

경량전철 시험선 구축에 관한 연구

A Study on the Construction of Test Track for Automated Guideway Transit

정 종덕*

이 안호*

한 석윤**

Chung, Jong-Duk

Lee, An-Ho

Han, Seok-Youn

ABSTRACT

As the AGT system has never operated in Korea, the construction of test track is essential to the acquisition of safety for the passengers. However, the test track is a synthetic system including vehicle, power system, signalling, track etc, several factors must be considered. In this paper, we suggest the general guideline for the test track of AGT system and test items on test track through the investigation of leading test facilities in the world. Through continuous study and investigation, we finally will build the test track to verify the reliability requirements between the train and infrastructures

1. 서론

경량전철시스템의 시험선로는 차량, 전력공급, 신호, 선로구축물기술 등이 종합적으로 결합된 복잡한 시스템으로 국내에서는 아직 운행한 경험이 전무하므로 차량을 영업노선에 투입하기 전에 분야별로 충분한 신뢰성 시험을 수행하여 안전성을 확보하여야 할 것이다. 기술개발 과정에서는 분야별로 개발한 기술을 시험선로상에서 시험하기 위한 시험항목별 기술검토가 필요하며, 시험선로의 시공시는 분야별 또는 구성품 간 인터페이스 및 시공성을 검증하고 구축(완공)후에는 이를 이용하여 차량의 견인력/제동력, 제어 특성, 전력공급 시스템의 규모 및 용량, 신호 시스템의 제어 특성, 궤도 및 선로의 제반 파라미터를 검토하여 국산화 제품(부품)의 품질인증을 위한 성능시험 및 신뢰성시험을 통해 새롭게 개발될 경량전철시스템 전체의 성능을 평가하고, 수송의 효율성, 안전성, 정시성, 에너지 효율성 등을 검증함으로써 경량전철의 기술경쟁력을 확보하고자 하며, 이를 전문적으로 수행하기 위한 조직 및 기술력 등 소프트웨어 뿐만 아니라 하드웨어인 경량전철 전용의 시험선로를 확보한다는 것은 필연적이라 할 수 있다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원

** 한국철도기술연구원 책임연구원

2. 국내·외 시험선로 운영사례 조사

2.1 국내 시험선로 운영사례

국내에서의 시험선로 현황은 자기부상열차를 시험하기 위한 대전의 기계연구원에 약 1km가 있으며, 고속철도 및 일반철도(도시철도 포함) 차량을 TEST하기 위한 시험선은 구)현대정공의 공장구내에 경부고속철도인 KTX 간단한 시험을 위하여 진입선을 포함하여 약 2.1km로 건설되어 있으며, 구)대우중공업은 공장구내 약 0.7km의 선로를 보유하고 있는 실정이며, 구)한진중공업은 상주공장에 약 1.5 km의 선로를 보유하여 차량의 최고속도 70km/h 까지 가속시킨 후 제동시험, 신호장치시험을 수행하고는 있지만 실제로 차량이 주행하는 거리는 약 1.1km로 시험선 구간이 짧아 전용시험선으로는 활용도가 낮은 실정이다.

2.2 외국의 시험선로 운영사례

2.2.1 외국의 현황

선진 외국의 경우에는 97년 1월 문을 연 독일의 Siemens는 직선을 갖춘 원형 루프 트랙, 미국의 TTC는 여러종류의 차량, 신호, 궤도 및 그 구성품에 대하여 시험을 할 수 있도록 약 77 km의 선로를 보유하고 있으며, 중국 철도과학연구부에는 약 9km의 원형루프트랙을 보유하고 생산되는 차량은 이 시험선에서 약 2개월 동안 철저한 시험을 통과한 후에 영업노선에 투입되고 있다. 또한 1960년대에 체코의 Velim 에 직선을 갖춘 원형루프 트랙이 세워졌으며, 이외에도 ADtranz, 일본, 러시아등 철도 선진국이 운영하고 있는 시험선들은 우리나라와 비교하여 그 규모 및 활용방안이 아주 높다.

특히 본 연구에서 목표로 하는 시험선로와 유사한 오사카7호선의 시험선로는 리니어모터 구동차량의 도입에 대해서 조사연구를 하면서 85년부터 87년도까지 운수성 및 (사)일본지하철협회의 「리니어모터구동 소형지하철의 실용화연구」의 성과와 이때 설계한 15m 리니어모터 시작차량을 이용하여, 영업선을 가정한 각종의 주행시험을 시행하였으며, 안전성, 신뢰성등의 평가를 하기 위하여 전장 1,855m의 타원형의 선로를 구축하였으며, 그 후 본선이 완공되면서 본선으로 활용하여 현재는 없는 상황이다.

2.2.2 독일 Siemens사의 Test Center 현황

독일 Siemens사의 Wildenrath Test Center는 1997년 1월에 전 영국군의 Royal Air Force의 기지였던 자리에 세워졌다.

Wildenrath의 시험선들은 AC와 DC(750/400...4000V/15/25KV) 모두에서 운용이 가능하도록 인입되는 20kV/50Hz를 변압기를 통하여 변환하여 공급하도록 설계되었다. 시험선은 5 종류의 다양한 형태로 진입선을 포함하여 총연장 약 13km의 시험선으로 구성되어 있다.

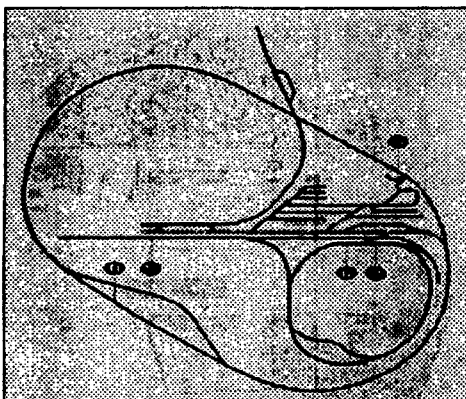


그림 1. Test Center Layout

표 1. Test track의 종류 및 특성

특징	시험선	T1	T2	T3	T4	T5
최고속도(km/h)		160	100	100	25	25
연장(m)		6,083	2,485	1,400	553	410
최소곡선반경(m)		700	300	∞	15	∞
최급구배(%)		3.8	6	0	0	40/70
캔트(mm)		최고 150				
궤 간	1,435mm	○	○	○	○	○
	1,000mm		○	○	○	○
축 중	22.5 t		○	○	○	○
	26 t	○				
현수식 모노레일		○	○	○	○	○
			○	○		

2.2.3 미국(Transportation Technology Center, Inc)

TTC 는 여러종류의 차량, 신호, 궤도 및 그 구성품에 대하여 시험을 할 수 있도록 약 77km 의 선로를 보유하고 있다. 트랙의 종류에는 TTT(열차편성 시험용), RTT(고속차량용), PTT(불안정한 트랙상에서의 차량시험용), HTL(트랙구성품의 마모, 피로연구용), WRM(정적 및 동적 상태의 곡선시험), FAST(궤도시험용) 등의 선로를 갖추고 있다.

2.2.4 중국철도과학연구부(CARS) Loop Track

국내·외에서 제작된 차량에 대한 신뢰시험 및 인수시험을 목적으로 건설되었으며, 약 9km 의 시험선로중에는 다양한 곡선반경(R350m, 600m, 1,000m)과 직선선로를 건설하여 차량을 비롯하여 신호/통신, 궤도 등 여러 분야의 시험을 수행하고 있다.

2.2.5 오사카 남향 시험선

시험선은 전장 1,855M의 타원형의 형상을 가지며, 리니어모터차의 특징인 급곡선, 급구배의 주행시험을 하기 위해 곡선반경 50M, 100M, 급구배 60%·40%의 구간을 설정하였다. 직선부의 연장은 지하철의 최고속도70km/h의 주행시험을 가능하도록 1km를 계획하였다.

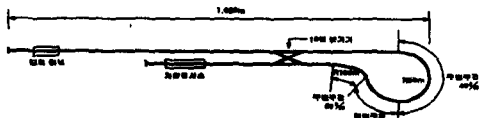


그림 2. 오사카남향시험선 평면도

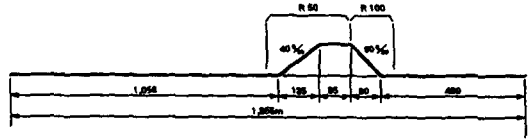


그림 3. 오사카남향시험선 종단면도

2.2.6 일본의 Sitama Test Line

이 선로는 1988년 1월 5일부터 그해 6월 10일까지 일본 Saitama 현 Kumagaya 시에 있는 EXPO '88 site 에 건설되었다. 그리고 약 350,000명의 승객을 태웠고, 총 운행거리는 약 11,000km 정도이다.

이 시험선로는 총 길이가 850m로 반경 30m의 곡선구간, 여러 개의 다른 곡선구간, 60%의 급구배 그리고 고가구조물을 포함하고 있다.

3. 경량전철 시험시스템 분석

3.1 개요

경량전철의 시험은 개발단계에서의 주관기관이 수행하는 구성품시험부터 분야별 구성품의 조합인 하부시스템시험, 그리고 통합시운전시험으로 분류할 수 있으나 본 연구에서는 주로 마지막 단계인 통합시운전시험을 위주로 작성하였다. 시험시스템 구축을 위한 기술검토는 개발목표인 3 가지 차량(고무, 철제, LIM)의 목표사양(안)을 근거로 분야별 시험항목을 정립한 후 이에 적합한 가상적인 선로의 layout을 계획하였다. 시험대상 및 시험목적에 따라 차량 및 구조물에 직접 부착 또는 간단한 이동식 시험장비로부터 시험선로에 대형부대 설비등이 필요한 시험 등이 있다.

시험선로에서의 필요설비는 시험노선(궤도), 신호설비, 급전설비 및 차량검사소 등으로 이루어져 있다. 궤도구조는 전체선로의 양쪽에 가이드레일이 부설되어 있고 가이드레일의 바로 윗쪽에는 전력선(제3궤조)이 양쪽에 설치되어 있다. 타원형 루프선로에서 차량은 주행로를 복선(좌측: 철제, LIM, 우측: 고무)으로 주행하는데 시점에서 출발하여 직선 구간에서 최고운행속도인 약 70km/h까지 주행 후 감속하여 다양한 곡선 및 분기기를 통과하도록 계획하였으며, 또한 구조물

구간(최급구배)을 거쳐 최소 곡선반경을 통과 시점부에 다시 돌아오는 타원형 노선을 계획하였다. 분기기는 본선에 1개를 설치하였으며 분기후 차량의 보관 및 시험게이지 등을 부착할 수 있는 차량검사소를 설치하였다.

3.2 시험선 계획시 고려사항

3.2.1 분야별 주요 시험항목

분 류	시험대상 및 항목
차량 분야	철제/고무차륜/LIM AGT 차량
전력 분야	전철특성
신호/통신 분야	정보전송, 열차검지 특성, 유선 및 무선통신
선로구축물분야	구조물안전성, 궤도강도
시스템 인터페이스	궤도 차량간 인터페이스 전철, 신호/통신간 인터페이스

3.2.2 시험선 구비조건

1) 경량전철 AGT 차량 주요 성능조건

- 가/감속도 : 3.96 km/h/s, 4.68 km/h/s
- 운행최고속도 : 70 km/h
- 궤간 : 1,435mm/1,740 mm(철제,LIM /고무차륜)
- 최소곡선 반경(본선) : 50m/40m(철제,LIM /고무차륜)
- 최급구배 : 48 ‰/58 ‰(철제,LIM /고무차륜)

2) 전력 및 전철설비

- 수전전압 : 22.9 KV, 3상, 단독회선
- 급전 방식 : DC 750V
- 집전방식 : 제3궤조방식
- 사용부하 : 1,000 KW(6량/1편성)

3) 신호/통신 설비

- 지상시스템 : 사령실, 연동장치, 안전설비
- 차상시스템 : 자동열차방호장치, 열차자동운전장치
열차위치 및 속도검지장치
- 통신설비 : 무선, 유선통신장치

4) 선로구축물

- 시험선로 : 약 600m
- 가속(172m), 감속(146m), 등속(195m,10초), 편성길이(58m,6량/1편성), 기타(29m)
- 고가교 : 약 200m
- 분기기 설치 : 1개소
- 정차역 및 차고 : 1개소(40m)
- 기타 : 정차역내 스크린도어 등

3.5.4 차량분야

성능	세부시험항목	계측항목
주행성능	가·감속성능	거리, 속도, 가속도, 충돌, 역률 공전상태 : 차축회전수, 견인력, 저차선전압, 전차선전류, 모터블록전압, 모터블록전류, 전동기전압, 전동기전류
	주행성능	속도/운전시간, 트랜스포머, 온도상승, 모터블록 온도상승, 보조블록 온도상승, 전동기온도상승, 소비전력량, 공기압축기 가동율
	최고속도시험	전압, 전류, 역률, 거리, 속도, 가속도, 시간
대차주행 성능	차륜/궤도 작용력	윤증, 횡압, 탈선계수
	대차진동특성	상하방향, 좌우방향, 전후방향 진동가속도
	대차강도	주요부위 응력
	베어링 온도상승	윤축베어링, 감속 구동장치, 베어링 온도
차체진동 특성시험	승차감	승차감
	차체진동특성	상하방향, 좌우방향, 전후방향 진동가속도
	차체사이의 작용력	차체사이의 작용력
제동성능 시험	제동성능 (상용, 비상)	감속도, 속도, 충돌, 제동시간, 공주시간, 제동거리, 활주상태(Wheel Slide) : 차축회전수, 전동기전압, 전동기전류, 제동 실린더 압력
	제동력	전기제동력, 공기제동력, 와전류제동력, 와전류제동장치, 공급전압/ 전류/수직변위
	온도상승	디스크/패드, 와전류제동장치, 레일
차내·외 소음	객실/운전실	소음레벨, 주파수 분석
냉난방/ 환기성능	객실/운전실, HVAC	외기온도, 차내온도, 신선공기량, 순환공기량, 차내풍속분포
	객실/운전실 압력변동	압력

3.5.2 전력분야

성능	세부시험항목	계측항목
유도장애시험	유도장애 차상시험	전차선전압/전류, 전계/자기 강도
	유도장애 선로변시험	전기장, 자기장
	변전소 유도장애	고주파전압, 임피던스, 역률
집전장치성능	집촉력(정적)	공기압력, 상승시간, 접은/편 높이
	이선률	아크발생수, 아크지속시간
	판토그래프의 동특성	집촉력, 집전판 변위, 비디오 모니터링/레코딩

3.5.3 신호/통신 분야

성능	계측항목
자동열차제어장치	제한속도현시, 비상자동제동, 제동거리
제어 및 감시	열차통신망 설계후 항목조정

3.5.4 선로구축물분야

성능	세부시험항목	계측항목	비 고
궤도 성능	토노반구간	Rail, 분기기, 침목 및 체결구, 자갈도상, 콘크리트 Slab, 보조기층	변위에 의한 휨응력, 변형(수평·측방향)/진동측정기
	교량구간		변위에 의한 저항(축·측방향) 측정/가속도 측정기
	터널구간		동적거동 측정/거리측정기
	장기적인 궤도성능평가		변위에 의한 변형(축·측방향) 측정/가속도 측정기
교량 구조 물성 능	PC Box 교	진동가속도, 교량단부 격임각 및 면틀림, 교량각부력, 충격계수, 시/제동시 거동	시험차량에서 시험
	Steel Box 교		
	PC Beam		
	2주형교 (I Beam)		

여기서 제시된 경량전철 시험항목은 경량전철의 성능평가를 위한 시험항목 뿐만 아니라 개발품의 시운전 단계에 필요한 시험항목도 고려하여 작성되었음

4. 시험선 입지 선정기준

경전철 시험선의 위치선정 기준은 다음과 같다.

- ① 차량에 대한 주행시험 등 각종 시험을 수행할수 있는 부지확보와 타 차량시스템용 시험선 설치를 위한 추가부지확보가 가능한 지역일 것.
- ② 경량전철 수요처와 연결이 수월한 지역일 것.
- ③ 시험차량의 반입·반출이 자유로운 지역일 것.
- ④ 자재와 인원의 진출입이 원활한 지역일 것.
- ⑤ 도시계획과 상반되지 않는 지역일 것.
- ⑥ 도시교통 장애요인 및 민원발생이 적은 곳일 것.
- ⑦ 상, 하수도 및 전력수전 등 각종 UTILITY 공급이 용이할 것.

5. 결론 및 향후 연구방향

시험선로는 차량을 영업노선에 투입하기전에 분야별로 충분한 신뢰성 시험을 수행하여 안전성을 확보하기 위한 필수 설비로서 시공시는 분야별 또는 구성품간 인터페이스 및 시공성을 검증하고 구축(완공)후에는 이를 활용하여 전력공급 시스템의 규모 및 용량, 차량의 견인력/제동력 제어 특성, 신호 시스템의 제어 특성, 궤도 및 선로의 제반 파라미터등을 종합적으로 검토할 목적으로 철계 및 고무차륜 AGT 시스템, LIM AGT 시스템을 대상으로 구성시스템간 인터페이스 및 시험항목을 정립하였으며, 시험선의 입지조건, 선로계획 등 경량전철 시스템 구축을 위한 기술 방안을 수립하였다.

경량전철시스템 구축을 위한 대상 후보지는 시험선의 입지조건을 고려하여 기존의 폐선구간을 활용하거나 실재 경전철 사업이 추진중인 노선의 본선 및 차량기지내에 구축하는 계획도 바람직하다고 보며 현재, 대안 설정후 최적후보지를 협의중에 있다.

해의시험선 사례조사를 통해 알 수 있듯이 철도차량의 개발 및 선진화를 위하여 시험선에서 사전에 전반적인 시스템에 대한 신뢰성 및 안전성을 입증하여 차량을 본선에 투입하여 운영하는 것이 미래지향적인 투자로서 매우 바람직한 일임에 틀림이 없다고 본다.

후기

본 연구는 건설교통부에서 지원하는 경량전철시스템기술개발사업의 1차년도 연구결과임을 밝힌다.

참고문헌

1. 고속전철 열차시험 및 성능평가 기술개발, 고속전철기술개발사업 연차보고서(1996,1997,1998), 건설교통부 등
2. 경량전철시스템 기술개발사업 1차년도 연구결과보고서, 1999.12. 건설교통부
3. 고속전철기술개발사업 시험평가 종합계획(안) 1999, 한국철도기술연구원