

철도사고분석에 대한 고찰

A study on the analysis of railway accidents

이관섭* 권태수** 구정서***
Lee, Kwan-Sup Kwon, Tai-Soo Koo, Jung-Seo

ABSTRACT

It is necessary to analyze the railway accidents and incidents for the purpose of understanding present safety state and enhancing its system. Korea National Railroad has its accident/incident reporting codes, but it is relatively not sufficient for detail classification and investigation of accident and incident compared with foreign countries.

This paper suggests how to classify the railway accident/incident, and describes the analysis result for domestic recent railway accidents and incidents according to the new suggested classifying system.

1. 서론

철도의 안전현황을 파악하고 개선 대책을 도출하기 위해서는 먼저 국내에서 발생했던 사고를 분석하는 것이 필요하다. 철도사고 및 장애에 대한 자료는 철도청의 “운전사고 및 운전장애 월보”만 해도 연간 수백 건이 넘는 방대한 양이므로 사고유형별, 사고원인별로 체계적인 분류하여야 통계자료의 유용성을 높일 수 있고 효율적이고 정량적인 분석이 가능하다. 그러나 현재 국내의 사고 및 원인 분류체계는 단순하여, 사고유형의 중복성이 있고 사고원인에 대해 구체적인 분류화가 되지 않음으로써 사고분석에 많은 어려움이 있다. 따라서 국내의 철도사고에 대한 분류체계를 고려하여 국내 철도사고에 대해 분류체계를 재정립할 필요가 있으며, 이러한 방법으로 추출된 사고 및 장애의 통계 자료를 이용하여 사고의 원인분석이 이루어져야 한다.

본 연구에서는 철도사고 및 장애에 대한 분류체계에 대한 새로운 분류방안에 대해 제시하고, 이를 기반으로 국내의 철도사고의 원인분석을 차량이 원인이 되는 사고에 대해 분석하고자 한다.

2. 철도사고 유형 및 원인 분류

2.1. 철도사고 유형 분류

현재 철도청의 철도사고유형분류를 보면, “철도청안전보건관리규정(철도청훈령 제7940호)”에서는 철도사고를 사상사고, 운전사고, 설비사고, 화재사고로 분류하고 있고, “철도사고보고 및 수습처리규정”에서는 운전사고, 공중사상, 운전장애로 크게 구분하고 있다. 각 규정은 각각의 사고유형을 2차, 3차 분류로 세분화 하고 있으나, 두 규정의 상호 일치성이 부족하고, 사고분류의

* 한국철도기술연구원 수석연구원, 정회원
** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원
*** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원

중복성이 있을 수 있고, 운전사고와 운전장애의 명확한 정의가 없기 때문에 분류체계의 혼선을 야기하고 있다.

미국 교통성(DOT, Department of Transportation)의 철도사고 보고서(Rail Equipment Accident/Incident Report)의 사고유형 분류는 다음과 같다 : - Derailment (탈선), - Head on collision (충돌), - Rear end collision (추돌), - Side collision (측면 충돌), - Raking collision (경사면 충돌), - Broken train collision (파손열차 충돌), - Highway-rail crossing (고속도로-선로 건널목사고), - RR grade crossing (건널목사고), - Obstruction (장애물충돌), - Explosion-detonation (폭발, 폭발물 사고), - Fire/violent rupture (화재, 폭발사고), - Other impacts (기타 충돌사고), - Other(describe in narrative) (기타)

영국, 노르웨이, 인도 등은 크게 탈선, 충돌, 화재, 건널목 사고, 사상 등으로 구분하여 분류하고, 호주는 보다 세부적으로 분류하고 있다.

국내 철도사고에 대해 외국의 사고분류유형을 참조하고, 한국의 철도여건과 사고내용에 적합하도록 철도사고 및 장애에 대한 사고유형을 표 1. 과 같이 재분류 하였으며, 각각의 항목에 대해 분류 code를 부여하였다.

2.2 철도사고 원인 분류

철도사고 및 장애에 대한 원인은 다양하게 분포되어 있는데, 철도청은 열차사고와 운전장애에 대한 원인으로 취급부주의, 차량결함, 시설/전기결함, 외부요인 등으로 크게 구분하고, 건널목사고에 대해서는 직전횡단, 차단기 불파, 자동차 고장, 운전부주의, 기타 등으로 구분하고 있으며, 사상사고에 대해서는 별도로 분류하고 있다. 이 경우 명확한 원인구분이 어려운 사고가 있고, 여러 가지 원인이 중복되는 경우가 경우도 있다.

미국 DOT는 철도사고의 원인을 크게 다음과 같이 분류하고 있으며, 각각의 항목에 대해 FRA(Federal Railroad Administration) Guide for Preparing Accident/Incident Reports, RRS-22 Appendix C (Train Accident Cause Codes)에서 중분류, 소분류로 세부원인까지 분류하고 있다 : - 열차/차량 고장, 결함, - 시설 고장, 결함, - 위반/실수/부주의, - 고의적 행위, - 안전관리시스템/규정 결함, - 기타

RRS-22 Appendix C를 기본으로 현재의 철도청 분류체계를 포함하면서 국내의 철도사고 환경에 부합하도록 국내의 철도사고 및 장애의 원인에 대해 표 2. 와 같이 분류하였으며, 철도청에서 운전장애로 분류한 사고의 원인은 대형사고의 위험원으로 언제든지 변화될 수 있기 때문에 본 연구에서는 운전사고와 운전장애를 별도로 구분하지 않고 모두 포함하여 분류하였다.

차종에 대한 분류는 크게 기관차, 객차, 화차, 전동차, 기타로 구분하였으며, 각각의 차종에 대해 세부적으로 표 3. 과 같이 분류하였다.

철도사고 및 장애의 원인에 대한 개선대책을 표 4. 와 같이 하였다. 여기에 분류한 개선대책은 사고의 근본적인 원인에 해당하는 것으로 향후 철도차량 안전개선 대책의 기본전략 수립을 위해 활용될 수 있다.

3. 국내 철도사고 분석

철도청 「운전사고 및 운전장애 월보」 2003년도 12개월치(2003.1.1 ~ 2003.12.31)의 사고보고를 분석하였고 이 중 차량이 원인이 된 경우는 총283건이었으며, 차종별로는 그림 1. 과 같이 디젤기관차가 20%로 가장 많았으며, 이는 대부분 정비 및 품질결함에 기인한 것이며, 무궁화객차가 17%에 달하였는데, 이는 대부분 출입문 여객사상사고에 기인하고 있다.

장애유형별로 보면, 그림 2. 와 같으며, 단순 운전장애를 유발하는 것이 대부분(49%)이며, 사상사고(38%)가 상당수를 차지하고 있다. 따라서, 단순 운전장애를 일으키는 단순한 장치의 고장을 방지하고 승객이나 공중의 주의를 환기하여 사고건수를 줄일 수 있을 것으로 보인다. 위의 사상사고는 차량이 원인이 된 경우에 국한한 것이고, 전체 사상사고의 많은 부분은 선로무단침입에 의한 것으로 분석되었다.

선로무단침입이나 작업자의 부주의 등을 제외한 차량이 원인이 된 사상사고의 원인에 대한 분포를 살펴보면, 그림 3. 과 같이 출입문에 의한 사고가 거의 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 이는 다년간 통계에서 반복적으로 나타나는 현상이다.

출입문사고가 대부분을 차지하는 여객사상의 경우 차종별로 어떻게 분포되는가를 분석하면 그림 4. 와 같으며, 무궁화호가 전체의 76%로 매우 높은 수치를 보였다. 따라서, 무엇보다 무궁화호의 출입문의 안전성능을 개선할 필요가 절실히 요구된다고 하겠다.

출입문사고를 방지하기 위해서는 우선, 승객에 대한 주의를 환기하는 여러 가지 장치가 필요한 것으로 보인다. 또한, passive safety 개념으로 출입문의 설계에서 이러한 사고를 방지할 수 있는 성능을 보유할 필요가 있다고 하겠다. 승객이 순간적으로 부주의 하더라도 출입문에 의해서 손가락 부상이 발생하지 않도록 하는 설계가 절실히 요구된다고 하겠다. 그림 5. 와 같이 대책 분석에서 62%가 안전장치의 필요성을 나타내고 있다.

기관차의 결함으로 인해 발생하는 사고유형은 그림 6. 과 같이 기름이나 전기로 인한 화재가 5%이고, 운전장애를 유발하는 경우가 95%이다. 앞서 차량이 원인이 되는 모든 사고 및 장애는 출입문이 1/3, 기관차 결함이 1/3로 보였다. 기관차결함으로 대부분 운전장애를 보인다는 것은 검수 및 정비의 문제점과 장치의 품질 결함에서 기인함을 볼 때 기관차의 검수/정비를 특별히 개선하여야 하고 기관차 부품의 품질에 품질관리에 철저를 기하여야 할 것으로 보인다.

기관차 장애원인은 그림 7. 과 같이 디젤엔진에 의한 고장이 매우 많으며, 특히, 기타 구성품이 62%를 차지하는 것으로 보아 디젤엔진의 각 부위에서 발생하는 것으로 판단된다. 기관차 장애를 줄이기 위한 대책은 그림 8. 과 같이 검수/정비 개선이 48%, 부품의 설계 및 품질개선이 37%인 것으로 나타났다. 이는 부품을 입수할 때의 품질검사를 철저히 하도록 하고, 부품의 입수부터 폐기까지 추적분석이 명확하도록 하여야 할 것으로 보인다. 또한, 현재의 검수정비체계에서 발견할 수 없는 결함이 많은 것으로 보아, 검수정비체계의 한계를 극복하기 위한 선진화된 검수정비체계의 필요성이 대두된다 하겠다.

출입문사상사고와 기관차 결함에 의한 운전장애 다음으로 높은 비율을 보이는 추진제어장치의 결함으로 그 세부원인을 살펴보면 그림 9. 와 같으며, 견인전동기의 결함이 대부분을 차지하는 것으로 보아 견인전동기의 관리를 철저히 할 것이 요구된다. 추진제어장치의 장애를 개선하기 위한 대책을 분석하면 그림 10.과 같으며, 65%가 검수/정비의 개선이 필요한 것으로 나타났고, 부품의 설계 및 품질개선이 32%로 나타났다.

4. 결론

국내의 여러 규정이나 보고서를 참조하면서 해외의 철도사고 분류체계, 특히 미국 교통성(DOT)의 분류체계를 많이 준용하여 국내실정에 맞는 사고 및 원인 분류체계를 제시하였으며, 이에 따라 철도차량이 원인이 되는 국내 철도사고 및 장애를 분석하였다. 분석상 다소 통계적인 오차가 있을 수 있지만, 차량으로 인한 사고가 감소하기 위해서는 무엇보다도 정비 및 검수체계의 재정비가 필요하다고 판단되며, 이를 위해 제도적 정비 뿐만 아니라, 장비의 현대화/자동화가 병행하여 이루어져야 하는 것으로 판단된다.

본 연구결과는 향후 국내의 철도 사고보고 및 원인분석 체계의 정보화 추진시 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. FRA(Federal Railroad Administration), Guide for Preparing Accident/Incident Reports, RRS-22 Appendix C (Train Accident Cause Codes)
2. 철도청, 안전보건관리규정(철도청훈령 제7940호)
3. 철도청, 철도사고보고 및 수습처리규정
4. 철도청, 운전사고 및 운전장애 월보, 1999-2003년

표, 그림

표 1. 철도사고 및 장애 유형 분류

사고 유형	탈선	충돌/추돌	폭발	화재	전널목 사고	장애물 충돌	상기 이외의 사상사고	단순 운전장애	기타
Code	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9

표 2. 철도사고 및 장애원인 분류

대분류		중분류		소분류		대분류		중분류		소분류			
항목	Code	항목	Code	항목	Code	항목	Code	항목	Code	항목	Code		
열차/차량 고장, 결함	C1	브레이크 장치	01	공기 호스	01	열차/차량 고장, 결함	C1	차륜	06	차륜 탈락	06		
				유압 호스	02					기타 차륜 결함	07		
				제동과이프(배관)	03			롤입문	07	PLUG-IN DOOR	01		
				제동 밸브	04					SLIDING DOOR	02		
				주차 제동장치	05					DOOR ENGINE	03		
				제동제어장치(회로)	06					롤입문 제어장치	04		
				비상제동장치	07					기타 롤입문 구성품	05		
				디스크(라이닝)	08					기관차	08	Running Gear	01
				제동실린더	09							Traction Motor	02
				계륜자	10							Crank Case	03
				공기압축기	11							기름에 의한 화재	04
				공기통	12	전기에 의한 화재	05						
				기타 제동장치	13	집전장치	06						
		차체	02	차체 볼스타	01	디젤엔진	07						
				센터실	02	원력조종장치	08						
				센터편	03	Swing hanger	09						
				사이드실	04	Spring plank	10						
				센트플레이트	05	기타 기관차 구성품	11						
				기타 차체	06	트레일러 또는 테이너	09	Tiedown 장치	01				
		연결기 및 완충장치	03	너클	01			론티너 결함	02				
				연결기 결합 돌이	02			트레일러 결함	03				
				연결기 고정편키	03			기타 구성품	04				
				드래프트 기어	04			고전압 장치	10	고전압 배선	01		
				연결기 캐리어	05					접지장치	02		
				연결기 생크	06					주회로	03		
				기타 연결기 구성품	07	집전장치	04						
		대차	04	1차 현가장치	01	피뢰기	05						
				2차 현가장치	02	주퓨우즈	06						
				대차 사이드프레임	03	차단기	07						
				대차 크로스빔	04	필터리액터	08						
				대차 선타피봇	05	단로기	09						
		차축 및 저널베어링	05	기타 대차 구성품	06	진공차단기	10						
				차축	01	주변압기	11						
				저어널 베어링	02	교직절환기	12						
				엑슬박스	03	기타 고전압장치	13						
		차륜	06	기타 차축 구성품	04	추진 제어 장치	11	추진제어장치 배선	01				
				차륜 플렌지	01			진력반도체	02				
				차륜 립	02			필터 캐패시터	03				
				차륜 허브	03			제어 유니트	04				
				차륜 플레이트	04			전압/전류 검출장치	05				
				차륜 담면	05			견인전동기	06				

대분류		중분류		소분류		대분류		중분류		소분류							
항목	Code	항목	Code	항목	Code	항목	Code	항목	Code	항목	Code						
열차/차량고장, 결합	C1	추진제어장치	11	속도검출기	07	시설고장, 결합	C1	기타 기계장치	16	기타	03						
				기타 추진제어장치	08					기타 전기장치	19	조명등	01				
		보조전원장치	12	보조전원장치 배선	01							신호	01	냉난방 장치	02		
				전력반도체	02		C2	전력	02					기타	03		
				필터캐패시터	03					제도(선로)	03			교량	04		
				제어유니트	04											터널	05
				전압/전류 검출장치	05												
				퓨즈	06					기타	07						
				차단기	07											운전자	01
				리액터 및 변압기	08												
				축전지	09					승무원	03						
		충전회로, 충전장치	10	역무원	04												
		기타 보조전원장치	11				사령원	05									
		종합제어장치	13						편성제어컴퓨터	01	검수원	06					
				차량제어컴퓨터	02				보수원	07							
				모니터 장치	03		승객	08									
				카드 판독기	04						일반 대중	09					
	차상 신호보안장치	14	컴퓨터와 각 기기간 통신장치	05	기타	10											
			기타 종합제어장치	06			C3	방화	01								
			추 ATC	01						공격/습격	02						
			보조 ATC	02	자살	03											
TWC	03	기타	04														
ATO	04																
차상 신호보안장치	15			신호장치간 통신장치	05	고의적 행위	C4	안전관리시스템	01								
		기타 신호보안장치	06	협/규정결함	02												
차상 통신장치	16	방송장치	01			기타	C5	기타	03								
		비상 인터폰	02														
기타 기계장치	17	열차무선장치	03	기타	C6												
		객차 내장품	01														
		의자	02														

표 3. 철도차량 차종 분류

차종		Code
기관차(L)	디젤 기관차	L-D
	전기기관차	L-E
	디젤 동차	L-P
객차(P)	새마을	P-S
	무궁화	P-M
	통일	P-T
	기타객차 (수화물, 발전자 등)	P-Etc
화차(F)	유개차 (소화물 포함)	F-B
	유조차	F-T
	무개차	F-G
	평판차	F-F
	차장차	F-C
전동차(EMU)	M	EMU-M
	T	EMU-T
	Tc	EMU-Tc
기타 (Etc)	기종기 등	Etc

표 4. 사고에 대한 개선대책(근본원인) 분류

대책 항목	검수/정비 개선	제도/규정 보완	교육/훈련 강화	홍보강화	설계 및 품질개선	환경요인 개선	보안 강화	기타
Code	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8

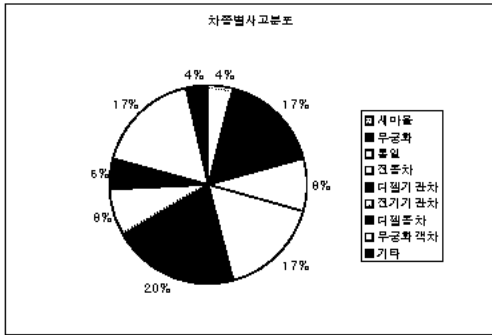


그림 1. 차종별 사고분포

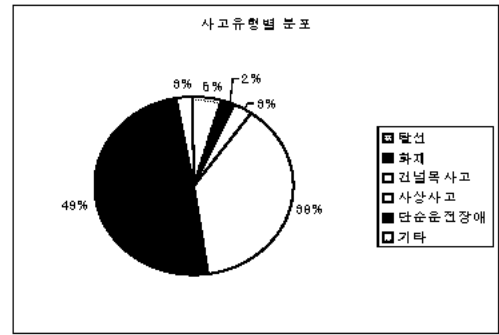


그림 2. 사고유형별 분포

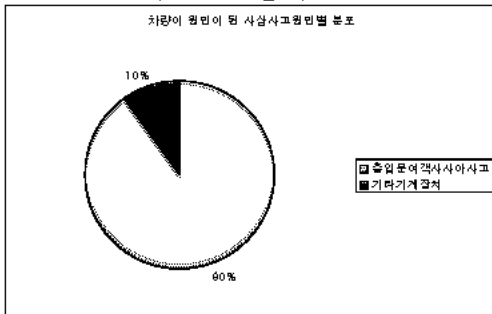


그림 3. 차량이 원인이 된 사상사고원인별 분포

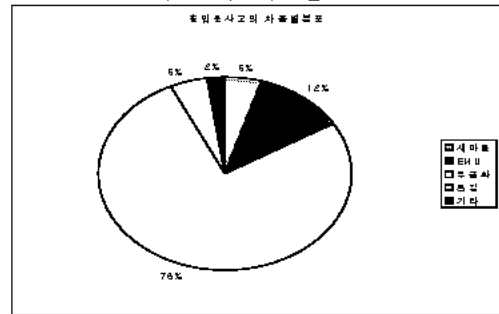


그림 4. 출입문사고의 차종별 분포

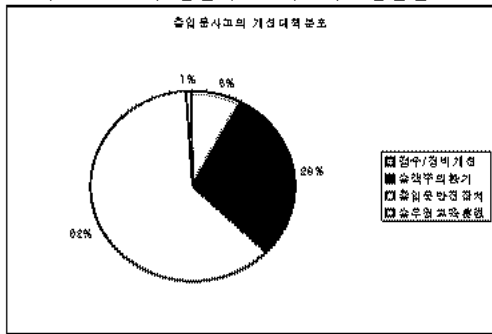


그림 5. 출입문사고의 개선대책 분포

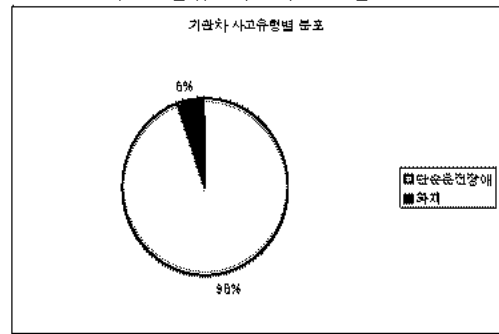


그림 6. 기관차 장애 유형별 분포

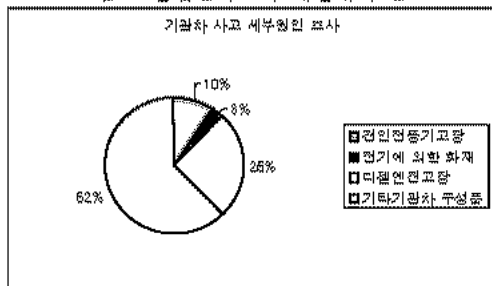


그림 7. 기관차 장애인인의 세부 분포

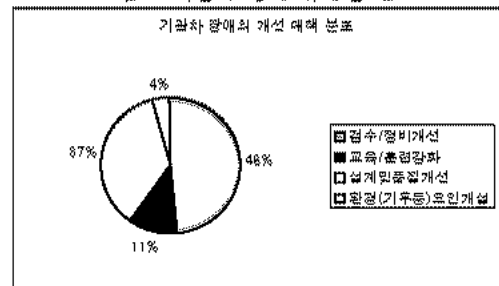


그림 9. 기관차 장애의 개선대책

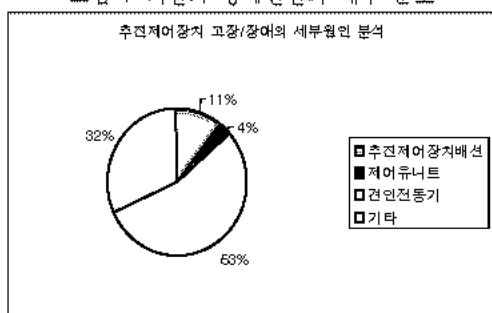


그림 8. 추진제어장치 고장 및 장애의 세부적인 원인

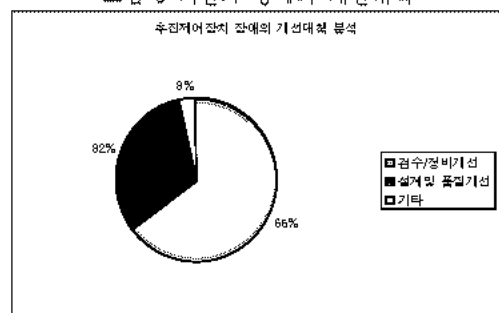


그림 10. 추진제어장치 고장 및 장애의 세부적인 원인