

환경친화적 경량전철 설계

Environmental LRT System Design

이기승* 백진기** 구자성** 정종성*** 김현정***
Lee, Ki-Seung Beak, Jin-Gi Koo, Ja-Sung Jung, Jong-Sung Kim, Hyun- Jung

ABSTRACT

The objectives of railway construction and operation are transportation of passenger and freight safely and punctually. However, environmental effects such as noise, vibration, air pollution, underground water pollution and change of biosphere are emerged caused by train pass-bys. To avoid these adverse effects, new railway system has been developed around the world. This paper introduces LRT system and its environmental advantages. An environmental consideration for LRT design and adoptability for Korean situation are studied for the more.

1. 서론

대도시의 교통난 해소를 위해 대중교통이 발전되었으나 지상교통의 체증을 해소하기에는 부족하였다. 따라서 전용통로를 갖는 도시철도의 필요성으로 인하여 서울을 비롯한 대도시에서는 지하철의 건설이 이루어졌다. 그러한 가운데 중도시의 교통난도 점점 악화되어 대중교통 조사결과 특히 경량전철 규모의 도시철도의 필요성이 대두되고 있다. 그러나 도시철도 건설은 교통의 편리성은 제고되지만 소음, 진동등 환경적 피해가 문제되고 있다.

본 연구에서는 도시철도를 고가로 건설함에 따른 환경적 피해내용을 조사 분석하여 피해를 최소화 하기 위한 환경친화적 설계기법을 연구하고자 한다.

본 연구의 범위는 현재 외국에서 사용되는 경량전철을 범위로 하여 건설 및 운영시 발생하는 환경피해를 대상으로 한다.

* (재)한국철도기술공사 상무
** (재)한국철도기술공사 대리
*** (재)한국철도기술공사 사원

2. 경량전철 현황

2.1 경량전철의 필요성

20세기 후반 인구의 급격한 도시집중과 도시의 광역화에 대한 방안으로서 자동차 교통량의 급증에 따른 도시고속도로의 건설과 팽배한 노면 교통수요의 전환을 위한 도시고속 철도건설이 필요하게 되었다. 그러나 대량의 수송력을 가진 지하철은 건설비가 비싸고, 또 수송의 질은 승용차에 비하여 떨어지기 때문에 대도시를 제외한 중도시에서는 건설비가 싸고 적은 점용면적에서 양질의 대량 수송기관의 필요성과 각 도시의 특성을 반영한, 경량철도가 대두되었다. 하천위 공간을 교통문제 해결로 이용하는 독일 Wuppertal의 모노레일, 탄광업과 철강산업의 중심지인 일본의 키타큐슈의 모노레일, 도쿄해안의 장대한 경관을 이용을 하여 미래의 부도심 운영을 고려한 도쿄 신임해교통시스템인 AGT등 첨단 경전철의 지속적인 발전으로 세계 주요도시에서는 지금도 운행되고 있으며, 중·대도시에서의 경전철은 간선축이 아닌 지선에서 운행되어 기존의 지하철과 연계수공역할까지 담당하고 있다.

2.2 경량전철의 특징

- ① 배차간격이 짧아 승차 대기시간이 적다.
- ② 소규모의 지하철보다 건설비가 적게 든다.
- ③ 완전 무인운전 및 여객설비 자동화로 운영비용이 적다.
- ④ 급곡선 급구배의 주행성이 좋다.
- ⑤ 승객의 수송 수요에 대처하기 용이하다.
- ⑥ 동력 및 차량형식이 현지여건에 따라 선택이 자유롭다.

2.3 노면철도

노면철도는 도로에 궤도를 부설하여 일반 차량과 함께 운행하는 철도로서 우리나라에서도 1899년부터 1969년까지 서울에 있었던 전차와 같은 것으로 유럽의 대도시에는 많이 운행되고 있다. 그러나 도시의 자동차 증가에 따라 도시도로 정체로 정시성, 신속성이 떨어져 문제가 되고 있다. 따라서 보다 쾌적하고 수송력 제고를 위하여 보다 나은 구조로 개량되고 있다. 개량된 노면철도의 특징은 지하철등 대량고속 수송 철도에 비하여 수송력 속도는 떨어지지만 역시설 선로, 신호보안 설비등을 간단하게 설치할수 있어 건설비용은 줄일수 있다. 노면철도는 새로운 중간용량의 Tram System으로 과거 개념을 재평가하고 최선의 기술과 접목하여 개발한 것이다. 고성능 노면철도 차량은 도로에 있는 레일은 따라 달리며 규칙적이고 편안하며 고속운행을 가능하게 한다. 용량과 속도는 다른 대중교통과 도시철도시스템 및 지하철만큼 높지는 않지만, 노면철도는 도로표면에 건설하기 때문에 건설비용이 훨씬 적게 소요된다. 그러므로, 개량된 노면철도는 인구와 교통량이 너무 높지 않은 지역에 매우 적합하다.

2.4 모노레일

모노레일은 1개의 궤도빔(PC 또는 강빔)을 따라 주행하는 고무바퀴장착식 차량으로 가라식과 현수식이 있다. 모노레일은 도로 및 하천상의 공간에 건설 할 수 있어 도로지장이 없고 공사가 용이하며 용지비가 적어 경제적이다. 또한 소음공해가 적고 급구배에서도 운전이 가능하다. 시드니 모노레일의 경우 건물에 정거장을 설치하여 건물과 건물을 연결하는 경우도 많다. 그러나 도시경관을 고려하여 설계하고 지상에서 정거장까지 접근성이 충분히 고려되어야 한다.

2.5 AGT(Automated Guideway Transit)

전용의 통로에 자동제어에 의해 가이드웨이를 이용하여 유도되는 교통시스템을 말하며 철제차륜 혹은 타이어 차륜이 적용된다. AGT는 프랑스와 일본을 중심으로 발전되어 왔으며 자동화되어 무인운전이 가능하고 운전의 탄력성이 확보되고 있다. 안내방식은 중앙안내방식과 측방안내방식과 편방안내방식이 있으며, 일본은 주로 측방안내방식이 싱가포르경전철, 프랑크푸르트공항등은 중앙안내방식이 사용되고 있다.

2.6 철제차륜 경전철

일반철도와 같은 궤도에 철도차량을 운전하는 시스템으로 소형철도라 말할수 있다. 전기수전방식은 제 3 레일이 일반적이며 가공전차선을 사용하는 경우도 있다. 차량은 소형으로 2량 혹은 4량이 연결 운행되며 급곡선이 가능하다. 따라서 저변분기기 사용이 가능하므로 기지에서는 4번, 6번 분기기를 설치한다. 전자동 무인운전이며 영국 도크랜드 경전철도 이 방식이다.

2.7 리니어모터

회전모터의 1차코일을 차량에 2차코일을 궤도내측에 설치하여 전기에 의해 발생하는 전자력으로 차량이 움직이도록한 구조가 리니어모터이다.

리니어모터는 벵쿠버의 Sky Train 및 일본의 도영 12호선이 대표적인 예이다. 리니어모터방식으로 차량의 쾌적성을 확보하면서도 차량의 저상화로 터널의 단면축소가 가능해지며, 또한 스테어링(Steering)대차를 이용, 차륜과 레일의 마찰력에 의해 비틀리지 않는 비접착구동에 의한 급곡선과 급구배를 설정할 수 있게 되었다. 따라서 노선선정을 보다 자유롭게 할 수 있기 때문에, 토목공사의 절감, 운영비의 절감효과등 많은 이점을 기대할 수 있다. 리니어 지하철은 차체의 지지, 안내에 철륜과 철레일을 사용하고 있으므로 철차륜 지지와 리니어모터 추진에 의한 각각의 이점을 살릴 수 있는 장점을 가지고 있다.

2.8 자기부상식 철도

상전도 자기부상철도란, 통상 전자석에 의한 부상 지지를 하여, 리니어모터에 의해 추진되는 시스템이다. 상전도 자기부상식 철도로서는, 현재 독일의 Transrapid와 일본의 HSST(High Speed Surface Transport)가 실용화를 위해 개발중에 있다. Transrapid는 지상 1차 리니어 동기 모터방식이지만, HSST는 차상 1차 리니어 유도 모터방식을 채용하고 있다. 부상식 철도의 가장 큰 장점은 저소음주행과 주행저항이 적기 때문에 고속이 가능하다는 것이다.

현재 우리나라에서도 과학기술처 국책연구개발사업으로 추진중에 있으며, 실용화 모델 제1호 시험차량(UTM-01제1차량)은 '97년 6월부터 대덕한국기계연구원 내 1.1km시험 선로상에서 주행시험중에 있다.

2.9 도시형 삭도

삭도란 공중에 가설되는 삭조에 운반기를 늘어뜨려서 사람 및 물건을 수송하는 것으로 일반적으로 로프웨이 또는 리프트라 불리며, 종래 주로 관광용으로서 사용되었다. 도시형 삭도란, 삭도가 지닌 다음과 같은 특성을 살려서 도시내의 저변으로 채산성이 좋은 중량 수송기관으로서 도입을 시도한 것이다.

그 특징은 전용케도계의 교통기관으로서 도로교통에 영향없이 정시성이 확보되며, 도로상공을 이용하는 경우 용지를 필요로 하는 것은 지주부만으로써 도입공간의 확보가 비교적 용이하고, 경제적이며 급구배가 가능하다.

3. 환경친화적 설계

보다 좋은 교통환경을 위하여 자동차운행을 억제하며 대중교통중에서도 공해요인이 가장 적은 철도시스템을 장려한다.

그러나 공해요인이 적은 철도시스템에서도 보다 좋은 환경 및 환경 저해요인 해소를 위해 노력하고 있다.

3.1 진동

차량이 진행함에 따라 레일에는 이동하중이 작용하게 되고 이 하중은 체결구를 통해 하부 구조로 전달하게 된다. 레일의 한 점을 생각하면 하중은 짧은 시간에 가해지고 제거되는 충격 하중이 되며, 열차의 속도가 빠를수록 충격속도가 커지게 된다.

이 충격력은 레일 및 구조물에 진동을 발생시키며 이 진동이 인근의 주민에 미치는 영향은 크다. 이 진동을 감소하기 위한 노력으로 케도부분에서 레일장대화, 중량화, 레일연마 및 케도틀립 정정등의 케도보수관리와 함께 구조물에서도 스톱브와 구조물 사이에 탄성매트 삽입에 의한 분리로 진동 전달을 차단하는 방법이 사용된다. 최근에는 방진체결장치 사용, 침목매트 사용, 바라스트매트 사용, 프로팅스라브 사용등의 적극적인 방법이 도입되며, 일부 건물에서는 건물 하부에 스프링을 사용한 방진방법도 사용되고 있다.

3.2 소음

소음은 주민소음과 승객소음으로 구분된다.

주민소음은 철도연변의 주민들이 열차통과시 피해를 받는 소음으로 구조전달음과 공기전달음이 있다. 구조전달음의 차단은 방진설비와 함께 이루어지며 공기전달음은 방음벽 설치를 주로 사용한다. 최근의 연구동향은 방음벽에 흡음재 사용, 요철설치에 의한 음분산 방식등이 연구되고있다.

승객소음 차단은 방음 차량을 사용하는 것이 최근의 동향이다.

3.3 미관

과거 철도역 및 철도연변은 발전을 저해하는 요인이 되어 슬럼화 되었었으나, 최근에는 미려한 경관을 요구하게 된다. 따라서 차량은 물론 역사건물, 구조물에도 미적인 감각을 고려하여 미적인 면을 고려하여 주위환경과 어울리는 형상 및 색채로 건설되어야 한다.

선로의 경우 케도면에 잔디를 심어 그린트랙을 설치하는 방안도 강구되고 있다.

3.4 일조 및 사생활 침해

경량전철은 도로변 및 주택지의 고가에 건설되는 경우 도로변의 상가, 주택지의 주택에 일조저해요인이 되는 경우가 많다. 선로구조물 및 역시설, 차량기지 설계시 일조의 침해가 되지 않도록 일정 거리를 이격시켜야 한다. 차량에서 주민생활이 보이는 아파트 주변에서는 사생활침해 되는 곳에서는 이에 대한 고려도 필요하다. 방음벽 설치시 일조에 영향을 주므로 투명방음벽 설치 및 차량의 창유리 색차동변환 설비등의 적극적 방법이 설비되고 있다.

3.5 전파장애

선로건조물, 변전시설, 역시설등으로 전파장애가 될 수 있으며 이에 대한 대책이 강구되고 있다.

3.6 대기질 및 수질

철도의 운용 및 보수작업을 통해 분진 및 폐수가 발생하며 이는 대기질 및 수질에 악 영향을 줄 수 있다. 최근 이에대한 대책이 강구되며, 콘크리트도상 궤도로 보수작업 감소, 수시 청소에 의한 분진제거, 식물성 기름사용 및 폐수처리장 설치 등의 대기오염 방지설비를 갖추고 있다.

4. 결론

이상에서 경량전철의 건설 및 운용에 의한 환경저해요인 및 최근 이에 대한 대처 방법을 조사하였다. 현재 국내에는 소음에 대한 환경기준만이 설정되어 있고 그 외에 대하여는 철도 환경기준이 설정되지 않은 상태이다.

앞으로 경량전철 설계시 환경에 대한 배려가 있어야 할것으로 판단된다. 본 논문을 통하여 경량전철설계시 소음진동 외에 일조, 미관, 전파등의 환경에 대하여 고려할 사항이 많음을 알았다. 앞으로 보다 더 적극적 방법이 연구되어져야 할것으로 본다.

참고문헌

- Railway Engineering, V.A. PROFILLIDIS, Avebury Technical, USA,1995
- 철도공학, 이종득, 노혜출판사, 한국, 2000