

■ 論 文 ■

**지방부 신호교차로 사고특성분석 및 모형개발**  
(청주·청원을 중심으로)

Analysis of Accident Characteristics and Development of Accident Models  
in the Signalized Intersections of Cheongju and Cheongwon

**박 병 호**

(충북대학교 도시공학과 교수)

**유 두 선**

(충북대학교 도시공학과 석사과정)

**양 정 모**

(충북대학교 도시공학과 석사과정)

**이 영 민**

(청주시청 교통행정과)

목 차

- I. 서론
    - 1. 연구의 배경 및 목적
    - 2. 연구의 내용 및 방법
  - II. 기존문헌 고찰
    - 1. 국내연구의 동향
    - 2. 국외연구의 동향
    - 3. 기존 연구와의 차별성
  - III. 사고현황 및 특성분석
    - 1. 대상지의 사고현황
    - 2. 사고특성 분석
  - IV. 분석틀의 설정
    - 1. 자료수집 및 정리
    - 2. 분석모형 설정
  - V. 모형의 개발 및 검증
    - 1. 변수간의 상관성 분석
    - 2. 모형개발
    - 3. 결과분석
    - 4. 모형의 검증
  - VI. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 지방부, 사고특성분석, 상관분석, 다중선형회귀모형, 포아송 및 음이항회귀모형  
Rural Area, Accident Characteristics, Correlation Analysis, Multiple Regression  
Model, Poisson and Negative Binomial Regression Model

요 약

본 연구는 지방부의 교통사고 특성을 분석하고 사고모형을 개발하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 본 연구에서는 청주시와 청원군의 신호교차로를 중심으로 다중선형, 포아송 및 음이항회귀모형을 개발하는데 중점을 두고 있다.

분석된 주요 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 사고특성 분석을 통해 지방부 교통사고의 특성이 요인별로 파악되었다. 둘째, 통계적으로 설명력이 높은 4개의 사고모형이 개발되었다. 마지막으로 평균차로폭차( $X_2$ )와 교차로간거리( $X_{11}$ )가 지방부의 특성을 반영할 수 있는 특정변수로 밝혀졌다.

The purposes of this study are to analyze the characteristics and to develop the models of traffic accidents. In pursuing the above, this study gives particular attentions to developing the models(multiple linear, poisson and negative binomial regression) using the data of Cheongju and Cheongwon signalized intersections.

The main results analyzed are as follows. First, the accident characteristics of rural area were defined by factor. Second, 4 accident models which are all statistically significant were developed. Finally, such the variables as  $X_2$  and  $X_{11}$  were evaluated to be specific variables which reflect the characteristics of rural area.

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2006년도 첨단도시개발사업(07도시재생B01)에 의해 수행되었습니다.

# 1. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

교통이란 주체되는 사람이나 물건을 이동수단을 통해 도로시설을 활용하여 이동하게 되는 일련의 모든 행위를 일컫는다. 이러한 교통은 해당지역의 지역적 특성 및 토지이용에 따라 차종 및 차량의 통행특성, 도로의 기하구조 등 도로여건 및 운영적 특성이 변화하게 된다.

일반적으로 지역은 인구 및 건물의 밀집정도, 취약현황 등 인문·사회적 형태에 따라 도시부와 지방부로 구분되며, 이는 세부적으로 주거, 상업, 공업, 농업지역 등과 같이 지역적 특성에 따라 여러 종류로 분류할 수 있다. 이러한 지역적 특성은 교통행태에도 영향을 미치게 되고, 그로 인해 차종, 통행특성, 도로의 기하구조, 신호처리형태 등은 지역에 따라 많은 차이를 갖게 된다.

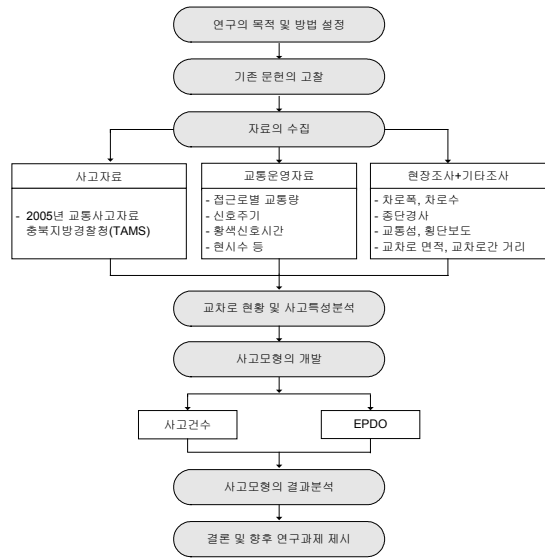
도시부는 침두시의 차량집중률이 심하고, 통근, 통학, 쇼핑 등의 단거리 통행이 많으며, 도심지 및 주요지역에 밀집되는 특성을 갖는다. 또한 밀집된 인구로 인해 통행하는 차량이 많아 주행속도는 낮아진다. 반면, 지방부의 도로는 장거리와 단거리 통행이 공존하며, 도시지역 보다 교통량이 현저히 적기 때문에 차량의 주행속도가 상대적으로 높다. 또한 주변 지형지물의 영향이 커 도로선형에 있어서 종단 및 횡단경사, 곡선반경 등의 기복이 크다.

지방부의 대다수 지역은 국도가 주간선도로의 역할을 하고 있으며, 지역과 지역을 연결하기 때문에 왕복 4차로 이상인 경우가 많고, 도로의 선형 및 제반여건이 양호하다. 반면, 지방도는 보조간선의 역할을 하게 되며, 장거리 통행보다는 지역주민들의 단거리 통행이 많기 때문에 왕복 2차로로 국도에 비해 도로의 규모가 작으며, 도로선형에 있어서 국도보다 많은 주변 지형지물의 영향을 받는다. 이렇게 지방부 특유의 교통 및 도로 특성으로 인해 사고를 유발하는 요인 또한 도시부와는 다른 양상을 보일 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 지방부 교차로상에서 발생한 교통사고 특성분석과 함께 사고관련 요인들이 교통사고에 미치는 영향을 분석하고, 나아가 교통사고 감소를 위한 정책적 제언을 제시하기 위해 사고모형을 개발하고자 한다.

## 2. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 지방부 교차로의 사고특성 및 모형을 개발



〈그림 1〉 연구수행과정도

하기 위해 청주시와 청원군의 지방부 지역 3지와 4지 신호교차로 140개소를 연구대상으로 한다. 사고자료는 충북지방경찰청의 2005년도 사고관리시스템(TAMS)의 해당지역 자료를 활용하였으며, 현장조사와 도로교통안전관리공단의 『2005년 전자교통신호체계 운영 및 교통량자료(청주시, 청원군)』을 이용하여 교차로의 교통량, 기하구조, 신호체계, 토지이용 등의 사고영향요인을 조사하였다.

연구의 방법은 먼저 국·내외 기존 연구된 문헌고찰을 통해 전반적인 사고모형의 기법 및 연구의 흐름을 파악하고, 사고현황 및 특성분석을 통해 대상지 사고자료상의 특징을 파악하였다. 대상지의 기하구조, 교통량, 신호체계, 토지이용 등의 사고관련요인들을 수집·정리하고, 상관분석을 통해 종속변수와 독립변수를 선정하였다. 선정된 종속변수와 독립변수를 통계프로그램 SPSS 12.0과 LIMDEP 8.0을 이용하여 다중선형회귀와, 포아송 및 음이항회귀식의 사고모형을 개발하였다.

## II. 기존 문헌 고찰

### 1. 국내연구의 동향

남궁헌(2001)은 1996년에서 1998년까지 3년간의 연도별 자료를 이용하여 광주광역시 4지 신호 교차로

69개소를 대상으로, 다중회귀모형을 통해 사고예측모형을 개발하였다.

이수범 등(2003)은 도시지역의 도로특성 및 사고 특성의 조사를 통해 도로의 유형별로 물리적인 특성을 반영하여 보다 체계적인 도로등급 및 특성에 따른 사고예측모형을 개발하기 위해 분석구간을 세 가지 유형으로 선정하였다. 자료는 전북지역 2001~2002년도의 2년간의 지방지역별 사고자료를 수집하여 다중회귀분석을 통해 사고예측모형식을 도출하였으며, 모형을 실제자료로써 검증하였다.

하오근(2005)은 충청남·북도의 교차로 중 사고가 많은 3지, 4지 신호교차로에 대해 계층적 샘플링방법을 통해 77개의 조사지점을 선정하였으며, 교차로 교통사고에 영향을 미치는 50개의 변수를 이용하여 사고예측모형과 심각도 모형을 개발하였다.

## 2. 국외연구의 동향

Ali S. Al-Ghamdi(2003)는 사고위치와 사고관련 요소 자료를 총 21개로 분류하여 분석하였으며, 또한 이 자료로 조건부 확률 및 분할표 분석을 실행하고, 사고관련 요소의 비교분석에 따른 종합적인 결과를 기술하여 교통사고예측방법의 대안을 제안하였다.

Hoong Chor Chin 외(2003)는 기존의 과분산된 교통사고건수를 사용하는데 있어 포아송과 비선형회귀분석의 한계를 설명하고, 교차로에 영향을 미치는 요소를 확인하기 위해 과분산할 경우 용이한 음이항 모형을 사용하여 사고예측모형을 개발하였다.

Mohamed Abdel-Aty(2004)는 플로리다의 3개 카운티의 476개 신호교차로를 대상으로 1999년에서 2000년 까지 2년간의 사고 자료를 통해 가로축 상의 신호교차로 사이에 특정 효과를 제3유형 분석 실시하여 변수의 상관효과를 분석했으며, 신호교차로에서 사고율에 중대한 영향을 미치는 변수를 확인할 수 있는 사고모형을 일반추정방정식 음이항모형을 이용하여 개발하였다.

## 3. 기존 연구와의 차별성

현재 도시부를 대상으로 한 도로운영 및 안전에 관련된 연구는 활발히 진행되고 있지만, 지방부의 경우, 신호체계, ITS 등 교통관리시스템의 개선 및 도입방향을 다

루거나, 일반도로의 가로구간이나 교차로가 아닌 고속도로에 국한된 연구, 또는 국소적인 대상지나 범위로 한정하여 일부 주제만을 다룬 연구가 대부분이다.

지방부의 교통사고를 대상으로 한 연구는 1990년대 초 지방부 교통사고 특성 및 안전대책을 다룬 논문이 발표 되었을 뿐, 이후 이렇다 할 연구가 진행되지 않았다. 단지, 사고모형분야에서 지방부를 대상으로 한 연구가 종종 발표되었을 뿐이다. 하지만 이 역시 도시부와 동일한 변수들을 적용하여 모형을 개발함으로써, 지방부의 비도시적 특성을 반영하지는 못했다.

본 연구는 지방부의 특성을 반영할 수 있는 사고모형을 개발하기 위해, 교차로간거리, 평균차로폭차이, 조명시설합계, 중차량비, 토지이용 등의 새로운 변수를 추가하였다. 또한 사고자료의 선형성 및 비선형적 특성을 반영하기 위해 다중선형회귀모형과, 포아송 및 음이항회귀모형을 사용하였기 때문에 지방부 사고분석의 전문성을 높였다고 볼 수 있다.

## III. 사고현황 및 특성분석

### 1. 대상지의 사고현황

연구대상지의 전체 사고건수는 280건으로 이중 국도에서 229건, 지방도에서 51건, 국지도 및 시도는 27건이 발생하였다. 국도상의 사고발생 교차로 수는 68개소로 평균 3.37건이며, 지방도는 19개소로 평균 2.68건, 국지도 및 시도는 11개소로 평균 2.45건으로 국도 상의 교차로 사고발생률이 가장 높고, 국지도 및 시도 상의 교차로 사고발생률이 가장 낮았다.

〈표 1〉 도로종류별 사고건수

구분	사고건수(건)	교차로수(개소)	평균(건)
국도	229	68	3.37
지방도	51	19	2.68
국지도, 시도	27	11	2.45
계	307	98	3.13

### 2. 사고특성 분석

본 장에서는 전체 사고건수를 사고피해정도, 사고차종으로 분류하여 사고당시의 사고유형, 위치, 운행상태

등의 다양한 조건을 통해 각 조건에 대한 세부적인 사고의 특징을 살펴보았다.

### 1) 사고피해정도에 의한 분석

사고피해정도는 사망사고, 부상사고 및 물피사고로 분류되며, 이는 사고의 심각도를 나타낸다. 따라서 특성분석을 통해 심각도는 사고당시의 사고유형, 위치, 진행상태, 시간, 차종 등과 어떠한 관계가 있는지를 알아보았다.

사고원인에 따른 사고피해정도는 전체사고의 경우, 안전운전불이행에 따른 사고가 많으며, 사망사고가 4건, 부상사고가 125건, 물피사고가 46건으로 부상사고가 가장 많다. 음주 및 안전거리미확보에 따른 사망사고는 0건이며, 음주사고시 물피사고의 비율이 높다.

사고유형에 따른 사고는 후미추돌사고가 총 112건으로 가장 많으며, 이중 사망사고는 1건, 부상사고는 88건, 물피사고는 23건으로 부상사고의 비율이 월등히 높다. 고정물체의 경우, 전체 28건 중, 물피사고가 14건으로 50%, 부상사고가 13건으로 46%를 차지해 물피사고의 비율이 높으며, 차로변경접촉과, 접촉사고도 후미추돌에 비해 물피사고의 비율이 높아 후미추돌에 비해 사고의 심각도가 낮다. 측면직각은 사망사고의 비율이 높아 심각도가 크다.

사고위치에 따른 사고는 횡단보도에서의 사고가 전체 19건 중 사망사고 3건, 부상사고 13건, 물피사고 3건으로 사고의 심각도가 높았다. 유입부의 경우, 사고건수는 많지만, 비교적 사망사고건수가 적어 심각도는 크지 않다.

계절(월별)에 따른 사고는 3월의 사고건수가 총 37건으로 가장 많다. 이중 사망사고가 2건, 부상사고가 20건, 물피사고가 15건으로 물피사고의 비율이 다른 달에 비해 높으며 6월의 경우도 총 17건 중 물피사고가 6건으로 높다. 전반적으로 여름과 겨울에는 사고건수에 비해 사망사고의 비율이 낮으며, 3월, 5월, 9월에는 사망사고의 비율이 높다.

시간대에 따른 사고는 야간 23시에서 24시까지의 물피사고의 비율이 가장 높으며, 7시부터 18시까지의 주간시간대에 물피사고의 비율이 타 시간대에 비해 높다. 또한 19시부터 22까지의 야간시간대에는 부상사고의 비율이 높다.

차종에 따른 사고는 승용차의 경우, 사고건수가 총

150건으로 가장 많으며, 이중 사망사고가 4건, 부상사고가 122건, 물피사고가 34건이다. 트럭(대)와 트럭(중)은 각각의 총 사고건수 8건과 20건 중 물피사고가 3건, 9건으로 물피사고의 비율이 높으며, 특히 트럭(대)는 2건이 사망사고로 사고의 심각도 또한 크다. 이륜차는 전체 17건 중, 사망사고 0건, 부상사고 13건, 물피사고 4건으로 부상비율이 높다.

운행상태에 따른 사고는 직진중의 사고건수가 총 199건으로 가장 많으며, 이중 사망사고가 7건, 부상사고가 154건, 물피사고가 38건으로 사망 및 부상사고의 비율이 높으며, 차로변경중 사고는 총사고건수 29건 중 물피사고가 13건으로 타 유형에 비해 사고의 심각도가 낮다.

### 2) 사고차종에 의한 분석

사고차종은 승용차, 택시, 버스, 이륜차, 트럭(소), 트럭(중), 트럭(대), 기타로 8가지로 구분하며, 이러한 차종이 사고당시의 사고유형, 위치, 운행상태 등과 상호 어떠한 관계가 있는지를 알아보았다.

사고원인에 따른 차종별 사고건수는 승용차의 경우, 안전운전불이행에 의한 사고가 85건으로 가장 많으며, 신호위반, 통행금지위반, 일시정지위반에 따른 사고가 전체 160건 중 22건으로 높으며, 음주운전도 21건으로 높다. 또한 트럭(소)와 이륜차의 경우, 다른 차종보다 음주운전으로 인한 사고가 많다.

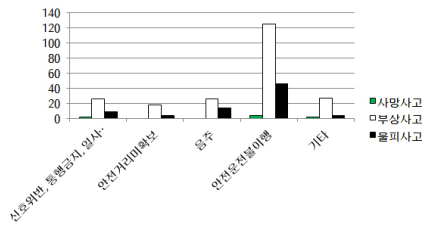
사고유형에 따른 차종별 사고건수는 트럭(소)와 트럭(중), 버스가 차대사람사고의 비율이 높으며, 택시의 경우, 다른 유형에 비해 후미추돌로 인한 사고비율이 상당히 높다.

사고위치에 따른 차종별 사고건수는 전반적으로 유입부의 사고가 많으며, 이륜차와 트럭(소), 트럭(중)은 교차로내의 사고비율이 높다. 전 차종에서 높은 유출부 사고에 있어, 택시는 전체 15건 중 1건, 트럭(중)은 전체 20건 중 1건으로 타 차종에 비해 낮다.

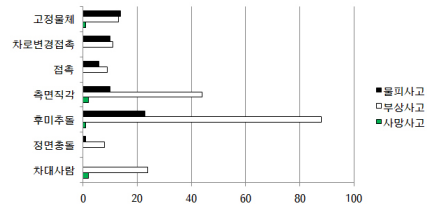
계절에 따른 차종별 사고건수는 승용차의 경우, 봄과 가을에, 택시는 겨울에 가장 많다. 버스와 트럭(소) 또한 겨울에 많으며, 트럭은 봄철 사고 비율이 높다.

운행상태에 따른 차종별 사고건수는 전 차종에 걸쳐 직진중의 사고가 가장 많으며, 택시, 버스, 이륜차, 트럭(대)는 다른 차종과 비교해 상대적으로 차로변경중 사고가 적다.

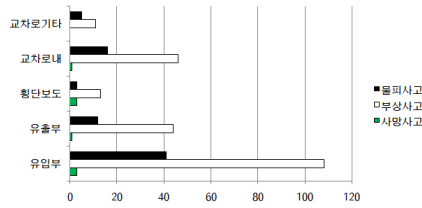
(단위 : 건)



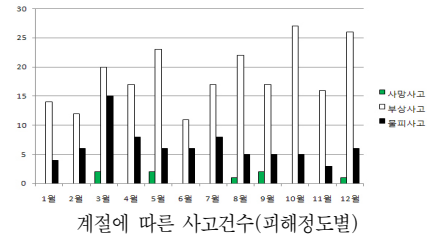
사고원인에 따른 사고건수(피해정도별)



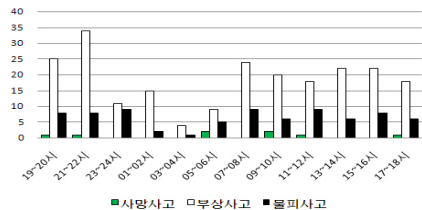
사고유형에 따른 사고건수(피해정도별)



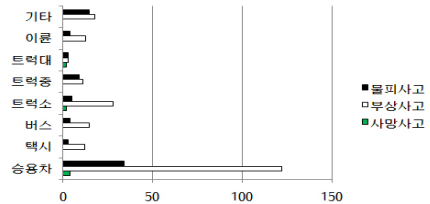
사고위치에 따른 사고건수(피해정도별)



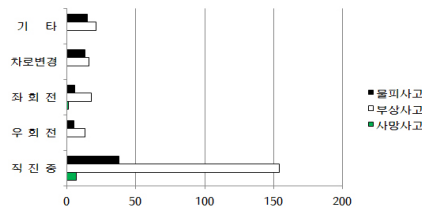
계절에 따른 사고건수(피해정도별)



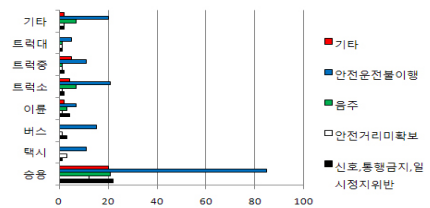
시간대에 따른 사고건수(피해정도별)



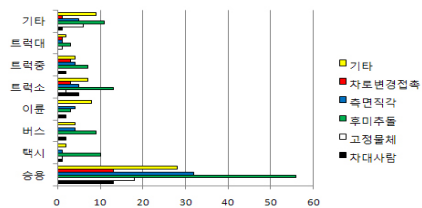
차종에 따른 사고건수(피해정도별)



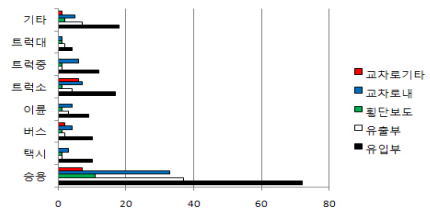
운행상태에 따른 사고건수(피해정도별)



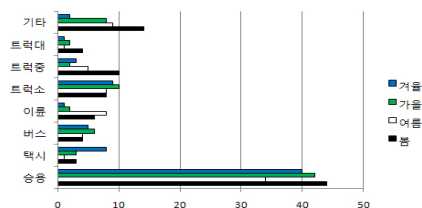
사고원인에 따른 사고건수(차종별)



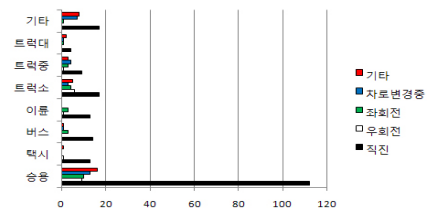
사고유형에 따른 사고건수(차종별)



사고위치에 따른 사고건수(차종별)



계절에 따른 사고건수(차종별)



운행상태에 따른 사고건수(차종별)

<그림 2> 유형별 사고건수

## IV. 분석틀의 설정

### 1. 자료수집 및 정리

본 연구의 분석 대상지는 청주·청원 지방부의 지방도급 이상(국도, 국지도, 시도, 지방도) 도로의 교차로 중 점별, 무신호교차로 및 운영특성이 다른 교차를 제외한 신호교차로로, 신호교차로 중 99%의 비율을 차지하는 3지와 4지 교차로를 대상으로 하였다. 조사대상 교차로는 전체 140개 교차로로, 이들 교차로의 사고자료와 사고에 영향을 미치는 요인들을 교통량, 도로조건, 교통운영조건, 주변환경조건 으로 분류하여 조사하였다.

조사 대상지역은 지방부 도로의 특성을 지니고 있는 청주시의 2차 외곽순환도로 밖의 지역과 청원군 전 지역을 대상으로 하였다. 본 연구의 목적이 청주·청원 지방부 전체 신호교차로의 사고모형을 개발하고 특성을 파악해 보는 것이기 때문에 사고발생교차로 97개소와 미발생교차로 43개소를 전수조사하여 미발생교차로의 교통, 기하구조, 주변환경 특성도 반영하였다.

모형의 개발과정에서 종속변수로 활용되는 사고자료는 충북지방경찰청의 교통사고관리시스템(TAMS)의 2005년 사고자료를 활용하였으며, 대상지역 전체 사고자료 중 신호교차로 상의 사고만을 추출하여 전체 사고자료로 재정리하였다. 사고에 영향을 미칠 것으로 판단된 요인들은 현장조사 및 2005년 도로교통량통계연보(건설교통부), 2005년 온라인구간 교통량 조사 및 교통신호 운영자료(청주시, 청원군)를 활용하여 수집하였다.

독립변수로 활용되는 교차로 기하구조 및, 토지이용, 신호체계, 교통량 등은 기존 관련문헌을 통하여 교차로 교통사고와 밀접한 관련이 있는 24개의 항목을 각 방향별로 세분화 하였으며, 현장조사를 통해 114개, 기타조사 76개, 총 190개 항목을 조사하였다.

현장조사는 사전연구를 통해 작성된 조사지에 관련내용을 기술하는 방법을 취했으며, 기타조사는 현장조사자료를 통해 가공될 수 있는 변수 즉, 연속방향 차로수차, 방향별 최대차로폭차, 연속방향 차로폭차, 교차로간 거리, 교차로면적, 교차각, 회전비율, 중차량비율 및 각 차로별 평균과 합계, 항목별 차이 등을 컴퓨터 프로그램(Excel) 및 인터넷지도를 활용하여 산출하였다.

## 2. 분석모형 설정

### 1) 독립변수 선정

현장조사 및 기타조사를 통해 수집된 190개의 변수 중 연속적이며, 선형적 특성이 있는 변수들을 1차 상관분석을 하여 종속변수와 연관성이 높은 15개를 선별하였으며, 이를 연속형 독립변수로 선정하였다. 범주형 변수는 직접적인 선형성 판단이 곤란하기 때문에 9개 변수 모두를 범주형 독립변수로 선정하였다.

〈표 2〉 연속형 독립변수

독립변수	기호	정의	단위
차로수 평균	$X_1$	각 접근로의 차로수 평균	개
평균차로폭차	$X_2$	각 접근로별 (1~n)차로폭 차이 평균	m
차로폭 합계	$X_3$	교차로 전체의 차로폭 합계	m
좌회전전용차로 합계	$X_4$	교차로내 좌회전전용차로 합계	개
우회전전용차로 합계	$X_5$	교차로내 우회전전용차로 합계	개
교통섬 합계	$X_6$	교차로내 교통섬 합계	개
횡단보도 합계	$X_7$	교차로내 횡단보도 합계	개
조명시설 합계	$X_8$	75m이내의 조명시설 합계	개
회전유도차선 합계	$X_9$	교차로내 회전유도차선 합계	개
현시수	$X_{10}$	교차로의 현시수	현시
교차로간 거리	$X_{11}$	인접교차로와의 거리(주도로)	Km
주도로폭	$X_{12}$	주도로 전체의 폭	m
교차로 면적	$X_{13}$	교차로의 면적	m <sup>2</sup>
전체 교통량 <sup>1)</sup>	$X_{14}$	교차로내 전체 교통량	대/일 pcu
중차량비	$X_{15}$	$\frac{\text{중차량교통량}}{\text{전체교통량}} \times 100$	%

### 2) 종속변수 선정

종속변수는 함수  $y=f(x)$ 에 있어서  $(x)$ 가 변화하는 데 따라 변화되는  $(y)$ 값으로써 독립변수의 변화에 따라 값이 결정되는 다른 변수를 의미한다. 본 연구는 사고유발요인들을 토대로 사고모형을 구축하기 때문에 사고관련변수를 종속변수로 사용하여 사고유발요인변수에 따른 사고관련변수의 변화를 예측한다.

본 연구에서는 사고관련 변수 즉, 종속변수를 두 가지로 선정하였다. 첫 번째는 교통사고건수이고, 두 번째는

1) 전체교통량 : (주간1시간교통량×12시간) + (주간1시간교통량×3×12시간/7)

대물피해환산법(EPDO)<sup>2)</sup>이다. 교통사고건수는 일반적으로 가장 많이 사용되기 때문에 추후 타 연구들과의 비교를 위해 선정하였으며, EPDO는 교통량과 관계없이 사고의 피해정도를 파악할 수 있기 때문에 선정하였다.

〈표 3〉 범주형 독립변수

독립변수	기호	정의	단위
중앙분리대 유무	$X_{16}$	중앙분리대의 유무	없음:0, 있음:1
유턴 유무	$X_{17}$	유턴가능 지점의 유무	없음:0, 있음:1
버스정류장 유무	$X_{18}$	버스정류장의 유무	없음:0, 있음:1
노상주정차 유무	$X_{19}$	노상주정차차량의 유무	없음:0, 있음:1
차량유출입구 유무	$X_{20}$	차량유출입구의 유무	없음:0, 있음:1
기하형태	$X_{21}$	주도로와 부도로의 교차형태	예각:0, 직각:1, 둔각:2
중단경사	$X_{22}$	교차로중심에서 접근도로의 경사	-2~2%
토지이용	$X_{23}$	인접지역의 토지이용	상:0, 상주:1, 상농:2, 주농:3, 농:4, 기타:5
회전시거제약 유무	$X_{24}$	회전시거제약물의 유무	없음:0, 있음:1

## V. 모형의 개발 및 검증

### 1. 변수간의 상관성 분석

교통사고모형을 개발하기 위해서는 변수들 간의 관련성 및 방향성의 정도를 파악해야 하며, 이를 토대로 변수들 간에 어떠한 관계가 있는지를 알아봐야 한다. 이러한 분석의 가장 일반적인 방법은 상관분석으로 연속형의 경우, pearson의 단순상관계수를 구하여 상관관계에 대한 검정을 하여 변수 간에 상관성을 측정한다. 따라서 이러한 상관 분석과정을 통해 변수들 간에 관련성 여부를 파악하였다.

변수간의 상관관계를 분석하기 위해 종속변수인 사고건수( $Y_1$ ), EPDO( $Y_2$ )와 연속형 독립변수( $X_1 \sim X_{15}$ )와의 상관관계를 분석하였다. 상관관계의 유의성은 신뢰수준을 90%( $\alpha = 0.1$ )로 하여 판단하였으며, pearson의 단순상관계수를 통해 변수간의 유의한 정도를 분석했다.

중앙분리대유무, 유턴유무, 버스정류장유무, 차량유출입구유무, 기하형태, 중단경사, 토지이용, 회전시거제약유무 등의 범주형 독립변수는 종속변수와의 상관성을 파악하

기 위해 교차분석을 실시하였으며, 연속형 종속변수인 사고건수( $Y_1$ ), EPDO( $Y_2$ )와 범주형인 독립변수( $X_{16} \sim X_{24}$ )들 간에 직접적인 교차분석이 불가능하기 때문에 사고자료를 사고유무(무:0, 유:1)로 변환하여 범주형 변수들과의 관련정도를 파악하였다. 유의한 정도는 pearson의 카이제곱값과 신뢰수준 90%( $\alpha = 0.1$ )로 하여 판단하였다.

〈표 4〉 변수간 상관분석 결과

독립변수	사고건수		EPDO	
	상관계수	p-value	상관계수	p-value
차로수 평균	0.174	0.039	0.134	0.115
평균차로폭차	0.313	0.000	0.271	0.001
좌회전전용차로 합계	0.253	0.003	0.224	0.008
우회전전용차로 합계	0.252	0.003	0.200	0.018
교통섬 합계	0.308	0.000	0.253	0.003
횡단보도 합계	0.354	0.000	0.300	0.000
조명시설 합계	0.213	0.012	0.197	0.019
회전유도차선 합계	0.224	0.008	0.135	0.111
현시수	0.221	0.009	0.247	0.003
교차로간 거리	0.183	0.030	0.173	0.041
주도로폭	0.205	0.015	0.190	0.025
교차로면적	0.197	0.020	0.173	0.041
전체교통량	0.177	0.037	0.134	0.113
중차량비	0.619	0.000	0.565	0.000

주 : pearson 상관계수

교차분석결과, 중앙분리대유무와 버스정류장유무의 경우, pearson의 카이제곱 값이 각각 3.158, 3.244이고 자유도가 1일 때 유의확률이 0.08이하로 유의수준 0.1에서 유의한 것으로 나타나 종속변수와 상호 관련이 있는 것으로 나타났다.

〈표 5〉 범주형 독립변수 교차분석 결과

구분	값	자유도	접근유의확률 (양측검정)
중앙분리대 유무	3.158	1	0.076
유턴 유무	0.248	1	0.618
버스정류장 유무	3.244	1	0.072
노상주정차 유무	0.234	1	0.629
차량유출입구 유무	0.019	1	0.891
기하형태	0.436	2	0.804
중단경사	3.728	5	0.589
토지이용	7.312	5	0.198
회전시거제약 유무	0.022	1	0.882

2) 대물피해환산 : 12×사망사고건수 + 3×부상사고건수 + 1×물피사고건수

하지만, 나머지 변수들은 유의확률이 크게 떨어져 종속변수와 관련이 없는 것으로 분석되었다. 따라서 유턴 유무와, 노상주정차유무, 차량유출입구유무, 기하형태, 종단경사, 토지이용, 회전시거제약유무를 독립변수에서 제외하였다.

## 2. 모형개발

본 연구는 청주·청원 지방부의 교차로 교통사고모형을 개발하기 위해 총 140개 교차로의 기하구조, 교통량, 신호체계, 토지이용 등을 조사하였고, 이를 통계 프로그램 상의 변수로 활용하기 위해 재구성하였으며, 이렇게 재구성된 자료들을 통계프로그램 SPSS 12.0과 LIMDEP (Limited Dependent Variables) ver 8.0을 이용하여 모형을 개발하였다. 개발 시 이용되는 모형은 다중선형회귀모형과 포아송 및 음이항회귀모형으로, 개발 대상을 지방부 교차로 전체로 하여 사고건수와 EPDO를 종속변수로 4개의 사고모형을 개발하였다.

### 1) 모형의 선정

종속변수인 사고건수와 EPDO가 정규성을 여부를 파악하여 선형 및 비선형 중 어떠한 특징을 갖는지 분석하기 위해 자료의 정규성을 파악할 수 있는 Kolmogorov-Smirnov 검증<sup>3)</sup>을 통해 사고건수와 사고율의 정규성을 분석하였다.

〈표 6〉 정규성 검정 결과

구분	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	통계량	자유도	유의 확률	통계량	자유도	유의 확률
사고건수	0.248	140	0.000	0.738	140	0.000
EPDO	0.240	140	0.000	0.713	140	0.000

주 : a. Lilliefors 유의확률 수정

Kolmogorov-Smirnov 검증결과, 사고건수와 EPDO 모두 95%의 유의수준 안에 유의적으로, 정규성을 따른다고 볼 수 없어 비선형적 특성이 있는 것으로 파악되었다.

위와 같이 종속변수인 사고자료가 정규성을 따르지 않았으며, 독립변수와의 선형적 유의관계를 파악하는 상

관분석 결과가 양호하기 때문에 선형성과 비선형성 중 하나의 특성을 가졌다고 보기 어렵다 판단하고, 선형성과 비선형성을 잘 반영하는 모형<sup>4)</sup>을 하나씩 선정하여 사고모형을 개발하였다.

### 2) 다중선형회귀모형

연속형 독립변수 15개와 범주형 독립변수 2개를 단계적 변수 증감법을 이용해 다중공선성 및 통계적 유의성이 검증되지 않은 독립변수들을 제거하여 모형을 구축하였다. 구축한 회귀모형에 사용된 독립변수들에 대해서는 p-value가 90% 신뢰수준에서 통계적으로 유의함을 판단하였다.

〈표 7〉 다중선형 모형개발 결과

모형	모형식	R <sup>2</sup>
사고건수	$Y_1 = -1.814 + 0.00016X_{14} + 0.679X_7 - 0.171X_{12} + 2.492X_2 + 0.255X_{11}$	0.515
EPDO	$Y_2 = -2.840 + 0.00042X_{14} + 1.348X_7 - 4.707X_1 + 6.844X_2 + 1.561X_5 + 0.694X_{11}$	0.460

〈표 계속〉

모형	관련변수	비표준화계수		표준화 계수	p-value
		B	표준 오차		
사고건수	상수항	-1.814	0.653	-	0.006
	전체 교통량 (X <sub>14</sub> )	0.00016	0.00002	0.668	0.000
	횡단보도 합계 (X <sub>7</sub> )	0.679	0.194	0.249	0.001
	주도로폭 (X <sub>12</sub> )	-0.171	0.048	-0.289	0.000
	평균차로폭차 (X <sub>2</sub> )	2.492	0.773	0.230	0.002
	교차로간 거리 (X <sub>11</sub> )	0.255	0.097	0.163	0.009
EPDO	상수항	-2.840	2.095	-	0.178
	전체 교통량 (X <sub>14</sub> )	0.00042	0.00009	0.592	0.000
	횡단보도 합계 (X <sub>7</sub> )	1.348	0.620	0.171	0.032
	차로수 평균 (X <sub>12</sub> )	-4.707	1.191	-0.354	0.000
	평균차로폭차 (X <sub>2</sub> )	6.844	2.399	0.218	0.005
	회전유도차선 (X <sub>5</sub> )	1.561	0.580	0.209	0.008
교차로간 거리 (X <sub>11</sub> )	0.694	0.299	0.153	0.022	

다중선형회귀모형 개발결과, 회귀선에 의해 설명되는 비율을 의미하는 결정계수 R<sup>2</sup> 값이 사고건수는 0.515, EPDO는 0.460으로 모형에 의한 설명력이 비교적 높았다. 사고건수와 EPDO 모두 종속변수에 대한 독립변수의 영향력을 나타내는 표준화계수가 전체교통량이 0.668과 0.592로 나타나 변수 중 가장 영향력이 컸다.

3) Kolmogorov-Sminov 검증은 관측치들의 분포가 특정한 이론적 분포(예:정규분포, 포아송분포)를 따르는지 조사하는 방법이다. 많은 모수 통계기법은 주어진 자료가 정규분포를 따른다는 것을 가정으로 하며, Kolmogorov-Smimov 검증은 이러한 가정을 검증하는데 유용하게 이용될 수 있다.(이학식, 2001)

4) 선형 : 다중선형회귀모형, 비선형 : 포아송 및 음이항회귀모형



〈표 8〉 포아송 및 음이항회귀모형 개발결과

교통사고건수					EPDO						
포아송회귀식*			음이항회귀식			포아송회귀식			음이항회귀식*		
계수	p-value		계수	p-value		계수	p-value		계수	p-value	
상수	-1.461	0.000	상수	-1.489	0.000	상수	-	-	상수	-	-
$X_2$	0.742	0.000	$X_2$	0.796	0.002	$X_2$	0.679	0.000	$X_2$	0.808	0.042
$X_7$	0.273	0.000	$X_7$	0.285	0.000	$X_7$	0.299	0.000	$X_7$	0.353	0.001
$X_{12}$	-0.062	0.000	$X_{12}$	-0.066	0.001	$X_{12}$	-0.066	0.000	$X_{12}$	-0.072	0.004
$X_{14}$	0.000078	0.000	$X_{14}$	0.00008	0.000	$X_{14}$	0.00008	0.000	$X_{14}$	0.00008	0.000
						$X_{15}$	-0.011	0.001	$X_{15}$	-0.017	0.030
-	-		$\alpha$	0.118	0.076	-	-	-	$\alpha$	0.928	0.000
$\rho^2=0.354$			$\rho^2=0.012$			$\rho^2=0.400$			$\rho^2=0.294$		

주 : \*는 채택된 모형을 의미함

3) 포아송 및 음이항회귀모형

포아송 회귀모형과 음이항 회귀모형은 종속변수인 사고자료의 과분산 정도에 따라 선별되어 사용된다. 사고자료의 과분산 정도를 나타내는 과분산계수( $\alpha$ )값이 0에 가까우면 포아송회귀모형이 적합하며, 0에 가깝지 않으면, 음이항회귀모형을 사용하는 것이 바람직하다.5) 과분산계수( $\alpha$ )가 0에 가까울수록 포아송과 음이항모형의 각 변수별 계수와 p-value가 근접하기 때문에 0에 근접함의 여부에 따라 적용할 모형을 선택한다. 따라서 본 연구는 과분산계수( $\alpha$ )값 0.12를 기준으로 포아송모형과 음이항모형의 선택여부를 판단하였다.

교통사고건수 모형은 과분산계수( $\alpha$ )값이 0.118로 0에 가깝기 때문에 포아송회귀모형을 채택하였으며, 모형의 설명력을 나타내는  $\rho^2$  값이 0.354로 통계적으로 설명력 높은 모형이 개발되었다. 변수들의 p-value는 신뢰수준 90%( $\alpha=0.10$ ) 기준에 유의했다.

EPDO 모형은 과분산계수( $\alpha$ )값이 0.928로 선정기준 0.12 이상이기 때문에 음이항회귀모형을 채택하였으며,  $\rho^2$  값이 0.294로 교통사고건수 모형보다는 다소 낮지만 통계적으로 설명력 높은 모형이 개발되었다. 변수들의 p-value는 신뢰수준 90%( $\alpha=0.10$ ) 기준에 유의했다. 하지만 상수항의 유의확률은 신뢰수준을 벗어났기 때문에 모형에서 제거하였다.

3. 결과분석

전체교통량, 평균차로폭차, 횡단보도합계는 4개 모형

에 공통적으로 채택되어 지방부의 교통사고에 있어 가장 영향력이 높은 변수들로 파악되었으며, 이 변수들이 증가할수록 사고가 많이 발생하는 것으로 나타나 사고와의 관계를 알 수 있었다. 또한 주도로폭은 다중선형의 EPDO 모형만 제외하고 모든 모형에서 채택되어 앞선 세 변수 외에 가장 사고에 미치는 영향이 컸고, 그밖에 교차로간 거리합계, 중차량비, 회전유도차선합계, 차로수평균이 변수로 채택되었다. 여기서, 중요한 점은 한 접근로 내에 각 차로의 차로폭 차이가 사고와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타나 일정치 않은 차로폭이 지방부에서 사고를 유발시키는 특징적인 변수임이 증명되었으며, 교차로간거리 또한 도시부보다 먼 지방부의 교차로간 거리를 반영한 변수로, 거리가 멀어짐에 따라 주행속도가 높아져 사고의 발생확률이 높아지는 일반적인 원리를 잘 나타내고 있는 것으로 판단된다. 사고건수와 EPDO모형에서 각각 채택된 변수가 대체적으로 동일했지만, 다중선형의 EPDO모형에 회전유도차선합과 차로수평균이 추가적으로 채택되어

〈표 9〉 모형별 채택변수

다중선형회귀모형		포아송 및 음이항회귀모형	
사고건수	EPDO	사고건수(포아송)	EPDO(음이항)
횡단보도 합계	횡단보도 합계	횡단보도 합계	횡단보도 합계
전체 교통량	전체 교통량	전체 교통량	전체 교통량
평균차로폭차	평균차로폭차	평균차로폭차	평균차로폭차
주도로폭	-	주도로폭	주도로폭
교차로간 거리	교차로간 거리	중차량비	중차량비
-	회전유도차선	-	-
-	차로수 평균	-	-

5) 이기영, 이용택(2004), 확률회귀모형을 이용한 고속도로의 사고요인 분석, 도로교통, 제94호, pp.51~64.

이들 변수가 사고심각도에 어느 정도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

#### 4. 모형의 검증

모형의 검증은 실제치와 회귀식에 적용된 예측치 간의 상호 비교를 통해 모형의 적합성을 검증하며 이를 위해 대응표본 t-검정을 활용하였다. 본 연구의 검증 결과는 <표 10>, <그림 3>과 같다.

대응표본 t-검정 결과, 다중선형, 포아송 및 음이항모형은 t값이 절대값 0.3이상, 유의확률이 0.4이상으로 나타나 실제치와 예측치가 차이가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 분석되었다.

<표 10> 대응표본 t-검정 결과

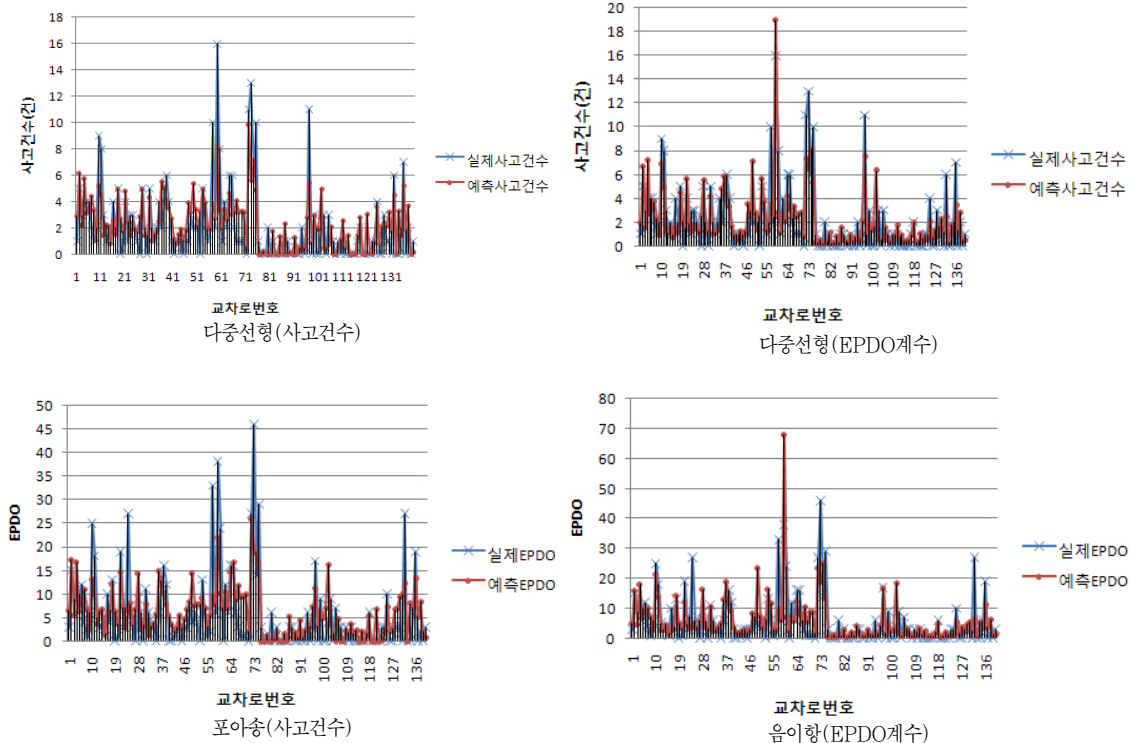
구분		상관계수	t	유의확률 (양쪽)
다중 선형	사고건수	0.727	-0.690	0.491
	EPDO	0.696	-0.724	0.470
포아송 음이항	사고건수	0.777	0.694	0.925
	EPDO	0.666	-0.390	0.697

또한 유의수준 0.05에서 멀어질수록 차이가 없다고 가정할 때, 사고건수와 EPDO 모두 포아송 및 음이항 사고건수 모형이 설명력이 높은 것으로 분석되었다.

#### Ⅵ. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 도시부 교차로와는 통행특성 및 도로여건이 다른 지방부 교차로의 사고요인의 특징을 파악하기 위해 지방도급 이상의 지방부 신호교차로 전체를 다양한 조건을 통해 사고특성을 분석하였다. 또한 다중선형과 포아송 및 음이항회귀식의 사고모형을 개발함으로써, 지방부 사고에 영향을 미치는 특정요인과 모형별 차이점을 파악하였다.

사고특성분석 결과, 교차로 전체의 사고는 월별로 3월, 시간대별 21시에서 23시, 위치별 유입부, 원인별 안전운전불이행, 진행상태별 직진중, 차종별 승용차에 의한 사고가 가장 많았다. 사고피해정도 및 차종에 따라 사고당시의 사고유형, 위치, 진행상태 등의 다양한 조건을 통해 분석한 결과, 각 조건에 대한 세부적인 특징들이 나타났다.



<그림 3> 실제치와 예측치 간의 비교

모형개발 결과, 전체 교차로 다중선형모형의  $R^2$  값이 0.515, 0.460이었으며, 포아송 및 음이모형의  $\rho^2$  값은 0.354, 0.294로 통계적으로 설명력 높은 모형이 개발되었다. 또한 대응표본 t-검정을 활용한 모형검증을 통해서 4개 모형 모두 95%의 신뢰수준을 크게 벗어나 실제치와 예측치 간에 차이가 있다는 귀무가설을 기각하였다.

모형개발시 채택된 변수를 보면, 전체교통량, 평균차로폭차, 횡단보도합계는 4개 모형에 공통적으로 채택되어 지방부의 교통사고에 있어 가장 영향력이 높은 변수들로 파악되었으며, 그밖에 주도로폭, 교차로간거리합계, 중차량비, 회전유도차선합계, 차로수평균이 변수로 채택되었다. 특히, 변수 중에서 평균차로폭차와 교차로간거리는 지방부의 특성을 반영하는 변수로 평균차로폭차는 도로운영적요인, 교차로간 거리는 토지이용 및 주변환경요인을 대변하는 것으로 판단된다.

그러나 TAMS의 자료는 태생적 문제점을 안고 있다. 즉 사고에 큰 영향을 미치는 보행교통량, 황색신호시간 등이 여기에 저장되어 있지 않다. 이러한 자료들이 보완된다면, 훨씬 더 다양한 사고의 분석이 가능할 것으로 판단된다. 향후 연구과제는 다음과 같다. 첫째, 신호연동체계를 추가하여 인접 교차로와의 연동관계가 사고발생에 미치는 영향을 파악할 필요가 있다. 둘째, 신호교차로 외에도 지방부에서 많은 비중을 차지하는 점멸신호교차로 및 비신호교차로의 사고에 관한 추가적인 연구가 필요하다. 셋째, 2005년 한 해 동안의 자료만을 사용했기 때문에 다년간의 자료 확보를 통해 교통사고의 특성분석 및 사고모형의 신뢰도를 높여야 한다. 마지막으로 도시부와 지방부, 3지와 4지, 주·야간 등 추가적인 자료를 활용한 미시적이고 심도 있는 연구과정을 거쳐 보다 전문적인 사고모형 연구로 발전시킬 필요가 있다.

**참고문헌**

1. 강민욱·도철웅·손봉수(2002), “고속도로 평면선형상 사고빈도분포 추정을 통한 음이항회귀모형 개발 (기하구조요인을 중심으로)”, 대한교통학회지, 제20권 제7호, 대한교통학회, pp.197~204.
2. 강승림(2003), “고속도로 선형조건과 GIS기반 교통사고위험도지수 분석”, 서울대학교 박사학위논문.
3. 김효중(1997), “교통사고 유형에 미치는 영향요인 분석에 관한 연구”, 전남대학교 박사학위논문.

4. 남궁헌(2001), “신호교차로 교통사고 예측모형의 개발 및 적용”, 전남대학교 대학원 석사학위 논문.
5. 류승욱(2005), “고속도로 교차점의 기하구조와 교통사고의 관계설정 및 모형분석”, 충북대학교 박사학위논문.
6. 박병호(1995), “충청권의 교통사고 예측모형 개발에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제13권 제1호, 대한교통학회, pp.63~82.
7. 박병호·류승욱(2006), “위험한 고속도로 교차점 및 연결로의 규명”, 한국지역개발학회논문집, 한국지역개발학회, 제18권 제2호, pp.23~42.
8. 박정순·김태영·유두선(2007), “도로환경요인과 교통사고의 상관분석 및 사고추정모형 개발 (청주시 4지 신호교차로를 중심으로)”, 대한교통학회지, 제25권 제2호, 대한교통학회, pp.63~72.
9. 성낙문(2001), “교통사고예측모델을 이용한 도로의 안전도 평가방법 연구”, 교통개발연구원.
10. 오주택·성낙문·하오근(2005), “국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형개발”, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제25권 제1호 pp.9~15.
11. 이두희(2005), “횡단보도 보행자의 동태적 행위관련 안전예측모형 개발”, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제25권 제3호 pp.439~445.
12. 이수범·김정현·홍다희·유창남(2003), “도로등급 및 특성에 따른 교통사고예측모형개발”, 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제23권 제4호, pp.133~144.
13. 최재성·원재무(2001), 교통공학(개정판), pp.578~580.
14. 하태준·강정규·박제진(2001), “신호교차로 교통사고 예측모형의 개발 및 적용 (광주광역시 4-지 신호교차로를 중심으로)”, 대한교통학회지, 제19권 제6호, 대한교통학회, pp.207~218.
15. 홍정열(2002), “신호교차로에서의 사고 예측모델개발 및 위험수준결정 연구”, 한양대학교 석사학위논문.
16. 도로교통안전관리공단(2005), 2004년도 청주시 전자교통신호체계 운영자료 및 교통량조사자료.
17. Abdel-Aty, M. Abdelwahab, H(2004), “Modeling Rear-end Collision including the Role of Driver’s Visibility and Light Truck Vehicles using a Nested Logit Structure”, AAP 36, pp.447~456.
18. Hoong Chor Chin·Mohammed Abdul Quddus (2003), “Applying the random effect negative

- binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections”, accident analysis & prevention 35 pp.253~259.
19. Mohamed Abdel-Aty etc(2006), “Crash Estimation at signalized intersections along corridors: analyzing spatial effect and identifying significant factors”, TRB 06-1420.
20. Ping Yi · Yingcai Xiao(2001), “Rule-Based Model For Traffic Accident Visuallization and Analysis”, Journal of Computing in Civil Engineering.
21. Xuedong Yan · Essam Radwan · Mohamed Abdel -Aty(2005), “Characteristics of rear-end accidents at signalized intersections using multiple logistic regression model”, accident analysis & prevention 37, pp.35~46.

✿ 주 작성자 : 박병호

✿ 교신저자 : 박병호

✿ 논문투고일 : 2007. 11. 10

✿ 논문심사일 : 2008. 2. 3 (1차)  
2008. 3. 10 (2차)

✿ 심사판정일 : 2008. 3. 10

✿ 반론접수기한 : 2008. 8. 31

✿ 3인 익명 심사필

✿ 1인 abstract 교정필