

트램 사고유형별 복구매뉴얼 및 복구장치 조사 분석

An analysis on recovery manual and equipment for Tram accidents

정승섭*, 홍용기*†, 김재영*, 박재흥*, 변재홍*, 유병관*

Seung Sub Jung*, Y. K. Hong*†, J. Y. Kim*, J. H. Park*, J. H. Beun*, B. K. Yu*

초 록 트램은 도시재생효과와 더불어 친환경성, 중량 전철 대비 낮은 건설비, 저상시스템을 적용한 교통약자에 대한 배려 등 다양한 장점으로 다수의 해외도시에서 운행되고 있다. 대전시, 울산시, 위례신도시 등 국내에서도 트램 도입을 위해 많은 검토가 이루어지고 있다. 트램은 도로 교통과 동일 평면상에서 운행되므로 자동차와의 충돌, 보행자와의 접촉 등 안전사고에 자주 노출된다. 그러나 국내에서는 트램에 대한 운영 경험이 없기 때문에 사고 발생 시 대처방안과 사고복구에 대한 우려가 있다. 따라서 본 연구에서 트램 사고유형별 복구매뉴얼 및 복구장치 조사·분석을 통하여 트램 실증노선에서 발생이 예상되는 다양한 사고유형별 대응 조치 및 사복복구절차 매뉴얼을 개발하고 사고복구에 필요한 제작 가이드라인을 제시하는 기초자료로 활용하고자 한다.

주요어 : 트램, 사고복구매뉴얼, 사고복구장치, TRAM, Recovery Manual, Recovery Equipment

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

트램은 도시재생효과와 더불어 친환경성, 중량 전철 대비 낮은 건설비, 저상시스템을 적용한 교통약자에 대한 배려 등 다양한 장점으로 다수의 해외도시에서 운행 중이다. 이러한 장점으로 국내 여러 도시에서 트램 도입을 적극적으로 검토하고 있다. 특히, 대전시는 지난 2019년 1월 대전도시철도 2호선을 트램으로 건설하는 사업에 대해서 정부의 ‘예비타당성조사 면제 사업’으로 인정받아 트램 건설 사업에 탄력을 붙이고 있다.

트램은 일반철도와 달리 도로 노면과 같은 수평면에 레일 상면이 위치하는 도로상의 평면교차로를 주행하기 때문에 자동차 등과의 사고에 대한 경계 운전이 특히 요구된다. 그러나 국내는 아직 트램에 대한 운영 경험이 없기 때문에 트램 사고 발생 시 안전하고 효과적으로 사고를 복구할 수 있는 방안에 대한 조사·분석을 필요로 한다.

본 연구에서는 본격적인 트램의 도입에 앞서 국내 일반철도 사고복구매뉴얼 및 복구장비와 해외 트램 사고복구매뉴얼 및 복구장비를 조사·분석하였다. 이를 통해 트램 실증 노선에서 발생이 예상되는 다양한 사고유형별 대응 조치 및 절차 매뉴얼을 개발하고 트램 제작 시 반영해야 할 제작 가이드라인을 제시하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

† 교신저자: (사)한국철도차량기술사회(hongssy52@naver.com) 정회원

* (사)한국철도차량기술사회 정회원

1.2 연구의 범위

본 연구에서는 트램의 현황 및 사고유형, 국내 철도차량과 해외 트램의 사고유형별 복구매뉴얼 및 복구장치를 조사하고 분석하는데 집중하였다.

본 연구의 공간적 범위는 국내 철도차량과 해외에서 트램을 운영하고 있는 나라를 대상으로 설정하였고, 시간적 범위는 최근 10년 이내로 하여 기존 문헌, 관련 데이터 및 자료를 수집·참고하여 분석하였다.

2. 트램의 일반현황 및 철도사고유형 조사·분석

2.1 트램의 일반현황

트램은 도로상의 일부에 부설되어 레일위를 주행하는 노면전차로, 일반 지하철보다 급곡선, 급구배에서의 주행능력이 우수하다. 표정속도는 도로 여건, 교차로의 신호 등 짧은 정거장 간격 때문에 도심지에서는 약 15km/h로 낮은 편이다. 수송력은 대량수송수단인 중량전철과 버스의 중간정도이며, 최근에는 전용노선의 확보와 고성능 저상차량의 도입으로 수송력, 신속성, 정시성, 쾌적성에 대한 서비스가 개선되고 있다.

트램을 운행하는 국가는 독일, 영국, 프랑스 등 유럽과 호주, 미국 등을 중심으로 넓게 분포하고 있다. 또한 트램은 저렴한 건설비 및 선로 선정의 용이성, 편리한 접근성, 에너지 효율성 및 친환경성, 도시경관 개선, 향상된 안전성 등을 이유로 도시교통수단의 한 축으로 자리잡고 있다.

2.2 트램의 사고유형

프랑스 STRMTG에서 발생한 트램의 사고분석보고서(Accidentology of Tramway)에 따르면 트램 사고의 유형을 화재, 감전, 탈선, 충돌, 여객, 기타사고로 구분하였다.

<표2-1 프랑스 트램 사고유형과 사고건수(2014년)>

events		Casualties									
Type	No	Total	Total			Third Parties			Passengers		
			slightly injured	seriously injured	Fatal	slightly injured	seriously injured	Fatal	slightly injured	seriously injured	Fatal
Fire Explosion											
Panic											
Electrocution											
Derailment	8	1	1						1		
Passenger Accident	975	874	834	13					834	13	
Collision between trains	7										
Collision with obstacle on track	21										
Collision with Third party	1414	434	397	31	6	291	30	6	106	1	
other event	38	5	5								
End of track	4	4	4								
Total	2467	1291	1241	44	6	292	30	6	949	14	0

자료 : '14년 프랑스 STRMTG에서 발생한 트램의 사고분석보고서(Accidentology of tramway)

한편 호주 빅토리아주에서 발행한 2017년 4분기 트램 사고통계보고서(Tram-incident-statistic-Q4-2017)에 따르면 사고의 유형을 여객사고(사망, 중상), 탈선, 충돌(트램간, 사람간, 시설물간, 차량간), 미끄러짐, 화재, 기타사고(트램에서 추락, 미끄러짐, 승강장에서의 추락, 레일파손)로 구분하고 있다.

2.3 국내 철도사고유형

2.3.1 「재난 및 안전관리 기본법」에 따른 대형사고 유형

법 제34조5(재난분야 위기관리 매뉴얼 작성·운영)에 따라 재난관리주관기관의 장(국토교통부 장관)은 고속철도·지하철 위기관리 표준매뉴얼, 고속철도·지하철 위기대응 실무매뉴얼을 작성·관리하여야 하며, 철도운영기관의 장은 고속철도·지하철 위기대응 실무매뉴얼과 현장조치 행동매뉴얼을 작성·관리하여야 한다.

<표2-2 대형사고 유형>

고속철도 대형사고	지하철 대형사고
<p>고속열차가 운행 중 대형사고로 국가가 관리해야 할 대규모 재난상황인 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10명 이상의 사망자가 발생하거나 24시간 이상 열차운행 중단이 예상되는 사고 - 기타 고속열차 사고로 사회적 물의가 크게 예상되는 것 <p>※ 일반도시철도에서 발생한 철도사고로 매뉴얼에서 정한 피해규모 이상인 사고의 경우 매뉴얼을 준용하여 대응</p>	<p>전동열차 운행 중 대형사고로 국가가 관리해야 할 대규모 재난상황인 경우</p> <ul style="list-style-type: none"> - 충돌·탈선·화재·폭발사고 또는 침수된 경우로 10명 이상의 사망자가 발생하거나 24시간 이상의 열차운행 중단이 예상되는 경우 - 기타 사고로 사회적 물의가 크게 예상되는 것 <p>※ 지상구간에서 발생한 철도사고로 매뉴얼에서 정한 피해규모이상인 경우 매뉴얼을 준용하여 대응</p>

자료 : 국토교통부 고속철도·지하철 위기대응 실무매뉴얼

2.3.2 「철도안전법」에 따른 철도사고의 유형

「철도안전법」에서 철도사고란 철도운영 또는 철도시설관리와 관련하여 사람이 죽거나 다치거나 물건이 파손되는 사고를 말하며, 운행장애란 철도차량의 운행에 지장을 주는 것으로서 철도사고에 해당되지 아니하는 것을 말한다.

「철도안전관리체계 기술기준」에서는 철도 비상대응계획 수립에 대한 세부기준을 제시하고 있다. 철도비상사태란 열차충돌, 탈선, 화재, 폭발, 자연재해 및 테러 등의 중대한 사고 발생으로 열차 운행이 중단되거나 인적 및 물적 피해가 발생 되는 상황 또는 위험개소(터널·교량 등) 내 장시간 열차가 정차하는 상황을 말한다. 또한 「철도사고등의 보고에 관한 지침」에서는 철도사고를 철도교통사고와 철도안전사고로 구분하고 있다.

<표2-3 철도사고 분류>

철도사고	철도교통사고	열차사고	열차충돌사고
			열차탈선사고
			열차화재사고
			기타열차사고
		건널목사고	
	철도교통사상사고	여객	
		공중	
		직원	
	철도안전사고	철도화재사고	
		철도안전사상사고	여객
공중			
직원			
철도시설파손사고			
기타철도안전사고			

자료 : 철도사고등의 보고에 관한 지침

3. 국내 철도차량 사고유형별 복구매뉴얼 및 복구장치 조사분석

3.1 철도운영기관별 위기대응매뉴얼

철도운영기관은 「재난 및 안전관리 기본법」에 따라 ‘위기대응 실무매뉴얼’과 ‘현장조치 행동매뉴얼’을 각각 운영하고 있다. 각각의 매뉴얼은 크게 고속철도차량과 지하철로 분류하고 있으며, 이 매뉴얼을 운영하는 기관은 16곳이 있다.

이 매뉴얼의 주요 내용은 철도분야에서 발생하는 재난이나 그 밖의 각종 사고에 대하여 그 유형별로 예방·대비·대응 및 복구 등의 업무를 직접 수행하도록 행동조치 절차를 구체적으로 수록하여 상황 발생 시 신속하고 안전하게 대응토록 규정하고 있다.

3.2 철도차량 사고복구 매뉴얼

국내 철도운영기관은 열차사고 발생 시 철도차량의 안전하고 신속한 복구를 위하여 철도차량 복구매뉴얼을 구축하여 운영하고 있다. 철도차량 복구매뉴얼은 크게 고속(일반)철도와 지하철로 구분되며 주요내용은 <표3-1>과 같다.

<표3-1 운영기관별 철도차량 복구매뉴얼>

운영기관	매뉴얼	주요 내용
한국철도공사	철도사고복구총람	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사고 급보체계와 복구작업 기준 ▪ 사고복구용 장비에 대한 소개 및 조작법 ▪ 사고복구 장비를 이용한 복구방법 등

운영기관	매뉴얼	주요내용
서울교통공사	전동차사고복구시행예규	<ul style="list-style-type: none"> 전동차 사고 발생시의 조치 비상연락망 및 비상소집 복구작업의 분담과 복구장비의 운반 전동차 사고의 복구방법 복구작업시 준수사항 등
대전도시철도공사	사고수습복구총람	<ul style="list-style-type: none"> 탈선복구, 열차충돌(추돌), 사상사고, 화재, 전동차 고장, 급전장애, 선로침수, 테러 등에 대한 조치요령 모의사고 복구절차 사고복구차량 및 장비 취급방법 복구장비 현황 등
서울시 9 호선	사고복구 절차서(MTS-T205)	<ul style="list-style-type: none"> 복구작업시 준수사항 비상연락망 사고복구반 조직 및 임무 사고발생시 조치 사고복구 장비목록 등

자료 : 철도운영기관 내부자료

3.3 국내 철도차량 복구장치

철도사고용 복구장치는 1980년대까지는 무연탄을 사용하는 소용량의 스팀 기중기를 활용하였으나, 기술발전과 더불어 현재는 200톤급 대용량 기중기와 잭 키트, 유니목 등의 다양한 사고복구용 장치를 사용하고 있다.

철도차량이 고속화와 첨단화가 됨에 따라 사고의 다양성에 대응하고 사고복구 시 더욱 안전하게 차량을 복구하는 것이 필요하다. 또한 차량의 중량이 증가함에 따라 대용량의 기중기가 필요하게 되었고, 200톤 ~ 150톤급 등 다양한 종류의 기중기도 국내에서 사용 중이다.

고속철도, 일반철도 등 주요 노선의 전철화와 지하철 전 구간 전기차량의 운용에 따른 사고복구장치의 변화는 전차선이 설치된 노선에서 복구작업을 보다 간편하게 하며, 유압에 의한 기중기 붐의 작동은 중량물 작업을 보다 안전하게 할 수 있다. 그러나 기중기는 고속철도를 비롯한 일반철도의 터널 구간이나 지하철 구간 등 작업반경이 제한된 장소에서는 작업이 어려운 단점도 있다.

본 연구에서 조사된 철도사고 복구용 장치는 주로 철도차량의 탈선사고에 대응하기 위한 것으로 복구장치는 <표3-2>와 같다.

<표3-2 사고유형별 철도차량 복구장치>

사고유형	복구장치	비고
차량탈선 (전복포함)	기중기, 유니목	차량탈선은 차량 1량 전체가 선로를 이탈하였거나 차량전복이 일어난 경우를 말함
대차탈선	리프팅 잭 키트	대차탈선은 차량 1량 중 1개 대차(2축 4륜)가 선로를 이탈한 경우
차륜탈선	복선기	차륜탈선은 1개의 대차(2축 4륜) 중 1차륜 또는 일부 차륜이 선로를 이탈한 경우

자료 : 철도운영기관 내부자료

철도차량 복구장치는 <표3-2> 외에도 부수적으로 기중기 작업 시 사용되는 보조장비 18종과 복선기, 보조대차, 덤핑대, 에어백 등도 있다. 복선기는 철도차량의 경미한 탈선사고 발생 시 유용하게 사용되며, 차축 베어링의 고착으로 차륜의 회전이 원활하지 않을 때에는 보조대차를 사용하기도 한다.



자료: 한국철도공사 사고복구총람

<그림 3-1> 간이형 보조대차

3.4 트램 실증노선 적용성

철도 관계 법령은 신규 철도 노선의 개통이나 새로운 철도운영사업자에게 대형사고를 예방하고, 또한 대형사고 발생 시 이를 안전하고 신속하게 복구할 수 있도록 사고복구의 체계를 갖추도록 요구하고 있다. 이에 따라 신규로 트램 시스템을 건설하고 운영할 경우 트램의 대형사고 발생을 예방하고 대응하기 위한 위기대응 매뉴얼, 현장조치 행동매뉴얼과 철도차량의 복구를 위한 사고복구 매뉴얼을 운영하여야 한다.

한편 트램의 탈선 복구와 관련하여서는 탈선의 경중에 따라 트램의 특성에 맞는 별도의 사고복구 매뉴얼 제작이 필요하다. 그러나 기존 철도차량과 트램은 궤도를 주행한다는 동질성과 차량 시스템의 유사점이 매우 많으므로 국내 철도차량 복구매뉴얼을 참조하는 것이 지극히 타당하다.

트램은 일반교통과 평면상을 운행하는 철도차량으로 일반 철도차량과 사고복구 장비의 사용에 있어서도 매우 유사하다. 따라서 탈선사고 복구를 위한 기중기, 잭 키트, 복선기를 트램의 특성에 맞도록 도입하여 활용하여야 한다.

기중기는 트램의 중량을 인양할 수 있는 일반 기중기의 사용이 가능하고, 잭 키트와 복선기는 일반 철도차량 대비 지상고가 낮은 트램에 적용이 가능하도록 소형화가 필요하다. 아울러 일반 철도차량의 사고복구용 다목적 차량인 유니목은 번호판이 없어 도로를 주행할 수 없으므로 이에 대한 대책이 필요하다.

4. 해외 트램 사고유형별 복구매뉴얼 및 복구장치 조사분석

4.1 해외 트램 사고유형별 복구매뉴얼 및 복구장치

4.1.1 해외 트램 사고유형별 복구매뉴얼

1) 탈선복구관련 규격

철도차량의 탈선에 대한 복구 요구사항을 정한 EN16404는 철도차량의 탈선복구를 위한 요구사항과 작업 방법, 복구장치 설계 요구사항, 복구 시나리오, 유효성검사 등으로 이루어져 있다.

2) 트램 사고복구용 Rerailing 시스템

트램 탈선사고복구에 탈선복구시스템(Rerailing)을 많이 사용하고 있다. 독일 LUKAS社의 탈선복구 시스템은 복구시스템의 구성품들과 규격, 구조 및 명칭, 점검 및 유지보수에 관한 사항들이 기술되어 있다.

3) 탈선복구 훈련

지진과 밀접한 관련이 있는 일본은 지진 도달 전에 추정 진도와 도달 시간을 알리는 ‘긴급 지진 속도장치’를 지령소와 열차 사업소에 설치하고, 지하철은 진도 5 이상, 트램은 진도 4 이상의 지진 정보를 수신하면 열차를 긴급 정지시킨다.

한편 JR동일본 오미야 지사에서는 사고·재해 등이 발생했을 경우를 대비하여 사원의 기술력, 기능력 향상 등을 목적으로 소방·경찰·그룹 회사 등과 제휴하여 정기적인 훈련을 실시하고 있다.

4) 영국경찰의 트램 관련 비상대응 매뉴얼

트램은 전용선이 아닌 도로를 주행하기 때문에 영국에서는 사고 발생 시 사고의 처리를 경찰에서 수행한다. 영국(스코틀랜드 에딘버러) 경찰의 사고수습을 위한 비상대응절차(표준운영절차, SOP)는 트램과 관련된 사고가 발생하였을 경우 사고처리를 지원하기 위해 경찰관 등에게 적절한 안전지침과 절차를 제공하고 있다.

이 절차서는 가장 중요한 위험 요인으로 가공전차선(OLE : Overhead Line Equipment)을 꼽고 있으며, 이에 대한 적절한 안전대책을 포함하고 있다. 또한 이 절차서의 구성은 목적, 궤도 및 전기적 안전, 단전절차, 초기 경찰 대응, 트램 라인에서의 주요 사고, 음주 및 약물 관련 폭력, 사고의 기록과 보고, CCTV, 트램 적용 법령, 역할과 책임의 11장으로 되어 있다.

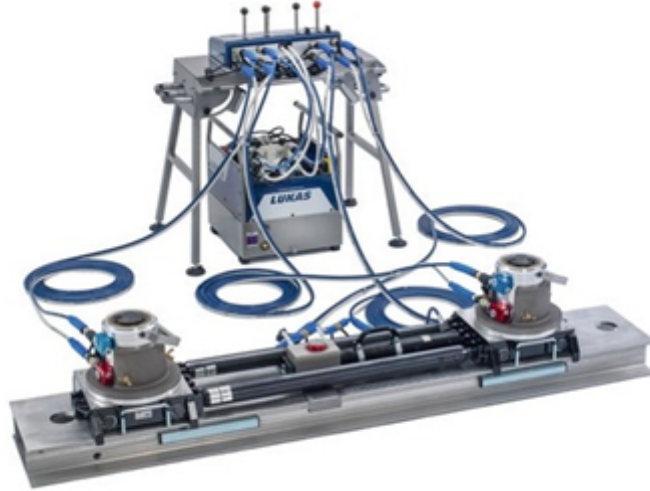
4.1.2 해외 트램 복구장치 조사 및 분석

1) 리프팅 잭 키트 형식 복구장치

국내외에서 주로 사용되고 있는 사고복구장치의 제조사로 잘 알려진 독일의 LUKAS社에서는 다양한 사고복구 시스템을 제조하여 판매하고 있다. 트램 사고복구용 시스템은 LUKAS社의 시스템 중 일부 부품을 조합하여 트램용 시스템으로 구성하는 것으로 파악되었다.

트램용 사고복구 시스템은 구동장치, 제어장치, 이송장치, 리프팅 장치로 구성¹⁾되어 있는데 이것은 국내에서 사용하고 있는 잭 키트와 매우 유사하다. LUKAS社에서 트램용 사고복구 시스템으로 구성한 조합은 가솔린 엔진식 펌프, 조작반, 유압호스, 유압잭 등으로 구성되어 있으며, 세부 장비 리스트는 <표4-1>과 같다.

1) 트램 Rerailing 시스템(LUKAS) 취급설명서 및 보수지침서



자료: LUKAS 홈페이지

<그림 4-1> LUKAS사의 트램 복구 시스템

<표4-1 LUKAS社 트램 복구 시스템 구성품>

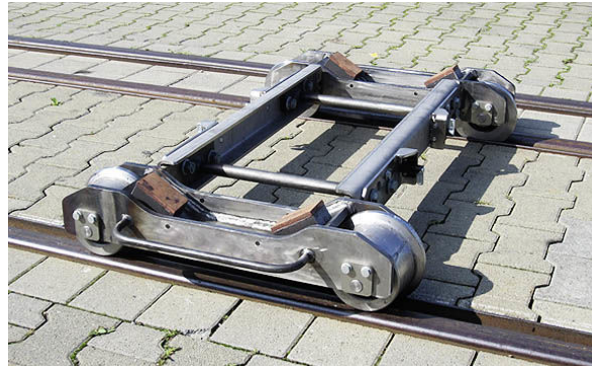
순번	품명	규격	단위	수량
1	가솔린 엔진식 펌프 (Motor pumps)	GC-650/E-2power, 537(W) × 451(D) × 600mm(H), 23ℓ, 4.2kW, 80kg	EA	1
2	수동 펌프 (Hand pumps)	ZPH3/8-2D, L940 × W260 × H182mm, Oil : 10.5ℓ, 21kg	EA	1
3	조작반(제어반) (Control Desks)	CU 2DV, 1,030(W)×640(D)×1,112mm(H), 43.5kg	EA	1
4	유압호스 (Hydraulic Hoses)	Hose pair blue-grey, 10M, 7kg	EA	6
5	컴팩트 이송 운반대 (Compact Traversing Unit) 엑슬 푸셔 셋트 (Axle pusher set)	CTU200, L865 × W375 × H153mm, 300mm, 73kg	EA	2
6	엑슬 푸셔 셋트 (Axle pusher set)	AXP100, 160mm, 100kN, 22kg	EA	1
7	유압잭 (Telescopic Jacks)	HP10/T280R, 650kN, H:279mm, 14.8kg	EA	2
8	베이스 플레이트 (Base Plate)	Base HP10/T, 7.2kg	EA	2
9	스태킹셋트 (Stacking sets)	HP10/T, 4/65mm(260mm), 14.5kg	EA	2

2) 임시대차 형식

철도차량 차축의 운동부가 고착되거나 차축발열로 인해 차축이 분리된 경우 차량을 본선에서 이송시키기 위해 임시대차 형식의 사고복구 장비를 사용한다. 임시대차 형식의 사고복구 장비는 차륜의 밑에 작은 바퀴(차륜)로 구성된 대차를 만들어 이동하는 장비로 그 형태는 다음과 같다.



자료: LUKAS 홈페이지



<그림 4-2> 임시대차 형식의 사고복구 장비

임시대차 형식의 사고복구 장비는 부품별로 분리되어 있으며, 사고현장에서 조립하는 형태로 운영된다.

3) 복선기

복선기는 소규모 탈선에 위력을 발휘하는 단순 탈선복구장치이다. 유도슬로프에 의해 복구하기 때문에 잭을 사용하지 않고 쉽고 빠르게 작업할 수 있는 장점이 있다. 레일 방향으로의 견인은 궤도차에서 견인하는 방법과 선로에 윈터치로 고정할 수 있는 전용 지그 및 수동 견인기계에 의한 방법이 있다.

4) 기타 사고복구용 장비

해외도 국내와 유사하게 차체 인양을 위한 기중기와 차량을 고정하기 위한 차체 인양 금구를 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 일본에서는 차체 부착형의 탈선 복구 장비를 사용하고 있었다. 이 장치는 차량 1량에 대하여 전후 각각 1세트를 장착하고 유선 리모콘에 의한 간단한 조작으로 15분 내에 복구가 가능하다.



<그림 4-3> 차량 장착형 탈선 복구 장비

4.2 국내 실증노선 적용성

4.2.1 기중기(차체금구인양장치)

트램이 선로를 크게 벗어나 탈선하였을 경우 기중기와 차체인양금구를 사용하여 복구를 신속히 할 수 있다. 이때 가선을 철거하거나, 가선이 없는 상황이라면 철도전용 기중기가 아닌 일반기중기도 사용할 수 있으며, 50톤과 20톤 2종류가 있다. 이 기구를 사용하기 위해서는 트램 차량에 리프팅 포인트를 설치하여야 할 것이며, 이와 관련해서 향후 추가적인 연구가 필요하다.

4.2.2 리프팅 잭 키트(탈선복구장치)

철도차량 탈선복구장치는 독일의 LUKAS社, 일본의 유니버설기기(주), 네델란드 holmatro사 등에서 제작하여 판매하고 있다. 이 리프팅 잭 탈선복구장치는 1차륜, 1차축(2차륜), 1대차(2축)가 탈선하였을 때 복구를 위해 유용하게 사용할 수 있다.

4.2.3 복선거

복선거는 차륜 1개 또는 1개 차축(2차륜)이 선로로부터 탈선하였을 경우 레일위로 차륜을 굴러 레일위로 끌어 올리는 장치이다. 이 장치는 레일이 도로와 평편할 경우 사용하기 어렵기 때문에 트램 전용 복선거를 사용해야 한다.

복선거는 1개 내지 2개의 단순 탈선시 복구시간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다. 레일이 도로와 평면인 경우 장비의 개량을 통해서 적용이 가능하다. 이것에 대해서는 향후 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

4.2.4 보조대차

보조대차는 차축 발열 및 차축 베어링 고착 등에 의해 고장차량을 신속하게 이송하기 위한 응급 카트로 트램에도 활용이 가능하다. 이것은 높이가 낮기 때문에 철도차량의 전고를 높이지 않고도 차량의 이송이 가능하다는 장점이 있으며, 평상시 분리하여 보관하기 때문에 부피가 작다는 장점도 있다.

보조대차는 제조사에 따라 형태가 다양한데 이러한 특징을 활용한다면 차량에 보관할 수 있도록 제작이 가능할 것이다.

5. 결론

5.1 결론

트램의 일반현황 및 사고유형 조사분석을 통하여 트램의 운행에 있어서 열차사고인 충돌, 화재, 탈선 등이 발생할 경우 신속하고 체계적인 복구가 요구된다. 복구장치에 의해 사고복구가 필요한 트램 사고의 유형은 주로 탈선이며 탈선사고의 유형은 차량탈선, 대차탈선, 차륜탈선으로 분류할 수 있다.

트램은 철도차량으로 분류되기 때문에 트램을 운영하기 위해서는 법령에서 정하는 사고복구 매뉴얼과 사고 발생시 복구할 수 있는 장치를 구비하여야 한다. 본 연구에서는 국내 철도차량 및 해외 트램 사고유형별 복구매뉴얼 및 복구장치 조사·분석을 통해 사고복구 매뉴얼과 사고복구장치의 방향성을 제시하였다.

5.2 제언

철도차량시스템의 하나인 트램이 도로상에서 타 육상교통수단과 사람간 사고 발생 시 대응 법규의 상호 충돌 방지를 위한 도로교통법규와 철도안전법규의 상호 연관성을 사전에 정리할 필요가 있다.

트램은 독립된 전용노선이 아닌 경우의 평면도로에서 타 교통시스템과 교차한다면 지금까지의 도로상의 교통사고의 유형이 변화될 것을 사전에 인지하고 도로안전과 교통사고의 유형을 새로이 정립하여 대안을 마련하여야 한다.

트램의 설계 시 국가 기술기준을 근간으로 강도나 구조가 설계되겠지만 사고복구에 대비하여 복구장치의 적용을 위한 복구장치와의 인터페이스를 구조설계에 반영 검토가 필요하다. 마지막으로 트램 사고복구를 위한 장치가 대부분 해외에서 제작되고 있으므로 국내에 트램의 본격적인 도입 전에 탈선 복구장치의 국산화도 병행되어야 한다.

후 기

본 연구는 한국철도기술연구원에서 지원하는 「트램 사고유형별 복구매뉴얼 및 복구장치 조사·분석」 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 행정안전부, ‘재난 및 안전관리기본법’, ‘시행령’
- [2] 국토교통부, ‘철도안전법’
- [3] 국토교통부, ‘항공·철도 사고조사에 관한 법률’
- [4] 국토교통부, ‘철도안전법 기술기준’
- [5] 국토교통부, ‘고속철도·지하철 위기대응 실무매뉴얼’
- [6] 국토교통부, ‘철도사고등의 보고에 관한 지침’
- [7] 국토교통부, ‘제3차 철도안전 종합계획(2016~2020년)’
- [8] 국토교통부(2018), ‘Big Data 기반 철도안전관리 구현방안 연구’, 한국교통연구원, 남서울대학교
- [9] 국토교통부(2017) ‘무가선 저상트램 실증 연구개발 기획연구 최종보고서’, 한국철도기술연구원
- [10] 국토교통부, ‘철도사고조사보고서’, 항공·철도사고조사위원회
- [11] 한국교통안전공단, ‘철도안전정보종합관리시스템’
- [12] 한국교통연구원(2014), ‘도시철도사고 예방 및 대응체계 개선 연구’
- [13] 한국철도공사(2012), ‘사고복구 총람’
- [14] 한국철도공사, ‘고속철도·지하철 대형사고 위기대응 실무매뉴얼’,
- [15] 한국철도공사, ‘현장조치매뉴얼’,
- [16] 서울교통공사, ‘전동차사고복구시행예규’
- [17] 9호선운영(주), ‘지하철 대형사고 위기대응 실무매뉴얼’
- [18] 9호선운영(주), ‘차량분야 비상대응 현장조치 매뉴얼’
- [19] 9호선운영(주), ‘사고복구 절차서(MTS-T205)’
- [20] 인천교통공사, ‘사고 및 장애처리내규’
- [21] 공항철도(주), ‘철도사고 및 운행장애 처리규정’
- [22] 대전도시철도공사, ‘사고수습복구종합편람’
- [23] 이남형 외 5명(2015), ‘트램사고 유형분석을 통한 운영시나리오 연구’, 한국철도학회학술대회논문집,

2015.05, 1,268-1,273(6 pages)

- [24] 이종석 외 3명(2015), ‘트램 교통사고 비상대응절차 수립을 위한 사고특성 분석 연구’, 한국철도학회 학술대회논문집, 2015.05, 346-351(6 pages)
- [25] 정병현, “일본 RTRI의 가선,배터리 하이브리드 LRV”Hi Tram“, 한국철도기술연구원 웹진 2007년 11/12월호
- [26] ユニバーサル機器(株), ‘脱線復旧機器’, <http://www.unvkiki.com/products/dassen.html>
- [27] JTSA(Japan Transport Safety Board)에서 발행한 철도사고조사보고서(ra2017-2)
- [28] EN 16404:2014, ‘Railway applications – Re-railing and recovery requirements for railway vehicles’
- [29] LUKAS, ‘LUKAS_Aufgleis_v08-jp’, 독일
- [30] LUKAS, ‘트램 사고복구장비 유지보수매뉴얼’
- [31] holmatro, ‘탈선복구시스템’, 네델란드
- [32] RSSB, ‘GERT8000 Rule Book Train Driver Manual’
- [33] Interim report is published by the Rail Accident Investigation Branch, Department for Transport.
- [34] Quarterly incident statistics for TRAM 2017–4th Quarter Published by Transport Safety Victoria
- [35] Scotland Police Attendance at Incidents Involving Trams(SOP)