

## 트램 교통사고 특성 및 안전대책에 관한 연구

이수일\* · 명묘희\*\* · 김태호\*\*\*

Lee, Sooil\* · Myung, Myohee\*\* · Kim, Taeho\*\*\*

# A Study on Tram Traffic Accidents Characteristics and Safety Measures

### ABSTRACT

This study is a basic study to prepare safety measures for the tram that is being introduced into Korea by reviewing accident analysis and accident compensation system of the tram. Analysis of accident characteristics of the tram was analyzed based on overseas data. Five years after the inauguration of the tram, accidents were halved and stabilized. Deaths accounted for 0.5 % of all casualties, most accidents were minor. Accidents with other mean transportation were high 84.1 %, among them accidents with passenger cars was found to be highest. The frequent points of accidents were analyzed as intersections and tram stop, and measures for pedestrian accidents were found to be important. Those are proposed safety measures through analyzing tram accident characteristics: Monitoring accidents which occur within five years of its inauguration, developing accident database input system, installation of fences for preventing people from jaywalking, operating traffic signal for preventing people from jaywalking through connection of pedestrian signals and tram signals, clamping down on illegal U-turn cars and jaywalking pedestrian, Also, those are proposed accident treatment measures based on general driver receptively and overseas data: property damage liability coverage (PI) of car insurance, comparative negligence when the accident occurs between car and tram.

**Key words :** Tram, Accident analysis, Accident compensation system, Car insurance, Negligence readjustment

### 초 록

본 연구는 트램의 사고분석과 사고보상 체계를 검토하여 국내 도입이 추진되고 있는 트램의 안전대책 마련을 위한 기초연구이다. 트램의 사고특성 분석은 해외자료를 기반으로 분석하였다. 트램 도입 후 5년이 지난 시점부터 사고가 절반으로 감소하여 안정화 되었고, 사망사고는 전체 사상자의 0.5 %이고 대부분 경미사고로 나타났다. 또한, 타 이동수단과의 충돌사고가 84.1 %로 대부분을 차지하며, 그 중 승용차와 사고빈도가 가장 높게 분석되었다. 사고 잦은 지점은 교차로와 정류장으로 분석되었고, 특히 보행자사고에 대한 대책이 중요하게 나타났다. 트램의 사고특성을 토대로 정책적 차원의 안전대책을 제시하면, 트램 개통 후 5년 내 사고 모니터링 집중시기 설정, 교통사고 DB관리를 위한 입력체계 개발, 정류장 주변 무단횡단 방지 펜스 설치, 보행신호와 트램신호 연계를 통한 무단횡단 방지 신호 운영, 교차로 불법유턴 차량 및 보행자 무단횡단 집중 단속 등이 필요한 것으로 나타났다. 또한, 일반운전자의 수용도 조사와 해외사례를 토대로 트램의 사고처리 시 가장 중요하게 고려되어야 할 대책을 제시하면, 자동차보험의 대물 보상한도 문제와 트램과 차량 사고 시 과실제도 마련으로 나타났다.

**검색어 :** 트램, 사고분석, 사고보상 체계, 자동차보험, 과실제도

\* 정희원 · 현대해상 교통기후환경연구소 연구위원 (Hyundai Insurance Research Center · sooillee@hi.co.kr)

\*\* 도로교통공단 정책연구처 연구위원 (The Road Traffic Authority · myohee@koroad.or.kr)

\*\*\* 종신회원 · 교신저자 · 현대해상 교통기후환경연구소 연구위원 (Corresponding Author · Hyundai Insurance Research Center · traffix@hi.co.kr)

Received June 24, 2019/ revised July 1, 2019/ accepted July 6, 2019

## 1. 서론

한국철도기술연구원은 세계 최대 용량의 전지(162 kwh, 1회 충전으로 25 km 이상 주행)를 탑재한 무가선 노면전차(이하 트램)를 개발하였다. 개발 성공 이후, 국내 지자체(부산, 수원, 대전, 위례신도시 등)를 중심으로 트램 도입을 위한 검토가 활발히 진행되어 온 가운데 2019년 2월 국토교통부는 「무가선 저상트램 실증노선 공모 사업」을 통해 국내 최초 트램 실증운영 노선으로 부산시 오륙도선(경성대·부경대역~SK아파트, 총 연장 5.4 Km)을 최종 지정발표하였다. 지하철에 비해 저렴한 건설·운영비가 투입될 뿐만 아니라 도심의 교통정체와 대중교통 정시성 확보와 같은 서비스 개선을 위한 최적의 대안으로 활성화가 기대된다. 하지만, 기존 교통체계에 없던 트램이 도입될 경우 기존 수단과 상충이 불가피하고 도입초기에 사고가 급격히 증가할 것으로 예상된다. 따라서 국내 트램 도입 시점에서 트램의 사고특성과 사고 처리 보상에 대한 문제를 심도 깊게 분석해 안전대책을 마련하는 것이 시급하다. 이에 본 연구는 트램 운영국가의 사고 자료를 토대로 사고특성을 분석하고, 도로위에 고가의 트램이 운행되면서 발생하는 트램과 차량 간의 교통사고 처리 시 발생하는 보상 문제와 트램의 안전운행을 위한 물리적·정책적 대안도 제시하고자 한다. 본 연구는 크게 4가지 관점에서 구성하였다. 첫째, 선행연구 고찰과 해외사례 조사를 통해 도입 가능한 안전대책(보험제도 포함)을 정리한다. 둘째, 트램사고 특성을 분석하기 위해 국외 트램사고와 국내 중앙버스차로 사고를 비교분석하여 국내 상황에 맞는 사고특성을 도출한다. 셋째, 국내 트램 도입을 가정하여 운전자에게 트램과 사고 발생 시 대처 가능한 보험제도 관련 신호도 조사를 실시한다. 마지막으로 앞서 검토한 내용을 종합하여 일반운전자를 위한 실질적인 트램 교통사고 안전대책을 제시하고자 한다.

## 2. 선행연구 고찰

### 2.1 트램 관련 연구

선행연구 검토는 국내외 연구를 구분해 진행하였으며, 현재 국내에 도입되지 않은 트램을 대신하여 운행특성이 유사한 중앙버스전용차로 관련 연구도 추가 검토하였다. 국내 선행연구 검토결과, Kim et al.(2014)는 중앙버스 전용차로 주변에서 발생하는 보행자의 무단횡단 행태 조사를 위해 카메라 촬영과 시뮬레이션을 활용하였다. 분석결과, 무단횡단 방지를 위해서는 안전시설(펜스) 설치가가장 중요한 요소로 도출되었다. Kim et al.(2015)는 프랑스 트램사고 분석내용과 국내 열차사고 유형을 비교하였다. 비교결과, 완전 독립 주행하는 철도와 달리 타 교통수단(자동차, 오토바이, 자전거 등)과 교차로에서 마찰 발생가능성이 높은 트램을 위해 교차로

신호제어 방안을 제시하였다. Park(2017)는 국내외 교통안전 시설물에 대한 법제도를 살펴보고 트램 도입을 위한 영국, 호주, 독일의 안전설계 지침 작성 기준을 제시하였다. 특히, 정류장 설치기준과 함께 의무보험 가입 필요성을 최초로 제안하였다. Yoon and Lee (2018)는 중앙버스 전용차로에서 발생하는 보행자 사고에 대한 영향 모형을 개발하였다. 모형 개발결과, 야간시간대에 고령자사고가 많고, 중앙분리대 도입이 중상사고를 감소시키는 데 효과가 있는 것으로 나타났다. 국외 선행연구 검토결과, Zhao et al.(2013)는 중국의 트램정류장 형식(Central Straight, Side Straight, Side to Central Straight, Central Turning, Side Right in-out)별 트램우선신호 계획을 제안하였다. Kruszyna and Rychlewski(2013)는 트램 정류장 주변에서 발생하는 보행자의 무단횡단 예방을 위한 보행신호 연동방안을 제시하였다. 기존 고정식 신호계획에 비해 5배 이상 안전도가 향상된 것으로 분석되었다. Naznin et al.(2016a)는 호주 아라트램의 사고 자료를 기반으로 사고영향 모형을 개발하였다. 중상사고 모형은 음이향 회귀분석을 적용하였으며, 주요변수는 트램우선신호, 트램 주행속도, 트램제작연도, 운전경력 등으로 나타났다. Naznin et al.(2016b)는 호주 아라트램 정류장의 보행자 사고를 감소를 위해 15개소에 대한 정류장 개선사업을 실시하고, 사전-사후분석 효과를 측정하였다. 개선 효과는 전체 보행사고의 43 %가 감소하였고, 1만 승객 당 보행사고율은 81 % 감소한 것으로 나타났다. 특히, 보행자의 사고심각도인 중상사고율은 86 % 감소한 것으로 나타나 Safety zone을 포함한 다양한 보행자관련 정류장 개선방안의 효과가 입증되었다. 지금까지 살펴본 국내의 선행연구 검토결과, 교차로 중심의 신호운영계획과 시스템측면의 시설물 효과 연구가 다수를 차지하는 것으로 나타났다. 실제 트램과 타 교통수단 간에 발생한 사고처리 관련 연구는 미흡한 것으로 나타나 트램운영 국가의 보험제도에 관한 사례조사가 필요하다고 판단된다.

### 2.2 트램 안전대책관련 연구

국외 트램운영국가의 타 교통수단과 사고 처리를 위한 다양한 사례를 추가로 조사하였으며, 사례조사 방법으로는 On-Line 조사(문헌, 서면자문)와 직접 기관방문을 통한 전문가 의견조사를 종합적으로 실시하였다. 주요 조사대상 국가는 유럽(영국, 프랑스, 독일 등), 일본으로 한정하였으며, 새로운 유형의 사고를 예방할 수 있는 내용을 중심으로 요약 정리하였다. 첫째, 자동차 운전자가 가해자인 경우 고가의 트램에 대한 대물 보상한도를 초과하는 경우가 발생할 수 있다. 본 연구에서 조사한 트램 운영국가의 자동차 보험의 대물 최대보상한도는 평균 18억 원 이상이며, 제한을 두지 않는 국가도 존재하였다. 국내 자동차보험 최고 보상한도는 10억 원이며, 실제 가입비율은 5 % 수준으로 매우 낮다. 이러한 국내

상황 하에서 일반운전자가 가해자인 교통사고가 발생하면, 고가의 트램 차량(30~40억)에 대한 파손비용을 개인이 부담해야하는 상황이 발생할 수 있다. 일본에서도 유사한 문제 해결을 위해 차매운전자가 발생시킨 교통사고 중 보상한도를 초과한 경우 구제해 주는 정부차원의 정책성 보험 제도를 운영하고 있다. 둘째, 신교통수단 도입으로 인해 새로운 유형의 교통사고가 발생하는 적용기간 분석이 필요하며, 이는 앞서 언급한 국가 차원의 구제제도를 한시적으로 운영하기 위한 근거로 활용이 가능하다. 독일은 트램 운전자 숙련도 기준으로 2년 이상이면 사고가 급격히 감소하며, 프랑스는 신규 노선 개통 5년 이후 교통사고가 줄어드는 것으로 나타났다. 다만, 국내 교통여건이 반영된 유사 교통수단에 대한 사고 추세분석을 실시하여 국내 기준을 제시할 필요가 있다. 셋째, 자동차와 다른 트램의 운행특성(저속이동, 급출발 不可)을 반영해 사고 발생 시 과실을 판단할 수 있는 새로운 기준 마련이 필요하며, 독일은 트램의 특성을 반영해 과실 판단기준을 마련하고 있다. 대표적인 사례로는 자동차가 녹색 신호로 바뀐 후 즉시 교차로 진입하였을 경우에도 자동차에 대한 과실책임범위를 최소 50 %에서 최대 100 %까지도 부과하고 있다. 또한, 최근 증가하고 있는 보행 중 스마트 기기 사용자로 인해 발생하는 횡단사고에 대해서는 면책조항 도입도 필요하다고 제안하였다. 마지막으로 트램 도입 시 발생 가능한 문제점을 운전자들에게 알려주어야 하며, 자동차보험 대물한도 초과가 가장 시급하게 해결되어야 하는 문제라고 제시하였다. 마지막으로 트램사고 초기에 발생한 자료를 통해 안전대책을 마련하는 것은 매우 중요하다. 프랑스 케도기술국(STRMTG : Service Technique des Remontees Mecaniques et des Transports Guides)에서는 트램사고 발생 시 향후 안전대책 수립을 위해 표준화된 DB입력 양식을 마련하고 있다. 트램사고 수집을 위한 DB입력 체계를 세부적으로 살펴보면, 교차로 조건, 신호기 종류(신호/비신호), 원형교차로 유무, 트램의 제한속도 등이 파악 가능하도록 14자리로 구성하였다. 프랑스 케도기술국에서는 수집한 사고DB를 토대로 사고원인 규명과 위험상황에 대비한 지침을 개발하여 제공하고 있다.

### 2.3 연구의 착안점

국내의 선행연구와 트램운영 국가의 사례조사를 토대로 본 연구의 착안점을 정립하였다. 국내의 트램관련 연구는 트램 신호계획, 정류장 주변 보행자 횡단행태와 시설물개선과 같은 시스템 측면의 연구가 주를 이루고 있어 트램 도입에 따른 교통사고 특성 연구는 미흡한 것으로 판단된다. 또한, 국외 트램운영 국가에서 제시된 다양한 안전대책 중 국내 운전자에게 수용 가능한 안전대책 마련을 위한 운전자 인식 연구도 부족한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 국외 사고통계 자료와 함께 트램과 가장 유사한 교통수단인

국내 중앙버스전용차로 사고 자료를 병행 분석하여 사고 유형을 전망하고, 국내 운전자에 대한 수용도 조사를 토대로 향후 안전대책 도입 근거를 제시하고자 한다.

## 3. 트램 사고특성 분석

### 3.1 사고특성 분석 개요

국의 트램 사고특성 분석을 위해서는 통계관련 자료 공개가 가장 잘 되어 있는 프랑스(2004~2012년, n=2,561), 노르웨이(1986~1996년, n=5,900)의 사고 자료를 바탕으로 분석하였다. 다만, 국내 교통사고 특성분석은 트램과 운행행태가 가장 유사한 중앙버스 전용차(2009~2017년, n=2,073)로 사고통계를 추가로 분석하였다. 분석항목은 신규 노선 도입에 따른 사고 감소시기, 사고유형, 사고심각도, 사고 가해차종 등을 중심으로 분석하였다.

사고특성 분석결과를 토대로 국내 트램 도입 시 사고 발생에 대한 특성을 전망하고, 새로운 교통사고 유형과 안전대책에 대한 운전자 수용도와 행태조사를 위한 설문항목 선정에 활용하였다.

### 3.2 트램사고 특성분석

신규 트램노선 도입으로 인한 사고 감소시기를 분석하기 위해 프랑스의 사고 자료를 활용하여 추세 분석을 실시하였다. 분석결과, 트램 교통사고는 도입 후 5년간 사고가 증가하는 패턴을 보이다가 운전자가 교통상황에 적응한 후에는 도입시점인 2004년 대비 절반 수준이하로 감소한 것으로 나타났다.

사고가 감소한 시점을 기준으로 사고 유형을 비교해보면, 측면 충돌을 동반한 차대차 사고가 가장 많이 감소한 것으로 분석되었다. 이는 일반 운전자들이 새로 도입된 트램과 함께 주행하는 환경에 익숙해진 것으로 판단된다(Fig. 1).

사고건수 기준으로 가장 많이 발생하는 트램사고 유형은 타 교통수단과의 충돌사고(1,439건, 56.2 %)이며, 부상자 기준으로는 승객 사고(1,025건, 40.0 %)인 것으로 나타났다. 앞서 살펴본

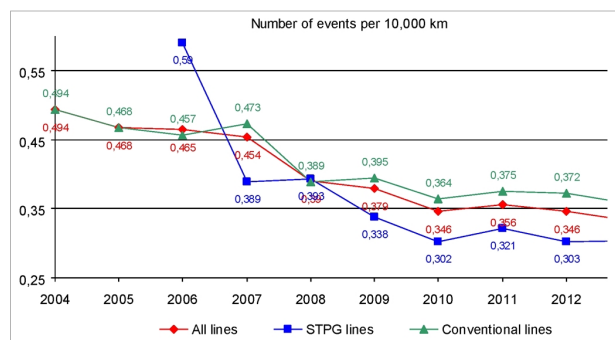


Fig. 1. Accident Trend of Tram by Year (France)

Table 1. Type of Accident on the Tram (France, n=2,561)

Type of accident	Number of accidents		Number of casualties	
Crash between tram	3	0.1 %	0	0.0 %
Accident at the end of the tram	5	0.2 %	0	0.0 %
Derailment accident	8	0.3 %	0	0.0 %
Fire accident	11	0.4 %	0	0.0 %
Obstacle crash	29	1.1 %	0	0.0 %
etc.	42	1.6 %	13	1.0 %
<b>Passenger accident</b>	<b>1,025</b>	<b>40.0 %</b>	<b>891</b>	<b>66.2 %</b>
<b>Other traffic collision</b>	<b>1,439</b>	<b>56.2 %</b>	<b>441</b>	<b>32.8 %</b>
Total	2,562	100.0 %	1,345	100.0 %

Table 2. Rate of Incidence of Serious Casualties in Tram Accidents (France, n=2,561)

Items	Injured		Serious injury		Death	
Third party accidents	285	84.1 %	47	13.9 %	7	2.1 %
Passenger accident	995	98.9 %	11	1.1 %	0	0.0 %
Total (Ratio, %)	1,280	95.2 %	<b>58</b>	<b>4.3 %</b>	<b>7</b>	<b>0.5 %</b>

Table 3. Number of Collision During Other Traffic Accidents (France, n=1,439)

Items	Auto	Pedestrian	Bicycle	Truck	Motor -cycle	Passenger	etc.	Total
No. of accidents	<b>964 (67.0 %)</b>	230	87	99	49	-	10	1,439
No. of casualties	101	<b>154 (34.9 %)</b>	51	10	13	111	1	441

사고유형을 기반으로 트램사고의 심각도를 분석하였다. 심각도 분석을 위해 전체 사고 중 사망자와 부상자가 차지하는 비율을 산출하였다. 사망자 구성비는 전체 사상자의 0.5 %이며, 부상자의 비율도 4.3 %로 매우 낮은 것으로 나타났다. 결과적으로 트램이 도입되어도 심각도가 낮은 경미한 부상 사고가 가장 많이 발생할 것으로 판단된다. 또한, 타 교통수단과 충돌사고 유형을 분석하였으며, 사고건수 기준으로는 승용차(964건, 67.0 %)가 가장 많은 것으로 나타났다. 부상자 기준으로는 보행자(154건, 34.9 %)인 것으로 나타나 승용차와 보행자 간 발생할 수 있는 사고를 감소시키는 대안이 필요하다. 특히, 트램사고 유형을 횡단보행자, 자전거까지도 세분화해 관리하고 있어 향후 트램사고 DB관리 체계 마련 시 참고할 필요가 있다(Tables 1~3).

다음으로 노르웨이에서 운행되고 있는 트램의 사고 자료를 활용하여 세부적인 사고사례 분석을 실시하였다. 분석항목은 사고발생 장소, 연평균 사고발생수준, 정류장 주변 보행자 횡단사고특성 등을 포함한 다양한 사례분석을 실시하였다. 분석결과, 트램과 자동차사고가 가장 많이 발생하는 장소는 무신호 교차로였으며, 1986년에서 1996년까지 자동차사고는 연평균 590건 발생하는 것으로 분석되었다. 또한, 보행자사고는 연평균 27.1건이 발생하고 있으나, 중상자 이상이 동반된 사고는 약 10건 미만으로 사고

심각도는 매우 낮은 것으로 판단된다. 정류장 주변 보행자 횡단사고 발생 원인은 보행자의 부주의한 횡단(신호위반, 스마트 기기사용 등)과 트램 운전자가 횡단 보행자를 인지하지 못하는 복합적인 상황인 것으로 도출되었다. 트램 정류장에서 발생하는 보행자관련 사고 중 위험도가 가장 높은 사례는 트램을 승차하기 위해 보도에서 정류장 쪽으로 무단 횡단할 때, 다른 차량과 충돌하는 사고 사례가 가장 많은 것으로 조사되었다. 이를 방지하기 위해 정류장 부근에 안전펜스를 포함한 Safety Zone을 설치하였으며, 보행자 부상사고 정도가 1/22 수준으로 감소하였다.

### 3.3 중앙버스전용차로사고 및 행태분석

국내에는 트램이 도입되지 않고 있어 트램을 대체 분석할 수 있는 유사 사고사례 선정이 필요하다. 국내 유사사례 중 운행특성(주행차로, 신호제어, 교차로에서 타 교통수단 충돌 가능성 등)을 종합적으로 고려한 결과, 중앙버스전용차로 사고를 분석대상으로 선정하였다. 중앙버스전용차로 도입으로 인한 사고 감소시기를 분석하기 위해 중앙버스전용차로 개통시기인 2009년 이후 사고 추세분석을 실시하였다. 분석결과, 사고건수 기준으로 2012년 393건에서 2016년 137건으로 약 1/3수준으로 감소하였으며, 부상, 사망자 모두 감소하는 것으로 나타났다. 결과적으로 중앙버스전용차로가 완전

개통된 2012년 이후 약 5년이 지나가는 시점인 2016년을 기준으로 사고가 급격하게 감소한 것을 알 수 있다(Fig. 2).

다음으로 앞서 살펴본 사고감소 추세를 사고형태로 구분해보면 차대차 사고가 연평균 27.2 %로 가장 많이 감소한 반면, 차대 사람은 가장 낮은 연평균 14.0 %로 감소하였다(Table 4).

사고 원인별로 분석결과, 승용차의 불법 좌회전, U턴, 차로인식 오류 및 차로 침범 등이 가장 많은 것으로 나타났다. 이를 종합하면 교차로에서 회전하는 차량과 충돌 및 주행차로를 제대로 인식하지 못하여 발생하는 측면추돌사고가 가장 많을 것으로 예상된다

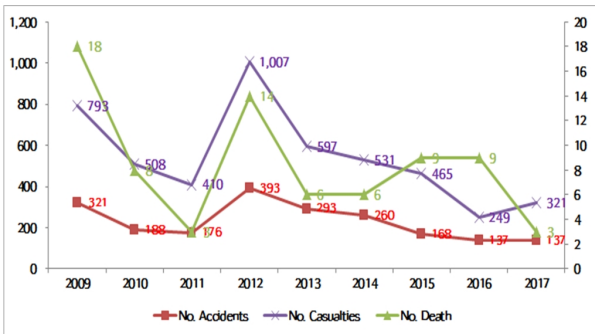


Fig. 2. Accidents Trends Caused by Central Bus Lane

Table 4. Number of Accidents by Type of Accident (Number of Accident, %)

Year	Vehicle vs. People	Vehicle vs. Vehicle	Vehicle alone	Total
2013	84	288	21	393
2014	75	198	20	293
2015	69	171	20	260
2016	48	100	20	168
2017	46	81	10	137
Total	322	838	91	1,251
<b>Compound Annual Growth Rate</b>	<b>-14.0 %</b>	<b>-27.2 %</b>	<b>-16.9 %</b>	<b>-23.2 %</b>

Table 5. Number of Accidents by Accident Occurrence (Number of Accident, %)

Items	No. of accidents	
Non-contact Accidents	2	2.2 %
Pedestrian Accidents	3	3.3 %
Accidents recognition error	10	11.1 %
<b>Illegal left turn accidents</b>	<b>23</b>	<b>25.6 %</b>
<b>Illegal U-turn accidents</b>	<b>23</b>	<b>25.6 %</b>
Accidents involving central bus lane	29	32.2 %
Total	90	100.0 %

(Table 5).

앞서 살펴본 사고특성을 기초로 승용차 운전자 500명을 대상으로 중앙버스 차로가 있는 도로를 운전 시 위험장소, 아차사고 경험, 보행자의 무단횡단 목적, 우선 개선사항 등을 설문 조사하였다. 중앙버스전용차로가 있는 도로를 실제 주행 시 가장 위험한 장소라는 질문에는 응답자의 53.0 %가 교차로에서 좌회전이나 U턴을 할 때라고 응답하였다. 중앙버스전용차로 주행 시 사고가 날 뻔한 아차사고 경험은 교차로(51.0 %), 정류장 부근(48.0 %), 곡선구간(48.0 %)에서 모두 높게 나타났다. 연령대별로 살펴보면, 20대와 60대 이상에서 상대적으로 아차사고 경험이 높은 것으로 분석되었다 (Fig. 3, Table 6).

승용차 운전자가 느끼는 중앙버스차로 정류장 부근의 보행자 무단횡단 경험비율은 63.0 %이며, 보행신호가 적색일 경우 횡단하는 경우도 61.0 %, 횡단보도가 아닌 지역으로 횡단하는 경우도 73.0 %인 것으로 나타났다. 이는 버스보다 느린 트램 운행능력(가속, 감속, 주행속도)을 감안한 경우 무단 횡단비율은 더욱 증가할 것으로 예상된다.

무단횡단으로 인해 발생할 수 있는 사고를 예방하기 위해서는 정류장 주변 무단횡단 지점에 안전펜스 설치(42.0 %)와 정류장의 보행신호와 버스도착시간을 연동시켜 주는 신호도입(18.3 %)이 가장 우선순위 높은 대안으로 선택되었다. 이는 앞서 살펴본 국외

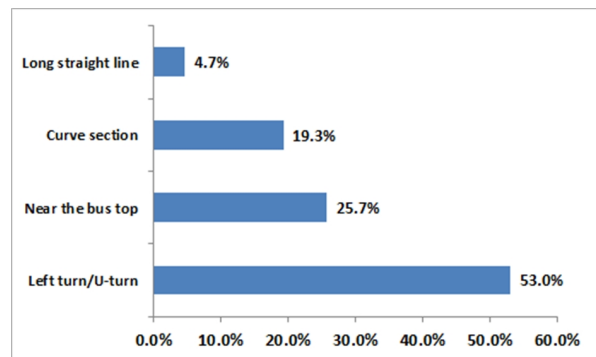


Fig. 3. Dangerous Sections on the Road Operated by the Central Bus Lane

Table 6. Experienced Accidents by Road Type (%)

Division	Intersection	Near the bus stop	Curve section	Long straight line	
Total	51.0	48.0	48.0	26.3	
Ages	20's	<b>60.5</b>	<b>55.8</b>	<b>62.8</b>	<b>20.9</b>
	30's	58.4	50.6	50.6	41.6
	40's	51.3	43.4	46.1	25.0
	50's	32.4	44.1	35.3	7.4
	More than 60's	<b>61.1</b>	<b>50.0</b>	<b>52.8</b>	38.9

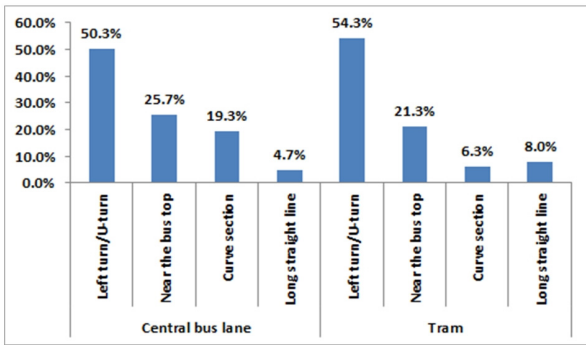


Fig. 4. Dangerous Sections on the Road When Tram are Operated

사례에서 정류장 주변에 안전펜스 설치를 포함한 Safety Zone 도입이 필요성이 인정된다고 할 수 있다.

향후 중앙버스전용차로에 트램이 도입되어 운영될 경우를 가정해 위험 수준 비교와 위험 구간을 파악하기 위한 항목을 조사하였다. 조사결과, 중앙버스전용차로에 버스 대신 트램이 운영될 경우 위험도가 비슷하다는 응답이 42.7%로 가장 높았으며, 트램 운영이 더 안전하다는 의견도 35.7%인 것으로 나타났다. 결과적으로 중앙버스차로에 버스 대신 트램이 운영된다고 해도 특별히 더 위험하다고 생각하지 않는 것을 알 수 있었다. 또한, 위험구간에 대한 비교결과도 교차로가 가장 위험하다고 응답하였다(Fig. 4).

## 4. 안전대책 및 수용도 조사

### 4.1 접근 방향

국내 도입이 가능한 안전대책을 선정하기 위해서는 국내의 사례 조사와 사고특성 분석을 토대로 대안을 1차 선정하였다. 선정된 대안 중 일반 운전자가 받아들일 수 있는 수용도 조사가 병행되어야 하는 보험제도와 같은 대안은 별도로 추가적인 설문조사를 실시하였다. 지금까지 살펴본 안전대책을 요약하면, 다음과 같다. 첫째, 수용도 조사가 필요 없는 안전대책을 요약하면, ① 트램 개통 후 5년 내 사고 모니터링 집중시기 설정, ② 교통사고 DB관리를 위한 입력체계 개발, ③ 정류장 주변 무단횡단 방지 펜스 설치,

④ 보행신호와 트램신호 연계를 통한 무단횡단 방지 신호 운영, ⑤ 교차로 불법유턴 차량 및 보행자 무단횡단 집중단속 등이 필요한 것으로 나타났다. 둘째, 수용도 조사가 필요한 보험제도 관련 안전대책을 요약하면, ① 트램 도입으로 인한 보상처리 방식(주체), ② 가입된 자동차보험의 대물한도 보상액 상향조정, ③ 트램주행 특성을 반영한 사고과실판단 기준 마련 등이 필요한 것으로 나타났다. 보험제도 중 트램 도입으로 인한 보상 주체와 고가의 트램 파손으로 발생할 수 있는 대물한도 보상 상향 문제는 실제 운전자들을 대상으로 수용도 조사를 실시하고 최종 대안을 제시하고자 한다.

### 4.2 보험제도 수용도 조사

보험제도 중 수용도 조사가 필요한 항목을 중심으로 설문조사를 실시하였다. 수용도관련 설문조사는 일반 승용차 운전자 500명을 대상으로 트램 도입 시 발생한 교통사고 보상방식과 주체, 자동차보험 대물한도 초과 등에 대한 인식수준을 중점적으로 조사하였다. 특히, 자동차보험 대물한도 초과에 대한 현황통계 분석도 병행하여 국내 트램 도입 시 대물한도 초과 가능성을 분석 제시하였다. 일반적으로 트램이 가해자인 교통사고의 경우에는 트램보험으로 처리가 가능하지만 자동차 운전자의 잘못으로 발생한 사고는 자동차보험에서 보상 처리해야 한다. 하지만 국내 자동차보험의 대물한도 최고 보상한도는 10억 수준이며, 실제 가입된 보상한도 수준은 2-3억 원이 전체 가입자의 69.2%를 차지하는 것으로 분석되었다. 결과적으로 사고 규모가 가입된 대물 보상한도를 넘어설 경우에는 운전자 본인이 피해액을 전액 부담해야 하는 위험이 새로 생겨나게 되는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 기존 철도보험과 같이 트램 파손에 대한 부분은 운영사가 전액 지불하는 방식을 도입하거나, 자동차 보험 가입 한도를 상향조정하여 새롭게 생겨나는 위험에 대비하는 방안을 모두 고려 가능할 것이다. 따라서 이러한 2가지 대안을 중심으로 일반 운전자의 수용도 조사를 실시하여 국내 도입 가능성을 판단하였다.

자동차 운전자 과실이 100%일 경우 사고보상 처리 방식(주체)에 대한 수용도 조사를 실시하였다. 조사결과, 응답자의 58.7%가 일정부분은 운전자가 보상하고 나머지는 트램 운영사(지자체)가

Table 7. The Opinion on Disposal of Accidents Compensations in Case of Accidents (%)

Division		Driver's fully Compensations	Operating Compensation	Driver & Operator Co-Compensations
Total		15.0	26.3	58.7
Ages	20's	2.3	46.5	51.2
	30's	16.9	29.9	53.2
	40's	17.1	18.4	64.5
	50's	19.1	17.6	63.2
	More than 60's	13.9	27.8	58.3

Table 8. Upper Limit of Car Insurance Limit

Items		Increase (%)	Stay current (%)
Total		48.3	51.7
Ages	20's	51.2	48.8
	30's	54.5	45.5
	40's	40.8	59.2
	50's	45.6	54.4
	More than 60's	52.8	47.2

공동으로 지불하는 방식을 선호하는 것으로 나타났다. 특히, 자동차 운전자가 모두 부담하는 방식에 대해서는 응답자의 15.0 %만이 동의하는 것으로 조사되었다. 결과적으로 신규 교통수단으로 인해 발생하는 위험은 도입 주체(지자체, 운영사)와 공동으로 부담하는 것을 가장 선호하는 것으로 조사되었다(Table 7).

다음으로 현재 가입된 대물한도를 상향조정하여 자동차보험에 가입하도록 하는 방안을 조사한 결과, 전체 응답자의 51.7 %가 대물한도를 현재 수준으로 유지하겠다고 밝혔다. 현재도 국내 자동차보험 가입자의 대부분이 2~3억 수준만 피해 보상이 가능한 수준인 것을 감안한다면, 향후 트램 도입 시 대물한도 초과문제에 대한 개선안 마련을 필요하다고 판단된다(Table 8).

지금까지 살펴본 수용도 조사와 보험가입 통계를 기준으로 국내 도입 가능한 대안을 마련하면 다음과 같다. 자동차보험에 가입된 대물한도 내에서는 자동차보험 가입자가 부담하며, 한도를 초과하는 경우 운영사(지자체)가 정책적 보험으로 공동 부담하는 형태가 합리적일 것이다. 다만, 트램 도입 이후 사고가 급감하는 안정기를 감안하여 5년 내 한시적으로 운영하는 것이 바람직하다고 판단된다.

## 5. 결론

본 연구는 국내 도입 예정인 트램이 운행될 경우 발생할 수 있는 교통사고 특성을 전망하고, 새로운 교통수단의 위험을 예방할 수 있는 안전대책을 마련하기 위해 진행되었다. 현재 국내는 트램이 운영되지 않고 있기 때문에 국외 트램운영 국가의 사고통계와 안전관련 사례조사를 병행 실시하였다. 또한, 국내 유사 교통수단이 라고 판단되는 중앙버스전용차로 사고특성과 이용자의 설문조사를 토대로 종합적인 안전대책을 도출하였다. 지금까지 살펴본 연구의 결과와 시사점을 안전대책과 사고처리 방안으로 구분하여 제시하면, 다음과 같다. 첫째, 트램 도입 초기 표준화된 사고DB구축을 통한 안전대책 마련 필요하다. 트램이 도입된 후 5년이 지나면 사고가 반감되며, 교차로 부근에서 자동차가 회전하는 경우와 정류장 주변의 무단횡단 등으로 인한 사고가 가장 많이 발생하였다. 특히, 트램 정류장 부근에 스마트 기기 사용 등으로 인한 보행자관련

횡단사고는 증가할 것으로 예상된다. 트램의 도입 초기부터 표준화된 사고DB구축으로 향후 사고감소를 위한 대책을 강구 시 도로환경과 사고특성을 함께 고려하여 유사한 사고를 줄일 수 있도록 시스템적 관리가 필요하다.

둘째, 트램과 승용차에 대한 구체적인 사고처리 대책이 필요하다. 트램사고의 67 %가 승용차와 관련된 사고이기 때문에 사고 시 보상처리에 대한 부분까지도 면밀한 검토가 필요하다. 승용차 운전자 과실로 트램과 사고가 발생한 경우, 자동차보험으로 보상처리를 하여야 하는데 대물한도가 보통 2~3억원 수준으로 고가의 트램이 그 이상의 피해금액이 발생할 경우 운전자 개인이 나머지를 부담해야 한다. 트램을 도입하는 정부(지자체)로 인해 신규 위험이 발생하는 만큼 자동차 운전자들에게 모든 피해를 부담시키는 것 보다는 사고 안정 기간(5년 내)을 활용해 한시적으로 공동 부담하는 보상체계 마련을 제안하였으며, 운전자들의 반응도 수용이 가능한 것으로 조사되었다. 다만, 본 연구에서 제시된 보험제도 관련 안전대책 외에도 물리적·정책적 안전대책에 대한 추가 수용도 조사가 필요하며, 이를 토대로 향후 트램 도입 시 종합적인 안전대책 마련이 필요하다고 생각한다.

## 감사의 글

본 논문은 2019년 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. 19RTRP-B137307-03, 무가선 저상 트램 실증)을 밝힙니다.

## References

Kim, J. T., Kim, J. Y., Bae, H. S. and Lee, D. I. (2014). "A study on safety enhancement of pedestrians crossing on an exclusive median bus corridor - device discouraging illegal crossing on signalized pedestrian crossings." *Journal of Transport Research*, Vol. 21, No. 2, pp. 13-26 (in Korean).

Kim, Y. H., Lee, S. H., Kim, Y. J. and Hwang, H. H. (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, pp. 212-219 (in Korean).
- Kruszyna, M. and Rychlewski, J. (2013). "Influence of approaching tram on behaviour of pedestrian in signalized crosswalks in poland." *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 55, pp. 185-191.
- Naznin, F., Curriea, G., Logan, D. and Sarvi, M. (2016a). "Application of random effects negative binomial model to examine tram-involved crash frequency on route sections in Melbourne." *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 92, pp. 15-21.
- Naznin, F., Curriea, G., Logan, D. and Sarvi, M. (2016b). "Safety impacts of platform tram stops on pedestrians in mixed traffic operation: A comparison group before-after crash study." *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 86, pp. 1-8.
- Park, M. K. (2017). "A study on the development of safety infrastructure design guideline for tram." *Journal of the Korean Society for Urban Railway*, KOSUR, Vol. 5, No. 4, pp. 1003-1013 (in Korean).
- Yoon, J. H. and Lee, S. G. (2018). "Analysis of pedestrian traffic accident factors around the exclusive median bus lane station area : focused on TAAS (2014-2016) data in Seoul, Korea." *Journal of Korea Planning Association*, KPA, Vol. 53, No. 4, pp. 123-142 (in Korean).
- Zhao, B., Zhanga, Y., Zhanga, Z., Jinb, M. and Lia, Z. (2013). "Study on signal priority implement technology of tram system." *13<sup>th</sup> COTA International Conference of Transportation Professionals Proceed*, pp. 905-913.