

■ 論 文 ■

도로환경요인과 교통사고의 상관분석 및 사고추정모형 개발 (청주시 4지 신호교차로를 중심으로)

Correlation Analysis and Estimation Modeling Between Road Environmental Factors and Traffic Accidents (The Case of a 4-legged Signalized Intersections in Cheongju)

박 정 순

(충북대학교 도시공학과 박사수료)

김 태 영

(충북대학교 도시공학과 박사과정)

유 두 선

(충북대학교 도시공학과 석사과정)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 내용 및 방법
- II. 기존 문헌 고찰
 - 1. 교통사고 영향요인
 - 2. 추정모형 연구의 동향
 - 3. 기존 연구와의 차별성
- III. 분석틀의 설정
 - 1. 자료수집 및 분석
 - 2. 분석모형 설정
- IV. 모형의 개발 및 결과분석
 - 1. 변수간의 상관관계
 - 2. 다중회귀모형
- V. 결론 및 향후 연구과제
참고문헌

Key Words : 대물피해 환산법, 신호교차로, 다중회귀분석, 교통사고추정, 상관분석
EPDO, signalized intersection, multiple regression analysis, traffic accident estimation, correlation analysis

요 약

본 연구의 목적은 신호교차로의 교통사고 심각성을 인식하고, 교통사고의 특성분석과 관련변수와의 상관분석 및 사고추정모형을 개발하는 것이다. 이러한 목적하에 본 연구에서는 2004년도 청주시 총 교통사고건수 3,115건 중 1,183건이 발생한 4지 신호교차로 전체(181개소)를 대상으로 하였다. 신호교차로 사고에 영향을 줄 것으로 판단되는 ADT, 교차로 면적, 평균차로 폭 및 종단경사 등 독립변수들과 교통사고건수, 교통사고율(MEV) 및 EPDO를 종속변수로 선정하여, 상관분석 및 다중회귀분석을 통해 추정모형을 개발하였다.

모형개발 결과, 교통사고건수의 경우 ADT 등 5개의 변수가 주요 요인으로 분석되었으며($R^2=0.612$), 교통사고율(MEV)의 경우 교차로면적 등 5개 변수가 주요 요인으로 분석되었다($R^2=0.304$). 또한, 신호교차로 교통사고의 심각성 및 특성분석이라는 본 연구의 목적에 가장 부합되는 EPDO의 경우는 ADT, 주도로 평균차로폭, 상향종단경사, 제한속도 차 등 4개 변수가 주요 요인으로 분석되었다($R^2=0.559$)

The purpose of this study is to develop a traffic characteristic analysis, a correlation analysis with the variables of traffic characteristics, and accident estimation models while recognizing the seriousness of the traffic accidents. The analyses deal with the 181 4-legged signalized intersections that accounted for 1,183 out of 3,115 accidents in Cheongju in 2004. After measuring ADT, intersection area, average lane width, elevation, and other items as independent variables and the number of traffic accidents, the traffic accident rate (accidents per million entering vehicles), and equivalent property damage only (EPDO) figures as dependent variables which are estimated as influencing signalized intersection accidents, the estimation models are developed using correlation analysis and multiple regression analysis.

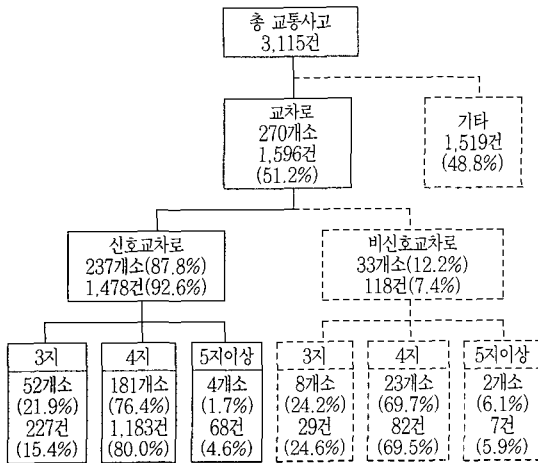
In the analysis of the number of traffic accidents, the model indicates an R^2 of 0.612, and five independent variables are taken as significant factors. In the analysis of traffic accident rates, the model indicates an R^2 of 0.304 and five significant factors, including intersection area and ADT. Also, for the analysis of the EPDO numbers, which coincides with understanding the seriousness of the traffic accidents and the traffic characteristic analysis, the model indicates an R^2 of 0.559, and four independent variables (ADT, main street average lane width, elevation, and speed limit) as significant factors.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

2004년도 한 해 동안 우리나라에서 발생한 교통사고 건수는 220,755건이며, 교차로에서는 전체의 25.9%인 57,268건이 발생하였다. 2004년 청주시 교통사고 발생 현황은 총 교통사고건수가 3,115건이며, 그 중 교차로에서는 1,596건으로 전체 사고건수의 51.2%를 차지하고, 나머지 1,519건(48.8%)은 단일로와 기타 도로상에서 발생하였다. 교차로 사고 중 신호교차로에서는 전체의 92.6%에 해당하는 1,478건이 발생하였다. 4지 신호교차로에서 발생한 사고가 차지하는 비중은 전체의 80.0%로서 1,183건으로 4지 신호교차로 사고가 전체 사고에 비교적 많은 비중을 차지하고 있어 4지 신호교차로의 안전에 대한 정책수립이 시급함을 알 수 있다.

〈표 1〉 2004년도 청주시 교통사고 발생현황

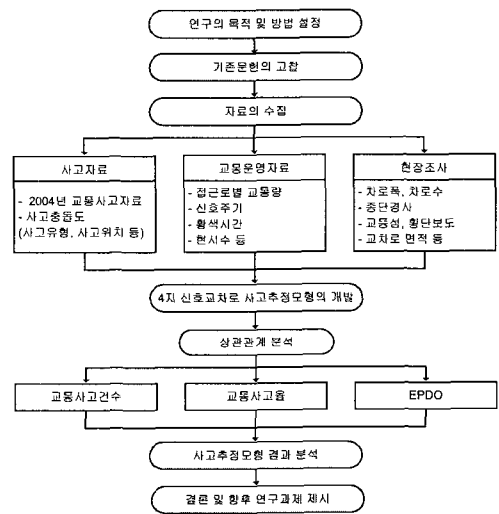


따라서 본 연구에서는 신호교차로의 교통사고 심각성을 인식하고, 교통사고발생건수 중 많은 비중을 차지하고 있는 4지 신호교차로를 대상으로 교통사고 특성분석과 관련변수와의 상관분석 및 사고추정모형을 개발하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

청주시 4지 신호교차로 교통사고 특성 분석을 위해

충북지방경찰청의 2004년도 사고자료 DB(TAMS), 도로교통안전관리공단(이하 공단)의 사고충돌도 자료, 공단에서 자체 조사한 「2004년 청주시 전자교통신호체계 운영 및 교통량자료」를 이용하여 신호운영 및 교통조건을 파악하였다. 현장조사를 통해 조사된 차로폭, 중단경사, 교차각, 현시수, 횡단보도, 교통섬, 이중정지선, 제한속도 등과 같은 교통사고 관련변수들을 EXCEL을 이용하여 정리하였으며 정리된 자료를 토대로 SPSS 12.0을 이용하여 각 변수들의 상관관계 분석과 다중회귀분석을 통한 추정모형을 제시하고자 한다.



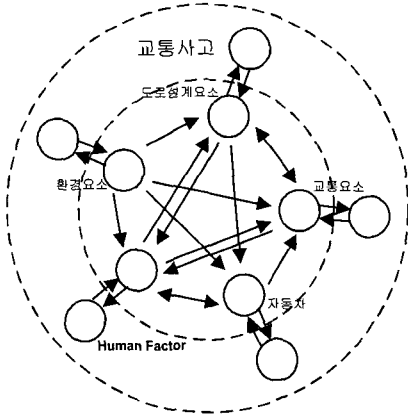
〈그림 1〉 연구수행과정도

II. 기존 문헌 고찰

1. 교통사고 영향요인

국토연구원(1996)의 연구에서는 교통사고의 원인에 있어 도로환경요인은 도로의 기하구조 중 교통안전 관련 설계요소로서 주로 평면선형, 종단선형, 횡단면과 각종 도로시설물로 구분되며 이중 차로폭, 곡선반경, 선형의 연속성, 중단경사, 시거, 길어깨폭, 중앙분리대 등 7가지의 도로기하구조 요인을 교통사고의 주요 영향요인으로 선정하고 있다. 강승립(2002)의 연구에서는 교통사고가

1) 청주시의 교차로 교통사고 발생률이 우리나라 전체 평균보다 높은 이유는 관내에 고속도로, 고속국도, 도시고속도로, 철도 등이 없는데 그 원인을 찾을 수 있다.



〈그림 2〉 교통사고와 영향요인간의 관계²⁾

여러 요인 중 하나 또는 그 이상이 복합적으로 결합되어 복잡하고 미묘한 상호관계가 있다는 것을 설명하고, 〈그림 2〉를 통해 교통사고와 이들 요인간의 관계를 객관적, 논리적으로 분석하고 설명하는데 한계가 있어 어떠한 모형식도 교통사고와의 관계를 100% 명확하게 규명하지 못한다고 주장한 바 있다.

- 교통·환경·인적요인 : 빠른 속도 변화를 보임
- 차량 요인 : 중간 속도의 변화를 보임
- 도로설계요인 : 느린 속도의 변화를 보임

2. 추정모형 연구의 동향

교통사고 추정모형은 과거에 발생한 교통사고를 대상으로 하여 교통사고건수나 사고율을 추정해 낼 수 있는 수학적 모델을 개발하는 것이다. 이는 교통사고 감소를 위한 교통안전 정책 자료로 활용하고자 하는데 주목적을 두고 있으며 기존에 개발된 교통사고 추정모형들은 다음과 같이 거시적 분석방법을 이용한 연구와 미시적 분석방법을 이용한 연구로 구분할 수 있다.

1) 거시적 분석방법을 이용한 연구

거시적 분석방법을 이용한 연구는 분석 대상의 범위를 국가전체나 광범위한 특정지역으로 하며 교통안전문제의 장래에 있어서 규모, 동향 등을 정확하게 파악할 수

〈표 2〉 거시적 교통사고 추정연구

연구자	연구내용
Trichopoulos (1975)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 유럽 17개국의 1970년 교통사고자료를 이용 ◦ 인구 10만인당 사망자수를 종속변수로 하는 중회귀 모형 개발
Broughton (1998)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 한 지역이나 국가의 교통사고 사망자수를 설명하기 위한 변수가 상당 ◦ 국가 또는 지역의 특성을 반영한 교통모형을 갖고 있다고 주장
김홍상 (1987)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1980년의 59개국 사망자수를 종속변수로 인구수와 자동차보유대수를 설명변수로 하는 예측모형 개발
임현연·이일병 (1990)(1992)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 한국의 교통사고 예측모형 개발 ◦ 부산시 교통사고 예측모형 개발
박병호(1995)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 충청권 교통사고 예측모형 개발

있다. 또한 이 연구방법은 해당지역에 있어 종합적인 교통안전대책에 관한 정책을 입안하는데 매우 중요한 역할을 하고 있다.

2) 미시적 분석방법을 이용한 연구

미시적 분석방법을 이용한 연구는 분석대상범위를 교차로, 단일로 및 고속도로 등 일정구역으로 축소하여 교통사고의 영향요인을 정확히 도출해낼 수 있다는 장점이 갖는다. 그러나 전체적인 교통사고 추세의 파악이 어렵다는 단점을 갖는 것이 한계로 지적되고 있다.

3. 기존 연구와의 차별성

신호교차로 사고추정모형에 관한 초기의 연구자는 김효중(1991), 임운택(1993) 등이 있으며 최근에는 하태준(2001), 홍정열(2002), 하오근(2005) 등에 의해 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 이들 연구의 대부분은 신호교차로 중 교통사고가 일정기준³⁾ 이상 발생한 일부 교차로만을 표본으로 선정하였거나, 수년간 사고 잦은 곳으로 선정된 지점들의 일부만을 대상으로 분석하였다는 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기존 연구의 한계를 극복하기 위해 청주시 전체를 대상으로 2004년도 총 교통사고 3,115건 중 37.9%를 차지하는 4지 신호교차로 181개소를 선정⁴⁾하게 되었다. 또한 신호교차로 사고에 많은 영향을 줄 것으로 판단되는 교차로의 모든 도로환경

2) 강승림(2002). "고속도로 선형조건과 GIS기반 교통사고 위험도지수 분석", 서울대학교대학원 박사학위논문, p.19.
 3) 교통사고 잦은 곳¹⁾ 선정기준은 교통사고 발생건수(인피+물피)가 동일지점에서 1년간 다음 기준 이상으로 발생한 지점을 말한다.
 - 특별시 및 광역시 7건, 일반시 5건, 기타 지역은 3건
 4) 2004년도 청주시 신호 교차로수는 237지점으로 그 중 4지 신호교차로는 181개 지점이며, 여기에는 사고 발생교차로는 143개소, 사고 미발생 교차로는 38개소가 포함되어 있다.

〈표 3〉 미시적 교통사고 추정연구

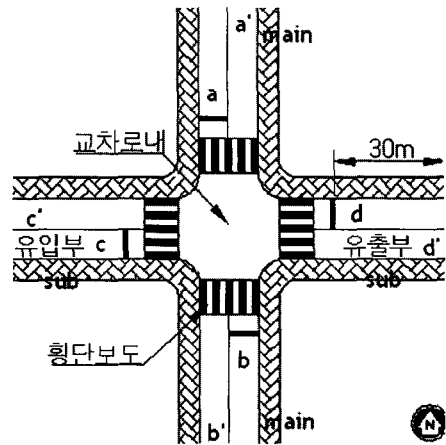
연구자	분석방법	사고 영향 요인
Zador, et.al (1985)	집락 추출법	교차로면적, 평균교차시간, 황색시간, 전적색신호, ADT
Lau, et.al (1986)	범주형 회귀분석	교통량 및, 교차도로의 비율, 교차형태, 신호형태, 접근차로수, 주도로좌회전형태
A. Bonnson (1993)	비선형 회귀분석	주도로교통량, 부도로교통량, 주도로 제한속도
Patrick Mccoy (1997)	비선형 회귀분석	중앙분리형태, 밀도, 노상주차, 토지이용
Seffer, Janson (1999)	비선형 회귀분석	신호현시(선행보호좌회전, 후행보호좌회전)
A.R. kaub (2000)	위험도 계산 결정계수 분석	유형별상충(각도충돌, 후미추돌, 측면충돌)접근속도
김효중 (1991)(1997)	구성분분석	교통량(ADT), 중차량비율, 교통섬수
임운택 (1993)	단순 회귀분석	전체교통량, 진행방향수, 차로수, 횡단보도수, 접근로수
심관보 (1998)	다중회귀 분석	사고율, 시거, 회전교통량 비율
하태준 (2001)	다중회귀 분석	방향별 접근 교통량
홍정열 (2002)	다중회귀, 비선형회귀	교통량, 교통섬, 횡단보도, 시거
이재명 (2002)	다중회귀 분석	교통량, 설계속도, 길어깨, 횡단보도 폭
하오근 (2005)	비선형 회귀분석	교통량, 회전차로, 교차각, 차선수
박병호·류승욱 (2005)	다중 회귀분석	교차각, 차로수, ADT, 최소곡선반경

요인들을 수집하여 교통사고에 영향을 주는 요소들을 찾아냈다. 이렇게 도출된 요소들을 변수로 정하고, 교통사고와 어떤 상관관계가 있는지를 분석하여 실제 사고와 가장 근사한 값을 추정하는 모형을 개발하고자 한다.

III. 분석틀의 설정

1. 자료수집 및 분석

4지 신호교차로에서 발생한 사고자료와 도로환경적 요인과의 관계 규명을 위해 1차적으로 교차로를 〈그림 3〉과 같이 주도로(a, b)와 부도로(c, d)로 구분하였다.



〈그림 3〉 교차로 연구 제한범위(End Zone)

이를 다시 유입부(a, b, c, d), 유출부(a', b', c', d'), 횡단보도, 교차로내, 기타 지점으로 구분한 후 사고 발생 위치에 따라 세분화하였다.

2. 분석모형 설정

1) 독립변수 선정

4지 신호교차로에서 발생한 교통사고와 밀접한 관련성이 있을 것으로 판단되는 변수에 대한 현장조사 및 자료 수집방법에 따른 내용은 〈표 4〉와 같다.

2) 종속변수 선정

본 연구에서 종속변수는 교차로에서 발생한 교통사고 건수를 토대로 하는 사고건수법(빈도), 교통량의 차이에 따라 안전도를 평가하는 백만진입차량당 사고율(MEV)⁵⁾, 교통사고의 피해정도를 감안하는 대물피해사고 환산법(EPDO)⁶⁾에 의한 사고건수로 〈표 5〉의 내용과 같으며 이러한 종속변수들은 다음과 같은 특성을 지닌다. 첫째, 사고건수법(빈도)은 교통사고와 관련된 별도의 자료가 필요없으며 단순히 교통사고 건수만을 토대로 어떤 통계적인 해석없이 교차로의 안전도를 평가할 수 있다. 그러나 교통량이 많은 교차로를 위험교차로로 선정하는 등 도로환경에 대한 차량의 노출빈도에 따라 사

5) $MEV = \frac{\text{교통사고발생건수} \times 10^6}{ADT \times 365}$

6) EPDO : 사망사고×12+부상사고×3+물적피해, 부상사고의 치명도에 따라 가중치 부여

7) 최재성, 원제부(2001), "교통공학(개정판)", pp.578~580, 성낙문(2001), "교통사고예측모델을 이용한 도로의 안전도 평가방법 연구", 교통개발연구원, pp.5~10.

〈표 4〉 사고관련변수

독립변수	정의	기호	평균	범위
1. 일평균교통량 (ADT)	첨두시간교통량× 일평균 보정계수 (=13.9)	X ₁	47,308	12,858~108,476
2. 주도로 평균 차로폭원(m)	주도로 접근로의 평균 차로폭원	X ₂	3.15	2.85~4.40
3. 부도로 평균 차로폭원(m)	부도로 접근로의 평균 차로폭원	X ₃	3.66	2.80~5.25
4. 상향중단경사 (%)	횡단보도기준 상향중단경사(+)	X ₄	1.26	0.00~8.60
5. 하향중단경사 (%)	횡단보도기준 하향중단경사(-)	X ₅	-0.74	-6.70~0.00
6. 교차각 (°)	접근로의 교차각 (°)	X ₆	77.63	21.0~90.0
7. 신호현시 수	신호운영 현시수	X ₇	4.23	2~6
8. 교통섬 수	교통섬의 수	X ₈	0.87	0~4
9. 횡단보도 수	(도류화내 제외)	X ₉	3.46	0~4
10. 좌회전차로수	전체 좌회전수	X ₁₀	2.02	0~6
11. 우회전차로수	전체 우회전수	X ₁₁	0.79	0~6
12. 이중정지선	전체 이중정지선수	X ₁₂	0.31	0~4
13. 유턴구역 수	전체 유턴구역수	X ₁₃	0.58	0~4
14. 제한속도 차	접근로별 제한속도의 차	X ₁₄	8.98	-20~50
15. 교차로면적 (m ²)	횡단보도를 포함한 교차로 면적	X ₁₅	1.32	0.74~2.35

주: ① 일평균교통량(ADT)은 중단의 '2004년 청주시 전자교통신호운영에 따른 교통량 조사자료,와 이두희(2005)의 연구에서 활용한 대전시 일평균 보정계수(=13.9)'를 적용하여 산출
 ②~⑮ 청주시내 4지 신호교차로 181개소의 도로환경요인에 대해서는 현지조사와 기준년도의 청주시 전자교통신호운영 자료를 이용함.

교발생에 차이가 나타난다.

둘째, 교통사고율법은 도로환경에 대한 차량의 노출빈도가 달라질 경우 단순 사고건수를 통한 직접 비교의 한계를 극복하기 위해 일반적으로 이용되는 방식이다. 본 연구와 같이 교차로를 대상으로 사고율을 산출하는 경우 백만 진입 차량당 사고율(MEV)을 이용하는 것이 일반적이다.

셋째, 대물피해사고 환산법 (EPDO: Equivalent Property Damage Only)은 각 지점의 피해가 가장 큰 교통사고를 기준으로 하여 각 교통사고를 대물피해로 환산하여 비교하는 방법으로 단순 사고건수 비교의 한계성

을 극복하여 교통사고 원인에 대한 다각적인 분석이 가능하다.

N. 모형의 개발 및 결과분석

1. 변수간의 상관관계

변수간의 상관관계를 분석하기 위하여 신뢰수준을 95%($\alpha=0.05$)로 하여 사고건수(Y₁), 백만 진입 차량(MEV)당사고율(Y₂), EPDO(Y₃)를 종속변수로 하고 ADT(X₁), 주도로 평균차로폭원(X₂), 부도로 평균차로폭원(X₃), 상향중단경사(X₄), 하향중단경사(X₅), 접근로교차각(X₆), 현시수(X₇), 교통섬(X₈), 횡단보도(X₉), 좌회전차로(X₁₀), 우회전차로(X₁₁), 이중정지선(X₁₂), 유턴구역수(X₁₃), 제한속도차(X₁₄), 교차로면적(X₁₅) 등을 독립변수(X_i)로 이용하였다.

상관 분석한 결과는 위의 〈표 6〉과 같으며 주요내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 교통사고건수(Y₁)와 밀접한 양의 상관관계를 가지고 있는 것으로는 ADT(X₁), 교차로면적(X₁₅), 좌회전차로(X₁₀) 등 이다. 음의 상관관계로는 주도로 평균차로폭원(X₂), 부도로 평균차로폭원(X₃), 교차각(X₆), 주도로와 부도로의 제한속도차이(X₁₄) 등으로 주도로 평균차로폭원이 넓어지거나, 교차각이 90°에 가까울수록, 그리고 접근로의 제한속도에 차이가 클수록 사고가 적게 나타났다.

둘째, 사고율(Y₂)과 비교적 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로는 교차로면적(X₁₅), 상향경사(X₄), 좌회전차로(X₁₀) 등 이다.

셋째, 사고의 심각도를 나타낸 EPDO(Y₃)의 경우는 교통사고건수(Y₁)와 같은 변수들이 상관관계를 유지하고 있음을 알 수 있다.

넷째, 독립변수들간의 관계에 있어서 ADT(X₁)와 교차로면적(X₁₅)의 상관계수는 0.693으로 두 변수간은 다중공선성의 문제가 있는 것으로 나타났다.

8) 이두희(2005), "횡단보도 보행자의 동태적 행위관련 안전예측모형 개발", 대한도목학회논문집 제25권 제3호 pp.439~445.

대전시 주요가로 일평균 교통량 보정계수

각 년도	보정계수
2000	13.7
2001	13.9
2002	14.0
2003	14.0
평균값	13.9

〈표 5〉 종속변수의 집계

번호	사고 건수	사고율	EP DO	번호	사고 건수	사고율	EP DO	번호	사고 건수	사고율	EP DO
1	7	0.644	15.0	51	13	0.775	35.0	101	14	0.631	32.0
2	8	0.775	18.0	52	4	0.388	8.0	102	8	0.432	22.0
3	6	0.466	16.0	53	24	0.759	60.0	103	7	0.780	21.0
4	5	0.418	13.0	54	7	0.335	19.0	104	4	0.222	12.0
5	6	0.574	16.0	55	7	0.341	21.0	105	4	0.617	12.0
6	17	1.219	43.0	56	13	0.472	29.0	106	1	0.162	3.0
7	13	0.533	33.0	57	4	0.282	10.0	107	7	1.041	21.0
8	20	1.084	48.0	58	1	0.101	3.0	108	5	0.291	22.0
9	4	0.270	19.0	59	5	0.282	13.0	109	2	0.183	6.0
10	2	0.170	6.0	60	25	0.754	61.0	110	8	0.764	22.0
11	5	0.361	9.0	61	9	0.401	21.0	111	11	0.652	23.0
12	1	0.102	3.0	62	2	0.167	6.0	112	5	0.296	15.0
13	15	0.718	31.0	63	4	0.556	8.0	113	4	0.177	12.0
14	8	0.581	18.0	64	3	0.300	7.0	114	4	0.477	10.0
15	3	0.331	9.0	65	2	0.240	6.0	115	4	0.236	6.0
16	7	0.377	17.0	66	3	0.206	7.0	116	12	0.826	32.0
17	5	0.448	13.0	67	3	0.270	9.0	117	5	0.342	13.0
18	1	0.138	1.0	68	20	0.657	52.0	118	3	0.113	7.0
19	2	0.207	6.0	69	16	0.544	42.0	119	5	0.280	11.0
20	12	1.114	24.0	70	43	1.173	103.0	120	6	0.383	18.0
21	1	0.100	3.0	71	10	0.392	28.0	121	10	0.457	26.0
22	3	0.172	5.0	72	2	0.093	6.0	122	10	0.439	30.0
23	3	0.129	9.0	73	4	0.401	12.0	123	4	0.185	8.0
24	6	0.513	27.0	74	12	0.887	30.0	124	13	0.490	31.0
25	1	0.087	12.0	75	8	0.388	18.0	125	4	0.284	10.0
26	7	0.618	28.0	76	10	0.483	26.0	126	5	0.332	11.0
27	1	0.083	3.0	77	15	0.476	37.0	127	18	0.792	52.0
28	8	0.605	14.0	78	6	0.850	10.0	128	14	0.649	38.0
29	8	0.292	18.0	79	7	0.328	15.0	129	2	0.130	4.0
30	17	0.762	39.0	80	19	0.835	45.0	130	2	0.209	2.0
31	7	0.309	28.0	81	8	0.506	31.0	131	2	0.185	6.0
32	12	0.604	37.0	82	9	0.337	21.0	132	17	0.797	52.0
33	13	0.604	33.0	83	5	0.301	22.0	133	18	0.784	50.0
34	7	0.361	17.0	84	2	0.110	2.0	134	1	0.129	3.0
35	4	0.222	10.0	85	2	0.136	2.0	135	12	0.644	34.0
36	12	0.737	28.0	86	3	0.639	7.0	136	21	0.985	57.0
37	3	0.168	7.0	87	9	0.352	21.0	137	14	0.658	32.0
38	4	0.267	10.0	88	7	0.426	19.0	138	4	0.432	10.0
39	6	0.335	18.0	89	5	0.230	22.0	139	31	0.783	73.0
40	7	0.357	30.0	90	17	0.745	56.0	140	5	0.272	13.0
41	9	0.568	25.0	91	16	0.683	38.0	141	4	0.384	12.0
42	8	0.541	20.0	92	2	0.150	6.0	142	5	0.431	13.0
43	23	0.903	63.0	93	1	0.058	3.0	143	12	0.577	32.0
44	11	0.651	27.0	94	7	0.598	17.0				
45	6	0.216	14.0	95	9	0.400	21.0				
46	12	0.882	30.0	96	5	0.424	15.0				
47	5	0.262	13.0	97	1	0.127	3.0				
48	10	0.459	22.0	98	4	0.211	10.0				
49	22	0.802	54.0	99	14	0.683	34.0				
50	20	0.780	46.0	100	6	0.364	12.0				

2. 다중회귀모형

본 연구에서는 <표 6>을 이용하여 분석의 정확성을 높이기 위해 전체 교차로의 교통사고건수, 교통사고율, 대물피해사고 환산법(EPDO)를 종속변수로 설정하여 단계별 회귀방법(Stepwise Regression)으로 다중회귀 분석을 실시하였다.

1) 교통사고건수 추정모형 및 결과

교통사고건수에 대해 모형식을 개발한 결과는 <표 7>과 같으며 R² 값이 0.612, F값이 43.225, 유의확률이 0.00으로 통계적으로 모형이 유의한 것으로 나타났다. 사고건수는 일평균교통량이 증가할수록, 횡단보도수가 많을수록, 종단경사가 클수록, 그리고 주도로 평균차로 폭원(3.15m)보다 좁을수록 사고가 증가함을 알 수 있었으며, 낮은 수치지만 제한속도 차이가 클수록 사고가

감소하고 있는 것은 속도가 높은 주간선 도로상의 교차로에서 많은 사고가 발생하고 있음을 고려할 때 적합한 결과라 판단된다.

<표 7> 교통사고건수 추정모형 분석결과

모형	모형식	R ²
1	$Y = 16.507 + 2.562X_1 - 7.615X_2 + 0.978X_9 + 0.809X_4 - 0.087X_{14}$	0.612

모형	R ²	수정된 R ²	추정된 표준오차	Dubin-Watson	F	유의확률
1	.612	.598	4.197	2.226	43.225	.000

관련변수	비 표준화계수		t	유의확률
	B	표준오차		
(상수)	16.507	6.902	2.392	.018
ADT(X ₁)	2.562	.195	13.114	.000
주.평균차로폭(X ₂)	-7.615	2.032	-3.747	.000
횡단보도수(X ₉)	.978	.429	2.282	.024
상향종단경사(X ₄)	.809	.256	3.165	.002
제한속도차(X ₁₄)	-.087	.035	-2.475	.015

<표 6> 변수 간 상관분석 결과

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Y ₁	1.000								
Y ₂	0.785	1.000							
Y ₃	0.974	0.766	1.000						
X ₁	0.702	0.213	0.684	1.000					
X ₂	-0.287	-0.394	-0.277	-0.054	1.000				
X ₃	-0.184	-0.070	-0.173	-0.193	-0.083	1.000			
X ₄	0.184	0.227	0.163	0.050	-0.053	0.060	1.000		
X ₅	0.138	0.113	0.110	0.082	-0.128	-0.054	0.032	1.000	
X ₆	-0.052	0.004	-0.056	-0.112	-0.173	-0.011	-0.078	0.200	1.000
X ₇	0.239	0.183	0.199	0.212	-0.083	-0.274	0.033	-0.036	0.025
X ₈	0.294	0.069	0.253	0.363	0.065	-0.207	0.051	0.123	-0.178
X ₉	0.147	0.168	0.107	-0.047	-0.152	-0.187	-0.014	0.065	0.018
X ₁₀	0.460	0.227	0.445	0.523	-0.146	-0.192	0.064	0.082	0.039
X ₁₁	0.257	0.099	0.225	0.176	-0.020	-0.232	0.094	0.076	-0.015
X ₁₂	0.022	0.069	-0.012	-0.003	0.226	-0.038	0.014	0.056	-0.336
X ₁₃	0.207	0.176	0.205	0.176	-0.048	0.089	-0.074	0.098	0.021
X ₁₄	-0.055	-0.112	-0.048	0.129	0.120	0.146	0.246	-0.102	-0.117
X ₁₅	0.617	0.307	0.587	0.693	-0.134	-0.167	0.089	0.141	0.068

	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅
X ₇	1.000								
X ₈	0.243	1.000							
X ₉	0.339	0.173	1.000						
X ₁₀	0.288	0.278	0.054	1.000					
X ₁₁	0.170	0.555	0.216	0.299	1.000				
X ₁₂	0.030	0.068	0.106	-0.013	-0.104	1.000			
X ₁₃	0.157	0.008	0.044	0.297	-0.086	0.085	1.000		
X ₁₄	0.025	0.101	-0.193	0.092	0.034	0.004	0.023	1.000	
X ₁₅	0.294	0.331	0.092	0.787	0.290	-0.043	0.336	0.132	1.000

주) pearson 상관계수

2) 교통사고율 추정모형 및 결과

교통사고건수법이 갖는 한계를 다소나마 극복하기 위해 제시된 방법인 교통사고율법은 그 자체에 교통량이 반영되었기 때문에 추정모형의 설명력(R²)값이 0.304, F값이 11.953이며 유의확률은 0.000으로 나타났다. 교차로면적이 넓을수록, 종단경사가 클수록, 이중정지선이 많을수록 그리고 주도로 평균차로폭원(3.15m)보다 좁을수록 사고율이 증가하였다. 또한 접근로의 제한속도 차이가 적을수록 사고율이 증가함은 주간선도로와 주간선도로가 교차되는 주요교차로에서 사고율이 높은 것을 감안할 때 타당한 결과라 판단된다.

따라서 신호교차로에서의 사고예방을 위해서는 이중정지선 제거와 종단경사 조정을 위한 적극적인 교차로 구조개선 사업이 필요하다고 판단되며, 신설교차로에 대해서는 설계속도에 맞는 차로폭과 평면교차로 설치기준에 맞는 최소종단경사 이상을 확보해야 하겠다. 주간선도로와 주간선도로가 교차하는 지점에 대해서는 교차점 입체교차 등의 개선을 통해 교통소통 및 안전성을 확보할 수 있는 방안 마련이 필요하다

3) EPDO 추정모형 및 결과

EPDO에 대해 모형식을 개발한 결과는 <표 9>와 같으며 일평균교통량(ADT), 주도로 평균차로폭원, 종단경사 및 제한속도차 등의 관련변수를 고려한 모형식의 설명력(R²) 값은 0.559로 분석되었다. 우리나라와 같이 일정기준 이상 교통사고가 발생한 지점을 사고 잦은 곳

<표 8> 교통사고율 추정모형 분석결과

모형	모형식	R ²
1	$Y = 1.796 - 0.534X_2 + 0.234X_{15} + 0.040X_4 + 0.055X_{12} - 0.004X_{14}$	0.304

모형	R ²	수정된 R ²	추정된 표준오차	Dubin -Watson	F	유의 확률
1	.304	.278	.221	2.280	11.953	.000

관련변수	비 표준화계수		t	유의 확률
	B	표준오차		
(상수)	1.796	.365	4.916	.000
ADT(X ₁)	-.534	.110	-4.487	.000
주.평균차로폭(X ₂)	.234	.064	3.658	.000
횡단보도수(X ₉)	.040	.013	2.994	.003
상향종단경사(X ₄)	.055	.025	2.182	.031
제한속도차(X ₁₄)	-.004	.002	-2.117	.036

으로 선정하는 것은 그 지점이 사고 발생율이 높다는 것만을 의미할 뿐 그 지점에서 발생한 교통사고가 얼마나 위험한지를 나타내는 것은 아니다. 따라서, 신호교차로 교통사고의 심각성 및 특성분석이라는 본 연구의 목적에 가장 부합되는 방법은 사고의 피해 심각도를 고려한 EPDO 방법이라고 판단된다.

<표 9> EPDO 추정모형 분석결과

모형	모형식	R ²
1	$Y = 55.300 + 6.253X_1 - 20.188X_2 + 1.804X_4 - 0.232X_{14}$	0.559

모형	R ²	수정된 R ²	추정된 표준오차	Dubin -Watson	F	유의 확률
1	0.559	0.546	11.240	2.052	43.710	.000

관련변수	비 표준화계수		t	유의 확률
	B	표준오차		
(상수)	55.300	17.327	3.192	.002
ADT(X ₁)	6.253	.523	11.957	.000
주.평균차로폭(X ₂)	-20.188	5.396	-3.742	.000
상향종단경사(X ₄)	1.804	.685	2.635	.009
제한속도차(X ₁₄)	-.232	.093	-2.496	.014

V. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

도시내 교차로 전체를 범위로 하는 사고특성분석과 도로환경요인의 상관분석에 관한 연구는 현재까지 미비한 실정이며 대부분의 기존 연구들은 교통사고가 일정 수준이상 발생한 일부 교차로를 대상으로 하거나, 수년간 사고 잦은 곳으로 선정된 지점들을 대상으로 하고 있다. 이렇게 제한된 범위를 갖는 연구들은 교통사고의 건수는 적지만 심각도가 높은 다수의 교차로들을 분석에 포함하지 못함으로써 종합적인 교통안전대책의 기초자료로서의 활용성이 다소 떨어질 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 기존 연구의 한계를 극복하기 위해 2004년도 청주시 4지 신호교차로 전체를 대상으로 포괄적인 도로환경 요인과 교통사고와의 상관관계 분석 및 사고추정모형을 개발하는데 목적을 두었으며 모형개발의 결과는 다음과 같다.

첫째, 교통사고건수를 종속변수로 한 다중회귀분석에서는 R² 값이 0.612으로 비교적 높은 상관관계를 보였

으며 ADT, 주도로 평균차로폭원, 횡단보도수, 종단경사, 제한속도차이 등이 교통사고건수에 많은 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.

둘째, 교통사고율 추정모형의 경우 설명력값(R^2)은 김홍상(1998)의 경기도내 42개 교차로를 대상으로 한 교통사고특성에 관한 연구에서 도출된 결과 0.323와 유사한 0.304로 분석되었다. 대부분의 교통사고는 어느 하나의 요인에 의하여 발생하는 것이 아니라 인적요인, 차량요인, 도로환경요인 중 어떠한 두 가지 이상 요인의 복합작용에 의해 교통사고의 98%이상이 발생하고 있다는 기존연구 결과를 감안하여 향후 연구에서는 다양한 요인들을 고려하는 것이 필요하다.

셋째, 청주시 4지 신호교차로의 안전성 향상을 위한 정책수립 기초자료로서 본 연구의 목적에 부합되는 EPDO 모형식의 설명력값(R^2)은 0.559로 변수들 간의 상관관계가 비교적 높게 나타났다. 주요 영향요인으로는 ADT, 주도로 평균차로폭원, 종단경사 및 제한속도 차이가 있으며 구체적인 설명은 다음과 같다.

- ① ADT(일평균교통량)은 기존 연구와 마찬가지로 교통사고에 밀접한 관련성이 있는 변수로 확인되었기 때문에 교통량이 집중되는 교차로의 안전성 확보를 위해서는 교차로의 기하구조 개선, 교차점 입체교차 등의 적극적인 개선이 요구된다.
- ② 분석결과, 주도로 평균차로폭원(3.15m)보다 좁으면 사고가 증가하고, 차로폭원이 넓으면 사고가 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 도시부 도로의 일반적인 설계속도에 준하는 3.25~3.5m의 차로폭원이 교통안전상 바람직한 것을 알 수 있다. 또한 교차로주변의 차로폭을 줄이는 불법주정차 차량, 버스배이 형식이 아닌 버스정류장이 교통사고에 상당한 영향을 주기 때문에 적극적인 단속과 구조개선이 필요함을 알 수 있다.
- ③ 신호교차로의 특성상 교통사고에 미치는 종단경사의 영향은 미미하나, 동절기 노면결빙이나 우천시 미끄러움으로 인한 사고가 빈번히 발생하므로 교차로 접근로의 종단경사 개선 및 미끄럼방지 시설 등의 설치가 필요한 것으로 나타났다.

2. 향후 연구과제

본 연구에서 제시한 사고추정모형은 향후 보완해야

할 몇 가지 과제가 있다.

첫째, 단순히 도로환경요인만을 이용하여 교통사고와의 상관성을 분석하였으므로 향후 연구에서는 인적요인과 차량요인 등을 복합적으로 고려한 설명력 높은 모형 개발이 필요하다

둘째, 교통사고는 주변 지역의 토지이용 특성에 따라 차량 및 보행행태가 변화하므로 이를 정확히 설명할 수 있는 변수의 선택 및 적용에 대한 논리개발이 요구된다.

셋째, 사고추정을 위해 신호유무, 다양한 교차형태 및 다른 지역 교차로와의 비교 연구가 요구되며 교통사고가 불규칙하게 발생하고 있음을 고려할 때, 포아송 회귀분석 및 음이항 회귀분석 등의 비선형회귀분석을 이용한 추정모형 개발이 필요하다.

참고문헌

1. 강승립(2003), "고속도로 선형조건과 GIS기반 교통사고위험도지수 분석", 서울대학교 박사학위논문.
2. 국토연구원(1996), "도로기하구조와 안전성의 상호관계분석".
3. 김홍상(1987), "교통사고의 기술 방법에 관한 연구", 서독 칼스루에 공과대학 박사학위논문.
4. 김홍상(1998), "국도교차로 형태에 따른 교통사고 특성에 관한 연구", 한국과학재단.
5. 김효중(1997), "교통사고 유형에 미치는 영향요인 분석에 관한 연구", 전남대학교 박사학위논문.
6. 류승욱(2005), "고속도로 교차점의 기하구조와 교통사고의 관계설정 및 모형분석", 충북대학교 박사학위논문.
7. 박병호(1995), "충청권의 교통사고 예측모형 개발에 관한 연구", 대한교통학회지, 제13권, 제1호, 대한교통학회, pp.63~82.
8. 박병호·류승욱(2006), "위험한 고속도로 교차점 및 연결로의 규명", 한국지역개발학회지 제18권 제2호, pp.23~42.
9. 성낙문(2001), "교통사고예측모형을 이용한 도로의 안전도 평가방법 연구, 교통개발연구원.
10. 심관보(1998), "교차로 교통사고 위험도평가지수의 개발에 관한 연구", 교통안전연구논문집 제17권, pp.17~31.

11. 이두희(2005), "횡단보도 보행자의 동태적 행위관련 안전예측모형 개발", 대한토목학회논문집 제25권 제3호 pp.439~445.
12. 임운택(1993), "도로특성이 교통사고에 미치는 영향 분석." 연세대학교 석사학위논문.
13. 임현연·이일병(1990), "한국의 교통사고예측모형 개발에 관한 연구", 대한교통학회지, 제8권 제1호, 대한교통학회, pp.73~80.
14. 임현연·이일병(1992), "부산시 교통사고예측모형의 개발", 대한교통학회지, 제10권 제3호, 대한교통학회, pp.103~122.
15. 최재성·원제무(2001), "교통공학(개정판)", pp.578~580.
16. 하오근(2005), "국도변 신호교차로 안정성 향상을 위한 사고예측모형개발과 심각도 분석", 한양대학교 석사학위논문.
17. 하태준·김현상(1996), "신호교차로 교통사고 요인분석과 그 대응책에 관한 연구", 도로교통안전관리공단.
18. 하태준·강정규·박제진(2001), "신호교차로 교통사고 예측모형의 개발 및 적용 (광주광역시 4-지 신호교차로를 중심으로)", 대한교통학회지, 제19권 제6호, 대한교통학회, pp.207~218.
19. 홍정열(2002), "신호교차로에서의 사고 예측모델개발 및 위험수준결정 연구", 한양대학교 석사학위논문.
20. 도로교통안전관리공단(2005), "2004년도 청주시 전자교통신호체계 운영자료 및 교통량조사자료."
21. Carl Belanger, "Estimation of safety of four-legged unsignalized intersections", TRR 1467.
22. FHWA(1999), "Crash Models for Rural Intersections: Four-Lane by Two-Lane Stop-Controlled and Two-Lane by Two-Lane Signalized"
23. James A. Bonneson and Patrick T. McCoy, "Estimation of safety at two-way stop-controlled intersections on rural highways", TRR 1401.
24. Ping Yi, Yingcai Xiao,(2001), "Rule-Based Model For Traffic Accident Visualization and Analysis", Journal of Computing in Civil Engineering.

✉ 주 작성자 : 박정순

✉ 교신저자 : 박정순

✉ 논문투고일 : 2006. 10. 28

✉ 논문심사일 : 2006. 11. 29 (1차)

2007. 1. 2 (2차)

2007. 1. 29 (3차)

2007. 2. 13 (4차)

2007. 2. 26 (5차)

2007. 3. 19 (6차)

✉ 심사판정일 : 2007. 3. 19

✉ 반론접수기한 : 2007. 8. 31