

■ 論 文 ■

비신호교차로의 교통사고 분석 (청주시를 사례로)

Analysis of Traffic Accidents at Unsignalized Intersections in case of Cheongju

박 병 호

(충북대학교 도시공학과 교수)

김 희 식

(충북대학교 산업대학원)

임 민 희

(충북대학교 도시공학과 석사과정)

박 상 혁

(충북대학교 도시공학과 석사과정)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 내용 및 방법
 - II. 기존문헌고찰
 - 1. 국내 연구동향
 - 2. 국외 연구동향
 - 3. 기존 연구와의 차별성
 - III. 분석 방법 설정
 - 1. 자료수집 및 분석
 - 2. 변수의 설정
 - 3. 분석과정의 설정
 - IV. 비신호교차로 사고특성 분석
 - 1. 사고특성 분석
 - 2. 사고예측모형 개발 및 분석
 - V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 비신호교차로, 다중선형, 비선형회귀, 교통사고, EPDO 사고율
 Unsignalized Intersections, Multiple Linear, Nonlinear Regression, Traffic Accident, EPDO Accident Rate

요 약

본 연구는 청주시 비신호교차로의 교통사고를 다루고 있다. 연구의 목적은 비신호교차로의 도로환경요인이 교통사고에 미치는 영향과 사고특성을 분석하는 것이다. 청주시의 3지와 4지 비신호교차로를 대상으로 상관분석을 시행한 결과, 3지의 경우에는 교통량과 시거요인, 그리고 4지는 교차각, 최대중단경사와 시거요인이 교통사고와의 상관관계가 높게 나타나고 있다. 또한 다중선형과 다중비선형 회귀분석 결과, 3지의 경우 교통량과 이중정지선의 수가 증가할수록 사고가 증가하며, 4지의 경우 교차각이 90°에 가까워질수록 사고가 감소하고, 최대중단경사가 높을수록 사고가 많이 발생한다. 이와 같은 분석결과는 청주시의 장래 교차로 개선사업에 중요한 단서를 제공하게 될 것으로 기대된다.

This study deals with the traffic accidents at the unsignalized intersections in Cheongju. The purpose is to analyze the characters and the relations between road environmental factors and traffic accidents. The correlation analyses among the above factors show that the accidents are strongly related to traffic volumes and sight distances in 3-legged, and the cross angles, maximum vertical grades and sight distances in 4-legged unsignalized intersections. Also the multiple linear and nonlinear regression analyses represent that the accidents in the 3-legged increase as the traffic volume and the number of double stop-lines increase, and that the accidents in the 4-legged increase as the cross angle approaches to the 90 degree and decrease as the maximum vertical grade increases. It could be expected that this results give the good implications to the future intersection improvement projects in Cheongju.

이 논문은 2006년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비에 의하여 연구되었음.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

교통사고라 함은 운행 중이던 자동차나 기차 따위가 사람을 치거나 다른 교통 기관과 충돌하는 따위 교통상의 모든 사고를 말하는데 보통은 도로위의 자동차 사고를 말할 정도로 자동차 사고가 많다.

우리나라의 경우에는 교통안전에 대한 인식은 부족한 반면에 나날이 증가하는 자동차의 보급으로 인하여 교통사고의 발생건수 또한 급증하고 있어 사회의 심각한 문제가 되고 있다.

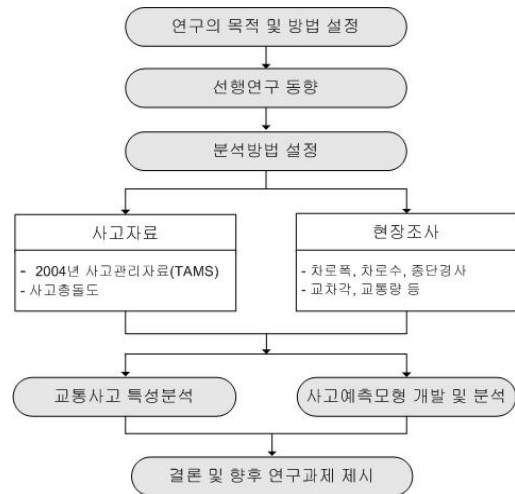
2004년 한 해 우리나라에서 발생한 총 교통사고는 220,775건이며, 교차로 교통사고는 25.9%인 57,268건이 발생했다. 같은 해에 청주시에서는 총 3,115건이 발생하였으며, 그 중 교차로의 사고가 1,596건(51.2%)이며, 나머지 1,519건(48.8%)은 단일로와 기타 도로에서 발생했다.¹⁾

청주시 교통사고의 많은 부분을 차지하고 있는 교차로 사고 중 비신호교차로의 사고는 전체 교차로 사고의 12.2%인 118건이다. 이는 신호교차로 사고에 비해 다소 적은 사고건수이지만 전체 교차로에서 비신호교차로가 차지하는 비율로 보면 결코 무시할 수 없는 수치이다. 더구나 우리나라는 비신호운영의 통행우선권 개념이 설정되어 있지 않기 때문에 비신호교차로의 안전대책이 매우 중요함을 알 수 있다.

본 연구는 도로환경요인이 청주시 비신호교차로 교통사고에 미치는 영향과 사고특성을 분석하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 비신호교차로의 사고특성을 분석하고 다중선형회귀분석 및 다중비선형회귀분석을 통하여 사고 예측모형을 개발하고자 한다. 이를 통해 청주시 비신호교차로의 안전성을 향상시키고, 나아가 우리나라 전체 비신호교차로의 안전성 향상에 기여하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 청주시의 교차로 중 3지와 4지 비신호교차로를 대상으로 하였으며, 각 교차로는 주도로가 양방향 4차로 이상이고 부도로가 양방향 2차로 이상인 도로를



〈그림 1〉 연구수행도

연구의 공간적 범위로 설정하였다.

연구에서 활용된 자료는 2004년 충북지방경찰청에서 수집한 청주시 교통사고관리자료(TAMS²⁾)를 근거로 하였으며, 도로의 기하구조 및 교통량은 현장조사를 통한 실측자료를 이용하였다.

교통사고 자료와 조사된 기하구조 및 교통량 자료는 본 연구의 분석에 용이하도록 엑셀을 이용하여 재정리하였으며, 모형개발과 상관분석을 위한 통계처리는 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하였다.

II. 기존 문헌 고찰

국내에서 신호교차로에 관한 연구는 활발히 이루어지고 있는 반면에 비신호교차로 특히, 사고특성분석 및 사고 예측모형 개발에 관한 연구는 현재까지 미비한 실정이며, 외국의 경우도 국내와 마찬가지로 신호교차로에 대한 연구에 비해 비신호교차로에 대한 연구는 다소 부족한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 비신호교차로에 관련된 연구와 함께 신호교차로에 관한 선행연구의 일부를 검토한다.

1. 국내 연구동향

국내의 비신호교차로에 관한 연구는 사고특성보다는 운영특성에 중점을 두어 연구되어졌다.

1) 박정순 외 2명(2007), "도로환경요인과 교통사고의 상관분석 및 사고추정모형개발", 대한교통학회, 제25권 제2호, p.64
 2) 교통사고관리자료 (TAMS : Traffic Accident Management System)

박용진(1994)은 신개발 주거지역 내의 비신호교차로의 운영특성을 분석하고, 회귀분석을 통해 교차로 통과 속도에 영향을 미치는 상충방향의 영향을 분석하여, 보다 실질적인 비신호교차로 운영방안을 제시하였다.

문영준(2001)은 현행 비신호교차로의 운영실태, 교통사고, 운전자 형태 및 문제점을 조사·분석하고, 다음으로 비신호교차로 전방향정지제어(AWSC : All-Way Stop Controlled) 도입을 위한 교통량, 운영체계, 지체도 및 안전도 측면에서의 교통 모형 및 효과적도를 분석하여 전방향 정지제어 지능화 시스템 도입방안을 제시하였다.

고동석(2003)은 우리나라 비신호교차로 가운데 미국의 도로용량편람(HCM: Highway Capacity Manual)과 양방향정지제어(TWSC: Two-Way Stop Controlled) 교차로에 대한 분석 방법이 적용가능하다고 판단되는 비신호교차로를 대상으로 임계간격과 추종시간의 기준을 분석하였다.

이슬기 등(2003)은 최근 유용성이 입증된 AASHTO의 시거 모형(2001)과 임계간격을 활용하여 우리나라 도시지역의 비신호교차로에 적합한 교차로 시거를 산정하고, AASHTO와의 비교를 통해 우리나라 비신호교차로의 시거산정 기준을 판단하였다.

임윤택(1992)은 도로의 상류부 특성을 고려하여 도로의 기하구조가 도로 교통사고에 미치는 영향을 사고 자료를 활용하여 모형을 개발하였고, 이를 근거로 도로의 설계시 안전성을 제고하는 기법의 개발에 기여하였다. 곡률, 평균곡선반경, 큰/작은 곡선반경의 비(R/r)의 각 세 가지 선형특성과 교통량을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 통해 세 가지 선형특성별 사망사고 예측모형을 개발하였다.

김홍상(1998)은 교차로의 유형별로 몇 개의 그룹으로 분류 및 집단화하여 교통사고의 특성 분석을 하였다. 통계 프로그램인 SAS를 이용하였으며, t-검정, 상관 분석, 회귀분석, 군집분석과 MEV(million entering vehicle)당 사고율을 이용하여 4차선 이상 국도상 교차로에서 기존에 발생한 사고를 다각적으로 분석하였다.

백승걸 등(2005)은 개별 기종점 쌍간의 통행길이 분포를 이용하여 공간적·시간적으로 변화하는 운전자의 심리적·생리적 인적요인을 고려하여 보다 현실적으로 교통사고 발생율을 예측하기 위해 사고분석 변수로 구간 교통량에 대한 사고위험교통량의 비율인 잠재사고비율이라는 새로운 개념을 제시하였다.

홍정열·도철웅(2002)은 신호교차로의 도로조건, 교통조건, 교통운영조건 등을 분석하여 안전성에 방해가 되는 요소들을 찾아내고, 그 요소들과 사고와의 상관관

계를 이용하여 각 교차로의 안전을 평가할 수 있는 사고 예측모형을 개발하였다.

최재원 등(2004)은 기존의 사고자료를 이용하여 사고 발생에 기인하는 여러 변수들을 교통사고심각도와와의 상관관계를 분석하고, 상관관계가 높은 변수를 이용하여 신경망 사고심각도 예측모형을 개발하였다. 또한 모형의 검증에 위한 다중회귀 사고심각도 예측모형을 개발하여 비교·분석하였다.

김장욱 등(2006)은 전북권에서 교통사고가 가장 많고, 치사율이 가장 높은 국도 17호선(전주~남원)을 대상으로 교통사고의 원인이 되는 다양한 요인들이 교통사고에 어느 정도 영향을 미치고 있는지에 대하여 교통안전분야에서 자주 사용되어오던 다중회귀이론과 수량화이론을 적용하여 교통사고예측모형을 구축하였다.

하태준 등(2001)은 광주광역시 4지 신호교차로 73개소에서 발생한 교통사고자료를 바탕으로 단순통계분석과 교차분석 및 다중회귀분석을 사용하여 교통사고 예측모형을 도출하였다. 또한 예측모형을 이용하여 전라남도 4지 신호교차로에 대한 교통사고 잦은 지점으로 선정된 30개소를 선택하여 모형을 검증하였다.

2. 국외 연구동향

Abishai(2003)의 연구는 정지표지판 설치가 양보표지판 설치와 비교하여 사고율에 있어서 어떤 차이가 있으며, 교통통제의 수준을 높이는 것이 교통안전에 도움을 주는 지에 대해 연구하였다.

Andrzej 등(1995)의 연구는 신호 횡단보도에서의 보행자 안전에 관한 연구로써, 보행자 사고에 대한 예측 모형의 개발과 사고예측에 있어서 분석의 접근방법에 대해 제시하고 있다. 정규화된 회귀모형식의 형태를 따르는 포아송 분포 모형식을 사용하였으며, 모형의 검증은 MDR(the mean deviance ratio)를 이용하였다.

Arndt 등(2005)의 연구에서는 호주의 퀸즈랜드의 206개 비신호교차로를 표본으로 하여 사고율에 있어서 도로의 기하구조, 교통량, 그리고 다른 요인들이 어떠한 영향을 주는지에 대해 조사하였다.

Hoong Chor(2003)은 교차로에 영향을 미치는 요소를 확인하기 위한 RENB(random effect negative binomial)모형을 사용하였고, 싱가포르 신호교차로의 교통과 제어 특성들과 사고발생과 기하구조 사이의 관계를 파악하였다. 또한 RENB모형의 검증에는 로그 우도비

지표(ρ^2 : ratio of log-likelihood index)와 로그 우도 R^2 비(R^2_L : ratio of log-likelihood R^2)를 이용하였다.

Xuedong 등(2005)은 후미추돌사고와 운전자 특성, 도로환경 및 차량 유형으로 구분된 일련의 잠재적인 사고 요인과의 관계를 조사하여 설명하였고, 분석방법에는 Quasi-induced exposure technique와 다항로지스틱 회귀모형(multiple logistic regression model)을 사용하였다. 모형의 검증에는 p-value(0.01)와 Wald χ^2 을 이용하였다.

NCHRP REPORT 500에서는 비신호교차로의 문제점을 살펴보고, 기하구조 설계의 개선을 통한 교차로 교통사고의 심각도와 빈도를 감소시키기 위한 방안과 비신호교차로의 관리 개선방안 및 비신호교차로의 시거 개선 방안 등의 다양한 전략을 제시하였다.

3. 기존 연구와의 차별성

선행된 연구들의 대부분은 신호 교차로의 경우 사고특성과 사고예측모형 개발에 관한 연구들이 대부분이지만, 비신호교차로에 관한 연구는 사고특성과 사고예측모형 개발보다는 운영적 특성에 관한 연구들이 주를 이루었다.

이에 본 연구는 비신호교차로의 운영적 특성보다는 청주시 비신호교차로의 사고 자료와 기하구조 자료를 바탕으로 사고에 영향을 미치는 많은 도로환경요인들을 찾고, 사고예측모형을 개발하여 비신호교차로의 교통사고를 분석하고자 한다.

특히 이 연구는 종속변수로 사고건수(빈도), 백만진입 차량당 사고율(MEV), 대물피해사고 환산법(EPDO) 및 백만진입 차량당 EPDO사고율이라는 4가지 변수를 활용하고 있다는 점도 기존 연구와 차별된다고 할 수 있다.

III. 분석 방법 설정

1. 자료수집 및 분석

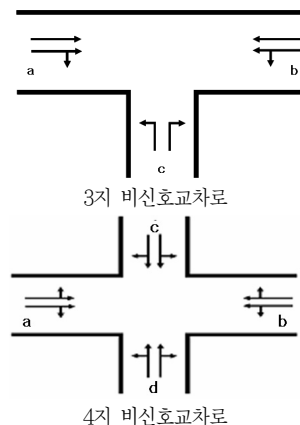
사고 자료는 충청지방경찰청의 2004 교통사고관리자료(TAMS)를 이용하였고, 기하구조 및 도로환경 요인은 현장조사를 통하여 실측하였다. 또한 조사 대상지의 접근로별로 현장을 사진촬영 하여 전체적인 교차로의 상황을 파악하였다.

수집된 자료들은 분석에 용이하도록 재정리 하였으며, 접근로는 <그림 2>와 같이 구분하였고, 대상지역은 <표 1>과 같이 설정하였다.

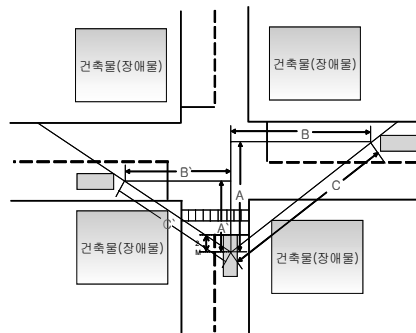
교차로 시거는 안전하게 교차로를 운영하기 위한 기본적인 요소 중의 하나임에도 불구하고 외국선진국에 비하여 우리나라에서는 아직까지 이에 대한 체계적인 연구

<표 1> 대상지역의 설정

3지 비신호교차로	
개소	<ul style="list-style-type: none"> 3지 비신호교차로 : 총 78개소 대상지역 : 30개소 (사고지역 : 6개소, 무사고 지역 : 24개소) (random)
범위	<ul style="list-style-type: none"> 주도로의 차로수가 4차로 이상인 도로 부도로의 차로수가 2차로 이상인 도로
4지 비신호교차로	
개소	<ul style="list-style-type: none"> 4지 비신호교차로 : 총 60개소 대상지역 : 30개소 (사고지역 : 15개소, 무사고 지역 : 15개소) (random)
범위	<ul style="list-style-type: none"> 주도로의 차로수가 4차로 이상인 도로 부도로의 차로수가 2차로 이상인 도로



<그림 2> 접근로의 설정



<그림 3> 시거의 측정 방법

경험이 부족한 실정이다³⁾. 따라서 본 연구에서는 시거 측정 방법을 <그림 3>과 같이 재설정 하여 측정하였으며, 부도로의 시거는 부도로에서 측정된 C'(우)값과 C'(좌)값을 의미하며, 최장시거는 접근로별 측정된 시거 값 중 가장 긴 시거의 값을 의미한다.

2. 변수의 선정

1) 독립변수 선정

3지와 4지 비신호교차로에서 발생한 사고와 관련이 있을 것으로 판단되는 독립변수는 <표 2>와 <표 3>과 같다.

<표 2> 3지 비신호교차로 독립변수

번호	독립변수	기호	정의	평균	범위
1	교차각	X ₁	접근로 교차로가 이루는 교차각 (°)	79.06	34~90
2	일평균 교통량 (ADT)	X ₂	침투시간 교통량*일평균 보정계수(=13.9) ⁴⁾	16308	3380~36118
3	이중 정지선	X ₃	이중정지선 수의 합(개)	0.30	0~3
4	부도로 시거 (좌)	X ₄	부도로의 좌측시거 (m)	57.26	21.3~180
5	부도로 시거 (우)	X ₅	부도로의 우측시거 (m)	65.77	21.6~180
6	최장시거 (좌)	X ₆	접근로별 시거 중 가장 긴 좌측시거 (m)	84.07	21.3~180
7	최장시거 (우)	X ₇	접근로별 시거 중 가장 긴 우측시거 (m)	75.76	21.8~180
8	횡단거리 (주도로)	X ₈	주도로 a/b의 정지선부터 정지선까지의 거리 (m)	29.05	17~51
9	제한속도 차이	X ₉	주도로와 부도로의 제한속도의 차이 (kph)	2.66	0~20
10	최대 종단경사	X ₁₀	접근로별 경사(상향, 하향) 중 최대종단경사 (%)	0.60	0~6

<표 3> 4지 비신호교차로 독립변수

번호	독립변수	기호	정의	평균	범위
1	교차각	X ₁	접근로 교차로가 이루는 교차각 (°)	82.76	19~90
2	일평균 교통량 (ADT)	X ₂	침투시간 교통량*일평균 보정계수(=13.9)	6436	4337~29273.00
3	횡단보도 수	X ₃	횡단보도의 수 (개수)	2.56	0~4
4	교차로 면적	X ₄	횡단보도를 포함한 교차로 면적 (m ²)	947.58	345~2304

5	최대종단경사	X ₅	접근로별 경사 (상향, 하향) 중 최대종단경사 (%)	0.58	0~5
6	최장시거 (좌)	X ₆	접근로별 시거 중 가장 긴 좌측시거(m)	82.50	26.7~180
7	최장시거 (우)	X ₇	접근로별 시거 중 가장 긴 우측시거(m)	80.03	32.9~180
8	최대 차로폭	X ₈	접근로 차로폭 중 가장 큰 차로폭(m)	3.92	3~4.8
9	횡단거리 (주도로)	X ₉	주도로 a/b의 정지선부터 정지선까지의 거리(m)	30.00	15~48
10	제한속도 차이	X ₁₀	접근로별 제한속도의 차이 (kph)	6.66	0~20
11	정류장 개수	X ₁₁	접근로별 정류장의 개수의 합 (개수)	0.30	0~2

2) 종속변수 선정

종속변수는 사고건수(빈도), 백만진입차량당 사고율 (MEV), 대물피해사고 환산법 (EPDO), 백만진입 차량당 EPDO사고율을 선정하였으며, 그 내용은 <표 4>와 같다.

<표 4> 선정된 종속변수(3지)

번호	종속 변수	기호	정의	평균	범위
1	총 사고 건수	Y ₁	교차로에서 발생한 교통사고 건수 (빈도)	0.76	0~8
2	사고율 (MEV)	Y ₂	백만진입차량당 사고율 $MEV = \frac{\text{교통사고발생건수} * 10^6}{ADT * 365}$	0.08	0~0.7
3	EPDO	Y ₃	대물피해환산법 (사망사고*12+부상사고*3+물적피해; 부상사고의 치명도에 따라 가중치 부여)	2.10	0~20
4	EPDO 사고율	Y ₄	백만진입차량당 EPDO 사고율 $EPDO \text{ 사고율} = \frac{EPDO * 10^6}{ADT * 365}$	0.22	0~1.75

<표 5> 선정된 종속변수(4지)

번호	종속 변수	기호	정의	평균	범위
1	총 사고 건수	Y ₁	교차로에서 발생한 교통사고 건수 (빈도)	1.70	0~9
2	사고율 (MEV)	Y ₂	백만진입차량당 사고율 $MEV = \frac{\text{교통사고발생건수} * 10^6}{ADT * 365}$	0.25	0~1.31
3	EPDO	Y ₃	대물피해환산법 (사망사고*12+부상사고*3+물적피해; 부상사고의 치명도에 따라 가중치 부여)	4.00	0~28
4	EPDO 사고율	Y ₄	백만진입차량당 EPDO 사고율 $EPDO \text{ 사고율} = \frac{EPDO * 10^6}{ADT * 365}$	0.57	0~2.86

3) 이슬기(2005), "임계간격을 이용한 비신호교차로의 시거 산정에 관한 연구", 대한교통학회지, 제21권 제5호, p.98.

4) 이두희(2005), "횡단보도 보행자의 동태적 행위관련 안전에측모형 개발", 대한토목학회논문집 제 25권 제 3호 pp.439~445, 평균값 사용.

3. 분석과정의 설정

1) 사고특성분석

비신호교차로에서 발생한 교통사고를 계절별·월별, 주·야 및 시간대별, 가해 차종 및 진행상황별로 나누어 각각의 상황에 따른 사고특성을 분석하였다.

2) 상관관계 분석

각각의 비신호교차로별(3지, 4지 비신호교차로) 기하구조(시거 포함)와 사고율, 사고건수, EPDO, EPDO 사고율과의 상관관계를 분석하여 각각의 종속변수에 영향을 미치는 기하구조 요소(교차로의 접근로별 차로폭, 횡단거리, 교통섬 유·무, 접근로별 시거, 횡단보도의 유·무, 교차각 등)를 설정하였다.

3) 다중 선형회귀분석

본 연구에서는 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하여 네 가지의 종속변수(사고율, 사고건수, EPDO, EPDO 사고율)와 두 개 이상의 독립변수(차로수, 시거, 차로폭, 횡단거리, 횡단보도수 등)를 단계선택(stepwise) 방식으로 분석하여 사고예측모형을 개발하였으며, 모형의 검정은 t 통계량, R² 및 F값을 사용하였다.

4) 다중 비선형회귀분석

다양한 비선형 모형을 구축하여 정산과 검정을 실시하였다. 여기에서는 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하여 네 가지의 종속변수에 자연대수(ln)를 취한 후 단계별 회귀모형(stepwise regression model)으로 분석하여 사고예측모형을 개발하였고, 모형의 검정은 다중 선형회귀분석과 같다.

IV. 비신호교차로 사고특성 분석

1. 사고특성 분석

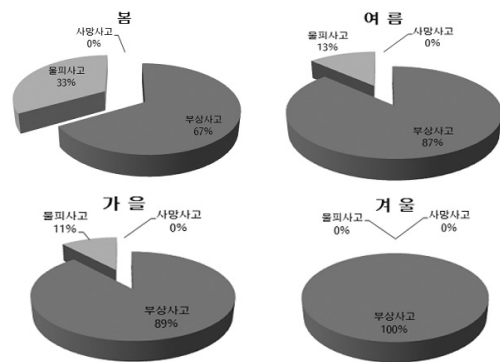
1) 계절별·월별 교통사고 분석

3지 비신호교차로의 계절별·월별 사고특성은 봄에 물

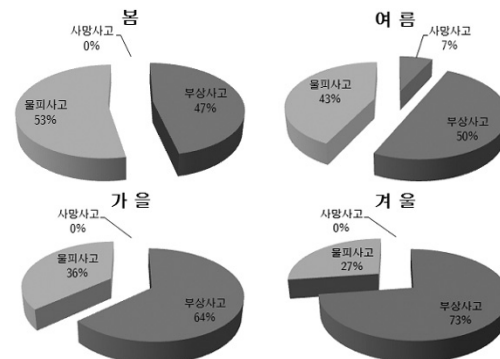
피사고⁵⁾가 가장 많고, 여름, 가을로 갈수록 감소하다가 겨울에는 부상사고만 있을 뿐 물피사고는 발생하지 않은 것으로 나타났다. 6월과 7월에 부상사고가 3건 있었으며, 11월에 4건으로 가장 많았으며, 2월과 5월에는 사고가 발생하지 않았다. 이는 겨울철 도로 결빙 등의 원인으로 경미한 물피사고 보다는 부상사고로 이어지는 경우가 많은 것으로 사료된다.

4지 비신호교차로의 경우도 마찬가지로 봄에 물피사고가 가장 많다가 겨울로 갈수록 줄어드는 상황을 볼 수 있다. 이는 부상사고가 겨울로 갈수록 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

월별로 봤을 때는 4월에 부상사고가 4건으로 가장 많았으며, 8월에는 사망사고가 있었다. 3지 비신호교차로와 마찬가지로 겨울철 부상사고가 증가하는 원인으로 도로 결빙과 같은 기후와 계절적 요인이 크게 작용했기 때문인 것으로 판단된다.



〈그림 4〉 계절별 사고형태비율 (3지)



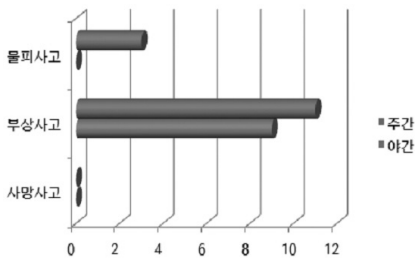
〈그림 5〉 계절별 사고형태비율(4지)

5) 건설교통부(2002.10), "사고 잦은 곳 개선사업 업무편람 작성연구", p.133

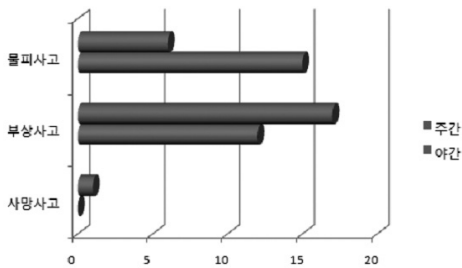
- 사망사고 : 교통사고가 주원인이 되어 사고 발생시로부터 30일 이내에 사망자가 발생한 사고를 말함. (1999년까지는 72시간내 사망)
- 부상사고 : 교통사고가 주원인이 되어 3주 이상의 치료를 요하는 부상자가 발생한 「중상사고」와 5일 이상 3주미만의 치료를 요하는 부상자가 발생한 「경상사고」, 그리고 5일 미만의 치료를 요하는 부상자가 발생한 「부상신고사고」를 통틀어 말함.
- 물피사고 : 교통사고로 인하여 사고당사자의 손상은 없지만 물적인 피해를 수반한 사고를 말함.

2) 주·야 및 시간대별 교통사고 분석⁶⁾

3지 비신호교차로의 경우 사망사고는 주간과 야간에 는 발생되지 않았고, 물피사고와 부상사고는 주간에 조 금 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 시간대별로 살펴 보면, 퇴근시간인 오후 5시와 6시 사이에 가장 많은 부 상사고가 발생하였다. 또한 오전 9시와 10시 사이에 사 고발생이 가장 적은 것으로 나타났다.



〈그림 6〉 주·야 및 시간대별 사고형태비율(3지)



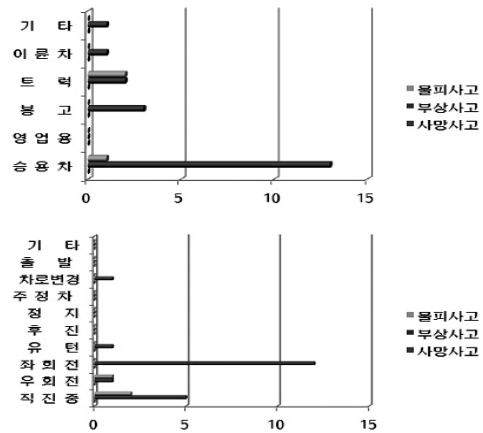
〈그림 7〉 주·야 및 시간대별 사고형태비율(4지)

4지 비신호교차로의 주·야 및 시간대별 사고형태비 율은 〈그림 7〉과 같다. 부상사고는 3지 비신호교차로와 마찬가지로 주간에 많이 발생하였으며 침두시간대인 오 전 7시와 8시 사이에 가장 높은 사고율을 보였다. 또한 물피사고는 야간에 더 많이 발생하였다.

시간대별 사고형태를 보면 3지 비신호교차로와 반대 로 오전 출근 시간인 7시와 8시 사이에 가장 많은 부상 사고가 발생하였고, 퇴근시간 전인 오후 3시와 4시 사이 에 사고가 가장 적었다. 야간 시간인 오후 11시와 12시 사이와 오전 3시와 4시 사이에 물피사고가 가장 많이 발 생하였는데, 이는 야간 운행시 시거확보가 주간보다 용 이하지 않으므로 선행차량과의 거리 확보 및 시설물의 판단 등이 어렵기 때문이라 판단된다.

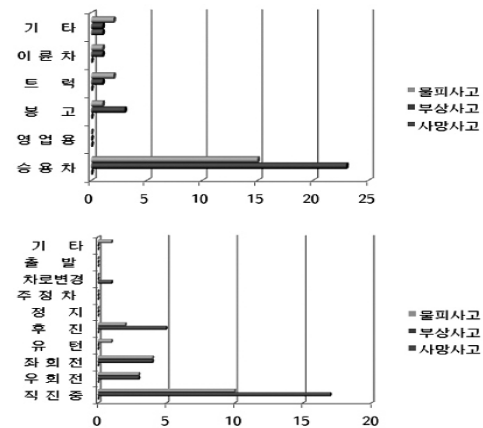
3) 가해 차종 및 진행상황별 교통사고 분석

3지 비신호교차로의 차종 및 진행상황별 사고형태 비 율은 〈그림 8〉과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 다른 차 종에 비해 승용차의 교통량이 많기 때문에 승용차 사 고가 가장 많이 발생 하였고, 직진과 좌회전 중에 가장 많 은 부상사고가 발생하였다. 이는 통제되지 않은 비신호 교차로의 우선권 문제 때문에 발생한 것으로 판단된다.



〈그림 8〉 차종 및 진행상황별 사고형태 비율(3지)

〈그림 9〉에서와 같이 4지 비신호교차로의 경우도 3지 비신호교차로와 마찬가지로 승용차의 교통량이 많기 때 문에 승용차의 사고발생이 가장 많았고, 직진 중에 가장 많은 사고가 발생하였다. 또한 후진 중의 사고발생 또한 적지 않게 발생하는 결과가 나타났다.



〈그림 9〉 차종 및 진행상황별 사고형태 비율(4지)

6) 사고관리자료(TAMS)에서는 주야시간대 구분을 주간(07:00~18:00), 야간(18:00~07:00)으로 하고 있음

2. 사고예측모형 개발 및 분석

사고예측모형은 종속변수를 연속변수로 사용한 다중 선형회귀, 다중비선형회귀를 각각 비교 분석하여, 가장 적합한 모형을 제시하는 방법으로 진행됐다.

1) 상관관계 분석

변수간의 상관관계를 분석하기 위하여 신뢰수준을 90% ($\alpha=0.10$)로 하여 사고건수(Y_1), 백만진입차량당 (MEV) 사고율(Y_2), EPDO(Y_3), 백만진입차량당 EPDO 사고율 (Y_4)를 종속변수로 하고, 각각의 독립변수(X_i)를 이용하여 상관분석을 실시하였다.

상관 분석의 결과는 <표 6>과 <표 7>과 같다. 3지 비

신호교차로의 사고건수(Y_1)는 교통량(X_2)과 밀접한 관련이 있고, 부도로의 우측 시거(X_5)와 우측 최장시거(X_7)와는 pearson 상관계수 값이 -0.150, -0.184로 상관성이 낮지만 사고와 관계가 있는 것으로 분석되었다. 사고율(Y_2)은 교통량(X_2)과 부도로 좌(X_4), 우 시거(X_5) 및 우측 최장시거(X_7)와 관련이 있다. EPDO와 EPDO 사고율은 역시 교통량(X_2)과 관련이 있고, 이중 정지선의 수(X_3)와 부도로 좌(X_4), 우 시거(X_5) 및 우측 최장시거(X_7)와 상관성이 있는 것으로 분석되었다. 이는 교통량이 많을수록 교통사고가 증가함을 나타내고 있으며, 시거의 확보가 충분하지 못한 경우 사고가 더 많이 발생하는 것으로 해석할 수 있다. 3지 비신호교차로의 경우는 사고지점 수의 부족으로 종속변수와 독립변수 간의 상관관계가 다소 떨어진 것으로 판단된다.

<표 6> 상관관계분석 결과(3지)

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
Y ₁	1													
Y ₂	.970	1												
Y ₃	.997	.976	1											
Y ₄	.952	.996	.964	1										
X ₁	-.058	-.077	-.070	-.088	1									
X ₂	.361	.330	.365	.326	.183	1								
X ₃	.136	.144	.164	.166	-.215	-.174	1							
X ₄	-.145	-.148	-.150	-.150	-.382	-.285	-.150							
X ₅	-.150	-.155	-.154	-.157	-.480	-.290	-.196	.828	1					
X ₆	-.121	-.082	-.119	-.073	-.569	-.053	-.096	.644	.742	1				
X ₇	-.184	-.185	-.189	-.187	-.377	-.220	-.254	.757	.857	.621	1			
X ₈	-.085	-.070	-.082	-.064	-.142	-.263	.232	.035	.260	.261	.271	1		
X ₉	-.117	-.133	-.130	-.144	.150	.206	-.234	-.028	.069	.040	.054	-.078	1	
X ₁₀	.107	.126	.130	.147	-.304	.379	.099	-.170	-.060	.300	-.123	.028	-.030	1

주 : pearson 상관계수

<표 7> 상관관계분석 결과(4지)

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
Y ₁	1														
Y ₂	.952	1													
Y ₃	.947	.854	1												
Y ₄	.941	.942	.952	1											
X ₁	-.308	-.292	-.368	-.380	1										
X ₂	.232	.117	.244	.146	-.123	1									
X ₃	.203	.283	.188	.283	-.096	-.278	1								
X ₄	.089	.147	.101	.179	-.266	-.176	.787	1							
X ₅	.496	.372	.578	.460	-.454	.161	.053	.066	1						
X ₆	-.281	-.280	-.259	-.273	.059	.332	-.289	-.331	-.222	1					
X ₇	-.263	-.270	-.229	-.252	-.008	.308	-.304	-.327	-.183	.986	1				
X ₈	.246	.211	.150	.126	.014	.111	.148	-.184	.142	.054	.027	1			
X ₉	.165	.211	.151	.216	-.181	.039	.674	.878	.219	-.392	-.417	-.040	1		
X ₁₀	.170	.183	.190	.227	-.222	-.077	-.155	-.161	.070	.115	.157	-.153	-.177	1	
X ₁₁	-.132	-.168	-.181	-.212	.154	.098	.121	.063	-.123	-.216	-.225	.150	.029	-.226	1

주 : pearson 상관계수

4지 비신호교차로의 경우는 사고건수(Y₁)는 교차각(X₁), 교통량(X₂), 최대중단경사(X₅), 좌(X₆), 우(X₇) 최장시거 및 최대 차로폭(X₈)과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 사고율(Y₂)은 교차각(X₁), 최대중단경사(X₅), 좌(X₆), 우(X₇) 최장시거가 영향을 주는 요인으로 분석되었으며, EPDO(Y₃)는 교차각(X₁), 교통량(X₂), 최대중단경사(X₅), 좌(X₆), 우(X₇) 최장시거와 관련이 있었다. EPDO사고율은 교차각(X₁), 횡단보도의 수(X₃), 최대중단경사(X₅), 좌(X₆), 우(X₇) 최장시거, 횡단거리(X₉) 및 제한속도의 차이와 관련이 있는 것으로 분석되었다. 4지 비신호교차로에서는 교차각이 90°에 가까워질수록 사고가 감소함을 보이고, 최대중단경사(X₅)가 높을수록 사고가 더 많이 발생하였다. 또한 3지 비신호교차로와 같이 전체적으로 시거의 확보가 적을수록 사고가 많이 발생함을 알 수 있었다.

2) 다중선형회귀와 다중비선형회귀 비교·분석

다중선형 및 다중비선형회귀분석의 2가지 분석 방법을 통하여 3지 비신호교차로와 4지 비신호교차로의 사고예측모형을 개발하였다. 사고건수(Y₁) 등 네 가지 종속변수별로 추정된 사고예측모형의 결과는 <표 8>과 <표 9>와 같다.

<표 8>은 다중선형회귀분석을 통해 추정된 모형식을 나타내며, <표 9>는 다중비선형회귀분석을 통해서 추정된 모형식을 나타낸다.

본 연구에서는 다중선형회귀와 다중비선형회귀분석을 통하여 4가지 종속변수별로 추정된 모형을 비교·분석하였다.

다중선형회귀식에 의해 분석된 결과, 3지 비신호교차로의 경우엔 4가지의 종속변수 중 사고율(Y₂)과 EPDO 사고율(Y₄)을 종속변수로 하는 모형식은 통계적으로 의미가 없었으나, 4지 비신호교차로의 경우는 4가지 종속변수 모두 통계적으로 모형식이 유의함을 보였다. 그러나 추정된 모형식들은 다소 낮은 R²값을 보이고 있으며, 3지 경우엔 4지보다 더 낮은 수준의 R²값을 보이고 있다.

3지에 영향을 주는 사고요인으로는 교통량(X₂)과 이종정지선(X₃)의 수이며, 교통량과 이종정지선의 수가 많을수록 사고건수(Y₁)와 EPDO(Y₃)가 증가함을 알 수 있었다. 4지의 사고요인으로는 횡단보도의 수(X₃), 최대중단경사(X₅) 및 주도로와 부도로의 제한속도의 차이(X₁₀)와 같은 변수들이 있으며, 경사가 급할수록 사고건수(Y₁)와 EPDO(Y₃)가 증가함을 알 수 있었다. 또한 횡단보도가 많고, 경사가 급하고, 제한속도의 차이가 클수록 사고율(Y₂)과 EPDO 사고율(Y₄)이 증가함을 알

<표 8> 다중선형회귀분석을 통해 추정된 모형

구분	모형식	R ²
3지	$Y_1 = -0.590 + 5.199E-05X_2 + 0.423X_3$ (-2.278) (3.712) (1.921)	0.171
	$Y_3 = -1.627 + 0.000141X_2 + 1.284X_3$ (-2.392) (3.836) (2.220)	0.187
4지	$Y_1 = 0.542 + 0.948X_5$ (2.424) (4.351)	0.246
	$Y_2 \cdot 100 = -8.341 + 6.305X_3 + 9.231X_5 + 0.610X_{10}$ (-1.178) (2.508) (2.933) (1.740)	0.247
	$Y_3 = 1.083 + 2.820X_5$ (2.019) (5.397)	0.334
	$Y_4 \cdot 100 = -23.360 + 14.789X_3 + 26.832X_5 + 1.680X_{10}$ (-1.515) (2.702) (3.916) (2.203)	0.337

주 : ()값은 t-value값임.

<표 9> 다중비선형회귀분석을 통해 추정된 모형

구분	모형식	R ²
3지	$Y_1 = 0.141 \cdot X_2^{0.212} \cdot e^{0.170X_3}$ (-3.410) (3.524) (2.556)	0.172
	$Y_3 = 0.036 \cdot X_2^{0.361} \cdot e^{0.317X_3}$ (-3.415) (3.542) (2.825)	0.182
4지	$Y_1 = 0.013 \cdot X_2^{0.376} \cdot e^{(0.166X_3 - 0.003X_7 + 0.278X_8 + 0.022X_{10})}$ (-3.340) (2.820) (2.791)(-3.387)(1.983) (3.3776)	0.456
	$Y_3 = 0.002 \cdot X_2^{0.958} \cdot e^{(-0.018X_1 + 0.344X_3 + 0.200X_5 - 0.007X_7 - 0.041X_9 + 0.031X_{10} - 0.371X_{11})}$ (-3.157) (4.594) (-2.330) (3.882) (2.192) (-4.225) (-2.838) (3.313) (-2.605)	0.621

주 : ()값은 t-value값임.

수 있었다.

다중비선형회귀분석에 의해 분석된 결과, 4가지 종속변수 중 사고건수(Y_1)와 EPDO(Y_3)를 종속변수로 하는 모형식만이 통계적으로 유의하였다. 3지보다는 4지 모형의 R^2 가 더 높은 값을 보이고 있었으며, 사고에 영향을 주는 요인도 더 많은 것으로 나타났다.

3지의 경우 다중선형회귀분석을 통하여 추정된 모형식과 마찬가지로 사고에 영향을 주는 요인은 교통량(X_2)과 이중정지선의 수(X_3)로 나타났으며, 교통량(X_2)과 이중정지선의 수(X_3)가 증가할수록 사고건수(Y_1)와 EPDO(Y_3)가 증가함을 알 수 있었다. 4지의 경우 선형회귀분석을 통하여 추정된 모형보다 더 많은 요인들을 포함하는 것으로 나타났으며, 그 요인들은 교차각(X_1), 교통량(X_2) 횡단보도의 수(X_3), 최대중단경사(X_5), 최장시거(X_7) 등으로 나타났다. 교통량(X_2)과 횡단보도의 수(X_3)가 많을수록 사고건수(Y_1)가 증가함으로 보였고 시거가(X_7)가 확보될수록 감소함을 보였다. 교차각(X_1)이 90° 에 가깝고, 시거가(X_7)가 확보될수록 EPDO(Y_3)가 감소하는 것으로 나타났고, 주도로의 횡단거리(X_9)가 길수록 EPDO(Y_3)가 감소하는 것이 특징이다.

3지와 4지 비신호교차로를 비교·분석한 결과 사고에 영향을 주는 독립변수들이 다르게 나타나며, 3지보다는 4지의 모형식이 더 높은 R^2 값을 보이고 있고 더 많은 교통사고 요인들을 포함하고 있다.

선형회귀분석과 비선형회귀분석을 비교·분석한 결과 3지의 경우 선형회귀분석과 비선형회귀분석으로 추정된 모형식의 R^2 값은 유사하게 나타나며, 독립변수도 동일함을 알 수 있다. 그러나 4지의 경우엔 선형회귀분석보다는 비선형회귀분석으로 추정된 모형식의 R^2 값이 더 높게 나타나며, 좀 더 많은 변수를 포함하고 있음을 알 수 있다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 청주시 비신호교차로의 도로환경요인이 교통사고에 미치는 영향과 사고특성을 분석하였다. 비신호교차로의 사고특성을 주·야간 및 시간대별, 월별, 차종별 등으로 구분하여 분석하였고, 다중선형회귀분석과 다중비선형회귀분석을 통하여 사고예측모형을 개발하여 사고에 영향을 미치는 요인을 파악하였다.

사고특성을 분석한 결과, 3지와 4지 비신호교차로 모두 봄에서 겨울로 갈수록 물피사고는 감소한 반면에 부

상사고는 증가하는 것으로 분석되었다. 3지 비신호교차로는 오후 퇴근 시간대인 5시와 6시 사이, 그리고 4지 비신호교차로는 오전 출근 시간인 6시와 7시에 가장 많은 부상사고가 발생하였다. 특히 물피사고는 야간에 많이 발생하였으며, 승용차 사고가 상대적으로 많은 것으로 분석되었다. 또한 3지 비신호교차로는 직진과 좌회전시, 그리고 4지 비신호교차로는 직진 중에 가장 많은 부상사고가 발생하였다.

청주시의 3지와 4지 비신호교차로를 대상으로 상관분석을 시행한 결과, 3지의 경우에는 교통량과 시거요인, 그리고 4지는 교차각, 최대중단경사와 시거요인이 교통사고와의 상관관계가 높게 나타나고 있다. 또한 다중선형과 다중비선형 회귀분석 결과, 3지의 경우 교통량과 이중정지선의 수가 증가할수록 사고가 증가하며, 4지의 경우 교차각이 90° 에 가까워질수록 사고가 감소하고, 최대중단경사가 높을수록 사고가 많이 발생하였다.

이와 같은 분석결과는 청주시의 장래 교차로 개선사업에 중요한 단서를 제공하게 될 것으로 기대된다. 그러나 2004년 한 해 동안의 사고자료 보다는 다년간의 교통사고 자료의 구축이 필요하며, 운전자의 행태나 심리와 같은 인적요인의 연구도 추후 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 고동석·이용재·정진혁(2000), "수도권 지역 4지 비신호 교차로에 대한 이동류별 차량의 임계간격과 추종시간 기준에 관한 연구", 대한교통학회지, 제18권 6호, 대한교통학회, pp.19~32.
2. 김장욱·남궁문·김정현·이수범(2006), "퍼지 및 신경망 이론을 이용한 교통사고예측모형 개발에 관한 연구", 대한교통학회지, 제24권 제7호, 대한교통학회, pp.81~90.
3. 김태영·박병호(2007), "트럼펫 IC 램프의 운전조건과 교통사고 분석", 대한교통학회지, 제25권 제1호, 대한교통학회, pp.73~79.
4. 김홍상(1998), "국도교차로 형태에 따른 교통사고 특성에 관한 연구", 한국과학재단 제출문.
5. 류승욱(2005), "고속도로 교차점의 기하구조와 교통사고의 관계설정 및 모형분석" 충북대학교 박사학위논문.

6. 문영준·임관수(2001), "비신호교차로 전방향정지 제어 도입 타당성 연구", 교통개발연구원 연구총서, 2001-06.
7. 박병호(1995), "충청권의 교통사고 예측모형 개발에 관한 연구", 대한교통학회지, 제13권 제1호, 대한교통학회, pp.63~82.
8. 박용진(1994), "비신호교차로에서의 교통류 특성 및 접근지체모형 개발에 관한 연구(상충지역 통행 속도 이용)", 대한교통학회지, 제12권 제2호, 대한교통학회, pp.47~63.
9. 박정순·김태영·유두선(2007), "도로환경요인과 교통사고의 상관분석 및 사고추정모형 개발 (청주시 4지 신호교차로를 중심으로)", 대한교통학회지, 제25권 제2호, 대한교통학회, pp.63~72.
10. 백승걸·장현호·강정규(2005) "교통량과 통행길이를 고려한 고속도로 교통사고 예측 연구" 대한교통학회지, 제23권 제2호, 대한교통학회, pp.95~105.
11. 오주택·성낙문·하오근(2005), "국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형개발", 대한도목학회논문집 제25호 제1D호, pp. 9~15.
12. 임윤택(1992), "도로의 특성이 교통사고에 미치는 영향 분석", 연세대학교 석사학위 논문 1992.12
13. 이슬기·이용재·김석근(2003), "임계간격을 이용한 비신호 교차로의 시거 산정에 관한 연구", 대한교통학회지, 제21권 제5호, 대한교통학회, pp.97~100.
14. 최재원·김성호·조준한·김원철(2004), "인공신경망을 적용한 신호교차로 교통사고심각도 예측에 관한 연구", 대한교통학회지, 제22권 제3호, 대한교통학회, pp.127~135.
15. 하태준·강정규·박제진(2001), "신호교차로 교통사고 예측모형의 개발 및 적용 (광주광역시 4-지 신호교차로를 중심으로)", 대한교통학회지, 제19권 제6호, 대한교통학회, pp.207~218.
16. 홍정열·도철웅(2002), "신호교차로에서의 사고예측모형개발 및 위험수준결정 연구", 대한교통학회지, 제20권 제7호, 대한교통학회, pp.155~166.
17. Abishai Polus(1985), "Driver behaviour and accident records at unsignalized urban intersections", Accident Analysis & Prevention, Volume 17, Issue 1, pp.25~32.
18. Andrzej Tarko, Marian Tracz(1995), "Accident prediction models for signalized crosswalks", Safety Science 19, 1995, pp.109~118.
19. Arndt, O. and Troutbeck, R. (2005). "Relationship between unsignalized intersection geometry and accident rates." Proc., 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, TRB, Chicago, June 29-July 1.
20. Jianming Ma, Kara M. Kockelman, "Crash Modeling Using Clustered Data from Washington State :Prediction of Optimal Speed Limits", TRB(Transportation Research Board) 2005 Annual Meeting.
21. NCHRP REPORT 500, Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan, 2003, TRB.
22. 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 (2005) pp.35~46.

✉ 주 작 성 자 : 박병호
 ✉ 교 신 저 자 : 박병호
 ✉ 논문투고일 : 2007. 5. 19
 ✉ 논문심사일 : 2007. 7. 17 (1차)
 2007. 8. 7 (2차)
 ✉ 심사판정일 : 2007. 8. 7
 ✉ 반론접수기한 : 2008. 2. 29