

도로유형별 교통사고특성 분석 및 예측모형 개발*

- 청주시를 사례로 -

Analyzing the Characteristics of Traffic Accidents and Developing
the Accident Models on the Arterial Link Sections in Case of Cheongju

김진선*

김경환**

박병호***

Kim, Jin Sun Kim, Kyung Hwan Park, Byung Ho

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

자동차 대중화에 따른 차량의 급격한 증가는 도시내 과도한 혼잡과 함께 사고의 증가를 가져와 심각한 도시교통 문제로 대두되고 있으며, 자동차사고는 그 발생건수가 급증하고 있어 심각한 문제를 야기시킨다. 하지만 지금까지의 연구경향을 살펴보면 교차로 사고에 비해 단일로 사고에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 도시지역 가로구간의 특성 및 기하구조 실태조사를 실시하여 이를 통한 도로 유형별 사고특성을 파악하고자 한다. 또한 도로환경요인과 기하구조 요인이 사고에 미치는 영향을 분석하기 위하여 ZAM(Zero-Altered model)모형을 이용한 사고예측모형을 개발하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 내용

본 연구는 청주시 도심부 주간선도로 13개, 보조간선도로 11개로 총 24개 도로로 소구간 472개에 대한 도로 현황을 대상으로 한다. 연구의 분석자료인 사고자료 및 기하구조는 2007년 청주시 가로구간 사고자료와 AutoCAD상에서 조사 가능한 자료를 바탕으로 분석 한다. 사고자료 및 기하구조자료의 코딩은 Excel을 이용하여, 사고특성의 통계적 분석을 위하여 통계 프로그램인 SPSS 12.0와 사고자료의 특성상('0'값이 다수) Limdep8.0을 사용하여 사고특성을 반영할 수 있는 ZAM 사고예측모형을 개발한다. 본 연구는 그림 1의 과정에 맞추어 진행한다.

2. 선행연구 고찰

2.1 국·내외 연구고찰

이인성(2004)은 교통사고의 사망사고 건수 중 0에 해당하는 빈도가 지나치게 많고 분산이 평균보다 큰 과대산포 문제를 가지고 있는 자료상의 문제를 극복하기 위하여 ZIP모형, 음이항모형, ZINB회귀모형을 이용하여, 0의 빈도가 과다하게 많고 과대산포의 문제를 가진 교통사고자료에는 ZIP모형이나 음이항 회귀모형이 적합함을 밝히고 있다. 박병호(2008)는 청주시의 3지 및 4지 비신호교차로를 대상으로 사고특성을 분석하여 ZAM모형을 이용한 사고모형을 개발하여 비신호교차로의 주요 사고요인을 파악하였다.

Chin 등(2001)의 연구에서는 교차로의 공간적이고 시간적인 데이터를 이용할 수 있는 RENB(Random

* 본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2009년 첨단도시개발사업(과제번호 : 07도시재생/B01)에 의해 수행되었음.

* 충북대학교 도시공학과 석사과정(E-mail : pepemilk@naver.com) - 발표자

** 충북대학교 도시공학과 석사과정(E-mail : as831836@hanmail.net)

*** 정희원 충북대학교 도시공학과 교수(E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr)

Effent Negative Binomial)모형을 이용하여 분석한 결과 접근교통량, 우회전 교통량, 좌회전 차로수, 버스정류장 및 단속카메라가 교통사고와 관련이 높은 것으로 나타났다.

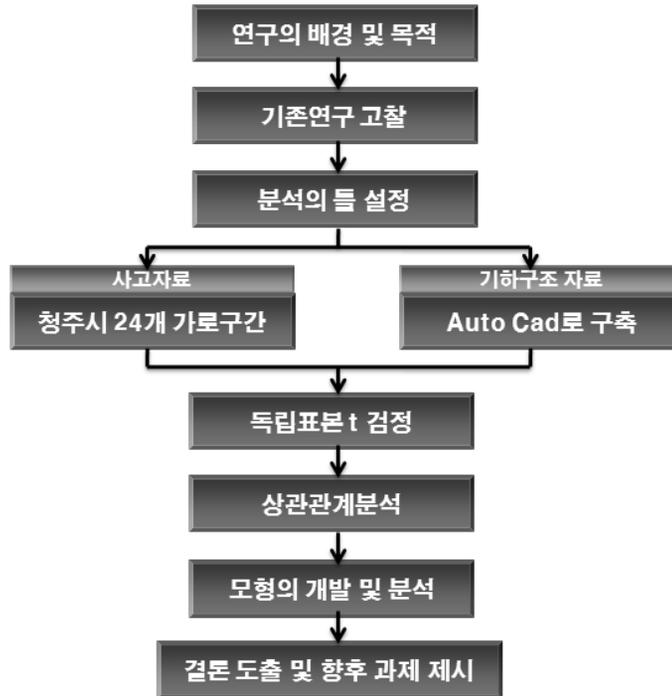


그림 1. 연구의 수행과정

2.2 기존연구와의 차별성

기존 연구는 단순히 단일로에 국한하여 사고심각도 분석 및 예측모형을 개발하였지만, 본 연구는 사고자료와 기하구조 자료를 바탕으로 가로구간의 사고특성 분석과 자료의 특성을 고려한('0'의 빈도가 과다하게 많은 점) ZAM모형을 사용하고, 이를 분석하여 사고모형을 개발한다. 또한 다수의 연구에서는 위험 지점을 선정하는데 있어 직접적이고 단순한 방법인 사고의 건수를 이용하여 사고모형을 개발하였지만 사고건수는 사고의 심각도를 설명할 수 없기 때문에 위험에 대한 노출을 고려하여 사고의 심각도를 설명할 수 있는 EPDO를 함께 종속변수로 사용한 점에 기존연구와 차별점을 지닌다.

3. 분석의 틀 설정

3.1 자료의 수집 및 분석

사고예측모형을 개발하기 위해서 본 연구는 도로교통공단의 2007년 청주시 사고자료를 활용하여 도로유형별로 주간선 사고와 보조간선 사고로 분류하였다.

사고관련 기하구조에 대한 자료수집은 청주시 CAD자료와 <http://loacl.daum.net/map>, 그리고 현장조사를 통하여 수집하였으며 청주시의 가로구간 중 주간선도로는 13개 도로로 300개 구간, 보조간선도로는 11개 도로로 172개 구간으로, 총 472개의 구간으로 세분하여 자료를 구축하였다.



표 1. 청주시 일반도로 특성

(단위:km, 개)

구분	도로명	구간길이	차로수	정류장수	횡단보도수	진출입구수
주간선도로	모충로	1.64	2	10	26	34
	사직로	3.89	13	22	38	56
	상당로	3.17	1~2	18	50	58
	제1순환로	10.05	2~3	35	94	100
	제2순환로	17.06	1~3	26	74	53
	가로수길	1.98	1~3	6	18	29
	홍덕로	6.32	1~3	30	62	65
	청남로	3.86	1~4	18	44	46
	공향로	2.02	2	9	22	43
	단체로	3.90	1~3	17	46	54
	서부도로	2.69	1~3	14	30	29
	동부우회도로	10.32	2~3	10	40	39
	의암로	2.69	2	12	38	56
소계	69.59	-	227	582	662	
보조간선도로	구룡로	4.02	1~2	20	80	45
	대성로	2.95	1	0	69	76
	봉명로	2.33	1	0	32	35
	사운로	3.84	2	17	72	69
	성봉로	4.17	1~3	19	57	43
	예체로	1.84	2	1	28	30
	울봉로	2.08	1	8	44	39
	향군로	2.89	1~2	23	44	56
	무심동로	4.57	2~3	5	50	45
	무심서로	8.99	1~3	10	78	65
	명암로	2.90	1~2	24	30	45
소계	40.58	-	127	584	548	
총 계	110.17	-	345	1166	1210	

청주시 일반도로 중 주간선도로의 구간길이는 69.59km로 전체 버스정류장 수 227개, 횡단보도 수 582개 및 진출입구 수 662개를 포함하고 있으며, 보조간선의 경우 구간길이 40.58km로 전체 버스정류장 수 345개, 횡단보도 수 584개 및 진출입구 수 548개로 구간길이는 주간선도로와 약 30km 차이가 나지만 버스정류장 수와 횡단보도 수 및 진출입구 수는 비슷한 것으로 분석되었다.

표 2. 대상도로 사고자료

(단위: 건)

구 분	사고건수	피해상황		
		인적피해		물적피해
		사망	부상	
주간선도로	258	4	194	60
보조간선도로	100	0	62	38
총 계	358	4	256	98

도로유형별 사고자료를 분석한 결과 사고건수는 주간선도로 258건, 보조간선도로 100건으로 청주시 전체 도로에서 총 358건의 사고가 발생하였으며, 사망사고는 주간선도로에서 4건만이 발생한 것으로 나타났다. 피해상황으로 인적 피해가 사망 4건, 부상 256건으로 물적피해 98건 보다 높게 나타난 것으로 분석되었다.

3.2 사고의 특성 및 분석

전체 사고건수를 주간선도로와 보조간선도로로 분류하여 표 3과 같이 km당 사고건수, EPDO로 변환한 후 SPSS통계 프로그램을 이용하여 기술 통계를 실시하였다.

사고건수의 기술통계 결과 간선도로의 km당 사고건수의 평균값은 3.8건/km이며, 왜도는 0보다 크기 때문에 왼쪽으로 치우쳐 있고 첨도는 0보다 크기 때문에 위가 뾰족한 곡선모양으로 분포한다. EPDO 기술통계 결과 표준편차값이 다른 변수들에 비해 크게 나타나 다소 퍼져 있는 형태를 나타내며, 왜도는 0보다 크기 때문에 왼쪽으로 치우쳐 있고 첨도의 경우 보조간선에서는 0보다 작은 값을 나타내기 때문에 상단이 평평한 곡선으로 분포한다.

표 3. 도로유형별 km당 사고건수와 EPDO의 기술통계

구분	km당 사고건수			EPDO		
	주간선도로	보조간선도로	간선도로	주간선도로	보조간선도로	간선도로
범위	12.39	4.61	12.39	146	43	168
최소값	0.74	0.86	0.74	6	2	2
최대값	13.13	5.47	13.13	170	45	170
합계	62.75	57.26	90.01	686	215	901
평균	4.83	2.48	3.75	52.77	19.54	37.54
표준오차	1.05	0.43	0.64	11.86	4.62	7.48
표준편차	3.78	1.41	3.12	42.75	15.35	36.63
분산	14.25	2.00	9.74	1827.19	235.47	1341.65
왜도	1.06	0.93	1.67	1.92	0.50	2.31
첨도	0.43	0.55	2.71	4.31	-1.00	6.90

주: 간선도로는 주간선도로와 보조간선도로의 합임

3.3 변수의 선정

사고모형개발을 위하여 구간별 사고의 특성을 반영할 수 있는 km당 사고건수와 EPDO를 종속변수로 선정하였다. 기존 연구된 문헌들을 통해 독립변수를 파악하고 가로구간에서의 교통사고와 밀접한 관련성이 있을 것으로 판단되는 변수를 독립변수로 선정하였다. 선정된 독립변수는 총 15개로 일평균 교통량을 비롯해 도로 기하구조 중 교통운영에 주요한 역할을 하는 좌회전 및 우회전 전용차로 수와 길이, 도로의 경사도를 나타내는 종단경사 등을 포함한다.

표 4. 독립변수 및 종속변수의 선정

독립변수	표시	정의	범위	평균	분산	
EPDO	Y_1	12×사망사고+3×부상사고+몰피사고	80	5.26	105.15	
사고건수	Y_2	km당 사고건수 (건/km)	21	2.09	13.74	
교통량	X_1	일평균 교통량 (대/일)	47,719	19,846	94,230,614.52	
횡단보도 수	X_2	단일로 횡단보도 수 (개)	13	2.43	3.45	
차로수	X_3	단일로 차로수 (차로)	3	2.15	0.42	
진출입구수	X_4	단일로 진출입구 수 (개)	16	2.55	6.81	
충분대 비율	X_5	단일로 충분대 길이/단일로연장(%)	211.5	8.88	708.56	
버스정류장 수	X_6	단일로 정류장 수(개)	5	0.75	0.72	
버스베이 길이	X_7	단일로 버스베이 길이 (m)	83	4.69	196.74	
굴곡점수	X_8	단일로 굴곡점 수 (개)	8	0.25	0.41	
전용차선	좌회전	X_9	좌회전 전용차선 수 (개)	5	0.59	0.36
	길이	X_{10}	좌회전 전용차선 길이 (m)	433.2	51.91	3,993.02
	우회전	X_{11}	우회전 전용차선 수 (개)	1	1.01	397.54
	길이	X_{12}	우회전 전용차선 길이 (개)	780.0	8.34	2,035.19
가로등 수	X_{13}	단일로 가로등 수 (개)	33.0	5.76	30.46	
종단경사	평균	X_{14}	접근로별 평균 경사 (°)	7.7	0.95	1.61
	최급	X_{15}	접근로별 최대 경사 (°)	77.5	-0.02	18.63

주: 범위는 최대값에서 최소값을 뺀 값임



3.4 독립표본 t 검정

주간선도로와 보조간선도로의 종속변수인 사고건수와 EPDO를 독립표본 t 검정을 실시하여 검증한 결과 95%의 신뢰수준에서 유의확률이 각각 0.031, 0.000으로 0.05보다 작게 분석되어 “두 집단간 차이가 없다”는 귀무가설($H_0 : d_0 = 0$)을 모두 기각하였다. 따라서 도로유형별 사고건수와 EPDO는 차이가 있으며, 도로유형에 따른 사고모형의 개발이 적절하다고 판단된다.

표 5. 사고건수 독립표본 검정 결과

구분		Levene의 등분산 검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
		F	유의 확률	t	자유도	유의 확률 (양쪽)	평균차	차이의 표준오차	차이의 95%신뢰구간	
									하한	상한
사고건수	등분산 가정	7.347	.007	2.165	472	.031	.272	.126	.025	.519
	등분산 비가정	-	-	2.400	458.589	.017	.272	.113	.049	.495

표 6. EPDO 독립표본 검정 결과

구분		Levene의 등분산 검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
		F	유의 확률	t	자유도	유의 확률 (양쪽)	평균차	차이의 표준오차	차이의 95%신뢰구간	
									하한	상한
사고건수	등분산 가정	33.679	.000	3.370	470	.000	3.610	.968	1.708	5.510
	등분산 비가정	-	-	4.179	464.056	.000	3.610	.864	1.912	5.306

4. 사고모형 개발

4.1 상관관계분석

변수간의 상관관계를 분석하기 위하여 신뢰수준 95%로 하여 km당 사고건수(Y_1), EPDO계수(Y_2)를 종속변수로 하고, 교통사고와 관련성이 있는 15개의 독립변수를 선정하여 Pearson 상관계수를 통해 변수들 간의 상관성을 분석하였다.

표 7. 상관관계분석 결과

	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
Y_1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y_2	0.900	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_1	0.216	0.218	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_2	0.000	-0.013	-0.143	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_3	0.029	0.047	0.301	-0.348	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_4	0.088	0.070	-0.052	0.689	-0.271	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_5	0.021	0.046	0.208	-0.201	0.121	-0.076	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



x_0	0.075	0.074	0.012	0.219	-0.020	0.298	-0.065	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
x_1	-0.023	-0.009	-0.004	-0.033	0.038	-0.073	-0.040	0.238	1	-	-	-	-	-	-	-	-
x_2	-0.087	-0.091	-0.028	0.166	-0.040	0.152	0.026	0.233	-0.022	1	-	-	-	-	-	-	-
x_3	0.103	0.088	0.221	-0.062	0.253	-0.006	-0.036	0.124	0.158	-0.019	1	-	-	-	-	-	-
x_{10}	0.154	0.148	0.214	-0.057	0.233	0.031	-0.045	0.133	0.097	-0.038	0.775	1	-	-	-	-	-
x_{11}	0.067	0.074	-0.044	0.112	-0.009	0.025	-0.012	0.122	0.117	-0.020	0.340	0.278	1	-	-	-	-
x_{12}	-0.002	0.029	0.014	-0.081	0.063	-0.011	0.437	-0.061	0.002	-0.064	-0.031	-0.002	0.000	1	-	-	-
x_{13}	0.018	0.022	0.125	0.162	0.157	0.087	0.162	0.098	0.016	0.209	0.045	0.089	0.086	0.106	1	-	-
x_{14}	0.039	0.016	0.246	-0.306	0.230	-0.112	0.285	-0.018	0.024	0.106	0.211	0.173	-0.034	0.155	0.074	1	-
x_{15}	-0.016	-0.012	0.013	0.003	0.037	0.011	0.013	-0.033	-0.037	-0.010	0.020	0.003	0.000	-0.018	0.078	-0.009	1

4.2 모형의 개발 및 결과 분석

교통사고는 임의적이고 불규칙적으로 발생하게 된다. 이러한 경우를 고려하면 여러 가지 회귀분석 중 비선형 회귀분석인 포아송과 음이항 회귀분석이 고려되며, 또한 이 두 모형의 보다 확장된 형태인 ZAM모형이 우선 고려대상이라 판단된다.

이인성(2004)이 사망사고 건수 중 0에 해당하는 빈도가 지나치게 많고 과대산포의 문제를 가지고 있는 자료의 경우에는 ZIP(Zero-Inflated Poisson)회귀모형, 음이항회귀모형, ZINB(Zero-Inflated Negative Binomial) 회귀모형을 제시한 점을 고려하여, 포아송 회귀모형을 비롯한 전술한 세 가지 회귀 모형들을 추정하고 평가하는 작업을 수행하였다.

4.2.1 EPDO를 종속변수로 한 주간선도로 사고모형 개발

포아송과 ZIP모형에서 사고요인으로는 교통량, 횡단보도, 차로수, 진출입구수, 버스정류장수, 버스베이길이, 굴곡점 수, 좌회전전용차선 수와 길이, 가로등 수, 최급중단경사로 나타났으며, 음이항 회귀모형과 ZINB모형에서의 사고요인으로는 교통량, 중앙분리대 비율, 굴곡점수로 나타나 영향을 미치는 것으로 분석된다.

표 8. 포아송 및 ZIP 모형

구분	계수	t 값	p 값	구분	계수	t 값	p 값
상수항	0.937	7.940	0.000	상수항	0.937	19.954	0.000
x_1	0.000	16.221	0.000	x_1	0.000	46.878	0.000
x_2	0.080	3.132	0.002	x_2	0.080	6.354	0.000
x_3	-0.203	-5.650	0.000	x_3	-0.203	-16.245	0.000
x_4	0.144	11.261	0.000	x_4	0.144	26.852	0.000
x_6	0.092	2.272	0.023	x_6	0.092	5.838	0.000
x_7	-0.010	-4.919	0.000	x_7	-0.010	-15.615	0.000
x_8	-0.490	-8.548	0.000	x_8	-0.490	-26.025	0.000
x_9	-0.211	-3.126	0.002	x_9	-0.211	-9.774	0.000
x_{10}	0.002	3.578	0.000	x_{10}	0.002	10.807	0.000
x_{13}	0.003	3.354	0.001	x_{13}	0.003	2.130	0.033
x_{15}	-0.010	-2.186	0.029	x_{15}	-0.010	-3.828	0.000
ρ^2			0.149	ρ^2			0.433
-			-	Vuong 통계값			12.267



표 9. 음이항 및 ZINB 모형

구분	계수	t 값	p 값	구분	계수	t 값	p 값
상수항	0.944	2.211	0.027	상수항	2.446	12.763	0.000
x_1	0.000	2.477	0.013	x_1	0.000	2.301	0.021
x_5	-0.004	-0.900	0.368	x_5	-0.006	-1.735	0.083
x_8	-0.334	-1.170	0.242	x_8	-0.323	-2.535	0.011
Alpha	6.212	8.879	0.000	Alpha	0.460	3.688	0.000
ρ^2			0.712	ρ^2			0.732
-			-	Vuong 통계값			6.061

ZIP과 ZINB 2가지 분석방법을 통하여 가로구간 사고모형을 개발한 결과, Vuong 통계값이 ZIP모형이 12.267, ZINB모형이 6.061로 모두 1.96보다 큰 값을 보여 Poisson모형과 NB모형 보다 ZIP모형과 ZINB모형이 통계적으로 더 적합한 것으로 분석되었다.

4.2.2 사고건수를 증속변수로 한 주간선도로 사고모형 개발

포아송과 ZIP모형에서 사고요인으로는 교통량, 차로수, 진출입구수, 버스정류장수, 버스베이길이, 굴곡점수, 좌회전전용차선 수와 길이, 우회전 전용차선수, 평균종단경사로 분석되었으며, 음이항 회귀모형과 ZINB모형에서의 사고요인으로는 교통량, 버스베이길이, 굴곡점수로 나타나 사고에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

표 10. 포아송 및 ZIP 모형

구분	계수	t 값	p 값	구분	계수	t 값	p 값
상수항	0.125	0.669	0.503	상수항	0.125	1.165	0.244
x_1	0.000	11.076	0.000	x_1	0.000	20.992	0.000
x_3	-0.212	-3.503	0.000	x_3	-0.212	-6.322	0.000
x_4	0.127	6.530	0.000	x_4	0.127	10.461	0.000
x_6	0.175	2.703	0.007	x_6	0.175	3.991	0.000
x_7	-0.010	-3.151	0.002	x_7	-0.010	-6.122	0.000
x_8	-0.472	-4.686	0.000	x_8	-0.472	-7.256	0.000
x_9	-0.337	-3.061	0.002	x_9	-0.337	-6.181	0.000
x_{10}	0.002	2.733	0.006	x_{10}	0.002	5.440	0.000
x_{11}	0.129	1.051	0.293	x_{11}	0.129	2.154	0.031
x_{14}	-0.044	-1.302	0.193	x_{14}	-0.044	-1.966	0.049
ρ^2			0.126	ρ^2			0.298
-			-	Vuong 통계값			7.966

표 11. 음이항 및 ZINB 모형

구분	계수	t 값	p 값	구분	계수	t 값	p 값
상수항	-0.031	-0.086	0.931	상수항	1.406	6.592	0.000
x_1	0.000	2.977	0.003	x_1	0.000	2.538	0.011
x_7	-0.008	-0.815	0.415	x_7	-0.009	-1.851	0.064
x_8	-0.362	-1.504	0.133	x_8	-0.412	-2.594	0.009
Alpha	3.918	7.794	0.000	Alpha	0.277	2.422	0.015
ρ^2			0.433	ρ^2			0.466
-			-	Vuong 통계값			4.841

ZIP과 ZINB 2가지 분석방법을 통하여 가로구간 사고모형을 개발한 결과, Vuong 통계값이 ZIP모형이 7.966, ZINB모형이 4.841로 모두 1.96보다 큰 값을 보여 Poisson모형과 NB모형 보다 ZIP모형과 ZINB모형이 통계적으로 더 적합한 것으로 나타났다.

4.2.3 EPDO를 종속변수로 한 보조간선도로 사고모형 개발

포아송과 ZIP모형에서 사고요인으로는 교통량, 횡단보도수, 차로수, 진출입구수, 버스정류장수, 버스베이길이, 굴곡점 수, 가로등수, 평균중단경사로 분석되었으며, 음이항 회귀모형과 ZINB모형에서의 사고요인으로는 버스정류장수, 굴곡점수, 평균중단경사로 나타나 사고에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

표 12. 포아송 및 ZIP 모형

구분	계수	t 값	p 값	구분	계수	t 값	p 값
상수항	1.056	5.106	0.000	상수항	2.876	27.338	0.000
x_1	0.000	0.285	0.776	x_1	0.000	-1.808	0.071
x_2	-0.029	-0.995	0.320	x_2	-0.177	-8.154	0.000
x_3	0.054	0.590	0.555	x_3	0.450	8.048	0.000
x_4	0.018	0.851	0.395	x_4	-0.040	-3.671	0.000
x_6	0.233	5.522	0.000	x_6	0.241	8.220	0.000
x_7	0.002	0.715	0.475	x_7	0.011	4.504	0.000
x_8	-0.669	-5.692	0.000	x_8	-0.374	-4.746	0.000
x_{13}	0.023	2.400	0.016	x_{13}	-0.042	-7.400	0.000
x_{14}	-23.036	-4.755	0.000	x_{14}	-38.311	-16.710	0.000
ρ^2			0.063	ρ^2			0.672
-			-	Vuong 통계값			5.110

표 13. 음이항 및 ZINB 모형

구분	계수	t 값	p 값	구분	계수	t 값	p 값
상수항	1.031	2.804	0.005	상수항	2.681	10.595	0.000
x_6	0.433	1.524	0.128	x_6	-0.135	-0.879	0.379
x_8	-0.425	-1.666	0.096	x_8	-0.203	-0.930	0.352
x_{14}	-21.191	-1.170	0.242	x_{14}	-31.669	-2.690	0.007
Alpha	7.959	5.784	0.000	Alpha	0.938	2.387	0.017
ρ^2			0.683	ρ^2			0.690
-			-	Vuong 통계값			2.088

ZIP과 ZINB 2가지 분석방법을 통하여 가로구간 사고모형을 개발한 결과, Vuong 통계값이 ZIP모형이 5.110, ZINB모형이 2.088로 모두 1.96보다 큰 값을 보여 Poisson모형과 NB모형 보다 ZIP모형과 ZINB모형이 통계적으로 더 적합한 것으로 분석되었다.

4.2.4 사고건수를 종속변수로 한 보조간선도로 사고모형 개발

포아송과 ZIP모형에서 사고요인으로는 횡단보도, 차로수, 가로등 수, 평균종단경사로 4개 요인이 분석되었으며, 음이항 회귀모형과 ZINB모형에서의 사고요인으로는 차로수, 가로등 수, 평균종단경사로 3개 요인이 나타나 사고에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

표 14. 포아송 및 ZIP 모형

구분	계수	t 값	p 값	구분	계수	t 값	p 값
상수항	-0.843	-2.598	0.009	상수항	1.488	5.987	0.000
x_2	0.058	1.906	0.057	x_2	-0.141	-4.132	0.000
x_3	0.580	4.561	0.000	x_3	0.495	4.657	0.000
x_{13}	-0.013	-1.011	0.312	x_{13}	-0.044	-4.276	0.000
x_{14}	-3.756	-0.731	0.465	x_{14}	-20.085	-3.419	0.001
ρ^2			0.027	ρ^2			0.452
-			-	Vuong 통계값			5.177

표 15. 음이항 및 ZINB 모형

구분	계수	t 값	p 값	구분	계수	t 값	p 값
상수항	-0.538	-0.822	0.411	상수항	0.270	0.575	0.565
x_3	0.539	1.698	0.090	x_3	0.916	3.864	0.000
x_{13}	-0.001	-0.029	0.976	x_{13}	-0.065	-3.126	0.002
x_{14}	-11.698	-0.747	0.455	x_{14}	-26.680	-2.119	0.034
Alpha	4.703	5.341	0.000	Alpha	0.413	1.461	0.144
ρ^2			0.429	ρ^2			0.453
-			-	Vuong 통계값			2.987

ZIP과 ZINB 2가지 분석방법을 통하여 가로구간 사고모형을 개발한 결과, Vuong 통계값이 ZIP모형이 5.177, ZINB모형이 2.987로 모두 1.96보다 큰 값을 보여 Poisson모형과 NB모형보다 ZIP모형과 ZINB모형이 통계적으로 더 적합한 것으로 판단된다.

4.3 결과분석

EPDO를 종속변수로 한 구간선도로 모형 중 ZIP모형과 ZINB모형의 ρ^2 값은 0.433과 0.732로 나타났으며, 표 16에서 나타나듯이 과분산계수 α 의 t 값이 1.96보다 큰 경우에는 ZIP모형보다 ZINB모형의 결과치가 더 적합함을 알 수 있다. 또한 사고건수를 종속변수로 한 구간선도로 모형 중 ZIP모형과 ZINB모형의 ρ^2 값은 0.298과 0.466로 나타났으며, 과분산계수 α 의 t 값이 1.96보다 높아 ZINB모형의 결과치가 적합한 것으로 분석되었다.

EPDO를 종속변수로 한 보조간선도로 모형 중 ZIP모형과 ZINB모형의 ρ^2 값은 0.672와 0.690으로 나타났으며, 과분산계수 α 의 t 값이 1.96보다 높게 나타나 ZINB모형의 결과치가 더 적합함을 알 수 있다. 또한 사고건수를 종속변수로 한 보조간선도로 모형 중 ZIP모형과 ZINB모형의 ρ^2 값은 0.452와 0.453으로 나타났으며, 과분산계수 α 의 t 값이 1.96보다 작아 ZIP모형의 결과치가 더 적합한 것으로 분석되었다.

EPDO를 종속변수로 한 주간선도로 ZINB모형 사고요인은 교통량, 중앙분리대 비율, 굴곡점수이며, 이는 교통량이 많고 중앙분리대비율이 크며, 굴곡점수가 많을수록 사고가 많이 발생함을 보여주고 있다. 그리고 사고건수를 종속변수로 한 주간선도로 ZINB모형 사고요인은 교통량, 버스베이길이, 굴곡점수이며, 이는 교통량이 많고 버스베이의 길이가 길수록, 굴곡점수가 많을수록 사고가 증가함을 나타낸다.

또한 EPDO를 종속변수로 한 보조간선도로 ZINB모형의 사고요인은 버스정류장수, 굴곡점수, 평균중단경사이며, 이는 버스정류장수와 굴곡점수가 많을수록 평균중단경사가 클수록 사고가 많이 발생함을 보여주고 있다. 그리고 사고건수를 종속변수로 구축한 보조간선도로의 ZIP모형의 사고요인은 차로수, 가로등수 및 평균중단경사로 차로수가 많고 가로등수가 많을수록 평균중단경사가 클수록 사고가 증가하는 것으로 판단된다.

표 16. 사고모형 결정계수 범위

구 분	NB 과분산계수 α 의 t 값		
		< [1.96]	> [1.96]
ZINB와 NB 비교를 위한	< -1.96	ZIP 혹은 Poisson	NB
Vuong 통계 값	> 1.96	ZIP	ZINB

5. 결론 및 향후 과제

본 연구는 청주시 가로구간의 교통사고자료와 기하구조를 바탕으로 도로유형별 사고 특성을 분석하고, ZAM모형을 이용하여 사고모형을 개발하였으며 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 사고특성을 t 검정으로 분석한 결과 주간선도로와 보조간선 도로는 교통사고 건수와 EPDO는 차이가 있는 것으로 검증되어 이에 따른 도로유형별 사고모형 개발이 적절한 것으로 분석되었다.

둘째, ZAM모형을 이용하여 주간선과 보조간선의 사고모형을 개발한 결과 Vuong 통계값이 모두 1.96보다 크게 나타나 Poisson과 NB모형보다 ZIP모형과, ZINB모형이 더 적합한 것으로 판단된다.

셋째, ZAM모형 중 사고건수와 EPDO를 종속변수로 사용한 주간선도로의 모형은 모두 과분산계수 α 의 t 값이 1.96보다 높게 나타나 ZINB모형이 더 적합한 것으로 나타났으며, 사고건수와 EPDO를 종속변수로 사용한 보조간선도로의 모형중 사고건수 모형은 과분산계수 α 의 t 값이 1.96보다 작아 ZIP모형, EPDO모형은 ZINB모형이 더 적합한 것으로 분석되었다.

넷째, 주간선도로의 공통변수는 교통량과 굴곡점수로 나타났으며, 보조간선도로의 공통변수는 평균중단경사로 분석되었다.

본 연구에서는 구축된 여러 모형을 이용하여 청주시 가로구간의 주요 사고요인을 파악하였다. 향후 더 정교한 모형 구축을 위해서 도시부 및 다양한 지역을 대상으로 한 폭넓은 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 도로구간에서의 사고는 영향을 미치는 교통량 및 기하구조 외에도 운전자의 인적요소가 고려될 수 있으므로 도로구간에 관련된 모든 요소를 고려한 사고모형 개발이 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

1. 박병호 · 박상혁 · 이영민 · 인병철(2008), “ZAM 모형을 이용한 비신호교차로 사고특성 분석 - 청주시 3지 · 4 지 비신호교차로를 사례로-”, 국토계획, 대한국토 · 도시계획학회, 제43권, 제6호, pp.69-78.
2. 박병호 · 한상욱 · 김태영 · 김원호(2008), “사고유형에 따른 청주시 4지 신호교차로 교통사고모형”, 대한교통학회지, 제26권, 제 5호, pp.153-162.
3. 이인성(2004), “Application of ZIP regression to traffic accident data”, 연세대학교 통계학 석사학위 논문, pp.1-43.

4. 한상진 · 김근정(2007), “도로종류별 교통사고 추세분석 및 시계열 분석모형 개발”, 한국도로학회 논문집, 제 9권, 제3호, pp.1-12.
5. 하오근 · 허억 · 원제무(2008), “신호교차로 안전성 향상을 위한 사고심각도 모형개발”, 한국안전학회지, 제 23권 제2호, pp.1-7.
6. Simon P. Washington, Matthew G. Karlaftis and Fred L.(2003), “Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis”, Chapman & Hall/CRC, pp.241-255.