한국도로학회 논문집
제13권 제3호 2011년 9월
pp. 103 ~ 110

사고유형에 따른 원형교차로 사고모형*

Accident Models of Circular Intersections by Type in Korea

한 수 산 Han, Su San | 충북대학교 도시공학과 석사과정 · 주저자 (E-mail : sudusk@nate.com)
김 경 환 Kim, Kyung Hwan | 정회원 · 충북대학교 도시공학과 박사과정 · 공동저자 (E-mail : as1836@nate.com)
박 병 호 Park, Byung Ho | 정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr)

ABSTRACT

This study deals with the traffic accidents by type. The objectives are to analyze the characteristics of 2 accident types, and to develop the models by type. In pursuing the above, this paper gives particular attentions to testing the differences between by type two groups, and developing the models (Poisson and negative binomial regressions) using the data of domestic circular intersections. The main results are as follows. First, the number of accidents in vehicle · vehicle was analyzed to account for about 73.41% of total and to be higher than vehicle · people. Second, two Poisson models and two negative binomial models which were all statistically significant were developed using vehicle · people accidents and vehicle · vehicle accidents as dependant variables. Finally, the traffic volume as common variable was selected in the models, and right-turn slip lane, speed hump, the number of driveways, the number of pedestrian crossings as specific variables of the models were selected.

KEYWORDS

accident mdels, accident type, domestic circular intersections, correlation analysis, poisson and negative binomial regression models

요지

이 논문은 사고유형에 따른 교통사고를 다루고 있다. 연구의 목적은 두 가지 사고유형의 특성을 분석하고, 유형별 모형을 개발하는데 있다. 이를 위해 이 연구는 두 집단 사이의 차이점을 분석하고, 국내 원형교차로 자료를 사용하여 포아송 및 음이항 회귀모형을 개발하는데 그 목적이 있다. 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 차대차 사고가 73.41%로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 분석되었다. 둘째, 차대사람과 차대차 사고건수 및 EPDO를 종속변수로 통계적으로 의미 있는 2개의 포아송 모형과 2개의 음이항 모형이 개발되었다. 셋째, 사고유형별 심각도모형의 공통변수는 교통량, 그리고 특정변수로는 우회전 별도차로 수, 과속방지턱, 진출입구 수 및 횡단보도 수가 채택되었다.

핵심용어

사고모형, 사고유형, 국내 원형교차로, 상관분석, 포아송 및 음이항 모형

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

국내에서는 평면교차로 설계지침에서 회전교차로에 대한 잠정적인 설계지침만을 제시하고 있기 때문에 도입 초기 단계이며, 로터리에서 회전교차로로 전환된 교차로들도 설계지침의 기준에서 벗어나 완벽한 회전교차로의 모습을 보이지 못하고 있다. 한국형 회전교차로 설계기준을 정립하기 위해 국내에서 운영되고 있는 로터리, 회전교차로 등을 모두 잠정적으로 원형교차로라 정의하였다.[1] 특히 원형교차로는 도로·환경적 요소를 갖

1) 국내 원형교차로 운영현황 및 문제점 분석 연구 최종보고서, 충북대학교 산학협력단, 2010. 10.

* 본 논문은 대한국토·도시계획학회 대전·충청지회 2010 추계학술발표대회에서 발표한 논문을 수정·보완한 것임.

추고 있지 못하는 교차로가 대부분이다. 따라서 교통사고를 예방하기 위한 방안으로 기하구조를 대상으로 하는 것이 타당하다고 판단된다.

이 연구는 국내 원형교차로를 중심으로 한 교통사고 모형을 다루고 있다. 또한 교통사고는 다양한 사고유형을 갖고 있으므로 이에 대한 분석이 필요하다. 즉, 교차로 내의 차대사람 사고, 차대차 사고, 차량단독 사고 등 다양한 사고유형을 파악하여 모형을 통해 사고심각도를 분석하고, 사고유형별로 어떠한 요인이 사고에 영향을 미치는지를 비교·분석하는데 목적이 있다.

1.2. 연구의 내용 및 수행과정

이 연구는 사고유형에 따른 교통사고모형을 개발하기 위해 국내 원형교차로를 공간적 범위로 설정하여 교통사고 현황 및 특성을 규명한다. 이 연구에서는 국내 원형교차로 20개 지점을 대상으로 원형교차로 사고 자료(TAAS)[2]와 현장조사를 활용하여 교통사고유형 및 교통조건을 분석하며, 정리된 자료의 분석을 위해 SPSS 17.0과 LIMDEP 3.0을 이용하여, 각 변수들 간의 관계를 분석한다.

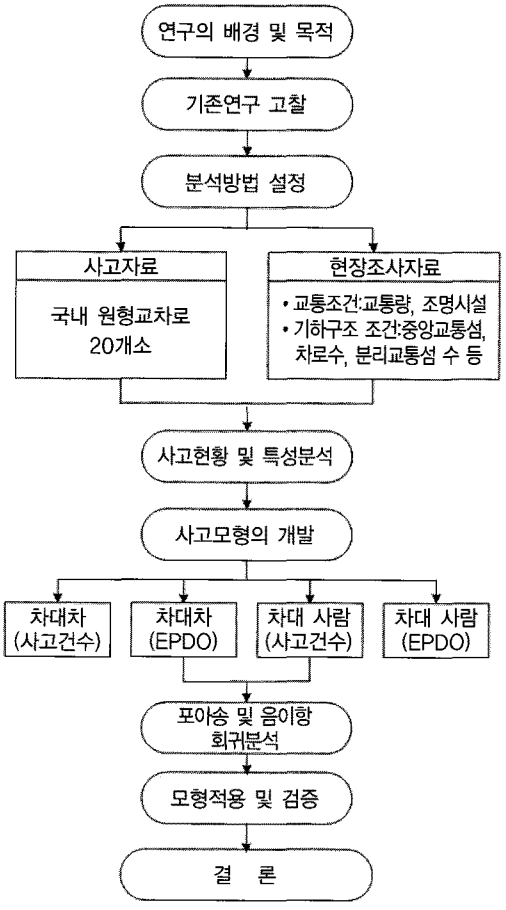


그림 1. 연구의 수행과정

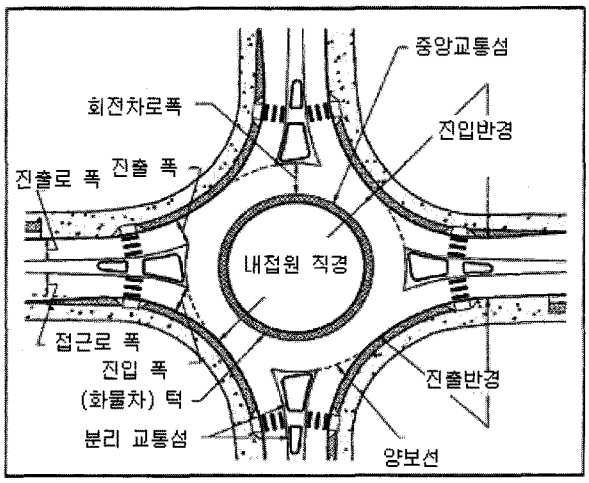
본 연구의 수행절차는 다음과 같다. 첫째, 사고유형 및 로터리와 관련된 문헌을 고찰한다. 둘째, 국내 원형교차로 지점을 선정하여 교차로 자료를 수집 한다. 셋째, 구축된 자료를 바탕으로 사고유형에 따른 모형을 개발하여 원형교차로 사고를 예방하기 위한 개선방안을 제시한다. 연구의 수행과정은 그림 1과 같다.

2. 선행연구 고찰

2.1. 회전교차로의 기하구조

회전교차로는 중앙교통섬과 회전차로 및 진출입로 등으로 구성되어 있으며, 운영원리와 기하구조는 일반적인 교차로와는 다르게 설계된다. 전형적인 회전교차로의 기하구조는 그림 2와 같다.

회전교차로의 기하구조를 설계하는 것은 안전성과 용량 간의 균형 관계로부터의 선택을 필요로 한다. 회전교차로는 기하구조에 의해 차량이 저속으로 진입한 후 회전하게끔 할 경우에 가장 안전하게 운영된다.



자료 : 박병호, 류승옥(2008), 회전교차로의 계획과 설계, p.13

그림 2. 회전교차로 설계요소

2.2. 사고유형별 사고모형

심관보(1998)는 운전자 특성 및 교통사고 발생유형에 따른 사고심각도를 분석함으로써 사고 발생 시 위험도가 높은 사고유형을 규명하고자 하였다. 사고유형별 심각도 분석은 사고유형을 여덟 가지로 분류하고, 로그-선형 모형 및 로짓 모형을 사용하여 카테고리 자료를 분석하였다. 사고유형과 심각도와의 관계에서는 정면충돌사고와

2) 교통사고분석시스템(TAAS : traffic accident analysis system)

앞지르기와 우회전 시 사고의 위험도가 매우 높아 부상 또는 사망사고와 연계될 가능성이 큰 것으로 나타났다.

하태준 등(2001)은 전라남도 4지 신호교차로에 단순 통계분석과 교차분석 및 다중회귀분석을 사용하였다. 특히 다중회귀분석에는 사고유형을 종속변수로, 방향별 접근 교통량을 독립변수로 각각 적용하여 교통사고 예측모형을 도출하였다. 그리고 개발된 모형을 이용하여 전라남도 4지 신호교차로에 대한 교통사고 잦은 지점으로 선정된 30개소를 선정하여 사고유형을 분석한 후 모형에 적용하여 검증하였다.

Bonneson(1993)의 연구에서는 125개 교차로의 교통량과 사고 자료를 분석하여 주도로와 부도로 교통량과 사고와의 관계를 정의함으로써 사고예측모형을 개발하였다. 주도로와 부도로 교통량이 많아질수록 사고는 지수 형태로 증가하게 되나, 주도로의 경우 부도로 보다 교통량이 증가하는 것에 비하여 사고에 덜 영향을 준다는 것을 밝혔다.

Pardillo 등(2006)은 노출사고 수 및 도로설계의 변수를 가지고 음이항 회귀분석을 통해 모형을 구축하고, 누적잔차 분석과 표본의 무작위 제거(random reduction of sample)를 통해 모형을 정교화 하였다.

2.3. 회전교차로

박병호(2003)는 회전교차로와 재래식 회전교차로(rotary)를 비교하여 지체감소, 용량증가, 안전성의 개선 및 심미성 등의 장점을 가지고 있다고 밝혔으며, 회전교차로를 6가지 형태로 구분하여 진입속도, 차로 수, 내접원직경, 용량 등의 특성을 비교분석하여 정리하였다.

전우훈(2003)은 회전교차로에 대한 진입용량 모형의 개발과 교통량에 관한 준거 마련을 연구하였다. 분석결과는 진입용량에 크게 영향을 주는 도로조건은 중앙섬 직경과 회전차로 폭인 것으로 분석되었다.

Bhagwant(2001)는 정지신호제어와 교통신호제어로 운영되던 교차로를 현대식 회전교차로로 변환했을 때의 자동차 사고변화를 EB(Empirical Bayesian)방법을 통하여 비교 평가하였다. 그 결과 일반교차로에서 회전교차로로 전환할 경우 사고감소비율이 상당히 높아지는 것으로 분석되었다.

Isebrand(2009)는 미국의 5개주에 위치한 고속주행 회전교차로에 대하여 설치 전·후 사고 자료를 조사하여 분석하였다. 분석결과, 고속주행 교차로를 회전교차로로 전환할 경우 평균 교차로 사고율은 67%가 감소하였으며, 부상사고율은 89%가 감소하는 것으로 분석되었다. 이를 통하여 사고가 빈번히 발생하는 교차로들은 점차적으로 회전교차로로 전환해야 한다고 제시하였다.

2.4. 연구의 차별성

본 연구의 차별성은 다음과 같다.

첫째, 기존 연구는 신호교차로에 국한하여 사고심각도 분석 및 예측모형을 개발하였지만, 본 연구에서는 국내 원형교차로의 사고유형별 교통사고와 특성을 분석하고 사고예측모형을 개발하였다.

둘째, 구체적이고 다양한 종속변수와 독립변수의 이용이다. 원형교차로 사고에 영향을 줄 것으로 예상되는 독립변수는 직접 현장조사를 통해 선정하였고, 종속변수는 사고건수법과 사고심각도(EPDO)[3]를 사용하였다. 사고건수법은 위험 지점을 선정하는데 있어 직접적이고 단순한 방법이나, 사고의 심각도를 설명할 수가 없다. 따라서 두 가지 방법을 활용하여 더욱 정확한 비교가 가능하게 하였다.

셋째, 기존연구와 비교하여 이제까지 다루어지지 않은 원형교차로의 사고와 기하구조의 자료를 이용하여, 현재 우리나라의 회전교차로 운영방식에 대한 정의가 불분명한 시점에 적합하고 실용적인 모형을 개발한 점에 연구의 차별성이 있다.

3. 분석틀의 설정

3.1. 자료수집 및 분석

사고모형 개발을 위해 관련 자료들을 수집하는 작업이 진행되어야 한다. 먼저, 사고 자료는 도로교통공단의 2007년부터 2009년까지의 사고자료(TAAS)를 활용하였다. 국내 원형교차로 20개소에 대한 사고관련 요소들은 2010년 5월~7월까지의 현장조사를 실시하였고, 자료의 검증 및 보완을 위해 동영상 촬영을 활용하여 자료의 정확도와 신뢰성을 높였다. 표 4는 20개 교차로의 중앙교통섬 직경, 차로 수, 차로 폭 등을 현장조사를 통해 수집한 결과이다.

원형교차로의 교통사고 범위는 일반교차로와 달리 진입과 진출로까지 설정하였으며, 다양한 사고관련 변수를 수집하기 위해 교차로 접근방향별로 구분하여 자료를 정리하였고, 사고유형별 사고와 사고수를 사망, 부상 및 물피사고로 나누어 정리하였다. 아울러 사고심각도

3) EPDO(equipvalent property damage only)는 (12×사망사고+3×부상사고+물피사고)로 산출됨

에 영향을 줄 것으로 예상되는 변수들을 기존문헌을 참고하여 코딩작업을 수행하였다.

3.2. 변수선정

독립변수는 현장조사를 통해 수집된 사고관련 요소들 중 원형교차로에서 발생한 교통사고와 밀접한 관련성이 있을 것으로 판단되는 변수를 선정한다. 선정된 독립변수에 대한 현장조사 및 자료수집에 관한 방법을 정리하면, 표 1과 같다.

표 1. 독립변수의 정의

독립변수	기호	정 의
교통량	X_1	LN 일평균 교통량(대/일)
중앙교통섬	X_2	교차로 중앙교통섬 직경(m)
차로 수	X_3	교차로 회전차로 수(차로)
차로 폭	X_4	교차로 회전차로폭(m)
진출입구수	X_5	교차로 진출입구 수(개)
분리교통섬수	X_6	교차로 분리교통섬수(개)
분리교통섬 돌출수	X_7	교차로 분리교통섬 돌출수(개)
우회전 별도차로	X_8	교차로 우회전 별도차로 수(개)
조명시설	X_9	교차로 조명시설 수(개)
과속방지턱	X_{10}	교차로 과속방지턱 수(개)
횡단보도수	X_{11}	교차로 횡단보도 수(개)

표 2. 독립변수 기술통계

기호	범위	평균	표준편차	분산
X_1	4.34-7.68	6.45	0.92	0.85
X_2	11-38	23.35	7.51	56.45
X_3	1-3	1.60	0.75	0.57
X_4	4-15	8.20	2.67	7.14
X_5	3-7	4.25	1.12	1.25
X_6	2-5	3.95	0.94	0.89
X_7	0-3	1.21	1.21	1.47
X_8	0-4	1.26	1.26	1.59
X_9	0-7	1.94	2.06	4.26
X_{10}	0-5	1.62	1.62	2.62
X_{11}	1-7	1.67	1.67	2.79

종속변수는 사망사고, 부상사고, 물피사고의 각 피해의 종류를 등가로 환산해서 하나의 피해단위로 나타내어 산정하는 대물피해사고 환산법에 의한 사고심각도와 사고건수를 종속변수로 선정하였다. 사고유형은 크게 차대차, 차대사람, 차량단독으로 나뉜다. 종속변수 선정에 있어 차량단독 사고유형의 경우 사고건수가 매우 적어 부적합하다고 판단하여 본 연구에서 제외하였다.

표 3. 원형교차로 20개소 사고건수

	교차로 명	사고건수		
		차대차	차대사람	차량단독
1	동해시 시청로터리	23	7	0
2	화천군 화천대교오거리	2	0	0
3	청원군 오산원형교차로	2	0	1
4	청원군 서평원형교차로	1	0	0
5	진천군 원동교차로	1	0	0
6	서산시 1호광장로터리	11	7	0
7	논산시 동산교차로	0	3	0
8	김제시 시청오거리	11	2	0
9	김제시 경찰서오거리	8	2	0
10	무주군 적상삼거리	0	0	0
11	무주군 라제통문삼거리	0	0	0
12	고창군 월곡원형교차로	5	1	0
13	진안군 남광교차로	0	0	0
14	구례군 군청앞오거리	6	0	1
15	화순군 교리교차로	3	4	0
16	영주시 꽃동산로터리	26	3	0
17	진주시 오죽광장사거리	12	2	0
18	진주시 봉곡광장사거리	11	11	0
19	제주시 금악교차로	2	2	0
20	서귀포시 서광서리교차로	3	0	0
합 계		127	44	2

표 4. 원형교차로 사고관련 변수

교차로	X_1	X_2	X_3	X_4	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
1	7.24	30	1	12	4	0	3	4	0	4
2	6.61	38	3	15	5	1	0	5	1	3
3	6.70	13	1	7	2	2	0	0	0	2
4	6.50	24	1	4	5	1	0	5	1	4
5	6.69	13	2	7	4	2	0	4	0	2
6	7.68	18	3	12	5	0	0	7	0	7
7	7.05	24	1	8	3	0	0	4	0	4
8	7.14	20	2	8	5	3	1	5	5	5
9	6.92	22	2	9	5	3	0	5	5	5
10	4.34	29	1	5.5	3	0	0	0	0	2
11	4.96	22	1	5.5	3	3	0	3	0	1
12	6.04	28	2	7.5	3	3	0	3	2	2
13	5.55	15	1	6	3	1	0	3	1	1
14	6.38	19	3	10	5	0	3	5	0	5
15	6.24	11	2	9	4	1	1	4	0	2
16	7.34	23	2	9.5	5	0	4	6	0	6
17	7.31	32	1	8.5	4	0	0	4	0	4
18	7.55	35	1	9	4	0	0	4	0	4
19	5.45	30	1	5	3	0	0	0	0	2
20	5.31	21	1	6.5	4	0	2	0	3	4

표 5. 상관분석 결과

구분	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	0.685**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y_3	0.561*	0.603**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y_4	0.561*	0.603**	6.580**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_1	0.690**	0.749**	0.753**	0.753**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_2	0.220	0.182	0.266	0.266	0.165	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_3	0.147	0.217	-0.009	-0.009	0.244	-0.123	1	-	-	-	-	-	-	-	-
X_4	0.484*	0.522*	0.412	0.412	0.556*	0.278	0.669**	1	-	-	-	-	-	-	-
X_5	0.474*	0.555*	0.265	0.265	0.603**	-0.061	0.624**	0.528*	1	-	-	-	-	-	-
X_6	0.450*	0.477*	0.188	0.188	0.454*	0.099	0.636**	0.505*	0.860**	1	-	-	-	-	-
X_7	-0.249	-0.273	-0.359	-0.359	-0.247	-0.294	0.115	-0.195	-0.233	-0.092	1	-	-	-	-
X_8	0.682**	0.632**	0.113	0.113	0.148	-0.083	0.199	0.300	0.392	0.385	-0.344	1	-	-	-
X_9	0.432	0.486*	0.315	0.315	0.608**	0.065	0.608**	0.534*	0.687**	0.760**	-0.041	0.171	1	-	-
X_{10}	0.012	-0.011	-0.190	-0.190	-0.062	-0.062	0.138	-0.038	0.218	0.341	0.562**	-0.041	0.030	1	-
X_{11}	0.640**	0.701**	0.430	0.430	0.746**	0.087	0.443	0.480*	0.895**	0.749**	-0.312	0.443	0.625**	0.232	1

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함
* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함

차대차 사고건수는 총 127건으로, 원형교차로 총사고수인 173건의 73.4%를 차지하고 있어 가장 많은 것으로 조사되었고, 다음으로는 차대사람이 44건, 그리고 차량단독이 2건으로 분석되었다. 원형교차로 20개소 중 동해시 시청로터리의 사고건수가 30건으로 가장 많은 것으로 분석되었고, 그 다음으로는 영주시 꽃동산 로터리(29건), 진주시 봉곡광장사거리(22건) 순으로 나타났다.

3.3. 상관분석

다중공선성의 문제가 있는 변수를 제거하여 교통사고와 관련성이 있는 11개의 독립변수를 추출하였다. 상관관계를 알아보기 위해 신뢰수준을 95%(a=0.05)로 하며, Pearson 상관계수를 통해 변수들 간의 상관성을 분석하였으며, 그 결과는 표 5와 같다.

차대차 사고건수와 음의 상관관계를 이루고 있는 변수는 분리교통섬 돌출 수, 차대차 EPDO는 분리교통섬 돌출 수, 과속방지턱 그리고 차대사람 사고건수와 EPDO는 차로수, 분리교통섬 돌출 수, 과속방지턱으로 분석되었다.

4. 모형개발

이 연구는 자료의 분석 및 결과를 토대로 원형교차로의 교통사고와 독립변수들 간의 관련성을 파악하기 위해 포아송과 음이항 모형을 사용하였다. 포아송 모형은 평균과 분산이 같다는 가정하에 만들어진 가장 초기적인 모형이면서 여전히 실증분석에서 가장 빈번히 사용되는 모형이다. 음이항모형은 포아송과 감마분포를 혼합하여 만들어진 확률분포이다.

포아송과 음이항 회귀모형은 종속변수인 사고 자료의 과분산 정도에 따라 선별되어 사용된다. 사고 자료의 과분산 정도를 나타내는 과분산계수(Φ) 값이 0에 가까우면 포아송 회귀모형이 적합하며, 0에 가깝지 않으면 음이항 회귀모형을 사용하는 것이 바람직하다.

이 연구에서는 2개의 사고유형 사고건수와 EPDO를 종속변수로 선정하였다. 따라서 총 4개의 종속변수를 대상으로 음이항 및 포아송 회귀모형을 구축하여 이를 비교·분석하였다.

4.1. 차대차 사고건수(Y_1)

모형구축 결과, 표 6에서 보는 바와 같이 교통량(X_1), 진출입구 수(X_5), 우회전 별도차로(X_8) 및 과속방지턱(X_{10})이 독립변수로 채택되었고, 이 변수들의 p값은 신뢰수준 95%(a=0.05)에 유의한 것으로 분석되었다. 이는 통행 교통량이 많아질수록 진출입구 수가 많고 우회전 별도차로 수와 과속방지턱이 적을수록 사고심각도가 높아지는 것으로 판단된다. 과분산계수(Φ) 값은 0.021이며, 모형의 설명력을 나타내는 우도비(ρ^2)는 포아송이 0.283로 음이항보다 높아 포아송 모형이 적합한 것으로 판단된다.

표 6. 차대차 사고건수 모형 결과 값(Y_1)

변 수		모 형	
		포아송	음이항
상수	계수	-7.115(-5.279)	-7.119(-4.986)
	p 값	0.000	0.000
X_1	계수	0.002(7.278)	0.002(7.278)
	p 값	0.000	0.000
X_5	계수	0.160(2.072)	0.161(2.074)
	p 값	0.038	0.038
X_8	계수	-0.445(-7.375)	-0.445(-0.060)
	p 값	0.000	0.000
X_{10}	계수	-0.184(3.394)	-0.184(0.054)
	p 값	0.001	0.001
카이제곱		128.877	-
알파(Φ)		0.021	-
ρ^2		0.283	0.000

주 : ( )의 수는 t 값임

4.2 차대차 EPDO(Y_1)

차대차 EPDO(Y_2) 모형은 표 7에서 보는 바와 같이 과분산계수(Φ) 값이 1.999이며, 포아송 회귀모형의 우도비(ρ^2)가 0.248로 나타나 포아송 보다는 음이항 모형이 적합한 것으로 분석되었다. 변수는 교통량(X_1), 우회전 별도차로 수(X_8) 및 과속방지턱(X_{10})이 채택되었다. 모형 구축 결과 교통량이 증가하고 우회전 별도차로 수와 과속방지턱이 감소할수록 사고의 심각도가 높아지는 것으로 판단된다. 이에 따라 원형교차로의 사고를 줄이기 위해서는 우회전 별도차로와 과속방지턱의 설치를 권장한다.

표 7. 차대차 EPDO 모형 결과 값(Y_2)

변 수		모 형	
		포아송	음이항
상수	계수	-6.561(-8.527)	-5.874(-4.728)
	p 값	0.000	0.000
X_1	계수	0.002(40.675)	0.002(10.249)
	p 값	0.000	0.000
X_8	계수	-0.422(-15.039)	-0.483(-3.678)
	p 값	0.000	0.000
X_{10}	계수	-0.201(-7.690)	-0.273(-2.624)
	p 값	0.000	0.009
카이제곱		388.607	39.419
알파(Φ)		-	1.999
ρ^2		0.225	0.689

주 : ( )의 수는 t 값임

4.3. 차대사람 사고건수(Y_3)

차대사람 사고건수(Y_3) 모형구축 결과는 표 8과 같이, 교통량(X_1), 횡단보도 수(X_{11})가 독립변수로 채택되었다. 변수들의 p값은 신뢰수준 95%(a=0.05)에 유의한 것으로 분석되었으며, 횡단보도 수의 계수가 -0.373으로 나타나 교통량(0.002)에 비해 사고심각도에 더 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

모형구축 결과 교통량이 증가할수록, 횡단보도 수가 감소할수록 교통사고건수가 많아지는 것으로 분석되었다. 횡단보도 수의 경우는 우리의 기대치와는 다르게 '-' 계수 값으로 분석되어, 향후 더 많은 원형교차로를 기준으로 분석해야 할 것으로 판단된다.

표 8. 차대사람 사고건수 모형 결과 값(Y_3)

변 수		모 형	
		포아송	음이항
상수	계수	-11.621(-4.138)	-9.931(-3.454)
	p 값	0.000	0.001
X_1	계수	0.002(5.440)	0.002(4.145)
	p 값	0.000	0.000
X_{11}	계수	-0.373(-2.865)	-0.373(-2.338)
	p 값	0.004	0.019
카이제곱		41.989	0.131
알파(Φ)		0.351	-
ρ^2		0.393	0.000

주 : ( )의 수는 t 값임

4.4. 차대사람 EPDO(Y_4)

차대사람 EPDO 모형은 차대사람 사고건수 모형과는 달리 포아송 보다 음이항 회귀모형이 적합한 것으로 분석되었다. 채택된 독립변수는 교통량(X_1)이며, 우도비는 0.600으로 분석되었다.

표 9. 차대사람 EPDO 모형 결과 값(Y_4)

변 수		모 형	
		포아송	음이항
상수	계수	-11.132(-4.002)	-9.198(-3.334)
	p 값	0.000	0.001
X_1	계수	0.132(24.702)	0.199(4.012)
	p 값	0.000	0.000
카이제곱		-	159.917
알파(Φ)		-	2.389
ρ^2		0.000	0.600

주 : ( )의 수는 t 값임

4.5. 채택된 변수의 다중공선성 분석

개발된 모형의 변수들 간의 다중공선성 분석을 실시하였고, 결과는 표 10과 같다. 분석결과 변수들간의 심각한 공선성이 존재하지 않는 것으로 나타났다. 채택된 변수들 중에서 교통량(X_1)과 횡단보도수(X_{11})의 상관관계가 가장 높은 것으로 분석되었다.

표 10. 채택된 변수의 다중공선성 분석

구분	X_1	구분	X_5	구분	X_8	구분	X_{10}	구분	X_{11}
X_5	0.578**	X_1	0.578**	X_1	0.179	X_1	0.031	X_1	0.687**
X_8	0.179	X_8	0.392*	X_5	0.392*	X_5	0.218	X_5	0.395*
X_{10}	0.031	X_{10}	0.218	X_{10}	-0.041	X_8	-0.041	X_8	0.443*
X_{11}	0.687**	X_{11}	0.395*	X_{11}	0.443*	X_{11}	0.232	X_{10}	0.232

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함
* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함

4.6. 결과의 비교분석

표 11은 개발된 모형에 대한 독립변수를 공통변수와 특정변수로 구분한 것이다. 사고유형별 공통변수로는 교통량, 그리고 특정변수로는 차대차 사고건수에서는 진출입구 수, 차대사람 사고건수에서는 횡단보도 수가 채택되었다.

사고건수의 경우 교통량이 공통변수로 채택되었으며, 독립변수로는 차대차에선 우회전 별도차로, 과속방지턱 및 진출입구 수, 그리고 차대사람에선 횡단보도 수가 채택되었다. 차대차 사고건수 사고심각도 모형에서 우회전 전용차로 수의 계수 값이 -0.445로 교통량(0.002)와 과속방지턱(-0.184) 및 진출입구수(0.160)보다 사고심각도에 더 많은 영향을 주는 것으로 판단된다.

표 11. 공통변수와 특정변수

유형	사고건수 모형		EPDO 모형	
	차대차	차대사람	차대차	차대사람
공통변수	교통량 (X_1)		교통량 (X_1)	
특정변수	우회전 별도차로 (X_8) [-0.445]	-	우회전 별도차로 (X_8) [-0.483]	-
	과속 방지턱 (X_{10}) [-0.184]	-	과속 방지턱 (X_{10}) [-0.273]	-
	진출입구 수 (X_5) [0.160]	횡단보도 수 (X_{11}) [-0.373]	-	-

주 : ( )의 수는 표준화계수임

EPDO의 사고심각도에 공통으로 영향을 미치는 요인은 교통량으로 분석되었다. 모형별 특정 독립변수로서 차대차에선 우회전 별도차로, 과속방지턱이 채택되었으며, 차대사람은 특정변수가 발견되지 않은 것으로 분석되었다.

4.7. 모형의 검증

이 연구에서는 모형의 개발과정에서 적용된 독립변수를 구축된 모형식에 적용하여 실제치와 회귀식에 적용된 예측치와의 평균치 비교를 통해 사고모형의 적합성을 검증한다. 실제 EPDO와 모형개발에 따른 예측 EPDO 간의 상호 비교는 대응표본 t검정(paired sample t-test)을 통해 통계적으로 검증한다. 그 결과는 표 12와 같다.

사고유형별 EPDO 모형을 대응표본 t검정을 통해 검증한 결과, 포아송 회귀모형의 유의확률이 0.646~0.958로 나타나 귀무가설($H_0 : d_0 = 0$)을 기각하지 못하여, 실제치와 예측치 간에 차이가 있다고 할 수 없는 것으로 분석되었다.

표 12. 대응표본 t-검정 결과

유형	대응표본 t-검정					t 값	상관계수	유의확률 (양측)
	평균	표준편차	평균의 표준오차	95% 신뢰구간				
				최소값	최대값			
차대차 (사고건수)	0.108	2.272	0.508	-0.955	1.171	0.213	0.954	0.834
차대차 (EPDO)	-3.588	15.924	3.561	-11.041	3.864	-1.008	0.906	0.726
차대사람 (사고건수)	-0.162	1.552	0.347	-0.888	0.564	-0.467	0.859	0.646
차대사람 (EPDO)	-0.068	5.704	1.275	-2.738	2.601	-0.054	0.783	0.958

5. 결론

본 연구는 국내 원형교차로 사고유형에 따른 교통사고를 다루었다. 이를 위해 본 연구는 2007~2009년 20개 교차로에서 발생한 사고유형별 사고 자료를 바탕으로 포아송 회귀모형과 음이항 회귀모형을 통해 모형을 구축한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 사고유형 중 차대차 사고건수는 73.41%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며 차대사람은 25.43%, 차량단독은 1.16%로 분석되었다.

둘째, 사고유형별로 통계적으로 의미 있는 2개의 포아송 모형과 2개의 음이항 모형이 개발되었다.

셋째, 사고유형별 심각도 모형의 공통변수는 교통량, 그리고 특정변수로는 우회전 별도차로 수, 과속방지턱, 진출입구 수 및 횡단보도 수가 채택되었다.

넷째, 차대차와 차대사람의 모형구축 결과 우회전 별도차로와 과속방지턱의 설치를 권장하며, 원형교차로의 사고를 예방하는데 기여를 할 것으로 판단된다.

이 연구에서는 국내 원형교차로의 사고유형별 사고모형의 구축을 위해 교통량, 기하구조 등 도로환경 요인을 고려하지 못한 한계점을 지니고 있다. 향후 사고요인으로서 법규위반 및 행동유형 등 인적요인에 대한 연구와 아울러 더 많은 원형교차로의 자료가 필요한 것으로 판단된다.

참고 문헌

국토해양부(2004), *"평면교차로 설계지침"*.

기승도, 김대환(2009), *"일반화선형모형(GLM)을 이용한 자동차보험 요율상대도 산출방법 연구"*, 보험연구원

박병호, 류승옥(2008), *"회전교차로의 계획과 설계"*, 도서출판 예원사.

박병호, 송대섭(2003), "교차로계획에서 현대식 회전교차로(Modern Roundabout)의 도입 타당성", *충북대학교 건설기술연구소 논문집*, 제22권 제2호, pp.134-146.

심관보(1998), "교통사고 위험그룹 및 사고유형별 심각도 분석에 관한 연구", *교통안전연구논집*, 제15권, pp.13-24.

전우훈, 도철웅(2003), "Roundabout의 용량분석", *대한교통학회지*, 제21권 제3호, pp.59-69.

하태준, 박제진, 이형무(2003), "신호교차로 횡단보도 설치기준에 관한 연구", *대한교통학회지*, 제21권 제3호, pp.47-56.

충북대학교 산학협력단(2010), *"국내 원형교차로 운영현황 및 문제점 분석 연구"* 최종보고서.

Isebrands, H.N.(2009), "Crash analysis of roundabouts at high-speed rural intersections", Transportation Research Board 2009 annual meeting, pp.1-7.

Paradillo, J. M. Bojorquez, R. Camarero, A.(2006) "Refinement of accident prediction models for the spanish national network", Transportation Research Board 85th Annual Meeting, pp.65-72.

Persaud, B.N., Retting, R.A., Garder, P.E., Lord, D.(2001), "Observation before-after study of the safety effect of U.S. roundabout conversions using the empirical Bayes method", Transportation Research Board 2001 annual meeting, pp.1-10.

접 수 일 : 2011. 3. 9
심 사 일 : 2011. 3. 9
심사완료일 : 2011. 6. 29