

# 도로변 수직구조물 충돌사고의 심각도 영향요인에 관한 연구

## Crash Severity Impact of Fixed Roadside Objects using Ordered Probit Model

임준범	Lim, Joonbeom	정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 연구교수 (E-mail : tsafety11@uos.ac.kr)
이수범	Lee, Soobeom	정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : mendota@uos.ac.kr)
윤덕근	Yun, Dukgeun	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원 (E-mail : dkyun@kict.re.kr)
박재홍	Park, Jaehong	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 전임연구원 (E-mail : jhpark@kict.re.kr)

### ABSTRACT

**OBJECTIVES :** Fixed roadside objects are a threat to drivers when their vehicles deviate from the road. Therefore, such roadside objects need to be suitably dealt with to decrease accidents. This study determines the factors affecting the severity of accidents because of fixed roadside objects.

**METHODS :** This study analyzed the crash severity impact of fixed roadside objects by using ordered probit regression as the analysis methodology. In this research, data from 896 traffic accidents reported in the last three years were used. These accidents consisted of sole-car accidents, fixed roadside object accidents, and lane-departure accidents on the national highway of Korea. The accident severity was classified as light injury, severe injury, and death. The factors relating to the road and the driver were collected as independent variables.

**RESULTS :** The result of the analysis showed that the variables of the crash severity impact are the collision location (left side), gender of the driver (female), alcohol use, collision facility (roadside trees, traffic signals, telephone poles), and type of road (rural segments). Additionally, the collision location (left side), gender of the driver (female), alcohol use, collision facility (street trees, traffic signals, telephone poles), and type of road (rural segments), in order of influence, were found to be the factors affecting the crash severity in accidents due to fixed roadside objects.

**CONCLUSIONS :** An alternative solution is urgently required to reduce the crash severity in accidents due to fixed roadside objects. Such a solution can consider the appropriate places to install breakaway devices and energy-absorbing systems.

### Keywords

*Crash severity, Fixed roadside objects, Single vehicle, Ordered probit model*

Corresponding Author : Lee, Soobeom, Professor  
Department of Transportation Engineering, University of Seoul  
Seoulsiripdae-ro 163, Dongdaemun-gu, Seoul, 02504, Korea  
Tel : +82.2.6490.2824 Fax : +82.2.6490.2819  
E-mail : mendota@uos.ac.kr

International Journal of Highway Engineering  
<http://www.ksre.or.kr/>  
ISSN 1738-7159 (print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received Oct. 17, 2016 Revised Nov. 23, 2016 Accepted Nov. 24, 2016

## 1. 서론

### 1.1. 연구배경 및 목적

도로의 부속시설물인 도로표지, 신호등, 조명시설, 각종 단속·정보수집 장비 탑재 지주 등은 도로이용자들의 안전 및 도로운영의 효율성 향상을 위해 도로(변)에 설치되어 운영되고 있다. 이러한 도로 부속 시설물들은 설

치 목적에 맞게 도로안전이나 효율상의 순기능 역할을 수행하지만, 차량이 도로 외로 이탈할 경우에는 오히려 운전자들의 안전을 위협하는 위험요소로 작용하게 된다. Ogden(1997)은 전체 사망사고의 25~30%는 도로변 구조물 충돌사고로 인해 발생한다고 하였으며, Armour M. and Cinquegrana C. (1990)는 도로변

물체의 충돌사고는 사고의 27% 정도 사고심각도를 증가시킨다고 하였다.

이러한 도로변 충돌사고 방지를 위하여 AASHTO에서는 Roadside Design Guide(2011, 4<sup>th</sup> Edition)를 발간하였으며, 도로변 안전을 위한 'forgiving roadside'의 철학을 제시하였다. 'forgiving roadside' 적용 철학은 기본적으로 운전자들의 부주의한 운전을 용인하는 것이기 때문에, 첫 번째로 도로변의 장애물을 제거(remove)하고, 두 번째로 도로변 장애물을 새롭게 디자인(redesign)하고, 세 번째로 장애물을 이동(relocate)하고, 네 번째로 breakaway device 등을 이용하여 사고심각도를 최소화(reduce impact severity)시키고, 다섯 번째로 충격흡수시설 등으로 장애물을 방호하는(shield) 일련의 선호순서를 제시하였다.

우리나라의 경우 최근 6년간(2010~2015) 도로변 공작물과 차량간 충돌사고 발생건수는 연평균 4,544건으로 전체 교통사고의 2% 수준으로 구성비는 낮지만, 사망자수 측면에서는 연평균 561명으로 전체 교통사고 사망자의 10% 수준이다. 치사율은 전체 교통사고 치사율의 5배인 0.12명/건으로 나타나고 있으며, 최근 6년간 치사율은 크게 감소하지 못하고 있는 실정이다.

국토교통부의 도로안내표지의 경우 국내에는 165,786개의 도로표지가 설치되어 있는 것으로 파악되며(도로표지안내시스템, 2015), 경찰청이 관리하는 교통안내 표지의 경우 2013년 기준 약 120만개 수준으로 전신주, 가로등 등을 포함하여 운전자가 도로변 수직구조물의 위험에 노출되는 상황은 매우 높은 것으로 판단된다. 그러나 우리나라는 미국 AASHTO의 Roadside Design Guide와 같은 도로변 안전을 위한 설계지침이 아직 마련되지 않은 실정이다. 특히, 우리나라는 clear zone을 확보해줄 수 있는 여건이 여의치 않기 때문에 breakaway device 등의 개발과 적용이 필요할 것으로 보인다. 유럽의 일부 나라에서도 충격심도 감소 구조물사용(핀란드 외 3개국), 디자인 변경(핀란드 외 5개국) 대상 시설물을 규정하여 사고피해감소를 도모하고 있다.

국내에서도 국외와 같이 공작물 충돌사고의 사고심각도 감소를 위한 구조물 개선이 요구되며, 이를 위하여 본 연구에서는 국내 도로변 공작물 사고심각도에 영향을 미치는 요인을 분석하고자 하였다.

## 2. 선행연구

### 2.1. 차량단독 사고에 관한 연구

King K. Mak(1996)은 1989년 전체사고의 19.5%가 공작물 충돌과 차량단독사고로 나타났으며, 이 중 31.7%는 중상 이상의 심각한 사고였으며, 전체 사망사고의 40.1%를 차지하였기에 도로변 안전의 중요성에 대해서 언급하였다. 1960년대 중반 이전에는 차량이 도로에서 이탈하지 않도록 도로의 기하구조적인 측면의 개선에 집중하였으나, 1960년 중반 이후에는 차량이 도로에서 이탈하는 것을 용인하고, 이 때 심각한 사고가 되지 않도록 도로변 시설물을 방호하거나, breakaway device를 설치하는 등 도로변 시설물 개선에 집중하도록 변화하였다.

한정된 예산에서 도로를 개선해주는 것과 도로변을 개선해주는 것은 상충이 될 수 있기 때문에 비용효과 분석을 통해서 비교해야 한다. Clear Recovery Area를 보장하기 위해서 도로의 제한속도별 수직구조물과의 이격거리를 제시하고 있다. 25mph의 제한속도 도로에서는 5feet의 거리를 제안하고 있으며, 제한속도가 5mph가 올라갈 때마다 3feet 정도의 거리를 더 이격하도록 제시하고 있다. 그러나 Clear Recovery Area가 이뤄질 수 없을 경우, 수직구조물에 재배치를 고려해야 하며, 이도 여의치 않을 경우에는 차량이 충돌할 확률을 줄여주거나 충돌했을 경우 심각도를 줄여주는 방법을 선택해야 한다. 차량이 수직구조물에 충돌 시 심각도를 줄여줄 수 있는 breakaway device 등의 시설물을 설치하는 것 등을 다른 대안들과 비용편익 분석을 통해서 고려해 볼 수 있다. 도로변 사고에 대한 B/C분석은 사고데이터에 기반한 모델과 이탈확률에 기반한 모델로 분석되어지는데 주로 이탈확률에 기반한 모델을 사용한다.

S.P. Miaou(2014)는 중앙분리대가 없는 지방부 2차로 도로에서 차량이탈 사고건수를 대상으로 음이항 모형을 구축한 결과, 차로당 교통량, 차로폭, clear roadside recovery 중심과의 거리, 길어깨폭은 음의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 교통량이 적고, 차로폭이 좁고, clear roadside recovery 중심과의 거리가 짧으면 차량이탈 사고를 증가시키는 경향을 보였다. 또한 sideslope의 중앙값이 클수록, terrain 유형이 둥근 유형일수록, 진출입구수 밀도가 높을수록, 거리당 교량 갯수가 많을수록 차량이탈 사고를 증가시키는 것으로 나타났다.

V. N. Shankar(2005)는 워싱턴 주 도시부도로에서 1993~1996년까지 발생한 도로변 물체 충돌사고 자료를 대상으로 위계적 확률 선택모형(nested logit model)을 이용하여 사고심각도 모형을 구축하였다. 모형구축 결

과, 도로변 고정물체의 특성이 사고심각도에 유의한 영향을 미쳤다. 빔-가드레일 단부처리, 교각 단부처리, 가로수, 가로등, 전신주, 선로지주, 신호기 지주, 송전지주, 신호제어기는 사망사고를 증가시키는 영향요인으로 나타났다. 한편 나무와 금속재질의 신호기지주, 안내지주, 배수로는 물피사고를 증가시키는 영향요인으로 나타났다. 그러나 본 연구에서의 결과는 도시부 도로에 한정된 데이터이기 때문에 다양한 지역에 적용시키기는 어렵다고 하였다.

AASHTO(2011)는 'Roadside Design Guide' 지침을 발표하여 도로변 시설물에 대한 설계 가이드로 활용할 수 있도록 하였다. 본 지침은 가장 실용적이고 도로에 적합하고, 이익이 되는 도로변 설계를 각 프로젝트를 대상으로 실현할 수 있도록 설계자에게 도로변 안전의 개념을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 주요 내용으로는 도로변 안전에 대한 비용편익분석(B/C ratio), 도로변 지형 및 배수구의 특성, clear zone의 개념 및 응용, 다양한 수직구조물에 대한 설계지침(표지판, 교통신호시설, 조명, 전신주 등)을 제시하였다. 여기에 breakaway, High-level 장치에 대한 개념을 포함시켰다. 또한 도로변 방호울타리, 중앙분리대와 이들의 변이구간, 단부처리 등에서의 설계지침을 제시하고 있다. 마지막으로 공사장과 도시 및 제한지역, 저용량 도로에서의 도로변 안전에 대한 설계 지침을 제시하고 있다.

## 2.2. 사고심각도 모형에 관한 연구

정용일(2015)은 최근 7년간(2007~2013년) 고속도로 본선에서 발생한 17,063건의 교통사고자료를 기반으로 사고유형별 교통사고 심각도 모형을 개발하였다. 모형 구축 결과, 사고유형별(차량단독, 차대차, 전체) 교통사고 심각도 영향 요인을 도출하였는데, 공통으로 채택된 변수는 8개이고, 사고유형별로 상이한 변수들이 채택되었다. 차대차 및 전체 교통사고의 경우 기상환경 등 가변적인 도로 상황보다는 비교적 변화가 없는 도로요인(기하구조)와 사고요인(사고형태)에 높은 영향을 받는 것으로 나타났다. 반면 차량단독 사고의 경우 기상, 계절 등의 가변요인들이 교통사고 심각도에 미치는 유의미한 영향이 더 큰 것으로 분석되었다. 또한 채택된 요인들의 오즈비를 통한 비교위험도 평가를 통해 사고 심각도에 가장 높은 영향을 미치는 요인을 도출하였다. 인적요인으로는 과속, 차량요인으로는 승합차, 특수차 및 화물차, 도로요인으로는 내리막 구간이 선정되었다.

박정순(2016)은 지방부(경기, 충남, 충북) 무신호 교

차로 전체 56개 지점을 대상으로 순서형 로지스틱 회귀모형을 이용하여 사고 심각도 모형을 구축하였다. 전체(3지, 4지) 무신호 교차로 심각도 모형 구축 결과, 교통량이 작을수록 심각한 사고의 위험성이 커지는 음의 영향관계를 나타냈으며, 야간일수록, 연령이 많을수록, 시거가 확보되지 않을수록, 교차각이 90도보다 작을수록, 부도로 차로수가 많을수록 심각한 사고의 위험성이 커지는 양의 영향관계를 나타내었다. 개발된 모형의 Wald 통계량 값을 보면, 일평균교통량(7.855), 교차각(5.913), 교차로 시거장애(5.787), 부도로 차로수(4.185), 주야간 시간대(3.553) 및 피해자 연령(2.867) 순으로 사고 심각도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 4지 무신호 교차로의 경우 위의 전체모형의 변수와 유의한 결과를 나타냈으며, 중차량 비율이 높을수록 심각도가 낮아지고, 음주를 한 운전자일수록 심각도가 높아지는 결과가 추가되었다. 3지 무신호 교차로의 경우는 음주여부와 시거장애 요소만 유의한 결과로 나타났다.

## 2.3. 기존연구와의 차별성

기존 연구를 고찰한 결과 국내에서는 교통사고자료를 이용하여 교통사고 심각도 모형이 다양하게 연구되어 왔으나, 몇 가지 차별성을 가지고 있다.

첫째, 연구대상 측면에서 특정지점(교차로, 공사장 등)에 대하여 사고심각도 모형을 구축한 연구는 있었으나, 도로변 수직구조물 충돌사고라는 특정사고 유형에 대하여 사고심각도 모형을 개발한 사례는 없었다.

둘째, 변수 측면에서 차량단독 사고 또는 사고의 심각도에 영향을 미치는 도로 및 교통환경 요인을 분석한 연구는 존재하였으나, 도로변의 수직구조물의 종류를 반영하여 사고심각도 모형을 만든 것은 기존 연구와 차별성이라고 볼 수 있다. 특히, 차량이 도로를 이탈하여 가드레일이나 중앙분리대에 충돌한 사고는 제외하여 도로변의 수직구조물과 충돌한 사고만을 대상으로 범위를 한정하였다. 이것은 국외 연구인 V. N. Shankar(2005) 연구가 도로변 물체와 차량의 충돌사고를 대상으로 하였으나, 가드레일이나 중앙분리대와 충돌한 사고도 포함한 것과 차별성이 있다.

셋째, 사고 심각도 모형의 분석방법은 대부분이 순서형 프로빗 모형, 순서형 로짓모형을 사용하였으며, 국외의 경우는 위계적 확률 선택모형(nested logit model)을 사용하기도 하였다. 본 연구에서는 사고 심각도 모형에서 가장 일반적으로 사용되며, 적합도가 높은 순서형 프로빗 모형을 이용하였다.

### 3. 분석방법 및 자료수집

#### 3.1. 분석방법 개요 및 방법론 선정

본 연구는 수직구조물 충돌 사고와 사고 심각도와의 관계를 연구하기 위하여 순서형 프로빗 모형(Ordered Probit Model)을 이용하였다.

종속변수가 서열이 있는 이산형 변수인 경우 사용하는 비선형 모형의 대표적인 방법에는 프로빗 모형과 로짓 모형이 있다. 순서형 프로빗 모형이나 순서형 로짓 모형은 종속변수가 [0,1,2,3,...]의 순서를 가진 변수의 경우에는 어떠한 성향과 선택의 유무를 의미하는데서 응용되었다. 회귀분석을 통하여 분석 시 종속변수가 y=0일 때와 y=1일 때의 차이를 y=1인 경우와 y=2일 때의 차이와 동일한 것으로 인식하여 분석하는 한계점이 있다. 따라서 순서형 프로빗 모형 또는 순서형 로짓 모형은 선형회귀분석이 가지고 있는 독립변수의 크기를 잘못 평가할 수 있는 단점을 보완해 줄 수 있다(주미영, 2002).

본 연구에서는 교통사고 발생 후 피해의 정도에 대하여 순서형 자료(경상사고, 중상사고, 사망사고)로 분류하였다. 일반적인 순서형 자료로 y가 0,1,2,3,..., y<sub>i</sub>의 자료형태를 가지고 있다면, 순서형 확률모형은 Eq. (1)과 같이 표현할 수 있다(하오근, 2005).

$$y = \beta X_n + \epsilon_n, \epsilon_n \sim N[0,1] \quad (1)$$

$$y = 0, \text{ if } y \leq 0$$

$$y = 1, \text{ if } 0 < y \leq \mu_1$$

$$y = 2, \text{ if } \mu_1 < y \leq \mu_2$$

$$\dots$$

$$y = J, \text{ if } y \geq \mu_{J-1}$$

여기서, y는 잠재효용으로 측정 가능한 효용과 측정이 불가능한 효용으로 나타낼 수 있다. μ는 각 설명변수의 추정계수 β와 함께 추정하는 한계값(Threshold)으로, μ<sub>0</sub>=0과 함께, J-1개의 값을 갖는다. 이를 통하여 대안에 대한 선택확률을 계산하는데 이용할 수 있으며, 각 대안별 선택 확률은 Eq. (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\text{Prob}[y=0] = \Phi(-\beta X_n)$$

$$\text{Prob}[y=1] = \Phi(\mu_1 - \beta X_n) - \Phi(-\beta X_n)$$

$$\text{Prob}[y=2] = \Phi(\mu_2 - \beta X_n) - \Phi(\mu_1 - \beta X_n)$$

$$\dots$$

$$\text{Prob}[y=J] = \Phi(\mu_{J-1} - \beta X_n)$$

$$\Phi(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^v e^{-\frac{1}{2}w^2} dw$$

#### 3.2. 자료수집

본 연구의 종속변수는 3년간(2011~2013년) 일반국도에서 발생한 차량단독, 공작물 충돌, 도로 외 이탈 사고의 심각도이다. 총 1,078건 사고자료 중 본 연구 목적인 수직구조물 충돌사고와 부합하지 않는 가드레일, 중앙분리대 추돌사고, 버스 내 승객 사고 등을 제외한 896건만 분석대상으로 하였다. 본 연구는 수직구조물과 충돌하는 사고에 대한 개선안 마련을 위한 것이 목적이므로, 도로 및 교통 안전시설물인 가드레일과 중앙분리대, 연석과 충돌한 사고는 긍정적인 기능을 하는 충돌사고라고 판단하여 본 사고수집 범위에서 제외하였다.

독립변수는 도로 관련 요인의 경우 교통주제도에서 수집한 일방통행 유무, 자동차 전용도로 유무, 중앙분리대 유무, 도로유형 등이 있다. 운전자 관련 요인(연령, 성별 등)은 도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS)의 사고 기록을 수집하였으며, 충돌시설물과 충돌위치 등에 대한 정보는 교통사고분석시스템(TAAS)의 사고내용을 읽어보면서 수집하였다.

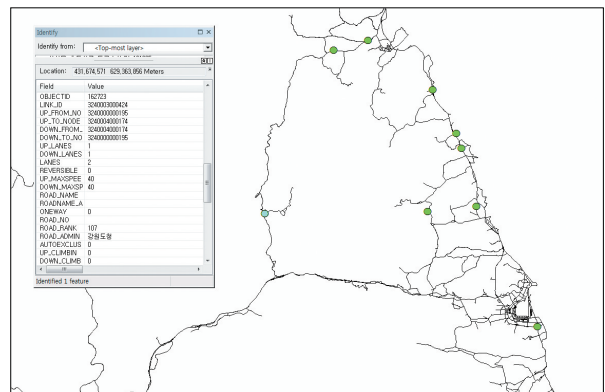


Fig. 1 Transportation Digital Map (by ArcGIS)

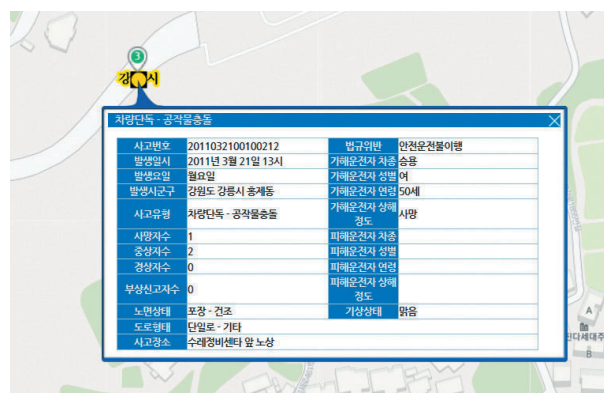


Fig. 2 TAAS (Traffic Accident Analysis System)

모형에 적용된 변수는 Table 1과 같다.

Table 1. Definitions of Variables

Continuous variable		Average	Min	Max
Severity	1: Slightly injury 2: Serious injury 3: Fatal accident	1.86	1.00	3.00
Lanes	Integer(Continuos)	3.23	1.00	10.00
Max speed	Integer(Continuos)	62.62	30.00	90.00
Variable		Ratio		
Day and Night	0: Day 1: Night	Day: 44.20% Night: 55.80%		
Day of the week	0: Weekdays 1: Weekend	Weekdays: 62.83% Weekend: 37.17%		
Collision location	0: Left side 1: Right side	Left side: 23.44% Right side: 76.56%		
Driver's car model	0: Passenger car 1: Otherwise	Passenger car: 70.42% Otherwise: 29.58%		
Driver's age	1: 20~29	20~29: 26.12%		
	2: 30~39	30~39: 20.87%		
	3: 40~49	40~49: 21.09%		
	4: 50~59	50~59: 18.75%		
	5: 60 and over	60 and over: 13.17%		
Driver's gender	0: Female 1: Male	Female: 11.38% Male: 88.62%		
Road condition	0: Dry 1: Otherwise	Dry: 70.54% Otherwise: 29.46%		
Weather	0: Sunny 1: Otherwise	Sunny: 71.43% Otherwise: 28.57%		
Alcohol use	0: No 1: Yes	No: 70.76% Yes: 29.24%		
Oneway	0: No 1: Yes	No: 94.64% Yes: 5.36%		
Autoexclusive	0: No 1: Yes	No: 96.76% Yes: 3.24%		
Separatedmedian	0: No 1: Yes	No: 82.14% Yes: 17.86%		
Collision facility	1: Street light 2: Street trees 3: Traffic signal 4: Telephone pole 5: Road sign	Street light: 12.39% Street trees: 29.80% Traffic signal: 11.16% Telephone pole: 30.47% Road sign: 16.18%		
Road type	1: Rural segments 2: Intersection	Rural segments: 81.70% Intersection: 18.30%		
Road rank	1: 103(Expressway) 2: 107(Cities & Countries road) 3: Otherwise	103(Expressway): 69.87% 107(Cities & Countries road): 23.88% Otherwise: 6.25%		

#### 4. 분석결과 및 해석

수집된 변수를 Spss Statistics 23을 이용하여 분석을 수행하였다. 각각의 독립변수를 보기 이전에 가정한 모형이 종속변수를 잘 설명하고 있는지 확인해 봐야 한다. 모형 적합도 정보 표에  $-2\log$  우도비와 카이제곱 값이 주어

져 있는데, 여기서 카이제곱값은 절편항만 있는 모형의 로그 우도비-최종모형의 로그 우도비=1810.122-1744.578= 65.543으로 계산된다. Table 2와 같이 카이제곱 값이 통계적으로 유의한 값( $\alpha \leq 0.05$ )을 가지면, 절편항만 있는 모형보다 최종 모형이 유의함을 의미한다. 이는 독립변수 없이 종속변수의 범주에 대하여 주변 확률들에 근거한 것보다 이 모형을 통해 더 좋은 예측값을 얻을 수 있음을 의미한다(SPSS Statistics 회귀분석, 2016).

Table 2. Model Fit Information

Model	-2 log likelihood ratio	MFI $\chi^2$ (chi-square)	d.f.	MFI P-value
Intercept-only	1810.122			
Final	1744.578	65.543	24	.000

3년간(2011년~2013년) 일반국도에서 발생한 사고자료 896건을 대상으로 사고 심각도를 분석한 결과 Table 3과

Table 3. Result of Ordered Probit Regression

Parameter	Variable	Estimation	S.E	Wald	PAR (P-Value)
Limit	Severity1	.536	.432	1.527	.217
	Severity2	1.905	.435	19.162	.000
Location	Lane	-.003	.033	.007	.935
	Max speed	-.001	.003	.162	.687
	Day and Night	-.043	.088	.237	.626
	Day of the week	-.065	.079	.671	.431
	Collision location (Left side)	.212	.091	5.375	.020
	Driver's car model	.066	.088	.555	.456
	Driver's age1	-.130	.137	.890	.345
	Driver's age2	-.047	.140	.112	.738
	Driver's age3	.164	.137	1.433	.231
	Driver's age4	-.024	.138	.031	.861
	Driver's gender (Female)	-.346	.125	7.655	.006
	Road condition	-.138	.140	.982	.322
	Weather	.055	.141	.154	.695
	Alcohol Use(NO)	.245	.091	7.339	.007
	Oneway	.209	.187	1.248	.264
	Autoexclusive	.244	.235	1.080	.299
	Separatedmedian	-.021	.114	.035	.851
	Collision facility1	-.027	.150	.032	.859
	Collision facility (Street trees)	.412	.120	11.892	.001
Collision facility (Traffic signal)	.532	.167	10.104	.001	
Collision facility (Telephone pole)	.321	.118	7.409	.006	
Road type (Rural segments)	.223	.120	3.452	.063	
Road rank1	.141	.160	.775	.379	
Road rank2	.036	.176	.042	.837	

같이 충돌위치, 가해운전자 성별, 음주여부, 충돌시설물(가로수, 신호등, 전신주), 도로형태의 변수들이 통계적으로 유의하게 선정되었다.

Estimation은 회귀계수를 나타내며, S.E(Standard Error)는 표준오차를 나타낸다. 회귀계수값이 양(+)으로 나타나면 이는 사고의 심각도가 증가에 영향을 주는 것을 의미하며, Wald 통계량 값이 크면 클수록 독립변수가 종속변수에 미치는 영향이 크다고 판단할 수 있다.

통상적으로 유의수준은 0.1, 0.05, 0.01을 사용하는데 현대 통계학에서는 특별한 언급이 없는 경우 0.05를 기준으로 활용한다. 본 연구에서는 유의수준 0.05를 기준으로 하되, 분석결과 해석에는 유의수준 0.1까지 포함하여 기술하였다(정영일, 2015).

사고 심각도에 영향을 미치는 변수는 충돌위치, 가해운전자 성별, 음주여부, 충돌시설물(가로수, 신호등, 전신주), 도로형태(단일로)가 선정되었으며 각 변수들이 사고 심각도에 미치는 영향에 대해 살펴보면 다음과 같다.

도로변 수직구조물과 충돌위치(좌측)는 교통사고 심각도에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데 이는 충돌위치가 좌측일수록 사고의 심각도가 높아짐을 의미한다. 충돌위치가 좌측이라는 것은 중앙선을 넘어 반대방향 도로변으로 이탈한 것을 의미하므로 사고의 심각도가 높아질 확률이 높다.

가해운전자 성별(여성)의 경우 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데 이는 가해운전자의 성별이 여성일수록 사고의 심각도가 낮아짐을 의미한다. 이는 일반적으로 여성이 남성보다 상대적으로 조심운전을 하는 경향이 있고, 주행속도가 남성에 비해 낮기 때문으로 판단된다. 이러한 해석은 박병호(2011), 최영진(2002), 안성민(2015)의 연구결과에서 여성이 더욱 조심운전을 하는 경향이 있어서 사고의 심각도가 낮아진다는 해석과 유사하다고 볼 수 있다.

음주여부의 경우 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데 이는 음주를 하지 않은 운전자 즉, 비음주운전자가 충돌사고가 일어났을 경우 사고 심각도가 높아짐을 의미한다. 이는 기존 연구인 Mohamed Abdel-Aty(2003)의 "Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models"와 Kara Maria Kockelman(2002)의 "Driver injury severity: an application of ordered probit models"의 연구와는 상반되는 결과인데, 도로를 이탈하여 수직구조물에 충돌한 사고는 음주를 한 상태와 안 한 상태 모두 차량 제어가 안되는 상황

이기 때문에 공작물 충돌사고의 심각도에는 크게 영향이 없다고 해석할 수 있다.

충돌시설물은 가로수, 신호등, 전신주가 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데 이는 충돌사고가 발생했을 때의 충돌시설물이 가로수, 신호등, 전신주일 경우 사고의 심각도가 더 높아짐을 의미하며, 가로등, 표지판의 경우 유의하지 않았다.

또한, 도로형태의 경우 양(+)의 영향을 미치는데 이는 단일로일 때 교차로보다 사고의 심각도가 높아짐을 의미한다.

충돌사고 심각도 모형의 Wald 통계량 값을 보면, 충돌시설물(가로수)(11.892), 충돌시설물(신호등)(10.104), 가해운전자 성별(7.655), 충돌시설물(전신주)(7.409), 음주여부(7.339), 충돌위치(5.375) 순으로 사고 심각도에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

순서 프로빗 회귀분석을 실시하여 수직구조물 충돌사고의 사고 심각도 관련 추정된 모형식은 다음과 같다.

$$y = 0.212x_1 - 0.36x_2 + 0.245x_3 + 0.412x_4 + 0.532x_5 + 0.321x_6 \quad (3)$$

y = 사고심각도(1:경상사고, 2:중상사고, 3:사망사고)

$x_1$  = 충돌위치(0:좌측, 1:우측)

$x_2$  = 가해운전자 성별(0:여성, 1:남성)

$x_3$  = 음주여부(0:무, 1:유)

$x_4$  = 충돌시설물(가로수)

$x_5$  = 충돌시설물(신호등)

$x_6$  = 충돌시설물(전신주)

## 5. 결론 및 연구의 한계

도로변 시설물 중 도로 교통안전시설물, 교통정보를 제공하는 시설물 등은 운전자가 도로를 이용하는데 중요한 역할을 한다. 하지만 이러한 시설물은 도로변을 이탈하는 차량에게는 위험요소로 작용하게 되며, 사고의 심각도를 높이는 원인이 되기도 한다. 따라서 수직구조물 충돌사고의 사고 심각도에 영향을 미치는 원인을 분석하고 이를 통해 수직구조물 충돌사고의 심각도를 낮추고, 예방할 수 있는 대안을 마련해야 할 것이다.

본 연구에서는 일반국도에서 발생한 단독 사고, 도로 외 이탈, 공작물 충돌의 사고유형에 대해 자료를 수집하였으며, 교통사고 심각도를 경상사고, 중상사고, 사망사고 3가지로 나누어 순서형 프로빗 모형(Ordered

Probit Model)을 이용하여 수직구조물 충돌사고의 사고 심각도 영향 요인에 대한 분석하였다.

도로변 수직구조물 충돌사고의 심각도에 유의한 영향을 미치는 변수들은 충돌위치, 가해운전자 성별, 음주여부, 충돌시설물(가로수, 신호등, 전신주), 도로형태(단일로)로 분석되었다.

충돌위치는 양의 영향을 미치는 것으로 나타나 좌측(주행 반대 방향)일수록 사고의 심각도가 높아짐을 의미하였으며, 가해운전자 성별의 경우 음의 영향을 미치는 것으로 나타나 가해운전자의 성별이 여성일수록 사고의 심각도가 낮아짐을 의미하였다.

음주여부의 경우 양의 영향을 미치는 것으로 나타나 이는 음주를 하지 않은 비음주운전자가 충돌사고가 일어날 경우 사고 심각도가 높아짐을 의미하였다. 하지만 일반적으로 우리가 생각하는 음주의 영향과는 다르므로 이 변수에 대해서는 더 많은 샘플로 분석을 해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

충돌시설물 중에서도 가로수, 신호등, 전신주가 양의 영향을 미치는 것으로 나타났는데 이는 충돌사고가 발생했을 때 충돌시설물이 가로수, 신호등, 전신주일 경우 사고의 심각도가 더 높아짐을 의미한다. 이는 V. N. Shankar(2005)의 연구에서 tree stumps, utility poles, traffic poles가 사고 심각도에 영향을 미치는 도로변 시설물로 나타난 것과 유사한 결과를 보였다.

도로형태의 경우 양의 영향을 미치는데 이는 단일로에서 사고가 날 경우 교차로보다 사고의 심각도가 높아짐을 의미한다. 단일로의 경우는 교차로보다 감속의 행동을 하지 않고, 가속 또는 정속운동을 하는 경우가 많기 때문에, 도로를 이탈할 경우에 사고의 심각도를 높일 수 있는 확률이 높다고 해석할 수 있다. Breakaway device 등의 시설물을 설치한다면 제한된 예산에서 단일로의 신호등, 전신주에 우선 설치하는 것이 효과적일 수 있다.

또한, Wald 통계량 값을 보면, 충돌시설물(가로수), 충돌시설물(신호등), 가해운전자 성별, 충돌시설물(전신주), 음주여부, 충돌위치 순으로 사고 심각도에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

앞서 본 연구에서 제시한 변수들도 사고 심각도의 원인이 되지만 차량이 차로이탈을 하는 원인에는 도로 기하구조에 관한 변수들이 영향을 미친다. 예를 들어 도로 선형, 곡선반경, 종단경사, 길어깨, 차로폭 등이 있는데, GIS를 이용한 교통주제도나 교통사고분석시스템(TAAS)에서 제공되지 않아 본 연구에서 영향도를 분석

하지 못하였다.

또한 수직구조물 충돌사고의 심각도에 영향을 미치는 변수로 주행속도와 수직구조물과의 거리를 반영하지 못한 한계점이 있다. 주행속도가 높을수록 수직구조물과 충돌 시 심각도가 높아질 것으로 예상되나 이를 반영하지 못하였다. 향후 고속도로 사고자료를 이용하여 사고 직전 속도자료를 수집할 수 있으므로, 반영이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서 도출된 결과를 통해 모형의 적합도 및 관련 변수의 타당성을 증대시키고, 보다 정확하고 세밀한 분석을 위해서는 위의 도로 기하구조에 관한 변수들을 고려한 사고 심각도 분석이 이루어져야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 교통물류사업 「도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술 개발(16TLRP-C096228-02)」 과제의 연구비지원으로 수행되었습니다.

## REFERENCES

- AASHTO, (2011), Roadside Design Guide 4<sup>th</sup> Edition, pp.3-4.
- Armour M and Cinquegrana C. (1990), Victorian Study of Single Vehicle Rural Accidents, Proc 15th Australian Road Research Board Conference, 15 (7), pp.79-91.
- Choi S. R. N. (2011), Effects of Weather and Traffic Conditions on Accident Severity on Freeways, Hanyang University, Master of degree.
- Ha O. K., OH J. T., WON J. M., SUNG N. M. (2005), The Study on the Accident Injury Severity Using Ordered Probit Model, Journal of Korean Society of Transportation Vol.23 No.4, pp.47-55.
- J. S. Park, J. T. Oh, S. J. Oh, Y. J. Kim, (2016), Analysis of Contributory Factors in Causing Crashes at Rural Unsignalized intersections Based on Statistical Modeling, Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 34 No. 2, pp. 123-134.
- Ju M. Y. (2000), Probit and Ordered Probit Analysis and Its Application, Journal of Governmental Studies, Vol.6 No.1, pp.24-48.
- Jung J. S. (2016), SPSS Statistics Regression, Datasolution.
- Jung Y. I. (2015), Analysis of Highway Accident Severity by Crash Type Using Multilevel Ordered Logit Model, Chungbuk National University, Master of degree.
- Kara Maria Kockelman and Young-Jun Kweon(2002), Driver injury severity : an application of ordered probit models, Accident Analysis and Prevention, 34, pp.313-321.
- K. W. Ogden (1997), Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering, pp.267.
- Mak. King K., (1995), Safety Effects of Roadway Design Decisions-Roadside, Transportation Research Record 1512,

- pp.16-21.
- M. Holdridge, V. N. Shankar, G. F. Ulfarsson (2005), The Crash Severity Impacts of Fixed Roadside Object, *Journal of Safety Research* 36, pp.139-147.
- Mohamed Abdel-Aty(2003), Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models, *Journal of Safety Research*, 34, pp.597-603.
- S. M. An (2015), Characteristic of the Traffic Accidents and Accident Severity by Women Drivers, Chonbuk National University, Thesis of Master' s degree.
- S. P. Miaou (1997), Estimating Vehicle Roadside Encroachment Frequencies by Using Accident Prediction Models, *Transportation Research Record journal*, pp. 64-71.
- Y. I. Jung (2015), Analysis of Highway Accident Severity by Crash Type Using Multilevel Ordered Logit Model, Chonbuk National University, Thesis of Doctor' s degree.