Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 32, No. 3, pp. 130-135, June 2017
Copyright@2017 by The Korean Society of Safety (pISSN 1738-3803, eISSN 2383-9953) *All right reserved.* *https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2017.32.3.130*

국내 교통사고 밀도 모형 개발

박나영 · 김태양 · 박병호†

충북대학교 도시공학과

(2017. 3. 8. 접수 / 2017. 4. 24. 수정 / 2017. 5. 23. 채택)

Development of Accident Density Model in Korea

Na Young Park · Tae Yang Kim · Byung Ho Park†

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University

(Received March 8, 2017 / Revised April 24, 2017 / Accepted May 23, 2017)

Abstract : This study deal with the traffic accident. The purpose of this study is to develop the accident density models reflecting the transportation and socioeconomic characteristics based on 230 zones of Korea. In this study, The models which are tested to be statistically significant are developed through multiple linear regression analysis. The main research results are as follows. First, in the transportation-based model, road length, avenue ratio, number of intersections and tunnels are analyzed to be positive to the model, however, school zone is analyzed to be negative to the model. Second, in the socioeconomic-based model, population density, transportation vulnerable ratio, children and truck ratio are analyzed to be positive to the model. Finally, in the integrated models, road ratio, population density, transportation vulnerable ratio, children ratio, truck ratio and number of companies are analyzed to be positive, however, school zone is analyzed to be negative to the model. This results could be expected to give good implications to accident-reduction policy-making.

Key Words : accident density, multiple linear regression model, transportation and socioeconomic characteristics, 230 zones

1. 서 론

우리나라는 다수의 정책과 연구를 바탕으로 교통사고 감소를 위한 노력을 꾸준히 추진해왔다. 하지만 OECD 국가들과 비교하면 교통사고율이 월등히 높고, 교통안전 수준 또한 하위권에 머물고 있다. 교통안전 증진을 위한 다양하고 지속적인 노력이 필요할 뿐더러 교통사고에 대한 새로운 접근방식의 대안모색이 필요한 시점이다. 도시계획과 교통안전을 통합적으로 고려한 연구가 요구되며, 구체적이고 다양한 요인을 고려한 종합교통안전대책을 수립할 수 있는 모형의 개발도 필요한 시점으로 판단된다.

대부분의 기존 연구들은 교차로나 가로구간과 같은 점(spot)이나 선(line)적인 요소들을 대상으로 분석하고 사고모형을 구축해왔다. 그러나 근본적으로 교통사고를 줄일 수 있는 방안을 마련하기 위해서는 지역적 특성에 부합하는 면(space)적인 성격을 가진 변수들을 사용하는 분석이 요구된다.

이 연구는 전국을 시 · 군 · 구 단위의 존으로 구분하고, 존별 교통사고, 교통 및 사회경제 특성을 조사 정리하여 사고밀도 모형을 개발하는데 그 목적이 있다. 이 연구에서는 존 단위의 다양한 특성을 감안한 효율적인 모형을 구축하고자 한다. 이 연구에서는 2008~2014년의 전국 사고자료를 수집하고, 독립 및 종속변수를 활용하여 SPSS의 다중선형회귀분석을 이용하여 사고밀도모형을 개발한다.

아울러 이 연구에서는 우선 기존 문헌 고찰을 통해 연구방법론과 사고변수들을 검토하여 연구의 방향을 결정한다. 이를 바탕으로 교통여건변수, 사회경제변수와 사고밀도와의 관계를 모형으로 구축한다. 다음으로 발전시킨 모형을 종합적으로 비교 · 분석하고 타당성을 검토한다.

2. 기존문헌 고찰 및 연구의 차별성

2.1 기존문헌 고찰

교통사고모형에 대한 기존 대부분의 연구는 주로 교차로나 가로구간 등의 사고 건수, 사고유형, EPDO 등을 대상으로 기하구조 특성과의 관계를 분석해왔다. 이수범 등은 교통사고 감소효과를 평가하기 위해 비교

† Corresponding Author : Byung Ho Park, Tel : +82-10-5462-2496, E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr
Department of Urban Engineering, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju-si 28644, Korea

그룹을 사용하고 토지이용을 특성별로 분류하고 맞춤형 개선안을 도출하였다. 또한 저자들은 어린이 보호구역을 중심으로 교통사고 감소에 가장 크게 기여하는 변수들이 무엇인지 분석하였다. 이를 통해 토지이용특성을 고려하며 지역별 특성에 맞는 개선방안을 수립해야 한다고 주장하였다[1].

박병호 등은 3지 교차로에 대한 교통사고와 기하구조를 분석하였다. 저자들은 2개의 다중선형회귀식을 포함한 총 6개의 교통사고모형을 개발하였고, 중차량비율, 교차하는 각도 등이 사고에 영향을 끼치는 요소로 분석하였다[2]. 서민호 등은 도시형태 계획요소를 밀도, 다양성, 공간차원으로 분류하고, 통행특성 요인을 통행빈도, 통행량 및 통행공간부하로 구분하여 연관성을 파악하였다. 그들은 다중회귀분석을 활용하여 국내도시의 통행 계획요소와 행태 특성요소간의 연관성을 분석하였다[3].

나희 등은 청주시 주간선도로 12개 구간의 사고를 남성과 여성의 사고로 나누어 분석하였다. 이를 통해 저자들은 사고 특성을 분석하고 순서형 로짓모형을 사용하여 사고 심각도에 영향을 미치는 요인을 파악하였다. 그들은 교통사고 특성과 심각도에 미치는 요인들이 남녀별로 다르게 나타난다고 주장하였다[4].

임삼진 등은 토지이용과 사회적 변수들을 고려한 서울시 교통사고 모형 개발 연구를 진행하였다. 이 연구는 토지이용에 기반을 두는 새로운 교통사고 예측모형을 개발하는데 중점을 두었다. 저자들은 다양한 지역의 특성을 반영할 수 있는 변수에 대한 시장을 분할하였으며, 개발된 모형들의 공통변수로는 주민등록인구수가 채택되었다. 또한 그들은 공간에서 발생하는 여러 상호작용 과정에서 교통사고가 발생한다는 것을 분석하였으며, 교통사고가 교통량, 보행량, 서비스, 공간적 이동 등과도 밀접한 연관을 가지는 것도 파악하였다[5].

정다정 등은 교통사고에 영향을 미치는 요인을 토지이용 형태별로 나누고, 그에 따른 영향에 대해 연구하였다. 저자들은 독립변수를 교통, 도로 및 인적 요인별로 구분하고, 그에 따라 특정변수에 의한 종속변수의 분포를 설명하였다[6].

Srinivas et, al.은 토지이용과 교통분석 존을 단위로 하여 포아송 및 음이항 모형을 이용하여 교통사고모형을 개발하였다. 저자들은 존별 단위로 분석한 값이 대상지 이외의 지역에도 적용할 수 있다고 분석하였다. 아울러 그들은 혼합적인 용도개발, 업무지역 등이 교통사고를 증가시키므로 주의가 필요한 것으로 분석하였다[7].

Ali Naderan et, al.은 4단계 수요 모델을 기반으로 일련의 사고모형을 구축하기 위해서 음이항 모형과 일반화된 선형 모형을 사용하였다. 존별 사고 빈도와 목적에 따라 분류된 통행의 관계를 조사하고, 그에 따른 사고 발생 빈도에 대해 예측하는 연구를 진행하였다. 존별 목적에 따라 발생되고 유입된 통행량과 사고횟수는 양의 상관관계를 갖는 것으로 분석하였다[8].

Gordon et, al.은 밴쿠버를 존으로 구분하여 거시적 수준의 사고 예측 모델 개발을 연구하였다. 연구는 음이항 모형과 일반 선형 회귀모형을 이용하여 진행하였고, 연구 결과 교통사고는 교통량, 인구통계, 네트워크 형태 및 운송 수요관리와 같은 지역특성과 상관관계를 갖는다. 농촌 또는 도시 지역의 사고 모형을 구분하여 다수의 모형을 개발하였다[9].

위의 논문들과는 달리, 김경용 등은 청주시를 존으로 구분하여 사고밀도모형이라는 새로운 교통사고 모형을 개발하였다. 저자들은 다중선형회귀모형을 이용하여 주간선도로비율, 통행발생량, 교차로개수, 중차량비율 등과 같은 변수들이 교통사고밀도와 양의 관계를 갖는 것으로 분석하였다[10].

2.2 연구의 차별성

이 연구는 전국을 시・군・구별 존으로 구분하고 그에 따른 존별 특성을 적용하여 사고밀도 모형을 개발하고 있다. 기존에는 한정적인 지역(청주시)만을 고려한 연구가 있었을 뿐, 전국을 대상 존으로 하여 진행한 연구는 없는 것으로 파악된다. 이 연구의 차별성은 다음과 같다.

첫째, 다수의 기존 연구는 단순히 점 및 선적인 요소들을 활용하여 특정 지역을 대상으로 한 모형을 개발하였다면, 이 연구는 교통 및 사회경제적 요소 등 지역의 복합적인 요인들을 고려한 교통사고 모형을 개발한다.

둘째, 사고밀도는 단위면적당 교통사고건수로써 본 연구의 목적에 맞는 모형을 개발하기 위한 운영적 용어이다. 사고밀도의 개념은 지역에 대한 교통사고의 집중도를 알 수 있으며, 교통사고가 집중적으로 분포된 지역의 특성을 반영하여 교통사고 모형을 만드는데 의의가 있다. 이 연구에서는 사고밀도라는 개념을 종속변수로 적용하여 시군구의 면(space)적 특성이 반영될 수 있는 종합적인 교통사고모형이라는 개념으로 발전시키고, 교통여건, 사회경제여건, 종합모형별로 모형을 비교・분석한다는 점에 차별성이 있다.

3. 분석의 틀 설정

3.1 자료수집

이 연구를 진행하는데 필요한 자료는 교통여건, 사회경제여건 및 교통사고 자료로 구분할 수 있다. 기존 연구 고찰을 통해 독립변수를 수집・선정하고, 기타 교통사고

와 관련된 변수들을 적용하였다. 교통사고 자료는 도로교통공단에서 제공하는 교통사고분석시스템(TAAS)을 이용하여 수집하였다. 이 연구에 활용된 자료는 2008년에서 2014년까지의 7개년도 시 · 군 · 구 대상 사고자료이다. 아울러 교통여건과 사회경제 변수를 구축하기 위해 각 지방자치단체에서 배포하는 통계자료를 이용하였다.

3.2 변수의 선정

국내외 기존 문헌 검토를 종속변수와 독립변수를 선정하였다. 가장 기본적인 종속변수인 사고건수를 대신하여, Table 1과 같이 사고건수에 지역별 밀도개념을 적용하였다.

Table 1. Dependent variables

Variable		Description	Unit
Accident density	Y_1	The number of traffic accident / area	no./km^2

Table 2. Independent variables

Variable		Description	Unit
Trans-portation variables	X_1	highway ratio	%
	X_2	road length	106km
	X_3	avenue ratio	%
	X_4	main road ratio	%
	X_5	road ratio(12~25m)	%
	X_6	paved road ratio	%
	X_7	sidewalk length	km
	X_8	sidewalk area	km^2
	X_9	crosswalk(signal)	no.
	X_{10}	crosswalk(non signal)	no.
	X_{11}	number of intersection	no.
	X_{12}	density of intersection	no./km
	X_{13}	bike lane length	km
	X_{14}	tunnels	no.
	X_{15}	safety zone length	km
	X_{16}	school zone	no.
Socio-economic variables	X_{17}	residential ratio	%
	X_{18}	commercial ratio	%
	X_{19}	industry ratio	%
	X_{20}	population density	person/km^2
	X_{21}	vulnerable ratio	%
	X_{22}	children ratio	p/km^2
	X_{23}	number of workers	no.
	X_{24}	number of mall	no.
	X_{25}	number of cultural facilities (population per 100,000)	no.
	X_{26}	number of registered motor vehicles	no.
	X_{27}	registered private vehicles	no.
	X_{28}	vans ratio	%
	X_{29}	trucks ratio	%
	X_{30}	special cars ratio	%
	X_{31}	number of companies	no.

독립변수는 Table 2와 같이 기본적으로 수집된 1차 기초자료를 바탕으로 하여 교통사고와 직접 연관이 있을 것으로 판단되는 변수들을 선정하였다. 지방자치단체중심의 안전대책 수립과 시행을 위해서는 기존의 1차적인 교통요인만을 고려한 미시적인 분석이 아닌 사회 경제적 여건 및 특성을 반영한 거시적인 사고분석 모형의 개발이 필요하다고 할 수 있다. 이 연구에서는 전국을 대상으로 해당 지역의 특성을 나타낼 수 있는 사회경제적 지표를 수집하고, 교통사고와 관련이 있을 것으로 판단되는 지표를 선정하여 교통사고에 영향을 미치는 특성에 대하여 알아보고자 하였다. 최종적으로 교통변수 16개와 사회경제적 변수 15개로 나누어 독립변수를 선정하였다.

3.3 변수의 분석

주어진 변수들의 특성과 자료의 정확성을 파악하기 위해 중심을 알 수 있는 중심경향 값, 분포의 퍼진 정

Table 3. Independent variables

Variable	mean	deviation	Skewness	Kurtosis
X_1	3.61	1.89	1.98	0.97
X_2	6.33	1,855.90	1.16	1.92
X_3	18.23	7.15	0.97	0.21
X_4	27.36	0.38	2.31	2.68
X_5	12.37	5.07	1.51	1.31
X_6	84.81	66.14	-0.15	1.07
X_7	8.32	4.81	3.14	2.01
X_8	125.07	63.78	2.10	0.92
X_9	236.62	95.12	0.18	0.22
X_{10}	389.54	0.01	1.39	1.31
X_{11}	877.36	2.38	5.22	4.31
X_{12}	4.82	56.31	4.32	0.27
X_{13}	19,717.36	0.01	3.37	1.31
X_{14}	111.06	21.37	1.22	0.01
X_{15}	2.48	5.90	0.21	0.51
X_{16}	14,921.35	51.32	0.91	0.39
X_{17}	0.55	2.91	1.30	0.91
X_{18}	0.05	22.34	2.88	1.32
X_{19}	0.04	1.30	1.31	1.91
X_{20}	485.60	96.36	5.31	2.01
X_{21}	24.40	1.82	2.31	-0.21
X_{22}	35.03	1.32	1.37	-0.20
X_{23}	27,455.32	1.88	2.39	-0.01
X_{24}	532.91	61.07	1.62	0.05
X_{25}	32.09	1.36	4.31	-0.36
X_{26}	15,807.92	8.61	2.07	5.32
X_{27}	2,203.04	1.06	1.90	0.05
X_{28}	205.21	22.31	1.07	1.30
X_{29}	507.21	48.37	2.34	1.72
X_{30}	1.32	1.05	0.91	0.01
X_{31}	31,586.32	327.32	1.38	3.37

도를 위해 기술통계 분석을 한다. 기술통계는 자료 분포를 나타내는 산포도 및 분포도 등으로 나눌 수 있다. 이 연구에서는 기본적으로 평균값, 표준편차, 첨도와 왜도를 분석한다.

Table 3에서 보듯이 각 변수의 기술통계 분석 결과, 주간선도로 비율(X_4), 보도 길이(X_7), 교차로 수(X_{11}) 및 인구밀도(X_{20})의 변수들은 왜도와 첨도가 모두 2이상이므로, 한쪽으로 치우친 분포를 갖는 것으로 분석되었다. 나머지 변수들은 왜도와 첨도가 -2와 2사이에 분포하므로 크게 치우쳐져 있는 분포는 아닌 것으로 파악되었다.

4. 모형 개발 및 논의

이 연구에서는 교통 변수에 중점을 둔 모형, 사회경제 변수에 중점을 둔 모형, 마지막으로 두 가지 여건을 모두 포함한 종합모형을 개발한다.

4.1 교통변수 중점 모형

Table 4의 교통 변수에 중점을 둔 모형의 분석 결과, 채택된 변수들의 유의확률은 모두 신뢰수준 95% ($\alpha = 0.05$) 기준에 유의하며, 모형의 설명력을 나타내는 R^2값이 0.786, F값이 34.32로 통계적으로 매우 유의한 것으로 분석된다. 또한 Dubin-watson 통계량은 2.409로 자기상관이 적어 적합한 것으로 판단된다.

교통 변수 중점 모형에서는 광로비율이 높을수록, 교차로 수가 많을수록, 도로와 터널연장이 길수록, 어린이보호구역의 면적이 적을수록 교통사고밀도가 높아지는 것으로 분석된다. 이는 교통시설이 많고 규제가 적은 곳일수록 단위면적에 해당하는 교통사고가 많아짐을 나타낸다.

Table 4. Transportation-based multiple linear regression model

R^2	Adjusted R^2	S. E.	Dubin-watson	F	p-value
0.786	0.772	14.228	2.409	34.32	0.000

variables		nonstandardized coefficient		t-value	p-value
		B	S.E		
(constant)	-	-1.325	2.034	-2.586	0.001
road length	X_2	53.487	17.159	3.732	0.000
avenues ratio	X_3	32.324	12.325	13.048	0.002
no. of intersection	X_{11}	0.007	0.046	3.293	0.000
no. of tunnels	X_{14}	0.325	0.125	2.885	0.000
school zone	X_{16}	-21.324	14.325	1.978	0.003

Functional expression

$$Y = -1.325+53.487X_2+32.324X_3+0.007X_{11}+0.325X_{14}-21.324X_{16}$$

4.2 사회경제변수 중점 모형

Table 5의 교통변수를 제외한 사회・경제 변수에 중점을 두어 구축한 모형의 분석 결과, 유의확률은 모두 신뢰수준 95%($\alpha = 0.05$) 기준에 유의하고, 모형의 설명력을 나타내는 R^2값이 0.803, F값이 28.41로 통계적으로 매우 유의한 것으로 분석된다. 또한 Dubin-watson 통계량은 2.879로 자기상관이 다소 적어, 아주 적합한 것으로 판단된다.

Table 5. Socioeconomic-based multiple linear regression model

R^2	Adjusted R^2	S. E.	Dubin-watson	F	p-value
0.803	0.800	19.321	2.879	28.41	0.000

variables		nonstandardized coefficient		t-value	p-value
		B	S.E		
population density	X_{20}	25.654	31.327	22.117	0.000
vulnerable ratio	X_{21}	27.355	43.751	11.505	0.001
children ratio	X_{22}	12.326	5.324	4.325	0.000
truck ratio	X_{29}	8.321	2.301	8.322	0.003

Functional expression

$$Y = 25.624X_{20}+27.355X_{21}+12.326X_{22}+8.321X_{29}$$

사회・경제 변수 중점 모형에서는 인구밀도, 교통약자 비율, 어린이인구 비율 및 화물차 비율이 높을수록 교통사고밀도가 높아지는 것으로 분석된다. 이는 교통약자와 어린이에 대한 정책적 배려와 화물차의 적정규제의 필요성이 높아지는 것으로 판단된다.

4.3 교통사고밀도 종합모형

교통과 사회경제변수를 모두 포함하여 구축한 Table 6의 종합모형의 분석 결과, 채택된 변수들의 유의확률은 모두 신뢰수준 95%($\alpha = 0.05$) 기준에 유의하며, 모형의 설명력을 나타내는 R^2값은 0.523으로 다소 낮지만, F값이 27.325로 통계적으로 유의한 것으로 분석된다. 또한 Dubin-watson 통계량은 1.321로 자기상관이 다소 적은 것으로 판단된다.

이 모형에서는 도로율이 높을수록, 어린이 보호구역 면적이 적을수록, 인구밀도가 높을수록, 교통약자비율이 높을수록, 어린이 인구 비율이 높을수록, 승합차비율이 높을수록, 사업체 수가 많을수록 교통사고밀도가 높아지는 것으로 분석되었다.

인구 밀도가 높고 사업체 수가 많을수록 상업시설 및 유통업체들이 집중되어 다수의 발생/도착 통행량에 의한 교통사고 밀도가 증가된 것으로 분석된다. 따라서 상업이 밀집된 지역에서는 차량동선에 따른 사고

Table 6. Integrated multiple linear regression model

R^2	Adjusted R^2	S. E.	Dubin-watson	F	p-value
0.523	0.510	128.321	1.321	27.32	0.000

variables		nonstandardized coefficient		t-value	p-value
		B	S.E		
(constant)	-	-102.426	135.645	-4.256	0.001
paved road ratio	X_6	32.152	5.612	2.648	0.000
school zone	X_{16}	-215.351	157.321	2.333	0.000
population density	X_{20}	11.320	7.354	1.846	0.000
vulnerable ratio	X_{21}	9.232	6.201	3.876	0.002
children ratio	X_{22}	1.223	0.033	1.855	0.001
truck ratio	X_{29}	185.015	85.913	2.135	0.015
number of companies	X_{31}	246.512	86.996	2.637	0.003

Functional expression

$$Y = 25.624X_{20}+27.355X_{21}+12.326X_{22}+8.321X_{29}$$

원인을 파악하여 해결하는 연구가 필요하며, 사고 원인별 방지대책도 필요하다. 또한 도로율이 높아짐에 따라 차량의 이동성이 높아지고 통행속도가 높아져 발생된 사고를 감소하기 위해서는 과속단속카메라나 중앙분리대와 같은 시설의 설치가 요구된다.

5. 결 론

이 연구는 전국을 시 · 군 · 구별 존으로 나누고 존별 특성을 반영한 교통사고밀도 종합모형, 교통여건 및 사회 · 경제 변수 중심 모형, 총 3개의 모형을 개발하고 있다. 주요 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 교통여건에 중점을 둔 모형의 경우, 도로의 연장, 광로비율, 교차로 개수 등의 5개 변수가 양(+)의 관계를 갖고, 어린이보호구역 변수가 교통사고밀도와 음(-)의 관계를 갖는 것으로 분석된다. 이는 도로의 연장이 길고 광로의 비율이 높을수록 도로시설 등을 통한 통행 발생량이 많아짐에 따라 단위면적에 해당하는 교통사고가 많아지는 것으로 판단된다. 특히, 규모가 큰 도로에서 일어나는 사고를 줄이기 위한 대책 마련이 시급할 것으로 보인다. 반면에, 어린이보호구역이 교통사고와 음의 상관관계를 갖는 것은 어린이 보호구역에서는 운전자와 사고 당사자 모두 주의를 기울여 사고가 감소하는 것으로 파악된다. 이에 따라 어린이 보호구역에서의 안전성 제고를 위한 대책마련이 시급하겠다.

둘째, 사회 · 경제적 변수에 중점을 둔 모형의 경우 인구밀도, 교통약자비율, 어린이인구비율, 승합차비율의 4개 변수가 양(+)의 관계를 나타내는 것으로 파악된다. 이는 인구가 많아짐에 따라 유발되는 통행량이 많아지고 그에 따른 충돌과 사고도 많아질 것으로 판단된다. 또한 교통약자 변수가 유의하게 채택되었음은 교통사고에 취약한 교통약자들에 대한 정책이나 원인별 사고의 대책마련이 필요할 것으로 보인다.

마지막으로, 두 가지 특성을 종합적으로 반영한 종합모형에서는 도로율, 인구밀도, 교통약자 등과 같은 6개의 변수가 양(+)의 관계를 가지고 있으며, 어린이보호구역은 음(-)의 관계를 갖는 것으로 분석된다. 이는 도로요인, 인적요인, 도로환경 요인 외에도 지역의 다양한 특성을 반영하여 교통사고를 대비하는 안전정책을 수립해야 한다는 것을 시사한다. 이 연구를 기반으로 향후 사고밀도에 관련된 독립변수를 추가하고, 면적당 사고밀도를 산정할 경우 개발지역과 미개발지역의 면적을 고려한 지표를 적용하는 발전된 형태의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

1) S. B. Lee, D. Y. Jeong and D. K. Kim, “The Effect of a School Zone Improvement Project on Crash Reduction Regarding Land Use Characteristics”, Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 26, Issue 3, pp.109-117, 2008.
2) B. H. Park, S. W. Han and T. Y. Kim, “3-Legged Signalized Intersections, Multiple Linear, Nonlinear Regression, Traffic Accident, EPDO Accident Rate”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 24, No. 4, pp. 94-99, 2009.
3) M. H. Seo and S. Y. Kim, “An Analysis on the Relationship between Planning Elements of Urban Form and Travel Behavior Characteristics - Focused on Planning Policy for the Green City by Size and Locations”, Vol. 46, Issue 4, Journal of The Korea Planning Association, pp. 223-244, 2011.
4) H. Na and B. H. Park, “Accident Models of Pedestrians in Circular Intersection using ZAM”, Journal of Korean Society of Transportation, pp. 223-228, 2012.
5) S. J. Lim and J. T. Park, “Development of Traffic Accident Models in Seoul Considering Land Use Characteristics”, J. Korean Soc. Disaster Information, Vol. 9, Issue 1, pp.30-49, 2012.
6) D. J. Jeong, J. Y. Park, C. Oh and M. S. Jang, “A Study on Analysis of Traffic Accident Characteristic in Ansan-si based on Land Use Characteristic using Logit Model”, Journal of Korean Society of Transportation, pp.400-405, 2011.
7) S. S. Pulugurtha, V. R. Dubbi and Y. Kotagiri, “Traffic

Analysis Zone Level Crash Estimation Models based on Land Use Characteristics", Accident Analysis & Prevention, Vol. 50, No. 1, pp.678-687, 2013.

8) N. Ali and S. Jalil, "Aggregate Crash Prediction Models: Introducing Crash Generation Concept", Accident Analysis & Prevention, Vol. 42, Issue 1, pp. 339-346, 2010.
9) R. L. Gordon and S. Tarek, "Macro-level Collision Prediction Models for Evaluating Neighbourhood Traffic Safety", Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 33, Issue 5, pp. 609-621, 2006.
10) K. Y. Kim, T. H. Beck, J. K. Lim and Park B. H, "Traffic Accident Density Models Reflecting the Characteristics of the Traffic Analysis Zone in Cheongju", International Journal of Highway Engineering, Vol. 17, Issue 6, pp.75-83, 2015.