

토빗모형을 이용한 교차로 보행자 사고모형 개발

이승주 · 임진강 · 박병호[†]

충북대학교 도시공학과

(2014. 6. 30. 접수 / 2014. 8. 12 수정 / 2014. 9. 25. 채택)

Developing the Pedestrian Accident Models of Intersections using Tobit Model

Seung Ju Lee · Jin Kang Lim · Byung Ho Park[†]

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University

(Received June 13, 2014 / Revised August 12, 2014 / Accepted September 25, 2014)

Abstract : This study deals with the pedestrian accidents of intersections in case of Cheongju. The objective is to develop the pedestrian accident models using Tobit regression model. In pursuing the above, the pedestrian accident data from 2007 to 2011 were collected from TAAS data set of Road Traffic Authority. To analyze the accident, Poisson, negative binomial and Tobit regression models were utilized in this study. The dependent variable were the number of accident by intersection. Independent variables are traffic volume, intersection geometric structure and the transportation facility. The main results were as follows. First, Tobit model was judged to be more appropriate model than other models. Also, these models were analyzed to be statistically significant. Second, such the main variables related to accidents as traffic volume, pedestrian volume, number of traffic island, crossing length and the pedestrian countdown signal systems were adopted in the above model.

Key Words : accident model, pedestrian accident, accident at intersection, poisson and negative binomial regression model, tobit regression model

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

우리나라 자동차 등록대수는 2013년 기준 1,940만대로 2004년 1,493만대에 비해 447만대가 증가하였고 연평균 2.92%의 증가율을 보이고 있다. 이러한 자동차 등록대수의 증가로 인해 교통사고의 발생건수 또한 꾸준히 증가하고 있다. 2013년 기준 전국의 교통사고 발생건수는 215,354건으로 2007년에 비해 3,692건이 증가하였고 연평균 0.29%의 증가율을 보인다.

보행자 사고는 2007년과 2013년 사이 연평균 1.53% 증가율을 보이며 꾸준히 증가하고 있는데, 최근 보행환경에 대한 관심이 높아지면서 보행자의 안전을 위한 여러 가지 대책이 연구되고 있다. 하지만 보행자와 관련된 연구되어 왔던 대다수의 기존문헌은 사고심각도의 분석이 주를 이루고 있어 보행자사고 예측을 위한 연구는 부족한 실정이다.

이에 이 연구는 청주시 교차로에서 발생한 보행자 사고자료를 대상으로 보행자 사고모형을 개발하는데 그 목적이 있다.

1.2. 연구의 내용 및 방법

이 연구는 청주시 교차로에서의 보행자 사고모형을 다루고 있다. 교차로에서 발생한 보행자 사고자료의 수집을 위해 도로교통공단의 교통사고분석시스템인 TAAS를 이용하였다. 사고자료의 범위는 2007년부터 2011년 사이에 청주시 교차로에서 발생한 교통사고이다.

보행자 사고자료와 기하구조자료를 종속변수와 독립변수로 나누고 각 변수들의 특성을 SPSS 20.0을 이용해 분석하였다. 수집·분석된 자료를 중심으로 포아송, 음이항 그리고 Tobit 모형을 이용해 사고모형을 개발하였다.

[†] 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, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea

2. 기존문헌 고찰

2.1. 국내연구

연구를 수행하기에 앞서 사고모형을 활용하여 교차로에서 발생한 보행자 사고모형을 개발하기 위하여 기존에 진행되어온 보행자 사고를 대상으로 한 연구 및 Tobit모형을 이용한 연구를 검토하였다.

국내연구로서 김경환 등¹⁾은 Tobit모형을 이용해 청주시 간선도로에서 발생한 교통사고의 요인을 분석하였다. 전체 간선도로, 주간선도로, 보조간선도로 3가지 유형의 모형들을 구축하였으며, 공통변수로 우회전 전용차로가 채택되었다.

한수산 등²⁾은 전국 원형교차로를 대상으로 기상상태에 따른 개발하였다. 종속변수로 기상상태 종류별 사고건교통사고모형을 수와 EPDO를 사용하였으며, 포아송 모형과 음이항 모형을 이용해 모형을 구축하였다. 연구의 주요결과로는 맑은 기상상태에는 교통량과 우회전별도차로가, 기타의 기상상태에는 회전차로 폭, 진·출입구 수 및 횡단보도 수가 영향을 미친다고 밝히고 있다.

나희 등³⁾은 국내 원형교차로에서 발생한 교차로 사고를 대상으로 원인별 사고모형을 구축하였다. 모형의 구축에는 포아송, 음이항 및 ZAM이 사용되었으며, 최종적으로 ZAM을 선택하여 모형을 구축하였다. 주요 결과로는 공통변수로는 교통량과 회전차로 폭이, 특정 변수로는 접근로수와 감속시설수가 사고에 영향을 끼친다고 밝히고 있다.

박준태 등⁴⁾은 전국 지방부도로에서 발생한 보행자 사고의 사고 심각도를 중회귀분석을 활용하여 분석하였다. 사고를 고령·비고령 보행자로 분류하였으며, 독립변수로는 속도, 환경, 인적 요인, 성별, 도로 기하구조 등을 사용하였으며, 사고 심각도를 종속변수로 이용하였다. 연구의 주요결과로 고령보행자와 비고령보행자는 도로종류, 성별, 도로선형, 속도에 영향을 받는 것으로 나타났다.

최재성 등⁵⁾은 2006년에 발생한 전국 보행자사고를 대상으로 사고심각도 모형을 개발하였다. 성별, 나이 등이 포함된 인적요인과 차량, 기하구조 등이 포함된 기타요인을 독립변수로 이용하여 순서형 로짓모형을 개발하였다. 연구의 주요결과로 보행자 사고 심각도는 인적요인에서 성별, 나이, 음주여부가 기타요인에서 차량, 도로기하구조, 날씨, 시간대가 영향을 미친다고 밝히고 있다.

박규영 등⁶⁾은 지방부 4차로 국도에서 발생한 보행자 사고를 대상으로 보행자 사고 확률모형을 개발하였다.

주요변수로 도로안전 시설물 설치여부를 활용하여 각각에 대한 효과도를 추정하였다. 주요결과로는 시거개선, 보도설치, 조명설치가 사고감소에 효과적인 대안이라고 밝히고 있다.

이두희⁷⁾는 보행자가 횡단보도에서 하는 행위와 관련하여 안전예측모형을 개발하였다. 횡단보도에서 보행자의 행동을 종속변수로, 교통량, 횡단거리, 횡단시간 등을 독립변수로 하여 분석하였다. 이 연구에서는 보행자 사고와 횡단보도 및 횡단거리가 영향이 있다고 밝히고 있다.

이순철⁸⁾은 보행자 사고를 대상으로 보행자와 운전자의 통행행태에 의한 교통사고의 원인을 분석하였으며, 보행자의 이동행태별로 사고의 차이가 발생한다고 밝히고 있다.

2.2. 국외연구

국내와 마찬가지로 국외의 보행자 관련 연구는 심각도 분석이 주를 이루고 있으며, 일부는 보행자 사고모형을 다루기도 한다. 국외에서 다루어진 연구는 다음과 같다.

Anastasopoulos 등⁹⁾은 도시부 주간선 도로에서 발생한 사고를 대상으로 사고모형을 구축하였다. 변수로는 포장 특성, 도로 기하구조, 교통류 특성 등을 사용하였으며 두 종류의 Tobit 모형을 개발하였다. 개발된 fixed-parameters Tobit 모형과 random-parameters Tobit 모형을 비교한 결과, random-parameters Tobit 모형이 적합한 것으로 평가하였다.

Rolison 등¹⁰⁾은 영국의 고령 운전자, 승객, 보행자를 대상으로 사망사고 위험도를 분석하였다. 사고율을 종속변수로 분석하였으며, 보행자, 운전자, 승객 순으로 위험하다고 밝히고 있다.

Damsere-Derry 등¹¹⁾은 가나에서 발생한 보행자 사고를 대상으로 패턴과 심각도를 연구하였으며, 그 결과 연령과 속도, 미확인 차종, 야간, 횡단보도와 거리 보행자 사고 심각도에 영향을 끼친다고 밝히고 있다.

Anastasopoulos 등¹²⁾은 인도애나 도시부의 주간선 도로에서 발생한 사고 자료를 대상으로 Tobit 모형을 구축하였다. 교통사고율을 종속변수로 하여 모형을 구축하였으며, 구축된 모형은 적합한 것으로 판단하였다.

2.3. 기존연구와의 차별성

이 연구는 청주시 교차로에서 발생한 보행자 사고를 대상으로 보행자 사고모형을 개발하였다.

보행자 사고를 대상으로 연구한 기존문헌에서는 보행자 사고의 사망, 중상, 경상 및 부상 등 사고 심각도

를 종속변수로 한 심각도 분석이 주를 이루고 있으나, 이 연구는 보행자 사고 건수를 종속변수로 활용한 사고모형을 개발하였다. 그리고 보행자 전체사고가 아닌 교차로 및 교차로 인근(10M이내)에서 발생한 사고만을 대상으로 하기 때문에 교차로에서 발생하는 보행자 사고에 대한 보다 정확한 분석이 예상된다.

기존 문헌에서 사용된 독립변수 및 분석방법론을 이 연구와 비교한 내용은 표 1과 같다. 보행자와 관련된 기존문헌에서 분석하지 않았던 보행교통량 및 교차로 내에서 교통량, 교차로에서 보행자 사고에 영향을 끼칠 것이라고 예상되는 기하구조 및 교통시설 등의 변수를 수집하고 보행자 사고와의 관계를 규명하는데 이 연구의 차별성이 있다.

또한 사고모형관련 기존문헌을 고찰하여 보행자 사고모형을 개발하기에 적합한 분석방법론을 검토하였다. 보행자 사고건수라는 종속변수의 특성상 항상 '0' 이상 값이 관찰되기 때문에 가산자료모형 이외에 중도절단모형인 토빗모형을 추가하여 선정된 모형의 정확성을 높인다는데 연구의 차별성이 있다.

3. 분석의 틀 설정

3.1. 자료수집 및 분석

이 연구에서 사용된 보행자 사고자료는 도로교통공단에서 운영하는 교통사고분석시스템(TAAS)의 경찰

DB자료를 활용하였고, 사고자료의 수집은 간선도로의 교차로 인근에서 발생한 사고만을 수집하였다. 그 결과 300개의 교차로지점에서 총 681건의 사고가 수집되었다. 교차로의 기하구조 자료는 청주시의 CAD도면과 현장 조사를 병행하여 수집하였다.

3.2. 변수선정

이 연구에서는 2007년부터 2011년 사이에 교차로에서 발생한 681건의 사고를 종속변수로 선정하였다. 독립변수는 교통량, 기하구조 및 교통시설 등 총 10개의 변수를 선정하며, 변수에 대한 내용은 표 2와 같다.

3.3. 변수특성 분석

사고모형을 개발하기에 앞서, 수집된 종속변수와 독립변수와의 상관관계나 변수들 간의 다중공선성을 분석하기 위해 SPSS 17.0을 이용하여 기술통계 분석, 상관관계 분석 및 다중공선성 분석을 수행하였다. 기술통계란 자료를 이해하기 쉬운 수치로 요약하는 기법으로, 각 변수에 대한 기술통계 분석 결과는 표 3과 같다.

변수간의 상관관계 분석은 신뢰수준 95%에서 수행되었다. 분석결과 교통량, 보행교통량, 접근로 수, 횡단 보도 수, 보행교통섬 수, 최장횡단거리 및 잔여시간표시기 유무가 종속변수와 관련이 있는 것으로 판단되었고, 이 변수들은 모두 보행자사고와 양의 상관관계를 가지고 있으므로, 변수들의 값이 증가할수록 사고가 발생할 확률이 높아지는 것으로 분석되었다.

다중공선성은 종속변수에 대한 독립변수 간에 강한 상관관계가 있는 것을 의미하며, 이를 고려하지 않고 모형을 개발할 경우 모형 내에서 사용된 독립변수가

Table 1. Summary of differences with previous studies

Year	Authors	Independent Variables	Analysis Methods
Literature of Pedestrian			
2010	Park et al.	-	Multiple Regression Analysis
2009	Chio et al.	X_7	Ordered Logit Model
2006	Park et al.	X_5	Logit Model
2005	Lee et al.	X_1, X_7	Stepwise Regression Analysis
2010	Rolison et al.	-	Statistical Analysis
Literature of Accident Model			
2013	Kim et al.	X_1	Tobit Model
2012	Han et al.	X_1, X_3, X_5, X_6, X_9	Count Data Models
2012	Na et al.	X_1, X_3, X_4, X_5, X_6	Count Data Models, ZAM
2012	Anastasopoulos et al.	X_1	Univariate Tobit, Multivariate Tobit
this study	Lee et al.	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}$	Count Data Models, Tobit Model

Note : refer to Table 2

Table 2. List of variables

Classification	Variable	Definition	Range
Accident data	Y_1	Number	0~23
Traffic volume	X_1	Veh./h	322~6,733
Pedestrian volume	X_2	Ped/h	0~1,452
Legs	X_3	Number	2~7
Number of lanes by leg	X_4	Number	0~5
Crosswalk	X_5	Number	0~10
Traffic island	X_6	Number	0~5
Crossing length	X_7	Meter	0~38
Bicycle path	X_8	Existence	0~1
Right poket	X_9	Number	0~4
Pedestrian countdown signal systems	X_{10}	Existence	0~1

Table 3. Descriptive statistics and Multicollinearity

Classification	Variable	Mean	Standard deviation	VIF
Accident data	Y_1	2.270	2.584	-
Traffic volume	X_1	2447.680	1349.213	1.656
Pedestrian volume	X_2	124.150	192.838	1.346
Legs	X_3	3.683	0.586	4.321
Number of lanes by leg	X_4	1.959	0.623	3.523
Crosswalk	X_5	3.066	1.833	3.090
Traffic island	X_6	0.463	0.985	1.727
crossing length	X_7	18.516	7.343	2.870
Bicycle path	X_8	0.526	1.104	3.510
Right-turn pocket	X_9	0.284	0.725	1.570
pedestrian countdown signal systems	X_{10}	0.860	0.347	1.132

제 역할을 하지 못해 모형의 설명력은 높아도 회귀계수들이 유의하지 않게 될 수 있다. 이는 모형에서 제시한 회귀계수를 신뢰할 수 없다는 의미이기 때문에 모형개발 전 필히 수행해야만 하는 분석이다. 이 연구에서 사용된 독립변수는 VIF값이 10 미만으로 다중공선성이 없는 것으로 분석되었고 분석에 대한 내용은 표 3과 같다.

4. 모형 개발 및 검증

4.1. 모형의 이론적 고찰

포아송 회귀(Poisson regression) 모형은 회귀분석이나 범주형 자료를 분석하기 위해 사용되는 모형으로, 일정한 시간 또는 공간에서 0(zero)을 포함한 사건 발생횟수와 이에 따른 확률분포를 말한다.

포아송분포의 확률밀도 함수는 식 (1)과 같다.

$$Pr(Y_i = kX_i) = \frac{\exp(-\lambda_i)\lambda_i^k}{k!}, k=0,1,2,\dots \quad (1)$$

음이항 회귀(Negative Binominal regression) 모형은 자료의 분포가 과분산(overdispersion)을 나타낼 경우 포아송 모형은 적용하기 어려운 점이 있기 때문에 이를 해결하기 위해 자주 사용되는 모형이다. 음이항 회귀 모형식은 포아송 회귀 모형식에 오차 항을 결합시킨 형태로 식 (2)와 같다.

$$Pr(Y_i = kX_i) = \frac{T(k+\alpha^{-1})}{T(k+1)T(\alpha^{-1})} \times (\alpha\lambda_i)^k [1+\alpha\lambda_i]^{-(k+\alpha-1)} \quad (2)$$

사고건수와 같이 일정한 영역에서만 관찰되는 변수를 종속변수로 하는 회귀모형에는 중도절단회귀모형과 절단회귀모형이 있다. 이 중 토빈(Tobin, 1958)에 의해 최초로 제안된 중도절단회귀모형(censored regression model)을 Tobit 모형이라 부르며, 모형식은 식 (3)과 같다.

$$y_i^* = \beta x_i + \epsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$y_i = y_i^* \text{ (if } y_i^* > 0), y_i = 0 \text{ (if } y_i^* \leq 0)$$

4.2. 사고모형 개발 및 논의

5년간의 사고자료를 종속변수로 이용하여 사고모형을 개발한 결과, 가산자료모형(포아송, 음이항 모델)과 절단된 가산자료모형(절단된 포아송, 절단된 음이항 모델)의 우도비가 각각 0.245, 0.196, 0.256, 0.210으로 분석되었다. 음이항 모형과 절단된 음이항 모형의 Alpha t값은 각각 5.654, 2.424로 포아송 모형보다 음이항 모형이 더 적합한 것으로 나타났다.

음이항 모형에서 채택된 변수는 보행교통량, 접근로 수, 잔여시간표시기 유무이다. 채택된 변수들 모두 양의 상관관계를 가지고 있어 보행교통량이 많을수록, 접근로 수가 많을수록, 잔여시간표시기가 있을 때 사고가 증가한다.

Table 4. Pedestrian accident model

Classification	Poisson	NB	Truncated poisson	Truncated NB	Tobit	
constant	Coeff.	-0.867	-1.019	-0.590	-1.008	-2.950
	t-ratio	-3.364	-2.369	-1.756	-1.811	-2.595
	p-value	0.001	0.018	0.079	0.070	0.095
X_2	Coeff.	0.001	0.002	0.001	0.001	0.009
	t-ratio	12.908	6.265	8.065	5.526	9.662
	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X_3	Coeff.	0.263	0.272	0.229	0.280	0.741
	t-ratio	4.308	2.453	2.780	2.063	2.452
	p-value	0.000	0.014	0.005	0.391	0.142
X_5	Coeff.	-	-	-0.058	-0.080	-
	t-ratio	-	-	-2.114	-1.771	-
	p-value	-	-	0.035	0.077	-
X_7	Coeff.	-	-	0.023	0.028	-
	t-ratio	-	-	3.264	1.851	-
	p-value	-	-	0.001	0.064	-
X_{10}	Coeff.	0.491	0.477	0.400	0.429	0.949
	t-ratio	3.267	2.428	2.146	1.851	1.875
	p-value	0.001	0.015	0.032	0.064	0.060
ρ^2 / R^2	0.144	0.086	0.131	0.038	0.049	
Alpha(α)	-	5.654	-	2.424	-	

Tobit모형의 경우 R^2 값이 0.049로 모형의 설명력이 높은 것으로 나타났으며, 채택된 변수는 보행교통량, 보행교통섬 수, 최장횡단거리, 잔여시간표시기 유무이다. 모두 양의 상관관계를 가지고 있으며 교통량이 많을수록, 보행교통량이 많을수록, 보행교통섬이 많을수록, 횡단거리가 길수록 사고가 증가하는 것으로 분석된다. 양의 상관관계인 잔여시간 표시기는 사고가 많은 곳에 설치되어 있어 나타나는 현상으로 판단된다.

구축된 모형을 비교해 보면, 공통변수로는 보행교통량(X_2), 접근로 수(X_3), 잔여시간표시기 유무(X_{10})가 채택되며, 특정변수는 표 5와 같이 나타났다.

보행자사고가 일어났을 때 사고 요인에 의한 사고건수의 영향 정도를 파악하기 위해 한계효과 분석을 실시하였다. 분석결과는 표 6과 같으며 접근로 수와 잔여시간표시기의 영향이 높은 것으로 분석되었다.

4.3. 모형 검정

모형의 적합성을 검정하기 위해 RMSE, %RMSE, MPB, MAD 및 상관계수를 활용하여 음이항 모형과 Tobit모형의 적합성을 검정하였다. 모형검정 결과는 표 7과 같다. RMSE값은 0에 가까울수록 모형의 정확도가 높다고 판단되었고, 검정결과 음이항 및 절단된 음이항 모형의 RMSE값이 2.973, 6.355인데 비해 Tobit모형의 RMSE값은 2.177로 더 적합한 모형으로 판단되었다. %RMSE, MPB, MAD, 상관계수 또한 Tobit모형의

Table 5. Common and specific variables

Classification	Common variables	Specific variables
Poisson	Pedestrian volume, Legs, Pedestrian countdown signal systems	-
NB		-
Truncated poisson		Crosswalk, Crossing length
Truncated NB		Crosswalk, Crossing length
Tobit		-

Table 6. Analysis of marginal effect

Classification	Poisson	NB	Truncated Poisson	Truncated NB	Tobit
constant	-1.967	-2.585	-1.488	-2.346	-2.146
X_2	0.003	0.006	0.003	0.003	0.006
X_3	0.596	0.690	0.576	0.653	0.539
X_5	-	-	-0.147	-0.187	-
X_7	-	-	0.057	0.066	-
X_{10}	1.114	1.210	1.008	0.998	0.691

Table 7. Fitness Tests of Developed Models

Classification	NB	Truncated NB	Tobit
RMSE	2.973	6.355	2.177
%RMSE	130.965	279.950	95.919
MPB	1.788	4.786	1.529
MAD	-0.067	-4.649	0.518
Correlation Coefficient	0.433	0.488	0.585

값이 음이항 및 절단된 음이항 모형의 값보다 더 적합한 것으로 판단되었다.

5. 결론

이 연구에서는 2007년부터 2011년까지 청주시의 교차로에서 발생한 보행자 사고모형을 개발하였다. 사고모형의 개발을 위해 보행자 사고건수를 사용하였으며, 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 모형 개발 결과 Tobit모형이 가산자료 모형보다 교차로 보행자 사고 예측모형을 개발하는데 더 적합한 것으로 판단되었다. 그리고 개발된 모형은 통계적으로 유의한 것으로 평가되었다.

둘째, Tobit 모형에 의해 채택된 변수로 교통량, 보행교통량, 보행교통섬수, 최장횡단거리, 잔여시간표시기 유무가 포함되었다. 보행교통섬 수는 사고건수와 음의 상관관계를 가지며, 그 외에 채택된 모든 변수는 사고건수와 양의 상관관계를 가지는 것으로 분석되었다.

마지막으로, 채택된 변수를 토대로 개선방안을 제시하자면, 보행교통량이 많고 접근로수가 많은 대형교차로의 경우 보행자 펜스 등 보행안전시설을 설치하여 무단횡단을 방지하고, 보행자의 횡단거리가 긴 교차로의 경우 보행교통섬을 적절한 위치에 설치하여 보행자의 횡단거리를 줄이고, 보행자가 횡단보도를 여유 있게 건널 수 있도록 신호시간을 조정하면 보행자사고는 보다 감소할 것으로 기대된다.

이 연구는 간선도로 내의 청주시 주요 교차로를 대상으로 하고 있어 잔여시간표시기가 양의 부호로 채택되는 등의 일반적이지 않은 결과가 도출되었다. 향후 연구의 범위를 생활도로 및 지방부로 확대하고 다양한 변수를 고려하여 보다 정확한 연구가 필요하다.

References

1) K. K. Kim and B. H. Park, "Analysis of Accident Factors at Arterial Road using Tobit Model", International Journal of

- Highway Engineering, Vol. 15, No. 2, pp.131-138, 2013.
- 2) S. S. Han and, B. H. Park, “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.
 - 3) H. Na and B. H. Park, “Accident Models of Circular Intersection by Cause using ZAM”, Journal of the Korean Society of Road Engineers, Vol. 14, No. 2, pp. 101-108, 2012.
 - 4) J. T. Park, B. B. Choi and S. B. Lee, “A Study on the Characteristics of Traffic Accidents for the Elderly Pedestrians on Rural Highways”, Journal of the Korean Society of Transportation, Vol. 28, No. 5, pp. 155-162, 2010.
 - 5) J. S. Choi, S. Y. Kim, K. S. Hwang and S. Y. Baik, “Severity Analysis of the Pedestrian Crash Patterns Based on the Ordered Logit Model”, International Journal of Highway Engineering, Vol. 11, No. 1, pp. 153-164, 2009.
 - 6) G. U. Park and S. B. Lee, “Estimating the Effectiveness of Road Safety Features using Pedestrian Accident Probability Model”, Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 24, No. 4, pp. 55-65, 2006.
 - 7) D. H. Lee, “A Development of Safety Prediction Models for Moving Behavior of Crosswalk Pedestrians”, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 25, No. 3, pp. 439-445, 2005.
 - 8) S. C. Lee, “The Characteristics of Pedestrians Accident: Analyzing the Conflict Behavior between Pedestrians and Drivers”, Journal of the Korean Psychological Association, Vol. 6, No. 3, pp. 159-174, 2000.
 - 9) P. C. Anastasopoulos, F. L. Mannering, V. N. Shankar and J. E. Haddock, “A Study of Factors Affecting Highway Accident Rates using the Random-parameters Tobit Model”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 45, pp. 628-633, 2012.
 - 10) J. J. Rolison, J. P. Hewson, E. Hellier and P. Husband, “Risk of Fatal Injury in Older Adult Drivers, Passengers, and Pedestrians”, Journal of the American Geriatrics Society, Vol. 60, Issue 8, pp. 1504-1508, 2012.
 - 11) D. J. Derry, E. B. Ebel, N. C. Mock, F. Afukaar and P. Donkor, “Pedestrians Injury Patterns in Ghana”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 42, Issue 4, pp. 1080-1088, 2010.
 - 12) P. C. Anastasopoulos, P. T. Tarko and F. L. Mannering, “Tobit Analysis of Vehicle Accident Rates on Interstate Highways”, Accident Analysis & Prevention, Vol. 40, pp. 628-633, 2008.