열차제어 측면의 철도신호안전설비 개발방향 연구

Direction of research on Railroad Signal Safety Facilities from the viewpoint of Train Control

김유호* 이훈구** 이수환† 편선호*** 이영호****
Kim, You-Ho Lee, Hoon-Koo Lee, Soo-Hwan Pyeon, Seon-Ho Lee, Young-Ho

ABSTRACT

A great deal of development has been made in the field of railroad control in Korea. Like the recent High speed railroad (KTX) and the intercity light rail train (LRT) are being vigorously promoted. Therefore, in concert with the new railroad development projects, improved train control technics are being applied. Along with the focus on these newly developed advanced technologies the need for a reliable safety system for the safety of the passengers and railroad control personnel alike is being intensified.

New safety facilities are continuously being developed in order to safely introduce and develop these new technologies.

There is an urgent need for research and development of safety facilities for the implementation of the presently developed facilities as well as for the presently being used.

Therefore, this research will study the safe operation of Korean railroad and the implementation situation of the class, functionality, ensured safety range etc. of the safety facilities for users and operators.

In studying the material of the kinds of implemented safety facilities and technologies being used abroad we have researched into the most suitable direction of development of safety facilities for the Korean railroad environment.

1. 서 론

국내 철도의 운영분야에서 많은 발전이 이루어 졌으며, 현재 고속철도 및 각 시도의 경량전철사업의 본격적인 추진이 이루어지고 있다. 따라서 새롭게 건설되는 철도사업에 따라 다양한 열차제어기술이 적용되고 있다. 따라서 신기술 개발에 대한 많은 관심과 더불어 승객 및 운영인원의 안전과 열차운행에 대한 보다 확실한 안전장치의 필요성이 더욱 강화되고 있는 실정이다. 열차제어에 대한 많은 신기술 개발 및 도입에 있어 안정적으로 도입하기 위한 안전설비가 지속적으로 개발되고 있다. 현재 개발되어 적용되는 신기술에 대한 안전설비 또는 현재 사용되고 있는 설비에 대한 안전장치의 연구 및 개발이 절실히 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 철도의 안전운행과 운영자 및 사용자를 위한 안전장치의 종류, 기능, 안전 확보의 범위 등의 적용 상태를 검토하고 국외에서 적용되는 안전설비의 종류 및 기술 등의 자료를 검토하여 국내 열차운행 환경에 적합한 안전설비의 개발방향을 연구하였다.

† 책임저자 : 비회원, (주)에이알텍, 엔지니어링팀, 부장
E-mail : ksjlsh@korea.com
TEL : (031)441-5561 FAX : (031)441-5563
* 정회원, (주)에이알텍, R&D개발부, 사장
** 정회원, (주)에이알텍, 엔지니어링팀, 부사장
*** 비회원, (주)에이알텍, 엔지니어링팀, 과장
**** 비회원, (주)에이알텍, 엔지니어링팀, 대리

2. 본 론

열차제어측면 공중사상사고의 발생은 사회적인 문제점을 안고 있다. 즉, 81년도의 경산 열차충돌사고(54명 사망, 243명 부상), 93년 구포 열차 전복사고(78명 사망, 163명 부상), 2003년 대구지하철 화재참사(191명 사망, 146명 부상) 등과 같은 사회의 커다란 문제로 자리 잡았다. 이에 따른 인적, 물적인 손해는 철도사업의 발전을 저해하고 또한 국가 발전의 경제성도 떨어지게 되므로 철도발전에 전반적인 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 사상사고로 발생되는 경제적인 손실을 줄이기 위하여 열차제어측면에서의 공중사상사고를 저감할 수 있는 안전설비를 개발하므로 철도 사업의 경제적인 발전에 이바지하고 나아가서는 국가의 경제 발전에 일조할 것으로 사료된다. 또한 개발되는 안전설비를 위하여 관련 규정의 검토 및 개정 또는 제정이 병행하여야 할 것이다.

최근 개발되는 안전설비는 크게 세 가지의 기술 분야로 구성되며, 그 구조는 연산처리에 의한 자동 조작형태를 취하고 있다. 세 가지 기술은 우선 센서를 이용한 감지기술과 감지된 정보를 처리 수행하는 연산장치 기술이 적용되며, 마지막으로는 인명 및 장비의 보호를 위한 안전장치 기술로 구분할 수 있다.

2.1 사고발생 및 규정연구 현황

(1) 국내외 철도사고 사상자 발생현황(“96~99)

국내 철도분야의 열차제어측면에서의 공중사상사고 저감대책 설비의 시장성은 현재 국내에서 발생하는 사고발생의 유형 및 발생건수에 비례한다. 즉, 열차제어측면에서 발생하는 공중사상사고 발생수가 높을수록 안전설비의 중요도가 높아지기 때문이다. 96년부터 2002년까지 발생한 철도 사고의 사망자 발생현황은 아래의 표와 같다.

도표 1. ‘96~02년 사이의 국내외 철도사고에 의한 사망자 발생현황

국 가	연 도	철도사고 사망자		
		사망자수	여객수송량(억명 • km)	사망률(/10억명 • km)
프랑스	1996년	136	595	2.3
	1997년	11	616	1.9
	1998년	138	642	2.2
	1999년	106	663	1.6
	2000년	122	696	1.7
독일	1996년	252	760	3.3
	1997년	235	739	3.2
	1998년	325	724	4.5
	1999년	230	736	3.1
	2000년	225	751	3.0
영국	1996년	90	389	2.3
	1997년	109	410	2.7
	1998년	90	420	2.1
	1999년	102	460	2.2
	2000년	102	470	2.1

도표 1. ‘96~02년 사이의 국내외 철도사고에 의한 사망자 발생현황

국 가	연 도	철도사고 사망자		
		사망자수	여객수송량(억명 • km)	사망률(/10억명 • km)
일본	1996년	487	4,012	1.2
	1997년	470	3,953	1.2
	1998년	474	3,889	1.2
	1999년	482	3,851	1.3
	2000년	427	3,845	1.1
평균				2.2
대한민국	1996년	366	296	12.4
	1997년	352	301	11.7
	1998년	337	330	10.2
	1999년	289	286	10.1
	2000년	233	278	8.4
	2001년	216	292	7.4
	2002년	237	287	8.3
평균				9.8

또한 사망사고에 대하여 국제적으로 비교할 경우 10억인km당 사망자수를 비교하면 국가차원의 안전관리를 수행중인 국가에 비해 피해가 월등히 높은 수준이다. 사고율이나 사망률 역시 국외에 비해 높은 수준이다.

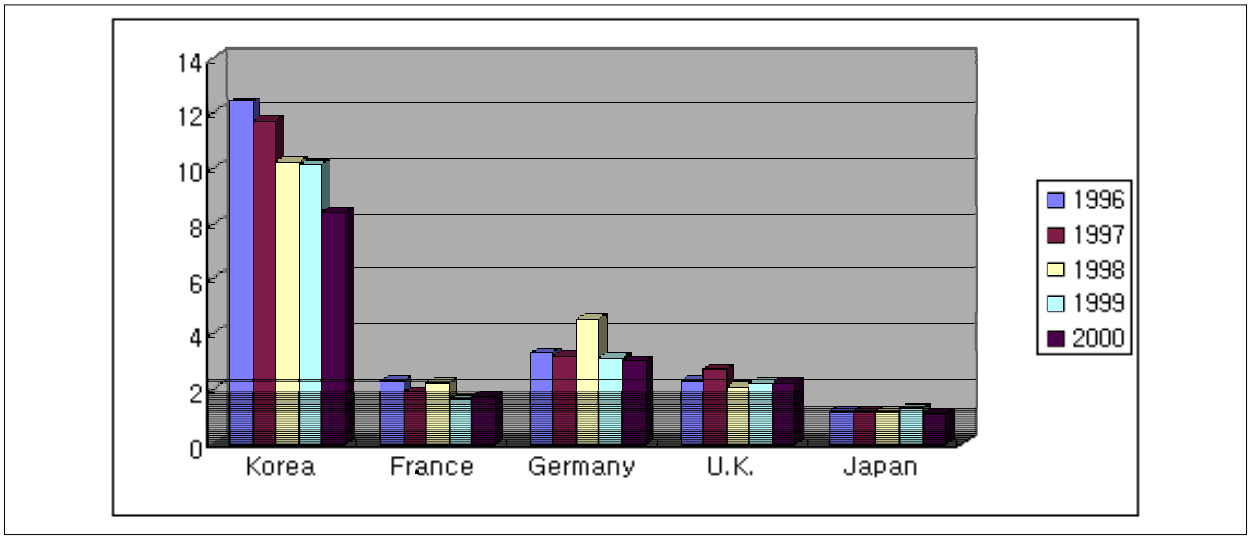


그림 1. 사망자수(10억인/Km당)비교

(2) 국내외 열차사고 발생빈도 비교(“96～‘99)

철도에서 운전사고, 열차사고는 대부분 열차주행 백만Km(또는 마일)당 사고 발생건수/여각수송 10억인/Km당 사망사고 발생을 기준으로 사고통계 집계 및 분석으로 조사하였으며, 각 나라의 특성에 따라 일부 다른 방법으로 분석하였으므로, 상대적인 차이는 있으나 해외의 경우 높은 사고발생률에도 불구하고 사상자의 발생이 우리나라의 1/10 수준인 것은 선진화된 안전기술 때문인 것으로 판단된다.

도표 2. 각국의 열차주행 백만Km당 운전사고 및 열차사고 발생수준비교

국가	구분	1995	1996	1997	1998	1999	비고
한국	운전사고	299	117	121	124	101	열차사고는 일본/영국의 중대사고 해당
	-열차사고(충돌,탈선,화재)	14	5	5	8	6	
	-건널목사고	285	172	116	116	95	
	열차km(백만)	97	99.6	101.6	101.2	105.7	
	열차백만km당 운전사고	3.08	1.78	1.19	1.23	0.96	일본, 영국과 비교목적
	열차백만km당 열차사고	0.06	0.05	0.05	0.08	0.06	
일본	운전사고건수 (열차사고+ 각종장애, 7종)	587	558	548	497	531	숫자로 본 철도 2000('01판)
	열차km(백만)	669	672.1	671.4	672.5	680	
	열차백만km당 운전사고	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	
	열차백만km당 중대사고 (중대사고-사상 10이상 또는 차량탈선 10량 이상)		0.06 (35)		0.056 (48)	0.038 (26)	1986년 이후 0.03이하유지
영국	열차사고건수	1753	1863	1835	1879	1225	HSE통계 (2001년판)
	-충돌	(120)	(127)	(121)	(93)	(103)	
	-탈선	(119)	(93)	(117)	(90)	(89)	
	-장애물추돌	(741)	(680)	(690)	(736)	(715)	
	-화재	(302)	(344)	(343)	(342)	(318)	
	열차km(백만)	384	390.4	408	430.4	443.2	
	열차백만km당 열차사고	4.56	4.77	4.50	4.37	2.76	
	중대열차사고 발생 (승객위험초래)	0.34 (82)	0.32 (75)	0.26 (56)	0.29 (75)	0.26 (67)	한국/일본 열차사고비교
프랑스	열차사고건수	283	306	317	327	307	UIC 통계, 중대사고구분이 없어 단순비교 곤란함
	-충돌	(46)	(56)	(54)	(62)	(47)	
	-탈선	(27)	(22)	(25)	(41)	(37)	
	-건널목	(154)	(166)	(73)	(156)	(59)	
	-기타	(56)	(62)	(165)	(68)	(164)	
독일	열차사고건수	669	616	576	611	592	UIC 통계, 중대사고구분이 없어 단순비교 곤란함
	-충돌	(258)	(219)	(229)	(245)	(228)	
	-탈선	(146)	(129)	(129)	(108)	(133)	
	-건널목	(231)	(185)	(185)	(222)	(208)	
	-기타	(34)	(33)	(33)	(36)	(23)	

(3) 국내외 대형철도사고 사례분석

국내 철도사고 사망자수는 설비의 개량, 노후차량의 교체, 건널목입체화로 인하여 전체적으로 감소하고 있는 실정이다.

도표 3. 1980년 이후 사망자 30인 이상 대형철도사고 발생통계

국가	발생년도	사고명	사망자수
한국	1981	경산역 충돌사고	54
	1993	구포역 탈선사고	78
	2003	대구지하철 화재사고	191
영국	1987	킹스크로스역 화재사고	30
독일	1998	독일 ICE 탈선사고	101

(4) 5년간 국내 철도사고 발생현황 분석("96~'00)

국내 철도사고 발생통계에서 운전장애에 의한 사고건수는 평균545.4건으로 가장 크게 나타나 대형철도사고 가능성을 내포하고 있으며, 차량탈선, 송전 등 전력관련 고장, 시설 보안장치 고장 등 장기 열차지연이나 대형 열차사고를 초래할 수 있는 중요한 운전장애사고는 크게 감소하지 않았다. 운전장애 원인으로는 차량고장에 의한 사고건수가 평균 282건으로 전체 장애건수의 51,7%를 차지하고 있으며, 다음으로는 선로장애, 차량탈선, 보안장치 고장 등의 순으로 발생되고 있다. 따라서 장애발생에 대한 정확한 원인 분석을 통하여 재발방지 및 안전설비의 구축이 필요할 것이다.

도표 4. 5년간 국내 철도 운전장애 원인별 발생통계

구분 \ 년도	'96	'97	'98	'99	'00	평균
운전장애사고	731	625	450	476	445	545.4

(5) 국내 철도사고 발생요인 분석

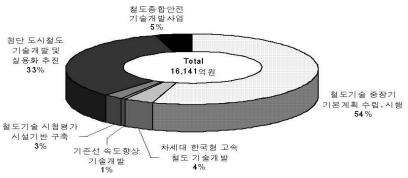
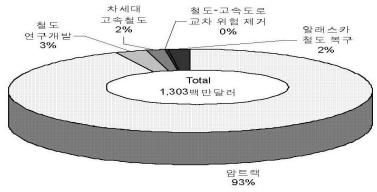
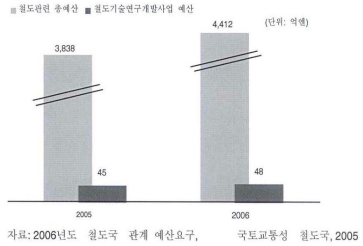
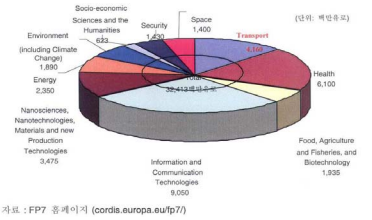
국내 철도사고의 요인은 대구지하철의 화재사고에서 나타난 바와 같이 사고가 발생할 경우 피해를 저감할 수 있는 인프라의 구축이 부족하여 사고를 감쇠시키는 기능이 부족한 것으로 나타났다. 즉, 철도시스템의 안전측면에서 DB를 구축하고, 정보를 관리하는 안전관리 정보시스템의 부재가 주된 요인이고 다음으로는 현장에서의 감지 기능의 부족인 것으로 판단된다. 따라서 현재 국내에서는 관제설비의 구축 및 안전시스템의 구축 등과 같은 안전관리 데이터의 관리기능을 확보하고 있으며, 추가적으로 현장의 사고발생의 감지 센서 기술의 향상이 필요할 것이다.

(6) 국내 경전철 규정 연구 현황

국내 철도관련 규정연구는 차량표준규격(노면전차, 모노레일), 노면전차형식 경전철 건설지침, 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙, 노면전차 및 모노레일형식 경전철 운전규칙 연구 등이 수행 중이며, 각 규정사항에서 철도안전을 위한 기준사항을 고려하여 안전설비를 개발하여야 한다. 즉 관련 규정의 범위안에서 개발되어야 안전설비의 구축과 규정 또는 규칙과 연계하여 현장에 적용할 수 있기 때문이다. 또한 관련 규정의 제정에는 안전을 위한 항목을 별도로 구성하는 것이 바람직하다.

2.2 안전기술개발의 정책 동향

도표 5. '96~02년 사이의 국내외 철도사고에 의한 사망자 발생현황

구분	추진 기관	기술개발정책 예산의 편성	비고
대한민국	철도 기술개발 관련 주요 프로그램으로 건설교통부의 '미래철도기술개발사업'과 '미래도시철도기술개발 사업'이 있으며, 한국철도기술연구원에서는 기관 고유사업 등을 통해 철도 기술개발 연구를 수행.		
미 국	미국에서는 도시간 교통은 연방정보의 소관이지만 도시교통에서는 주정부 이하에서 관할하고 있으며, 철도 및 지역공공교통에 관한 연방정부의 행정조직, 감독 및 지원기관은 연방철도국, 육상교통위원회 등		
일 본	일본 철도 관련 조직은 국토교통성의 철도국을 중심으로 추진되고 있으며, 철도 전문연구기관으로서 철도종합기술연구소(RTRI)가 존재함 : 국토교통성 철도R&D예산은 45억엔('05) → 48억엔('06)으로 증가하였으나, 철도예산 대비 R&D투자비율은 1.2%('05) →1.1% ('06)으로 감소함		
유 럽	유럽연합의 교토 관련 정책은 ERTRAC와 ERRAC를 중심으로 추진되고 있으며, 철도 관련 정책은 ERRAC가 주도하여 추진하고 있음 :EU FP7(2007~2013)의 교통분야 예산은 4,160백만유로이며, 총 예산의 13%를 차지		

2.3 기술의 동향

(1) 국내외 특허기술의 동향분석

◦ 신호통신기술이 1980년대 중반부터 꾸준히 증가세를 보이고 있으며, 신호통신 특허출원수가 많은 것으로 보아 신호통신관련 기술이 전기신호기술에 있어서의 중점연구 기술 분야임을 시사한다.

도표 6. 일본 신호통신 특허 출원 건수에 의한 주요출원인 분석

순위	주요 출원인	특허수(건)	점유율(%)
1	NIPPON SIGNAL	230	15.2
2	HIGASHI NIPPON RYOKAKU TETSUDO	127	8.4
3	HITACHI 106	106	7.0
4	KYOSAN ELECTRIC MFG	102	6.8
5	MITSUBISHI ELECTRIC	92	6.1
6	TOKO SHIBAURA ELECTRIC	84	5.6
7	RAILWAY TECHNICAL RES INST	54	3.6
8	DAIDO SIGNAL	42	2.8
9	TOKAI RYOKAKU TETSUDO	39	2.6
10	NISHINIPPON RYOKAKU TETSUDO	16	1.1

◦ 신호통신 출원건수에 의한 주요 출원인 중 NIPPON SIGNAL사의 최근 5년간 주요 특허

도표 7. NIPPON SIGNAL사의 최근 5년간 주요 신호통신 특허

특허번호	특허제목	공개연도
JP2006298109A	Information Transmitting Device Between On-Vehicle And Ground	2006
JP2005280542A	Atc/O Device	2005
JP2005229789A	Ats Device	2005
JP2005206101A	Train Control Device Using ATS-P On-Train Device	2005
JP2005067256A	Control Data Input Device For Electronic Crossing Control Device	2005

◦ 미국, 유럽, 일본, PCT에 출원된 특허중 연평균 피인용 상위 20% 특허

도표 8. 상위 연평균 피인용도에 의한 신호통신 주요 특허

특허번호	출원인	특허제목	공개연도
US5620155	MICHALEK, JAN K.	Railway Train Signalling System For Remotely Operating Warning Devices At Crossings And For Receiving Warning Device Operational Information	1997
US5699986	ALTERNATIVE SAFETY TECHNOLOGIE	Railway Crossing Collision Avoidance System	1997
US5803411	ABB DAIMLER BENZ TRANSP	Method And Apparatus For Initializing An Automated Train Control System	1998
US6179252	TEXAS A & M UNIVERSITY SYST	Intelligent Rail Crossing Control System And Train Tracking System	2001
US5978718	WESTINGHOU SE AIR BRAKE	Rail Vision System	1999
US5995881	WESTINGHOU SE AIR BRAKEGEN	Integrated Cab Signal Rail Navigation System	1999
US4711418	SIGNAL	Radio Based Railway Signaling And Traffic Control System	1987
US5864304	AT & T	Wireless Railroad Grade Crossing Warning System	1999

(2) 국내외 철도기술개발 정책 동향

경부고속철도 구간에는 차축 및 휠온도검지장치, 지장물검지장치, 끌림검지장치, 기상감지장치, 안전스위치, 열차접근감지확인장치, 터널경보장치, 분기기히터제어장치, 레일온도검지장치, 기계실출입자감시설비, 지진감시설비, 현장설비 기능감시장치 등을 설치하여 운용하고 있다. 일반철도 구간에는 분기기히터제어장치, 기계실출입자감시설비, 승강장 비상정비스위치, 승강장 스크린도어(PSD : Platform Screen Door)설비 등을 설치하여 운용하고 있다. 광역철도(도시철도 및 지하철) 구간에는 승강장 비상정지버튼, 승강장 스크린도어(PSD : Platform Screen Door)설비 등을 설치하여 운용하고 있으며, 용인 경량전철에는 가이드웨이 침범검지시스템(GIDS : Guideway Intrusion Detection System)을 적용하여 공사 중에 있다. 특히 철도 건널목에는 건널목보안장치, 건널목 경보기, 건널목 전동차단기, 건널목 지장물감시장치, 건널목 출구측차단장치, 건널목 정시간제어기, 건널목 정보분석 및 원격감시장치, 영상감시자치, 긴급전화, 조명등, 고무보판 등을 설치하여 열차, 차량 및 인명을 보호하고 있다. 이와 같이 국내 열차제어측면의 공중사상사고 저감을 위한 안전설비의 개발이 가속화

되고 있으며, 개발의 중심에는 인간존중이라는 원초적인 내용을 포함하고 있다. 따라서 새롭게 연구개발되는 열차제어측면의 공중사상사고 저감을 위한 설비는 가장 대중적이며, 보다 효과적인 기술이 적용되는 설비로 선정 개발되어야 할 것이다.

국내 안전설비의 개발업체 및 국외업체 현황은 아래의 표와 같다.

도표 9. 국내 신호 안전설비개발업체

업체명	업체별 능력	비 고
살롬엔지니어링 주식회사	전동차종합자동검사장치, 일상검사장치, 열차무선방호장치	
(주)신우이엔지	승강장 비상정지버튼, 궤도회로기능감시 장치	
피에스에스텍(주) (주)현대엘리베이터	스크린 도어설비	
(주)태정전척	분기기 히터장치	
(주)세화이엔지	발화점검지장치	

도표 10. 신호분야 선진업체의 주력분야

업체명	업체별 능력	중점 분야
Bombardier	- 표준상향서비스 제공 - 기술혁신 - 계열관련 업체 경쟁력강화	- 철도차량 - 운행시스템 - 추진장치
Alstom	- 세계적인 네트워크 형성 - 비 제조분야 활동 강화 - 기술혁신	- 고속철도 분야 - 매트로 시스템 - 신호분야
Siemens	- Turnkey 시스템 도입으로 인터페이스 최소화 - 인프라와 철도차량 구입에 대한 자금조달에서 사후관리까지 폭넓은 영업활동	- 신호관리체계 - 전철화 - 전동차 및 동차

3. 결 론

열차제어측면에서 공중사상사고 저감방안에 대한 안전설비의 구체적인 시장현황분석은 아직 체계적으로 수행되어진 자료가 없으며, 향후 21세기의 사회적인 환경변화는 크게 개도국의 인구증가, 선진국 인구감소, 인구의 노령화(2025년 전세계 인구의 20%가 65세 이상)와 연관된 인구통계의 변화와 경제발전으로 인한 세계화, 도시화(현재 전세계 인구의 45%가 도시지역에 생활하고 있으나, 2025년에는 60%로 증가) 등의 문제가 나타날 것으로 예측되며, 이로 인해 유동인구 및 물동량의 증가로 수송시스템에 대한 수요가 급격하게 증가할 것으로 예상됨. 특히 철도는 안전성, 정시성, 환경친화성, 대량수송성, 경제성, 등에 장점을 바탕으로 국가교통수단의 핵심수단으로 확대되고 있다.

그러나, 미래사회의 인위재해, 테러 등의 다양한 위험원의 증가에 노출되면서, 안전에 대한 사회적인 요구는 증대되고 있으므로, 철도안전기술을 확보하기 위해 타 분야의 첨단기술들을 종합적으로 융합하여 지능화된 자동검지, 안전유지보수, 비상피해저감 등이 실현되도록 연구의 초점이 맞추

어지고 있는 실정이다. 또한, 관련 철도기술개발은 국가 원천기술확보, 산업부가가치 창출에 크게 기여할 수 있으며, 이는 기계, 전기, 전자, 운영 및 토목 등 첨단 기술이 복합된 종합 시스템으로 기술이전, 기술개발 및 기존기술의 고도화 등 국내의 기술, 산업 전반에 대한 파급 및 수입대체효과가 클 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 조연옥, “철도안전 연구 및 기술개발 발전계획”, 2007
2. 건설교통부 “철도안전기술개발사업 기획보고서”, 2004
3. 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, “건설교통기술 특허, 논문 동향조사”, 2007
4. 한국철도시설공단, “고속철도의 안전설비”, 2006
5. 한국철도공사, “전기업무자료”, 2007
6. 한국철도기술연구원“노면전차형식, 모노레일형식 경전철운전규칙연구 최종연구보고서”, 2008