

차로수별 간선도로구간 사고모형 - 청주시를 사례로 -

임진강·나 희·박병호[†]

충북대학교 도시공학과

(2011. 2. 26. 접수 / 2011. 8. 30. 채택)

Traffic Accident Models of Arterial Road Sections by Number of Lane in the Case of Cheongju

Jin-Kang Lim · Hee Na · Byung-Ho Park[†]

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University

(Received February 26, 2011 / Accepted August 30, 2011)

Abstract : This study deals with the accident models of arterial road sections. The objectives is to develop the models by number of lane. In pursuing the above, this study gives particular emphasis to dividing the 474 small link sections, collecting the accident data of 2007, and applying the statistical programs of SPSS17.0 and NLOGIT4.0. The main results are as follows. First, the number of accidents of two-lane roads were analyzed to be 59.9% of totals and to be the most of all. Second, one Poisson and two negative binomial regression models which were all statistically significant were developed. Finally, the common variables of all models were evaluated to be ADT and number of exit/entry which were all positive to the accidents.

Key Words : accident models, number of lane, correlation analysis, variables, poisson and negative binomial regression models

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

사회의 발전과 인구의 급증은 교통 체증과 혼잡 등 많은 문제점을 야기하고 있다. 이는 교통사고의 증가에도 밀접한 영향을 미치며, 2009년 한 해 동안 발생한 교통사고 사상자는 약 36만7천명으로 조사되어 1분마다 1명이 죽거나 다치는 것으로 나타났다. 또한 도로교통사고로 인한 사회적 총비용은 약 11조7천억원으로 나타나 사고의 심각성을 인식시켜주고 있다.

우리나라의 교통사고 발생률은 OECD 평균의 2배에 해당하는 높은 사고건수를 보이고 있으며, 이는 사회적 문제로 이어지고 있다. 이처럼 높은 사고건수를 줄이기 위한 대처방안을 강구하기 위해서는 사고의 원인구명이 필요한 실정이며, 이를 위한 연구가 지속되어야 한다.

이 연구는 청주시 간선도로 가로구간 교통사고를 다루고 있다. 연구를 위해 차로수별로 유형을 구분하였으며, 차로수별 교통사고의 특성을 파악하여 교통사고 모형을 개발하고, 각 차로수별 가로구간에서 사고에 영향을 주는 요인을 파악하는데 목적이 있다. 본 연구의 결과는 교통사고의 원인을 파악하여 이를 대처하는데 도움을 줄 수 있을 것이라 판단된다.

1.2. 연구의 내용 및 방법

이 연구는 청주시 도심부 간선도로를 기준으로 하였으며, 신호교차로의 정지선을 기준으로 간선도로 구간을 474개 가로구간으로 세분하였다. 이 연구에서는 2007년 청주시 가로구간 사고 자료가 이용되었으며, 세분된 가로구간에서 발생한 총 사고건수는 344건으로 조사되었다.

사고자료 및 기하구조의 코딩은 Excel을 이용하였으며, 사고특성의 통계적 분석을 위하여 통계 프로그램인 SPSS 17.0과 NLOGIT 4.0을 사용하여 사

[†] To whom correspondence should be addressed.
bhpark@chungbuk.ac.kr

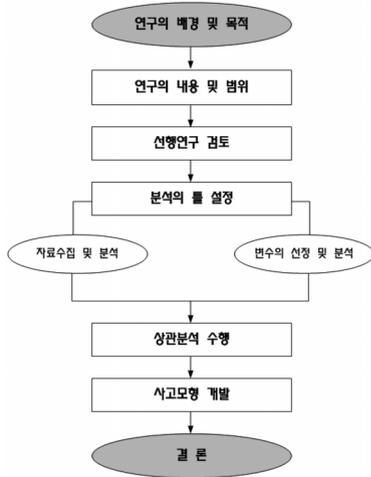


Fig. 1. Process of the study.

고특성을 반영할 수 있는 음이항 및 포아송모형을 개발하였다. 이 연구는 Fig. 1의 과정에 맞추어 진행되었다.

2. 기존연구의 고찰

2.1. 기존문헌 검토

권영중(2003)은 미국 텍사스주 대도시지역 내 간선도로의 교통사고자료를 이용하여 도시간선도로상에 있어서 접근관리와 교통사고와의 관계를 교통사고비용의 측면에서 분석하였다. 그는 도로접근관리와 관련된 요인이 교통상황 및 토지이용상태와 관련된 요인보다 더 교통사고비용과 밀접한 관계를 가지며 외부접근로의 간격이 도로접근관리의 중요한 요인임을 발견하였다.

이수범 등은 도로를 규모와 등급에 따라 고속도로, 2차로 도로 및 4차로 도로로 구분하여 사고건수와 교통량, 교차로 수, 연결로 수, 횡단신호등 수 및 설계속도와의 관계를 다중회귀분석모형으로 밝혀냈다.

장태연(2003)의 연구에서는 가산자료에서 흔히 나타나는 과산포를 고려한 모형구축을 목적으로 택시운전자의 교통사고 발생빈도와 관련된 가산자료를 적용하였다. 그는 과산포의 존재여부를 확인하기 위해 검정을 실시한 결과, 과산포 값이 양의 수를 나타내고 있어 포아송 모형보다는 음이항 모형이 택시교통사고발생빈도에 적절하다고 결론내린 바 있다.

김도경 등은 신호기의 설치 및 좌회전 교통류 처리 방법에 따라 교차로의 안전성이 어떻게 달라지는지 등을 일반적 통계분석방법의 하나인 가설 검

정 방법을 통해 평가하였다.

James A. Bonneson(1993)은 125개 교차로의 교통량과 사고 자료를 분석하여 주도로와 부도로 교통량과 사고와의 관계를 정의함으로써 사고예측모형을 개발하였다. 그는 주도로와 부도로 교통량이 많아질수록 사고는 지수 형태로 증가하게 되나, 주도로의 경우 부도로 보다 교통량의 증가가 사고에 덜 영향을 준다는 것을 밝혔다.

Jose' M. Pardillo Mayora 등은 노출사고 수 및 도로설계의 변수를 가지고 음이항회귀분석을 통해 모형을 구축하고, 누적잔차분석과 표본의 무작위 제거(random reduction of sample)를 통해 정교한 모형을 개발하였다.

2.2. 기존 연구와의 차별성

이 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 청주시의 간선도로를 474개의 가로구간으로 세분하였으며, 기하구조 및 사고 자료를 구축하였다. 둘째, 가로구간의 사고를 분석함에 있어서 유형을 차로수별로 구분하였으며, 사고건수를 종속변수로 하여, 그에 따른 사고특성을 비교·분석하였다. 그리고 마지막으로 이 연구는 구축된 자료를 기반으로 차로수별 사고모형을 개발하였다는 점에 그 차별성이 있다.

3. 자료수집 및 분석방법론 정립

3.1. 자료수집 및 분석

이 연구는 2007년 청주시 간선도로에서 발생한 사고 자료를 활용하였으며, 단일로의 기하구조에 대한 자료를 AutoCAD와 현장조사를 통해 수집하였다. 교차로 사고와 분리하기 위해 24개의 간선도로를 474개의 가로구간으로 세분하였으며, 각 구간에서 발생한 사고건수를 종속변수로 선정하여 분석하였다.

유형은 1차로, 2차로 및 3차로 이상 도로로 구분하였다. 1차로의 사고건수는 44건으로 전체 사고의 약 12.8%를 차지하고 있으며, 2차로의 경우 206건으로 전체의 약 59.9%로 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 3차로 이상 도로의 경우는 사고건수 94건으로 전체사고의 약 27.3%를 차지하는 것으로 분석되었다. Table 1은 이를 정리하여 나타낸 것이다.

Table 1. Number of accidents by the number of lane

Type	Average length	Total Accident	Ratio	
Type 1(Y_1)	1차로	523.6	44	12.8
Type 2(Y_2)	2차로	414.3	206	59.9
Type 3(Y_3)	3차로 이상	434.5	94	27.3

Table 2. descriptive statistics of dependent variables

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance	Skewness	Kurtosis
Type 1	0	5	0.67	1.07	1.15	2.18	5.20
Type 2	0	11	0.76	1.41	1.99	3.24	14.91
Type 3	0	6	0.69	1.21	1.47	2.15	4.79

Table 2는 종속변수인 사고건수에 대한 기술통계 분석을 나타낸 것이다. 최대 사고건수 11건 및 평균 사고건수 0.76건으로 2차로가 가장 높게 나타나는 것으로 분석되었다. 또한 침도의 경우에는 3개의 유형 모두 0보다 높아 뾰족한 형태를 나타내는 것으로 분석 되었다.

3.2. 변수의 선정 및 분석

이 연구는 청주시 간선도로를 차로수별로 총 3개의 유형(1차로, 2차로 및 3차로 이상 도로)으로 구분하였으며, 각 유형별로 사고건수를 종속변수로

선정하였다.

이 연구에서는 기존 문헌 조사를 통해 독립변수를 선정하였으며, 다중공선성의 문제가 있는 변수를 제거하여 Table 3과 같이 9개의 독립변수를 추출하였다. 신뢰수준 95%(α)를 기준으로 하며, Pearson 상관계수를 통해 변수들 간의 상관성을 분석한 결과는 Table 4와 같다.

4. 모형개발

일반적으로 포아송 회귀모형과 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 바람직하다⁴⁾.

McFadden(1976)은 모형의 ρ^2 값이 0.2~0.4 사이의 값을 가지면 설명력이 좋은 모형이라고 평가하고 있기 때문에, 본 연구에서는 ρ^2 가 0.2~0.4 사이의 값을 갖는 모형을 통계적으로 유의한 모형으로 판단한다.

이 연구에서는 차로수 유형별로 총 3개의 종속변수를 대상으로 음이항 및 포아송 회귀모형을 구축하여 이를 비교·분석하였다.

Table 3. List of independent variables

Independent Variables	Symbol	Definition
교통량	X_1	일평균 교통량(대/일)
횡단보도 수	X_2	단일로 횡단보도 수(개)
진출입구 수	X_3	단일로 진출입구 수(개)
중앙분리대 비율	X_4	단일로 중앙분리대 비율(%)
총 구간길이	X_5	단일로 총 구간길이(m)
버스정류장 수	X_6	단일로 정류장 수(개)
굴곡점 수	X_7	단일로 굴곡점 수(개)
좌회전 전용차로 유무	X_8	단일로 좌회전 전용차로 유무
우회전 전용차로 유무	X_9	단일로 우회전 전용차로 유무
종단경사	X_{10}	단일로 종단경사 유무

Table 4. Results of correlation analysis(Type of 1-lane)

구분	Y_1	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
Y_1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_1	0.317**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_2	0.060	-0.143	1	-	-	-	-	-	-	-	-
X_3	0.164	-0.103	0.791**	1	-	-	-	-	-	-	-
X_4	0.093	0.111	-0.094	-0.087	1	-	-	-	-	-	-
X_5	0.066	-0.169	0.793**	0.758**	0.078	1	-	-	-	-	-
X_6	0.203	0.136	0.022	0.214	0.012	0.223	1	-	-	-	-
X_7	-0.111	-0.102	0.361**	0.452**	0.225	0.548**	0.230	1	-	-	-
X_8	0.267*	0.278*	-0.171	-0.130	0.016	-0.287*	-0.043	-0.126	1	-	-
X_9	-0.040	-0.067	0.002	0.141	-0.025	0.026	0.337**	-0.016	-0.132	1	-
X_{10}	0.154	0.085	-0.243*	-0.231	0.195	-0.207	-0.095	-0.003	0.080	0.039	1

주 : 2차선도로 및 3차선 이상 도로의 상관분석 값은 생략함.

** : 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함.

* : 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.

Table 5. Poisson and negative binomial regression models(Y_1)

Variables		Models	
		Poisson	Negative Binomial
Con	Coefficient	-3.007(-4.405)	-2.907(-4.296)
	p-value	0.000	0.000
교통량(X_1)	Coefficient	0.657(3.207)	0.623(2.75)
	p-value	0.013	0.057
진출입구 수(X_3)	Coefficient	0.130(3.182)	0.129(2.377)
	p-value	0.015	0.017
좌회전 전용차선 유무(X_8)	Coefficient	0.733(2.284)	0.746(1.896)
	p-value	0.022	0.058
중단경사(X_{10})	Coefficient	0.647(2.013)	0.590(1.486)
	p-value	0.044	0.137
Chi-squared		24.087	0.678
Alpha(Φ)		-	0.211(0.507)
ρ^2		0.237	-
EXP(-3.007+0.657 X_1 +0.130 X_3 +0.733 X_8 +0.647 X_{10})			

주: ()의 수는 t 값임.

4.1. 1차로(Y_1)

모형구축 결과, Table 5에서 보는 바와 같이 교통량(X_1), 진출입구 수(X_3), 좌회전 전용차선 유무(X_7) 및 중단경사 유무(X_9)가 독립변수로 채택되었고, 이 변수들의 p값은 신뢰수준 90%($\alpha=0.10$) 기준에 모두 유의하다.

과분산계수(Φ)값은 0.507로 나타나 포아송 모형이 적합한 것으로 분석되었다. 또한 우도비(ρ^2)는 0.237로 분석되어 통계적으로 유의한 것으로 평가된다.

채택된 변수는 모두 양의 관계를 나타내고 있다. 즉, 교통량, 진출입구 수가 많을수록 사고가 많이 발생하며, 좌회전 전용차로가 있는 구간과 오르막 구간에서 사고가 많이 발생하는 것으로 분석된다.

4.2. 2차로(Y_2)

2차로의 모형은 Table 6에서 보는 바와 같이 과분산계수(Φ)값이 4.145로 나타나 음이항 모형이 적합한 것으로 분석되었다. 모형의 설명력을 나타내는 우도비(ρ^2)는 0.326으로 분석되어 통계적으로 유의한 것으로 판단된다.

교통량(X_1) 및 진출입구 수(X_3)가 변수로 채택되었으며 모두 양의 관계를 나타내고 있어, 교통량 및 진출입구 수가 많을수록 사고가 많이 발생하는 것으로 분석된다.

4.2. 3차로 이상(Y_2)

Table 6. Poisson and negative binomial regression models(Y_2)

Variables		Models	
		Poisson	Negative Binomial
Con	Coefficient	-1.753(-7.998)	-1.887(-5.421)
	p-value	0.000	0.000
교통량(X_1)	Coefficient	0.493(5.620)	0.504(3.733)
	p-value	0.000	0.002
진출입구 수(X_3)	Coefficient	0.129(5.199)	0.167(3.248)
	p-value	0.000	0.012
Chi-squared		67.231	72.741
Alpha(Φ)		-	1.356(4.145)
ρ^2		-	0.326
EXP(-1.753 + 0.493 X_1 + 0.129 X_3)			

주: ()의 수는 t 값임.

Table 7. Poisson and negative binomial regression models(Y_3)

Variables		Models	
		Poisson	Negative Binomial
Con	Coefficient	-2.352(-7.155)	-2.501(-4.418)
	p-value	0.000	0.000
교통량(X_1)	Coefficient	0.552(5.541)	0.583(3.448)
	p-value	0.000	0.001
진출입구 수(X_3)	Coefficient	0.216(5.425)	0.245(2.535)
	p-value	0.000	0.112
Chi-squared		52.876	18.565
Alpha(Φ)		-	0.956(2.315)
ρ^2		-	0.312
EXP(-2.352+0.552 X_1 +0.216 X_3)			

주: ()의 수는 t 값임.

3차로 이상 도로의 모형은 Table 7에서 보는 바와 같이 과분산계수(Φ)값이 2.315로 나타나 음이항 모형이 적합한 것으로 분석되었다. 모형의 설명력을 나타내는 우도비(ρ^2)는 0.312로 분석되어 통계적으로 의미 있는 모형이 개발되었다.

채택된 변수는 교통량(X_1) 및 진출입구 수(X_3)이며, 모두 양의 관계를 나타내고 있어 교통량과 진출입구 수가 많을수록 사고가 많이 발생하는 것으로 분석된다.

4.3. 모형별 비교분석

Table 8은 개발된 모형에 대한 독립변수를 공통 변수와 특정변수로 구분한 것이다. 차로수별 모형의 공통변수는 교통량(X_1)과 진출입구 수(X_3)로 분석되었다. 또한 Y_1 의 특정변수는 좌회전 전용차선 유무(X_7) 및 중단경사(X_9)이며, Y_2 와 Y_3 의 특정변수는 없는 것으로 분석되었다.

Table 8. Common and specific variables

Classification	Y_1	Y_2	Y_3
Common variables	교통량(X_1), 진출입구 수(X_3)		
Specific variables	좌회전 전용차선 유무(X_7), 중단경사(X_8)	-	-

주: []안의 수는 표준화계수.

교통량 및 진출입구 수의 증가는 가로구간에서 차량 간 상충횟수를 높이며, 이는 사고의 증가에도 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

좌회전 전용차선유무의 경우는, 공학적인 판단과는 상반되는 결과 값이 도출되었다. 이는 선행연구에서 제시된 결과와 동일하며, 정확한 분석을 위해서는 대상지역의 확대와 많은 양의 사고 자료를 구축하여 이를 토대로 한 분석이 필요한 것으로 판단된다.

오르막 구간은 운전자의 시야를 방해하는 요소가 될 수 있으며, 1차로의 경우는 추월 시 반대편 차로의 차량을 발견하지 못하여 사고로 연결될 수 있다.

4.4. 모형의 검증

본 연구에서는 모형의 개발과정에서 적용된 독립변수를 구축된 모형 식에 적용하여 실제치와 예측치와의 평균치 비교를 통해 사고모형의 적합성을 검증한다. 실제 사고건수와 모형개발에 따른 예측 사고건수 간의 상호 비교를 통해 모형의 적합성을 검증하며, 대응표본 t 검정(paired sample t-test)을 통해 실제치와 예측치 사이의 차이 여부를 통계적으로 입증한다. 검증결과는 Table 9와 같다.

1차로 모형을 대응표본 t 검정을 통해 검증한 결과 t값이 0.039, 유의확률 0.969로 나타나 귀무가설 ($H_0: d_0 = 0$)을 기각하지 못하여, 실제치와 예측치 간에 차이가 없는 것으로 분석되었다.

2차로의 경우 역시 t 검정을 수행한 결과 t값이 0.143, 유의확률이 0.803으로 나타나 95%의 신뢰수준에서 귀무가설을 기각하지 못하였다.

마지막으로 3차로 이상의 경우는 t 값이 0.161, 유의확률 0.815로 분석되었으며, 귀무가설을 기각하지 못하여 실제치와 예측치의 차이가 없는 것으로 분석되었다. RMSE를 분석한 결과 모든 유형에서 0 이상의 값을 가지기 때문에 실제치보다 예측치가 더 높게 추정된 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 청주시 간선도로의 차로수별 교통사고 모형을 다루고 있으며, 연구의 주요결과는 다음과 같다.

첫째, 차로수 별 사고건수는 2차로가 전체 사고의 59.9%를 차지하여 가장 많은 사고가 발생한 것으로 분석되었다.

둘째, 사고건수를 종속변수로 모형을 구축한 결과 통계적으로 설명력이 높은 1개의 포아송 모형과 2개의 음이항 모형 개발되었다. 3개의 모형 모두 우도비(ρ^2)가 0.2~0.4 사이의 값을 가지고 있어 통계적으로 유의한 것으로 판단된다.

셋째, 3개 모형의 공통변수로는 교통량(X_1) 및 진출입구 수(X_3)가 채택되었으며, 모두 양의 관계를 갖는 것으로 분석되었다. 기존의 연구 결과에서와 같이 교통량 및 진출입구 수는 증가할수록 차량간의 상충을 높이기 때문에 사고발생 위험을 높이는 것으로 판단된다. 따라서 교통수요의 억제를 위한 정책방안과 일방통행, 좌회전 제약 등 이면도로와의 교차점을 줄일 수 있는 대책이 마련되어야 한다.

이 연구에서는 가로구간의 교통사고를 차로수별로 구분하여 분석을 수행하였다. 그러나 2007년의 사고 자료만을 사용하였다는 점에서 한계점을 지니고 있다. 향후 모형의 설명력을 높이기 위해서는 청주시 뿐 아니라 많은 지역 및 다년도의 사고 자료 구축이 필요하며, 도로의 입지조건이나 토지이용과 같은 최신 연구추세를 바탕으로 변수를 추가하고, 패널자료 분석 등 모형의 다양화가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Table 9. Paired-sample t-test of arterial link sections by vehicle type

Classification	Paired-sample t-test					t-value	correlation	p-value (two-tailed)	RMSE	MAD	MPB	correlation coefficient
	Mean	standard deviation	Error of Mean	95% Confidence interval								
				Minimum	Maximum							
Type 1	-0.004	0.900	0.111	-2.171	0.225	0.039	0.546	0.969	1.064	0.822	-0.158	0.162
Type 2	-0.020	1.377	0.834	-0.185	0.143	0.143	0.287	0.803	1.374	0.890	-0.021	0.287
Type 3	-0.021	1.077	0.092	-0.204	0.161	0.161	0.487	0.815	1.234	0.759	-0.014	0.334

참고문헌

- 1) 강명욱, 김영일, 안철환, 이용구, “회귀분석 모형 개발과 진단”, 서울, 율곡출판사, 1996.
- 2) 김경환, 박병호, “청주시 가로구간의 교통사고모형 개발”, 대한국토·도시계획학회지, 제45권, 제5호, pp. 153~162, 2010.
- 3) 김도경, 박정순, 이점호, “신호 및 좌회전 처리방법에 따른 교차로 안전성 평가”, 서울도시연구, 제9권, 제3호, pp. 107~118, 2008.
- 4) 이기영, 이용택, “확률회귀모형을 이용한 고속도로의 사고요인 분석”, 도로교통, 제94호, pp. 51~64, 2003.
- 5) 이수범, 김정현, 홍다희, 유창남, “도로등급 및 특성에 따른 교통사고예측모형개발”, 대한토목학회논문집, 제23권, 제2호, pp. 495~504, 2003.
- 6) Bdard, M., Stones, M. J., Guyatt, G. H. and Hirdes, J. P., “Traffic related fatalities among older drivers and passengers: Past and future trends”, 2001.
- 7) Jose', M. Pardillo Mayora, Rafael Bojorquez and Alberto Camarero Orive, “Refinement of Accident Prediction Models for the Spanish National Network” (TRB) Transportation Research Board 85th Annual Meeting, January 2006.
- 8) Langford, J., Methorst, R. and Hakamies Blomqvist, L., “Older Drivers do Not Have a High Crash Risk - A Replication of Low Mileage Bias”, 2005.
- 9) Simon, P. Washington, Matthew G. Karlaftis and Fred L. “Mannering, Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis”, Washington, HALL/CRC, 2003.