
Global Report

교통시설물 관련 충돌사고의 심각성, 교통시설물의 유형 및 차량유형 간 관계 조사

1. 개요
2. 연구문헌 리뷰
3. 연구방법
4. 다양한 교통시설물 유형에 대한 결과 및
통계적 분석
5. 결론

1. 개요

ASIRT(Association for Safe International Road Travel : 국제도로여행안전협회)에 따르면 2018년 기준, 차량충돌(Vehicle crashes) 사고로 인해 전 세계적으로 매년 100만 명 이상이 사망하고, 2천~5천만 명이 심각한 부상을 입고 있다고 한다[1]. 이로써 차량충돌 사고는 사망사고의 주요 원인 중 하나로 주목받고 있다. 2016년 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration : 미국고속도로교통안전국)에 따르면 2012~2014년 동안 전 세계적으로 차량충돌 사고로 인한 사망자 수가 7위를 차지했다고 발표한 바 있다[2]. 아울러 미국에서는 차량충돌 사고로 인해 매년 37,000명 이상의 사망자가 발생하고, 2,306억 달러의 처리비용을 지출하는 것으로 나타났다. 2016년 Jalayer와 Zhou의 연구에 의하면 2013년 기준, 미국의 치명적인 차량충돌 사고의 62%가 ROTR(Run-Off-The-Road)에서 발생했다고 한다[3]. 특히 자동차 전용도로의 갓길에서 발생하는 충돌사고는 매우 치명적인 부상을 입는 것으로 나타났다. 자동차 전용도로의 교통시설물은 갓길이나 도로주변에서 자주 발생하는 충돌사고의 심각도를 줄이기 위한 가장 일반적인 대책으로 알려져 있다. 그러나 2011년 AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials : 미국 주 정부 고속도로 및 교통협회)에 따르면 2008년 기준, 교통시설물은 나무와 전신주에 이어 세 번째로 고정물로 인한 사망사고 원인으로 확인되었다[4]. 아울러 2012년 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration : 미국고속도로교통안전국)에 따르면 미국의 자동차 전용도로에서 매년 약 1,000명의 사망자와 28,000명의 부상자가 발생하는 데에 교통시설물이 직접적인 영향을 미쳤다고 보고한 바 있다[5]. 이처럼 자동차 전용도로의 교통시설물은 설계/유형과 고속도로 특성(교통, 환경, 운전자 등)에 따라 치명적인 부상을 입는 충돌사고의 원인 중 하나가 되고 있다. 이에 교통시설물의 설계와 도로상태 간의 일관성을 높여 충돌사고 심각도를 줄일 수 있는 방안이 절실하다. 이처럼 교통시설물이 광범위하게 사용되고 있으나, 도로설계자는 이를 선택/설계할 때 이전의 경험 위주로 시행하고 있는 상황이다. 이에 RSAP(Roadside Safety Analysis Program : 갓길안전분석프로그램)와 같은 정량적 도구를 이용한 엔지니어링 판단에 근거한 교통시설물 설계가 매우 중요한 이슈로 주목받고 있다.

2. 연구문헌 리뷰

그간 자동차 전용도로의 교통시설물로 인한 충돌사고를 줄이기 위한 많은 연구결과가 발표된 바 있다. 이 연구의 목표는 과거의 분석연구에서 해결하지 못한 다음과 같은 문제를 해결하고자 한다:

- 자동차 전용도로의 중앙분리대 관련 연구는 많으나, 도로의 측면에 설치된 교통시설물에 대한 연구는 거의 없어 이와 관련된 충돌사고를 최소화할 수 있는 성능에 대한 연구가 필요하다.
(2013년 Olsen 등, 2014년 Zou 등, 2014년 2017년 Chimba 등, 2015년 Alluri 등, 2017년 Li 등, 2018년 Russo와 Savolainen, 2019년 Mehrara Molan 등)
- 2018년 Russo와 Savolainen이 지적한 바와 같이 실제 충돌 데이터를 기반으로 사고 위험도와 교통시설물사이의 관계를 분석하는 연구는 현재까지 거의 없었다. 즉, 과거의 연구결과는 도로의 측면에 설치된 교통시설물은 고려하지 않았다.
- 제한속도의 경우, 2014년 Zou 등이 제시한 모델에서는 충돌의 심각도에 그리 큰 영향을 미치지 않은 것으로 나타났으며, 고속도로에서 발생한 충돌사고가 오히려 덜 심각한 것으로 나타났다는 연구들에 대한 확인이 필요하다.
- 과거의 사례연구는 트럭의 경우, 악천후 및 고속도로의 까다로운 기하학적 특성과 관련된 충돌사고에 대한 데이터가 부족하다.
- 과거의 사례연구는 교통시설물의 유형에 대한 성능 모델을 제시하지 못했다. 교통시설물의 유형이 충돌사고의 심각성에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

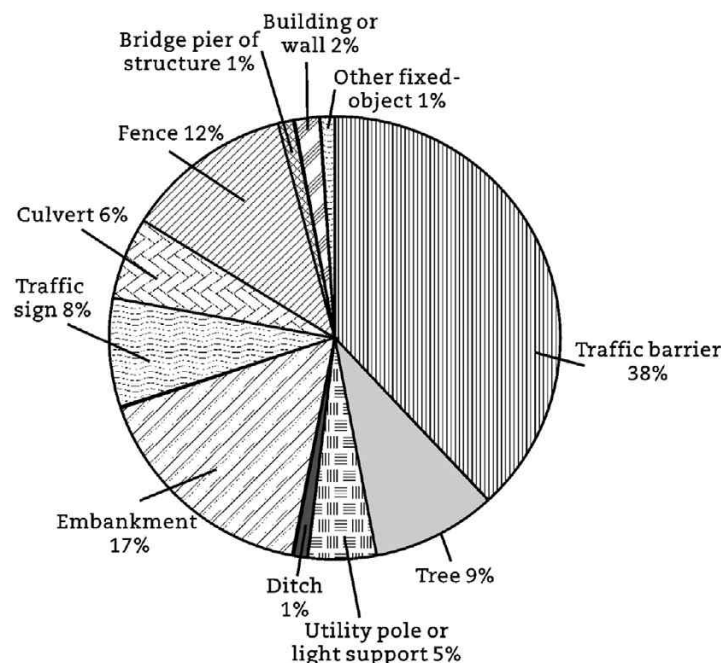
3. 연구방법

3.1. 데이터 수집

미국에서 두 번째로 인구밀도가 높은 Wyoming(미국 서부의 도시로 북쪽은 몬태나, 동쪽은 사우스 다코타와 네브라스카, 남쪽은 콜로라도, 남서부는 유타, 서쪽은 아이다호와 국경을 접하고 있음)을 교통시설물로 인한 충돌사고와 관련된 테스트베드 최적지로 선정하였다. 이를 통해 다음과 같은 사실을 확인하였다:

- Wyoming에서 발생한 치명적인 충돌사고의 통계를 바탕으로 다른 고정 물체보다 교통시설물로 인한 사고가 훨씬 더 많이 발생했음을 확인하였다.
- 화물의 상당량을 운반하는 트럭의 운행 빈도(운행량), Wyoming의 산악지형, 악천후 상태 등의 요소들이 본 분석에서 다양한 파라미터를 제공하는 것이 가능하였다.
- 와이오밍에는 속도제한 지방 고속도로가 있다. 속도제한은 고속도로의 경우 75~80mph이며, 주 고속도로에서는 65~70mph이다.
- 와이오밍은 대부분의 도로 충돌사고(ROTR(Run-Off-The-Road) 등)가 도시 외곽지역에서 발생하기 때문에 도심 외곽지역 교통시설물 연구에 적합한 테스트베드를 제공한다.

2007~2016년 동안 Wyoming에서 고정 물체에 의한 교통사고 사망자 분포도를 [그림 1]에 나타낸다. 와이오밍 전체 교통사고의 38%가 교통시설물과 같은 고정 물체에 의한 치명적인 충돌사고였음을 알 수 있다.



* 자료 : Amirarsalan Mehrara Molan, Mahdi Rezapour, Khaled Ksaibati, "Investigating the relationship between crash severity, traffic barrier type, and vehicle type in crashes involving traffic barrier", journal of traffic and transportation engineering (english edition) 2020; 7(1): 125e136, p.127.

[그림 1] Wyoming에서 고정 물체에 의한 교통사고 사망자 분포도_2007~2016

3.2. 데이터 설명

자동차 전용도로의 교통시설물로 인한 충돌사고와 관련된 종속 및 주요 독립변수에 대한 설명을 <표

1>에 나타낸다. 차량유형은 동적 동작, 중량 및 치수의 차이를 기준으로 7가지 범위로 분류하였다. 최소 무게가 10,000lbs인 차량은 트럭으로 간주하였다. Wyoming에서 가장 대표적인 노면조건으로 건조한 날씨, 비오는 날, 눈오는 날, 얼음이 안 날 등을 설정하였다. 교통시설물은 3개의 분류로 구분하였는데, 연성시설(대부분 케이블 시스템), 반 연성시설(대부분 가드레일), 강성시설(콘크리트 블록 등)로 나누었다. Wyoming의 연성 방호벽은 3가닥 케이블과 약한 포스트를 갖는 두 가지 유형이 주를 이루고 있다. 반 연성 방호벽 범주에는 대부분 박스 빔과 차단된 W-빔(강력한 포스트 및 나무 차단) 장벽 등이 포함되어 있다. 강성 방호벽과 관련하여 32~34인치 높이의 콘크리트 장벽은 데이터 집합에서 가장 광범위하게 사용된 유형으로 분류하였다. 과거 연구사례(2014년 Zou 등, 2018년 Russo와 Savolainen)와 유사한 55mph 속도를 고속과 저속영역 사이의 기준값으로 선택하였다. 두 개 이상의 차로가 있는 도로는 두 개 또는 하나의 교통차선으로 분리되어 있다. 대부분의 Wyoming의 주 고속도로에는 양 방향 두 개의 차선이 있으며, 고속도로에는 양쪽에 적어도 두 개의 차선이 있다. 2018년 Russo와 Savolainen도 차선 수와 관련해 이와 동일한 범주를 정의하였다. 양자 택일 변수의 나머지는 양자 택일 성향(운전자의 성별/상태/알코올특성/운전자 장애 등)에 따라 혹은 각 그룹별 적절한 빈도를(도로곡선부의 운전 숙련도, 운전자 연령, 운전자거주지 등) 제공하는지에 따라 구분되었다.

<표 1> 종속 및 주요 독립변수 설명

변수	변수설명	가변 유형	변수 범위
충돌 심각도(종속)	교통시설물과 관련된 충돌의 심각도	범위	심각도 높음 중간정도 심각도 낮음
차량 유형	교통시설물 충돌과 관련된 차량유형의 지표	범위	승용차* 밴 SUV 픽업 트럭 오토바이 기타
교통시설물 유형	충돌과 관련된 교통시설물 유형의 지표	범위	케이블 시설물* 경질 장벽 가드레일 장벽
도로표면상태	교통시설물과 충돌 시 도로표면상태 표시기	범위	드라이* 강우 눈 얼음 기타(슬러시, 모래)
속도제한	교통시설물 충돌이 발생한 위치의 속도제한 표시기	바이너리	>55 mph* 55 mph

* 자료 : Amirarsalan Mehrara Molan, Mahdi Rezapour, Khaled Ksaibati, “Investigating the relationship between crash severity, traffic barrier type, and vehicle type in crashes involving traffic barrier”, journal of traffic and transportation engineering (english edition) 2020; 7(1): 125e136, p.128.

이 연구에서 제시한 다양한 모델의 종속적이고 중요한 독립적인 변수의 통계(빈도 및 백분율)의 요약은 <표 2>와 <표 3>을 참조 바랍니다.

4. 다양한 교통시설물 유형에 대한 결과 및 통계적 분석

자동차 전용도로의 교통시설물 중 케이블, 가드레일 및 강성 방호벽과 관련된 충돌사고에 대한 통계분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 위험도 연관성지수(OR : Odds Ratio)로 판단해 보면 케이블 방호벽은 다른 방호벽 형식에 비해 경량 차량에서 안전도가 높았다.
- 트럭/밴/SUV의 경우, 경량 차량에 비해 케이블 방호벽과 강성 방호벽과의 충돌사고 위험성 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.
- 오토바이는 강성 방호벽과 관련된 충돌사고에 매우 취약한 것으로 나타났다(OR1/459.336). 반면, 오토바이를 제외한 다른 모든 차량 유형은 경직된 장벽과 관련된 충돌의 심각성에 미미한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

5. 결론

자동차 전용도로에서 교통시설물에 의한 사고 위험도는 차량 유형에 따라 더 큰 영향을 미친다. 연성 방호벽에서는 모든 차량 유형이 사고 위험도와 연관성을 나타내었고, 오토바이의 경우만 강성 방호벽과 사고 위험도 연관성이 있는 것으로 나타났다. 특히 연성 방호벽의 경우 충돌변수가 많아 케이블 방호벽이 강성 방호벽보다 안전하다는 것을 확인하였다. 경차의 경우 충돌사고 위험도 연관성 지수(OR)가 4.5 및 3.3으로 나타나 케이블 방호벽에 비해 강성 방호벽 또는 반 연성 방호벽의 충돌과 큰 차이가 없음을 확인하였다. 트럭의 경우 반 연성 방호벽(가드레일)에 부딪혔을 때는 44%가 심각한 위험도를 나타내었는데, 이는 현장 조사결과 다른 방호벽 형태와 다른 방호벽 높이와 연관이 있는 것으로 파악되었다. 제한 속도는 반 연성 방호벽과는 사고 위험도와 정비례 관계를 가지고 있으나, 연성 방호벽과는 반비례 즉, 부정적인 영향을 보였다. 이는 낮은 제한속도를 규정하는 도로의 선형조건은 연성 방호벽의 유연성으로는 사고 위험을 경감시키지 못하는 것으로 분석되었다. 갓길과 같은 도로주변 안전은 도로시스템의 중요한 구성요소이다. 도로주변에서 심각한 충돌사고가 자주 발생하면서 이를 예방할 수 있는 대안이 절실하다. 하지만, 불필요한 도로교통 시설물로 인해 효율성을 저하시키고 있다. 이 연구에서는 다양한 교통 시설물 유형(케이블, 가드레일 및 강성 방호벽)과 차량유형(트럭 및 비 트럭)의 사고 위험도에 영향을 미치는 변수를 조사하였다. 이 연구결과는 국내 자동차 전용도로의 효율적인 교통인프라 설치 관련 정책에 벤치마킹 자료로 활용할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

- [1] Association for Safe International Road Travel (ASIRT), 2018. Road Safety Facts.
<<https://www.asirt.ORG/>>
- [2] National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2016. Motor Vehicle Traffic Crashes as a Leading Cause of Death in the United States, 2012e2014. U.S. Department of Transportation, Washington DC.
- [3] Jalayer, M., Zhou, H., 2016. Overview of safety countermeasures for roadway departure crashes. ITE Journal Institute of Transportation Engineers 86 (2), 39e46.
- [4] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011. Roadside Design Guide. AASHTO, Washington DC.
- [5] National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2012. A Compilation of Motor Vehicle Crash Data from the Fatality Analysis Reporting System and the General Estimates System.

U.S. Department of Transportation, Washington DC.

<원문제목> Investigating the relationship between crash severity, traffic barrier type,
and vehicle type in crashes involving traffic barrier
<원문출처> journal of traffic and transportation engineering (english edition) 2020; 7(1):
125e136