

ZAM을 이용한 국내 회전교차로 오토바이 사고모형

박병호[†] · 임진강 · 나희

충북대학교 도시공학과

(2014. 3. 6. 접수 / 2014. 6. 11. 채택)

Motorcycle Accident Model at Roundabout in Korea using ZAM

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

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University

(Received March 6, 2014 / Accepted June 11, 2014)

Abstract : The goal of this study is to develop the accident models of motorcycle at roundabouts. In the pursuing the above, this study gives particular attentions to developing the appropriate models using ZAM. The main results are as follows. First, the evaluation of various developed models by the Vuong statistic and over-dispersion parameter shows that ZINB is analyzed to be optimal among Poisson, NB, ZIP(zero-inflated Poisson) and ZINB regression models. Second, the traffic volume, width of central island and width of approach are evaluated to be important variables to the accidents. Finally, the common variables that affect to the accident are selected to be traffic volume and width of approach. This study might be expected to give some implications to the accident research on the roundabout by motorcycle.

Key Words : ZAM, Poisson and negative binomial Regression model, Accident of motorcycle

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

현재 국내에서는 교통운영체계 선진화방안에 따라 교통류의 원활한 흐름 개선, 온실가스 감소 효과, 교통사고감소 등 다양한 운영효과를 지니고 있는 회전교차로의 도입이 적극 추진 중에 있다. 주로 회전교차로는 교통량이 적은 교차로에 설치되고 있으며, 이는 정지지체 발생 및 신호위반사고 등 신호교차로의 단점을 보완할 수 있다.

최근 도로교통공단 통계자료에 따르면 인구의 증가에 따라 자동차 등록대수도 꾸준히 증가추세에 있다. 지난 5년간의 자료를 살펴보면 이륜차의 경우 2012년 약 2,093천대로 연평균 3.64% 증가추세에 있으며, 이는 승용차의 증가추세인 2.96%보다 높은 수치다. 또한 오토바이 이용자가 증가함에 따라 오토바이 사고도 꾸준히 증가추세(연평균 3.06%)에 있다.¹⁾ 오토바이 사고의 경우 자동차 사고와 달리 1차 충격손상이 신체로 직접 전달되어 사고의 심각도가 증가하기 때문에 제시된 통계자료에 주목할 필요가 있다.

오토바이 운전자의 시야는 자동차 운전자보다 좁으며, 회전할 때 생기는 बैं킹(banking : 오토바이 운전자가 급한 커브 길을 돌 때 안쪽으로 기울이게 되는데, 이는 선회운동으로 인해 발생하는 원심력과 균형을 맞추기 위한 행동으로써 기울임 각을 나타냄) 각을 조절하지 못하면 차체와 함께 쓰러져 심각한 부상을 초래한다. 따라서 오토바이 주행시 교차로 중앙에 회전교통섬을 시계반대방향으로 회전하여 통과해야 하는 회전교차로에서 주의가 요망된다.

기존 회전교차로 내 교통사고와 관련된 연구는 자동차 및 보행자사고 연구가 대부분이며, 따라서 최근 통계자료와 오토바이 주행 특징에 입각하여 오토바이 사고와 관련된 연구가 매우 중요하다.

본 연구는 국내 회전교차로의 도입 활성화를 위한 기초연구로, 오토바이 사고에 영향을 주는 회전교차로 기하구조를 분석하여 이를 반영한 사고모형을 개발하는데 목적이 있다.

1.2. 연구의 내용 및 방법

이 연구는 국내 회전교차로에서 발생한 이륜차 사고

[†] Corresponding Author : Byung Ho Park, Tel : +82-43-261-2496, E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University, 52, Naesudong-ro, Heungdok-Gu, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea

현황을 토대로 모형의 개발을 위해 교통량, 중앙교통섬 폭, 차로수 등의 기하구조 및 기타 요인을 현장자소와 동영상 분석을 통해 수집하였고, 『교통사고 분석시스템(TAAS)』를 활용하여 오토바이 사고에 관한 108건의 사고자료를 도출하였다. 수집된 자료의 통계적 분석을 위해 SPSS 17.0을 사용하였고, LIMDEP 3.0을 이용하여 모형을 개발하였다. 연구의 수행절차는 다음과 같다.

첫째, 국내·외 문헌을 통하여 회전교차로 특성과 사고모형의 연구를 살펴본다. 둘째, 회전교차로의 2007~2010년도의 사고 자료를 토대로 ZAM(zero-altered-model)인 ZIP(zero-inflated Poisson)과 ZINB(zero-inflated negative binomial)모형을 개발하여 사고에 영향을 주는 요인을 분석하고, 이를 위한 모형을 제시한다. 마지막으로 구축된 모형들을 토대로 검정을 실시한 후, 최종적으로 채택된 모형에 대한 실측치와 예측치의 t-검정을 통해 모형의 적합성을 검토한다.

2. 기존연구 고찰

2.1. 선행연구 고찰

ZAM을 이용하여 회전교차로에서 발생한 오토바이 사고 모형을 개발하기 위하여 그동안 진행되어왔던 오토바이 사고와 관련된 연구와 ZAM 등의 모형에 관한 연구를 살펴보았다. 국내에서 진행된 연구의 경우 오토바이의 사고모형 개발에 관한 연구는 없었으나, 나희 등의 연구에서는 청주시의 가로구간을 대상으로 하여 오토바이 사고 심각도를 분석하는 연구를 진행한 바 있다. 연구와 관련된 내용은 다음과 같다.

박병호²⁾는 원형교차로에서 일어난 보행자 사고를 대상으로 보행자 사고모형을 구축하였다. 저자는 공통변수로 교통량이 채택되었고, 특정변수로 회전차로 수, 횡단보도 수, 감속시설 수 및 설치여부가 채택되었다고 밝히고 있다.

나희³⁾ 등 국내 원형교차로에서 발생한 교차로 사고를 대상으로 원인별 사고모형을 구축하였다. 저자들은 최종모형으로 ZAM을 선택하였으며, 그 결과 공통변수로 교통량과 회전차로 폭이, 특정변수로는 접근로 수와 감속시설 수가 채택되었다고 밝히고 있다.

나희⁴⁾ 등은 청주시 주간선도로의 구간에서 발생한 오토바이 사고 자료를 토대로 순서형 로짓모형을 이용하여 사고 심각도에 미치는 요인을 분석하였다. 오토바이로 인한 사고를 감소하기 위해 야간 운전을 위한 도로조명 설치를 활성화하고, 안전교육 및 체험시간을 편성해야 한다고 밝혔다.

김진선⁵⁾ 등은 ZAM 모형을 이용하여 청주시 가로구간 교통사고를 다루고, 가로구간을 주간선도로와 보조가선도로로 구분하여 가로구간 기능별 사고모형을 개발하였다.

김준용⁶⁾ 등은 ZAM을 이용하여 청주시 가로구간 교통사고 모형을 개발하였으며, 분석결과 ZINB 모형이 최적모형으로, 그리고 교통량, 진출입구 수 및 중앙분리대 길이가 의미 있는 변수로 채택되었다.

박병호⁷⁾ 등은 청주시 3지와 4지 비신호교차로의 기하구조와 교통사고자료를 바탕으로 사고특성을 분석하고, ZAM을 이용하여 사고모형을 개발하였다. 분석결과 3지 비신호교차로의 경우 기존 포아송 및 음이항 모형이 적합한 것으로 분석되었으나, 4지 비신호교차로의 경우 ZAM이 적합한 것으로 나타났다.

Abdul Manan 등⁸⁾은 3년간 말레이시아의 주요도로 오토바이 사망사고 자료를 바탕으로 가산자료모형을 이용하여 사고모형을 개발하였다. 총 2개의 음이항 회귀모형이 개발되었으며, 통계적으로 두 모형 모두 유의한 것으로 분석되었다.

Pa⁹⁾는 과거 오토바이 사고 연구를 조사하여 오토바이 사고 연구의 종합적인 검토를 위한 연구를 진행하였다. 그 결과 자동차와의 충돌 주요원인은 운전자의 속도-거리 판단 오류임이 밝혀졌으며, 주변의 밝기는 시인성에 있어 중요한 결정지수라 결론지었다. 또한 속도-거리 판단의 오류는 고령자에게서 더욱 일반적으로 나타난다고 밝혔다.

Oluwadiya¹⁰⁾ 등은 나이지리아에서 2번째로 사고건수가 높은 오토바이사고의 원인을 분석하기 위해, 363명의 오토바이사고 환자들을 조사하였다. 분석결과 37.8%는 교차로와 분기점에서 발생하였으며, 이 중 5%는 회전교차로에서 발생하였다. 또한 오토바이 운전자의 위험행태는 혼잡교통과 도로설계결함에 의해 발생하는 것으로 분석되었다.

Pai¹¹⁾는 T자형 3지교차로에서 오토바이-자동차 측면직각 사고의 원인 및 사고 심각도를 예측하기 위해 모형을 개발하였다. 모형구축 결과 주도로에서 직진 주행 중인 오토바이와 부도로에서 회전중인 승용차와의 충돌이 심각도가 가장 높은 것으로 분석되었다. 특히 비신호교차로에서 이러한 양상을 보였으며, 이러한 사고는 통행권 위반 관련 사고로 가정되었다.

Washington¹²⁾ 등은 ZAM과 음이항 모형의 적합성을 판단하는 기준을 제시하였다. 저자들은 과분산계수 t통계값과 Vuong통계값을 이용하여 모형 선택의 가이드라인을 제공하고 있다.

Lee¹³⁾ 등은 2,736개의 사고 자료를 이용하여 ZINB

모형을 개발하였으며, 탄력성을 이용하여 모형을 분석하였다.

2.2. 연구의 차별성

기존에 진행되어온 사고모형의 경우 표 1에 나타나듯이 대부분 자동차에 중점을 두고 진행되어왔다. 아울러 기존연구는 가로구간이나 고속도로, 교차로 등을 대상으로 하는 연구가 주를 이루었다.

회전교차로의 경우 로터리와 회전교차로를 비교하거나, 신호교차로를 회전교차로로 전환하였을 때의 효율성을 비교하는 등의 연구가 주로 진행되어왔다.

하지만 이 연구에서는 기존에 진행되었던 나회 등의 오토바이 사고심각도 분석과는 다르게 사고모형을 개발하여 회전교차로에서 오토바이 사고에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 또한 국내 회전 교차로를 대상으로 사고건수를 조사한 결과 사고가 ‘0’건인 교차로가 48%를 차지하고 있어 이러한 특성을 보완할 수 있는 포아송, 음이항 모형 및 ZAM(zero-altered-model)을 개발하고, 이들 중 오토바이 교통사고에 적합한 모형을 도출하였다는데 연구의 차별성이 있다.

3. 분석의 틀 설정

3.1. 자료의 수집 및 분석

이 연구에서는 국내 100개 회전교차로에서 발생한 2007년~2010년도까지의 오토바이 사고를 대상으로 연구를 진행하였다. 이를 위해 도로교통공단의 교통사고 분석시스템(TAAS)을 활용하여 회전교차로에서 발생한 오토바이 사고 자료를 수집 하였다. 수집 결과 오토바이 관련 사고는 총 108건으로 조사되었다.

사고의 영향요인을 기하구조 및 교통상화 측면에서 분석하고자 하였다. 따라서 독립변수를 현장조사를 통

Table 1. Summary of differences with previous studies

Author	Year	Methodology	Subject
J.S. Lee	2002	ZINB, ZIP	Vehicle
B.H. Park	2008	ZINB, ZIP	Vehicle
C.W. Pai	2009	Logistic	Car-motorcycle
J.Y. Kim	2010	ZINB, ZIP	Vehicle
J.S Kim	2011	ZINB, ZIP	Vehicle
H. Na	2011	ZINB, ZIP	Vehicle
B.H. Park	2013	ZINB, ZIP	Pedestrian
M.M. Abdul Manan	2013	Poisson, Negative binomial	Motorcycle

Table 2. List of independent variables

Classification		Mean		Standard deviation	
		No accident intersection	Accident intersection	No accident intersection	Accident intersection
Traffic volume	X_1	9,638.94	25,068.89	6,663.95	22,921.99
Ratio of conflict	X_2	1.54	2.83	1.40	2.98
Central island diameter	X_3	24.70	29.50	17.73	32.51
Width of circulatory roadway	X_4	4.99	5.86	1.55	2.75
Number of circulatory lane	X_5	1.40	1.83	0.64	1.08
Number of approach roadway	X_6	4.21	4.59	1.03	1.05
Width of approach	X_7	5.06	5.62	2.06	2.42
Average number of approach lane	X_8	1.40	1.53	0.43	0.65
Ratio of Splitter island by approach	X_9	0.67	0.74	0.40	0.36
Ratio of crosswalk by approach	X_{10}	0.77	0.95	0.41	0.34
Ratio of reduction facility by approach	X_{11}	0.20	0.12	0.35	0.25

해 오토바이 사고와 관련 있을 것으로 판단되는 기하구조 자료와 동영상 분석을 통해 수집된 교통량 자료 등 11개의 사고관련 요소로 선정하였다. 또한 종속변수는 탑승자의 신체가 외부로 직접 노출되어 있어 자동차 사고보다 위험할 수 있는 오토바이 사고(Y_1)로 선정하였다.

사고발생 교차로와 무사고 교차로의 특성을 분석하기 위해 표 2와 같이 전체교차로를 사고발생 교차로와 무사고 교차로로 분류하여 기술통계 분석을 수행하였다. 교차로의 운영현황을 살펴보면 무사고 교차로가 사고발생 교차로보다 교통량 및 상충비가 적은 것으로 분석되었다. 이는 교통량 및 상충비율이 높을수록 사고발생이 높게 나타난다는 기존 이론과 부합된다. 기하구조 현황을 살펴보면 무사고 교차로의 접근로별 횡단보도 비율이 사고발생 교차로보다 높았으며, 속도 저감시설 비율은 높은 것으로 나타났다. 또한 무사고 교차로의 경우 평균 회전차로 수 및 접근로 차로수가 사고발생 교차로보다 적은 것으로 평가되었다.

3.2. 상관관계 분석

선정된 변수간의 다중공선성의 여부를 확인하기 위하여 다중공선성 분석을 진행한 결과, 모형개발에 사용된 모든 변수들의 VIF값이 5미만으로 나타나 변수들간의 다중공선성의 문제는 없는 것으로 분석되었다. 분석결과는 표 3과 같다. 또한 변수들 간의 독립성을 파악하기 위해 상관분석을 수행하였다. 신뢰수준 95% ($\alpha = 0.05$)로 하여 Pearson 상관계수를 통해 변수들의 상관관계를 분석하였다.

오토바이 사고의 경우 교통량, 접근로 폭 및 접근로 평균차로수의 유의확률이 높은 것으로 분석되었다.

4. 모형 개발

4.1. 포아송 및 음이항 모형 개발

오토바이 사고 건수를 종속변수로 하여 ZAM을 구축하기에 앞서 포아송 및 음이항 모형의 개발을 진행하였다.

포아송 및 음이항 모형을 구축한 결과는 표 4와 같다. 모형을 구축한 결과, 교통량과 중앙교통섬의 직경 및 접근로 폭이 변수로 채택되었고, 이 변수들의 p 값은 신뢰수준 95%($\alpha = 0.05$) 기준에 유의하다. 과분산계수(Φ) 값이 2.874로 포아송 모형 보다는 음이항 모형이 적합한 것으로 분석되었다.

우도비는 각각 0.364와 0.280으로 통계적으로 의미 있는 것으로 평가되었다.

4.2. ZIP 및 ZINB모형 개발

수집된 오토바이 사고의 특성을 살펴 본 결과 사고 발생 건수가 0인 교차로가 48%를 차지하고 있어 이를

Table 3. Result of multicollinearity analysis

Variable	Allowance	VIF
X_1	0.319	3.139
X_2	0.807	1.239
X_3	0.479	2.087
X_4	0.622	1.608
X_5	0.372	2.687
X_6	0.713	1.402
X_7	0.240	4.166
X_8	0.250	4.003
X_9	0.721	1.387
X_{10}	0.894	1.119
X_{11}	0.728	1.373

Table 4. Poisson and negative binomial regression models

Variable	Model	
	Poisson	Negative binomial
X_1	Coeff.	3.46E-05 (7.726)
	p value	0.000
X_2	Coeff.	0.136 (2.365)
	p value	0.018
X_3	Coeff.	-
	p value	0.022
X_7	Coeff.	0.108 (3.102)
	p value	0.002
Alpha(Φ)	-	2.874
ρ^2	0.364	0.280

* () is t-value

반영하기 위해 포아송 및 음이항 모형의 확장 형태인 ZIP과 ZINB 모형을 이용하여 분석을 진행하였다. 오토바이 사고건수를 토대로 ZIP 및 ZINB 모형을 구축한 결과는 표 5와 같다.

모형의 분석 결과, ZIP 모형은 교통량(X_1), 상충비(X_2), 및 접근로 폭(X_7)이 변수로 채택되었고, ZINB 모형은 교통량(X_1)과 중앙교통섬은 직경(X_3) 및 접근로 폭(X_7)이 변수로 채택되었다.

변수들의 p 값은 신뢰수준 95%($\alpha = 0.05$) 기준에 유의하다. 모형의 Vuong 통계값이 ZIP이 2.068이고, ZINB가 2.368로 1.96보다 큰 값을 나타내고 있어 포아송 및 음이항 모형 보다 ZIP 이나 ZINB 모형이 적합하다. 또한 과분산 계수(Φ) 값이 1.984로 ZIP 모형 보다는 ZINB 모형이 적합한 것으로 분석되었다.

Table 5. ZIP and ZINB models

Variable	Model	
	ZIP	ZINB
X_1	Coeff.	2.68E-05 (17.892)
	p value	0.000
X_2	Coeff.	0.068 (1.723)
	p value	0.035
X_3	Coeff.	-
	p value	0.032
X_7	Coeff.	0.108 (2.211)
	p value	0.002
Alpha(Φ)	-	1.984
ρ^2	0.364	0.352
Vuong	2.068	2.368

* () is t-value

4.3. 최적모형의 결정

앞의 설명과 같이, ‘0’건의 사고발생 교차로가 대상 교차로의 48%를 차지하고 있으므로 이를 보완하기 위해 포아송과 음이항 모형의 확장된 형태인 ZIP 모형과 ZINB 모형을 사용하여 모형을 구축했다. 모형을 결정함에 있어 Simon P. Washington 등(2003)¹²⁾이 제시한 모형 결정 계수표를 참조하였다.

Table 6. Decision guidelines for model selection

Classification		<i>t</i> statistic of the NB overdispersion parameter α	
		< 1.96	> 1.96
Vuong statistic for ZINB and NB comparison	< -1.96	ZIP or Poisson	NB
	> 1.96	ZIP	ZINB

모형 구축 결과, Vuong 통계값이 1.96 이상의 값을 갖고 있어 ZIP 및 ZINB 모형이 적합하고, ZAM의 과분산계수(ϕ) 값이 1.96 이상 이므로 ZINB 모형이 적합한 것으로 볼 수 있다.

4.4. 모형의 검정 및 논의

모형에 대한 보다 상세한 검정을 위해 RMSE(root mean square error), MPB(mean prediction bias), MAD (mean absolute deviation) 및 상관계수를 활용하여 추가 분석을 진행하였다. 분석결과는 표 7과 같다.

결정계수와 과분산계수의 *t*값으로 판단했던 결과와 같이 포아송과 ZIP 모형보다는 음이항과 ZINB모형이 적합한 것으로 분석되었다.

또한 ZINB모형을 대응표본 *t*-검정을 활용하여 실측치와 예측치 사이의 차이를 통계적으로 검증한 결과, 모형의 유의확률이 0.638로 95% 신뢰수준에서 귀무가설($H_0 : d_0 = 0$)을 기각하지 못하여 실측치와 예측치 간에 차이가 있다고 할 수 없는 것으로 평가되었다.

최종 모형으로 채택된 ZINB 모형은 사고와 양의 상관관계가 있는 변수로 교통량 및 접근로 폭이 선정되

Table 7. Test of model

Classification	Poisson, ZIP	NB, ZINB
RMSE	0.861	0.842
MAD	0.641	0.542
MPB	-0.122	-0.405
correlation coefficient	0.937	0.968

Table 8. Paired-sample t-test

Variable	Paired t-test				<i>t</i>	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. deviation	95% Confidence interval of the difference			
			Lower	Upper		
Y_1	-0.45	0.43	-0.5	-0.3	-10.1	0.638

었다. 교통량은 일반적으로 사고와 연관성이 높은 변수로 사고와 강한 양의 상관관계를 나타낸다. 이는 교통량이 증가할수록 사고에 노출될 확률이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 접근로 폭이 넓어지면 회전교차로의 안전성에 영향을 미치는 요인 중 하나인 속도 감소 효과가 감소하여 사고와 양의 상관관계를 보이는 것으로 판단된다.

또한 채택된 모형에서 음의 상관관계가 있는 변수로 중앙교통섬 직경이 선정되었다. 중앙교통섬 직경은 일정수준 이하 일 때 회전각이 작아져 운행 속도가 증가되는 경향을 보인다. 특히 연구에서 사용한 오토바이의 경우는 일반적으로 제동거리가 길어 이런 속도의 차이가 사고와 밀접한 연관성을 나타낼 것으로 판단된다.

논의된 접근로 폭과 중앙교통섬의 직경의 경우 향후 속도 자료 및 사고 자료의 추가 수집을 통해 검증할 필요성이 있다고 판단된다.

표 9는 회전교차로에서 자동차사고에 영향을 미치는 요인을 분석한 것이다. 자동차 사고발생과 양의관계를 갖는 요인은 교통량, 접근로 수, 진입차로 수, 신호운영 유무인 것으로 분석되었다. 따라서 교통량의 경우 오토바이 및 자동차사고 모두 영향을 미치는 공통변수로 분

Table 9. Impact factor of vehicle accident in roundabout

Author	Model	Positive factor	Negative factor
H. Na B.H. Park (2012) ³⁾	Zip, Zinb	Traffic volume, number of approach	Width of circulatory roadway, number of reduction facility
B.H. Park J.K. Lim, T.H. Beak (2012) ¹⁴⁾	Poisson and negative binomial regression model	Number of approach, number of entry lane	-
B.H. Park S.S. Han (2012) ¹⁵⁾	Poisson and negative binomial regression model	Traffic volume	Right turn-bypass lane
M.K. Park B.H. Park (2012) ¹⁶⁾	Multiple linear regression model	Traffic volume, signal operation(Yes or No)	Number of crosswalk, number of circulatory lane

석되었으며, 접근로 폭의 경우 자동차사고 보다 오토바이사고에 영향을 미치는 것으로 평가되었다.

자동차사고에 음의 관계를 갖는 요인은 회전차로 폭, 감속시설 수, 우회전별도차로, 횡단보도 수 및 회전차로 수인 것으로 분석되었다. 그러나 오토바이사고는 중앙교통섬 직경에 영향을 받는 것으로 평가되었다.

5. 결론

이 연구는 국내 100개 회전교차로에서 발생한 오토바이 사고를 다루고 있다. 이를 위해 이 연구는 2007년에서 2010년까지 국내 회전교차로에서 발생한 사고 자료를 바탕으로 종속변수를 선정하여 ZAM을 개발한다. 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 오토바이사고의 분석 결과 Vuong 통계값이 각각 2.068과 2.368로 1.96보다 큰 값을 갖는 것으로 분석되어 포아송 및 음이항 모형 보다는 ZIP 모형이나 ZINB 모형이 적합한 것으로 분석되었다.

둘째, ZAM 모형의 과분산 계수(ϕ)값이 1.984이므로 ZIP 모형 보다는 ZINB 모형이 오토바이 사고모형에 적합한 것으로 평가되었다.

셋째, 오토바이 사고모형에서 포아송 및 음이항 모형과 ZIP 및 ZINB 모형 구축결과, 공통변수로 교통량과 접근로 폭이 채택되었다.

마지막으로 채택된 변수 중 중앙교통섬 직경은 좁을수록, 그리고 접근로 폭이 넓을수록 사고가 증가한다는 것으로 분석되었기 때문에 중앙교통섬의 직경을 현재 설치되어 있는 평균 27m 보다 여유 있게 설계하고 접근로 폭도 가능한 좁게 하여 사고의 위험을 낮추어야 한다고 판단된다.

향후 설명력 있는 연구를 위해 오토바이의 사고건수의 추가 수집과 사고와 관련 있는 변수들의 추가 수집 등을 통해 연구를 보완해야 한다.

References

- 1) KoROAD, "Traffic Accident statistics", pp. 78-79, 2013.
- 2) B. H. Park, "Developing the Accident Models of Pedestrian in Roundabout using ZAM", Journal of the Institute of Construction Technology, Vol. 32, No. 1, pp. 75-82, 2013.
- 3) H. Na and B. H. Park, "Accident Models of Circular Intersection by Cause using ZAM", International Journal of Highway Engineering, Vol. 14, No 2, pp. 101-108, 2012.
- 4) H. Na and B. H. Park, "Analysis on the Accident Severity of

- Motorcycle using Ordered Logit Model", Journal of the Korea Planners Association, Vol. 47, No. 4, pp. 233-240, 2012.
- 5) J. S. Kim, T. Y. Kim, K. H. Kim and B. H. Park, "Developing the Traffic Accident Models by the Function of Arterial Link Sections in the Case of Cheongju", International Journal of Highway Engineering, Vol. 13, No. 1, pp. 49-57, 2011.
- 6) B. H. Park and J. Y. Kim, "Developing the Accident Models of Cheongju Arterial Link Sections using ZAM Model", International Journal of Highway Engineering, Vol. 12, No. 2, pp. 43-49, 2010.
- 7) B. H. Park, S. H. Park, Y. M. Lee and B. C. In, "Accident Analysis of Unsignalized Intersections using ZAM - In the Case of 3-legged and 4-legged Unsignalized Intersections in Cheongju", Journal of the Korea Planners Association, Vol. 43, No. 6, pp. 69-78, 2008.
- 8) M. M. Abdul Manan, T. Jonsson and A. Varhelyi, "Development of a Safety Performance Function for Motorcycle Accident fatalities on Malaysian Primary Roads", Accident Analysis and Prevention, Vol. 60, pp. 13-20, 2013.
- 9) C. W. Pai, "Motorcycle Right-of-way Accidents-A literature Review", Accident Analysis and Prevention, Vol. 43, No. 3, pp. 971-982, 2011.
- 10) K. S. Oluwadiya, I. K. Kolawole, O. O. Adegbehingbe, A. A. Olasinde, Olaide Agodirin and S. C. Uwaezuoke, "Motorcycle Crash Characteristics in Nigeria: Implication for Control", Accident Analysis and Prevention, Vol. 41, pp. 294-298, 2009.
- 11) C. H. Pai, "Motorcyclist Injury Severity in Angle Crashes at T-junctions: Identifying Significant Factors and Analysing what Made Motorists Fail to Yield to Motorcycles", Accident Analysis and Prevention, Vol.47, pp. 1097-1106, 2009.
- 12) S. P. Washington, M. G. Karlaftis and F. L. Mannering, "Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis", Champan & Hall/CRC, pp. 250-254, 2003.
- 13) J. S. Lee and F. L. Mannering, "Impact of Roadside Features on the Frequency and Severity of Run-off-roadway Accidents : an Empirical Analysis", Accident Analysis and Prevention, Vol. 34, No. 2, 2002.
- 14) B.H. Park, J.K. Lim and T.H. Beak, "Traffic Accident Models of Domestic Rotary by Day and Nighttime", Journal of The Korean Society of Safety, Vol 27, No 2, pp. 104-109, 2012.
- 15) B.H. Park and S.S. Han, "Accident Models of Circular

- Intersections by Weather Condition in Korea”, Journal of The Korean Society of Safety, Vol 27 , No 6, pp. 178-184, 2012.
- 16) M.K. Park and B.H. Park, “Accident Analysis of 3-legged and 4-legged Roundabouts”, Journal of The Korean Society of Safety, Vol 27, No 3, pp. 161-166, 2012.
- 17) S. Harnen, R.S. Radin Umar, S.V. Wong, W.I. Wan Hashim, “Motorcycle Crash Prediction Model for Non-signalized Intersections”, IATSS Research, Vol 27, No. 2, pp. 58-65, 2003.
- 18) M.A. Quddus, R.B. Noland, H.C. Chin “An Analysis of Motorcycle Injury and Vehicle Damage Severity using Ordered Probit Models”, Journal of Safety Research, No. 33, pp. 445-462, 2002.
- 19) A.K. Indriastuti, H. Sulistio “Influencing Factors on Motorcycle Accident in Urban Area of Malang, Indonesia”, International Journal of Academic Research, Vol 2, No 5, pp. 252-256, 2010.
- 20) S. Harnen, R.S. Radin Umar, S.V. Wong, W.I. Wan Hashim, “Predictive Model for Motorcycle Accidents at Three-legged Priority Junctions”, Traffic Injury Prevention, Vol 4, Issue 4, 2003.