

철도운영기관 안전시스템 비교 연구

(서울, 도쿄, 오사카를 중심으로)

Railway operation agency's safety systems comparison research (with Seoul, Tokyo, Osaka as the center)

박준형*†, 양진송*, 장승민*, 류경수*, 박정수**

Jun Hyoung Park*†, Jin Song Yang*, Seung Min Jang*, Kyung Su Ryu*, Jung Soo Park**

Abstract Korean railway in 117 start regular railway operation based on period of Japanese occupation's railway safety systems and gradually develop to domestic way. Recently, railway accidents related to human errors and natural disasters such as the death of PSD in Gimpo Airport Station in line 5 and the earthquake in Gyeongju in 2016 have increased, and supplementing the railway safety system is becoming more important. In order to reduce the loss of life and property caused by railway accidents, we will review the application of railway safety systems of Japan and Korea, which have the best railway safety systems by comparing them. This study aims to identify the examples of railway safety systems currently applied in Seoul, Tokyo, and Osaka metropolitan railway in terms of vehicles, facilities, station, railway workers and suggest way to supplement the safety system of domestic urban railways.

Keywords : railway safety system, human errors, railway accidents, railway safety facilities, railway workers

초 록 117년 대한민국 철도는 과거 일제강점기 철도안전시스템을 기반으로 본격적인 철도운영을 시작했고 점차 국내에 맞는 방향으로 발전하였다. 최근 5호선 김포공항 역 PSD 사망사고, 2016년 경주지진 발생 등 휴먼에러 및 자연재해와 관련된 철도사고가 발생됨으로 그 우려가 커지고 있으며 철도안전시스템 보완이 중요시 되고 있다. 철도사고로 인한 인명 및 재산 피해를 줄이기 위해서는 현재 최고의 철도안전시스템을 갖추고 있는 일본과 한국의 철도안전시스템을 비교 연구해 봄으로써 적용방안을 검토하고자 한다. 본 연구는 현재의 서울과 도쿄, 오사카 도시철도에서 적용되고 있는 철도안전시스템 사례들을 차량, 설비, 역사, 철도종사자 측면에서 알아보고 국내 도시철도의 안전시스템을 보완해 나갈 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

주요어 : 철도안전시스템, 휴먼에러, 철도사고, 철도안전설비, 철도종사자

1. 서 론

1.1 연구 배경

우리나라에서 철도는 구한말부터 현재까지 눈부신 발전을 이뤄왔으며 국내의 경제 및 산업발전에서 중요한 역할을 하고 있다. 국내 철도시장의 규모는 연간 25조원 수준까지 발전

† 교신저자: 동양대학교 J.S. 철도교통연구실(didwlsthd@naver.com)

* 동양대학교 J.S. 철도교통연구실

** 동양대학교 J.S. 철도교통연구실 지도교수

했으며, 국가철도망 구축계획 시행으로 국내 철도사각지대 해소를 위하여 기존 노선의 연장, 신 노선 개통, 철도차량과 기술개발을 계속 진행하며 일본, 프랑스, 독일에 뒤지지 않는 철도 선진국으로의 발걸음을 계속 하고 있다. 또한 국내 철도규모가 커질수록 사고 발생률은 점차 낮아지고 있다. 그러나 2013년 대구역 열차 충돌사고, 2016년 5호선 김포공항 역 PSD 사망사고 등 휴먼에러로 인한 철도사고는 매년 끊이지 않고 철도를 이용하는 수 많은 사람들에게 큰 위협이 되고 있다. 4차 산업혁명 시대에 국내 철도가 친환경적이고 보다 안전하게 발전하기 위해서는 철도안전시스템에 대한 활발한 연구와 다른 철도선진국의 사례를 비교 후 도입하는 등의 방안들이 필요하다. 따라서 본 연구는 서울 도시철도와 세계최고의 철도 안전시스템을 갖춘 일본의 대표 도시인 도쿄와 오사카의 도시철도를 비교 연구를 하고자 한다.

1.2 연구 목적

우리나라의 도로교통은 포화상태에 이르렀고 이를 해소하기 위한 방안으로 철도가 대두되었으며 1974년 서울지하철 1호선 개통을 시작으로 도시철도는 2천 5백만 수도권 시민의 소중한 교통수단이 되었다. 국가 경제와 산업발전에 따라 인구는 수도권으로 집중되었으며 이에 맞추어 철도의 노선 또한 점차 증가하였고 앞으로도 계획하고 있는 노선이 많다. 앞서 말한 바와 같이 우리나라의 철도규모에 비해 철도사고 발생률은 점차 낮아지고 있지만 철도 운영 시스템오류로 인한 사고보다 휴먼에러로 인한 사고는 끊이지 않고 발생하고 있다. 과거에는 철도의 증설로 인한 경제규모확장과 산업발전이 우선이었다면 현재는 국민 GDP 증가와 삶의 질 향상에 따른 안전에 대한 우려와 목소리가 점점 커지고 있다. 이러한 국민의 요구에 따라 철도 안전을 확보하기 위해서는 사고예방을 위한 철도안전시스템 발전이 매우 중요하다. 이에 따라 2016년 국토교통부는 세계 일류 수준의 사고율을 달성하기 위해 대형 철도사고 Zero화, 1억km당 철도사고 발생건수 6.5건 이하, 1억km당 사망자수 12.5명 이하 등을 목표로 하였으며 국민의 신뢰를 확보하고 철도사고를 방지하기 위해 노력 중이다. 이에 본 연구는 서울시 도시철도와 세계에서 최고의 철도안전시스템을 갖추고 있는 일본의 도시철도 중 도쿄, 오사카를 중심으로 자료 수집과 연구를 통한 철도운영기관 별 안전시스템 비교 연구를 진행하여 국내에 맞는 철도안전시스템의 발전방향을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 본 론

2.1 서울, 도쿄, 오사카 도시철도 현황 비교

1974년 서울시 1호선 개통으로 우리나라 최초의 도시철도가 개통되었다. 이후 눈부신 경제성장과 함께 그 규모 또한 커져 20개 노선, 총 연장 약 1107km으로 서울과 수도권 국민들의 중요한 교통수단으로 자리잡고 있다. 한편, 이웃나라 일본 도쿄는 1927년 12월, 오사카는 1933년 5월에 개통하여 일본경제의 주요한 두 대도시 안과 주변 국민들의 주요 교통수단으로 다른 어느 국가와는 비교할 수 없는 쾌적함과 안전을 자랑하는 수준에 올라와 있다. 다

음 Table 1, Table 2, Table 3는 서울과 도쿄, 오사카의 도시철도의 현황을 나타내고 있다.

Table 1 서울시 도시철도 운영기관별 일반현황

구분	코레일	서울 메트로	서울 도시철도공사	인천교통공사	서울시메트로 9호선㈜	공항철도㈜	신분당선㈜	의정부 경전철㈜	용인 경전철㈜	김포도시철도 (개통예정)
노선 수	5	4	4	2	1	1	1	1	1	1
역 수	141	120	157	56	30	12	12	15	15	10
영업거리	347.9km	137.9km	162.2km	58.5 km	31.7 km	58 km	31 km	10.6 km	18.5 km	23.6 km
일 평균 승하차 인원	1,910,708	7,996,350	3,512,500	364,894	496,227	59,000	143,918	63,678	41,551	-

Table 2 2017년 기준 도쿄 각 도시철도 운영기관별 일반현황

구분	도쿄 메트로	도쿄도 교통국	도쿄 급행전철	게이힌 급행전철	세이부 철도	도부철도	게이세이 전철	도쿄 모노레일	유리 카모메	오다큐 전철	호쿠소 철도	게이오 전철	다마도시 모노레일
노선 수	9	4	8	5	13	12	7	1	1	3	1	6	1
역 수	179	106	106	76	116	216	87	10	16	72	15	72	19
총 연장	195.1km	109km	100.1km	87km	179.8km	463.3km	159.8km	17.8km	14.7km	19.6km	32.3km	84.7km	16km
일평균 승하차 인원	684만명 (2014년 기준)	285만명 (2014년 기준)	3,741,523 명 (2015 년 기준)	2,535,075 명 (2015 년 기준)	176만 명 (2015년 기준)	246만 9000명 (2015년 기준)	1,500,285 명 (2015 년 기준)	311,856명 (2010년 평일 기 준)	10만6000 명 (2009 년 기준)	3,995,795 명 (2015 년 기준)	408,433 명 (2015 년 기준)	3,599,657 명 (2015 년 기준)	120,49 명

Table 3 2017년 기준 오사카 각 도시철도 운영기관별 일반현황

구분	서일본 철도	서일본 여객철도	오사카 시영 지하철	키타 오사카 급행전철	한큐전철	게이한 전기철도	긴키 닛폰 철도	한카이 전기철도	난카이 전기철도
노선수	4	52	8	1	12	3	25	2	3
역 수	73	1551	100	4	100	8	25	2	3
총 연장	106.1km	4982.7km	129.9km	5.9km	146.6km	91.1 km	501.2km	18.5km	151.2km
일평균 승하차 인원	498,574명	약 5,000,000명	466,786명	161,457명	약 1,720,000명	1,435,068명	2,795,134명	634,128명	1,144,990명

2.2 서울, 일본 도시철도 주요 사고 사례

유동인구가 많은 대도시인 서울, 도쿄, 오사카는 수많은 인구수를 감당하기 위한 교통시스템이 필요했고 그 대책은 바로 도시철도였다. 도시철도는 도로교통에 비해 훨씬 안전하고 경제적이며 친환경적으로 운행되는 교통시스템이기 때문에 많은 인구로 붐비는 도시에서는 없어서는 안될 중요한 요소로 자리잡고 있다. 하지만 도시철도가 타 교통수단에 비해 안전 하더라도 각종 사고 및 운행장애 등을 피할 수 없었다. 따라서 서울, 도쿄, 오사카 도시철도의 사고 사례를 살펴보기 전에 국내 도시철도의 사고현황을 보고자 한다. 다음 Table 4에는 국내의 도시철도 사고발생 원인 및 현황을 정리하였다.

Table 4 2013~2016 국내 도시철도 사고발생 원인 및 현황

구분	기간	2013	2014	2015	2016	2017	합계	평균	
합 계		84	79	53	61	8	285	57	
철도 교통 사고	열차사고	열차충돌사고	0	1	0	0	0	1	0.2
		열차탈선사고	0	2	1	2	0	5	1
		열차화재사고	0	1	0	0	1	2	0.4
		기타열차사고	0	0	0	0	0	0	0
		소 계	0	4	1	2	1	8	1.6
	건널목사고		1	0	0	0	1	2	0.4
	철도교통 사상사고	여객	43	44	31	31	4	153	30.6
		공중	9	6	11	6	1	33	6.6
		직원	2	0	2	2	0	6	1.2
		소계	54	50	44	39	5	192	38.4
소 계		55	54	45	41	7	202	40.4	
철도 안전 사고	철도화재사고		2	2	1	1	0	6	1.2
	철도안전 사상사고	여객	10	9	7	11	1	38	7.6
		공중	2	1	0	1	0	4	0.8
		직원	15	12	0	6	0	33	6.6
		소계	27	22	7	18	1	75	15
	철도시설파손사고		0	0	0	1	0	1	0.2
	기타철도안전사고		0	1	0	0	0	1	0.2
소 계		29	25	8	20	1	83	16.6	
피해 현황	인명피해 (명)	사망	31	25	26	30	2	114	22.8
		중상	42	58	8	29	4	141	28.2
		경상	18	467	27	0	0	512	102.4
		소계	91	550	61	59	6	767	153.4
재산피해(백만원)		30.2	2976.9	2214.4	122.9	0.6	5345	1069	
선로연장(km)		1150.3	1156.4	1184	930.8	1312.3	5733.7	1146.7	
열차운행 거리 (100만km)	여객	117.94	118.31	121.65	125.92	23.13	506.95	101.4	
	화물	0	0	0	0	0	0	0	
	기타	0	0	0	0	0	0	0	
	소계	117.94	118.31	121.65	125.92	23.13	506.95	101.4	
수송 실적	여객(10억인. km)	44.95	46.15	46.27	49.1	7.86	194.34	38.9	
	화물(10억톤. km)	0	0	0	0	0	0	0	

※ 철도종합안전포털(www.railsafety.or.kr) 통계자료

Table 4를 보면 국내 도시철도 사고 발생이 많은 것처럼 보이지만 하루 평균 운행되는 횟수에 비하면 매우 적은 편에 속한다. 그러나 앞서 말한 바와 같이 철도는 수많은 사람들이 이용하는 교통수단이기 때문에 사고가 난다면 그 규모는 상당한 편이다. 이러한 철도 사고 특성으로 인해 기계적 결함과 휴먼에러를 미연에 방지하여 사소한 사고 하나라도 예방하는 것이 매우 중요하다. 다음 Table 5, Table 6는 서울 도시철도에서 일어난 사고 사례를 보여준다.

Table 5 한국철도공사 경인선 인천역 구내전동열차 탈선사고

사고일시	2015년 5월 18일 오전 8시 43분경
사고노선	한국철도공사 경인선 인천역 구내(구로지점 26.803km 지점)
사고내용	2015년 5월 18일 사고열차(의정부 06:41 → 인천 08:43)는 경인선 동인천역을 08시 39분에 출발하여 인천역 3번 선으로 진입하는 과정에서 23 선로전환기 ~28A 선로전환기 사이 급곡선부(R=150m)를 약 16km/h로 운행하던 중 구로역 기점 26.803km 지점에서 4호차 앞 대차 오른쪽 차륜이 레일을 타고 올라 약 2.4m를 진행하다가 열차진행방향 오른쪽으로 탈선하였고, 28A 선로전환기와 29B 선로전환기 사이에서 3호차 뒷 대차 및 4호차 뒷 대차도 탈선된 상태로 정차(08:43:55)하였다.
피해사항	<ul style="list-style-type: none"> • 인명피해 없음 • 사고열차 팬터그래프 파손 • 차륜 및 연결기 손상 • 침목 33정 파손 및 선로전환기 기역쇠 4대 등이 파손 • 약 3천 6백만 원의 피해액 발생(간접 피해액 제외)

Fig. 1 한국철도공사 경인선 인천역 구내 전동열차 탈선사고 사고개요도

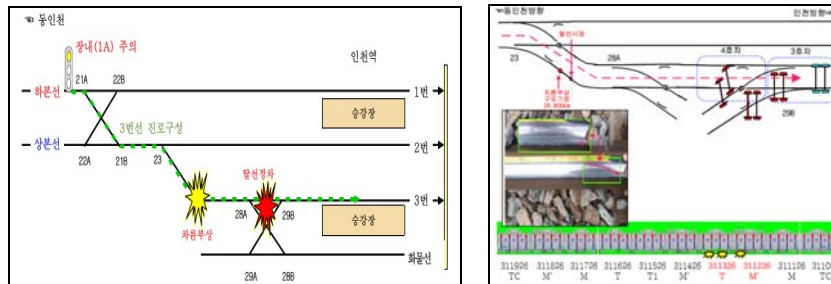


Table 6 구의역 스크린도어 정비업체 직원 사망사고

사고일시	2016년 5월 28일 오후 5시 57분경
사고노선	서울 지하철 2호선 구의역 내선순환 승강장
사고내용	2016년 5월 28일 구의역 스크린도어 고장신고가 접수되었으며 이에 서울메트로는 스크린도어 유지관리 협력업체인 “은성PSD”에게 현장에 출동해 수리하도록 지시하였다. 이에 (사고당사자인)김모씨가 고장 현장에 출동하였고 시간제한까지 약 6분여를 남겨두고 도착하였다. 그때 을지로 4가역에 또 다른 고장 신고가 접수되었고 경북공역의 다른 직원이 구의역으로 와서 2인 1조로 작업을 하고 을지로 4가역으로 가는데 50분이 소요 되기에 시간이 부족했다. 따라서 김모씨는 2인 1조 작업 매뉴얼을 지키다가 타임리미트를 어길 수밖에 없기에 단독으로 작업을 하다가 5시 57분경 달려오던 열차와 스크린도어 사이에 끼어 변을 당하였다.
피해사항	<ul style="list-style-type: none"> • 인적피해 1명(사망) • 고용노동부 과태료 4,067만원, 벌금 2,900만원

위 Table 5, 6은 서울 도시철도에서 있었던 사고 사례를 소개하였다. 다음 Table 7, 8은 일본에서 발생한 주요 도시철도 사고를 보여주고 있다.

Table 7 도쿄 지하철 히비야 선 나카메구로 역 탈선사고

사고일시	2000년 3월 8일 오전 9시 1분경
사고노선	도쿄메트로 히비야선
사고내용	히비야 선을 달리고 있던 기타센주발 도큐도요코 선 직통 기쿠나행의 최후미 차량이 나카메구로 역 앞 급곡선에서 완화 곡선으로 꺾이는 부분에서 승상탈선을 일으켰다. 기재선용 분기기에서부터 내밀리면서 반대 방향의 나카메구로발 도부 철도 이세사키 선 직통 다케노쓰카 행 열차와 측면끼리 충돌하여 크게 파손되었다.
피해사항	<ul style="list-style-type: none"> • 인명피해: 사망 5명, 부상 64명 • A861S 열차 8호차 차체 심각한 훼손 • B801T 열차 5호차, 6호차 심각한 훼손 • B801T 열차 5호차, 6호차 연결부 오른쪽에 위치한 케이블 및 공기관 손상 및 파손 • 레일의 훼손

Fig. 2 히비야 선 탈선사고

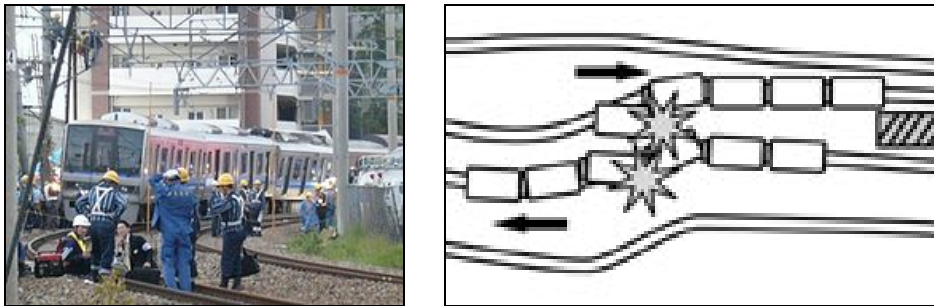
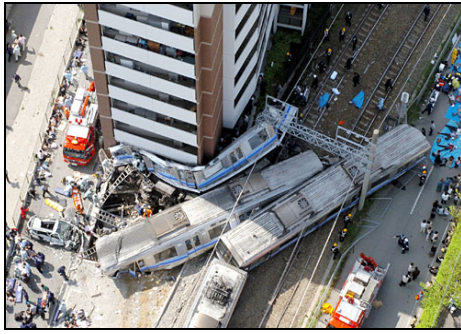


Table 8 서일본 여객철도 주식회사 후쿠치야마 선 아мага사키 탈선사고

사고일시	2005년 4월 25일 오전 9시 18분
사고노선	후쿠치야마 선 아мага사키 역 기점 위 1 km 지난 지점
사고내용	2005년 4월 25일 오전 9시 18분 효고현 아мага사키의 JR 후쿠치야마선 아мага사키 ~ 쓰카구치 역 사이에서 R=300m의 커브구간에서 과속으로 인해 선두차량부터 탈선하여 총 5량이 탈선하였고 선두 2량은 선로 가의 9층 맨션 건물에 충돌하여 형체를 알아볼 수 없을 정도로 대파하였으며, 희생자의 상당수는 1호차와 2호차에서 발생하였다. 이후 사고로 부상당하지 않았던 승객이나 아파트 거주자, 구조작업에 참여한 주변 주민들도 외상 후 스트레스 장애(PTSD)를 겪는 등 큰 영향을 미쳤다.
피해사항	<ul style="list-style-type: none"> • 사망 107명, 부상 562명 • 7량 중 5량 탈선 • 선두 2량 선로 옆 9층 높이 아파트와 충돌 • 아파트 1층 주차장 자전거와 자동차 다수 파손

Fig. 3 후쿠치야마 선 탈선사고



사고 현장



파손된 차량 내부

2.3 서울, 도쿄, 오사카 도시철도 주요 사고 사례 원인분석 및 후속조치

도시철도는 한국, 일본에서 많은 사람들이 이용하고 있는 안전한 교통수단 중 하나이다. 그러나 앞서 주요 사고 사례를 보면 한번의 철도사고라도 큰 피해를 만든다는 것을 알 수 있다. 2.2에서 서울, 도쿄, 오사카 도시철도의 주요 사고 사례를 소개하였다면 2.3에서는 소개한 주요 사고 사례를 분석해 보았다. 주요 사고 사례의 사고원인분석은 다음 Table 9와 같다.

Table 9 2.2 주요 사고 사례의 사고원인분석 및 후속조치

구분	경인선 인천역 구내 전동열차 탈선사고	서울 지하철 2호선 구의역 내선순환 승강장
주요 사고원인	<ul style="list-style-type: none"> • 켄트 체감거리 부족 구간을 정지운중비가 과도한 사고객차로 운행 • 선로 뒤틀림 양이 보수한계에 근접 • 사고발생개소 주기적 검측 미비 • 사고발생개소 궤도검측차 및 선형검측기 검측 미비 	<ul style="list-style-type: none"> • 2인 1조 작업 안전수칙 무시 • 서울메트로 역무실 관리, 감독 부실 • 열악한 작업환경
후속조치	<ul style="list-style-type: none"> • 선로 유지보수 시행과정 중 선형 검측 체계 개선 권고 • 궤도검측차 및 선형검측기에 의한 선형 검측 점검방법을 선로 유지관리지침에 반영 권고 	<ul style="list-style-type: none"> • 사고 관련 담당 직원 5명 직위해제 • 서울메트로 지하철 안전업무 7개 분야 직영으로 전환
구분	도쿄 지하철 히비야 선 탈선사고	후쿠치야마 선 아мага사키 역 탈선사고
주요 사고원인	<ul style="list-style-type: none"> • 차량의 차륜에 걸리는 운중비 불균형 (30%) 방치 • R=160m의 급커브에도 불구하고 탈선방지 가드레일 미설치 • 레일도유량이 늘어나는 아침 출근 시간대 직후 	<ul style="list-style-type: none"> • 70km/h 속도제한 곡선부 116km/h진입 • 경험 미숙 기관사 현장 투입 • 기관사의 업무 부담감 과중 • 과도한 철도 운영사 간 경쟁
후속조치	<ul style="list-style-type: none"> • 탈선 장소의 선로 완화곡선장 10m 연장 • R=200m 이하 커브 출구 체감부 가드레일 설치 • 운중비 관리수치 10%이내 	<ul style="list-style-type: none"> • 노선 전체의 여유시간 늘림 • 140편의 열차 운행감축 • 휴먼에러 방지 교육 강화

국토교통부 철도운영관제팀의 철도사고 등 발생현황을 연차 별로 살펴보면 기술의 발달로 인해 사고 또는 운행장애의 횟수는 현저히 줄었지만 휴먼에러로 인한 사고는 끊임없이 발생하고 있다. 또한 기술적인 오류문제보다는 휴먼에러로 인한 사고 횟수가 더욱 많아졌다. 때문에 **Table 9**의 주요사고 사례의 주요 사고원인을 보면 휴먼에러로 인한 사고가 대부분을 차지했다.

2.4 서울, 도쿄, 오사카 도시철도 안전시스템 비교

앞서 한국과 일본의 도시철도 주요 사고 사례를 보고 분석해보았다. 한국과 일본 모두 규모가 다양한 철도사고 또는 운행장애를 겪은 것을 알 수 있다. 철도는 기술의 발달로 규모가 커지고 발전했지만 철도사고 및 운행장애 경험을 통해 같은 사고와 장애를 미리 방지하기 위한 대책을 세워야 한다. 또한 사고나 장애가 발생되면 후속조치가 이루어 지면서 안전에 대한 발전을 해왔다. 2.4에서는 이러한 경험으로 각 도시 별 도시철도에 도입 되어있는 안전시스템을 비교해 보고자 한다.

2.4.1 철도종사자 안전관리 비교

철도종사자 중 수 많은 승객의 안전을 책임지는 데에 핵심적인 역할을 수행하는 종사자는 바로 기관사와 관제사다. 기관사는 직접 차량운행을 하고 관제사는 각 열차들의 위치와 그들이 문제없이 진행 할 수 있도록 감시를 하며 철도운영에 있어 직접적인 영향을 미치기 때문에 이들의 안전관리는 철도운영에 있어 가장 중요한 부분이다. 다음 **Table 10**에서는 서울, 도쿄, 오사카의 도시철도 별 철도종사자 안전관리를 기관사와 관제사를 중심으로 비교해 보았다.

Table 10 서울, 도쿄, 오사카의 철도종사자 안전관리 비교

서울	국가차원의 종사자 인적요인 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 종사자 인적요인 관리를 위한 연구개발 • 기본안전수칙의 법제화 추진 • 기관사/관제사 면허제도 시행 및 운영 • 기관사 승무 전 승무적합성 검사 • 기관사 운전습성 향상프로그램 운영 • 철도안전 전문인력 양성 • 교육훈련 시행 및 체계 개선 • 종사자의 인센티브 제공 • 작업장 환경개선 • 위기관리 능력 향상
----	-------------------	--







	철도운영 기관의 인적요인 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 기관사 승무 전 승무적합성 검사 • 기관사 운전습성 향상프로그램 운영 • 교육훈련 수행 • 종사자의 인센티브 제공 • 작업장 환경개선 • 위기관리 능력향상 • 운행선로 작업자 보호 대책 시행 • 철도 종사자의 안전문화 확산
도쿄	승무원에 대한 교육 및 훈련 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 사고 직후 모든 승무원은 재발을 막기 위해 교육받음 • 교육을 통해 열차 감시 업무의 중요성 강조 • 영업 전 회송열차를 사용하여 출발 후 감독자가 차내 비상 통보부저가 울리고 비상을 인식한 기관사는 비상제동장치를 사용하여 비상제동조작훈련을 실시 • 역 출발 후 홈 구간을 진입하여 정지까지 차내 비상 통보부저가 울릴 경우 기관사는 비상제동을 할 수 있도록 비상제동조치취급 철저
오사카	기본방침	<ul style="list-style-type: none"> • 고객이나 다른 사람의 생명보호 • 공사 종사자의 생명보호 • 철도사고, 심각한 영업 장애 또는 설비 사고 방지 • 중대한 철도사고 예방
	안전실행 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 안전을 지원하는 관리 체계·인재 육성 강화 • 안전문화, 안전풍토의 구축 • 스스로 배우고 생각하는 문화 구축

2.4.2 차량 및 역사 설비 안전시스템

우리나라는 2003년 대구 지하철 참사로 인하여 엄청난 인명피해와 재산피해를 입었다. 이웃나라 일본은 우리나라의 대형참사를 매우 중요하게 인식하였고 자국의 철도에 이와 같은 참사가 발생하지 않도록 새로운 안전시스템을 고안하고 적용하여 대비하였다. 철도종사자의 안전관리는 한계가 있고 대처가 미흡할 수 있기 때문에 이를 뒷받침 해줄 차량 및 역사 설비 안전시스템이 필요하며 이 역시 철도 운영상의 중요한 요소 중 하나다. 다음 **Table 11**은 서울, 도쿄, 오사카의 차량 및 역사 설비 안전시스템 비교를 보여주고 있다.

Table 11 서울, 도쿄, 오사카의 차량 및 역사 설비 안전시스템의 비교

서울	<ul style="list-style-type: none"> • 테러나 폭발물에 의한 것인지 독가스가 유출된 것인지에 따라 대처방식이 완전하게 반대로 취해야함에도 불구하고, 이를 통일해서 매뉴얼을 구축함 • 이 것은 철도를 운영하는 사람에게 혼돈을 일으킬 수 있으므로 세분 하여 매뉴얼을 구분할 필요가 있을 것
----	--





	<ul style="list-style-type: none"> • 역을 기점으로 주변 소방서, 병원 등 유관기관과의 비상연락 및 긴급 구조 협력체제를 구축하여 최대한 줄일 수 있도록 해야함 • 현재 모든 방재 계획이 기관사에게 집중되어 있으며, 사고 발생 시 기관사가 부상을 당하거나 사망할 경우를 염두에 두지 않은 상태이므로, 현재의 대응시스템은 즉각적인 개선이 필요 • 외국인을 위한 안내방송 개선 • 차체 연결면 사이 추락방지장치 미흡하나 스크린도어 미설치 플랫폼의 난간설치로 미흡한 부분을 개선함 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> 1호선 전동차 추락방지 칸막이 승강장 안전발판 </div>
도쿄	<ul style="list-style-type: none"> • 피난 유도 설비, 배연 설비, 이단 셔터, 소화전 설비 등의 정비 • 케이블 내연 조치, 차량 천장 자재 내연 조치, 차량의 관통문 등 화재원 화재에 대한 안전성 향상 • 차량의 관통문 설치: 차량과 차량의 연결 면에 관통 문을 설치함으로써 만일 화재시 연소방지를 도모 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> 차량천장자재 내연 조치 차량의 관통 문 설치 </div>
오사카	<ul style="list-style-type: none"> • 역 시설이나 차량, 터널 내 전기 시설 등 모든 시설은 엄격한 기준에 의한 불연·난연성재료를 사용하고 있음 • 역이나 터널 내에서 화재가 발생했을 때를 위해 신속한 피난 유도를 돕는 방송 설비, 유도등 등의 설치, 또한 정전에 대비하여 축전지와 비상 발전기를 정비 • 피난시에 연기 확산을 방지하기 위해 계단 구획 셔터 및 배연 시설을 마련 • 소방 시설로, 실내 소화전, 소화기, 스프링쿨러, 터널 내에서 역 출입구에서 주입하여 터널 내에서 생존 가능한 있는 연결 수송관 부설 • 차체 연결면 사이 추락 방지 장치: 차체 측면에 따라 덮개 천과 같은 재질의 보호 천을 씌워 역의 홈에서 비틀거나 출입구와 틀리거나 하였을 때 연결 된 곳의 틈새에서 궤도에 추락을 방지 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> 계단 구획 셔터 차체 연결면 사이 추락 방지 장치 </div>

2.4.3 재난 안전시스템

이웃나라 일본은 환태평양 지진대에 걸쳐있어 오랜 세월 동안 지진에 대비하였고 지진 뿐만 아니라 다양한 재난을 겪어왔기 때문에 일본은 세계 최고의 내진설계 기술을 가지고 있

는 국가로 성장 할 수 있었다. 반면 우리나라는 지진을 많이 경험하지 못해 대부분의 시설들이 내진설계가 미흡하다. 2016년 9월 발생한 경주 지진은 더 이상 한반도는 지진의 안전지대가 아니라는 사실을 전 국민에게 다시 한번 각인시켜 주었고 아직까지도 여진이 발생하고 있다. 또한 수많은 전문가들이 언제든 지진은 일어날 수 있고 말하였고 우리나라도 서둘러 이에 대비하여 피해를 줄여야 한다는 의견을 제시하였으며 기존에 있던 설비에 내진설계를 보강해야 할 필요성이 있다고 주장하였다. **Table 12**은 서울, 도쿄, 오사카의 도시철도의 재난 안전시스템을 비교하여 보여주고 있다.

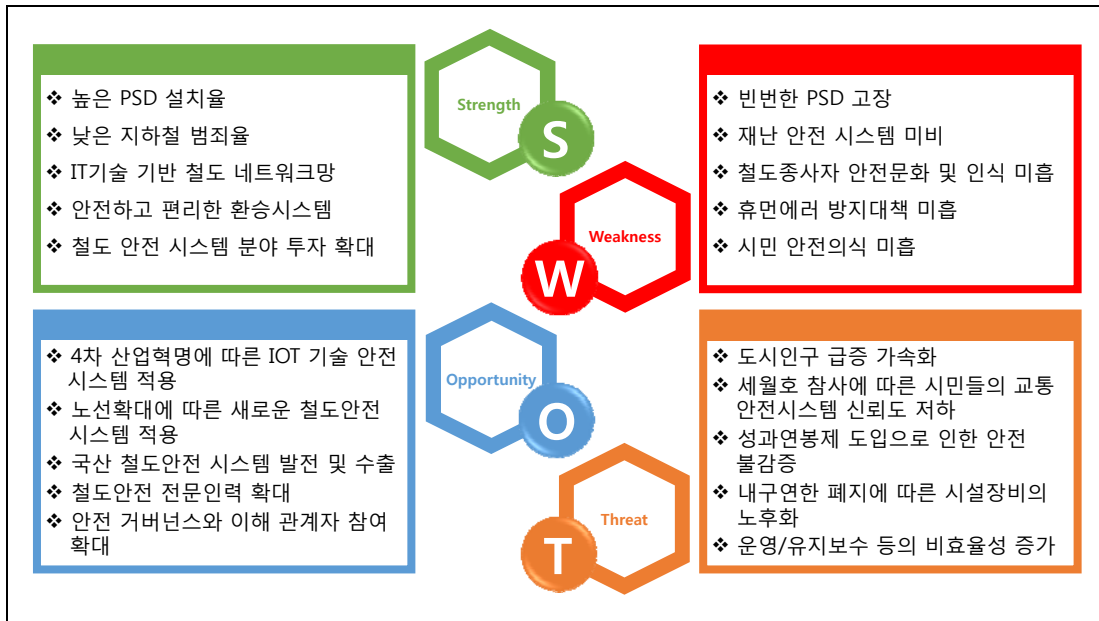
Table 12 서울, 도쿄, 오사카 도시철도의 재난 안전시스템 비교

<p>서울</p>	<ul style="list-style-type: none"> 정거장에 정차해 있는 열차 승무원들은 지진경보 해제 시까지 안전한 객실 내에 있도록 안내방송 실시 정거장 간을 운행 중인 열차는 지진경보 시 25km/h이하, 지진비상경보 시 15km/h이하로 주의 운전하도록 되어있음 최근 2016년 9월 경주지진으로 인해 서울메트로의 지진 발생 시 조치에 관한 메뉴얼을 개선할 예정 1~4호선 구간에 대해 내진성능확보 여부를 위한 내진성능평가를 완료하였으며, 국내 도시철도 기준에 따라 보강이 필요한 구간은 순차적으로 내진보강공사 추진 중 관련 법령 제정 이후에 건설된 수서~오금 구간 및 내진성능개선공사를 완료한 당고개~상계, 신림~신대방 또한 내진성능을 확보하고 있으며, 6.3의 지진을 견딜 수 있도록 설계
<p>도쿄</p>	<ul style="list-style-type: none"> 한신·아와지 대지진의 교훈을 바탕으로 터널·구름 다리, 지상건물에 대해서 내진성을 재검토, 내진보강 공사를 실시하여 2012년 말에 완료 지진 발생시에는 연선 6개소에 설치하고 있는 지진계에서 종합 지령실의 정보 표시 장치에 지진 경보가 표시되어 즉각 지진의 크기에 따른 전차의 운전 규제를 실시 기상청으로부터 발신되는 긴급 지진 속보를 활용한 조기 지진 경보 시스템을 운영하고 있으며, 기설의 지진 경보 장치와 병용 투여 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="513 1189 871 1429">  <p>점포 내부 고가 도로 교각 내진 보강</p> </div> <div data-bbox="956 1189 1331 1429">  <p>종합지령실</p> </div> </div>
<p>오사카</p>	<ul style="list-style-type: none"> 지진 발생 대비에 지진계를 설치하여 지진의 강도에 따라 3단계의 경보 수준을 설정하고 경보 수준에 따라 신속하게 고객을 피난 유도 지진계로 측정된 지진 정보는 수송 지령 소의 열차 집중 표지판에 표시되며, 1차에서 3차까지의 경보를 발하고, 제 3차 경보의 경우는 차량에 전력공급을 자동으로 정전 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="499 1630 857 1848">  <p>남향 검차 공간의 지진계</p> </div> <div data-bbox="935 1630 1321 1848">  <p>지진계 모니터</p> </div> </div>

2.5 도쿄, 오사카 도시철도와 비교해본 서울 도시철도 SWOT분석

앞서 비교한 바와 같이 도쿄와 오사카의 도시철도는 세계적인 명성에 걸맞게 안전하고 좋은 시스템을 갖추어 대형사고부터 사소한 사고, 그리고 자연재해로 인한 피해를 확실하게 예방하자는 의지를 보여주고있다. 서울 도시철도가 일본과 같은 안전강국이 되는 방향을 제시하기 위해서 앞에서 정리한 사고 사례 분석과 비교를 통한 서울 도시철도 안전시스템을

Fig. 4 도쿄, 오사카 도시철도와 비교해본 서울 도시철도 안전시스템 SWOT분석



SWOT 분석을 하였고 SWOT분석의 결과는 다음 Fig. 4와 같다.

3. 결론

3.1 철도종사자 양성분야

현재 철도는 과거와 달리 신교통 시스템, 무인 시스템 등 상당한 기술의 발전으로 많은 부분이 자동화가 되어있고 앞으로도 자동화 위주의 시스템으로 발전해 나갈 것으로 내다보고 있다. 현재 가장 이슈화 되고 있는 것은 4차 산업혁명이다. 4차 산업혁명의 3가지 키워드는 바로 AI(Artificial Intelligence, 인공지능), IoT(Internet of Things, 사물인터넷), 로봇공학(Robot Engineering)이다. 우리나라는 세계에서 인정받는 최고의 IT강국이다. 도래하는 4차산업 혁명 사회에서 우리나라 철도기술을 발전시켜 세계 곳곳으로 뻗어나가기 위해서는 철도종사자들이 4차산업 혁명 사회에 대비 할 뿐만 아니라 이를 응용하고 융합할 줄 아는 새로운 신 인류로 거듭 날 필요가 있다. 이러한 소양을 갖추고 인적자원을 양성하는 것이 새로운 철도기술을 더 빠르게 개발하고 발전시킬 수 있을 것으로 예상된다. 이에 맞추어 정부는 교육의 백년대계를

잘 세워 해외 선진국과 같이 청소년기부터 적극적인 교육을 통해 창의적이고 전문적인 인력을 배출하는데 지원을 아낌없이 쏟아야 한다. 또한 철도운영기관은 틀에서 벗어난 새로운 시각으로 인적자원을 뽑아 좋은 Meister로 성장시켜야 한다.

3.2 휴먼에러 사전 방지 방안

철도의 기술이 나날이 발전함에 따라 기계적인 오류로 인한 사고와 운행장애는 상당히 많이 줄었으나 휴먼에러로 인한 사고는 줄지않고 있다. 철도사고의 발생원인을 분석해보면 전체 393건의 사고 중 휴먼에러로 인한 사고는 153건으로 전체 사고의 39%에 해당되며 제일 큰 비중을 차지한다. 이는 휴먼에러가 철도사고의 주된 원인이며 이를 사전에 방지할 수 있는 방안 제시의 필요성이 강조되었다. 다음 Table 13은 휴먼에러의 사전 방지 방안을 제시하고 있다.

Table 13 휴먼에러 사전 방지 방안 정리

중요 착안점	내 용
이해하기 쉬운 작업표준 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 장치나 설비에 관계되는 모든 작업을 표준화하여 그 작업 표준에 따라서 작업을 실시하는 것이 기본 • 작업표준을 순서대로 작업을 실행시키기 위해서는 활용하기 쉽도록 이해시키는 노력도 매우 중요함
인수인계 시 내용기록	<ul style="list-style-type: none"> • 정상, 비정상에 따른 내용이 달라지지 않도록 하기 위해 확실한 인수인계가 필요 • 인수인계를 할 때에는 간단한 문장, 도해 등을 기록하여 인수인계 받는 사람이 이해하기 쉽도록 하며 말로 하는 인수인계는 금함
작업 시작 전 중요점 협의	<ul style="list-style-type: none"> • 작업을 안전하고 효율적으로 진행하기 위하여 작업내용, 작업범위, 준비, 마감가짐 등의 공유화를 도모하는 것이 중요
작업지시서는 구체적으로 작성	<ul style="list-style-type: none"> • 지시명령서는 전원이 준수하도록 하기 위하여 추상적인 표현은 피하고 지시받는 사람의 오해가 생기지 않도록 작성하고 수치로 나타낸 것은 수치화를 하도록 함
보고 · 연락체계 강화	<ul style="list-style-type: none"> • 세세한 보고, 연락, 의논이 가장 중요 • 이렇게 하지 않으면 문제가 되어 제멋대로 판단하고 행동하여 사고로 이어질 가능성이 있으므로 절대 피하여야 함
작업순서의 중요 부분 시각화	<ul style="list-style-type: none"> • 중요한 작업이나 복잡한 작업은 작업순서의 중요 부분을 그림으로 이해하기 쉽게 카드화하고 작업현장에서 휴대 가능한 카드 케이스 등에 넣어서 정리
점검 시 리스트 등 관리 매뉴얼 사용	<ul style="list-style-type: none"> • 공장에서는 설비나 기계의 이상 상태를 잠깐 못 보는 것도 사고재해로 연결될 가능성이 있으므로 항상 설비나 기계에 이상이 없는지 점검 할 필요가 있음
혼동 방지 대책 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 착각을 일으킬 기기나 배관에는 보기 쉬운 위치에 기기번호 등을 크게 표시 • 주의사항 등을 써놓은 간판을 설치하고 장치운전에 큰 영향을 미치는 밸브 등은 조작 금지 표지를 부착

3.3 재난에 대비한 설계

2016년 9월 발생한 경주 지진은 전 국민에게 한반도는 더 이상 지진으로부터 안전한 지대가 아니라는 경각심을 일깨워준 자연재해이다. 일본의 경우 세계최고의 내진설계 기술을 보유하고 있기 때문에 지진이 발생해도 큰 피해를 입지 않는 편이다. 그러나 우리나라의 경우 내진설계가 미흡한 시설이 대다수 차지하고 있기 때문에 만일 경주 지진보다 규모가 큰 지진이 발생할 경우 도시철도뿐만 아닌 다른 철도를 이용하는 이용객들이 큰 사고를 당할 수 있다. 이에 일본을 포함한 내진설계 강국의 사례를 비교하고 벤치마킹하여 우리나라만의 독자적인 내진설계 기술을 개발 및 발전시켜 기존 차량 및 역사 설비 등을 개량하고 새로 건설될 노선에 적용해 나가야 한다. 또한 현재의 설계기준을 강화하는 법을 제정하고 정부의 다각적인 지원을 통해 부실 대한민국이 아닌 안전한 대한민국으로 만들어 가야 한다.

참고문헌

- [1] 오인택외 2명(2008), 국내 철도안전관리체계 개선에 관한 연구, 한국철도학회 2008년도 학술발표대회논문집
- [2] 광성록외 2명(2014), 도시철도 대형사고 위기대응 매뉴얼 구성방안 연구, 한국철도학회 2014년도 춘계학술대회논문집
- [3] 국토교통부(2017), 제 8차 국가교통안전기본계획(2017~2021), pp50-56, pp190-223
- [4] 국토교통부(2016), 철도사고사례집
- [5] 국토교통부(2016), 철도업무편람
- [6] 박건수(2016), 철도분야 안전관리체계 현황과 발전방안(월간교통), pp20-24
- [7] 광성록(2015), 대한민국의 철도안전관리, 지식과감성
- [8] 후지 노로부 히로시(2007), 철도 사고 조사 보고서, 항공·철도 사고 조사 위원회
- [9] 철도 총괄 부 안전 추진과(2016), 2016 지하철·뉴 트램 안전 보고서, 오사카시 교통국 철도 사업 본부
- [10] 사토 아키히로 교토 대학 대학원 정보학 연구과(2016), 교토에서 본 일본 교통 체계의 미래상과 세계 메쉬 코드의 중요성, 우치야마 진 세계 메쉬 코드 연구회
- [11] 이준외 1명(2014), 도시철도사고 예방 및 대응체계 개선 연구, 한국교통연구원 연구총서
- [12] 와다 슌도의(2016), 긴키 닛폰 철도 안전 보고서 2016, 긴키 닛폰 철도 주식회사
- [13] www.osaka-monorail.co.jp(오사카 모노레일)
- [14] www.westjr.co.jp (JR 서일본)
- [15] www.kintetsu.co.jp (킨테쓰 철도)
- [16] www.kotsu.city.osaka.lg.jp (오사카시 교통국)
- [17] www.krri.re.kr(한국철도기술연구원)
- [18] www.railsafety.or.kr(철도안전종합관리시스템)
- [19] www.tokyometro.jp(도쿄메트로)
- [20] www.tokyu.co.jp(도쿄급행전철)
- [21] www.seiburailway.jp(세이부철도)
- [22] www.stat.seoul.go.kr(서울통계)

- [23] www.kotsu.metro.tokyo.jp(도쿄도교통국)
- [24] www.keikyu.co.jp(게이힌급행전철)
- [25] www.tobu.co.jp(도부철도)
- [26] www.keisei.co.jp(게이세이전철)
- [27] www.tokyo-monorail.co.jp(도쿄모노레일)
- [28] www.yurikamome.co.jp(유리카모메)
- [29] www.odakyu.jp(오다큐철도)
- [30] www.hokuso-railway.co.jp(호쿠소철도)
- [31] www.keio.co.jp(게이오전철)
- [32] www.tama-monorail.co.jp(다마도시모노레일)
- [33] www.kric.go.kr(철도산업정보센터)
- [34] www.railway.or.kr(한국철도학회)
- [35] www.seoulmetro.co.kr(서울메트로)
- [36] www.kaia.re.kr(국토교통과학기술진흥원)
- [37] www.ts2020.kr(교통안전공단)
- [38] www.kric.or.kr(철도산업정보센터)
- [39] www.hankyu.co.jp (한큐 전철)
- [40] www.kric.or.kr(철도산업정보센터)