

# 트램 도입을 위한 안전체계 구축에 관한 연구

박민규\*

\*동양대학교 철도경영학과

## A Study on the Development of Tram Operational Safety System

Min-Kyu Park\*

\*Department of Railway Management, DONGYANG University

### Abstract

The first tram in Korea was commenced the operation from 1899 to 1968 as a core role of public transportation. However, tram recently is being recognized as an alternative against a traffic congestion, a super-aged society and an environmental pollution problem. Because of these advantages, we are trying to introduce tram in Korea. The efforts to introduce trams have focused on the economic analysis for tram construction. But we must be interested in tram operational safety. Early opening tram accidents could affect a negative impact on the additional tram introduction. We are trying to introduce trams in Daejeon, Wi-Rye and Su-won. In this paper, I want to check the safety issues in tram operation phase.

**Keywords :** TRAM, Operational Safety, the wireless low-floor tram, Safety Management System.(SMS)

### 1. 서론

정부 교통정책이 수요 추종형에서 지속가능형 교통책으로의 변화 이후 친환경성, 수단 접근성, 환승 편의성 및 안전성에 대한 대중교통의 운영 및 기능 요구사항은 더욱 중요시 되고 있다. 이로 인해 정부에서는 이를 만족하는 신교통시스템에 대한 투자를 증가하여 한국형 경량전철, 자기부상열차, 바이모달트램 및 무가선 저장트램 등을 개발하였고, 이미 바이모달 트램은 세종시, 자기부상열차는 인천국제공항에 설치되어 운행된 실적을 갖고 있다.

이 중 특히 저장트램은 국내 오송시험단지 내에서 시운전을 하고 있을 뿐인데도, 이미 터키 이즈미르시에 유가선 저장트램을 수출하여 글로벌 트램 시장에 본격적으로 도전하고 있어 미래 철도 인프라 수출 사업 영역으로서 각광을 받고 있다. 하지만 우리 자체의 우수한 기술개발을 완료하여 해외 수출을 하고 있음에도

아직 국내 운영 실적을 하지 못하고 있음에 대해서는 그 원인을 심각하게 고민할 필요가 있다.

우선 트램이 도입되기 위해서는 관련 법령을 정비해야 한다. 다행히 다수의 지방자치단체에서 트램 도입을 위한 노력으로 국토교통부에서도 과거에 달리 더욱 적극적으로 법령 개정에 나서고 있다. 이는 단기적이고 임시적 차원에서의 단편적 법 개정보다는 새로운 교통시스템으로서의 상징적 의미를 각인시키는 중장기적 관점에서의 법 개정이 필요하다. 단순히 트램 도입을 위한 경제성 확보 차원이 아닌 건설과 운영(안전 포함) 등을 포함한 트램 수명주기(도입-운영-유지보수-교체)에 따른 법 정비가 필요한 것이다. 특히 현재 트램에 대한 부정적 시각이 아직 존재하고 있는 바 트램 도입 후의 안전 확보 문제는 트램 도입을 위한 투자자 및 운영자, 지자체 및 승객 등에 부정적 이미지로 향후 트램 도입의 확장 측면에서도 매우 심각한 문제가 아닐 수 없다. 따라서 본 논문에서는 현재 트램 도

† This research was supported by the industry-Academy cooperation foundation of DYU

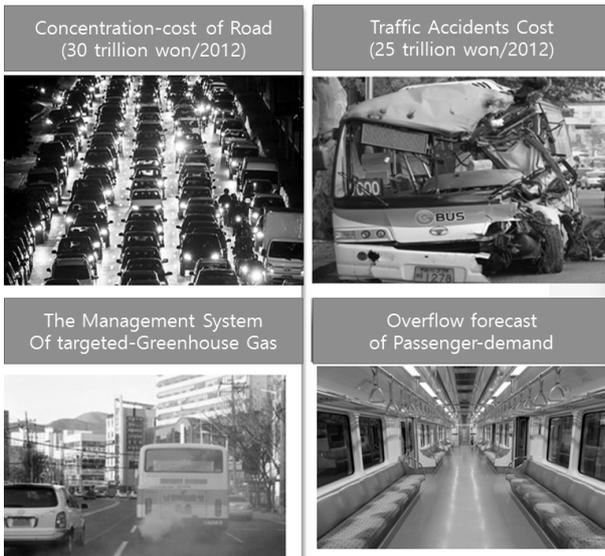
† Corresponding Author : Min-Kyu PARK, Railway Management, DONGYANG UNIVERSITY, 145, dongyangdae-ro, Punggi-eup, youngju-si.

Received July 21, 2017, Revision Received August 11, 2017, Accepted September 10

입을 위한 경제성 분석에서 벗어나, 트램이 도입된 후 안전을 확보하기 위한 다양한 관점에서의 문제점 분석과 대안을 제시하고자 한다.

## 2. 본론

우리나라에서는 도로교통 혼잡비용이 2012년 기준으로 30.3조원(GDP의 2.2%)로 전년대비 4.1%p 증가하였고, 교통사고비용 역시 2011년에 24.9조원(GDP의 1.9%)에 이르는 등 개인교통 수단 중심의 교통정책은 막대한 사회비용을 지불하고 있다. 녹색교통정책의 일환으로 교통부문 온실가스 감축 목표관리제가 시행되어 에너지 소비 및 탄소배출 절감을 위한 교통수요 관리 강화 정책으로서 철도 중심의 대중교통 수단으로 전환을 추구하고 있고, 기존 중전철과 경전철 노선은 막대한 건설비가 투자되었음에도 목표 수요에 절대적으로 부족하여 운영의 문제점과 지자체의 재정 악화를 초래하고 있다.



현행법 상 트램은 도시철도로서 도로 위에서 운영할 수 없고, 전용선로를 구축해 운영하더라도 교차로는 도시철도 시설이 아니라 운영이 어렵고, 도로를 운행할 수 있는 차마도 아니라 현행법의 정비가 필요하다. 또한 트램 운행 중 사고발생 시 철도안전을 담당하는 국토교통부와 도로교통 관리부처인 경찰청 사이에 사고통계, 사고처리 및 복구, 시설 및 설비 담당 등에 대한 명확한 업무분담 및 체계정립 역시 고려되어야 한다.

### 2.1 중앙버스전용차로의 사고특성

중앙버스전용차로제는 대중교통 우선처리 전략의 일

환으로 도입되어 통행속도 향상, 통행시간 단축, 정시성 향상 등 버스의 수송효율성 및 서비스 수준을 향상시키고, 이동수단을 대중교통으로 유도하여 타 교통 체계를 개편하는 대중교통 활성화를 위해 도입되어 시민들의 큰 호응을 얻고있다.

하지만 이러한 긍정적 의미에도 불구하고 교통사고 통계를 통한 안전성 측면에서 살펴보면 개선의 여지가 많음을 알 수 있는데, 특히 서울시 전체 교통사고 발생건수는 지속적으로 감소하는데 비해 중앙버스전용차로제에서의 사고발생 건수는 오히려 더 증가하고 있고, 특히 치사율에 있어서는 일반 사고보다 최고 1.5배에서 최대 5배가 높은 것으로 분석되고 있다.

중앙버스전용차로에서 교통사고가 줄지 않는 것은 심야시간대 무단횡단과 버스의 과속이 가장 큰 원인으로 꼽힌다. 이에 대해 경찰에서는 야간에 타인의 시선을 의식하지 않고 무단횡단하는 사람들이 많지만, 중앙버스전용차로에서는 낮에 비해 별로 교통량이 줄지 않아 사고가 자주 발생하고 일반 차로에 비해 교통량이 적어 운전자들이 과속하는 것도 치사율이 높은 이유로 설명하고 있다.

### 2.2 트램사고 유형 분류체계

앞서 설명한 바와 같이 현재 트램은 도로 위를 달리는 도시철도 이기 때문에 트램 사고 발생 시 효율적 대안 설정을 마련하기 위해 트램사고 유형을 분류하고 국가 통계로서의 공신력을 갖기 위해서는 철도 및 도로에서의 사고통계 체계를 명확히 구분하여 설정할 필요가 있다. 이는 트램 사고가 HW/SW적인 특성을 갖기 때문이며, 사고를 2중 처리하여 국가 이미지 저하에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 이에 따라 이미 트램을 운영 중인 해외에서는 어떠한 사고유형 분류체계를 갖고 있는지 알아보하고자 한다.

한국은 철도안전법 제2조에서 철도사고를 정의하고, ‘철도사고 등의 보고에 관한 지침’에서 [별표 3]에서 철도사고와 운행장애, 철도재난 등을 대분류하고 있다.

**Classification Criteria for Railroad Accidents**

Railroad Accident	Rail traffic accident	Train accident	Train collision
			Train derailment
			Train fire
			Other accident
		Level-crossing accident	
	Rail safety accident	Rail traffic casualty accident	Passenger
			Public
			Staff
		Rail Fire Accident	
		Rail safety casualty accident	Passenger
	Public		
	Staff		
Operational Disturbance	Rail-infra breakage accident		
	Other Rail safety accident dangerous event		
	Delayed operation		

[Figure 2] the classification of rail accidents in Korea

가. 호주(ON-S1 & OC-G1)

호주의 철도사고 유형분류는 철도안전법(Rail Saety(National) Act 2006)과 철도안전규정(Rail Safety Regulation 2006)에 근거하여 철도안전 규제국(ONRSR : Office of the National Rail Safety Regulator)에서 사고발생신고-기준1(ON-S1 : Occurrence Notification-Standard One)과 사고발생 분류-가이드1(OC-G1 : Occurrence Classification-Guideline One)에서 정하고 있다. 호주는 사고발생형태 및 원인을 분류기준으로 선정하여 충돌, 탈선 등 총 21개의 사고유형을 대분류하고, 항목별 특성에 따라 35개 중분류로 구분하고 있다.

나. 일본

일본의 철도사고는 ‘일본교통안전위원회 설립에 관한 법률’ 제3장 2조(철도사고의 정의)에 기반하고, 철도사고 유형분류는 철도사업법 19조 및 철도사고 등의 신고규정에 의해 분류된다.

일본 국토교통성에서 철도사고는 열차나 차량 운행 중 발생하는 사고로 정의하고, 철도사업법 제19조에서는 열차와 관련된 충돌 또는 화재 사고와 전용선로를 운행하는 열차 및 차량의 운행 중 발생사고 등을 포함하고, 트램 선로 상의 차량 운행 중 발생하는 사고 등도 포함된다고 상세 정의하고 있다.

사고발생 시 보고대상에 해당되는 사고는 크게 열차 운전사고, 수송장애, 철도전기사고 및 철도재해 등 4로 분류되고 ① 열차운전사고는 열차충돌사고, 열차탈선, 열차화재, 건널목 장애, 도로장애, 철도 부상사고, 철도 물적 손해사고 등 7개 중분류되고, ② 수송장애는 열차 운전사고를 제외한 열차운송 중 발생한 장애를 의미한다. ③ 철도전기사고는 감전사고, 전기화재사고, 감전의

사상사고, 공급지장사고 등 4개 중분류, ④ 자연재해 등으로 인한 철도재해 등으로 분류되고 있다.

다. 미국

미국의 철도사고 유형분류에 관한 법적 근거는 49 CFR 225(title 49/Transportation, Part 225/Railroad Accident·Incidents : Reports Classification, and Investigation)에서 정의하고 있다. 일반적인 국가들과 같이 탈선, 충돌(정면/측면/측면/충돌위(ranking)/열차 파괴), 평면교차사고, 장애물 사고, 폭발, 화재/폭력 파괴, 기타 충돌 등 충돌의 형태에 따라 분류하고 있다.

라. 시사점

트램사고 유형분류는 일반적인 철도와 같이 사고발생 형태에 따라 분류하고 있음을 알 수 있다. 따라서 우리의 경우도 현재 철도안전법 이하의 규정 및 지침에서 정한 바와 같이 통상적 사고 유형 분류는 같게 가되, 트램과 관련하여 제3자 사고가 발생했을 경우 사고발생 형태를 좀 더 구체화하기 위해 사고 유형의 단계를 한 단계 더 추가하여 분류할 필요가 있다. 하지만 현재 사고유형 분류도 트램사고 유형과 거의 유사한 패턴을 보이고 있으므로 굳이 사고유형의 개정은 필요 없을 것으로 판단된다.

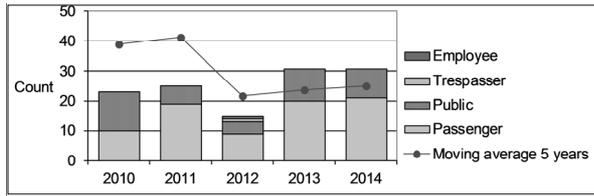
2.3 트램 사고 현황

가. 호주

호주는 세계 최대, 최고(最古)의 트램 운영국가로써 특히 멜버른은 호주에서 트램으로 연결된 유일한 도시이다. 도시의 다운타운은 물론 시내 주요 거점에서 리치몬드, 세인트 킬다, 야라 남부 등의 교외까지 연결되어 멜버른 교통의 큰 축을 담당하고 있다. 전체 250km에 26개 노선이 운영되고 있고, 1940년대부터 제작된 487대가 1천 763개 정류장, 연인원 1억 8,300 만명을 수송한다.

① 피해자 유형별 중상해 사고

2010~2014년까지의 사고 중 승객 중상해 사고가 63.2%로 가장 많고, 공중사상 사고는 35.2%를 차지하여 승객의 사고예방 대책 마련이 필요하다.



[Figure 3] the serious patients type against tram accidents

② 사고유형별 증상해 사고

사고발생 유형별로 살펴보면 ‘미끌림, 넘어짐, 추락’ 이 57.5%를 차지하여 2010년 대비 크게 증가하였고, 충돌은 40.8%를 차지하였으나 정체 상황이다.

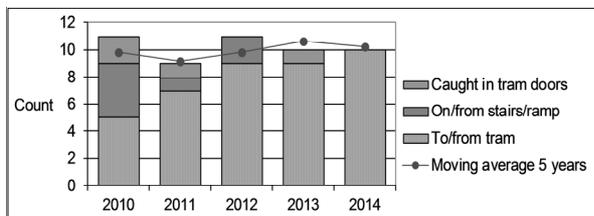
③ 트램 충돌

비교적 큰 피해가 발생하는 트램 간 충돌(추돌) 사고는 2010년 21건에서 감소 추세로 2014년에는 15건을 기록하고 있다.

빅토리아 주에서는 도로이용자 및 승객과의 충돌사고가 점차 감소 추세에 있지만 피해정도가 클 수 있으므로 대책 마련이 필요하다. 이는 비교적 저속이기는 하나 과거에 비해 높아진 트램 속도와 건물목 횡단자의 무단횡단 등에 따른 것으로 판단된다.

도로차량과의 충돌사고 발생건수는 2010년 819건에서 2014년 817건으로 크게 감소하지 않았다. 오히려 그 동안 증가추세에서 최근 약간의 감소 추세를 보여 도로차량과의 충돌사고 예방을 위한 근본대책 마련이 시급한 것으로 조사되었다.

전반적으로 모든 사고 유형이 감소추세인 반면 열차내 승객의 미끄러짐, 넘어짐, 추락 사고는 오히려 더 증가함을 알 수 있다. 5년 평균 157.6건이 발생하였고 2010년과 비교해서 2014년에는 오히려 더 증가했음을 알 수 있다. 특히 2014년에는 10건의 미끄러짐, 넘어짐, 추락 사고 모두 트램 승하차 시 발생한 것으로 조사되어 트램 운전자의 주의가 필요하다.



[Figure 4] the accidents slip, trip or fall on platform tram interface

나. 크로아티아

크로아티아의 수도 자그레브(Zagreb)의 트램 운영사인 ZET(Zagreb Electric Tram)에서는 2005년 이후 신형 저상트램 교체 사업이 시행되고 있고, 2003년 이후 트램 사고건수 및 부상자 수가 지속적으로 감소하였고, 사망자 수도 안정화 단계에 접어들었다. 계절별로 살펴보면 교통량이 가장 많은 겨울기간에 사고 발생 건수도 가장 많았고, 여름에는 개인차량 및 트램 교통량이 적어 사고발생 건수도 적은 것으로 분석되었다. 월별로는 11~12월에 가장 많은 트램 사고가 발생했고 이는 크로아티아의 부정적인 날씨 때문이다. 승용차와 함께 이용하는 혼용선로와 전용선로별로는 혼용선로에서 73%로 나타났고, 사고발생확률은 전용선로 대비 11.5배 높은 것으로 조사되었다.



[Figure 5] the number of traffic accidents per tram in one year

2.4 트램 사고대응 및 보고체계

가. 일본

일본의 트램 사고 대응 및 보고체계는 ‘궤도법 시행규칙’ 및 ‘궤도사고 등 신고 규정’ 에서 사고대응 및 보고체계를 정의하고, 철도사업 동력차 조종사 자질 관리 보고규칙에 따라 철도사업자는 사고가 발생한 경우 사고 발생 일시, 장소, 사고원인 사고와 관련된 동력차 조종사에 대한 정보 등 보고서를 관할 지방 운수국장에게 제출하여야 한다.

나. 호주

호주는 교통안전관리국(ATSB)에서 사고대응 및 보고 업무를 담당하고, 철도사고조사지침(Rail Accident Guidelines)에 따라 사고조사를 시행하고, 사고 및 사

건의 보고절차는 교통안전 조사법(Transport Safety Investigation Act 2003)에 따른다. 즉시보고 위반 시 징역 12개월에 따르고, '교통안전조사규정'에 따라 72시간 내 보고서를 작성하고 위반 시에는 벌점 30점을 받는다.

## 2.5 트램 사고 보험체계

### 가. 한국철도공사

한국철도공사에서의 건널목 사고는 도로 차량운전자 과실이 약 95% 이상에 이르러 운전자에 대한 구상권 청구를 하도록 내부 규정인 '철도사고조사 및 피해구상 세칙'에서 정하고 있다. 규정에서는 피해액 조사 및 산정범위, 피해구상의 범위, 피해액 산정기준 관련 재료비·인건비·동력비·일반관리비·기술료·감가상각비·장비사용료 산정기준을 제시하고 있고, 피해구상 방안 및 연체료 산정, 소송 등에 관한 법적조치, 필요 시 피해구상심의조정위원회 설치 및 구성·운영에 관한 절차와 방법을 세부적으로 제시하여 담당자로 하여금 따르도록 하고 있다.

### 나. 일본

일본의 자동차보험은 자동차손해배상보장법(자배법)에 의해 보험계약체결이 강제되어 있는 자동차 손해배상책임보험과 임의로 보험계약을 체결할 수 있는 자동차보험(임의보험)으로 크게 대별된다. 자동차의무보험을 포함한 자동차보험은 전체 손해보험시장에서 약 61.9%를 점유하고 있고, 1996년 이후 진행된 규제완화 및 자유화로 다양한 자동차 보험 상품이 개발되어 판매되고 있다.

#### ① 자동차 의무보험(Compulsory Automobile Liability Insurance)

일본에서의 자동차 의무보험의 개념은 자동차책임보장법(Automobile Liability Security Law)에 근거하여 1955년부터 판매하는 보험으로 가해자의 배상능력을 확보하고 피해자 보호를 목적으로 하는 자배법에 의해 특별히 개발된 보험이다.

#### ② 자동차 임의보험(Voluntary Automobile Insurance)

일반적으로 자동차 타입 및 용도, 차대번호, 운전자 연령, 운전자의 범위, 차량 안전장치 장착 여부 등에

따라 리스크 등급을 구분한다. 임의보험 등급요율 결정 시 고려되는 사항으로는 i) 운전자 연령, ii) 운전자 성별, iii) 운전 경력, iv) 운행목적, v) 연비, vi) 지역, vii) 자동차 타입, viii) 다중차량소유권, ix) 안전장치 부착 등 9개 요인을 감안하여 요율을 산출하고, 보험계약 시 계약자가 작성한 청약서상의 고지의무 내용이나 건강진단 결과 등을 토대로 보험계약의 인수 여부를 판단하는 최종 심사과정인 언더라이팅(Underwriting)이 시행된다.

## 4. 결론

본 연구는 최근 지방자치단체에서 적극적으로 도입하고자 하는 트램 시스템의 안전성 확보 측면에서 대책 마련이 시급한 분야를 다음의 몇 개 분야에서 살펴 보았다.

첫째 트램과 유사한 운영 패턴을 보일 것으로 판단되는 중앙버스 차로제의 경우 운행구간에서의 과속과 보행자 무단횡단, 특히 정류장에서의 무단횡단은 트램 운영 시에도 문제가 될 것으로 판단되므로, 이에 대한 대안으로 중앙분리대 및 트랜짓물 등에서의 트램 속도 제한 등을 검토할 필요가 있다.

둘째, 해외 트램 운영기관에서는 트램 차량 내부와 트램-플랫폼 승차 중 미끄러짐, 넘어짐, 추락 등의 사고가 빈번히 발생하고 있어 트램 차량 및 플랫폼 바닥 미끄럼 방지 대책과 승객 손잡이 설치 등을 확대시켜 나갈 필요가 있다.

셋째 트램은 도로차량과 보행자 등 제 3자 사고(3rd Party) 발생 확률이 높고 피해 심각도가 큰 교통수단으로써 사고당사자간의 보험체계를 확립하여 교통약자에 대한 보상과 과실 상계에 따른 운영기관의 경제적 부담을 감소시킬 필요가 있으며, 이는 일본과 같은 의무보험과 임의보험 체계를 벤치마킹할 필요가 있다.

지금까지 살펴본 내용은 도시재생의 기반이 되고 교통복지 실현할 수 있는 신개념의 트램을 도입하기 위해 검토해야 할 안전문제를 언급하였다. 이토록 기존 교통시스템의 한계를 극복할 수 있는 신교통시스템이 도입 초기 안전성 측면에서 국민의 기대치를 충족시키지 못한다면 자칫 막대한 정부 예산이 낭비될 수 있는 만큼 절대적으로 안전문제에 대한 대안을 설계 단계부터 반영하여 건설해야 할 것이다.

## 5. References

- [1] Ke-chul. Ahn, Kook-jin. Kim, (2009), Conceptual 'Low Floor Tram' deveoping scheme for Korean domestic conditions, the Proceedings of Korean Socient for Railway, pp1044-1051
- [2] Gin-young. Kim, Hyeon-Sung. Kim, Min-Ju. Park, Hak-Rae. Kim, Jung-soo. Park(2011), A Study on The Successful Introduction of Tram, the Korean Society for Railway, pp872-880
- [3] Yu-ho. Kim, Soo-Hwan Lee, Ye-Ji Kim, Hyeon-cheol Hwang(2015), A Review on Accident Type Analysis and Crossing Control measures for Tram Accident Prevention, The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 64P, No. 4, pp212-219
- [4] Korea Road Authority(2011), the Revision of Road Transportation Act related Tram
- [5] Transport Safety Victoria(2013), 2013 Annual incident statistics Victorian Tram Operators
- [6] An overview of TRAM Safety in the city of ZAGREB2013

## 저자 소개

박민규



이다.

동국대학교에서 학사 및 공학석사, 서울과학기술대학교 철도경영정책학과에서 박사학위를 취득하였다. 탑엔지니어링 기술연구소(R&D연구팀장), 교통안전공단 철도안전처(선임연구원) 등을 거쳐 동양대학교 철도경영학과에서 철도공학, 철도안전 및 휴먼에러 등을 연구 중