

국내 철도 안전사고에 대한 문제점 및 해결방안 고찰

Problems and Solutions for Domestic Railway Accidents

이재훈*, 이현준*[†], 김승민*, 강해철*, 박지호*, 안도훈*, 양진송*, 탁현호*, 박정수**

Jae Hoon Lee*, Hyeon Jun Lee*[†], Seung Min Kim*, Hae Cheol Kang*, Ji Ho Park*

Do Hoon Ahn*, Jin Song Yang*, Hyeon Ho Tak*, Jeong Soo Park**

초 록 철도 이용객과 직원의 안전사고는 최근 지속적으로 줄어드는 추세임에도 불구하고 사고에 대한 위험은 언제 어디서나 산재해 있다. 본 논문에서는 국내 철도 안전사고 통계를 바탕으로 현재 철도 운영기관에서 발생하는 안전사고의 특성을 분석하여 사고에 선제적으로 대응하기 위한 개선방안을 도출하고자 고찰하였다. 우선 전반적인 안전 의식의 부재에서 비롯된 휴먼 에러를 경감시키기 위해 규칙 준수성과 비상대응능력이 향상되어야 하고, 이를 위한 안전감시 및 관리감독 강화를 제안하였다. PSD 및 출입문 사고에 대해 시스템적인 개선으로 승무원의 착각에 의한 사고를 방지하고자 하였고, 사물 인터넷을 도입하여 실시간 모니터링을 강화하고 원격제어의 범용화를 제시하였다.

주요어 : 철도안전사고, 인적오류, 휴먼에러, 안전문화, 사물인터넷

1. 서 론

유가변동 및 교통정책의 흐름에 따라, 최근 10년 동안 철도의 수송 분담율이 꾸준히 증가함과 동시에 국내 철도 산업의 규모는 점차적으로 확대되었다. 도로중심의 화물수송 체계는 대량수송이 가능하고 수송 효율성이 높은 철도로 대체되고 있으며, 지속적인 노선의 확장과 더불어 여객 운송 또한 매년마다 그 이용률을 갱신하고 있다. 한편으로는 안전관리 강화와 안전시설의 확충으로 철도 사고의 발생은 매년 줄어들고 있다. 그러나 첨단 기술의 발전과 더불어 철도 산업 시스템이 고도화 되어감에 따라 안전 사고의 유형은 단순 기계적 결함보다는 복잡하고 다양한 요소가 결합되는 경우가 많아졌으며, 출입문 끼임사고, 계단 미끄러짐 사고, 승강장 추락사고 등 각종 승객의 안전사고와 조차 미숙에서 비롯된 인적 요인에 의한 사고는 여전히 철도 사고의 많은 비중을 차지하고 있다. 이에 본 논문은 철도 안전사고의 현황을 분석하고 유형별 사고 특성 및 문제점을

파악하여 안전사고율을 낮추고 휴먼 에러를 방지하는 방안에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 용어의 정의

철도안전법 시행규칙 제86조제3항의 규정에 의거한 『철도사고 등의 보고에 관한 지침』 제 3조 1항 7호에 따르면 철도안전사고란 철도운영 및 철도시설관리와 관련하여 인명의 사상이나 물건의 손괴가 발생한 사고를 말하며 역사, 기계실 등 철도시설 또는 철도차량에서 화재가 발생한 사고인 철도화재사고, 철도시설이 손괴된 사고로써 철도시설과손 사고, 철도시설에서 추락, 감전, 충격 등으로 여객, 공중, 직원의 사상이 발생한 사고

[†] 교신저자: 동양대학교 철도학술동아리
T.R.M(matthewjoon@naver.com)

* 동양대학교 철도학술동아리 T.R.M

** 동양대학교 철도학술동아리 T.R.M 지도교수

인 철도안전사상사고, 그리고 기타철도안전 사고로 분류하고 있다. 본 논문에서는 보다 포괄적인 의미로서 위험이 발생할 수 있는 장소에서 안전 수칙 위반, 부주의 등으로 발생하는 사람 또는 재산 피해를 주는 사고로 그 의미를 확장한다.

2.2 철도안전사고 발생 현황

2.2.1 서울교통공사 안전사고 발생 현황

Table 1 안전사고 발생 비율

구분	총발생	일평균	비율
계	2672	7.3	100%
역구내 전도	812	2.2	30%
출입문 관련	764	2.1	29%
E/S 관련	564	1.5	21%
연단 실족	140	0.4	5.5%
열차내 전도	210	0.6	8.1%
E/V 관련	21	0.06	0.8%
PSD 관련	5	0.01	0.1%
기타	156	0.4	5.5%

<출처 서울메트로(2016), 지하철 사상사고 현황분석 자료>

2016년 (구)서울메트로 안전사고는 2,672건 중에서 역구내 전도사고가 812건으로 가장 높게 나타났고, 출입문관련 사고가 764건, E/S 564건, 열차 내 전도 210건 순으로 나타났다. 또한 역구내 전도와 출입문관련 사고가 전체사고의 59%를 차지하고 있을 정도로 다른 사고에 비해 빈번히 발생하는 것을 알 수 있다. 이 외 연단실족, E/V 관련, PSD 관련사고 등으로 분석되었다.

2.2.2 도시철도 안전사고 발생 현황

국토교통부가 발표한 2016/17년 안전사고 통계자료에 따르면, 도시철도의 안전사상사고 28건 중 여객의 E/S관련 사고, 직원의 작업장 추락사고가 각각 7건(25%)으로 가장 높으며, 승강장 추락 6건(21%), 전기감전 3건(10.7%) 순으로 나타났다. 이 외 승강장 전도, 여객/공중의 전기 감전, 비산/낙화물 충격, E/V 추락 사고가 각각 1건으로 나타났다.

Table 2 도시철도 안전사고 통계

구분	분류		비율
	구분	비율	
여객 및 공중	승강장(역) 추락	6	21.4%
	승강장(역) 넘어짐	1	3.6%
	비산/낙화물 충격	1	3.6%
	E/V 추락/넘어짐	2	7.1%
	E/S 추락/넘어짐	7	25%
	전기감전	1	3.6%
직원	작업장 추락/넘어짐	7	25%
	전기감전	3	10.7%
계	.	28	100%

<출처 국토교통부(2017), 2017년 철도사고 등 발생 현황>

2.2.3 일반철도 안전사고 발생 현황

Table 3 일반철도 안전사고 통계

구분	2016년		2017년	
	총발생	비율	총발생	비율
계	1745	100%	1897	100%
넘어짐	1017	58.2%	1247	65.7%
출입문 끼임	340	19.5%	297	15.7%
개인 질병	11	0.6%	70	3.7%
다른 고객	44	2.5%	4	0.2%
뛰어듬	10	0.6%	21	1.1%
급정차	0	0%	8	0.4%
부딪힘	210	12.0%	117	6.2%
선로통행	2	0.1%	1	0.1%
시설하자	0	0%	33	1.7%
추락	26	1.5%	45	2.4%
연단 실족	5	0.3%	29	1.5%
기타/미상	80	4.6%	25	1.3%

<출처 코레일(2017), 철도안전사상사고 현황분석 자료>

일반철도에서는 2017년(1897건)에 일어난 철도안전사상사고가 2016년(1745건)대비 약 8.7% 증가하였으며, 넘어짐(전도)사고와 출입문 끼임사고가 2016년, 2017년 각각 1357건(77.7%), 1544건(81.4%)으로 전체 사고의 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 이는

서울교통공사에서 발생한 안전사고와 맥을 같이한다. 이어 부딪힘 사고가 전체 3642건 중 327건으로 약 10%를 차지하였고, 기타사고, 개인질병, 추락사고 등의 순으로 나타났다. 또한 급정차 관련 사고, 선로에 뛰어드는 사고, 추락사고, 개인질병, 연단실족, 시설하자로 인한 사고는 전년 대비 늘어났으며 특히 시설하자로 인한 사고와 연단 실족사고가 큰 폭으로 증가하였다.

2.2.4 휴먼 에러에 의한 사고 현황

과거 사고사례를 원인에 따라 Fig.1과 같이 분류하였다. 이때 철도사고에 해당하는 탈선, 충돌, 화재는 전체 철도사고장애의 1.66% 수준이었으며, 그 중 절반 이상이 운전취급불량과 안전관리소홀로 나타났다. 사고장애를 포함한 경우 휴먼에러는 18.90%를 차지하였으며, 작업자의 부주의에 의한 안전사고가 13.19%로 대부분을 차지하였다. 세부 항목 중 선로작업에 따른 작업자 사상사고는 전체의 1.40%로 매우 낮은 비율로 발생하였으나 자살을 제외한 사망사고의 61.11%, 평균 39.92분 지연을 발생시켰다. 휴먼에러 중 22.84%에 해당하는 운전취급불량은 대부분이 실념에 의한 사고장애(이선진입, 운전미숙)로 파악되었다.

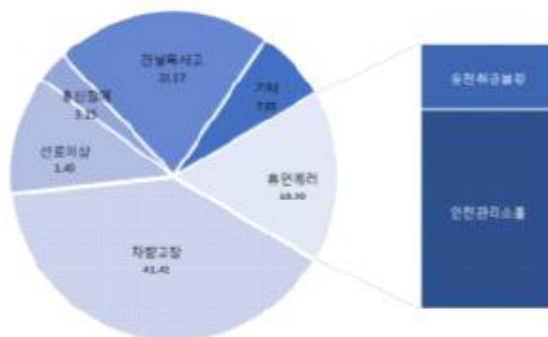


Fig. 1 철도사고 및 장애의 원인별 비중

2.3 유형별 사고 분석

2.3.1 전체 안전사고 대상별 분석

서울교통공사 안전보고서에 따르면, 전체 안전사상사고 대상별로 직무사상(57.6%), 여객사상(36.4%), 공중사상(6%) 순으로 발생하였다. 직무 사상은 외부직원이 73.7%를 차지하였으며, 이는 안전업무의 외주화, 직원의 안전교육 및 안전의식의 부족에 기인한 것으로 파악되었다. 또한 국토교통부가 발표한 철도안전사고 통계와 다소 일치된 양상을 보이고 있다.

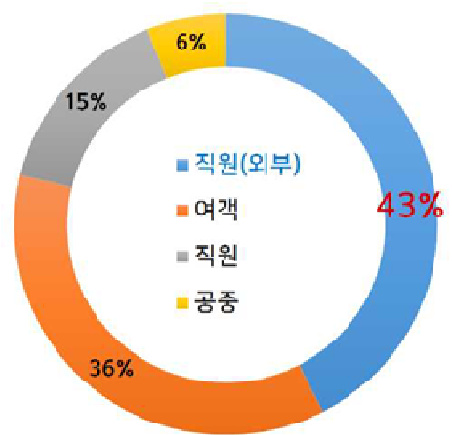


Fig. 2 대상별 안전사고 발생 비율

2.3.2 전도사고 및 출입문사고 분석

철도 안전사상사고의 대부분은 열차 내 혹은 계단 및 에스컬레이터 등에서 넘어지는 전도사고이다. 출입문 끼임사고, 발빠짐, 혹은 연단실족과 관련된 출입문 사고의 발생율이 그 뒤를 잇고 있으며, 전도사고와 출입문 사고를 합하면 전체 안전사고의 대부분을 차지하는 것으로 분석되었다. 서울교통공사 기준 총 사고건수 2672건 중 역구내, 열차내 전도사고와 출입문 관련 사고를 합쳐 1786건으로서 약 67.1%에 해당한다. 구내 전도사고 원인은 대개 승객 본인의 부주의로 인해 일어나고 있으며 혼잡 시간대에 다른 승객에게 떠밀려 넘어지는 사고, 제3자간 충돌사고, 무리하게 게이트를 뛰어넘다 전도된 사고, 다른 승객과 부딪혀 넘어진 사고, 토사물 등 이물질을 밟아 전도, 지하철 이용 중 스마트

기기 사용에 몰두하다 사고가 발생하였으며, 바닥 및 계단 미끄럼 방지를 위해 눈 슬립 자재 설치 등의 대책이 필요하다고 판단된다. 열차내 전도 사고는 혼잡한 시간인 출.퇴근 시간대(06-09시, 15-21시 사이)에 가장 많이 발생하며, 유동인구가 많은 역과 취객이 많은 저녁시간 이후에 발생률이 높은 것으로 나타났다.

출입문 관련사고는 전체 764건 중 퇴근 이후 시간대인 15-21시 사이에 376건이 발생하였으며, 이는 약 49%, 즉 절반에 달하는 수치이다. 즉, 출입문사고 및 전도사고는 주로 혼잡도에 비례하여 증가한다고 볼 수 있다.

Table 4 시간대별 전도사고 발생 현황

구분	합계	열차내 전도	출입문 관련
계	974	210	764
발생 시간대	05-06	0	1
	06-09	51	79
	09-12	31	104
	12-15	26	14
	15-18	38	195
	18-21	33	181
	21-	91	60

<출처 서울메트로(2016), 지하철 사상사고 현황분석 자료>

2.3.3 승강설비(E/V, E/S) 사고 분석

에스컬레이터(E/S) 관련 사고는 19시 이후 취객에 의한 사고가 빈번하였고 사고원인은 안전수칙 미 준수(손잡이를 잡지 않고 걸거나 뛰어서 이용, 무거운 물건을 소지), 불안정한 상태에서 전도(고령, 음주, 물건 휴대), 기기 장애(시설 노후화 및 정비 미흡) 등 이었다. 사고유형은 60대 이상 고령자 사고비율이 50% 이상이었으며, 사고 유형은 음주, 안전수칙 미 준수, 기타 본인 부주의로 발생하였다.

E/S 전도 사고는 유동인구가 많은 환승역에서 많이 발생하며, 시민들의 안전수칙 이용 준수가 요구되었고 엘리베이터(E/V) 관련 사고는 무리하게 탑승하다 출입문에 몸이 끼이거나, 바닥판 들뜸으로 구두가 걸려 전도된

사고였다. E/S, E/V 시설노후 및 기기이상을 방지할 경우 대형책임사고 발생 우려가 높다.

2.3.2 직원사고 원인별 분석

직원에 의해 발생한 사고를 원인별로 살펴보면 안전수칙위반(45%), 장치결함(29%), 규정위반(12%), 개인과실(9%), 기타(5%) 순으로 나타났다. 이는 인적 오류에 의해 발생한 사고가 전체의 66%를 넘기고 있으며, 이렇듯 변수가 다양하여 예측하기 어려운 휴먼 에러는 운영기관의 다양한 예방 노력에도 불구하고 여전히 상당 부분을 차지하고 있는 것으로 사료된다.

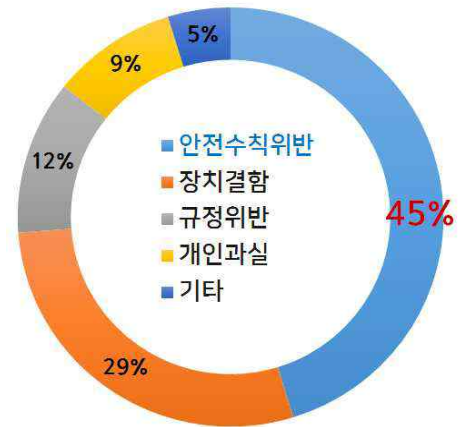


Fig. 3 원인별 안전사고 발생 비율

2.4 문제점 및 해결 방안 고찰

2.4.1 출입문 및 PSD

승강장 안전문 끼임 사고의 경우 효율적인 CCTV 배치를 통해 사각지대를 없애고 승강장 안전문의 센서추가 등 기능 불량 개소를 개선하여 승무원의 임의 판단 요소를 제거하며 무리한 승하차가 이루어 지지 않도록 대승객 홍보를 적극 시행하여야 한다.

또한 승강장 안전문 미개방 통과사고가 종종 발생하고 있는데, 이러한 원인으로 기계적 요인과 인적 요인이 있지만 해결방안으로는 발차지시등(DILP)의 개선을 제시하고자 한다. Fig.3 과 같이 현행 발차지시등은 열차진입에서 정위치에 정차하는 과정에서도

PSD가 모두 닫힌 경우에는 상시 점등되어 출발이 가능하고, 정차 후 PSD의 개방 여부와는 관계없이 승강장 안전문과 차량 출입문이 모두 닫힌 상태이면 전동차 발차지시등이 점등되는 조건으로 동력운전이 가능하도록 출입문연동 계전기(DIR1, DIR2)를 여자시켜 동력운전을 제어하고 있다. 이러한 현재의 제어방식은 승무원의 인적 착오에 의하여 안전문 미개방 발차 사고가 발생하는 원인이 된다. 따라서 PSD가 반드시 개폐된 이후에만 발차지시등이 점등되는 조건으로 기계적 접점회로를 추가하여 개선함으로써 승무원의 오인을 불러일으키는 경우를 방지하여 미개방 통과사고가 감소될 것으로 판단된다.

Current Logic	PSD	차량진입	K2 Value
평시	닫힘(1)	없음(0)	출발불가(0)
차량진입-정차	닫힘(1)	정차(1)	출발가능(1)
차량출입문열림	열림(0)	정차(1)	출발불가(0)
차량출입문닫힘	닫힘(1)	정차(1)	출발가능(1)
차량출발	닫힘(1)	없음(0)	출발불가(0)

Fig. 3 현행 Door등 점등 논리구성

2.4.2 도시철도 비상대응 매뉴얼 개선

기존의 사고처리 과정은 사고원인부서와 사고처리(보상)부서가 상이하고, 사고원인부서의 책임회피로 사고 저감을 위한 적극적인 노력이 부족한 것이 현실이다. 이러한 상황에 단기적으로 개선이 필요한 부분은 다음과 같다. 기본적으로는 비상시 행동요령에 각 상황별로 대처하도록 제시되어 있는 순서도의 양식을 통일시켜야 할 것이며, 골든타임 운영은 사고발생을 경감시킬 수 있는 핵심 전략이므로 이에 대한 활용이 필요할 것이다. 또한 사고 특성별로 세분화된 매뉴얼을 제시할 필요가 있다. 비슷한 항목을 통일해서 매뉴얼을 구축해 놓은 곳이 있다면, 철도를 운영하는 사람에게 혼돈을 일으킬 수 있으므로 세분하여 구체적인 매뉴얼을 구비할 필요가 있을 것이다. 또한 역을 기점으로 주변 소방서, 병원 등 유관기관과의 비상연락 및 긴급

구조 협력체계를 구축하여 최대한 피해를 줄일 수 있도록 해야 할 것이다.

2.4.3 사물인터넷(IoT) 도입을 통한 선제적 대응능력 강화

현재 철도 운영기관에서 운용중인 시스템은 IoT 초기단계만의 서비스를 제공하고 있어 스마트폰과 같은 모바일 기기에서의 접근을 허용하지 않고 있다. 서비스를 고도화하고 활용도를 높이기 위해서는 운영자의 개입을 최소화하고 이동환경에서도 시스템접근이 용이해야 한다. 언제, 어디서나, 이동중에도 직원이 개인 스마트폰 등 모바일 기기를 통해서 알람정보 발생시 시스템에서 자동으로 전송된 해당정보를 확인하고 모니터링할 수 있어야 하며, 필요시 원격제어도 가능하도록 시스템적 보완이 필요하다.

또한 안전사고가 빈번히 발생할 수 있는 취약지점유형을 분석하여 찾아내는 것도 중요하다. 이것을 기반으로 센싱기술을 활용한 보행안전시설물을 설치하여 실시간 모니터링 시스템을 구축한다면 안전사고의 주된 요인인 역구내 전도사고, 추락사고에 선제적으로 대응함으로써 병발사고로 인한 피해를 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 역구내 전도사고는 유동인구가 많은 역과 승객들이 몰리는 특정 시간에 비례하여 그 발생율이 증가하기 때문에 사고 및 장애를 유발하는 위험 요인을 체계적으로 모니터링하기 위한 IoT시스템의 구축이 반드시 필요한 실정이다.

3. 결론

본 논문에서는 다음과 같은 안전사고 예방 방안을 도출하였다. 출입문 및 PSD 관련 사고의 경우 효율적으로 CCTV를 배치하고 대승객 방송을 적극 시행하여야 하며, 사고 빈발 개소 및 연단 간격이 넓은 지점은 승하차 대승객 방송을 강화하고 안전요원의 우선적인 배치가 필요한 부분이다. 또한, 도시철도 비상대응 시스템의 구조적인 개선을 통해 일관되고 구체적인 사고 처리 지침이 필요하며, IoT 시스템의 구현으로 역사 전체의 동기화를 꾀하여 토사물과 바닥면에 잔존하는 물기

등 전도사고의 원인이 될 수 있는 요인이나, 설비의 동작 상태나 오작동 여부 등을 실시간으로 파악하고 보행안전시설물을 증설하여 2차적으로 일어나는 병발사고의 피해를 줄일 수 있다고 판단하였다.

안전사고는 충분히 예방이 가능한 사고이다. 조직 내 안전문화 및 종사자 안전의식의 부재에서 비롯된 기존의 소모적인 정책에서 탈피하여 사고 예방에 중점을 둔 예산 편성을 추진하고, 안전사고의 분석을 위해 빅데이터를 활용한 분야별 취약점 및 습성구간을 파악, 연구하려는 시도가 필요하며, 특히 휴먼에러에 의한 안전 분석은 단순 통계가 아닌 다각적 해석이 필요하다. 이와 같은 안전관점에서 철도 안전에 관한 정보는 지속적으로 관리되어야 한다.

참고문헌

- [1] 이상휘, 성현선, 김현준, 권태삼. (2017). 서울메트로 안전사고 유형분석을 통한 개선방안 도출. 한국철도학회 학술발표대회논문집, , 640-648.
- [2] 최상호, 류경신, 조희, 황태상. (2014). 승강장 안전문(PSD) 안전성 개선에 관한 연구. 한국철도학회 학술발표대회논문집, , 721-728.
- [3] 김예진, 장정욱, 박연주. (2017). 철도사고를 유발하는 휴먼에러 분석. 한국도시철도학회논문집, 5(4), 1077-1082.
- [4] 허성태, 최승호. (2015). 도시철도에서 사물인터넷(IoT)의 활용에 관한 연구. 한국철도학회 학술발표대회논문집, , 1333-1340.
- [5] 이준, 이해선. (2014). 도시철도사고 예방 및 대응체계 개선 연구. 한국교통연구원 기본연구보고서, , 1-178.