청주시 3지 신호교차로에서의 교통사고 모형

Traffic Accident Models At 3-Legged Signalized Intersections In Cheong-ju

박 병 호 (충북대학교 도시공학과 교수)
김 영 국 (충북대학교 산업대학원)
양 정 모 (충북대학교 도시공학과 석사과정)
한 상 욱 (충북대학교 도시공학과 석사과정)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구배경 및 목적
2. 연구범위 및 방법
Ⅱ. 기존 문헌 고찰
1. 사고모형의 이론적 고찰
2. 기존 연구현황
3. 기존연구와의 차별성
Ⅲ. 분석틀의 설정
1. 자료의 수집 및 분석
2. 분석모형 선정
Ⅳ. 교통사고 예측모형 개발
1. 변수간의 상관관계
2. 모형개발
Ⅴ. 결과분석
1. 다중선형회귀모형
2. 다중비선형회귀모형
3. 포아송회귀모형
4. 종합분석
Ⅵ. 결론 및 향후 연구과제
참고문헌

Ⅰ. 서 론

1. 연구배경 및 목적

국내 자동차대수는 1980년대 후반부터 보급이 확대되어 90년대 이후로 꾸준히 증가하여왔다. 하지만 급격한 차량 증가에 따른 교통안전에 대한 대책은 뒷받침 되지 않아 교통사고 건수는 1980년대 약 12만 건에서 2004년 약 22만 건으로 지속적으로 증가해 왔으며, 이 중 교차로 사고는 2004년 교통사고 220,755건 중 25.9%인 57,268건으로 높은 비율을 차지하고 있어 교차로의 안전성을 증대를 위한 노력이 필요한 실정이다.

청주시의 교통사고는 2004년 3,155건으로 이중 교차로에서 발생한 교통사고는 51.1%인 1,592건이 발생했으며, 신호교차로에서 92.7%에 해당하는 1,474건이 발생했다. 이는 교차로 사고 중 신호교차로 사고가 높은 비중을 차지하며, 이에 따른 안전 대책이 시급함을 시사하고 있다.

청주시의 간선도로 상에는 많은 4지 교차로와 3지 교차로가 연결되어 도로 네트워크를 구성[1]하고 있는데, 3지 신호교차로의 대부분은 주도로와 부도로가 연결되어 있어 비효율적으로 운영되고 있는 것을 관찰 할 수 있다.

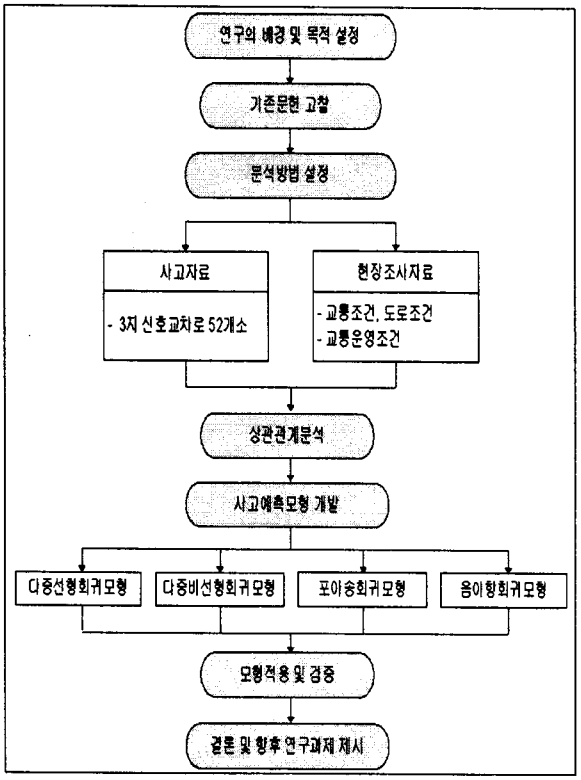
이에 본 연구에서는 청주시를 대상으로 교차로 중 3지 신호교차로의 도로조건, 교통조건, 교통운영조건 등을 분석하여 안전성에 방해가 되는 요소들을 찾아내고 그 요소들과 사고와의 상관관계를 파악하여 안전성을 예측할 수 있는 사고 예측모형을 개발하고자 한다. 교차로의 안전에 영향을 주는 요소선정과 사고예측모형개발 방법에는 많은 차이가 있으므로 가장 간단하면서도 정확한 모형을 사용할 수 있도록 하는 모형개발이 본 연구의 목적이며, 3지 신호교차로 사고예측모형은 사전에 위험요소들을 처리하여 적절한 교통안전 대책과 정책을 세울

1) 김영철(2003), "독립 3지 교차로의 차로운영개선 방안에 관한 연구", p.1

수 있도록 방향을 제시하고 교차로의 안전성을 높이려는데 목적이 있다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구는 청주시 3지 신호교차로 교통사고 예측모형 개발을 위해 청주시 신호 교차로를 공간적 범위로 설정하여 교통사고현황 및 특성을 규명하기 위하여 청주시 3지 신호교차로 52개 지점을 대상으로 「충북지방경찰청의 2004년도 사고자료DB(TAMS)와 도로교통안전관리공단(이하 공단)의 사고 충돌도」를 활용하여 교통사고 유형 및 교통조건을 분석하였으며, 교통량과 차로폭, 횡단거리, 교차각, 현시수, 교통섬, 제한속도, 정류장 등과 같은 교통사고 관련 변수들을 현장조사(2007년 1월~2월)를 통해 수집·정리하였다. 정리된 자료는 분석을 위해 LIMDEP 8.0을 이용하였으며, 각 변수들 간의 상관관계를 분석하고 다중선형(multiple linear)회귀분석, 다중비선형(multiple nonlinear)회귀분석, 포아송(poisson)회귀분석, 음이항(negative binomial)회귀분석 통해 사고예측모형을 개발 하고자 하였다. 연구의 수행 흐름은 다음 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구수행 흐름도

II. 기존 문헌 고찰

1. 사고모형의 이론적 고찰

1) 다중선형(multiple linear)회귀모형

다중회귀분석은 둘이상의 독립변수가 하나의 종속변수에 미치는 영향을 분석하거나 종속변수의 값을 예측하기 위하여 독립변수와 종속변수간의 회귀방정식을 구하는 과정을 말한다. 단순회귀모형은 하나의 독립변수와 종속변수로 구성된다. 하지만 사실상 하나의 단일 요인에 의해서 결정되는 경우는 매우 드물다. 즉 ,회귀분석은 결국 인과관계의 설명과 종속변수가 취할 값의 예측이라는 효용을 갖는데, 이점에서 다중회귀분석이 훨씬 앞선다.

이 분석의 장점은 오차분산을 줄이고 종속변수에 대한 보다 상세한 설명력을 주며 다른 독립변수의 값을 통제한 상태에서 특정 독립변수가 종속변수에 독립적으로 행사하는 영향력을 측정할 수 있다. 다중회귀식의 일반식을 서술하면 식(1)과 같다.

$$Y = \alpha + \beta_1 + x_1 + \cdots + \beta_i x_i + \epsilon \quad \cdots\cdots(1)$$

2) 포아송(poisson) 회귀모형

포아송 분포는 각 사건이 서로 독립적이고 일정한 발생 확률을 가지고 있다는 전제로 일정 기간 동안에 어떤 사건이 몇 번 발생하는지의 확률을 나타낸다[2]. 포아송 회귀식의 일반식을 서술하면 식(2)와 같다.

$$\hat{Y}_i = \exp(\beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_m X_m$$
$$= \exp(\sum_{j=0}^{m} \beta_j X_j) \quad \cdots\cdots(2)$$

위에서 모형계수인 β는 최우추정법(Maximum-Likelihood)을 이용하여 계산된 것이다. 따라서 포아송 회귀모형은 종속변수가 일정기간동안 주어진 사건발생횟수를 나타내고, 과분산되지

2) 오주택외 2명(2005), "국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형개발", 대한토목학회지, p.11

않는 경우 상세한 설명력을 줄 수 있다.

2. 기존 연구현황

교차로 사고에 영향을 미치는 요소는 매우 다양하기 때문에 각기 다른 요소들에 의해 발생하는 교통사고를 예측하고 그 원인을 분석·해석하기 위해 국내·외에서 많은 연구가 수행되고 있다.

1) 국내 연구현황

임윤택(1993)의 연구에 따르면 교통량과 횡단보도수가 많으며 교차각이 작은 교차로에서 사고가 많이 발생하는 결과를 도출하였다.

하오근(2005)의 연구에서는 포아송 회귀모형을 사용하여 ρ^2(우도비), 상관계수, MAD, MPB를 알아보고 가장 적합한 결과가 도출된 모델을 주 모델로 선정하여 사고예측모형을 만들고 ρ^2(우도비), χ^2(Chi-squaer)의 값으로 모형 설명력 검증하여 사고 심각도를 분석하였다.

홍정렬(2002)의 연구에서는 각 조사대상 변수들이 사고에 얼마나 영향을 주는지를 비선형 회귀모형을 이용하여 분석한 후 다른 모형과 비교검증 및 Spearman 순위상관계수를 통해 모형을 검증하였다.

남궁헌(2001)의 연구에서는 지금까지 발생한 교차로 교통사고 자료를 대상(광주광역시)으로 교차로 예측모형을 개발하고 이를 이용해 단기 교통사고를 예측하거나, 다중회귀분석을 통해 기존의 교차로나 신설된 신호 교차로 교통사고를 예측하였다. 교통류를 F1(직진)F2(좌회전)F3(우회전)로 분류하여 총 12방향의 교통류 흐름을 각 타입별로 휘귀분석하여 모형식으로서의 적합성을 판단하였다.

성낙문 등 (2005)의 연구에서는 기존의 한계사고율법에 내제되어 있는 한계를 교통사고예측모형을 이용하여 합리적으로 극복하는 방법을 제시하였다. 음이항 분포를 기반으로 정립된 모형에 의하여 한계사고건수를 산정하므로 교통사고 과분산으로 발생하는 문제점을 해결 할 수 있다고 보고 관측된 자료를 이용하여 적용한 결과, 연구에서 정립된 방법이 통계학적인 관점에서 벗어나지 않는 것으로 나타났다. 또한 개발된 방법은 개념이 간단하여 교통안전사업에 쉽게 적용 될 수 있을 것으로 판단했다.

2) 국외 연구현황

Hoong Chor Chin(2003)은 기존의 포아송, 다중 선형 회귀 분석의 한계를 설명하였고 교차로에 영향을 미치는 요소를 확인하기 위한 임의의 효과 음이항 모형(RENB)의 사용을 설명하고 싱가포로 신호교차로의 교통과 제어 특성들, 사고발생과 기하구조 사이의 관계를 조사에 적용하였다.

E.Hauer등(1988)의 연구에서는 교통류와 교통사고기록에 대한 정보를 가지고 신호 교차로의 안전도를 측정하기 위한 모형을 구축하였다. E.Hauer는 각 교차로에 대해 교통류 형태에 따른 위험성에 따라 순위를 정하는 절차의 유형으로 제시하였고, 이에 대한 유형별 교통사고 발생기대 건수 추정식을 제시하였다. 이 문헌에서 가장 중요한 결과로는 주어진 교통량과 사고기록을 가지고 어떤 교차로가 위험한지, 안전한지를 예측하는 것이었다.

Jose'M.Pardillo Mayora 등(2006)의 연구에 의하면 마드리드 폴리테크닉 대학 (Madrid Polytechnic University)에서 이전에 수행된 사고예측모형에 대해 정교화 하였고 노출, 사고수 ,도로설계의 변수를 가지고 음이항 회귀분석을 통해 구축하고 누적잔차분석과 sample의 무작위 제거(Random reduction of sample)를 통해 모델을 정교화 하였다.

3. 기존 연구와의 차별성

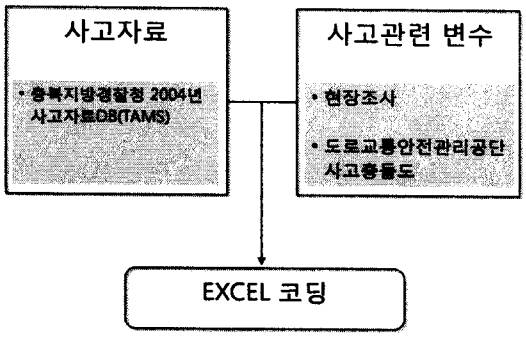
이 연구의 차별성은 두 가지를 들 수 있다. 첫째, 대부분 사고예측모형 논문의 공간적 범위는 도시부 간선도로를 대상으로 하고 있는데 비해, 이 연구는 도심지를 대상으로 하고 있다. 이는 실질적으로 사고의 위험성과 직결되는 대상지는 사람들이 살고 있는 도심지역임을 감안할 때, 다른 연구들에 비해 실용성 있는 연구가 될 것이라 판단된다. 둘째, 대상교차로의 구체화이다. 신호교차로는 다양한 형태를 띠고 있고 각, 형태마다 특성이 다르기 때문에 이 연구에

서는 구체성있는 연구를 위해 범위를 3지 신호 교차로에 국한하여 연구를 진행하였다.

III. 분석틀의 설정

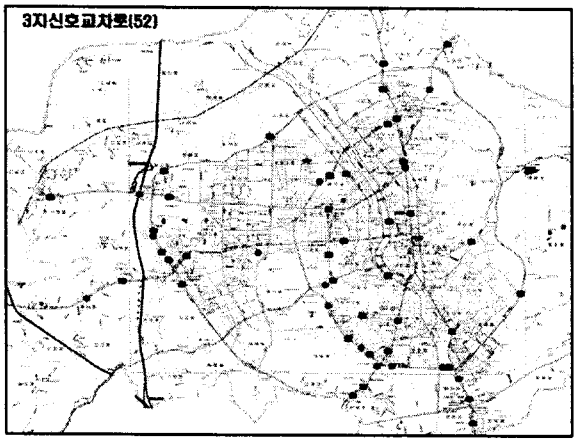
1. 자료수집 및 분석

분석의 틀을 설정하기 위해 사고자료 및 사고관련 변수들에 대한 자료수집이 필요한데, 자료를 수집하는 과정은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 자료조사 방법

사고 자료는 충북지방경찰청의 2004년도 사고자료DB(TAMS)를 활용하여 청주시 3지 신호교차로 52개 지점에 대한 사고건수 자료를 코딩하였고 사고 관련변수에 대한 자료 수집은 2007년 1월부터 2월까지 현장조사를 통해 수집하였다. 현장조사 지점은 <그림 2>과 같다.



<그림 2> 청주시 현장조사지점

다양한 사고관련 변수들을 수집하기 위해 교차로 접근방향별(a, b, c)로 구분하여 자료를 정리하였고, 접근로의 방향설정은 다음의 <그림 3>와 같다. 사고관련 변수들의 조사항목은 교차로 교통사고와 밀접한 관련이 있는 17개의 항목을 통하여 총 39개의 변수를 선정하여 코딩작업을 수행하였다.

청주시 3지 신호교차로의 사고는 총 227건 중에 사망사고 5건, 부상사고 165건, 물피사고 57건으로 나타났다.

또한, 사고의 교차로 위치별 사고율은 유입부에서 52%로 가장 높았으며, 교차로 내는 21%로 나타나 교차로의 유입부에서 교통사고가 많이 발생한다는 것을 알 수 있다.

사고유형으로는 차대 사람사고가 19건, 차대 차사고가 199건으로 가장 많았고, 차량 단독사고는 9건으로 가장 적게 나타났다.

주·야 사고건수를 비교해 보면 총 227건의 사고 중에 주간에는 113건 야간에는 114건으로 3지 신호 교차로의 사고는 주·야 간의 사고건수 차이는 없는 것으로 나타났다.

2. 분석모형 선정

1) 독립변수의 선정

현장조사를 통해 수집된 사고관련요소들 중 본 연구대상 3지 신호교차로에서 발생한 교통사고와 밀접한 관련성이 있을 것으로 판단되며, 다른 변수의 변화와는 관계없이 독립적으로 변화하고 이에 따라 다른 변수의 값을 결정하는 독립변수에 대한 현장조사 및 자료수집에 관한 방법을 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 사고관련변수

독립변수	기호	정의 (단위)
1.일평균교통량 (ADT)	X_1	첨두시간교통량×일평균보정계수 (=13.9)(대/일, pcu)
2.차로수차이	X_2	주·부도로 차로수 차이(차로수)
3.전체차로폭	X_3	교차로 전체 차로폭합
4.횡단거리	X_4	주도로의 정지선까지의 거리(m)
5.좌회전전용차로 유무	X_5	좌회전전용차로 유무 (없음:0, 있음:1)
6.우회전전용차로 유무	X_6	우회전전용차로 유무 (없음:0, 있음:1)
7.교통섬 유무	X_7	교통섬 유무(없음:0, 있음:1)

<표 계속>

8.횡단보도합	X_8	횡단보도의 합계
9.제한속도차이	X_9	주도로 제한속도-부도로 제한속도(kph)
10.종단경사절대값합	X_{10}	종단경사의 절대 값의 합(%)
11.교차각	X_{11}	주도로와 접근로의 교차예각(°)
12.이중정지선 유무	X_{12}	이중정지선 유무(없음:0, 있음:1)
13.유턴 유무	X_{13}	유턴 유무(없음:0, 있음:1)
14.정류장 유무	X_{14}	교차로 75m이내의 정류장 유무 (없음:0, 있음:1)
15.신호현시수	X_{15}	신호운영에 따른 현시수 (2현시:0, 3현시:1)
16.평균황색신호 시간	X_{16}	황색신호 시간의 평균(sec)

2) 종속변수 선정

본 연구에서 종속변수는 주어진 기간 동안에 도로의 구간이나 지점에서 발생한 교통사고건수를 토대로 안전도를 평가하는 방법인 교통사고건수법(빈도), 교통량의 차이에 따라 안전도에 대해서 평가하는 백만진입 차량당 사고율(MEV), 사망사고, 부상사고, 대물사고의 각 피해의 종류를 등가로 환산해서 하나의 피해단위로 나타내어 산정하는 대물피해사고 환산법(EPDO)에 의한 사고건수로 선정한다. 또한 백만진입 차량당 EPDO사고율을 종속변수로 선정하였다. 종속 변수의 선정은 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 종속변수의 선정

종속변수	정의	식
1.사고건수 (Y_1)	교차로내 사고건수의 합(건)	빈도
2.사고율 (Y_2)	백만진입 차량당 사고율(MEV)	사고건수×1000000 /(13.9×365×시간교통량)
3.EPDO (Y_3)	대물피해사고 환산법	12×사망사고+ 6×부상사고+물피사고
4.EPDO사고율 (Y_4)	백만진입 차량당 EPDO사고율	EPDO×1000000 /(13.9×365×시간교통량)

Ⅳ. 사고예측모형 개발

1. 변수간의 상관관계

1) 상관(correlation)분석

변수간의 상관관계를 분석하기 위해 종속변수인 사고건수(Y_1), 백만진입차량(MEV)당 사고율(Y_2), EPDO(Y_3), 백만진입차량(MEV)당 EDPO사고율(Y_4)과 독립변수(X_1~X_{16})와의 상관관계를 분석하였다. 상관관계의 유의성은 신뢰수준을 95%(α=0.05)로 하여 판단하였으며, pearson상관계수를 통해 두 변수간의 유의한 정도를 분석했다. 분석 결과는 다음 <표 3>과 같다.

<표 3> 상관분석 결과

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Y_1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y_2	0.74	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Y_3	0.81	0.56	1	-	-	-	-	-	-	-
Y_4	0.68	0.63	0.90	1	-	-	-	-	-	-
X_1	0.51	0.03	0.34	0.02	1	-	-	-	-	-
X_2	-0.37	-0.45	-0.24	-0.27	-0.00	1	-	-	-	-
X_3	-0.38	-0.55	-0.28	-0.36	0.12	0.92	1	-	-	-
X_4	0.07	-0.16	0.19	0.13	0.26	0.19	0.31	1	-	-
X_5	0.00	-0.21	-0.01	-0.10	0.28	0.17	0.25	0.06	1	-
X_6	-0.03	-0.12	0.02	0.05	0.06	0.02	0.14	0.34	-0.05	1
X_7	0.08	-0.14	0.08	0.08	0.13	-0.24	-0.00	0.24	0.12	0.46
X_8	-0.16	-0.17	-0.40	-0.37	-0.02	-0.12	-0.06	-0.16	0.22	-0.13
X_9	0.19	0.10	0.30	0.25	0.281	0.28	0.20	0.13	0.09	0.16
X_{10}	0.14	0.19	0.12	0.08	-0.10	-0.24	-0.25	-0.13	-0.15	-0.01
X_{11}	0.08	0.13	-0.08	-0.09	0.19	0.09	0.08	-0.20	0.25	0.10
X_{12}	-0.18	-0.23	-0.12	-0.09	-0.05	0.02	0.06	0.03	0.04	0.05
X_{13}	0.03	-0.09	-0.18	-0.20	0.15	0.37	0.44	0.01	0.09	0.23
X_{14}	-0.02	-0.02	0.03	0.01	-0.04	0.06	0.05	0.24	0.25	-0.20
X_{15}	0.03	-0.13	-0.19	-0.27	0.14	-0.10	0.01	0.02	0.22	-0.07
X_{16}	-0.19	-0.44	-0.15	-0.23	0.25	0.06	0.18	0.39	0.25	0.10
	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}
X_7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_8	-0.02	1	-	-	-	-	-	-	-	-
X_9	-0.17	-0.26	1	-	-	-	-	-	-	-
X_{10}	-0.08	-0.05	0.04	1	-	-	-	-	-	-
X_{11}	-0.25	0.14	0.24	-0.03	1	-	-	-	-	-
X_{12}	0.19	0.05	-0.25	-0.09	-0.49	1	-	-	-	-
X_{13}	0.08	0.16	0.28	-0.06	0.29	-0.09	1	-	-	-
X_{14}	-0.08	0.04	0.02	-0.04	-0.06	-0.15	-0.05	1	-	-
X_{15}	0.07	0.29	-0.08	-0.08	-0.14	0.16	0.20	0.01	1	-
X_{16}	0.39	0.12	-0.10	0.02	-0.08	0.24	0.04	0.11	0.19	1

분석 결과, 사고건수(Y_1)와 유의한 독립변수로는 교통량(X_1), 차로수차이(X_2), 전체차로폭(X_3)으로 분석되었으며, 선행 연구들과 마찬가지로 관련변수 중 교통량(X_1)은 사고건수와 가장 유의함을 확인할 수 있다.

사고율(Y_2)과 유의한 독립변수는 차로수차이(X_2), 전체차로폭(X_3), 이중정지선유무(X_{12}), 평균황색신호시간(X_{16})으로 분석되었으며, 이 중 전체차로폭(X_3)이 가장 상관계수가 높게 나타났다.

EPDO(Y_3)와 유의한 독립변수는 교통량(X_1), 전체차로폭(X_3), 횡단보도합(X_8), 제한속도차이(X_9)로 나타났다. 사고건수(Y_1)와 마찬가지로 교통량(X_1)과 가장 유의한 것으로 분석되었다.

EPDO사고율(Y_4)과 유의한 독립변수로는 전체차로폭(X_3), 횡단보도합(X_8), 제한속도차이(X_9), 현시수(X_{15}), 평균황색신호시간(X_{10})으로 분석되었다.

2) 다중공선성(multicollinearity) 분석

독립변수들 간의 유의성은 전체 모형에 설명력을 떨어뜨리는 결과를 가져오기 때문에 변수들 간의 상관분석을 통해 유의한 변수들을 고려하여 모형개발시 중복되어 채택하는 것을 피했다. 변수들 간의 다중공선성은 다음 <표 4>와 같다.

<표 4> 독립변수의 다중공선성

독립변수	다중공선성 변수
일평균교통량(ADT)(X_1)	좌회전전용차로유무(X_5), 제한속도차이(X_9)
차로수차이(X_2)	전체차로폭(X_3), 제한속도차이(X_9),
전체차로폭(X_3)	횡단거리(X_4), 유턴합(X_{13})
횡단거리(X_4)	우회전전용차로유무(X_6), 교통섬유무(X_7)
우회전전용차로유무(X_6)	교통섬유무(X_7)
교통섬유무X_7)	신호현시수(X_{13}), 평균황색신호시간(X_{16})
횡단보도합(X_8)	신호현시수(X_{15})
제한속도차이(X_9)	평균차로폭(X_2)
교차각(X_{11})	이중정지선유무(X_{12})

2. 모형개발

본 연구에서는 사고발생에 대한 예측모형을 개발하기 위해 사회과학 통계프로그램인 LIMDEP 8.0을 이용하여 사고예측모형을 개발하였고, 종속변수로 교통사고건수, 교통사고율, 대물피해사고 환산법(EPDO), EPDO율을 선정하여 다중선형 회귀모형, 다중 비선형 회귀모형, 포아송 회귀모형, 음이항 회귀모형의 4가지 모형개발을 실시하였다.

1) 다중선형(multiple linear)회귀분석

본 연구에서는 교통사고 예측모형의 정립(1차)을 이용하여 다중회귀모형을 구축한 결과 값을 구한 후 단계적 변수 증감법(Stepwise selection method)을 이용하여 통계적 유의성이 검증되지 않은 독립변수들을 제거하고 모형을 구축하였으며, 추정된 모형식에 따라 본 연구에서 설정한 최종적인 사고건수(Y_1), 교통사고율(Y_2), EPDO(Y_3), EPDO사고율(Y_4) 예측모형에서 모든 변수들이 통계적으로 유의성이 있는 것으로 분석되었다. 모형 1(사고건수(Y_1) 모형식)은 설명력(R^2)이 0.519으로 가장 높았으며, 모형 4(EDPO사고율(Y_4) 모형식)는 0.279로 가장 낮게 나타났다. 모형 1을 제외하고는 모형 2, 3, 4 모두 설명력이 낮아, 청주시 3지 신호교차로 모형개발에 있어서 선형회귀모형은 사고건수 외에는 적절하지 못함을 알 수 있다. 그 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 다중선형회귀모형식

모형	모형식	R^2
1	$Y_1 = 7.438 + 0.002X_1 - 1.829X_3 - 1.220X_{16}$	0.519
2	$Y_2 = 1.101 + 0.0004043X_1 - 0.179X_3 - 0.143X_{16}$	0.460
3	$Y_3 = 39.659 + 0.006X_1 - 9.068X_3 - 8.531X_8$	0.471
4	$Y_4 = 3.03 - 0.464X_3 - 0.375X_8$	0.387

2) 다중비선형(multiple nonlinear)회귀모형

같은 종속변수로 일반적인 비선형 회귀모형을 개발하였으며, 그 결과는 <표 6>과 같다. 사고율과 EPDO율을 구하는 과정에서는 교통량이 포함되기 때문에 독립변수에 교통량을 넣는 것

은 무의미하여 다중비선형 회귀모형에서는 교통사고율(Y_2)과 EPDO율(Y_4)을 제외시켰다.

<표 6> 다중비선형회귀모형식

모형	모형식	R^2
1	$Y_1 = 0.00019 \cdot X_1^{1218} \cdot \exp(^{-0.635X_3 - 0.197X_8}_{+0.412X_{13} - 0.312X_{16}})$	0.520
2	$Y_3 = 0.135606 \cdot X_1^{0.793} \cdot \exp(-0.532X_3 - 0.33X_8 + 0.019X_9)$	0.318

3) 포아송(poisson) 회귀분석

포아송 회귀분석을 통한 교통사고예측 모형 개발 결과는 <표 7> 같다. 앞의 분석과 마찬가지로 EPDO사고율을 종속변수로 한 모형 4이 가장 설명력(σ^2:0.4184)이 높게 나타났으며, E 사고건수를 종속변수로 한 모형 1이 가장 낮은 설명력을 보였다. 하지만 사고건수를 제외한 다른 모형들의 설명력이 앞의 모형식보다 설명력이 높게 나타났다.

<표 7> 포아송회귀모형식

모형	모형식	ρ^2
1	$Y_1 = \exp(1.8265 + 0.0004x_1 - 0.6594x_3 + 0.0125x_4 - 0.3734x_6 + 0.3384x_7 - 0.0984x_8 + 0.3697x_{13} - 0.28316x_{16})$	0.194
2	$Y_2 = \exp(5.0875 + 0.0001x_1 - 0.699x_3 + 0.0138x_4 - 0.5385x_{16})$	0.385
3	$Y_3 = \exp(2.3463 + 0.0004x_1 - 0.6515x_3 + 0.0176x_4 - 0.2606x_6 + 0.2764x_7 + 0.0143x_9 - 0.3594x_{15})$	0.375
4	$Y_2 = \exp(6.5328 + 0.0004x_1 - 0.6366x_3 + 0.0224x_4 + 0.1788x_5 - 0.3304x_6 + 0.4113_{x7} - 0.2429x_8 + 0.0088x_9 + 6.0511x_{10} + 0.2280x_{12} + 0.1054x_{13} - 0.1944x_{15} - 0.4217x_{16})$	0.418

V. 결과 분석

1. 다중선형회귀모형

교통사고건수(Y_1)에 가장 많은 영향을 미치는 변수는 교통량(X_1)으로서 표준화 계수값은 0.622로 나타나 교통량이 증가할수록 교통사고건수가 증가하는 것으로 나타났다. 다음으로 전체차로폭(X_3)에 대한 표준화 계수값이 -0.403으로 나타나, 전체차로폭이 좁아질수록 교통사고건수는 높아지는 것으로 분석되었다. 다음으로 교통사고율에 많은 영향을 미치는 변수는 평균황색신호시간(X_{16})으로서 표준화 계수값은 -0.265로 나타내었으며, 황색신호시간이 짧아질수록 교통사고건수는 증가하는 것으로 분석되었다.

교통사고율(Y_2) 에서는 전체차로폭이 표준화 계수값이 -0.491로 가장 큰 영향을 미쳤고 전체차로폭이 좁을수록 교통사고율이 높아지는 것으로 분석되었고 평균황색신호시간(X_{16})은 교통사고건수(Y_1)와 동일한 결과가 나왔다.

<표 8> 다중선형회귀 사고예측모형 결과

구분		비표준화계수 (UnStandardized Coefficients)		표준화 계수 (Standardized Coefficients)	t값
		계수	표준오차		
교통사고건수 Y_1	상수항	7.438	1,823	-	4.08
	교통량(x_1)	0.002	0.000	0.622	6.01
	전체차로폭(x_3)	-1.829	0.463	-0.403	-3.95
	평균황색신호시간(x_{16})	-1.220	0.481	-0.265	-2.54
교통사고율 Y_2	상수항	1.175	0.147	-	7.98
	전체차로폭(x_3)	-0.175	0.039	-0.491	-4.48
	평균황색신호시간(x_{16})	-0.128	0.040	-0.354	-3.23
EPDO Y_3	상수항	39.659	11.016	-	3.60
	교통량(x_1)	-8.531	2.366	-0.408	-3.61
	전체차로폭(x_3)	0.006	0.002	0.371	3.26
	평균황색신호시간(x_{16})	-9.068	2.974	-0.347	-3.05
EPDO율 Y_4	상수항	3.030	0.486	-	6.23
	횡단보도합(x_8)	-0.375	0.118	-0.386	-3.18
	전체차로폭(x_3)	-0.464	0.147	-0.382	-3.15

EPDO(Y_3)는 사고건수와 동일하게 교통량(X_1)이 가장 큰 영향을 끼쳤고 교통량이 줄어들수록 사고심각도가 높아졌고 교차로 전체 차로폭합이 크고 황색신호시간이 짧아질수록 사고심각도가 높아지는 것으로 분석 되었다.

EDPO사고율(Y_4)은 횡단보도수가 적을수록 높아지고 전체차로폭(X_3)은 좁을수록 높아지는

결과가 나왔다.

2. 다중비선형회귀모형

교통사고건수(Y_1)에 가장 많은 영향을 미치는 변수는 교통량(X_1)으로서 표준화 계수값은 0.528로 나타나 교통량이 증가할수록 교통사고건수가 증가하는 것으로 나타났다. 다음으로 전체차로폭(X_3)에 대한 표준화 계수 값이 -0.514로 나타나, 전체차로폭이 좁아질수록 교통사고건수는 높아지는 것으로 분석되었다. 또한 황색신호시간이 짧고 유턴을 하는 곳에서 사고가 많이 발생하였고 횡단보도의 합이 적을수록 사고가 증가하여 횡단보도의 중요성을 나타내고 있다.

EPDO(Y_3)은 전체차로폭(X_3)이 표준화 계수가 -0.337로 나왔고 유위확률도 0.009로서 사고심각도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그 외 교통량이 많고 교차로 내 횡단보도의 수가 적고 제한속도 차이가 클수록 사고심각도는 높아지는 것으로 분석되었다.

<표 9> 다중비선형회귀 사고예측모형 결과

구분		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
		B	표준오차	베타		
교통사고건수 Y_1	(상수)	-5.690	1.948		-2.922	.005
	교통량(X_1)	1.218	.247	.528	4.921	.000
	전체차로폭(X_3)	-0.635	.145	-.514	-4.383	.000
	평균황색신호시간(X_{16})	-0.312	.136	-.249	-2.298	.026
	유턴유무(X_{13})	0.412	.164	.296	2.513	.016
	횡단보도합(X_8)	.291	.105	.199	-1.880	.066
EPDO Y_3	(상수)	-1.998	2.957		-.676	.502
	제한속도차이(X_9)	.019	.010	.249	1.877	.067
	전체차로폭(X_3)	-.532	.195	-.337	-2.734	.009
	교통량(X_1)	.793	.373	.269	2.122	.039
	횡단보도합(X_8)	-.330	.158	-.261	-2.081	.043

EPDO(Y_3)는 전체차로폭(X_3)의 표준화 계수가 -0.337로 나왔고 유위확률도 0.009로서 사고심각도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그 외 교통량이 많고 교차로 내 횡단보도의 수가 적고 제한속도 차이가 클수록 사고심각도는 높아지는 것으로 분석되었다.

3. 포아송회귀모형

포아송회귀분석을 이용하여 개발된 사고예측모형의 결과와 모형을 설명하는 변수들의 통계적 특성은 <표 10>과 같이 나타났으며, 이 변수들의 P-value는 신뢰수준 90%($\alpha=0.1$)기준에 유의하다고 판단된다.

전체차로폭(X_3)은 다른 변수에 비해 4개의 종속변수에 대해 공통적으로 가장 큰 계수값이 도출되었고 교통사고에 가장 큰 영향을 미치는 결과로 나타났다. 본 연구의 결과를 살펴보면 전체차로폭(X_3)의 경우 회귀계수는 종속변수별로 -0.65939, -0.69904, -0.61506, -0.63664로 음의 계수값을 가지고 유의수준도 95%($\alpha=0.05$) 이내에서 매우 유의하다는 것을 알 수 있다. 또한 계수값의 크기를 보더라도 타 변수에 비해 큰 계수값이 도출되었는데 이는 3지 신호교차로 교통사고에 가장 큰 영향을 미치는 변수라는 것을 나타내 주고 있다.

교통량(X_1)의 경우 회귀계수는 모든 종속변수에 양(+)의 계수값을 가지고 신뢰수준 95%($\alpha=0.05$) 이내에서 매우 유의하다는 것을 알 수 있다. 교통량이 증가하게 되면 교통상황이 복잡하게 되고 운전자 상호간의 의사소통에 무리가 따르게 되며 차량간격도 좁아지게 되므로 많은 사고를 유발할 수 있고 사고율도 높아지게 된다. 사고심각도(EPDO), EPDO율 또한 교통량이 증가할수록 사망, 부상, 물피 사고등이 높아지는 것으로 나타났다.

횡단거리(X_4)를 살펴보면 회귀계수는 모든 종속변수에 양(+)의 계수값을 가지고 신뢰수준 또한 95%($\alpha=0.05$) 이내에서 매우 유의하다는 결과가 나왔다. 이것은 횡단거리가 길수록 교통사고가 많이 발생하고 사고율이 높으며 사고의 심각도 또한 높아지는 것을 나타낸다.

제한속도차이(X_9)의 경우 양의 계수값으로 제한속도가 상향조정이 됨에 따라 사고심각도(EPDO), EPDO율이 높아지는 것으로 나타났다.

우회전 전용차로(X_6)의 경우전용차로가 설치

되어 있지 않은 곳에 사고건수, 사고심각도(EPDO), EPDO율이 높아지는 것으로 나타났다. 우회전 차는 이 차로에서 감속 우회전하게 되기 때문에 설치하는 것이 사고수를 줄이며 사고심각도(EPDO)와 EPDO율을 낮출 것으로 분석된다.

교통섬유무(X_7)는 교통섬이 설치되어 있는 곳에 사고건수가 증가하고 사고심각도(EPDO)와 EPDO율이 높은 것으로 나타났다. 이것은 교통섬을 설치하면서 차선을 줄여 기존 도로를 과다하게 차지, 교통흐름을 저해하여 보행자 안전을 위해 설치된 교통섬이 교통사고의 증가 요인이 되는 것으로 나타났다.

평균황색신호(X_{16})의 경우 황색신호 시간이 짧을수록 사고건수와 사고율이 증가했고 EPDO율이 높아지는 결과가 나왔다.

<표 10> 포아송회귀분석 사고예측모형 결과

변수		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
상수	Coeff.	1.82647	5.08752	2.34633	6.53283
	P-value	0.00032	0.00000	0.00000	0.00000
X_1	Coeff.	0.00042	0.00012	0.00038	0.00004
	P-value	0.00000	0.00001	0.00000	0.00916
X_3	Coeff.	-0.65939	-0.69904	-0.61506	-0.63664
	P-value	0.00022	0.00000	0.00000	0.00000
X_4	Coeff.	0.01245	0.01376	0.01761	0.02242
	P-value	0.09741	0.00003	0.00000	0.00000
X_5	Coeff.	-	-	-	0.17883
	P-value	-	-	-	0.00000
X_6	Coeff.	-0.37342	-	-0.26063	-0.33039
	P-value	0.00000	-	0.0057	0.00000
X_7	Coeff.	0.33835	-	0.27944	0.41131
	P-value	0.00002	-	0.00119	0.00000
X_8	Coeff.	-0.0984	-	-	-0.24292
	P-value	0.00912	-	-	0.00000
X_9	Coeff.	-	-	0.0143	0.00879
	P-value	-	-	0.00000	0.00000
X_{10}	Coeff.	-	-	-	0.05108
	P-value	-	-	-	0.00000
X_{12}	Coeff.	-	-	-	0.22802
	P-value	-	-	-	0.00000
X_{13}	Coeff.	0.36969	-	-	0.10542
	P-value	0.02851	-	-	0.00277
X_{15}	Coeff.	-	-	-0.35936	-0.19443
	P-value	-	-	0.00000	0.00000
X_{16}	Coeff.	-0.28316	-0.53847	-	-0.42172
	P-value	0.02879	0.00000	-	0.00000
R_D^2		0.6029	0.5356	0.5409	0.4679
R_P^2		0.6183	0.5862	0.5997	0.5279
G^2		31.10871	309.10175	239.87466	1446.07438
ρ^2		0.19439	0.38501	0.37485	0.41838

4. 종합비교분석

3지 신호교차로의 교통사고예측모형을 3개의 모형에 의한 분석을 해본 결과 사고건수(Y_1)에 대한 모형 개발은 선형회귀분석(R^2, 0.519)과 비선형회귀분석(R^2, 0.520)을 통해 가장 설명력이 높은 모형이 개발되었다. 하지만 포아송회귀분석에 의한 사고건수모형은 설명력(ρ^2, 0.1944)이 낮아 적합하지 않은 모형이 개발되었다.

사고건수(Y_1)을 제외한 나머지 종속변수인 사고율(Y_2), EPDO(Y_3), EPDO사고율(Y_4)에 대한 모형 개발은 포아송 회귀분석이 가장 적합함을 알 수 있었다. 포아송회귀모형은 사고건수는 우도비(ρ^2)가 0.19439, 사고율은 0.38501, EPDO는 0.37485, EPDO사고율은 0.41838로 나타나, 선형회귀분석과 비선형회귀분석에 비해 사고건수를 제외한 나머지 종속변수들에 대한 설명력이 높은 것으로 분석된다.

본 연구는 종합분석을 통해 사고건수(Y_1)에 적합한 모형으로 선형회귀분석과 비선형회귀분석을 선정하였고 사고건수를 제외한 3개의 종속변수에 가장 적합한 모형은 포아송 회귀분석을 이용한 사고예측모형으로 선정되었다.

Ⅵ. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 청주시 3지 신호교차로를 대상으로 교통사고건수, 교통사고율, EPDO, EPDO사고율에 영향을 미치는 요소와 다양한 주변환경요인이 교통사고에 미치는 영향에 관하여 분석하였다. 이러한 연구는 3지 신호교차로에 관련된 여러 조건들을 분석하여 교차로 교통사고 원인을 분석을 통해 교차로 위험 순위에 따른 적절한 대비책을 사전에 마련하고 안전성을 증진시킬 수 있는 설계기준설정에 활용될 수 있다.

본 연구는 사고예측모형을 개발하기 위해 52개 청주시 3지 신호 교차로에 대한 현장조사를 통하여 구축된 자료와 각 지점별 교통사고 자료를 이용하여 다중선형회귀모형, 다중비선형회귀모형, 포아송 회귀모형의 3가지 방법론을 이용하여 각 종속변수에 적합한 3지 신호교차로 사고예측모형을 개발하였다.

분석결과 사고건수의 모형개발은 다중선형회귀 분석과 다중 비선형회귀 분석이 적합함이 나타났고, 나머지 종속변수에 대해서는 포아송 회귀 분석이 더 적합함을 알 수 있었다.

따라서, 본 연구에서 분석한 결과를 토대로 위 모형식에서 유의성이 있는 것으로 분석된 변수들을 복합적으로 고려해서 사전에 위험요소들을 처리하여 적절한 교통안전 대책과 정책을 세울 수 있도록 방향을 제시하고 교차로의 안전 증진에 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

본 연구를 토대로 향후 보완·연구되어야 할 사안들에 대하여 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 개발된 모형들의 비교평가 기준을 명확히 하는 것이다. 이 연구에서는 세 가지의 모형식을 개발하여 비교하였지만 명확한 비교평가 기준설정이 미흡했다. 둘째, 자료의 최신화이다. 본 연구는 2004년 사고 자료를 이용하였지만 더욱 최신 자료를 수집·정리하여 현재상황과의 괴리를 줄여야 할 것이다. 마지막으로 더욱 다양한 변수들의 고려이다. 이 연구에서 검토되지 않은 시거, 교차로면적, 방향별 교통량 등의 변수들을 고려하여야 하며, 운전자의 심리적인 인적사항들에 대해서도 향후 연구에는 고려되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 박병호(1995),"충청권의 교통사고 예측모형 개발에 관한 연구", 대한교통학회지.제13권, 제1호, 63-82.
2. 오주택 · 성낙문 · 하오근(2005), "국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형개발" 대한토목학회지, 제25권 제1D호, 9-15.
3. 홍정열(2002), "신호교차로에서의 교통사고 예측모형 개발 및 위험수준결정 연구", 한양대학교 대학원 석사학위 논문.
4. 남궁헌(2001), "신호교차로 교통사고 예측모형의 개발 및 적용", 전남대학교 대학원 석사학위 논문.
5. 하오근(2005), "국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형개발과 심각도 분석", 한양대학교 대학원 석사학위 논문.
6. 성낙문 · 오주택 · 오재학(2005), "교차로 안전도 평가에 관한 연구", 대한토목학회지, 제25권 제1D호, 대한토목학회, 1-8.
8. 임윤택(1993), "도로특성이 교통사고에 미치는 영향분석", 연세대학교 대학원 석사학위 논문.
9. 류승옥(2005), "고속도로 교차점의 기하구조와 교통사고의 관계설정 및 모형분석", 충북대학교 대학원 박사학위 논문.
10. 원제무(2000),"알기쉬운 도시교통", 서울, 박영사.
11. 이기영 · 이용택(2004), "확률회귀모형을 이용한 고속도로의 사고요인 분석", 도로교통 제94호, 51-64.
12. 최백균(2005), "도로기하구조 설계요소가 교통사고에 미치는 영향에 관한 연구" 한양대학교 대학원 석사학위 논문.
13. 김영철(2003), "독립 3지 교차로의 차로운영 개선 방안에 관한 연구", 명지대학교 석사학위 논문.
14. 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, 253-259.
15. E.Hauer,E and Lovell,j.(1988) Estimation of safety at signalized intersection. Transportation Research Record, Transportation Research BOARD, 1185, National Research Council, Washington D.C., 23-29.
16. Jose'M.Pardillo Mayora, Rafael Bojorquez, Alberto Camarero Orive(2006), "Refinement of Accident Prediction Models for the Spanish National Network" (TRB) Transportation Research Board 85th Annual Meeting, January 2006