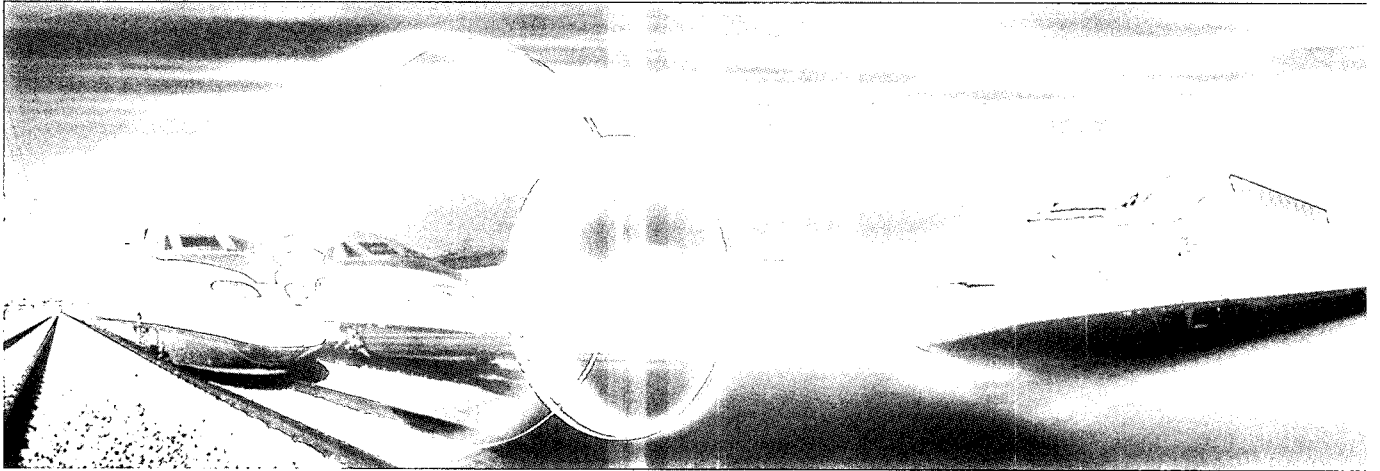


무인자동운전방식의 고무차륜 AGT 경량전철시스템 기술개발



한석윤

한국철도기술연구원
도시철도기술개발사업 단장
수석연구원



이안호

한국철도기술연구원
경량전철연구팀장
책임연구원



김연수

한국철도기술연구원
경량전철연구팀
선임연구원

1. 개요

경량전철은 Light Rail Transit으로 통칭되지만 상세한 정의는 각 나라마다 다소 차이는 있다. 미국의 대중교통협회(American Public Transportation Association : APTA)에서는 「중량철도(지하철)와 비교하여 적은 수송량을 가진 전기철도로서 독립되거나 공유된 전용노선을 갖는 도시철도 시스템이다. 또한 이것은 'streetcar',

'trolley car', 'tramway' 로도 알려져 있다.」라고 정의하고 있다. 또한 Transportation Research Board(TRB)에서는 「지면, 고가구조물, 지하에 독립된 전용노선을 갖거나 기존 도로 상에 공유노선을 가지며, 1량 또는 다량편성 운행이 가능한 도시 전기철도 시스템이다.」로 정의하고 있다.

국내에서는 「버스와 중량전철(지하철)의 중간 규모(5,000~30,000명/방향/시간)의 수송능력을 가지고, 유연

한 노선계획이 가능하여 도시 환경친화적인 첨단 궤도교통시스템이다.」으로 정의하고 있다. 또한 경량전철은 분류 방법에 따라 다소 차이가 있지만 차량의 동작원리 및 운행 방법에 따라 고무차륜 AGT(Automated Guideway Transit, 일본에서는 「신교통시스템」이라 하고 미국의 경우는 IEEE의 표준형식으로 APM(Automated People Mover)이라 정의하지만, 무인운전으로 운행되는 도시철도시스템을 의미한다), 철제차륜 AGT, LIM AGT, 모노레일, 노면전차, 자기부상열차, PRT(Personal Rapid Transit) 등으로 분류할 수 있다.

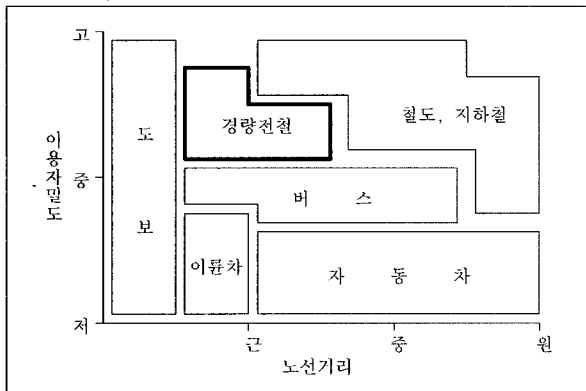


그림 1. 도시 교통수단별 적용범위

고무차륜 AGT 시스템은 일반적으로는 고가궤도를 전용 노선으로 사용하며, 기존 철도와는 달리 고무타이어를 주행륜으로 사용하고 별도의 안내장치 및 분기장치를 가지며, 소형·경량화된 차량이 무인운전으로 운행되는 경량전철 시스템이다.

고무타이어를 사용하므로 저소음/저진동의 환경친화적인 주행특성을 가지며 급구배, 급곡선에 대한 대응성이 우수하여 도심지 노선 또는 신도시 개발지역에 적합하다. 또한 우수한 점착특성으로 가감속도를 향상시킬 수 있지만, 적설과 결빙에 대한 대책이 요구되고 분기방식이 기존의 철도보다 복잡하다는 것이 단점이다.

기존 지하철이 국내의 자체 기술력 없이 도입되는 바람에 고장 발생시 신속한 대처가 곤란하고 유지 보수비용이 증가하는 등 일련의 시행착오를 경험한바 있다. 따라서 정

부의 도시철도 건설정책이 지하철에서 건설비 및 운영 유지비가 대폭 절감되는 경량전철로 전환됨에 따라 이러한 시행착오를 반복하지 않도록 도입 초기단계에서 경량전철 시스템 기술개발사업을 추진하게 되었다. 경량전철에 대한 기술개발은 차량분야 표준사양 제정, 분야(차량시스템, 전력시스템, 신호시스템, 선로구축물)별 시제품 개발 및 종합시험평가 등 2단계에 걸쳐 수행되고 있다. 연구개발의 총괄주관은 한국철도기술연구원에서 총사업비 약 500억원(국고 370억원, 민간 130억원)으로 '99~'05년 동안 건설교통부의 지원을 받아 수행하고 있다.

도시철도(중량전철, 경량전철) 차량의 발주에서 폐기에 이르기까지 전 주기적인 관리를 위해 표준사양, 안전기준, 성능시험기준 등에 관한 사항을 도시철도법이 정하고 있다. 동 법률에는 건설교통부장관이 도시철도의 효율적인 운영과 호환성 확보 등을 위해 차량 표준사양을 정하여 도시철도 차량을 제작하거나 수입하는 이(차량 제작자), 도시철도를 건설 또는 운영하고자 하는 이에게 이를 권고할 수 있도록 규정하고 있다. 이에 따라 다양한 경량전철 시스템 중에서 국내 운영환경에 적합하고, 향후 많은 수요가 예상되는 고무차륜 AGT와 철제차륜 AGT 차량에 대한 표준사양을 1998년에 제정, 고시하였다.

2. 기술개발 현황

1992년에 수도권과 부산권 교통난 해소를 위해 하남시와 김해시에 경량전철 도입을 정부시범사업으로 결정한 이후 부산, 용인, 의정부 등에서 경량전철 건설을 민자유치사업으로 추진하고 있으나 사업성 부족, 국내 기반기술 미흡 등으로 인해 사업 추진이 부진하였다. 따라서 경량전철의 국내보급 활성화와 국내 기반기술 확보를 위해 고무차륜 AGT 시스템의 분야별 기술개발과 이에 대한 종합시험평가 사업이 수행되고 있다. 즉, 1999년에는 시스템 개념설계, 2000년에는 고무차륜 AGT 하부시스템(차량, 전력, 신호, 선로구축물)별 기본설계, 2001년에는 하부시스템별 상세설계, 2002년에는 하부시스템별 시제품 제작이

완료되었다. 또한 2003년에는 하부시스템별 완성품 시험 및 보완, 시험선 부지선정이 완료되었고, 2004년에는 경북 경산시에 고무차륜 AGT 시험선을 건설하여 개발시스템에 대한 종합시험평가, 국제 안전인증 취득을 수행 중에 있다. 기술개발사업의 최종연도인 2005년에는 시스템 신뢰도 및 내구도 평가를 수행할 계획이다.

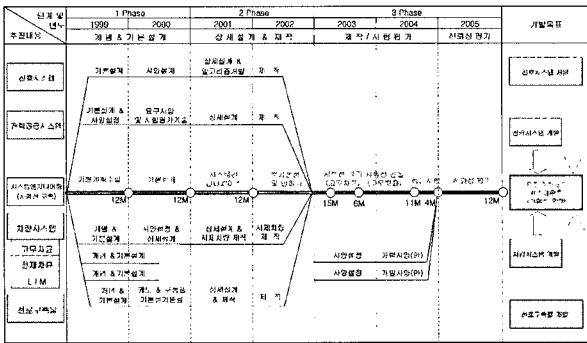


그림 2. 경량전철시스템 기술개발사업 추진일정

2.1 차량시스템 기술개발

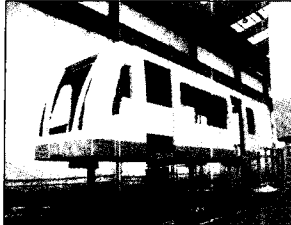
고무차륜 AGT 차량시스템의 차체, 대차, 제동장치, 추진제어장치, 종합제어장치, 보조전원장치 등을 개발하여 2량 1편성의 시제차량을 제작한 후, 이에 대한 종합시험평가를 수행하여 신뢰성을 확보하는 것을 연구목적으로 하고 있다. 고무차륜 AGT 차량시스템은 도시철도 차량 표준 사양과 도시철도 차량 안전기준을 기반으로 설계되었고, 개발사양은 표 1과 같다.

2003년도까지의 주요 연구성과는 고무차륜 AGT 차량 시스템을 구성하는 주요 장치를 표준사양을 만족하도록 개발하고, 2량 1편성의 시제차량을 제작하여 구성품시험 및 완성차 시험을 완료하였다. 차량의 외형은 선진성, 쾌적성 및 노선의 상징성을 기본으로 밝고 개방적이며, 경쾌하고 신속한 신고통 이미지를 담고 있는 형상으로 하였고, 실내 분위기는 단순하고 차분하며 쾌적한 승차감을 주는 구조로 하였다. 차체는 최대하중의 운행 조건하에서 시스템의 기능을 만족하는 강성 및 강도를 갖도록 하였다. 대차는 각종 하중의 지지, 견인력과 제동력을 전달하며 차량을 주행시

키는 기능을 수행하므로 안전성 확보, 최소곡선 및 최대구배노선의 주행성능을 갖도록 설계하였다. 이 밖에 견인전동기, 추진제어장치(VVVF 인버터), 무인운전에 적합한 종합제어장치, 보조전원장치, 제3궤조 집전장치 등 주요 구성품은 표 1의 개발사양을 만족하도록 개발하였다.

표 1. 고무차륜 AGT 차량시스템의 개발사양

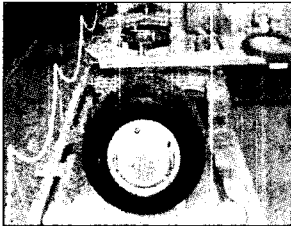
항 목	세 부 항 목	사 양	비 고
형 식	차륜형식	고무차륜형식	
	궤 간	1,700mm	
	최대구배	58%	
	최소곡선반경	40m	
궤 도	승강장연단높이	1,080mm	
	차량최대축중	9ton	
	가선전압	750 V DC	
전 원	급전방식	제3궤조방식	
	차량편성	2량, 4량, 6량	2, 4, 6량 종결 편성 가능
차량중량	공차중량	12ton	
	만차중량	18ton(승객하중 6ton)	
승차인원	좌석인원	14명	
	입석인원(3명/㎡)	43명	
성 능	성능최고속도	70km/h	
	운행최고속도	60km/h	
	가속도	3.5km/h/s	
	상용감속도	3.5km/h/s	
	비상감속도	4.5km/h/s	
	표정속도	30km/h 이상	
차체 및 설 비	차체길이	9,140mm	1량기준
	최대 차체폭	2,400mm	
	지붕높이	3,500mm	주행면기준
	객실상면 높이	1,110mm	주행면기준
	대차중심간 거리	5,300mm	
	연결기 높이	880mm	주행면기준
제 동	차체재질	알루미늄 A6005A	
	제동방식	회생제동과 공기제동 병용	
대 차	형 식	고무차륜 1축 대차	
	주행륜	가스주입식 고무타이어	
	지지장치	1차 고무타이어, 2차 공기스프링	
	안내방식	4륜 안내식 측방안내 강제유도식	
전장품	안내륜 간격	2,900mm	
	인버터	IGBT VVVF 강제냉각, 110kW×2병렬접속	
	견인전동기	3상 110kW	
보조전원장치	35 kVA, 8 kW, AC 380 V, DC 110 V		



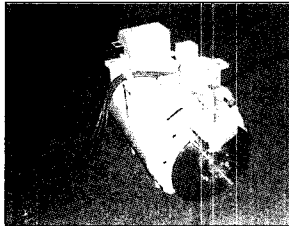
(a) 제작 완료된 알루미늄차체



(b) 시제차량의 실내디자인



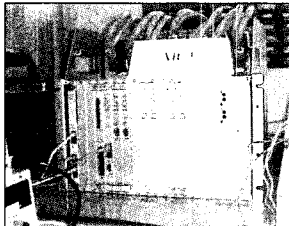
(c) 제작 완료된 대차



(d) 제작 완료된 견인전동기



(e) 제작 완료된 VVVF인버터



(f) 제작 완료된 종합제어장치

그림 3. 개발이 완료된 고무차륜 AGT 차량 주요 구성품

2004~2005년도에는 시제차량을 시험선에 투입하여 도시철도차량 성능시험, 표준사양 및 목표사양, 각종 안전 요구사항을 만족하는지에 대한 종합시험평가 및 신뢰성 평가가 수행될 예정이다.

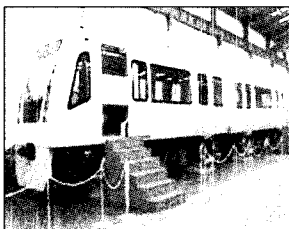


그림 4. 개발이 완료된 고무차륜 AGT 차량시스템

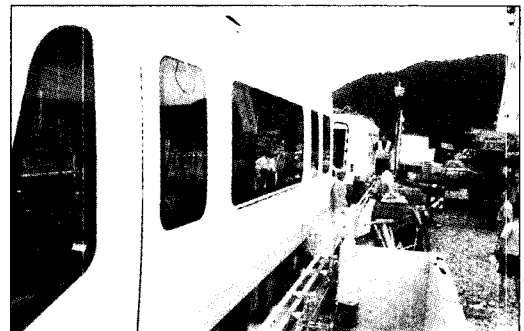
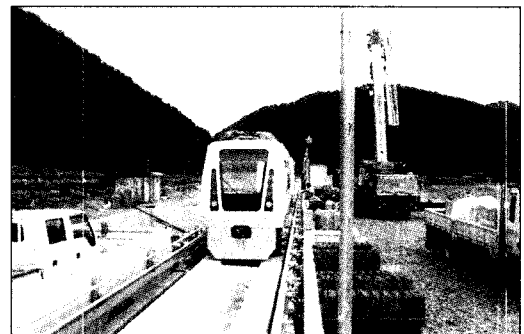
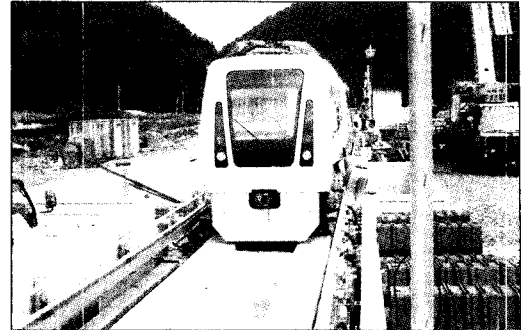


그림 5. 시험선에서의 차량 점검 및 조정

2.2 전력시스템 기술개발

경량전철 전력공급시스템 기술개발은 2가지 목표를 가지고 진행되었다. 첫째는 전력기기의 국산화이고 다음은 각각의 시스템 구성요소들을 통합해 봄으로써 시스템엔지니어링 기술을 습득하는데 있었다. 본 과제에 의하여 개발된 주요 전력기기는 DC 차단기, DC 배전반, SCADA이다. 그 외에도 시스템을 구성하는 전력기기들을 실제로 제작을 하고 시험하고 통합함으로써 구성품의 상호 연계를 이해할 수 있게되

었고 시스템 전체에 대하여 설계에서부터 제작, 설치, 시험, 운영까지의 경험을 축적한 것은 큰 수확으로 판단된다.

2.2.1 기기 개발

1) 직류고속도차단기

직류고속도차단기는 그 동안 전량 외국제품에 의존하던 제품으로 본 과제를 통하여 완전히 국산화를 이루었다. 도시철도의 급전시스템에 있어서 가장 중요한 핵심장치는 DC 배전반이고 DC 배전반은 DC 고속도차단기와 DC 보호계전기로 구성된다. 그 동안 DC 배전반 관련해서는 전적으로 외국회사에 의존하던 것을 이번에 국산화함으로써 제품의 국산화와 함께 급전시스템의 운영도 외국사에 의존하지 않고 독자적으로 설계 운전할 수 있게 된 것은 국내 DC 급전시스템의 한 획을 긋는 주요한 계기가 아닐 수 없다.

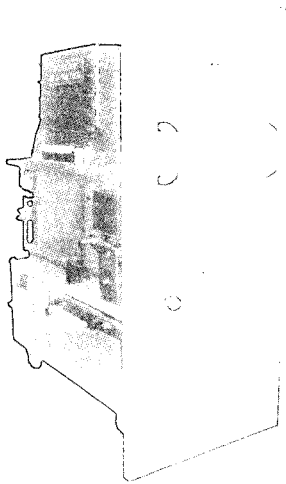


그림 6. DC 고속도차단기, 750V, 2000A, 차단용량 50kA

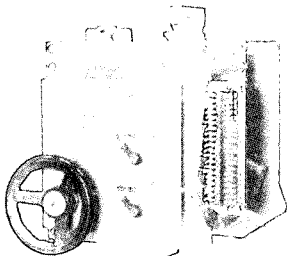


그림 7. DC 단로기

2) SCADA 설비

SCADA 설비는 호환성을 확장하고 보안방재설비를 추가하는 것으로 개발목표를 세웠다. 본 SCADA 설비의 개발을 통하여 데이터통신 방법, 하드웨어 및 소프트웨어의 선정을 통하여 시스템을 통합하는 기술을 습득하였으며 특히 시스템의 운전과 관련하여 신호 및 차량제어시스템과의 통신을 포함하는 사령실 통합운영의 기반기술을 확립하였다.

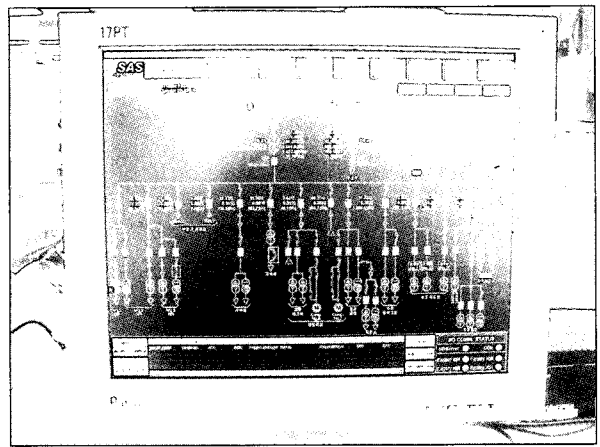


그림 8. SCADA 소프트웨어 개발

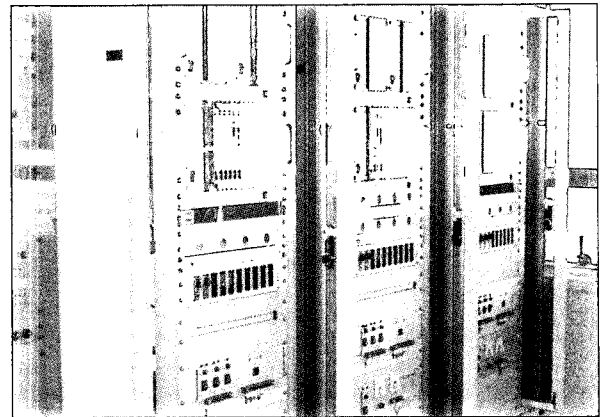
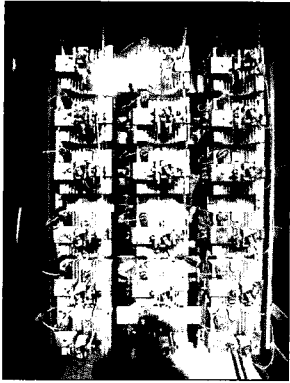


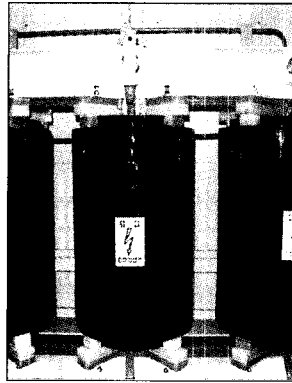
그림 9. RTU 개발

3) 전력설비

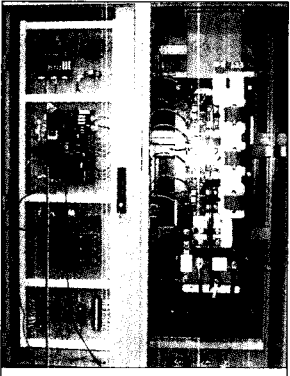
기타 시스템의 각 구성요소를 설계 제작하여 통합시험함으로써 구성요소의 설계, 제작 및 인터페이스 기술을 습득하였다. 다음은 주요 제작기기이다.



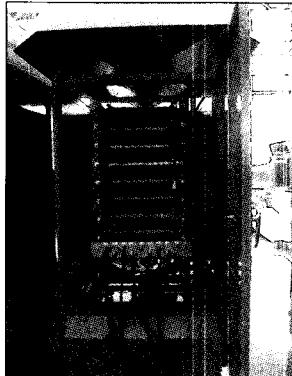
(a) 정류기, 750V
1000kW



(b) 회생용 인버터
변압기 440V-22.9kV



(c) 회생용 인버터 100kVA,
DC750V-AC440V



(d) 회생용 저장기
750V, 300kW

그림 10. 제작 완료된 전력설비

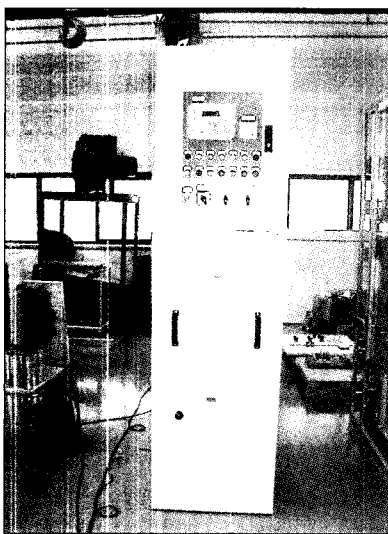


그림 11. DC 배전반

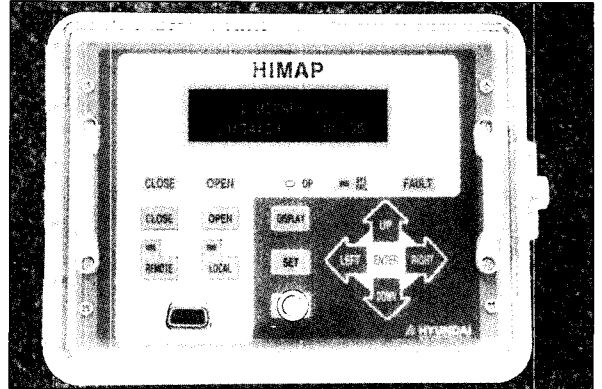


그림 12. DC 보호계전기

2.2.2 시스템설계 및 시험

아래 그림은 시험선의 전력공급시스템 단선도의 주요부분을 보여주며 시스템의 구성은 기존 지하철 전력공급시스템과 유사하게 설계되었다. 본 시험선에는 위에서 언급된 개발 및 제작기기들로서 통합 설치되고 시험되었다. 그 외 전차선은 알루미늄바로 구성된 제3궤조를 사용하였다.

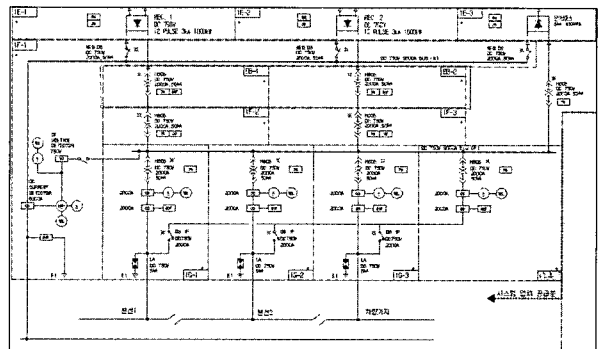


그림 13. 시험선 급전시스템 단선도,
DC 750V 이하 부분만 표시됨

2.3 신호시스템 기술개발

신호시스템은 종합운행관리장치, 열차데이터 전송장치 등을 개발하여 통합기능을 구현하고 평가하는 것을 목적으로 하고 있으며, 이를 위하여 신호시스템 기술기반 구축, 운영에 필요한 안전성, 효율성 및 신뢰성의 만족을 추구하였다.

표 2. 경량전철시스템 개발사양

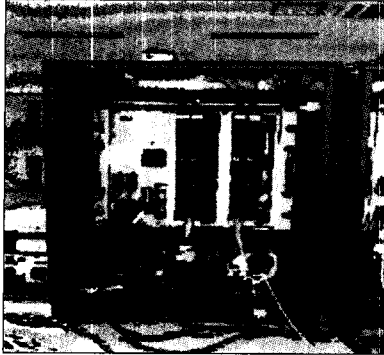
항 목	세 부 항 목	주 요 사 항	비 고
종합운영 관리장치	중앙운영 컴퓨터	- 모델 : COMPAQ 알파서버 DS20E - Clock Speed : 500MHz - 프로세스 : Alpha 21264 - Max Memory : 4GB(ECC 지원)	
	중앙운영 콘솔	- 프로세서 : 펜티엄III 866MHz - 메인메모리 : 256MB - 랜 CARD : FAST 이더넷 10/100 - 하드디스크 : 30GB	
	운영계획 관리컴퓨터	- 모델 : ML570 (프로라이언트 ML570) - 프로세서 : Intel Pentium III Xeon 프로세서 or 700MHz - 랜 Card : WOL 기능의 NC3123 패스트이더넷 통합 NIC 10/100 - 최대 내부 저장 용량 : 30GB이상	
	유지보수 컴퓨터	- 프로세서 : 펜티엄III 866MHz (산업용 컴퓨터) - 메모리 : 256MB - 랜 CARD : FAST 이더넷 10/100 - 하드디스크 : 30GB	
열차 제어장치	-	- 사용주파수 : 2423.75MHz~2462.75MHz - Channel 수 : 32Channel(1MHz 간격) - 사용 대역폭 : 3MHz/1ch - 송신 출력 : 0.5W/1ch - 1 제어구간에서 제어 가능한 열차 수 : 10~20열차(한쪽 최대 10열차) - 목표 열차 위치 정도 : ±5.0m ~ ±10m - 열차속도 정도 : ±1km/h ~ ±5km/h - 열차 속도 제어 시스템 : ±0.5km/h ~ ±5km/h - 무선 통신 응답시간 : 표준 0.5초 - 인터페이스 : RS-485, Ethernet	
열차데이터 전송장치	-	- 비동기 RS-232C 직렬통신 - 흐름제어(Handshake) 사용 - Ethernet 접속 - TCP/IP 프로토콜	

2003년도까지의 주요 연구성과는 시스템개념/기본설계, 상세 설계를 토대로 신호시스템을 구성하는 주요장치를 제작하여 단품 및 구성품 시험을 수행하였으며, 시스템 측면에서는 무선을 기반으로 기능을 구현하기 위한 인터페이스 조정 및 타장치/타 시스템과의 상세 프로토콜 정의 등을 수행하였다.

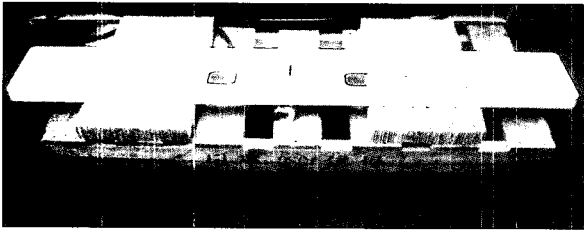
2004~2005년도에는 시스템 설치 및 복원시험을 거쳐 시스템 요구사항 및 설계기준, IEC 안전요구사항을 만족하는지에 대한 종합시험평가를 수행할 예정이다.



(a) CBTC 지상장치



(b) ATIC & RADIO

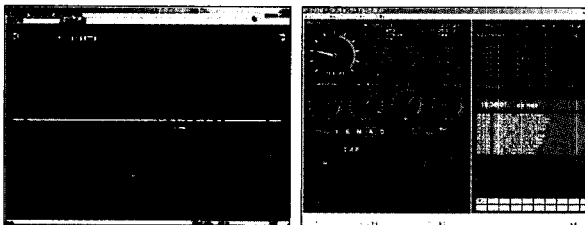


(c) ATO 유전원 지상자



(d) ATO 차상자

그림 14. 열차제어장치



(a) 중앙운영콘솔

(b) 열차무선데이터 전송중앙장치 화면

그림 15. 사령실 중앙운영콘솔 및 열차무선데이터 전송중앙장치 화면

2.4 선로구축물 기술개발

선로구축물분야는 최근의 기술, 사회, 경제적 요구조건을 충족하도록 국내 실정에 적합하면서 보다 합리화된 형식을 적용하여 기능뿐만 아니라 주변경관과 조화를 이룰 수 있는 한국형 경량전철 고가구조물 및 궤도 설계기술 개발을 최종 목표로 하여, 경량전철용 합리화 상·하부구조, 시공 및 유지관리 관련 기술, 경량전철 궤도 구조기준과 구성품 개발 및 경량전철 토목구조물 설계기준 등을 개발하였다.

경량전철용 강구조물로는 합리화 2주형 판형교와 합성강교각 설계기술을 개발하였다. 합리화 2주형 판형교는 기존 다주형 판형교에 대해 주형의 개수를 2개로 줄이고, 두꺼운 강재를 많이 채택함으로써 보강재를 대폭적으로 생략하며 브레이싱 대신 가로보를 배치하여 구조를 합리화한 교량형식으로서 교량제원의 설정, 복부판의 좌굴거

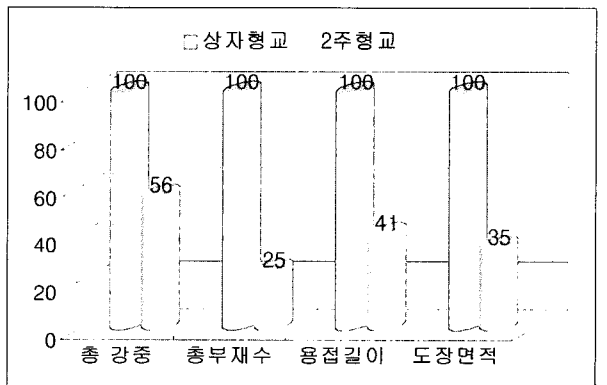
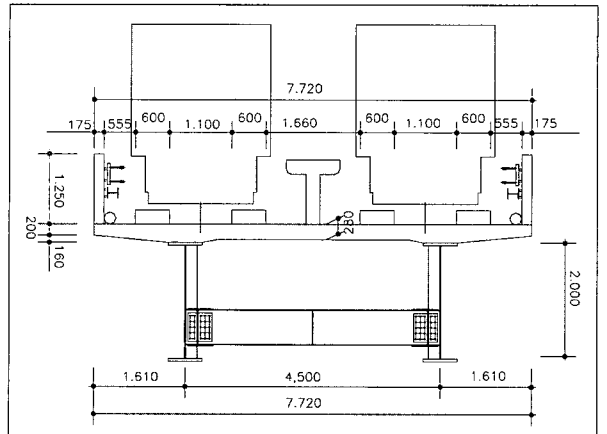
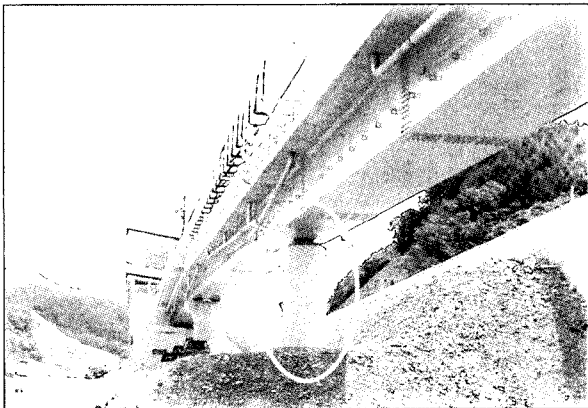


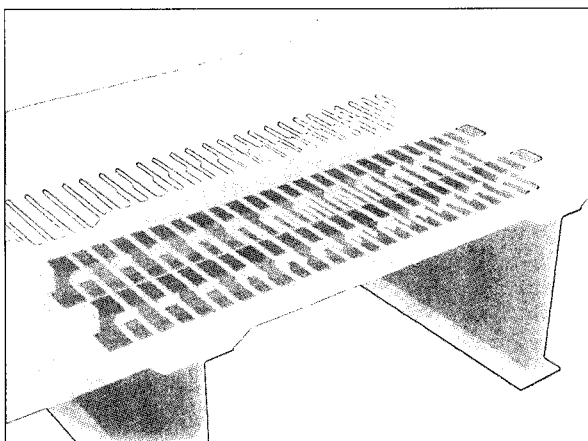
그림 16. 합리화 2주형교 표준단면 및 물량분석 결과

동규명, 수직보강재 및 가로보의 배치기법, 바닥판 설계기법과 곡선교에서의 적용성을 규명함으로써 경량전철용 2주형 관형교 사양을 개발하였다.

콘크리트 충전 합성강교각은 제작한 강재교각을 현장에서 설치한 후, 교각 내부에 콘크리트를 충전하는 교각으로서, 도심지에 적용할 때 기둥 단면 사이즈를 최대 30%까지 저감할 수 있어서 경관이 향상되며 급속 시공성과 내진 성능이 우수하다. 이의 실현을 위해 콘크리트 교각기둥 대비 단면을 슬림하게 하는 설계기술과 효율적인 앵커기초부의 설계기술, 그리고 원형기둥의 보-기둥 접합부의 설계기술 등을 개발하였다.



(a) 시험선에 적용된 콘크리트충전 합성강교각



(b) 복합바닥판

그림 17. 합성강교각과 복합바닥판

콘크리트 교각 설계기술분야에서는 PSC거더의 경량전철 적용 설계기술로서 최적화된 박스거더 및 빔거더 교량을 제안하고 경제성 및 LCC분석과 내구성 개선방법을 제안하였으며 표준 설계를 수행하여 도면을 작성하였다. 더불어, 콘크리트 교각의 설계기법을 경량전철에 맞게 정립하였다.

경량전철의 건설현장 특수성 중의 하나인 도심지 시공을 감안해서 복합바닥판, 교량용 외장재를 개발하고 적절한 가설, 기초공법을 제안하였다. 먼저, 경량전철용 복합바닥판은 도심 급속시공에 적합한 바닥판 형식으로 개발되었는데, 이는 내부에 형강재를 삽입하여 공장에서 제작하는 프리캐스트형 바닥판의 일종이다. 본 연구에서는 경량전철에 적합한 복합바닥판의 세부 사양을 개발하고 구조 해석 및 시험평가로 성능을 검증하였다.

교량용 외장재는 도심 경관형성의 중요성을 감안하여 제안된 것으로서 고가구조물의 경관향상을 위해 다양한 미관설계를 거쳐 다양한 사양을 개발하였으며, 시제품 제작과 시험평가를 통해 그 적용성을 검증하였다.

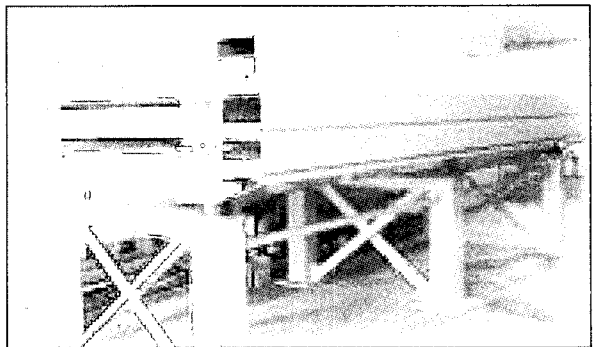
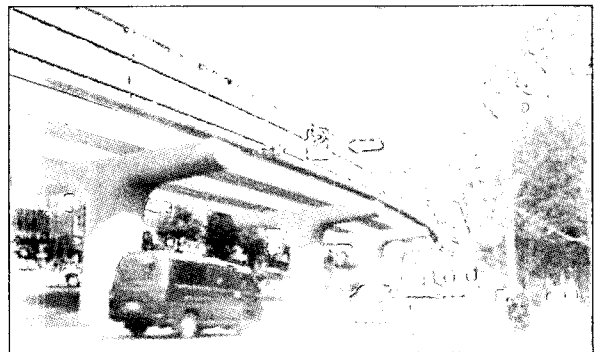


그림 18. 외장재 적용시 고가구조물 경관향상 사례와 제작된 시제품

경량전철의 건설공법과 관련해서는 론칭트러스 및 선굴착 스크류말뚝공법을 개발하였다. 상부가설 공법으로서 급곡선부에 적용가능한 상부가설용 굴절형 론칭트러스를 제안, 공법을 설계하고 시험평가를 통해 구조적 안정성을 검증하였으며 하부기초 공법으로 개발된 선굴착 스크류말뚝공법은 저진동, 저소음의 말뚝공법으로서 말뚝을 타입하지 않고 선굴착후 회전압입하는 것인데, 말뚝의 사양을 개발한 다음 시험시공 및 현장재하실험으로 그 성능을 검증하였다.

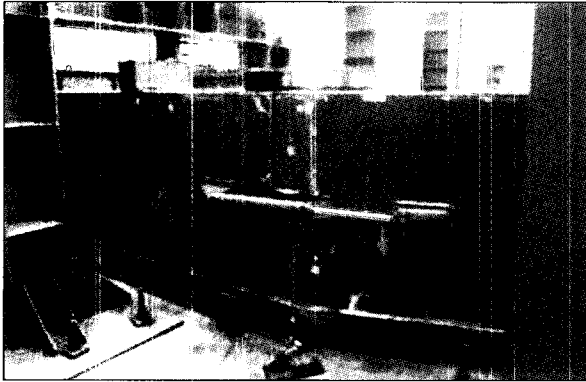


그림 19. 론칭트러스의 한지부 성능평가 실험 및 시험시공중인 스크류말뚝

한편, 분기기 및 안내레일 시스템은 경량전철 고무차륜용으로서 차량/전력/신호 등 타분야와의 인터페이스와 구

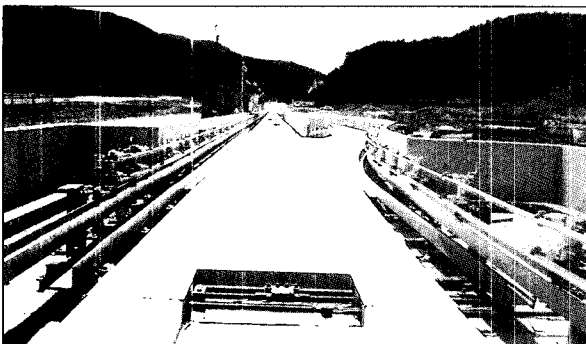


그림 20. 시험선에 부설된 분기기, 안내레일 및 신축이음장치

조적 안전성이 확보될 수 있도록 개발하였으며 시험선에 성공적으로 부설하여 시험평가가 진행중이다.

또한, 교량 부속품으로서 개발된 고무차륜 AGT전용 신축이음장치는 주행로부분과 바닥판부분을 별도로 고안함으로써 주행성을 확보하면서도 단순한 구조로 유지관리의 편의성 및 내구성을 유지할 수 있게 제작하였으며 시작품을 시험선에 부설하여 그 성능을 검증하고 있다.

이외에도 본 사업에서는 토목구조물의 설계를 위한 설계기준의 정립, 효율적이고 경제적인 교량의 유지관리를 위한 경량전철 교량 유지관리 기법개발, 차량의 원활한 주행성을 확보를 위한 주행로 표면처리 및 마찰계수 평가기법 개발 등을 수행하였으며, 추가적으로 철제차륜 및 LIM AGT에 적용되는 기술로서 궤도구조 제안과 전구간 장대레일화 방안에 대한 연구, 장대레일 신축이음매와 분기기, 교량용 신축이음장치를 개발하였거나 개발 중에 있다.

2.5 시험선 구축 및 종합시험 평가

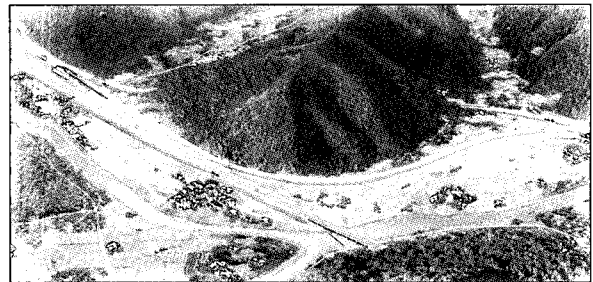
고무차륜 AGT 경량전철 시험선은 개발된 차량시스템, 전력공급시스템, 신호통신시스템, 선로구축물 기술이 종합적·유기적으로 결합된 것으로서 분야별로 충분한 종합성능시험을 수행하여 개발기술의 신뢰성과 안전성을 확보하는데 그 목적이 있다. 시험선은 경북 경산시에 소재한 경부선 폐선구간(삼성역~남성역 부근) 약 2.3km로서 정거장 4개소(검수시설 포함 1개소, 시험용 임시정거장 3개소), 교량 2개소(본선 30m, 측선 160m), 대피선 1개소(120m)이다.

본 시험선은 8월말에 건설을 완료하고, 시제차량의 유인운전 종합시험을 하고 있으며 10월부터는 무인운전 종합시험을 수행 할 예정이다. 그림 21은 시험선 주요부 사진이다.

본 시험선을 활용하여 도시철도법에 따른 도시철도 차량 성능시험기준, 표준사양 및 개발 목표사양 등을 고려하여 표 3과 같이 종합성능시험을 수행할 계획이다.

표 3. 종합성능시험 및 안전인증 실증시험 항목

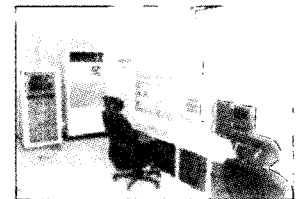
구분	시험항목		비고
도시철도 차량 성능시험 기준	역행	기동, 추가노치, 재역행, 점착성능, 구배기동	
	최고속도 및 가속도		
	제동	상용제동, 비상제동, 활주방지, 구원운전	
	감속도	상용제동, 비상제동	
	집전장치	동작, 집전헤드, 압상력, 집전장치 편향, 전류 집전	
	유도장애		
	보호장치동작	과부하, 순간정전, 전압급변	
	소음 및 진동		
	승차감 및 주행저항		
	지상설비 연계동작		
주요기기 온도/상태	온도, 상태		
표준사양 및 개발목표 사양 검증시험	차량시스템 성능시험	기동/가속성능, 최고속도, 분기구간 주행성능, 내구성 시험, 차체/대차의 강도, 집전기의 강도	
	신호시스템 성능시험	열차의 위치 및 속도, 안전한 차량 운행, 과속방지 및 제동안전성, 출발연동장치, 자동속도조절, 승강장 안전문 및 차량출입문 제어	
	전력시스템 성능시험	고조파방지, 접지 및 방지, 전류흡수장치, 접지저항, 저항볼트	
	선로구축물 성능시험	주행표면 및 가이드레일, 가이드레일의 응력 및 처짐, 분기기 이동	
	환경 시험	악천후시 주행성능 및 전력소비량	
	안전인증 실증시험 거동	충돌, 속도 초과, 활주, 과주, 동요·탈선, 열차분리, 정지 위치의 부정, 장애물의 침입, 구배 재기동 불능, 열차끼리의 접촉, 차내 정전/환경악화/화재, 차량 접촉, 승강시 감진, 문끼임, 연락불능, 궤도상에서 의 개방/전락, 궤도상에서의 전도/감전, 역 화재/정전/구조물 파괴, 연선 화재, 궤도로부터의 물품의 낙하, 침입자의 감진, 차량과의 접촉/전락	



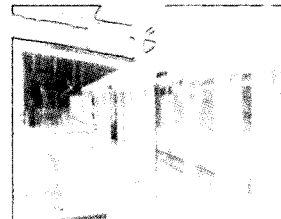
(a) 노선도



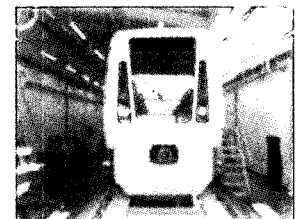
정거장 전경



종합사령실

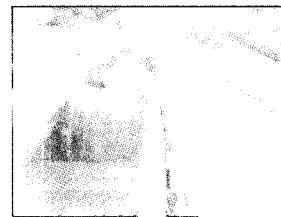


승강장

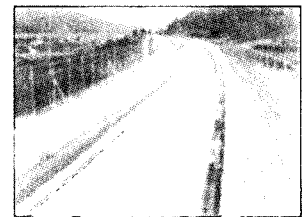


집수고

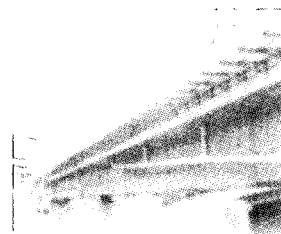
(b) 정거장



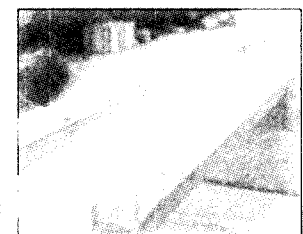
U-Type 본선 전경



궤도부설 전경



강합성교 전경



P.C.S교 전경

(c) 주행궤도

그림 21. 고무차륜 AGT 경량전철 시험선 건설

2.6 개발시스템의 국제 안전인증

개발이 완료된 고무차륜 AGT 경량전철 시스템에 대해 사업 초기에 목표로 했던 개발사양, 설계 및 제작 결과, 하부시스템별 구성품 시험과 완성품 시험결과, 시험선에서의 통합시운전 시험결과, 예상되는 위험요소에 대한 시스템의 거동 등을 종합적으로 분석하여 국제 안전인증서 취득을 추진하고 있다. 안전인증은 이와 유사한 많은 경험을 보유한 일본의 교통안전환경연구소와 Kobelco에서 2004년 12월까지 공동 수행하고 있다. 안전인증은 그림 22와 같이 총 7단계로 구분되어 추진 중이다. 1단계인 설계개념의 분석에서는 고무차륜 AGT 시스템 개발사양 및 하부시스템 기능분석, 구성품 및 완성품 시험절차/기준/결과의 분석, 예상되는 주요고장을 분석한다. 2단계인 안전요구사항의 정의에서는 무인운전 경량전철시스템에서 요구되는 안전요구사항을 정의한다. 3단계인 검증항목의 정의에서는 안전인증을 위한 검증항목을 설계분석, 구성품 및 완성품 시험분석, 시험선에서의 실증시험 결과분석으로 분류하여 정의한다. 4단계에서는 시스템 설계 및 구성품/완성품시험 결과 검증을 수행하고, 5단계에서는 안전인증을 위한 실증시험의 계획/기준/절차를 수립하며 6단계에서는 안전인증을 위한 실증시험을 수행한다. 마지막 7단계에서는 모든 시험결과를 분석하여 국제 안전인증서를 발급받게 된다.

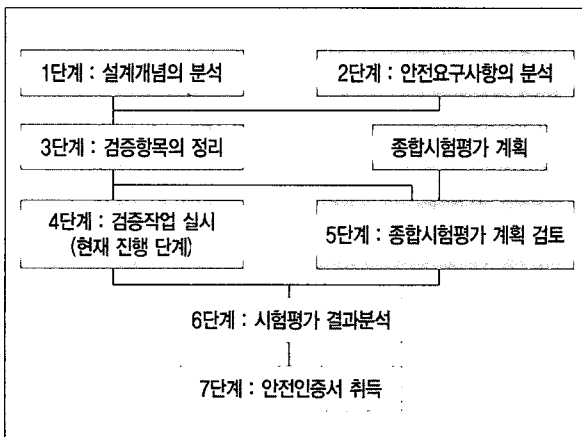


그림 22. 개발시스템에 대한 안전인증 추진 프로세스

3. 기대효과 및 향후 추진계획

3.1 기대효과

무인운전으로 운행될 수 있는 고무차륜 AGT 경량전철 시스템에 대하여 프랑스, 일본, 미국에 이어 네번째로 종합시스템 기술, 건설 및 운영기술을 확보함으로써 국내 도시철도 기술의 선진화를 기대할 수 있다. 특히 경량전철은 복합 시스템 기술이므로 차량, 전기, 신호, 제어계측, 유/무선통신, 역무 자동화 관련 개발 기술은 다른 일반철도 등에 활용할 수 있는 부수적인 효과도 기대할 수 있다. 경제적인 효과는 경량전철 수입대체효과로서 약 9,180억원, 건설비 절감효과 약 1조 5,600억원이 기대된다.

3.2 향후 추진계획

'04년도의 종합시험평가에 이어 '05년에는 개발시스템의 신뢰성시험을 통해 개발시스템의 신뢰성을 입증할 예정이다. 향후에는 경량전철 시스템에 사용되는 부품 및 기기의 성능향상과 개발품에 대한 품질인증 시험, 그리고 도시철도법에 따른 성능시험을 위한 노선으로 사용하고, 철도청 및 지자체를 대상으로 국내 최초의 무인운전 경량전철의 견학과 기술교육에 활용하도록 할 예정이다.

참고 문헌

1. 한국형 고무차륜 경량전철 시스템에 대한 시운전시험 계획, 한국철도기술, 통권 41호, 2003.
2. 고무차륜 AGT 차량시스템 개발 및 시험평가, 한국철도기술, 통권 41호, 2003.
3. 고무차륜 경량전철 전력시스템의 주요 구성품 시험평가, 한국철도기술, 통권 41호, 2003.
4. 경량전철 신호제어시스템 주요 구성품 시험평가, 한국철도기술, 통권 41호, 2003.
5. 고무차륜 경량전철 선로구축물 기술개발, 한국철도기술, 통권 41호, 2003.
6. 경량전철시스템 기술개발사업 5차년도 연구결과보고서



- (분야 : 종합시스템 엔지니어링), 2003.
7. 경량전철시스템 기술개발사업 5차년도 연구결과보고서
(분야: 경량전철차량시스템 개발), 2003.
8. 경량전철시스템 기술개발사업 5차년도 연구결과보고서
(분야: 전력공급시스템 기술개발), 2003.
9. 경량전철시스템 기술개발사업 5차년도 연구결과보고서
(분야: 신호제어시스템기술개발), 2003.
10. 경량전철시스템 기술개발사업 5차년도 연구결과보고서
(분야: 선로구축물 기술개발), 2003.