

고속도로에서 발생한 2차 교통사고의 특성분석

The Characteristics of Secondary Crashes Occurred on Expressways in Korea

어 지 영 Oeo, Gee Young
김 도 경 Kim, Do-Gyeong
이 유 화 Lee, Yuhwa

정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 석사과정 (E-mail: manyah@lycos.co.kr)
정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail: dokkang@uos.ac.kr)
정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원 (E-mail: ylee@kict.re.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study aims to draw differences between primary and secondary crashes by comparing crash characteristics and to identify the unique characteristics of secondary crashes for making better effective countermeasures to reduce secondary crashes.

METHODS : The characteristics of secondary crashes were compared to those of primary crashes through a two sample proportional test (z-test).

RESULTS : The results showed that vehicle-to-vehicle crashes and vehicle-to-person crashes are dominant crash types in secondary crashes. Compared to primary crashes, secondary crashes were likely to occur during nighttime. With respect to season and weather, the proportion of secondary crashes occurred during winter and in snowy weather is relatively higher than that of primary crashes. The main causes of primary crashes were found to be drowsiness, speeding, and exaggerated steering control, whereas main factors affecting the occurrence of secondary crashes were negligence of keeping eyes forward and no keeping a safe distance as expected.

CONCLUSIONS : The characteristics affecting the occurrence of secondary crashes are different from those of primary crashes, indicating that proper countermeasures should be established to prevent the occurrence of secondary crashes on highways.

Keywords

highways, secondary crashes, crash characteristics, fatality rate

Corresponding Author : Kim, Do-Gyeong, Professor
Department of Transportation Engineering, University of Seoul,
90 Jeonnon-dong, Dongdaemun-gu, Seoul, 130-743, Korea
Tel : +82.2.6490.2826 Fax : +82.2.6490.2819
Email : dokkang@uos.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

도로상에서 발생하는 교통사고는 사회적·경제적 피해 뿐만 아니라 인적·물적 피해까지 야기시키는 부정적 영향을 초래하기 때문에, 각 도로관리기관에서는 교통사고 감소를 위해 다각도로 노력해 왔다. 이러한 노력의 결과로 인해 2002년에 231,026건이었던 전체 교통사

고 발생건수는 2011년도에 221,711건으로 감소하여 약 4% 정도 감소한 것으로 나타났다¹⁾. 특히 고속도로의 경우에는 2002년 대비 2011년 교통사고 발생건수는 약 41.8% 정도의 큰 감소폭을 나타내고 있으며(2002년 6,530건→2011년 3,800건), 사망자수 또한 554명(2002년)에서 282명(2011년)으로 약 49.1% 감소하여 그동안 시행해 온 안전대책이 어느 정도 성과를 거둔 것으로 평가할 수 있다.

1) 도로교통공단, 교통사고분석시스템(TAAS) 통계자료 참조

그러나, 최근 보도된 언론기사²⁾에 의하면 최근 3년간 고속도로 교통사고 전체 사망자의 14%가 2차 교통사고에서 발생하는 것으로 나타났으며, 2차 교통사고로 인한 치사율은 약 50%로 고속도로 전체 교통사고 평균 치사율인 15.3%보다 약 3.3배 정도 높은 것으로 발표되었다. 이는 고속도로에서의 교통사고 발생건수 및 사망자수는 감소하는 추세를 보이고 있지만, 고속도로에서 발생하는 2차 교통사고로 인한 치사율은 높기 때문에 2차 교통사고는 사고 심각도가 높은 사고로 이어질 수 있다는 것을 의미한다.

고속도로는 주행속도가 높기 때문에 교통사고 발생시, 그 피해규모가 일반 도로에서의 사고보다 심각하며, 특히 고속도로에서의 2차 교통사고는 선행사고로 인한 피해에 2차적으로 추돌 또는 충돌이 더해져 그 피해규모는 한층 더 심각해지기 마련이다. 그렇기 때문에 고속도로에서 발생하는 인명피해를 최소화하기 위해서는 1차 교통사고 뿐만 아니라 2차 교통사고를 미연에 방지하기 위한 노력이 절대적으로 필요하다고 할 수 있다.

2차 교통사고로 인한 피해를 획기적으로 줄이고 사상자를 감소시키기 위해서는 2차 교통사고 특성을 고려한 효과적인 교통안전대책을 수립해야 하지만, 현재는 고속도로 2차 교통사고에 대한 예방대책은 미미한 실정이다. 그 원인으로서는 고속도로 교통사고와 관련된 대부분의 선행 연구는 전체 교통사고 발생건수 또는 사망사고 발생에 영향을 미치는 원인을 규명하는데 주로 초점을 맞추어 왔을 뿐 2차 교통사고를 따로 분리하여 사고특성을 규명한 연구는 전무하기 때문이다. 2차적으로 발생하는 교통사고는 일반적인 교통사고와 피해 심각도가 다르고 사고특성 또한 다르기 때문에, 전체 교통사고를 대상으로 분석한 결과를 토대로 수립된 개선대책은 2차 교통사고를 예방 또는 감소시키는데 적합하지 않다. 따라서, 2차 교통사고를 예방 또는 감소시키기 위한 개선대책은 2차 교통사고만을 대상으로 분석된 사고특성을 기반으로 하여 수립될 때 효율적이라 할 수 있다.

본 연구는 고속도로에서 발생하는 2차 교통사고를 예방하기 위한 효과적인 대책을 수립하는데 도움이 될 수 있도록 고속도로에서 발생하는 2차 교통사고의 특성을 분석하고, 1차 교통사고와의 차이점을 도출하는 데에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다. 특히, 2차 사고가 어떤 상황에서 또는 어떤 형태로 많이 발생했는지에 대한 고찰을 거시적으로 수행함으로써 향후 미시적인 분석이

필요한 사항이 무엇인지에 대한 시사점을 제공하고자 하였다.

본 연구의 2장에서는 고속도로에서 발생한 교통사고의 특성 분석에 관한 국내·외 선행 연구에 대해 고찰하였으며, 3장에서는 2차 교통사고의 정의 및 유형에 대해 기술하였다. 4장에서는 본 연구에 사용된 사고자료의 수집과정에 대해 제시하였으며, 5장은 2차 교통사고의 특성 분석 결과를 포함하고 있다. 마지막 6장에서는 본 연구에서 도출된 결론 및 향후 연구과제에 대해 제시하였다.

2. 선행 연구 고찰

2.1. 국내·외 기존 연구 고찰

국내에서 수행된 고속도로 교통사고 특성분석에 관한 기존 연구를 살펴보면 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 고속도로에서 발생한 교통사고 건수를 기준으로 교통사고 발생에 영향을 미치는 요인을 규명하는 연구(박민수·장명순, 2012; 문승라 등, 2012; 박재홍 등, 2011; 박준태 등, 2009 외 다수)이며, 두 번째는 교통사고로 인한 사고 심각도에 영향을 미치는 영향을 규명하는 연구(Kim, 2011; 문승라·이영인, 2011; 이혜령 등, 2012)이다.

고속도로에서 발생한 교통사고를 대상으로 수행된 연구는 매우 많지만 최근에 수행된 연구 중 교통사고건수에 영향을 미치는 요인을 규명한 대표적 연구를 살펴보면, 박민수·장명순(2012)은 4차로 고속도로 중 평면곡선부를 대상으로 평면선형과 종단선형이 겹친 복합선형 구간에서 발생하는 교통사고와 복합선형 요소와의 관계를 규명하였는데, 종단곡선이 없는 경우가 종단곡선이 있는 경우보다 사고율이 높으며 종단곡선이 1개인 경우가 종단곡선이 2개인 경우보다 사고율이 높은 것으로 제시하고 있다.

문승라 등(2012)의 연구는 고속도로에서 발생한 총 사고건수를 종속변수로 하여 음이항 모형과 포아송 모형을 통해 사고 예측 모형을 개발하였다. 모형에 포함된 주요 변수로는 구간길이, 일교통량, 버스비율, 곡선구간수로 이러한 변수들의 값이 증가할수록 교통사고 발생건수는 증가하는 것으로 결론을 내리고 있다.

박재홍 등(2011)의 연구에서는 고속도로에서 발생한 사고에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 기존 연구에서 사용된 기하구조 및 운전자 특성 관련 변수 외에 센서를 통해 수집된 가속도 자료를 이용하여 교통사고

2) "고속도로 2차사고 치사율, 평균보다 3배 높아", NEWSIS, 2011. 04. 26

발생여부에 미치는 영향을 분석하였다.

박준태 등(2009)의 연구에서는 고속도로에서 발생한 교통사고를 고령층과 비고령층으로 구분하여 교통사고의 특성을 분석하였는데, 연구결과 고령층과 비고령층의 교통사고 영향요인에는 차이가 있으며 특히, 곡선구간 및 절토구간, 노면 습윤상태 등이 고령운전자의 사고 위험성을 증가시킨다고 보고하고 있다.

다음으로 교통사고로 인한 사고 심각도 분석과 관련된 연구를 살펴보면 Kim(2011)은 고속도로의 사망사고와 부상사고 발생에 영향을 미치는 요인을 규명하기 위해 2개의 서로 다른 모형을 동시에 결합해서 추정하는 방법을 이용하여 사고모형을 개발하였다. 문승라·이영인(2011)은 고속도로 교통사고 심각도에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 계층 이항 로지스틱 모형을 추정하였는데, 추정결과 본선과 진·출입부에서의 사고 심각도가 가장 높으며 중앙선 침범, 통행위반, 과속사고일 경우 사고 심각도가 높은 것으로 제시하고 있다.

이혜령 등(2012)은 수량화이론 제2류 기법을 이용하여 사고등급에 영향을 미치는 요인을 규명하였는데, 연구결과 승합차가 많고 차대사람 사고가 많이 발생할수록 B등급의 사고가 많이 발생하고 날씨가 흐릴수록 B등급의 사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 연구들은 고속도로에서 발생한 사고의 원인 또는 사고 심각도에 영향을 미치는 요인을 규명한 것들인데, 기존 연구들의 공통점은 원인 규명을 위해 사용한 사고자료들이 고속도로에서 발생한 사고를 세부적으로 분류하지 않고 모든 사고를 포함하여 분석한 것이다. 사고 심각도의 경우 서론에서 설명한 바와 같이 1차 교통사고와 2차 교통사고 사이에 차이점이 존재함에도 불구하고 이를 구분하지 않고 하나의 사고로 간주하고 분석을 한 것이다. 이처럼 국내 연구에서는 2차 교통사고의 특성을 규명하기 위한 연구는 전무한 상황인데, 국외에서는 2차 교통사고에 대한 연구가 어느 정도 진행되고 있는 것으로 파악되었다.

Vlahogianni et al.(2010)은 2차 교통사고 발생에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 Bayesian network를 개발하여 분석하였는데, 그 결과 2차 교통사고의 발생은 1차 교통사고 발생 시 주변의 교통상황, 사고위치 등 시공간적 요소와 교통흐름에 의해 매우 많은 영향을 받는다는 것을 규명하였다.

Hirunyanitiwattana and Mattingly(2006)의 연구에서는 캘리포니아 고속도로에서 발생한 1차 교통사고와 2차 교통사고의 특성을 12개의 서로 다른 구역별

로 시간대별, 도로등급별, 주요 사고요인별, 사고심각도별 및 사고유형별 발생비율을 비교하였다. 연구결과 2차 사고발생 비율이 지방지역 보다는 도시지역이 더 높은 것으로 나타났고, 전형적인 2차 사고유형은 추돌사고인 것으로 결론 내리고 있다.

Moore et al.(2004)은 고속도로 순찰 서비스 운영에 따라 사고처리시간이 달라지는데 이러한 요인이 2차 교통사고 발생률에 미치는 영향을 계량화하는 방법론을 제시하였다. 분석결과 순찰 서비스 운영으로 인해 1차 사고 처리시간이 감소하게 되면 2차 교통사고의 발생률 또한 감소하게 되고, 그 결과 최종적으로 비용감소 효과가 발생한다고 주장하였다.

2.2. 기존 연구와의 차별성

기존 연구를 살펴보면 교통사고 특성분석이란 첫 번째로 사고요인에 따른 시간적, 공간적 차이 등을 분석하여 교통안전정책 수립의 근거를 세우는 기본적인 사고 통계분석, 두 번째로 각 사고요인에 따른 사고율, 위험도를 비교·분석하여 교통사고방지대책 및 소요예산정책의 근거자료로 활용되는 위험도 분석, 마지막으로 사고 잦은 지점(구간) 또는 특정사고를 유발시키는 원인을 규명하거나 미시적 분석 등을 사용하여 사고예방대책을 수립하는 사고원인 분석 등을 포함하고 있다.

이러한 교통사고 특성분석에 대해 국내 기존연구는 고속도로 교통사고 발생건수에 영향을 미치는 요인을 분석하거나 교통사고 심각도와 관련된 주요 요인을 규명하는 것이 주를 이루었다. 하지만 국외의 경우 2차 교통사고의 심각성을 인지하고 2차 교통사고의 원인을 규명하고자 하는 노력이 어느 정도 시도되었다. 이러한 국외 연구는 1차 사고발생이 2차 사고발생에 영향을 미친다는 것에 초점을 맞추어서 주로 1차 사고와 관련된 요인을 중심으로 요인규명을 시도하거나 지역별 특성이 1차 및 2차 사고발생 비율에 서로 다른 영향을 미친다는 가설 하에 이를 확인하는 것이었는데, 본 연구는 기하구조별, 환경요인별, 도로선형별 특성에 따른 1차 및 2차 사고의 발생비율 차이를 검증하는 것이 주요 차별점이라 할 수 있다.

3. 2차 교통사고의 정의 및 유형

본 연구의 목적인 2차 교통사고의 특성을 분석하기 위해서는 고속도로에서 발생한 사고를 대상으로 1차 교통사고와 2차 교통사고를 구분하는 것이 선행되어야 한

다. 그러기 위해서는 2차 교통사고에 대한 정의가 필요
한데, 현재 국내의 도로교통 관련 법령에서는 교통사고
에 대한 포괄적인 정의만 규정되어 있을 뿐³⁾ 2차 교통사
고의 정의에 대한 명확한 규정은 없는 실정이다. 또한,
경찰청이 매년 발행하는 「교통사고통계」에서도 “교통사
고”란 도로교통법 제2조에 규정하는 도로에서 차의 교
통으로 인하여 발생한 인적 피해를 수반하는 사고라고
정의하여 물적피해 사고를 제외한 협의적 정의로 규정
되어 있다.

이처럼 교통사고는 어느 정도 정의되어 있지만 ‘2차
교통사고’를 법적으로 명확하게 정의하고 있는 규정은
없는데, 2차 교통사고에 대한 정의는 선행 연구에서 찾
아볼 수 있다. Raub(1997)은 선행사고가 발생한 후 15
분 이내에 선행사고가 발생한 지점에서부터 1마일 이내
에서 발생한 사고를 2차 교통사고로 정의하였다.
Hirunyanitiwattana and Mattingly(2006)는 2차
교통사고를 “한 번 교통사고가 발생한 차량을 후속하던
차량이 선행 교통사고 차량 및 탑승자를 두 번 이상 충
돌하는 사고”라고 정의하였다. 또한, 교통안전공단에서
발표한 보도 자료에서는⁴⁾, 한 번 사고가 발생한 자동차
또는 사람을 또 다른 자동차가 충돌하게 되는 사고를 ‘2
차 교통사고’라고 정의하고 있다. 이와 같이 2차 교통
사고는 최초 교통사고가 발생하여 정차된 차량을 충돌
하는 사고와 최초 교통사고가 발생한 이후 선행 교통사
고와 관련된 사람을 충돌하는 사고의 두 가지 유형으로
구분되고 있음을 알 수 있다. 하지만, 2차 교통사고에는
최초 발생한 교통사고와 관련된 차량 및 사람과의 충돌
사고 외에 선행 교통사고를 회피하는 과정 중에 발생한
사고, 선행사고와는 관련이 없는 사고조사자 또는 사고
처리자 충돌 사고 등도 포함될 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 선행 연구에서 정의되어 있는
2차 교통사고에 대한 정의를 참고하여 다음과 같은 4가
지의 사고유형을 2차 교통사고로 폭넓게 정의하였다.

- 선행사고 관련 사고: 후속차량이 전방의 선행사고를
미처 발견하지 못하고 선행사고의 차량 및 사람을 추
돌(충돌)하는 사고
- 선행사고 회피 사고: 후속차량이 전방의 선행사고를
발견 후, 회피하는 과정 중 타 차량 및 도로시설물과
추돌(충돌)하는 사고

- 사고처리자 및 차량 관련 사고: 선행사고에 대해 조사
및 처리과정 중, 후속차량이 사고처리자 및 차량을 추
돌(충돌)하는 사고
- 기타(선행사고 부산물): 선행사고로 인해 발생한 낙하
물, 시설물파편, 사고차량부속품 등으로 인해 후속차
량이 발생시킨 사고

위와 같은 유형은 고속도로 전방에 선행사고가 발생
한 경우에 대해서만 적용된 것으로, 교통사고로 분류되
지 않는 본선에 정차한 고장차량 및 갓길에 정차한 고장
차량과의 사고 등은 본 연구에서 정의한 2차 교통사고
에서 제외되었다.

4. 자료수집

본 연구에서는 고속도로의 2차 교통사고 특성을 분석
하기 위해 고속도로에서 발생한 사고자료를 한국도로공
사의 Hi-portal로부터 수집하였다. 자료수집을 위한
시간적 범위로는 2008년부터 2010년까지 총 3년을 대
상으로 설정하였으며, 공간적 범위로는 경부선, 서해안
선, 영동선 등 한국도로공사에서 직접 운영·관리하고
있는 전국 35개 노선의 고속도로(민자노선 제외)를 대
상으로 하였다.

2차 교통사고는 한국도로공사의 Hi-portal 시스템
에 입력되어 있는 사고조사양식을 출력한 후, 양식에 기
술되어 있는 사고내용을 일일이 검토하여 3장에서 정의
된 2차 교통사고의 유형에 속하는 사고들만을 대상으로
추출하였다.

자료수집 결과 Table 1에 제시된 것처럼 2008년부터
2010년까지 3년 동안 전국 고속도로에서 발생한 교통
사고는 총 7,191건으로 나타났으며, 이 중 2차 교통사
고는 전체 교통사고의 약 4.5%인 320건으로 나타났다.
전체 교통사고의 발생추이를 살펴보면 해마다 감소하는
경향을 보였지만, 교통사고를 1차 사고와 2차 사고로
구분해서 살펴보면 1차 교통사고는 감소하는 경향을 보
이는 반면, 2차 교통사고에서는 감소경향을 찾아보기가
어려웠다.

Table 1. Number of Crashes Occurred for Recent
3 Years(2008~2010)

	2008	2009	2010	Total
Total Crashes	2,449	2,374	2,368	7,191
Primary Crashes	2,344	2,280	2,247	6,871
Secondary Crashes	105	94	121	320

Source : Korea Expressway Cooperation, Hi-Portal System, 2010

3) 교통사고처리 특례법 제2조 제2항 : 차의 운전 등 교통으로 인하여 사
람을 사상하거나 물건을 손괴한 경우 ‘교통사고’라 함

4) “심각한 피해를 초래하는 2차 사고”, 경기브레이크뉴스, 2011.10.27,
(http://gg.breaknews.com/sub_read.html?section=sc80&uid=6622)

최근 3년간 발생한 총 320건의 2차 교통사고를 3장에서 정의된 유형별로 구분해보면 선행사고와 관련된 차량 및 사람을 충돌하는 사고가 전체 2차 교통사고의 64%인 205건으로 제일 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났다(Table 2 참조). 그 다음으로 높은 비중을 차지하는 2차 교통사고 유형은 후속차량이 선행사고를 피하는 과정 중 발생하는 사고로 전체 2차 교통사고의 16% 정도인 51건으로 나타났다.

또한 2차 사고유형별 사망사고건수를 살펴보면 선행사고와 관련된 차량 및 사람을 충돌하는 사고가 53건으로 약 66%를 차지하고 있으며, 사고처리자 및 사고처리차량과 충돌하는 사고가 21건(26.2%)으로 그 다음 순을 차지하고 있다. 치사율에서도 알 수 있듯이 2차 교통사고에서 발생하는 사망사고는 대부분 선행사고와 관련된 사람과의 충돌 또는 선행사고 조사 및 처리를 위한 사람과의 충돌로 발생된 것으로 판단된다.

Table 2. Types of Secondary Crashes

Classification	Frequency	Number of Fatal Crashes	Number of Fatalities
Crashes related to primary crashes	205(64.1)	53(66.3)	76(69.1)
Crashes occurred while avoiding primary crashes	51(15.9)	6(7.5)	6(5.4)
Crashes related to crash investigators	39(12.2)	21(26.2)	28(25.5)
Others	25(7.8)	0(0.0)	0(0.0)
Total	320(100)	80(100)	110(100)

Note : Percentages are presented in parentheses.

5. 2차 교통사고 특성분석 결과

본 장에서는 고속도로에서 발생한 1차 교통사고와 2차 교통사고의 특성을 비교·평가하기 위해 각 항목별로 사고건수 발생비율이 서로 다른지를 통계적 검정을 통해 분석하였다. 통계적 검정을 위해 상용 소프트웨어인 Minitab 16을 사용하였으며, 두 집단간의 비율 차이를 검정하기 위해 두 표본 비율검정을 수행하였다.

5.1. 기초 사고정보 비교 분석

먼저 교통사고 관련 기본 내용에서 차이가 있는지를 파악하기 위해 기초 사고정보에 대한 비교·분석을 실시하였다. Table 3에 제시된 것처럼 95% 유의수준에서 두 집단의 차이를 검정한 결과를 보면, 사망사고, 조명

시설의 여부, 노면상태 모두 유의수준보다 작은 것으로 나타나(p -value<0.05), 사망사고, 조명시설여부, 노면상태에서 발생한 1차 교통사고와 2차 교통사고 발생 비율이 서로 다르다고 할 수 있다. 우선 사망사고 발생 비율을 살펴보면, 1차 교통사고에서의 사망사고 비율은 9.6%인 반면 2차 교통사고에서의 사망사고 비율은 25%로 2차 교통사고에서 사망사고 발생확률이 훨씬 더 높은 것으로 나타났다. 이는 2차 교통사고에서의 사망사고 발생 비율이 훨씬 높다는 것을 의미하는데, 기존 연구(이의용, 2010)에서도 언급한 바와 같이 2차 교통사고의 대표적 유형이 선행사고와 관련된 차량 및 탑승자를 충돌하는 것이기 때문에 아무래도 1차 교통사고에 비해 치사율이 높기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 2차 교통사고는 조명시설이 없을 때 발생하는 비율이 높은 것으로 나타났는데, 이는 야간에 선행 교통사고가 발생했을 경우 후속차량이 전방의 사고여부를 확인하는 것이 어렵기 때문에 더 많이 발생하는 것으로 해석할 수 있다. 노면상태가 습윤일 때 2차 교통사고 발생비율(35.0%)이 1차 교통사고 발생비율(26.5%)보다 더 높은 것으로 나타났는데, 노면이 젖어있을 경우 선행 사고 발생을 인지한 후 적절하게 제동하여 정지할 수 있는 거리가 건조한 상태일 때 보다는 더 길어지기 때문에 상대적으로 더 많은 사고가 발생하는 것으로 생각한다.

Table 3. Comparison of Primary and Secondary Crashes(Basic Information)

		Primary Crashes (%)	Secondary Crashes (%)	Test Results	
		N=6871	N=320	z-statistic	p-value
Number of Fatal Crashes		662 (9.6)	80 (25.0)	-6.28	0.000
Lighting	Presence	2,545 (56.2)	69 (32.1)	7.38	0.000
	Absence	1,982 (43.8)	146 (67.9)	-7.38	
Surface Condition	Dry	5,048 (73.5)	208 (65.0)	3.11	0.002
	Wet	1,823 (26.5)	112 (35.0)	-3.11	

Note : $H_0: P_{Primary Crash} = P_{Secondary}$, $H_A: P_{Primary Crash} \neq P_{Secondary Crash}$, $\alpha=0.05$

5.2. 시간대별 비교 분석

1차 교통사고와 2차 교통사고의 시간대별 발생비율을 살펴보면, 1차 사고는 야간(40.3%)보다 주간(59.7%)에 더 많이 발생했지만 2차 사고의 약 60%는 야간에 발생한 특성을 보이고 있는데 이는 주간보다 야간의 시인성이 떨어지기 때문인 것으로 판단된다. 시간대를 오전,

오후, 저녁, 새벽으로 상세히 구분하여 살펴보면 1차 사고는 오후(29.8%)에 가장 많이 발생하는 것으로 나타난 반면 2차 사고는 새벽(34.4%)에 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다.

주간을 오전과 오후로 구분하게 되면 오전에는 1차 사고와 2차 사고의 발생비율(각각 27.9%, 23.8%)이 통계적으로 다르지 않은 것으로 나타나지만, 오후에는 1차 사고가 발생하는 비율이 2차 사고보다 훨씬 높은 것으로 나타났다. 야간인 저녁과 새벽에는 2차 사고발생 비율이 1차 사고보다 더 높은 것으로 나타났다.

Table 4. Comparison of Primary and Secondary Crashes by Time of Day

		Primary Crashes (%)	Secondary Crashes (%)	Test Results	
		N=6871	N=320	z-statistic	p-value
Time of Day	Daytime	4,101(59.7)	128(40.0)	7.03	0.000
	Nighttime	2,770(40.3)	192(60.0)	-7.03	
Time of Day	Morning	1,916(27.9)	76(23.8)	1.70	0.090
	Afternoon	2,048(29.8)	55(17.2)	5.79	0.000
	Evening	1,331(19.4)	79(24.7)	-2.16	0.030
	Dawn	1,576(22.9)	110(34.4)	-4.23	0.000

Note : $H_0: P_{Primary Crash} = P_{Secondary Crash}$, $H_a: P_{Primary Crash} \neq P_{Secondary Crash}$, $\alpha=0.05$

5.3. 계절별·날씨별 비교 분석

사고 발생 비율을 계절별로 살펴본 결과 Table 5에 제시된 것처럼 1차 교통사고는 여름(27.7%)에, 2차 교통사고는 겨울(31.9%)에 제일 많이 발생한 것으로 나타났다. 계절별로 1차 사고와 2차 사고의 발생비율 차이를 검증한 결과 봄, 여름, 가을의 경우 1차 사고 발생 비율이 2차 사고보다 조금 더 큰 값을 보였지만 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났으며, 겨울에는 2차 사고(31.9%)가 1차 사고(23.7%)보다 더 많이 발생한 것으로 나타났다. 이는 겨울철 노면이 미끄러운 경우가 다른 계절보다 더 많기 때문에 2차 사고가 더 많이 발생한 것으로 유추할 수 있다.

날씨별 사고발생 비율은 1차·2차 사고 모두 맑음 상태일 때 사고가 가장 많이 발생한 것으로 나타났는데, 1년 365일 중 맑은 날의 비율이 가장 높다는 점을 고려하면 타당한 결과인 것으로 판단된다. 그러나 눈이 내릴 때 발생하는 사고건수는 1차 사고(246건)가 2차 사고(25건)보다 약 10배 정도 많지만, 전체 사고대비 발생률을 고려하면 눈이 내릴 때 2차 사고 발생비율(7.8%)이 1차 사고 발생비율(3.6%)보다 더 높은 것으로 나타났

다. 이는 5.1절의 노면상태의 영향과 본 절의 계절별 영향과 매우 밀접한 결과인 것으로 생각된다.

Table 5. Comparison of Primary and Secondary Crashes by Season and Weather

		Primary Crashes (%)	Secondary Crashes (%)	Test Results	
		N=6871	N=320	z-statistic	p-value
Season	Spring	1,629(23.7)	74(23.1)	0.24	0.809
	Summer	1,900(27.7)	78(24.4)	1.33	0.183
	Fall	1,713(24.9)	66(20.6)	1.85	0.064
	Winter	1,629(23.7)	102(31.9)	-3.08	0.002
Weather	Clear	4,042(58.8)	159(49.7)	3.20	0.001
	Cloudy	1,240(18.0)	67(20.9)	-1.25	0.213
	Rainy	1,303(19.0)	69(21.6)	-1.11	0.268
	Snowy	246(3.6)	25(7.8)	-2.79	0.005
	Foggy	40(0.6)	0(0.0)	-	-

Note : $H_0: P_{Primary Crash} = P_{Secondary Crash}$, $H_a: P_{Primary Crash} \neq P_{Secondary Crash}$, $\alpha=0.05$

5.4. 도로선형별 비교 분석

평면선형에서는 Table 6에서 보여지는 바와 같이 1차·2차 사고 모두 직선구간에서 가장 많은 사고가 발생하였으며, 1차 사고의 경우 우곡선에서 그 다음으로 사고가 많이 발생했지만 2차 사고는 좌곡선에서 많이 발생한 것으로 나타났다. 좌곡선에서의 1차 사고 발생비율(18.6%)과 2차 사고의 발생비율(22.5%)에는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났지만, 우곡선일 경우 1차 사고와 2차 사고의 발생비율이 다른 것으로 나타났다. 그러나 분석에 사용된 자료에서는 사고지점이 우곡선인지 좌곡선인지에 대한 정보만 가지고 있을 뿐 사고지점 전후의 선형에 대한 정보가 전혀 포함되어 있지 않고, 또 사고지점에서의 시거 등과 관련된 정보도 포함되어 있지 않아 우곡선일 경우 1차 사고와 2차 사고의 발생비율이 서로 다른 이유를 논리적으로 설명하기에는 어려움이 있다. 하지만 사고자료 자체가 우곡선일 경우 1차 사고와 2차 사고의 발생비율이 서로 다르다는 것을 제시하고 있으므로 향후 이에 대한 체계적인 분석을 통해 그 원인을 명확하게 규명하는 것이 필요하다.

중단선형에 따라 구분할 경우 1차 사고는 평탄한 지형에서 가장 많이 발생(40.4%)하였고, 그 다음으로 내리막, 오르막 순으로 사고가 많이 발생한 것으로 나타났다. 그러나 2차 사고는 내리막 구간(45.3%), 평탄(31.3%), 오르막 구간(23.4%) 순으로 사고가 발생한 것으로 나타났으며, 내리막 구간에서 발생한 2차 사고 비율은 1차 사고 비율과 통계적으로도 서로 다른 것으로

나타났다(z -statistic=-4.1, p -value=0.00).

Table 6. Comparison of Primary and Secondary Crashes by Roadway Alignment

		Primary Crashes (%)	Secondary Crashes (%)	Test Results	
				N=6871	N=320
Horizontal Alignment	Straight	4,230 (61.6)	203 (63.4)	-0.68	0.496
	Left Curve	1,276 (18.6)	72 (22.5)	-1.65	0.099
	Right Curve	1,365 (19.9)	45 (14.1)	2.90	0.004
Vertical Alignment	Level	2,776 (40.4)	100 (31.3)	3.44	0.001
	Upgrade	1,781 (25.9)	75 (23.4)	1.02	0.306
	Downgrade	2,314 (33.7)	145 (45.3)	-4.10	0.000

Note : $H_0: P_{Primary Crash} = P_{Secondary Crash}$, $H_a: P_{Primary Crash} \neq P_{Secondary Crash}$, $\alpha = 0.05$

5.5. 사고유형별·사고원인별 비교 분석

사고유형별 1차·2차 사고의 발생비율을 살펴보면 Table 7에 제시된 것처럼 1차 사고는 차대시설 사고(65.9%), 차대차 사고(32.6%), 차대사람 사고(1.5%) 순으로 많이 발생하였는데, 2차 사고는 예상대로 차대차 사고(75.9%)가 가장 많은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 사고유형별 발생비율은 통계적으로도 서로 다른 것으로 나타났는데, 2차 사고는 1차 사고에 비해 차대차 사고와 차대사람 사고 발생비율이 더 높은 것으로 분석되었다.

1차·2차 사고의 사고원인을 비교해보면, 1차 사고는 졸음(22.9%), 과속(22.8%), 핸들과대조작(16.4%) 등이 주요 사고원인으로 나타난 반면, 2차 사고는 전방주시태만(43.7%), 안전거리미확보(36.5%)가 대부분 사고의 주요 요인으로 나타나고 있다. 이는 사고유형과 연계하여 해석할 수 있는데, 1차 사고의 65.9%가 차대시설 사고인 점을 고려하면 졸음, 과속, 핸들과대조작 등의 원인은 차량이 혼자 주변 시설물에 충돌하는 사고 결과로 이어지지만, 전방주시태만이나 안전거리미확보는 차량과 차량 간의 사고와 직접적인 관련이 있기 때문에 2차 사고의 주요 요인을 차지하고 있는 것으로 판단된다. 각 사고요인별 사고발생비율은 통계적으로도 서로 다른 것으로 분석되어, 1차 사고는 2차 교통사고에 비해 졸음, 과속, 핸들과대조작으로 인한 사고발생비율이 높으며, 2차 사고는 1차 교통사고에 비해 전방주시태만, 안전거리미확보로 인한 사고발생비율은 높은 것으로 해석할 수 있다.

Table 7. Comparison of Primary and Secondary Crashes by Crash Types and Crash Causes

		Primary Crashes (%)	Secondary Crashes (%)	Test Results	
				N=6871	N=320
Crash Type	Vehicle to Vehicle	2,240 (32.6)	243 (75.9)	-17.65	0.000
	Vehicle to Facility	4,529 (65.9)	53 (16.6)	22.90	0.000
	Vehicle to Human	102 (1.5)	24 (7.5)	-4.07	0.000
Crash Cause	Negligence of Keeping Eyes Forward	873 (12.7)	140 (43.7)	-11.08	0.000
	No Keeping a Safe Distance	160 (2.3)	117 (36.5)	-12.69	0.000
	Exaggerated Steering Control	1,130 (16.4)	28 (8.8)	4.69	0.000
	Speeding	1,566 (22.8)	12 (3.8)	16.19	0.000
	Debris on Roadway Surface	80 (1.2)	15 (4.7)	-2.96	0.003
	Drowsiness	1,574 (22.9)	8 (2.5)	20.22	0.000
	Fault in Tire	403 (5.9)	0	-	-
	Drinking and Driving	200 (2.9)	0	-	-
	Others	885 (12.9)	0	-	-

Note : $H_0: P_{Primary Crash} = P_{Secondary Crash}$, $H_a: P_{Primary Crash} \neq P_{Secondary Crash}$, $\alpha = 0.05$

6. 결론 및 향후 연구과제

고속도로에서 발생하는 사고건수 및 사망자수는 최근 10년 동안 점차 감소하는 경향을 나타내고 있지만, 최근 3년간 고속도로 교통사고 전체 사망자의 14%가 2차 사고에 의해 발생하며 2차 사고로 인한 치사율은 50%로 전체 교통사고 평균 치사율인 15.3%보다 약 3.3배 정도 높은 수준이다. 그렇기 때문에 고속도로에서 발생하는 인명피해를 최소화하기 위해서는 1차 사고 뿐만 아니라 2차 사고를 미연에 방지하기 위한 노력이 절대적으로 필요하다.

2차 사고 발생을 예방하기 위해서는 2차 사고가 발생하는 원인 및 특성을 심층적으로 분석하고, 2차 사고 특성을 고려한 효율적인 교통안전대책 수립이 필요하다. 그러나, 현재까지는 2차 사고의 특성을 규명하기 위한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다. 이에 본 연구는 효과적인 2차 사고 개선대책을 수립하는데 필수적이고 선행되어야 할 고속도로 2차 사고의 사고특성을 분석하

고 1차 사고와의 차이점을 비교·분석하여, 개선대책 수립 시 고려해야 할 사항들에 대해 시사점을 제공하고자 하였다.

주요 결과를 살펴보면 2차 사고는 1차 사고와 비교할 때 주간보다는 야간 시간대인 저녁과 새벽에 더 많이 발생한 것으로 나타났는데, 이는 주간보다 야간의 시인성이 떨어지기 때문인 것으로 판단된다. 사고발생 비율을 계절별·날씨별 구분해서 살펴본 결과 2차 사고는 1차 사고에 비해 겨울철에 더 많이 발생하였고, 날씨별로는 눈이 내리는 날에 2차 사고가 더 많이 발생한 것으로 나타났다.

고속도로에서 발생한 교통사고를 도로선형별로 구분하여 분석한 결과, 평면선형별로는 우곡선 구간에서 발생하는 1차 사고와 2차 사고의 비율이 서로 다른 것으로 나타났는데, 1차 사고가 2차 사고보다 조금 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 종단선형으로는 내리막 구간에서 발생한 2차 사고의 비율이 1차 사고보다 훨씬 높은 것으로 나타났다.

사고유형별 비교·분석 결과 1차 사고는 차대시설 사고가, 2차 사고는 차대차 사고가 제일 많이 발생한 것으로 나타났는데, 2차 사고는 1차 사고에 비해 차대차 사고와 차대사람 사고가 많이 발생했기 때문에 치사율이 더 높은 것으로 나타났다. 1차·2차 사고의 사고원인을 비교해보면, 1차 사고는 졸음, 과속, 핸들과대조작 등이 주요 사고원인으로 나타난 반면, 2차 사고는 전방주시 태만, 안전거리미확보가 대부분 사고의 주요 요인을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 기존 연구들과는 달리 한국도로공사에서 직접 조사·수집한 교통사고자료를 사용하였고, 분석에 사용한 사고조사 자료에는 기초사고정보를 비롯하여 사고지점의 선형 정보, 환경정보, 사고차량정보 등이 포함되어 있어 여러 요인별로 고속도로 2차 사고 특성을 거시적으로 분석하였다. 하지만 2차 사고 발생에 영향을 미치는 사고요인을 정확하게 규명하기 위해서는 2차 사고를 미시적으로 분석하는 것이 필요하지만, 본 연구에서는 사고특성 분석에 있어 가장 중요한 사고당시의 교통량과 주행속도, 사고지점의 구체적인 기하구조 자료(예: 차로수, 차로폭, 사고지점 전후 구간의 도로선형 특성, 곡선부 구간의 시거 등) 구득이 용이하지 못해 2차 사고 발생에 영향을 미치는 요인에 대한 심층적인 분석이 이루어지지 못했다.

또한, 한국도로공사가 수집하고 있는 교통사고 자료는 사고지점 또는 구간의 특성을 나타내는 구간 기반 자

료(예: 노면상태, 도로선형, 조명시설 설치여부 등)와 개별사고의 특성을 나타내는 사고기반 자료(예: 사고발생 시간, 기상상태, 사고유형, 사고원인 등)가 혼재되어 있어 이를 통합한 사고모형 개발은 쉽지 않기 때문에 2차 사고 발생비율에 영향을 미치는 요인을 구체적으로 규명하지 못하였다. 그러나, 분석결과를 2차 사고가 1차 사고와는 다른 사고특성을 보이고 있음을 제시하고 있으며, 그렇기 때문에 2차 사고에 대해 좀 더 구체적이고 심층적인 분석을 통해 2차 사고에 영향을 미치는 요인을 규명할 필요가 있다는 시사점을 제공하고 있다는 점에서 본 연구의 의의를 찾을 수 있다.

향후 교통량 및 주행속도가 사고조사 자료에 포함되어 사고특성 분석을 수행한다면, 사고심각도와 사고원인 등에 대해 보다 명확한 분석이 이루어 질 것이고, 더 나아가 고속도로 2차 사고의 사고분석모형을 개발할 수 있을 것으로 본다. 이를 통해 2차 교통사고 피해를 줄이는데 더 바람직한 개선대책을 마련할 수 있을 것으로 예상된다.

마지막으로 본 연구에서는 고속도로에서 발생한 교통사고 자료를 이용하여 여러 요인별로 1차 사고와 2차 사고 발생비율의 차이점이 존재하는지를 살펴보았는데, 어떤 요인에 대해서는 수집된 사고자료의 한계로 차이점이 발생하는 원인을 명확하게 규명하지 못한 것도 있었다. 이는 향후 연구를 통해 규명되어야 할 사안으로, 본 연구를 시작으로 2차 사고 발생에 영향을 미치는 요인을 규명하기 위한 심층적인 연구가 활성화되기를 기대한다.

References

- Hirunyanitiwattana, W. and S. P. Mattingly (2006), "Identifying Secondary Crash Characteristics for the California Highway System", *Proceeding of 85th Annual Meeting, Transportation Research Board*, pp.1-18.
- Kim, D. (2011), "Joint Estimation of Fatal and Injury Crash Models with Controlling for Contemporaneous Correlation between the Disturbance Terms", *KSCE Journal of Civil Engineering 15(3)*, pp.581-588.
- Lee, E. Y. (2010), "The Dangerousness of Secondary Crashes Based on Statistics", *Signal Vol. 361, Korea Road Traffic Authority*, pp.6-8.
- Lee, H. R., K. J. Kum, and S. N. Son (2011), "A Study on the Factor Analysis by Grade for Highway Traffic Accident", *International Journal of Highway Engineering*, Vol.13, No.3, pp.157-165.
- Moore II, J., G. Giuliano, and S. Cho (2004), "Secondary Accident Rates on Los Angeles Freeways", *Journal of Transportation*

- Engineering*, Volume 130, Issue 3, pp.280-285.
- Mun, S. R., Y. I. Lee, and S. B. Lee (2012), "Developing a Traffic Accident Prediction Model for Freeways", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.30, No.2, pp.101-116.
- Mun, S. R. and Y. I. Lee (2011), "Analysis of Traffic Crash Severity on Freeway Using Hierarchical Binomial Logistic Model", *International Journal of Highway Engineering*, Vol.13, No.4, pp.199-209.
- Park, J. H., C. Oh, K. P. Kang (2011), "Assessment of Freeway Crash Risk using Probe Vehicle Accelerometer", *International Journal of Highway Engineering*, Vol.13, No.2, pp.49-56.
- Park, J. T., Y. S. Kim, and S. B. Lee (2009), "The Analysis of Older Driver's Traffic Accident Characteristic at Express-way using Logit Model", *International Journal of Highway Engineering*, Vol.11, No.4, pp.1-7.
- Park, M. and M. Chang (2012), "Analysis of Traffic Accident Characteristics for the Overlap Section of Horizontal and Vertical Alignment", *International Journal of Highway Engineering*, Vol.14, No.1, pp.95-102.
- Raub, R. A. (1997), "Occurrence of Secondary Crashes on Urban Arterial Roadway", *Transportation Research Record 1582(1)*, pp.53-58.
- Vlahogianni, E, M. Karlaftis, J. Golias, and B. Halkias (2010), "Freeway Operations, Spatiotemporal-Incident Characteristics and Secondary-Crash Occurrence", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board No. 2178*, pp.1-9.
- (접수일 : 2012. 7. 17 / 심사일 : 2012. 7. 30 / 심사완료일 : 2013. 3. 12)