위험통제기반의 구원열차운전에 관한 연구

전영석 · 이희성^{**}

한국교통대학교 철도운전시스템공학과 · *서울과학기술대학교 철도차량시스템공학과
(2014. 4. 17. 접수 / 2014. 7. 3. 채택)

A Study on the Risk-Management Based of Relief Train Operation

Young Seok Jeon · Hi Sung Lee^{**}

Department of Railway Operation System Engineering, Korea National University of Transportation

^{*}Department of Rolling Stock System, Seoul National University of Science and Technology

(Received April 17, 2014 / Accepted July 3, 2014)

Abstract : In the event of continued train operation being impossible as the result of a breakdown, it will be essential to dispatch a relief train to recover the broken down train. Operation of relief train carries with the risk of collision in the process of connection with broken down train. The present study looks at the suitability of risk management procedures and associated problems in the light of case studies of relief train operation, and of national legal standards and railroad company regulations. It looks at appropriate methods of risk management and the problems that can arise. Based on the study a method is proposed of operating the relief train which is consistent with appropriate risk management. The proposed method will improve the safety of relief train operation. It is hoped that the results of the study will be reflected in relevant laws and operating company regulations, and so contribute to enhancing the overall level of railroad safety.

Key Words : relief train, messenger method, train protection system, train collision accident

1. 서론

열차의 운전은 기본적으로 동일 폐색구간에는 허가된 1개 열차 이외의 다른 열차 운전이 금지되는 ‘폐색에 의한 열차안전원칙’이 적용된다. 그러나 운행 중인 열차의 고장발생 등으로 자력(自力) 운전이 불가능한 경우에는 이를 회수하기 위한 구원열차 운전이 불가피하며, 이 경우 폐색에 의한 운전원칙 적용이 불가하므로 전령자 동승 조건의 전령법에 의하여 허용된다. 그러나 구원열차운전과 관련된 사고는 부산 3호선 열차 충돌사고 등 계속 이어지고 있다.

구원운전과 관련하여 유럽철도국(ERA)은 국가간 철도 상호운행을 보장하기 위한 상호운영법령(EU Directive 2001/16/EC)을 제정하고, 고속철도와 일반철도에 대한 상호운영기술사양(TSI, Technical Specifications for Interoperability)을 ‘제어명령 및 신호’, ‘에너지’, ‘기반시설’, ‘철도차량’, ‘교통운영 및 관리’등 분야별로 개발하여, 모든 회원국이 이를 적용할 것을 요구하고 있다. 영국

철도감독국(ORR)은 “Railway Safety Publication 3; SAFE MOVEMENT OF TRAINS”에서 열차의 안전운행 원칙과 기본요건을 국가지침으로 공표하고 있다¹⁾. 선행된 연구로는 전영석 · 이희성 · 김철수(2010)의 “폐색방식에 따른 도시철도차량운전 분류기준에 관한 연구”에서²⁾ 부분적으로 언급되어 있을 뿐이다.

본 연구는 사고인과관계 모델(The Accident Causation Model)을 기반으로 사고는 위험요인의 제어가 가능한 안전방벽(Barrier)이 마련되어 있지 않았거나, 마련된 방벽이 무너져 실패된 결과라는 가설을 전제하였다. 연구방법은 구원운전과 관련된 사고사례를 조사하여 위험을 식별하고, 국내 운전법규와 운영기관 사규를 분석하여 위험제어의 적정성과 안전상 문제점을 도출하였고, 이를 보완하여 충돌 등 사고 방지를 위한 구원열차운전 모델을 제시하였다. 제시된 안은 현 수준보다 안전수준이 크게 향상된 것으로 검증되었다.

연구결과는 열차운전법규와 철도운영기관의 사규에 의 반영 및 적용이 가능하여 열차사고방지와 철도안전

^{*} Corresponding Author : Hi-Sung Lee, Tel : +82-2-970-6877, E-mail : hslee@seoultech.ut.ac.kr

Department of Rolling Stock System, Seoul National University of Science and Technology, 232, Gongrung-ro, Nowon-gu, Seoul 139-743, Korea

수준 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 구원열차운전에 수반되는 위험 분석

2.1. 부산 3호선 열차충돌사고

2.1.1. 사고개요

항공철도사고조사위원회의 사고조사보고서³⁾에 따르면 2012.11.22. 08:13분 경 부산교통공사 3호선 배산-물만골역 하선에서 제3038전동열차가 전기장치 고장으로 비상 정차된 후 운전이 불가능하여 구원 요청하였고, 관제사는 배산-물만골역 중간지점에 정차중인 제3040전동열차를 배산역으로 퇴행시킨 후 구원운전을 지시하였다. 구원열차는 '수동'운전모드로 배산역을 출발하여 정지('0')신호 현시지점에 정차한 후 비상(FMC; Free Manual Control)운전모드로 전환하고 재출발하여 56 km/h의 속도로 운전 중에 반경 195 m의 급 곡선 구간 약 47 m 전방의 고장열차를 발견하고 비상제동장치를 작동시켰으나, 37 km/h의 속도로 충돌되어 승객 201명의 부상자와 전동차 2량 탈선·8량이 파손되는 사고가 발생하였다(이하 "부산사고"라 한다).

2.1.2. 사고발생 과정의 재구성

이 사고의 시간대별 사고발생 과정을 정리하면 Table 1과 같다.

2.1.3. 사고원인과 배경 분석

사고보고서³⁾를 기반으로 위험제어의 적정성을 살펴본 결과 다음과 같은 주요 문제점이 지적되었다.

(1) 과속운전의 감시·통제의 실패: 1차적인 사고원인은 56 km/h로 과속운전(정지신호 구간은 15 km/h 이하)이다. 이는 고장열차의 정차위치 미 공유와 열차지

연에 따른 강박감이 인적 오류로 작용되었고, 이 경우 적용되어야 할 기술적인 열차방호시스템의 미적용과 강화되어야 할 과속운전의 감시·통제에 실패하였다.

(2) 의사소통의 부족: 관제사·역장·기관사 등 관계 직원 간의 운전정보공유와 의사소통이 원활하지 못하였다.

(3) 열차방호의 부족: 급 곡선 구간의 열차방호(정지수신호)지점의 과부족(15 m)과 정지수신호 용 손전등의 성능이 부족하였다.

(4) 전령법 적용의 실패: 관제사와 고장열차간의 무선통신이 불가능한 상태에서 전령자의 동승 생략과 이 경우 보다 강화되어야 할 대안 적용에 실패하였다.

(5) 기술적인 열차방호시스템 적용의 실패: 인적오류에 기인되는 과속운전 방지를 위한 기술적인 열차방호시스템 적용("정지 후 진행" 버튼의 15 km/h 제한기능)에 실패하였고 더욱 안전기능이 무효화되는 '비상'운전모드가 적용됨에 따라 과속운전이 방치되었다.

(6) 위험식별과 대응실패: 열차의 퇴행과 구원운전은 충돌 등 추가위험이 수반되나 위험 식별과 감시·통제의 수단의 추가 적용이 이루어지지 못했으며, 이는 관계 직원들에 대한 교육훈련부족에서 비롯된 것으로 나타났다.

2.2. 구원열차운전관련 유사사고사례 조사

한국 철도통계연보에 의하면 1971-2010년까지 40년간 한국철도공사에서 발생한 열차사고는 Table 2와 같이 총904건(연평균 22.6건)이 발생한 것으로 나타났다.

Table 2. Train Accident(Korail 1971-2010)

Year	Crash	Derailment	Fire	Total
Total	90	814	0	904
Average/Year	2.25	20.35	0	22.6

Table 1. Time table of accident progress

Time	Train #3038(Failed trains)	Train #3040(Relief train)	Train operation controllers(A,B)
08:10	-12:22 A train stopped Emergency	-15:10 Arrived in BAESAN Station	-15:40 "#3040 Stops at the BAESAN"(A)
	-08:14:38 Reported to the controller	-15:35 Departure at BAESAN station	-15:55 "Now Stops Train #3040"(A)
	"Stopped to failure"	-16:00 Reported "I'll Stops at"	-18:00 Return Controller 'B'
	-16:10 Required of Relief train	-15:57 stopped at the mid point BAESAN - MULMANGOL station	-19:58 "#3040! Prepare for Relief driving!"(B)
08:20		-20:24 Reporting to controllers: "Stopped at Between BAESAN and MULMANGOL"	-20:45 "#3040!, Approved of backward operation(B)
		-24:19 Starting backward operation	-27:27 Dictate "#3040, G0 to Relief driving"
		-24:47 Arrive at BAESAN station	
		-28:52 Starting BAESAN station(MCS mode)	
		-29:15 Stopped, Reporting to controllers: "Go to the FMC mode operation"	
		-29:16 Change to FMC mode	-28:57 Approved of 'FMC' mode
		-29:20 Starting of train operation	
08:30	-30:01 Reporting to controllers: The train collided	-30:16 Walked emergency braking (52 km/h)	-31:32 "#3040 train collided?"
		-30:20 Train collided (37 km/h)	
		-32:27 Reporting to controllers: The train collided	

국내의 열차사고 중 1988년 이후 구원열차운전과 관련된 사고는 아래와 같이 7건이 발생한 것으로 조사되었다.

2.2.1. 구원열차 이동과정에서의 열차충돌사고

사례 1) 1988. 5. 28 전라선 임실~오류역 간에서 화물열차가 오르막 구간을 운전 중, 견인력부족으로 정차되어 구원 요구 후 대기 중에 과속 운전(53 km/h)한 구원열차와 충돌.

사례 2) 1991. 3. 20 충북선 음성~보천역 간에서 화물열차가 오르막 구간을 운전 중, 견인력부족으로 정차되어 구원 요구 후 대기 중에 과속 운전(65 km/h)한 구원열차와 충돌.

사례 3) 1992. 4. 15 정선선 별어곡~증산역 간에서 화물열차가 견인력 부족으로 구원열차 요구 후 대기 중에 과속 운전(48 km/h)한 구원열차와 충돌.

사례 4) 1992. 9. 19 경전선 덕산~창원역 간에서 무궁화호열차 기관차의 화재발생으로 구원 요구 후 마산역에서 출발한 구원열차를 앞부분에 연결 중에 덕산역에서 출발하여 과속 운전한 구원열차와 충돌

2.2.2. 합병된 열차의 회수과정에서 발생한 탈선사고

사례 5) 1991. 11.1 과천선 선바위~남태령역 간을 전동열차 운전 중 고장 발생으로 남태령역에 정차된 후 후속 전동열차를 후부에 연결하고 미는 과정에서 고장 열차의 제동이 풀리지 않아 후부차량이 부상 탈선

사례 6) 2006.8.6 경부선 남영~용산역 간에서 전동열차가 전기장치고장으로 비상제동이 체결되어 정차된 후 후속 전동열차를 연결하고 미는 과정에서 고장열차의 제동이 풀리지 않아 1량이 부상 탈선

사례 7) 2012.02.02., 전동열차가 종로1호선 서울역에서 동작된 비상제동이 풀리지 않아 후속 전동열차를 연결하여 차량기지로 이동 중 종로 5가역에 진입할 때에 고장열차에 제차 비상제동이 걸려 정차되었으나, 이 사실을 알지 못하고 구원열차가 미는 과정에서 전동차 2량이 부상 탈선.

2.3. 구원열차 운전에서 수반되는 위험분석

2.3.1. 열차충돌

(1) 과속운전에 기인된 충돌사고

전술한 부산사고와 사례 1)~3)은 고장 또는 지장 열차가 점유하고 있는 선로를 구원열차의 과속 운전으로 비롯된 사고로서 구원열차기관사가 지장열차의 정차 위치를 실제보다 멀리 있는 것으로 착각한 것과 열차 지연에 대한 강박감이 인적 오류로 이어져 과속운전이

조장되었고, 이 같은 과속운전의 감시·통제 수단의 부재에서 비롯된 사고다.

(2) 2개 구원열차의 동시운전에 따른 충돌사고

사례 4)는 동일폐색구간에 양쪽 정거장에서 2개의 구원열차가 동시에 운전되어 발생한 사고로서 양 정거장 역장과 관제사 등 관계직원간의 의사소통 및 통제 의 부재에서 비롯된 결과다.

2.3.2. 열차탈선

사례 5)~7)은 합병된 열차의 이동 과정에서 발생한 탈선사고로서 사례 5)와 6)은 합병된 열차의 출발 전 제동기능시험과 확인을 소홀히 한 결과이고, 사례 7)은 합병된 열차의 이동과정에서 기술적인 문제로 재차 고장열차에 비상제동이 체결되어 정차된 후 이 사실을 인지하지 못하고 미는 과정에서 탈선된 사고다.

3. 구원열차운전 방법의 조사 분석

구원열차의 운전은 충돌과 탈선 위험을 수반되는 것을 제2장에서 확인되었으며, 이 같은 위험의 적절한 제어에 대하여 영국 철도감독국의 열차 안전운전원칙과 이를 중심으로 국내 운전법규와 철도운영기관 사규의 적정성에 대하여 고찰하였다.

3.1. 영국의 열차안전운전 원칙과 기본요건

열차운전과 관련된 외국 문서 중 구원열차운전과 관련된 열차의 안전운행원칙과 기본요건이 잘 나타나 있는 문서 중의 하나는 영국의 국가지침이다. 영국 철도 감독국(ORR)은 “Railway Safety Publication 3; SAFE MOVEMENT OF TRAINS”에서 열차의 안전운행 원칙과 기본요건을 국가지침으로 공표하여 관련기관의 운행안전의 규정/규격 개발의 기반으로 활용하도록 하고 있다. 이 중 열차안전운행 요건의 원칙 1.14에 “열차방호 및 다른 열차의 구원이 필요한 운행선상에서 정지한 열차”에 관하여 “운행선 경로 상에 이동할 수 없거나(고장열차) 또는 정지한 열차는 다른 열차의 이동에 의한 충돌로부터 보호되어야 한다”는 원칙에 따라 구원열차를 포함하여 고장 또는 정지한 열차를 다른 열차와의 충돌로부터 보호하기 위한 적절한 절차가 제공되어야 하고, 합병된 열차의 선두운전실에서 동력 및 제동제어를 할 수 있도록 정상적인 지원이 제공되어야 하며, 그렇지 못한 경우 합병된 열차의 이동에 대해 제한 조건을 부과해야 한다.

이에 대한 고려요소로 지장열차의 방호, 합병된 열차 이동의 제어와 고장열차의 위치와 방호방법에 대하여

모든 관계자는 명확히 이해해야 하며, 고장열차를 구원 하려는 경우 고장열차에 접근할 수 있는 구원방향, 조합된 열차의 안전-관련 장치의 상태, 구원이동을 진행할 수 있는 조건, 구원이동의 한계지점, 열차운행제어시스템을 동작하는 방법, 특히 열차방호시스템을 최우선으로 적용하는 경우 등의 의사소통을 제시하고 있다¹⁾.

3.2. 국내 철도차량운전 법규상의 문제 분석

열차운전 관련 국내법규로는 일반철도의 ‘철도차량운전규칙’과⁴⁾ 도시철도의 ‘도시철도운전규칙’⁵⁾이 유일하다. 양 규칙은 공히 열차충돌방지를 위하여 1폐색구간에는 1개 열차만 운전이 허용되는 ‘폐색에 의한 열차운전원칙’을 규정하고 있다. 예외적으로 운행 중인 열차의 고장발생 등으로 운전이 불가능한 경우 이를 회수할 목적으로 전령자의 동승조건에 전령법에 한하여 허용하고 있다^{4,5)}. 제2장의 위험분석과 영국 ORR의 국가지침을 기반으로 국내 운전법규의 구원열차운전에 수반되는 위험제어의 적정성을 분석한 결과 다음과 같은 문제점이 지적되었다.

3.2.1. 인적인 열차방호시스템의 적용

구원열차의 운전은 양 규칙 공히 ‘전령자 동승 조건에 전령법’에 의하여 허용하였으나, 동승조건 외 전령자에 의한 사고위험의 감시·통제 등 제어를 위한 권한과 책임 부여 등 별도의 대안의 제시 없이 ‘동일 폐색구간 내의 2개 열차 이상 동시 운전 금지원칙’을 해제한 것은 타당성이 결여된다. 더욱, 도시철도운전규칙⁵⁾은 “다만, 관제사가 취급하는 경우에는 전령자를 탑승시키지 아니할 수 있다”(제59조 제3항)로 규정하여 별도의 대안제시 없이 ‘동일 폐색구간 2 이상의 열차 동시 운전 금지원칙’과(제37조 제2항) ‘전령자 동승 조건에 전령법에 의한 원칙’(제59조 제3항)을 해제하고 허용된 것은 모순된다.

3.2.2. 기술적인 열차방호시스템의 적용

구원열차 운전에서 기술적인 열차방호시스템 적용과 관련된 규정은 양 규칙 공히 제시되지 않았다.

3.2.3. 합병된 열차의 안전한 이동

합병된 열차의 이동과정에서의 안전유지를 위한 절차와 방법 또한 마련되어 있지 않았다.

3.2.4. 위험정보의 공유와 의사소통

구원열차의 운전은 예외적인 특수한 방법으로 이에 수반되는 추가위험에 따른 사고방지책의 적용과 비상

대응체제 유지를 위한 관계직원 상호간의 정보공유와 의사소통과 관련된 규정은 미흡한 실정이다.

3.3. 철도운영기관 운전취급규정상의 문제 분석

국내 철도운영기관 사규(운전취급규정)의 구원열차 운전방법을 조사한 결과 운전법규와 동일하게 ‘전령법’으로 규정된 기관은 한국철도공사 외 8개 기관이고, 이 외 대전도시철도공사·광주도시철도공사·네오텐스(주 신분당선)는 ‘구원운전’으로 규정하고 있었으며²⁾, 이들 규정의 위험제어의 적정성에 대하여 조사한 결과 다음과 같은 문제점이 지적된다.

3.3.1. 충돌방지를 위한 인적 열차방호시스템의 적용

(1) 전령자 동승에 의한 방법: ‘전령법’으로 규정된 기관은 공통적으로 전령자 동승조건으로 규정하였으며, 도시철도운전규칙과 동일하게 단서 조항에 관제사가 취급하는 경우에는 전령자의 동승을 생략할 수 있도록 규정하였으나, 이 경우 충돌위험 제어를 위한 별도의 절차와 방법을 규정한 내용은 없었다. 전령자에 의한 충돌위험의 제어가 가능하도록 규정한 기관은 한국철도공사가 유일하다.

‘구원운전’으로 규정된 기관은 전령자 동승 없이 “상용폐색방식에 의하여 차내신호의 ‘정지’ 신호 지점까지 운전 한 후 운전모드선택스위치를 ‘비상’ 운전모드로 전환하여 15 또는 25 km/h 이하의 속도로 현장까지 운전”하도록 규정하였다(광주도시철도공사 제외). 구원운전은 상용폐색방식의 적용이 불가하며^{5,6)}, 별도의 대안제시 없이 전령자 동승의 생략, 안전기능이 무효화되는 FMC운전으로 규정된 것은 모순된다.

(2) 지장열차의 열차방호: 대부분 도시철도운영기관은 구원열차 기관사가 확인 용이한 지점에 ‘정지수신호’의 현시 또는 ‘전조등을 깜박이는 것’으로 대신할 수 있도록 규정하였다. 이는 비교적 직선 선로이고, 구원열차의 진입속도가 25 km/h이하로 엄격히 제한되는 경우에는 유효하나 과속운전이 방지되는 FMC운전의 경우에는 방호효과 기대가 어렵다. 또한, 열차방호를 위하여 구원열차의 출발역과 출발 정보의 제공, 열차방호를 시행한 사실의 정보공유가 필요하나 이와 관련된 규정이 제시되지 않아 열차방호 효과의 기대에는 한계가 있다.

3.3.2. 기술적인 열차방호시스템 적용

대부분의 도시철도운영기관에서 정지신호가 현시된 지점까지는 자동 또는 수동 운전 모드에 의하여 운전하고(안전장치기능이 활성화 됨) 정지신호가 현시된 지점에 정차한 후 비상운전(FMC)모드에 의하여 15 또는

는 25 km/h 이하로 운전하도록 규정하였다. 이는 정지 신호지점을 지나 운전하는 경우 충돌위험이 가장 높은 운전임에도 안전장치의 기능이 무효화되는 FMC모드로 규정한 것은 부산사고와 같이 과속운전의 감시·통제가 방치되므로 모순이다. 다만, 광주도시철도공사의 경우 15 km/h속도로 제한되는 ‘정지 후 진행’ 버튼을 적용한 것은(제67조 제3항)⁷⁾ 위험도 저감에 유효하다.

3.3.3. 위험정보의 공유와 제어를 위한 의사소통

한국철도공사 외 대부분의 도시철도운영기관은 관제사의 구원열차기관사에게 그 사유와 고장열차의 정차지점에 대한 통보 이 외 위험제어와 비상대응체제 유지를 위한 의사소통과 관련된 규정내용이 미흡하여 정보부족에 따른 위험제어 및 비상대응체제 유지의 기대가 곤란하여 실패 가능성이 높은 것으로 나타났다.

3.3.4. 합병된 열차의 안전한 이동

합병된 열차의 출발 전 요구되는 기술적인 안전기능의 확인, 이동할 수 있는 조건과 한계지점, 열차의 선두에서 동력 및 제동제어를 수행할 수 있는 방식의 제공, 이를 수행할 수 없는 예외적인 경우의 적절한 감속 조치와 위험제어방법 등은 부분적으로 미비 된 것으로 나타났다.

4. 위험제어를 위한 구원열차 운전모델 제시

전술한 바와 같이 구원열차의 운전은 충돌과 탈선위험을 수반함을 확인하였고, 이와 같은 위험제어의 적정성 분석 결과 다수의 문제점들이 지적되었다. 여기서는 국내 철도운영기관의 열차운영환경을 고려하여 현실적으로 적용이 가능한 범위로 한정하여(저비용) 충돌과 탈선 방지를 위한 인적·기술적인 열차방호시스템의 적용, 위험정보 공유와 제어를 위한 의사소통, 합병된 열차의 안전한 이동을 중심으로 안전수준 향상을 위한 구원열차의 운전모델을 제시하였다.

본 연구에서는 구원열차 운전의 적절한 위험제어의 조건으로 1)정차된 고장 또는 지장 열차((이하 “지장열차”라 한다)의 위치가 명확하고 그 위치를 관계자가 알고 있을 것 2)정차된 지장열차는 그 위치를 변경하지 않을 것 3)구원열차와 지장열차가 충돌하지 않음을 보증할 수 있을 것 4)합병된 열차의 안전한 이동을 보장할 수 있을 것을 전제로 하였다.

4.1. 인적인 열차방호시스템의 적용

인적인 적용은 전령자 또는 관제사에 의한 방법과

지장열차 기관사에 의한 열차방호로 구분하여 제시하였다.

4.1.1. 전령자에 의한 충돌위험 제어방법의 적용

‘전령자 동승조건 전령법’에 의한 구원열차 운전이 허용되는 근거는 운전실에 기관사와 전령자를 추가로 동승시켜 기관사의 과속운전의 감시와 통제, 연결과 현장 출발 및 이동권한의 부여로 위험제어가 가능하다는 기대에서 비롯된 것으로 보는 것이 타당하며 따라서 전령자가 이 같은 안전기능을 할 수 있는 권한과 책임의 문서화가 선행되어야 한다. 이 방법 적용의 전제는 양단 역장이 협의하여 지장열차 이외 다른 열차 없음의 확인과 전문성이 구비된 전령자 1인을 선정한다. 역장은 전령자에게 전령법 시행 사유와 구간, 열차도착 지점을 주지시킨 후 전령자 완장을 제공하고 운전실에 기관사와 동승시킨다. 이를 단계적으로 제시하면 다음과 같다.

1) 운전허가증: 전령자의 동승은 구원열차 운전이 허용되는 필수조건이므로 일종의 운전허가증으로 1폐색구간에 하나만 존재해야 한다. 따라서 양단 역장의 협의로 1인의 전령자를 선임하고, 이를 관제사가 통제할 수 있는 절차 마련으로 사례4)와 같은 사고방지에 유효하다.

2) 구원열차 출발 전 확인과 통보: 전령자는 운전실에 승차하여 기관사에게 증표(백색바탕의 적색글씨로 ‘전령자’ 포기한 완장)를 제시하고, 전령법 시행사유와 구간을 통보한 후 지장열차 기관사와 무선통화하여 정확한 정차위치를 재확인하고, 이동금지, 구원열차 출발 역명 통보와 구원열차 진입방향 전방의 열차방호를 의뢰한다. 구원열차기관사에게는 확인된 지장열차의 정차지점을 통보함으로써 지장열차 정차위치의 재확인 과 열차방호에 따른 충돌위험 저감에 유효하다.

3) 출발 후: 지장열차의 정차위치와 운전조건에 따른 과속운전의 감시·통제, 정지신호와 열차방호지점 전방에 일단 정지하도록 통제함으로써 과속 및 충돌방지에 유효하다.

4) 연결: 열차에서 하차 후 양 열차 기관사와 연결 작업에 대한 협의 후 입환전호에 의하여 지장열차에 연결하고 기관사와 합동으로 연결 상태와 합병된 열차의 제동기능시험 등 안전기능을 확인한다. 이상이 없는 경우 양 기관사와 협의하여 합병된 열차의 운전방법과 역할분담, 이동 중 상호간 의사전달방법을 결정한 후 합병된 열차의 맨 앞 운전실에 승차하여 관제사에게 보고(이상유무, 현장출발)한 후 출발전호에 의하여 열차를 출발시키도록 함으로써 탈선사고방지에 유효하다.

효하다.

5) 회송: 양 기관사와 합동으로 열차의 안전기능 및 주행상태를 주시하고 장내신호기 진행신호에 의하여 최근 정거장에 도착하여 관제사에게 도착보고를 함으로써 전령자의 역할은 종료된다.

4.1.2. 관제사에 의한 통제방법의 적용

도시철도의 경우 구원열차로 지정할 열차가 이미 정거장을 출발하였거나, 전령자 동승이 불가한 경우에는 부득이 관제사에 의한 취급이 가능하다⁹⁾. 이 방법 적용의 조건은 모니터장치를 통한 지장열차의 정차위치와 해당구간에 다른 열차 없음의 확인이 가능하고, 구원 및 고장열차기관사와의 무선통화가 가능하여야 된다. 이 방법은 관제사가 모니터와 통신장치에 의존하여 전령자와 역장의 역할을 대신함에 따라 빈번한 통화 및 감시·제어·통제로 인한 인적 오류 가능성이 높은 단점이 있으므로 해당관제사의 업무특성을 고려하여 부득이한 경우 외에는 적용이 제한되어야 한다.

관제사에 의한 위험통제 역할을 단계적으로 제시하면 다음과 같다.

1) 운전허가증의 역할 : 관제실의 모니터장치와 무선통신을 통한 해당구간에 고장열차 이외의 다른 열차의 없음을 확인함으로써 역장의 역할 대체가 가능하고, 별도의 승인번호가 부여되는 강화된 절차를 추가함으로써 운전허가증 역할 대체가 가능하다.

2) 구원열차 출발 전 확인과 통보 : 지장열차 기관사와 정확한 정차위치의 재확인과 이동금지, 구원열차 출발 역명 통보, 구원열차 진입방향 전방의 열차방호 조치를 지시하고, 구원열차 기관사에게는 전령법에 의한 정지신호현시지점까지의 열차운전방법과 조건을 부가함으로써 열차출발 전 전령자의 역할 대체가 가능하다.

3) 출발 후 : 구원열차가 출발한 후 지장열차의 열차방호 확인과 정지된 위치가 고려된 운전위치와 운전속도에 대한 지속적인 감시·통제, 열차방호지점 전방에 정차하는 절차를 추가하면 구원열차 출발 후의 전령자의 역할 대체가 가능하다.

4) 연결 : 구원열차가 현장에 정차된 것을 확인한 후 구원 및 지장 열차기관사의 연결 작업을 협의하여 지장열차기관사의 유도전호에 따라 연결하고, 연결 상태 및 합병된 열차의 제동 등 운전기능 상태를 점검하도록 한 후 그 결과를 보고받아 열차를 출발시키는 절차를 추가하면 연결과정에서의 전령자의 역할 대체가 가능하다.

5) 회송 : 현장을 출발하기 전의 안전 확인과 출발허

가 권한부여와 합병된 열차의 회송과정에서 선로와 신호 주시, 열차운전의 주책임자의 지정과 운전허용구간, 제한속도 등이 추가된 절차가 제공되면 회송과정에서의 전령자의 역할 대체가 가능하다.

4.1.3. 지장열차 기관사에 의한 열차방호조치의 적용

부산사고와 사례 1 - 4)는 열차방호에 실패하여 과속운전이 방지된 결과이기도 하다. 열차방호는 구원열차 진입방향에 따라 위치가 결정되고, 구원열차의 운전속도에 따라 방호지점이 결정된다. 합병된 열차의 운전방향은 구원열차를 진행방향 선두에 연결하여 동력 및 제동제어를 수행할 수 있는 방식이 가장 안전하다. 그러나 이를 적용하기 곤란 한 경우도 있으므로 구원열차의 진입방향은 앞·뒤 어느 방향에서도 가능하므로, 열차방호 위치는 구원열차의 진입방향에 따라 결정된다. 열차방호를 하기 위해서는 구원열차가 출발하는 정거장명(진입방향)과 출발사실 정보가 필요하므로 지장열차에 공유되어야 한다. 열차방호지점은 통상 200 m 기준으로 하고 있으나, 구원열차의 운전속도와 제동거리, 선로의 형태 등을 고려하여 구원열차기관사가 확인 용이한 지점이어야 된다. 그 방법으로는 정지수신호를 현시하거나, 전조등을 점멸하는 방법이 유효하나 반드시 구원열차의 제동거리 보다 길어야 된다. 방호를 한 경우에는 그 사실은 관계직원들에게 공유되어야 하므로 절차 마련이 필요하다.

4.2. 기술적인 열차방호시스템의 적용

인적인 열차방호시스템의 적용은 인간의 주의력과 판단력에 의존됨에 따라 인적 오류를 배제할 수가 없다. 따라서 적용 가능한 기술적인 열차방호시스템의 중첩된 적용이 요구된다. 기술적인 열차방호시스템으로는 국내 철도운영기관에서 적용되는 자동열차방호시스템(ATP) 또는 자동열차정지장치(ATS)의 차상안전시스템이다. 이를 적용하는 경우 정지신호현시지점까지는 ‘수동(MCS)’ 운전모드 또는 ATS를 그대로 적용하여도 기술적인 열차방호시스템이 활성화됨에 따라 하등의 문제가 없다. 다만, 정지신호지점 이후 운전은 불가하므로 15 km/h 모드 또는 25 km/h 제한되는 (YARD 또는 입환)모드의 적용이 필요하다. 이는 기술적인 시스템의 안전지원기능에 따라 제한속도 이상의 운전이 불가하게 되므로 과속운전 감시와 통제는 자유롭게 되어 위험도 저감에 유효하기 때문이다. 기술적인 열차방호시스템의 적용이 불가한 경우에는 과속운전의 감시와 통제 기능은 전령자 또는 관제사가 대신하도록 강화된 절차와 방법의 추가가 필요하다.

4.3. 합병된 열차의 안전한 이동 방법의 적용

합병된 열차는 안전한 이동을 위하여 현장을 출발하기 전 견인과 제동기능 등 기술적인 안전기능 확인, 합병된 열차운전 책임자의 지정과 운전위치, 운전방법과 구간, 속도지정, 기술적인 열차방호시스템의 적용 여부, 필요한 경우 열차를 비상정차 시킬 수 있는 절차와 방법이 추가되어야 한다. 이 경우 구원열차가 합병된 열차의 맨 앞 차량에서 견인하는 경우에는 기존의 기술적인 열차방호시스템의 적용에 하등의 문제가 없으나, 구원열차가 고장열차 후부에서 미는 경우에는 기술적인 열차방호시스템의 적용이 불가하고, 운전주체인 구원열차기관사가 선두부의 고장열차기관사 또는 전령자로 부터 제공되는 운전정보를 기반으로 주의력과 판단력에 의존하여 운전함에 따라 추가되는 위험의 제어가 가능한 보다 강화된 절차와 방법의 추가가 필요하다.

4.4. 위험정보의 공유와 의사소통

구원열차운전은 추가되는 위험이 수반되므로 이를 적절히 제어·통제하기 위한 비상대응체제 유지를 필요로 한다. 전술한 인적·기술적인 열차방호시스템의 적용여부에 따라 예상 위험은 다르고 이에 대응되는 사고방지책 또한 달리 적용되어야 된다. 따라서 위험제어와 비상대응체제 유지를 위해서는 충분한 의사소통과 정보의 공유로 관계자는 그 사실을 명확히 이해해야 한다. 공유되어야 하는 정보는 고장열차의 정차 사유와 위치, 동일 폐색구간내 다른 열차의 유무, 구원열차의 운전방향과 방법, 전령자의 선정과 동승여부, 구원열차의 운전 허용 구간과 조건, 적용되는 기술적인 열차방호시스템, 정지신호지점 이후의 운전방법, 지장열차와 연결방법, 합병된 열차의 출발 전 기능 확인과 이동권한, 운전 방법과 허용구간, 최근 정차역 진입과 도착 이후의 이동권한에 대한 정보 등이다. 이와 관련된 절차와 방법, 승인 및 보고 등에 관한 내용의 문서화가 필요하다.

4.5. 제시 안의 평가

전술한 제시안과 제3장의 국내 철도운전법규를 비교하면 1)인적인 측면: 전령자에 의한 경우와 이를 적용할 수 없는 경우의 관제사에 의한 방법을 추가하여 단계별 위험제어방법을 제시하여 법규의 문제점을 보완하였고, 2)기술적인 측면: 기술적인 안전장치의 기능을 중첩시킴으로써 인적오류에 의한 사고를 억제하였다. 3)합병된 열차의 이동: 출발전 안전기능의 확인절차와 견인형태에 따른 방법을 추가하였고 4)의사소통:

Table 3. Comparison of Railway operation rule and proposed alternative

Type	Protection		Control of movement	Communication
	Staff	Technical		
Railway operation rule	N	N	N	N
proposed alternative	Y	Y	Y	Y

공유정보와 의사소통을 강화하여 위험제어 및 비상대응체제 유지가 가능하도록 보완하였다. Table 3에서 나타난 바와 같이 제시 안은 법규의 미비점(N)이 보완되었음(Y)이 확인되어 기존보다 안전수준이 향상되었음이 확인되었다.

5. 결론

지금까지 구원열차운전과 관련된 사고사례를 조사하여 위험요인을 식별하고, 국내 법규와 철도운영기관의 사규를 조사하여 위험제어의 적정성 분석결과 미비점 등 문제점이 지적되었으며, 도출된 문제점을 보완하여 열차충돌 등 사고방지를 위한 안전한 구원열차 운전모델을 제시하였다. 제시안과 국내법규·운영기관 사규 및 부산사고의 문제점등을 고려하여 안전수준을 평가하면 다음과 같다.

(1) 인적 열차방호시스템의 적용: 전령자의 동승과 이를 생략한 경우로 구분하여 단계별로 위험요인에 따른 인적인 안전기능을 제시함으로써 전령자에 의한 통제와 부산사고와 같은 전령자가 동승하지 못한 경우에도 관제사에 의한 구원열차의 과속운전 감시와 통제기능을 제시함으로써 법규와 사규의 미비점의 보완으로 부산사고와 사례 1~4)와 같은 사고방지에 유효하다.

(2) 기술적인 열차방호시스템의 적용: 인적인 방호시스템의 적용은 인적오류에 의한 사고방지책으로는 한계가 있어 15 km/h 또는 25 km/h의 속도 이하로 제한되는 기술적인 열차방호시스템의 중첩 적용으로 과속운전이 기술적인 시스템의 안전기능 지원에 따라 물리적으로 불가능하도록 하여 부산사고 및 사례 1-4)와 같은 충돌사고방지에 유효하다.

(3) 합병된 열차의 안전한 이동 방법의 적용: 합병된 열차의 출발 전 기술적인 안전기능 확인, 열차운전 방법 등을 추가함으로써 법규 및 사규의 미비점 보완과 사례 5)와 같은 탈선사고 방지에 유효하다.

(4) 의사소통: 구원열차 운전의 추가되는 위험의 통제와 비상대응체제 유지를 위하여 공유정보의 내용과 의사소통을 위한 절차와 방법의 문서화를 추가하여 유기적인 비상대응체제 유지가 가능하도록 하여 부산사

고와 같은 사고방지로 안전수준을 향상시켰다.

제시안의 적용에 있어서는 철도사고 중 위험도가 가장 높은 열차충돌사고는⁸⁾ 철도위험도영역에서 허용불가영역(Intolerable Region)에 속하는 점과 특히 충돌위험이 가장 큰 구원열차운전에 있어서는 현실적으로 적용 가능한 인적·기술적인 열차방호시스템은 물론 제시된 각 대안들의 중첩적용으로 어느 하나의 안전방벽에 실패하는 경우에도 사고로 이어지는 것을 최대한 억제시킬 수 있도록 하는 방안을 권고한다. 이는 제2장의 사고사례에서 단편적인 인적 안전방벽의 실패에서 사고가 발생된다는 인과관계에서 얻은 교훈이다.

결론적으로 구원열차의 운행안전은 추가로 수반되는 위험의 식별과 위험의 적절한 제어·감시·통제가 가능한 중첩된 대안의 적용으로 안전하다고 판단되는 경우에 한하여 허용되어야 한다. 따라서 구원열차운전에 있어서의 제시된 각 대안의 적용은 이를 적용하는 경우 위험제어와 사고방지가 가능함을 기대할 수가 있어야 되고, 최소한 기존의 정상적인 열차운전방법과 비교하여 안전수준이 낮지 않음을 입증하여야 적용이 가능하다.

감사의 글: 이 논문은 한국교통대학교 교내학술연구비(2013년)에 의하여 연구되었음.

References

- 1) Railway Safety Publication 3, "Safe Movement of Trains", ORR., 2007.
- 2) Y. S. Jeon, H. S. Lee and C. S. Kim, "A Study on the Driving Regulation of the Urban Railway Vehicles with Block Systems", Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 13, No.1, pp.92-98, 2010.
- 3) Aviation and Railway Accident Investigation Board, "Report Railway Accident(Busan Transportation Corporation 3 Line Basan-Mulmangol)", No. ARAIB/R, 2014.
- 4) "Railway Operation Rule", Act of Ministry of land, Infrastructure & Transportation No.454. Legislated in, Revision 2010.10.18. Departmental Order No.296, Legislated in 2005.
- 5) "Urban Railway Operation Rule", Act of Ministry of land, Infrastructure & Transportation No.23, Legislated in, 3rd Revision 2010.08.09., Departmental Order No.272, Legislated in 1995.
- 6) "Railway Operation Rule", Korea Railroad Public Corporation, Act No.39, Legislated in, 11nd Revision 2009.09.01., Rule.72., Legislated in 2005.
- 7) "Urban Railway Operation Rule", Gwang Ju Metropolitan Transit Corporation, act No.30, legislated in, 7nd Revision 2010.12.30., Rule190, Legislated in 2003.
- 8) Korea Railroad Research Institute, "Establishment of Risk Analysis and Assessment System for Railway Accidents and Hazards", Ministry of Construction and Transportation · Korea Institute of Construction & Transportation Technology Evaluation and Planing, 2007.