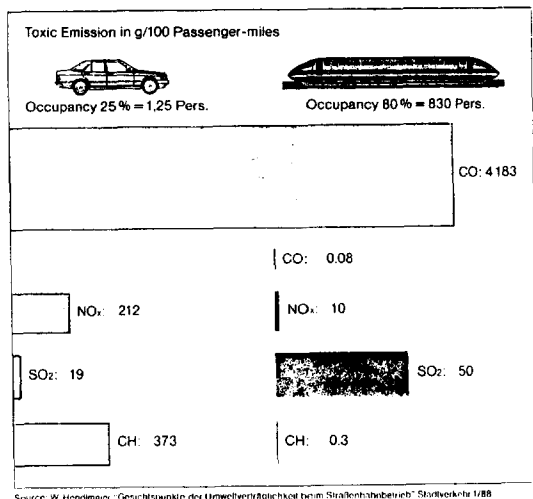


그림 21. 승용차와 자기부상열차의 대기오염 가스 발산({승용차 : 5인승 25%부하=1.25인 탑승}, {Transrapid : 80%부하=830인 탑승}, [g/100인/마일])

CO는 4,183 : 0.08,

NO<sub>x</sub>는 212 : 10,

SO<sub>2</sub>는 19 : 50,

CH는 373 : 0.3

의 비율로 放出하여 SO<sub>2</sub>의 경우를 제외하고는 현격한 차이를 보인다. 따라서 자기부상 열차에서의 매연에 의한 환경오염의 誘發요인은 전혀 없는 것으로 취급 될 수 있다. 또한 바퀴, 레일식의 경우 지하철에서 응용하는 경우에는 정지시의 브레이킹 동작에 따른 레일의 마모로 鐵粉의 飛散이 필연적으로 수반되기 때문에 대기오염에 의해 건강에 심각한 영향을 줄 수 있다.

4) 전자파장애

그림 22는 우리 주위에서 전자파를 발생시키는 각 경우의 자계의 세기를 나타낸 자료이다.

즉

地磁氣의 세기는 40 μT,

칼라 TV의 경우는 500 μT,

헤어 드라이어는 1,000 μT,

정도일때 Transrapid의 경우는 100 μT

정도로 地磁氣와 거의 같은 정도이며, TV에서 발생시키는 정도보다도 훨씬 적어 그 영향을 무시하여도 전혀 무리함이 없는 것으로 결론을 내릴 수 있다. 그러나 일본의 MLU시스템과 같은 초전도방식에서 발생하는 전자파의 크기는 매우 커서 차폐 문제등에 관한 그 해결방법이 매우 심각한 과제가 되고 있는 실정이다.

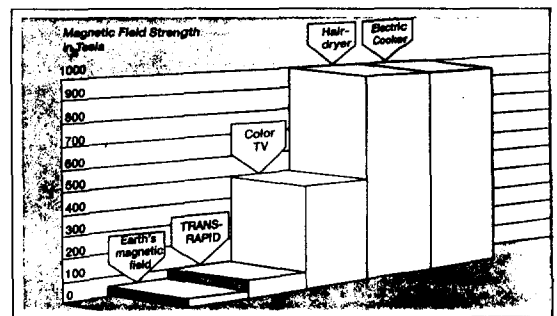


그림 22. 우리주위에서 발생하는 자계의 세기와 자기부상열차(Transrapid)에서 발생하는 자계의 세기 비교(지자기 수준밖에 안된다)

### 3.11 승차감

無접촉, 無마찰로 주행하므로 진동이나 소음이 거의 없으므로 쾌적하며 안락하여 승차감의 측면에서 최대이다.

### 3.12 경제성 ①(국토의 효율적인 이용과 건설비 절약측면)

우선 자기부상열차의 건설비 측면에서의 경제성은 아래와 같이 토지점유율과 매입비, 선로건설비, 지하철에의 응용시 터널공사비, 방음벽등 환경대책 시설의 네가지 정도로 검토된다. 즉

#### 1) 토지점유율, 매입비

그림 23은 육상운송시스템중에서 자동차의 도로, 바퀴/레일식 열차와 자기부상열차의 궤도가 차지하는 단면을 비교한 자료이다.

그림에서

- \* 자동차 전용도로는 4차선의 경우 단면이 29.5[m]
- \* 재래식 바퀴/레일 열차의 경우 13.7[m]

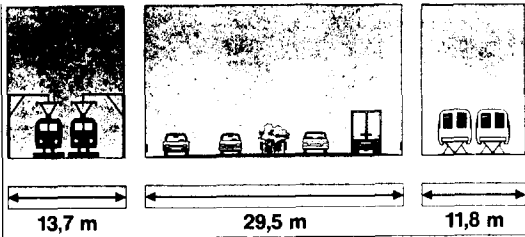


그림 23. 바퀴/레일식 열차, 자동차, 자기부상열차의 路線의 단면 비교



그림 24. 자기부상식 열차는 콘크리트 支持臺위의 트랙에서 주행하므로 토지점유율이 매우 작다.

\* 자기부상열차의 경우 11.8[m]

로 자동차 도로에 비해 열차의 路線은 단면이 60%가 감소되어 40%정도 만 所要되므로 대폭 작게 된다. 이는 우리나라와 같이 國土가 좁아 효율적인 이용을 해야하는 경우는 대부분을 도로가 차지하도록 할 수 만은 없으므로 국토의 효율적인 이용이라는 측면에서 매우 중요한 고려사항이다. 더구나 자기부상식의 경우는 열차가 차지하는 단면인 11.8[m]이기는 하지만 그림 24와 같이 콘크리트 支持臺를 세우고 그 위에서 열차가 주행하므로, 점유하는 면적의 비교가 거의 무의미 할 정도이다.

즉 독일에서의 통계자료에 의하면 각 수단별로 乘客 1인당 소요되는 土地面積을 비교해 보면

- \* 고속도로의 경우 1,172 [m<sup>2</sup>/人]
- \* 비행기의 경우 1,020 [m<sup>2</sup>/人]
- \* 자기부상열차(Transrapid)의 경우 355 [m<sup>2</sup>/人]

따라서 자기부상열차의 경우는 토지점유가 매우 낮아서 국토의 효율적인 측면에서 매우 유리한 수단이 된다. 우리나라와 같이 국토가 작은 나라에서는 道路率을 충분히 높일 수 있는 여건이 되지 못하므로 특히 중요하게 고려하여야 할 조건이다.

자료의 도출은 아래와 같은 과정에 의해 이루어졌다. 즉

- \* 고속도로의 경우는 그림 23에서 shoulder를 포함한 도로의 단면이 37.5[m]로 300[km]를 설치하는 경우의 단면적은 37.5[m] × 300[km], 사람수는 1차당 2인승차로 상·하행선에서 시간당 2,400명이 여행한다고 보아 승객수는 2(上·下행선) × 2,400 [車/시간] × 2[인/車]
- \* 비행기의 경우는 200명의 승객을 태운 비행기가 시간당 34대씩 이·착륙을 할 수 있는 면적이 13.9[km<sup>2</sup>]인 공항을 새로 건설한다고 가정할 때의 승객수는 34 [flights/시간] × 2(離陸·着陸) × 200[人/airplane]
- \* 자기부상열차의 경우는 그림 23에서 단면이 11.8[m]의 트랙을 300[km]건설하는 경우의 면적은 11.8[m] × 300[km], 열차당 630인의 승객을 태운 열차가 시간당 6대의 열차가 왕복으로 다니는 경우의 승객은 2(왕복) × 6열차/시간 × 630[人/열차]가 되므로 1인당의 固

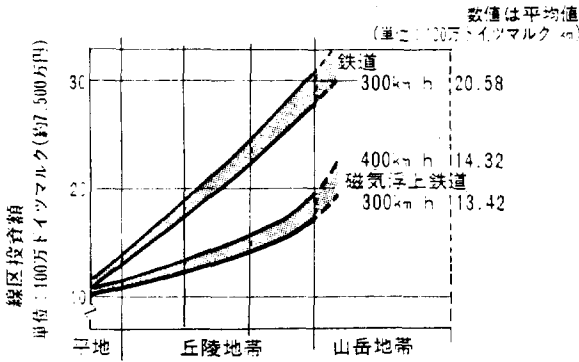


그림 25. 평지, 구릉지대, 산악지대조건에 따라 바퀴/레일식과 자기부상식 열차의 선구투자액 비교도(日本에서 검토한 자료)

有面積이 산출된다.

2) 線路건설에 필요한 투자액

그림 8, 그림 9에서와 같이 자기부상식의 열차는 언덕의 등판능력과 커브에서의 주행 능력이 매우 우수하므로 線路의 選定조건과 建設공사의 조건이 까다롭지가 않아 비용이 크게 절감된다. 그림 25는 일본에서 검토한 자료로, 평지, 구릉지대, 산악지대 등 지형 조건에 따라 바퀴/레일식과 자기부상식의 열차의 建設투자액을 비교한 것이다. 자기부상식의 경우 바퀴/레일식에 비해 구릉이나 산악지대 등 難조건일수록 建設비가 저렴해지는 것을 볼 수 있다.

3) 지하철도의 응용시 터널공사비

도시가 복잡하고 교통문제가 심각 할수록 지하철이 도시의 대중교통수단으로 차지하는 중요성은 더욱 커질 전망이다. 지하철을 建設하는 경우는 建設비의 85%이상이 터널의 굴착비로 소요되므로 단면적의 크기가 매우 중요하다. 그래서 이를 바퀴/레

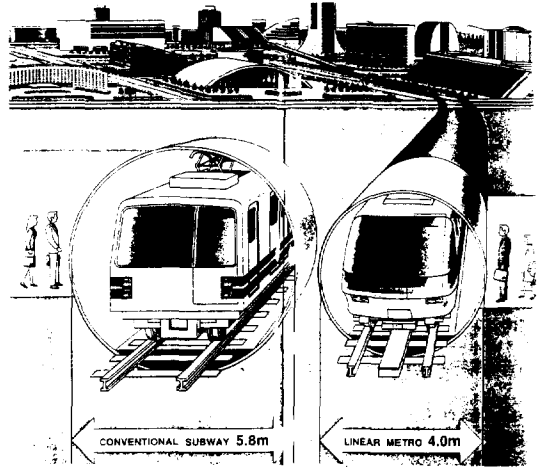


그림 26. 일반 바퀴/레일식열차와 리니어모우터로 추진되는 리니어모우터 카의 터널단면적 비교개념도(자기부상열차의 터널은 더욱 좁아져 建設비가 저렴해진다.)

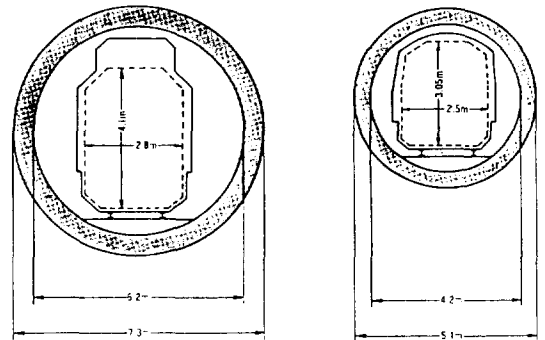


그림 27. 재래식에 비해 자기부상식으로 하는 경우 단면적이 60%가 줄어들어 40%정도가 된다.

일식으로 建設하는 경우와 자기부상열차로 建設하는 경우 차지하는 단면적을 비교한 것이 아래의 그림 26이다.

지하철에 자기부상식 열차를 응용하는 경우는 그림 27에서 비교되는 바와 같이 열차의 바퀴부분과 集電시스템이 차지하는 空間이 바퀴/레일식에 비해 매우 적어진다. 즉

자기부상식의 경우 단면적이 12.57[m<sup>2</sup>],

바퀴/레일식의 경우 30.19[m<sup>2</sup>]

로 되어 단면적이 41.60%정도가 되므로 무려 60%정도가 대폭감소되는 셈이다. 따라서 建設비 측면

에서의 터널공사비 절감효과는 매우 크다.

#### 4) 방음벽등 환경문제를 위한 대책이 필요하지 않다.

비행기, 고속열차, 도시순환선등의 각 교통수단이 도시근교나 도심에서 운행되는 경우 소음이 커 방음벽을 설치하여 주민의 생활에 불편을 줄여야만 한다. 그러나 자기부상식 열차의 경우는 그림 20과 표.5에서 검토한 바와 같이 소음이 매우 작아 이를 차단하기 위한 방음벽을 설치하지 않아도 되므로 이에 소요되는 경비가 절약되어 건설비 절감의 중요요인이 된다.

### 3.13 경제성②(에너지 측면)

#### 1) 항공교통과 비교한 에너지소모율

항공교통의 경우 1,000마일 이내의 中·短거리를 여행하는 경우는 불완전 연소조건인 離·着陸時에 全體 所要時間과 燃料의 80% 이상을 소모하므로 매우 非效率的이다. 미국 에너지성의 지원으로 알콘 연구소에서 검토한 자료에 의하면, 비행기의 경우 여행거리에 따른 연료소모율은 아래와 같다. 즉,

- \* 200마일 거리 : 전체소요 연료의 81%를 離·着陸시 소비, 연료소비율 5,700-10,570[Btu/승객.마일]
- \* 400마일거리 : 전체소요 연료의 72%를 이·착륙시 소비, 연료소비율 4,100-8,000[Btu/승객.마일]
- \* 600마일거리 : 전체소요 연료의 58%를 이·착륙시 소비, 연료소비율 3,550-6,200[Btu/승객.마일]

이에 비해 磁氣浮上列車의 연료소모율은 1,000[Btu/승객.마일](발전, 송전손실을 감안하는 경우는 3,000[Btu/승객.마일])이 된다.

그림 28은 속도에 따른 비행기(Airbus A320), 자기부상열차(Transrapid), 승용차(탑승인원 1.5[인/4인]), 최근 개발되는 바퀴/레일식 열차의 연료소모율을 조사한 것이다.

만일 미국의 상업용 비행기의 45%정도를, 자기부상열차로 50-60%정도를 대체한다고 볼 때 12-17%정도의 연료절약 효과가 있다고 분석된다.

또한 그림 29는 각 수송수단의 부하율에 따른 에너지 소모율을 조사한 그림이다.

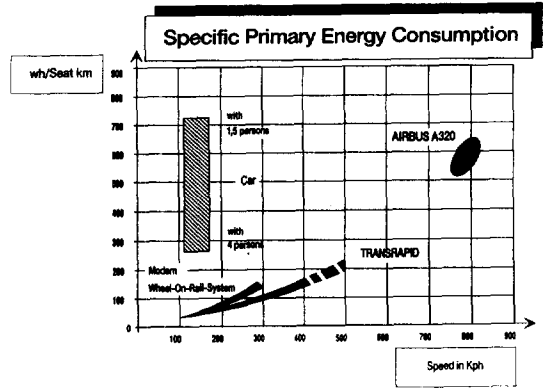


그림 28. 속도에 따른 수송수단별 에너지 소모율 (자기부상식인 트랜스래피드가 바퀴/레일식, 비행기등에 비해 훨씬 에너지소모가 작다)

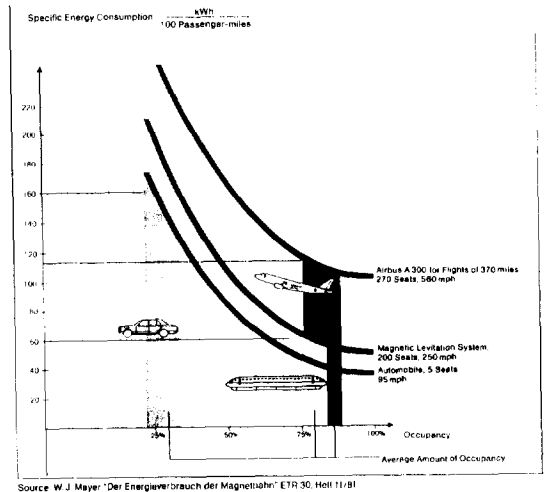


그림 29. 부하율에 따른 수송수단별 에너지소모율

자기부상열차의 경우는 부하율이 여하한 값이라도 연료의 소모율이 최소로 작아서 효율성이 최대인 수단이므로 연료절약의 측면에서 매우 경제적인 시스템을 볼 수 있다.

2) 자기부상열차가 항공망과 연결되어 보완적으로 응용하는 경우 미국 뉴욕의 캐나다나 시카고의 오헤어와 같은 대공항에서의 비행기의 지연/연착 등에 의한 혼잡의 감소로 부대 시간이 25%이상 줄어 비행기 연료의 1-3%정도를 절약하는 효과를 거둘 수 있다. 또한 도시간의 고속도로나 순환선, 지하철을 자기부상열차로 응용하는 경우에는 자동

차의 기능을 대폭 대체하게 되어 대도시에서 승용차의 정체현상등에 의한 도로에서의 불필요한 에너지 소모를 막아 경제성을 대폭 제고시킬 수 있다. 또한 앞으로 차량설계기술이 발전하여 9.5%정도까지의 줄량이 감소될 것으로 예측하고 있는데 이 경우 에너지가 3-9.5%정도까지가 감소될 것으로 미국의 국립 알콘연구소에서 에너지성의 지원을 받아 분석한 바 있다.

**3.14 경제성③(유지보수의 비용절감측면)**

바퀴/레일식은 바퀴와 레일이 직접 접촉되므로 마모가 심하여 일정거리의 주행후에는 바퀴와 레일을 교환해 주어야 한다. 독일의 바퀴식 고속철도인 ICE의 경우는 바퀴와 레일이 불균일하게 마모되므로 주기적으로 2-3mm정도 Grinding해 주며, 90mm정도까지 마모되었을 때 새로운 레일로 교환을 해 주어야 만 한다. 그러나 자기부상열차는 非접촉의 부상주행시스템이므로 마모가 전혀 없어서 교환이 필요한 기계적인 부품등이 전혀 없으므로 유지보수비가 비행기의 경우보다 1/4정도로 감소되어 대폭 저렴해진다. 또한 중량이 가벼우므로 운전시의 에너지감소에 의해 운전유지비도 크게 저감되어 경제적이다.

**3.15 경제성④(시간절약측면)**

1) 비행기정도 속도로의 고속주행과 都心으로의 直接進入으로 인한 그림 30에서와 같이 門에서 門까지(Door to Door Speed)의 여행시간이 훨씬 단축됨으로, 생활의 편리함은 물론 기동력강화로 업무수행능력이 극대화 되어 경제적이다.

2) 현재 항공교통의 경우 대공항의 混雜으로 인하여 비행기의 연착이 매우 심하다. 미국의 국제공항중 시간지연이 연간 300만시간이상 되는 곳이 1987년 현재 11개, 1996년의 경우 22개로 증가될 전망이다. 시카고의 오헤어공항의 경우 1,200만 시간/년이 되는 데 이는 1,400명의 승객이 1년동안을 아무일도 않고 비행기를 기다리며 허송세월을 하는 셈이 된다.

1989년 미국에서 분석한 바에 의하면 미국공항의 시간지연에 의한 항공사의 손실액은 연간 \$ 1.8 billion이나 되며 이는 전체경비의 7%정도에 해당된다. 이로 인한 여행객의 손실은 \$ 1.1 billion이

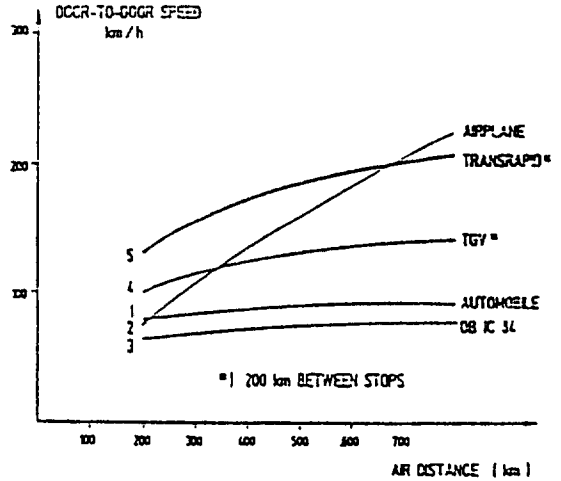


그림 30. 각 교통시스템의 Door to Door속도비교 (700km이내에서는 오히려 비행기보다 빠르게 도착하게 됨)

된다. 또한 공항이 혼잡하므로 이를 해소하기 위해서는 다음세기까지는 미국에서만 15-20개의 新공항을 부가적으로 더 건설을 해야 만 하는데 이 경비가 \$2-3 billion이 되므로 전체 경제적 손실은 1986년을 기준으로 연간 \$5 billion/년이 된다.

앞에서 언급한 바와 같이 항공망과 보완하여 응용하는 경우 혼잡의 감소로 인하여 부대시간이 25%이상 절약되므로 시간적으로 매우 경제적이다.

**3.16 국가적인 종합기술수준 제고효과**

전기, 전자, 기계, 통신, 토목, 재료등 첨단요소기술의 集積되어 이루어지는 종합시스템이므로, 자기부상열차의 집중개발은 각 분야의 고른 발전을 유도하게 되어 한 국가의 기술수준을 한차원이상 향상시키는 부가적인 효과를 얻을 수 있다. 이것은 미국등의 선진국에서 우주개발계획에 꾸준히 투자하여 각종 첨단기술이 부수적으로 얻어지고 있는 것을 고려할 때 국가기술수준의 향상은 절대적으로 중요하게 고려하여야 할 사항이다. 자기부상열차에서 필요한 핵심기술인 부상, 추진, 제어, 재료, 토목의 기술은 다른분야에의 파급효과가 중요하다. 이러한 기술의 발전이 없이는 첨단제품은 있을 수도 없다는 점을 감안할 때 개발의 필요성은 아무리 강조하여도 부족하지 않을 것이다.

## 4. 결 론

## 참 고 문 헌

1994년 3월 2일 독일내각은 그동안 31.5km의 실험트랙에서 15만km이상의 주행실적으로 확립한 기술을 바탕으로, 함부르크-베르린사이의 290km에 이르는 선로를 2005년까지 완공하기로 결정을 내리고 금년 상반기에 착공을 할 예정이다. 또한 미국에서는 최근 연방정부가 주도하는 NMI, 주정부, 민간 컨소시엄등은 물론, 최근에는 우주개발을 담당하는 NASA까지도 자기부상열차의 개발에 참여를 고려하고 있고, 2002년까지는 실용화선로의 건설을 위한 목표로 1992년부터 10개년간의 국가적인 프로젝트를 진행하고 있다. 일본은 43km의 야마나시 시험선로를 1995년까지 완공하고 도쿄-나고야-오사카를 잇는 Linear Express 실용화선, 나고야 CHSST 등의 선로건설 및 시험등을 통한 실용화 계획을 세우고 경쟁적으로 개발하고 있다. 우리나라에서는 한양대, 과기처 지원의 자기부상열차개발사업단, 대우중공업, 현대정공의 EXPO 전시 운행선 등이 개발되어 시험운행 한 바 있으며, 자기부상열차개발 사업단에서는 실용화를 위한 본격적인 연구를 하기 위하여 대덕 연구단지의 기계연구원에 1km의 시험선로를 1995년까지 건설하기로 하고 1994년 4월 20일에 기공식을 한 바가 있다.

그러나 우리나라에서는 아직까지도 자기부상열차의 특징이나 개발의 필요성에 대하여 세밀히 분석한 예는 물론이고, 외국에서의 검토자료마저도 상세히 소개된 바가 거의 없다. 따라서 그 우수성 및 개발의 필요성정도가 이 분야에 참여하고 있는 전문가들에게 마저도 막연하고 추상적인 정도로만 알려져, 부분적으로는 그 眞價가 퇴색되어지고 있는 정도이다. 또한 그 기술이 특별히 복잡하고 어려워 먼 훗날에나 이룰 수 있는 환상적인 기술수준의 시스템정도로 오해되고 있는 실정이다. 이에 독일의 Transrapid사와 미국의 교통부, 에너지부, Argon 국립연구소, 일본의 HSST사, 캐나다의 CIG-GT 등 각 국에서 그간 세밀하게 검토한 자료를 조사하여 상세하게 소개하므로써 신교통시스템으로서의, 자기부상열차의 적합성과 개발의 타당성 및 당위성을 검토할 수 있는 자료를 제시하고자 하였다. 이 분야에 관심있는 분들에게 참고는 물론 우리나라의 개발방향 설정에 유익한 자료가 되었으면 한다.

- [ 1 ] 장석명, 박찬일 “신교통시스템으로서의 자기부상열차검토(1)-상전도 흡인부상 시스템을 중심으로-” 전기학회지, 43권 3호, pp. 18-28, 1994, 3
- [ 2 ] “Maglve Vehicles and Superconductor Technology: Integration of High-Speed Ground Transportation into The Air Travel System” U.S.DOE, Energy & Environmental Systems Division, ARGONNE NATIONAL LABORATORY, 1989.4
- [ 3 ] “Rail Transportation with TRANSRAPID” MBB(독일), Magnetic Levitation Technology자료집
- [ 4 ] “Riding or Flying?” MVP(독일)자료집
- [ 5 ] “The New Dimension of Travelling. The Transrapid.” MVP자료집
- [ 6 ] “New Transportation Technologies; The Maglev System” Thyssen Henschel(독일) 자료
- [ 7 ] “Magnetschnellbahn Transrapid: Technik und System” Magnet Schnellbahn AG(독일) 자료집
- [ 8 ] “The Magnetschnellbahn; Transrapid” MVP자료집
- [ 9 ] Editor; Klaus Heinrich & Rolf Kretzschmar “Transrapid Maglev System” Hestra-Verlag Darmstadt(독일), 1989
- [ 10 ] “차세대의 도시교통시스템 M-Bahn”독일 KOBELCO자료집
- [ 11 ] Birmingham Airport MAGLEV(영국) 자료집
- [ 12 ] “Maglev; Birmingham People Mover”(영국) BPM자료집
- [ 13 ] “상전도 부상시스템 CHSST”일본 중부HSS-T 개발주식회사 자료집
- [ 14 ] “Linear Motor Car; Maglev”재단법인 철도종합기술연구소(일본) 자료집
- [ 15 ] “Linear Metro”일본 지하철협회 자료집
- [ 16 ] “리니어모터구동 소형지하철시스템”사단법인



일본지하철협회 자료집

- [17] “리니어모터구동 지하철시스템”사단법인 일본 지하철협회 자료집
- [18] 正田英介 “자기부상철도의 기술”Ohm사, 1992년
- [19] 正田英介 “리니어드라이브 기술과 그 응용” Ohm사, 1991년
- [20] Ralf Roman Rossberg “자기부상식철도의 시대가 도래하는가?”전기차연구회, 1990년
- [21] 장석명 “미국을 중심으로 한 자기부상열차의 응용전망 및 시장성과 우리나라의 개발방향” 전기학회지, 40권 2호, pp.20-29, 1991.2
- [22] 장석명 “바퀴식 고속전철의 도입건설정책은 반드시 재고되어야 한다”전기학회지, 40권 8호, pp.5-9, 1991.8
- [23] 장석명 “자기부상열차의 각 국가별 최근의 개발동향”전기학회 42권 9호, pp.46-52, 1993. 9
- [24] 장석명 “자기부상열차 추진시스템에의 리니어모우터 응용추이”전기학회 42권 12호, pp. 24-33, 1993.12
- [25] 독일의 일간신문 ‘Welt’지, ‘Süddeutsche Zeitung’, 1993.12.8일자

- [26] MAGLEV News, vol.2, no.2-11(1993. 11-1994.3.21), ISSN 1056-6561
- [27] 독일연방정의 과기처와 교통부가 언론사에 보낸 전달문, 1993.12.8, 번호.120/93



**장석명(張錫明)**

1949년 7월 3일생, 1976년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1978년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 충남대 공대 전기공학과 교수. 당학회 평의원.



**박찬일(朴贊一)**

1943년 4월 4일생. 1970년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 현재 한국기계연구원 실장