

## 토빗모형을 이용한 가로구간 보행자 사고모형 개발

### Developing the Pedestrian Accident Models Using Tobit Model

이승주 Lee, Seung Ju  
김윤환 Kim, Yun Hwan  
박병호 Park, Byung Ho

충북대학교 도시공학과 석사과정 (E-mail: tmdwn0107@naver.com)  
충청북도청 교통물류과 주무관 (E-mail: corea551@korea.kr)  
정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수 (E-mail: bhpark@chungbuk.ac.kr)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** This study deals with the pedestrian accidents in case of Cheongju. The goals are to develop the pedestrian accident model.

**METHODS :** To analyze the accident, count data models, truncated count data models and Tobit regression models are utilized in this study. The dependent variable is the number of accident. Independent variables are traffic volume, intersection geometric structure and the transportation facility.

**RESULTS :** The main results are 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 Entry/exit, number of crosswalk and bus stop were adopted in the above model.

**CONCLUSIONS :** The optimal model for pedestrian accidents is evaluated to be Tobit model.

#### Keywords

*pedestrian accident model, count data model, truncated count data model, tobit regression model, link section*

Corresponding Author : Park, Byung Ho, Professor  
Department of Urban Engineering, Chungbuk National University,  
52 Naesudong-ro, Heungdeok-gu, Chungju-si, Chungbuk 361-463, Korea  
Tel : +82.43.261.2496 Fax : +82.43.264.2496  
E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ijhe.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (Print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received Dec. 19, 2013 Revised Dec. 20, 2013 Accepted May. 28, 2014

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

중요한 사회문제 중 하나인 교통사고는 물적인 피해 뿐 아니라 정신적인 피해를 주게 되는데, 이러한 사고는 꾸준히 증가하는 추세이다. 우리나라 자동차 등록대수는 2012년 기준 1,887만대로 연평균 2.9%의 증가율을 보이고 있다.

자동차 등록대수의 증가로 인해 교통사고 또한 꾸준히 증가하고 있는데, 2012년 기준 전국의 교통사고 발

생건수는 223,656건으로 2005년에 비해 9,485건이 증가하였고 작년대비 0.8%가 증가한 수치이다.

청주시에서 2012년에 발생한 교통사고건수는 15,717건으로 2007년의 12,207건과 비교했을 때 3,510건이 증가했으며, 연평균 5.18%로 증가하고 있다.

보행사고의 경우 2007년 1,670건에서 2012년 2,104건으로 연평균 4.73% 증가를 보이고 있다. 또한 보행환경에 대한 관심이 높아지면서 보행자의 안전을 위한 여러 가지 정책 및 대안이 연구되고 있으며, 실제로 개선

된 도로가 많아지고 있다. 하지만 보행자와 관련되어 진행되어온 연구들은 심각도 연구가 주를 이루고 있어 교통량, 기하구조 및 교통시설과 사고의 연관성에 대한 연구가 필요한 실정이다.

이에 이 연구는 청주시를 사례로 도시내 가로구간의 보행자 사고자료를 수집하여, 보행자 사고모형을 개발하는데 그 목적이 있다.

## 1.2. 연구의 범위 및 방법

이 연구는 청주시 가로구간에서의 보행자 사고모형을 다루고 있다.

연구의 수행과정으로는 첫째, TAAS의 경찰DB 자료를 이용해 2007년부터 2011년 사이에 청주에서 발생한 보행자 사고자료를 수집하고 가로구간의 기하구조 자료를 조사한다. 둘째, 보행자 사고자료와 교통량, 기하구조 및 교통시설자료를 종속변수와 독립변수로 나누고 각 변수들의 특성을 SPSS 17.0을 이용하여 분석한다. 셋째, 수집·분석된 자료를 중심으로 NLOGIT 4.0을 이용하여 가산자료모형, 절단된 가산자료모형 그리고 Tobit모형을 통해 사고모형을 개발한다.

## 2. 기존연구 고찰

### 2.1. 국내 연구

연구를 수행하기에 앞서 사고모형을 활용하여 가로구간에서 발생한 보행자 사고모형을 개발하기 위하여 기존에 진행되어온 보행자 사고를 대상으로 한 기존연구 및 Tobit모형을 이용한 기존문헌을 검토한다. 국내에서 다뤄진 주요연구는 다음과 같다.

김준용 등(2012)은 청주시 가로구간에서 발생한 사고를 대상으로 사고모형을 구축하였다. 종속변수로 사고건수와 EPDO를 사용하였으며, 패널자료를 이용해 사고모형을 구축하였다. 연구의 주요결과로 교차로의 횡단보도수, 총 교차로수 및 교통섬수가 사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

김정환 등(2013)은 Tobit모형을 이용하여 간선도로의 교통사고요인을 분석하였다. 사고건수를 종속변수로 하여 사고모형을 개발하였으며, 횡단보도수와 우회전 전용차로 유·무가 독립변수로 채택되었고, 모두 양의 관계를 가진다고 밝히고 있다.

나희 등(2012)은 국내 원형교차로에서 발생한 사고를 이용하여 원인별 사고모형을 개발하였다. 모형개발에

포아송, 음이항 및 ZAM을 사용하였으며, 최종모형으로 ZAM을 선택하였다. 주요 결과로는 교통량과 회전차로 폭, 접근로수 및 감속시설수가 사고에 영향을 끼친다고 밝히고 있다.

박병호(2013)는 원형교차로에서 일어난 보행자 사고를 대상으로 ZAM을 이용해 보행자 사고모형을 구축하였다. 그 결과 공통변수로 교통량이 채택되고, 특정변수로 회전차로수, 횡단보도수, 감속시설수 및 설치여부가 채택되었다.

최재성 등(2009)은 보행자 사고를 대상으로 보행자 사고 심각도 분석을 통해 사고 심각도가 환경요인에 의해 받는 영향을 알아보았고, 그 결과 도로의 기하구조가 보행자 사고에 영향을 준다고 밝히고 있다.

하오근 등(2008)은 신호교차로에서 발생하는 교통사고를 대상으로 하여 포아송 및 음이항 모형을 이용해 사고모형을 개발하였다. 그 결과 교통량과 우회전비율, 좌회전 전용차로 등의 변수가 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 운전자 시거확보와 교차각도 감소 등의 개선이 필요하다고 밝히고 있다.

한수산 등(2012)은 전국 원형교차로를 대상으로 기상상태에 따른 교통사고모형을 구축하였다. 기상상태 종류별 사고건수와 EPDO를 종속변수로 사용하였고, 포아송 모형과 음이항 모형을 이용해 모형을 구축하였다.

### 2.2. 국외 연구

국내와 마찬가지로 국외의 보행자 관련 연구는 심각도 분석이 주를 이루고 있으며, 일부는 보행자 사고모형을 다루고 있다. 국외에서 다뤄진 주요 연구는 다음과 같다.

Anastasopoulos 등(2012)은 도시부 주간선 도로에서 발생한 사고를 대상으로 사고모형을 구축하였다. 포장 특성, 도로 기하구조, 교통류 특성 등을 변수로 사용하여 Tobit 모형을 개발하였다. 최종적으로 Random-parameters Tobit 모형을 채택하여 Fixed-parameters Tobit보다 적합하다고 밝히고 있다.

Anastasopoulos 등(2012)은 워싱턴의 사고자료를 이용하여 사고심각도 모형을 구축하였다. 모형구축 결과 Univariate Tobit 모형과 Multivariate Tobit 모형 중 Multivariate Tobit 모형이 적합한 모형으로 선정되었으며, 모형의 검증을 통해 Multivariate Tobit이 최종모형으로 선정됐다.

Anastasopoulos 등(2008)은 인디애나 주 간선도로

에서 발생한 사고를 대상으로 사고모형을 구축하였다. Tobit모형을 이용, 교통사고율을 종속변수로 하여 모형을 구축하였다.

Damsere-Derry 등(2010)은 가나에서 발생한 보행자 사고의 패턴과 심각도를 연구하여, 연령과 속도, 미확인 차종, 야간, 횡단보도와와의 거리가 보행자 사고심각도에 영향을 준다고 밝히고 있다.

Rosen 등(2009)은 독일의 보행자 사고와 관련하여 보행자 연령 및 사고차량의 속도와 보행자 사망률에 관해 분석하였다. 그 결과 속도가 높을수록 사망률은 높은 것으로 분석되었고, 75km/h에서 보행자의 사망위험이 50%에 달한다고 밝히고 있다.

Simon P. W. 등(2003)은 ZAM의 적합성을 판단하는 기준을 제시하고 있다. 저자들은 음이향 모형의 과분산 계수 t 통계값과 Vuong 통계값을 이용하여 모형의 사용가능 여부를 판단한다.

Yuanchang Xie 등(2007)은 교통사고 심각도를 개발하는데 있어서 운전자 정보, 차종, 사고유형 및 충돌 지점 등의 설명변수를 설정하고, 순서형 프로빗 모형과 베이시안 프로빗 모형을 개발하여 각각의 심각도 모형을 제시한다.

### 2.3. 기존연구와의 차별성

이 연구는 청주시 간선도로에서 발생한 보행자 사고를 대상으로 하여 보행자 사고모형을 개발한다. 기존의 연구가 전체사고를 대상으로 이루어졌던 반면, 이 연구는 전체사고가 아닌 보행자 사고모형을 개발한다. 그리고 보행자 관련 문헌에서 사용했던 심각도분석 연구가 아닌 교통량, 기하구조 및 교통시설과의 관계를 규명하기 위한 사고모형을 개발한다는 점에서 기존문헌과의 차이점이 있다. 또한 사고모형 개발에 Tobit모형을 추가하여 기존의 가산자료모형과 비교하여 최적의 모형을 선정하는데 이 연구의 차별성이 있다.

## 3. 변수선정 및 분석

### 3.1. 자료수집

이 연구에서 사용된 보행자 사고자료는 도로교통공단에서 운영하는 교통사고분석시스템(TAAS)의 경찰DB 자료를 활용한다. 사고자료의 구축을 위해 Fig. 1과 같이 교차로 정지선부터 10m 이후 지점까지의 사고를 제외한 나머지 가로구간 사고를 수집하였다.

그 결과 345개의 구간으로 나뉘며 발생된 총 사고는

700건이다. 가로구간 중 1순환로가 121건으로 가장 많은 보행자사고가 발생하며, 서부로가 9건으로 가장 적은 사고가 발생한다. 가로구간의 기하구조 자료는 청주시의 CAD도면과 현장조사를 병행하여 수집한다. 가로구간별 사고건수는 Table 1과 같다.

Table 1. Accident Data by Road

Road	1sunhwan-ro	Sajikdae-ro	Sangdang-ro	Jikji-daero
No. accident	121	87	47	39
Road	Mochung-ro	Gonghang-ro	Cheongnam-ro	Danjae-ro
No. accident	25	23	23	18
Road	Chungcheong-daero	Seobu-ro	Garosu-ro	2sunhwan-ro
No. accident	10	9	36	13

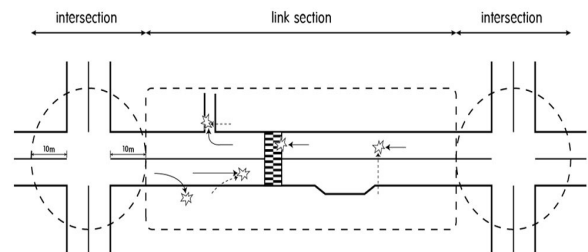


Fig. 1 Classification Criteria between Intersection and Link Section

### 3.2. 변수선정

5년간 발생한 보행자 사고의 합계를 종속변수로 채택하였고, 기존 보행자 관련 문헌을 고찰하고 사고와 연관이 있을 것으로 판단되는 교통량, 보행교통량 및 기하구조 등의 자료들을 검토한 후 독립변수로 채택하였다. 교차로와 가로구간에서 주로 발생하는 사고형태는 다르기 때문에 가로구간의 사고와 관련된 변수를 주로 수집하였다.

가로구간에서 주로 발생하는 보행자 사고의 종류는 크게 횡단 중 사고, 차도통행 중 사고, 보도통행 중 사고, 길가장자리통행 중 사고, 기타로 나뉘는데 이 중 횡단 중 사고의 비율이 가장 높다. 이외에 보도 및 차도통행 중 사고, 무단횡단사고, 횡단보도통행 중 사고, 차량진·출입로에서의 사고 등 가로선상에서 발생하는 사고의 특성을 분석하기 위해 교통량, 보행교통량, 횡단 중 사고와 연관이 있는 변수(차로폭, 차로수 등) 및 도로연장, 자전거도로 유무, 버스정류장 개수, 보행자 펜스 유무 등의 변수를 수집하였다. 최종적으로 총 13개의 변수를 선정

하였으며, 변수에 대한 정의는 Table 2와 같다.

Table 2. Definition of Variables

Classification	Variable	Definition	Range
Accident data	$Y_1$	Number	0~23
Traffic volume	$X_1$	Veh/h	170~2,040
Pedestrian volume	$X_2$	Ped/h	0~813
Width of road	$X_3$	Meter	6~35.12
Average of lanes	$X_4$	Number	1~3
Degree of curvature	$X_5$	%	1~1.12
Width of sidewalk	$X_6$	Meter	0~6.99
Entry/exit	$X_7$	Number	0~23
Crosswalk	$X_8$	Number	0~6
Length of road	$X_9$	Meter	70~3,020
Bicycle path	$X_{10}$	Existence	0~1
Bus stop	$X_{11}$	Number	0~2
Pedestrian fence	$X_{12}$	Existence	0~1

### 3.3. 변수특성 분석

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

변수간의 상관관계를 분석하기 위해 신뢰수준 90%에서 상관분석을 수행하며 그 결과는 Table 4와 같다. 상

Table 3. Descriptive Statistics

Classification	Mean	Standard deviation
$Y_1$	2.029	3.3695
$X_1$	968.9826	388.729
$X_2$	57.4203	97.0058
$X_3$	18.9598	6.1807
$X_4$	2.313	0.7116
$X_5$	1.004	0.0138
$X_6$	3.849	1.1538
$X_7$	2.4029	2.7060
$X_8$	0.3739	0.7639
$X_9$	303.8435	241.7811
$X_{10}$	0.6754	0.4689
$X_{11}$	0.9043	1.5992
$X_{12}$	0.2551	0.4431

관관계 분석결과 교통량, 보행교통량, 보도폭, 차량진·출입로수, 횡단보도수, 도로연장, 버스정류장, 보행자 펜스가 종속변수와 관련이 있는 것으로 판단된다. 이 변수들은 모두 보행자 사고와 양의 상관관계를 가지고 있으므로, 변수들이 증가할수록 사고가 발생할 확률이 높아지는 것으로 분석된다.

## 4. 모형 개발 및 검증

### 4.1. 이론적 고찰

포아송회귀모형(Poisson regression)은 회귀분석이 나 범주형 자료를 분석하기 위해 사용되는 모형으로, 일

Table 4. Correlation Analysis

Classification	$Y_1$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$
$Y_1$	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$X_1$	.242**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$X_2$	.371**	.196**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$X_3$	0.089	.543**	0.082	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$X_4$	0.1	.553**	0.06	.922**	1	-	-	-	-	-	-	-	-
$X_5$	-0.028	-0.053	-0.028	0.076	0.06	1	-	-	-	-	-	-	-
$X_6$	.158**	.493**	.155**	.621**	.597**	0.039	1	-	-	-	-	-	-
$X_7$	.573**	.116*	.148**	0.017	0.037	0.089	0.005	1	-	-	-	-	-
$X_8$	.333**	-.128*	0.037	-.234**	-.232**	0.095	-.126*	.532**	1	-	-	-	-
$X_9$	.201**	0.004	-0.019	.110*	.143**	.381**	0.018	.327**	.275**	1	-	-	-
$X_{10}$	0.065	.266**	0.065	.447**	.445**	0.051	.438**	0.023	-.139**	0.082	1	-	-
$X_{11}$	.280**	.112*	0.047	.169**	.167**	0.011	.172**	.298**	.153**	.201**	.145**	1	-
$X_{12}$	.127*	.243**	0.079	.296**	.262**	0.027	.209**	0.064	0.027	0.018	0.078	0.076	1

\* : 유의확률 0.05에서 유의함 \*\* : 유의확률 0.01에서 유의함

정한 시간 또는 공간에서 0(zero)을 포함한 사건 발생 횟수와 이에 따른 확률분포를 말한다. 포아송 분포의 확률밀도 함수는 Eq. (1)과 같다.

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

음이항회귀모형(negative binominal regression)은 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 오차항을 결합시킨 형태로 Eq. (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 Eq. (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. 사고모형개발

사고모형은 포아송모형, 음이항모형, 절단된 포아송모형, 절단된 음이항모형 및 토빗모형으로 총 5개의 모형이 구축되었으며, 그 결과는 Table 5와 같다. 포아송모형과 음이항모형에는 교통량( $X_1$ ), 보행교통량( $X_2$ ) 및 횡단보도수( $X_8$ )이 사고에 영향을 끼치는 변수로 채택되었고, 절단된 포아송모형에는 보행교통량( $X_2$ ), 평균차로수( $X_4$ ), 차량진·출입로개수( $X_7$ ), 횡단보도개수( $X_8$ ) 및 자전거도로 설치유무( $X_{10}$ )가, 절단된 음이항모형에는 보행교통량( $X_2$ ), 평균차로수( $X_4$ ), 굴곡률( $X_5$ ), 차량진·출입로개수( $X_7$ ) 및 횡단보도개수( $X_8$ )가 사고에 영향을 끼치는 변수로 채택되었다.

과분산계수를 이용해 비교한 결과 음이항모형과 절단된 음이항모형의 과분산계수 각각 7.611, 2.940로 포아

송모형보다 음이항모형이 적합한 것으로 분석된다. 음이항모형과 절단된 음이항모형의 우도비를 비교하여 가산 자료의 최적 모형으로 음이항모형을 채택하였다.

토빗모형의 경우 사고에 영향을 끼치는 변수로 교통량( $X_1$ ), 보행교통량( $X_2$ ), 차량진·출입로개수( $X_7$ ), 횡단보도수( $X_8$ ) 및 버스정류장개수( $X_{11}$ )가 채택되었다. 모형의 설명력을 나타내는 결정계수( $R^2$ )값은 0.4일 때, 좋은 것으로 보는데 구축된 Tobit 모형의 결정계수( $R^2$ )값이 0.466으로 나와 통계적으로 설명력이 있는 것으로 나타난다(「Statistical and econometric methods for transportation data analysis」, p.107).

Table 5. Pederstrain Accident Models

Classification	Tobit	Poisson	N.B	Truncated Poisson	Truncated N.B	
Constant	Coeff.	-4.726	-0.796	-0.843	-1.041	13.611
	t-ratio	-6.963	-6.748	-4.160	-5.939	1.612
	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.107
$X_1$	Coeff.	0.002	0.001	0.001	-	-
	t-ratio	3.584	10.545	3.674	-	-
	p-value	0.000	0.000	0.000	-	-
$X_2$	Coeff.	0.013	0.003	0.006	0.003	0.003
	t-ratio	5.993	12.207	6.120	12.285	3.704
	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$X_4$	Coeff.	-	-	-	0.291	0.340
	t-ratio	-	-	-	4.186	2.296
	p-value	-	-	-	0.000	0.021
$X_5$	Coeff.	-	-	-	-	-14.328
	t-ratio	-	-	-	-	-1.698
	p-value	-	-	-	-	0.089
$X_7$	Coeff.	0.691	-	-	0.134	0.128
	t-ratio	0.000	-	-	14.847	4.257
	p-value	0.000	-	-	0.000	0.000
$X_8$	Coeff.	0.794	0.469	0.688	0.247	0.283
	t-ratio	2.381	15.591	6.388	5.531	2.408
	p-value	0.017	0.000	0.000	0.000	0.016
$X_{10}$	Coeff.	-	-	-	0.327	-
	t-ratio	-	-	-	3.287	-
	p-value	-	-	-	0.001	-
$X_{11}$	Coeff.	0.380	-	-	-	-
	t-ratio	2.804	-	-	-	-
	p-value	0.005	-	-	-	-
$R^2/\rho^2$	0.466	0.205	0.236	0.272	0.119	
Alph( $\alpha$ )	-	-	7.611	-	2.940	

구축된 모형을 비교해 보면 공통변수로는 보행교통량

( $x_2$ ) 및 횡단보도수( $x_8$ )가 채택되며 특정변수로는 Table 6과 같이 채택되었다.

Table 6. Common and Specific Variables

Classification	Common Variables	Specific Variables
Tobit	Pedestrian volume, Crosswalk	Traffic volume, Entry/exit, Bus stop
Poisson		Traffic volume
N.B		Traffic volume
Truncated Poisson		Average of lanes, Entry/exit, Bicycle path
Truncated N.B		Average of lanes, Degree of curvature, Entry/exit

### 4.3. 최적모형의 선택 : Tobit Regression Model

토빗모형과 음이항모형의 구축결과를 보면, 토빗모형의 경우 모두 양의 부호로 교통량이 많을수록, 보행교통량이 많을수록, 차량진·출입로개수가 많을수록, 횡단보도수가 많을수록, 버스정류장개수가 많을수록 보행자 사고가 증가하는 것으로 분석된다. 아울러 음이항모형의 경우 역시 모두 양의 부호로 교통량이 많을수록, 보행교통량이 많을수록, 차량진·출입로개수가 많을수록 보행자 사고가 증가하는 것으로 분석되었다.

최적모형을 선정하기 위해 토빗모형과 음이항모형의 적합성 검정을 실시한다. 모형의 적합성을 검정하기 위해 RMSE, %RMSE, MPB, MAD 및 상관계수를 활용하여 음이항모형과 Tobit모형의 적합성을 검정한다. 모

Table 7. Fitness of Development Models

Classification	N.B	Tobit
RMSE	16.795	0.734
%RMSE	98.777	93.240
MPB	2.955	0.571
MAD	-1.223	-0.204
Correlation Coefficient	0.172	0.841

형검정 결과는 Table 7과 같다. RMSE값은 0에 가까울수록 모형의 정확도가 높다고 판단되는데 검정결과 음이항모형의 RMSE값이 16.80인데 비해 Tobit모형의 RMSE값은 0.73으로 더 적합한 모형으로 판단된다. 음이항모형과 Tobit모형의 실측치와 예측치를 비교한 그래프는 Fig. 2와 같다.

## 5. 결론

이 연구는 청주시 가로구간에서 발생한 보행자 사고를 다루고 있다. 보행자 사고모형을 개발하기 위해 도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS)에서 제공하는 경찰 DB자료를 이용해 2007년부터 2011년 사이에 345개 지점에서 발생한 700건의 사고를 수집한다. 독립변수로는 교통량, 보행교통량 및 기하구조자료를 이용하며, 기타 교통시설을 추가하여 모형을 개발한다.

Tobit모형과 가산자료모형의 비교를 위해 포아송 및 음이항모형을 구축하여 RMSE, %RMSE, MPB, MAD 및 상관계수를 이용해 모형을 비교한 결과 음이항모형보다 Tobit모형이 적합한 것으로 분석된다.

연구의 주요결과는 다음과 같다. 첫째, 값이 0.466으로 보행자 사고를 종속변수로 하여 개발된 Tobit모형은 통계적으로 설명력이 높은 것으로 분석된다. 모형의 적합성을 검증하기 위해 RMSE, %RMSE, MPB, MAD 및 상관계수를 이용해 분석한 결과, 각각 0.734, 93.240, 0.571, -0.204, 0.841로 분석되어 Tobit모형이 가장 적합한 것으로 판단된다. 둘째, 채택된 독립변수는 교통량, 보행교통량, 차량출입로 개수, 횡단보도수 및 버스정류장으로, 교통량이 많을수록, 보행교통량이 많을수록, 차량출입로개수가 많을수록, 횡단보도수가 많을수록, 버스정류장개수가 많을수록 보행자 사고가 증가하는 것으로 판단된다.

청주시의 가로구간을 대상으로 보행자 사고를 줄이기 위한 방안으로는 첫째, 차량진·출입로의 차량통행을 제

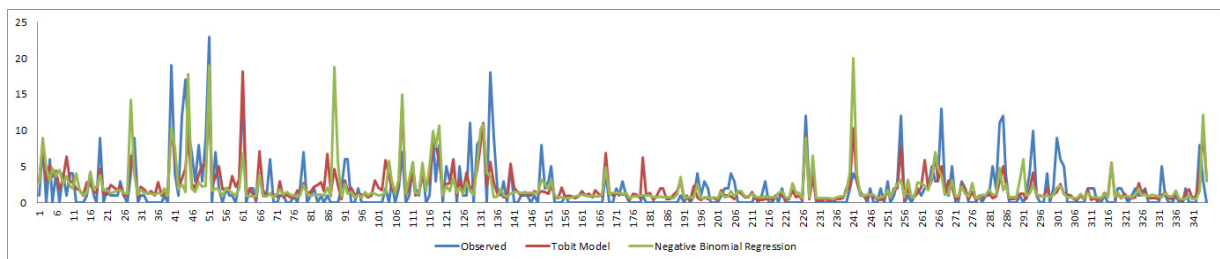


Fig. 2 Comparison of Observed and Predicted Value

한하여 통행량을 줄이는 방법이 있다. 차량진·출입 시 속도를 감소시킬 수 있는 과속방지턱과 같은 시설물을 설치하거나 일방통행제를 통해 교통량 자체를 줄이는 방법이다. 둘째, 횡단보도 및 버스정류장개수가 많을수록 사고가 증가하는데 이를 예방하기 위해서는 횡단보도 및 버스정류장을 줄이기보다는 보행자 보호시설을 설치하여 보행자의 안전도를 향상시키는 것을 제시한다. 이 연구는 범위를 간선도로로 한정하여 진행하고 있으며 다양한 변수를 고려하지 않았기 때문에 향후 교차로 및 생활도로의 보행자 사고와 다양한 변수를 고려한 추가적인 연구가 필요하다.

## References

- Anastasopoulos, P. C., Tarko, P. T., Mannering, F. L., Tobit analysis of vehicle accident rates on interstate highways, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 40, 628-633.
- Anastasopoulos, P. C., Mannering, F. L., Shankar, V. N., Haddock, J. E., 2012. A study of factors affecting highway accident rates using the random-parameters tobit model, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 45, 628-633.
- Anastasopoulos, P. C., Shankar, V. N., Haddock, J. E., Mannering, F. L., 2012. A multivariate tobit analysis of highway accident-injury-severity rates, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 45, 110-119.
- Choi, J. S., Kim, S. Y., Hwang, K. S., Baik, S. Y., 2009. Severity Analysis of the Pedestrian Crash Patterns Based on the Ordered Logit Model, *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 11, No. 1, 153-164.
- Derry, D. J., Ebel, E. B., Mock, N. C., Afukaar, F., Donkor, P., 2010. Pedestrians Injury Patterns in Ghana, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42, Issue 4, 1080-1088.
- Ha, O. K., Hu, E., Won, J. M., 2008. A Development of Models for Analyzing Traffic Accident Injury Severity for Signalized Intersections, *Journal of Korea Society of Safety*, Vol. 23, No. 2, 65-71.
- Han, S. S., Park, B. H., 2012. Accident Models of Circular Intersections by Weather Condition in Korea, *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 27, No. 6, 178-184
- Kim, J. Y., Na, H., Park, B. H., 2012. Traffic Accident Analysis of Link Sections Using Panel Data in the Case of Cheongju Arterial Roads, *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 27, No. 3, 141-146
- Kim, K. K., Park, B. H., 2013. Analysis of Accident Factors at Arterial Road Using Tobit Model, *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 15, No. 2, 131-138.
- Na, H., Park, B. H., 2012. Accident Models of Circular Intersection by Cause Using ZAM, *Korean Society of Road Engineers*, Vol. 14, No. 2, 101-108
- Park, B. H., 2013. Developing the Accident Models of Pedestrian in Roundabout Using ZAM, *Journal of the Institute of Construction Technology*, Vol.32, No.1, 75-82.
- Rosen, E., Sander, U., 2009. Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 41, Issue 3, 536-542.
- Simon P. W., Matthew G. K., Fred L. M., 2003. Statistical and econometric methods for transportation data analysis, CRC Press.
- Traffic accident analysis system, Road Traffic Authority(TAAS).
- Xie, Y., Zhang, Y., Liang, F., 2009. Crash Injury Severity Analysis Using a Bayesian Ordered probit Model, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 135, No. 1, 18-25.