



# 국내 소규모 회전교차로 사고모형 개발

## Developing Accident Models of Small-size Roundabout

조아해\* · 손슬기\*\* · 박병호\*\*\*

Cho, Ah Hae · Son, Seul Ki · Park, Byung Ho

### Abstract

This study deals with the small-size roundabout accidents. The purpose of this study is to develop the roundabout accident models, and to recommend the countermeasures for safer roundabout. In pursuing the above, 60 roundabouts installed before 2008 are surveyed for modeling. The traffic accident data from 2008 to 2014 are collected from TAAS data set of Road Traffic Authority. Such 15 variables explaining the accidents as geometry, traffic volume and others are selected from literature reviews and accident models are developed using SPSS. The main results are as follows. First, the null hypotheses that the number and density of traffic accidents are not related to the type are rejected at a 5% level of significance. Second, 6 accident models which are all statistically significant have been developed. Third, the number of entry lane, splitter island, pedestrian crossing and number of circulatory roadway lane are selected as common variables. Right-turn-only lane, sidewalk, turning radius of entry lane and bicycle lane are selected as specific variables. The results might be expected to give some implications to providing the countermeasures for safer roundabouts.

**키 워 드** ■ 소규모 회전교차로, 사고모형, 다중선형회귀, 음이항, 포아송, SPSS

**Keywords** ■ Small-size roundabout, Accident model, Multiple linear regression, Negative binomial, Poisson, SPSS

## I. 서 론

### 1. 연구의 배경 및 목적

회전교차로는 중앙의 교통섬을 중심으로 회전차량이 우선권을 가지며 교차로를 통과하는 방식으로 운영된다. 회전교차로를 설치하면 진입차량의 속도가 감소되어 안전성이 향상되며, 다양한 연구에서 회전교차로의 지체감소 효과를 입증한 바 있다. 특히 지체감소 효과는 교통량이 적은 교차로에서 큰

효율을 보인다. 유럽과 미국 등에서는 소규모 교차로의 교통사고를 감소시키고, 교통지체를 해소하기 위한 대안으로 회전교차로 설치를 적극 지향하고 있는 추세이다. 이에 맞춰 최근 국내에서도 다양한 유형의 회전교차로의 신규 설치 및 전환이 증가되고 있다. 하지만 기존 교차로와 차이가 있는 회전교차로의 기하구조와 운영방법으로 인해 교통사고가 발생하는 경우가 많다. 보다 안전한 회전교차로 운영을 위해서는 이와 관련된 사고대책 마련이 필요한 시점이다.

\* Chungbuk National University

\*\* Chungbuk National University

\*\*\*Chungbuk National University (corresponding author: bhpark@chungbuk.ac.kr)

지금까지 회전교차로 교통사고와 관련하여 많은 연구가 진행되어왔지만, 대부분 기본(표준) 유형의 회전교차로를 대상으로 한 연구가 주를 이룬다.

한국교통연구원이 발표한 전국 주요 회전교차로 100개소 중, 소형 및 초소형 회전교차로에서 2008~2014년까지 발생한 교통사고는 387건으로 확인된다. 이는 전체 회전교차로 사고의 약 20% 이상을 차지하며, 현재 소형회전교차로의 설치가 증가하고 있는 것을 고려한다면, 기본 회전교차로 이외 소형 및 초소형 회전교차로의 교통사고 관련 연구가 필히 요구되는 것으로 판단된다.

이 연구는 회전교차로 유형에 따라 교통사고에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 기본유형, 소형 및 초소형 회전교차로의 사고모형을 개발하며, 회전교차로 사고감소 대책을 수립하기 위한 대안을 제안하는데 그 목적이 있다.

## 2. 연구의 내용 및 방법

이 연구에서는 한국교통연구원에서 제시한 전국의 주요 회전교차로 100개소를 대상으로 하되 자료의 일관성을 위해 2008년 이전에 설치된 76개소 회전교차로가 우선 선정된다. 이후, 설계기준에 따라 소형(16개소) 및 초소형(20개소)가 선정되고, 비교분석을 위해 소형 및 초소형 회전교차로를 제외한 기본유형(24개소)가 임의로 선정된다. 종속변수인 사고자료는 도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS : traffic accident analysis system)을 활용하여 2008~2014년 사이 발생한 교통사고이다. 독립변수로 활용된 기하구조 및 교통량은 현장조사와 다음로드뷰, 그리고 Auto CAD를 이용하여 구축된다. 분석에는 통계프로그램 SPSS24.0이 사용되며, 다양한 변수 사이의 관계를 구축하는 다중선형회귀와 가산자료 모형이 사용된다.

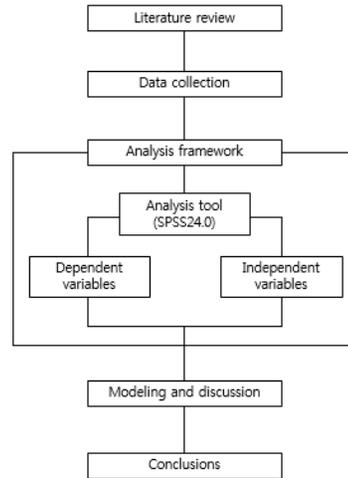


Fig 1. Flowchart of study

## II. 선행연구 고찰

### 1. 회전교차로 유형

‘도로용량편람(국토해양부, 2013)’에서는 회전교차로 유형을 기본유형과 특수유형으로 나누어 제시하고 있다. 기본유형은 설계기준자동차와 진입차로수에 따라 소형, 1차로형 및 2차로형으로 구분되며, 특수유형은 설치형태에 따라 초소형, 평면형 그리고 입체형으로 분류된다.

기본유형에 포함되는 소형 회전교차로의 경우, 긴급자동차의 통행을 위하여 중앙교통섬을 노면표시로 설치하거나, 사면돋움하여 횡단을 가능하게 한다.

특수유형에 포함되는 초소형 회전교차로는 평균주행속도가 50kph 미만의 도시지역에 최소한의 설계제원으로 설치할 수 있는 회전교차로를 말한다. 이 경우에는 중앙교통섬 전체를 노면표시로 설치하거나 사면돋움하여, 대형차의 통행이 가능하도록 한

다.

아울러 ‘생활도로형 회전교차로 설계지침(행정안전부, 2012)’에서는 생활권 행정구역 내부 도로를 대상으로 소형 회전교차로를 설치하여 과속에 의한 사고를 방지하는 생활도로형 회전교차로 설계기준을 제시하고 있다.

이 연구에서는 소규모 회전교차로 관련 문헌을 바탕으로 상세한 분석을 위해 소형 및 초소형 회전교차로를 구분한다. 유형 분류 기준은 다음 표와 같다.

Table 1. Classification criteria

Classification	(kph, m)	
	Small	Mini
Speed of circulatory roadway	20~30	< 20
Inscribed circle diameter	22~25	14~17
Width of circulatory lane	4.0~4.5	3.0~4.0
Central island diameter	13~17	9~11

## 2. 국내의 연구 검토

회전교차로의 교통사고와 관련하여 현재까지 진행된 논문을 검토한 결과, 기본유형의 회전교차로를 대상으로 사고 및 충돌 유형과 관련된 연구가 중점 진행되었다.

백태현 등(2015)은 회전교차로에서 발생한 고령 운전자의 교통사고를 바탕으로 ZIP(zero inflated Poisson) 및 음이항 모형을 개발하였다. 저자들은 고령 운전자의 사고가 일반적으로 교차로 내부에서 발생하는 상충으로 인해 빈번하게 발생하는 것으로 평가하였다.

나희 등(2012)은 국내 로터리 20곳의 사고자료를 바탕으로 교통사고에 영향을 주는 교통조건, 도로조건, 교통운영조건 등을 분석하였다. 그 결과, 통계적으로 유의한 음이항, 포아송 및 다중선형회귀모형이 개발되었다.

한수산 등(2011)은 국내 회전교차로 20개소에서 발생한 교통사고를 유형별로 나누어 포아송과 음이항 모형을 개발하였다. 저자들은 원형교차로 교통사고에서는 차대차 사고가 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 교통량, 우회전 전용차로수, 과속방지턱 등을 사고에 영향을 주는 요인으로 채택하였다.

김경환 등(2012)은 회전교차로에서 발생한 교통사고건수와 각 지점의 교통사고를 대물피해로 환산한 값인 EPDO(equivalent property damage only)와의 상관관계를 분석하기 위해 연립방정식을 사용하여 모형을 개발하였다. 저자들은 교통량, 상충비, 중차량 비율, 회전차로 폭 등을 사고에 영향을 주는 독립변수로 선정하였다.

백태현 등(2011)은 국내 도시부에 설치된 회전교차로 82개소를 대상으로 교통사고에 영향을 미치는 도로환경, 기하구조, 운영조건 요인 등을 분석하였다. 저자들은 가산모형을 활용하여 사고요인을 분석하였으며, 일교통량과 중앙 교통섬의 유무가 사고에 유의한 영향을 주는 것으로 평가하였다.

박민규 등(2011)은 국내 원형교차로에서 발생한 측면직각 충돌사고에 영향을 미치는 교차로의 기하구조요인을 분석하였다. 저자들은 종속변수에 '0'값이 다수 존재할 때 사용하는 ZAM(zero-altered model)을 이용하였으며, 교통량, 조명시설의 유무 및 분리교통섬 수를 사고의 설명변수로 채택하였다.

Yongsheng Chen 등(2011)은 미국의 회전교차로 교통사고를 분석하기 위해 다중선형회귀모형을 이용하여 14개 대상 교차로의 진입부 속도와 기하구조와의 관계를 분석하였다.

Stijn Daniel 등(2010)은 회전교차로의 충돌위험 요소와 상해정도에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 로지스틱 회귀모형을 이용해 사고 심각도를 분석하였다.

Guangnan Zhang 등(2016)은 사고에 영향을 주는 운전자 요인을 파악하기 위해 광둥 21개 도시를

대상으로 운전자 특성, 도로 상태의 유형과 환경요인을 포함한 변수들을 분석하였다. 저자들은 로지스틱 회귀모형을 활용하여 분석하였으며, 남성보다 여성 운전자가 피로운전 사고 유발 확률이 높은 것으로 평가하였다.

Tove Hels 등(2007)은 회전교차로의 설치년도, 진입교통량 및 기하구조에 따른 자전거 사고를 분석하였다. 저자들은 포아송 및 로지스틱 모형을 이용해 사고모형을 개발한 결과, 주행곡선, 진입차로 폭 및 자전거 대 자동차 상충비율이 사고에 유의한 영향을 주는 것으로 분석하였다.

### 3. 연구의 차별성

지금까지 회전교차로에서 발생한 사고모형과 관련되어 진행된 연구는 교통사고 유형과 교차로의 설치 위치와 관련된 연구가 대부분이다. 이 연구는 소규모 회전교차로를 대상으로 교통사고에 미치는 요인을 분석하며, 연구의 차별성은 다음과 같다.

첫째, 이 연구는 비교적 교통량이 적은 지역에 설치되는 회전교차로의 특성을 감안한 소규모 회전교차로를 중점 분석한다. 아울러 도로용량편람과 생활도로형 회전교차로 설계지침을 바탕으로 소형 회전교차로와 초소형 회전교차로를 구분하여 사고모형이 개발되며, 기본유형의 회전교차로 사고모형과 비교 분석된다.

둘째, 종속변수를 교통사고건수와 교통사고밀도로 구분하여 개발한 후 이를 비교분석하여 사고감소대책 수립방안을 제안한다. 교차로의 교통량은 사고건수에 영향을 주기 때문에 이를 표준화하기 위해 사고건수를 1,000대당 사고건수로 환산한 교통사고 밀도모형을 개발한다. 가산자료인 교통사고건수분석에는 음이항 및 포아송 모형을 사용하며, 교통사고밀도분석은 다중선형회귀분석을 활용한다.

Table 2. Differences with Previous Studies

Author (Year)	Type of roundabout	Dependent variable
Baek T. H. et. al. (2015)	Standard	Number of accident
Na, H. et. al. (2012)	Standard	Number of accident
Han S. S. et. al. (2011)	Standard	Number of accident
Kim, K. H. et. al. (2012)	Standard	Number of accident. EPDO
Baek, T. H. et. al. (2011)	Standard	Number of accident
Park, M. G. et. al. (2011)	Standard	Number of accident
Chen Y. et. al. (2011)	Standard	Number of accident
Tove Hels. et. al. (2007)	Standard	Number of accident
Stijn Daniel et. al. (2010)	Standard	Severity of accident
This study	Standard Small Mini	Number of accident, Density of accident

## III. 분석의 틀 설정

### 1. 자료의 수집

모형개발을 위한 회전교차로 대상지점은 전술한 국내 주요 회전교차로 60개소이다. 도로용량편람을 참고하여 전술한 분류기준에 따라 도시지역(특별시, 광역시 및 시)의 소형회전교차로 16개소, 초소형회전교차로 20개소 및 기본유형 24개소로 분류한다.

종속변수인 사고건수는 2008~2014년까지 발생한 총 2,020건의 자료이다. 이 중, 소형회전교차로에서 발생한 사고건수는 92건이며, 초소형 회전교차로에서 발생한 사고건수는 320건이다. 사고밀도는 수집된 사고건수를 바탕으로 진입교통량 1,000대당 사

고건수로 환산하여 분석한다.

독립변수는 현장조사 및 다음로드뷰를 활용하여 수집되며, 상관관계 및 다중공선성 분석을 통해 교통량과 기하구조를 포함한 15개의 변수가 최종 선정된다.

## 2. 상관관계 및 다중공선성 분석

독립변수들 간의 상관분석 결과, 유입차로수, 회전차로수, 분리교통섬, 유입교통량 등이 사고건수와 밀접한 관련을 가지는 것으로 평가되었다.

선정된 독립변수들의 평균과 표준편차를 분석한 결과, 평균 사고건수는 약 34건이며 일평균 유입교통량은 약 1,651대로 분석되었다. 변수들 간의 독립성을 확인하기 위해 VIF (variation inflation

factor) 값을 비교한 결과, 연구에서 제시한 모든 독립변수들의 VIF 값이 2미만으로 다중공선성 문제가 없는 것으로 평가되었다.

## IV. 사고모형 개발 및 논의

### 1. 가설검증

상세한 모형개발에 앞서, 교차로 유형과 사고건수와의 관계에 대한 가설검증이 실시된다. 귀무가설은 '회전교차로의 유형은 교통사고건수와 관련이 없다'이며, 대립가설은 '회전교차로의 유형은 교통사고건수와 관련이 있다'이다. F-검정을 사용하여 일원배치분석을 실시한 결과, 유의확률 0.05 이하로 귀무가설이 기각된다.

Table 3. Correlation analysis

Classification	$Y_1$	$Y_2$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$
$Y_1$	1	—	—	—	—	—	—	—	—
$Y_2$	.507**	1	—	—	—	—	—	—	—
$X_1$	.575**	.213*	1	—	—	—	—	—	—
$X_2$	.514**	-.123	.508**	1	—	—	—	—	—
$X_3$	.202	.118	.044	.074	1	—	—	—	—
$X_4$	.274**	.080	.137	.227*	.890**	1	—	—	—
$X_5$	-.070	.001	-.022	-.043	.206	.205	1	—	—
$X_6$	0.05	-.054	-.046	-.085	-.014	-.085	.035	1	—
$X_7$	-.048	-.03	-.128	-.087	-.083	-.15	.029	.058	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Table 3. (Continued)

Classification	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$
$X_8$	1	—	—	—	—	—	—	—
$X_9$	.119	1	—	—	—	—	—	—
$X_{10}$	.073	.077	1	—	—	—	—	—
$X_{11}$	.202	.101	.264*	1	—	—	—	—
$X_{12}$	.054	.011	-.063	-.060	1	—	—	—
$X_{13}$	-.033	.104	-.065	.145	-.075	1	—	—
$X_{14}$	.069	.299**	-.045	.097	.043	.171	1	—
$X_{15}$	.221*	.022	.163	.336**	-.161	-.006	-.001	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Table 4. Definition of variables

Variable		Definition (unit)	Mean	VIF
Dependent variable	$Y_1$	Density of accident (/1,000veh)	25.62	-
	$Y_2$	Number of accident (No.)	33.67	-
Independent variable	$X_1$	Number of entry lane (No.)	1.73	1.30
	$X_2$	Total entering traffic volume (vpd)	1650.17	1.00
	$X_3$	Right-turn-only lane (If yes=1, otherwise=0)	0.45	1.01
	$X_4$	Width of right-turn-only lane (m)	3.71	1.01
	$X_5$	Splitter island (If yes=1, otherwise=0)	0.68	1.03
	$X_6$	Pedestrian crossing (If yes=1, otherwise=0)	0.93	1.00
	$X_7$	Speed hump (If yes=1, otherwise=0)	0.32	1.01
	$X_8$	Sidewalk (If yes=1, otherwise=0)	0.92	1.03
	$X_9$	Street light (If yes=1, otherwise=0)	0.97	1.27
	$X_{10}$	Number of circulatory roadway lanes (No.)	1.92	1.02
	$X_{11}$	Bicycle lane (If yes=1, otherwise=0)	0.25	1.01
	$X_{12}$	Turning radius of entry lane (m)	79.08	1.00
	$X_{13}$	On-street parking (If yes=1, otherwise=0)	0.17	1.04
	$X_{14}$	Driveway (If yes=1, otherwise=0)	0.73	1.00
$X_{15}$	Diagrammatic exit destination sign (If yes=1, otherwise=0)	0.83	1.63	

\* Note : Means of dummy variables indicate component ratio.

Table 5. Result of variance analysis (Number of accident)

Classification	Sum of square	d.f.	Mean square	F	p-value
Between group	9165.506	2	4582.753	2.88	0.042
Within group	136868.3	86	1591.492	-	-
Total	146033.8	86	-	-	-

다음으로, 교차로 유형과 사고밀도와의 관계에 대한 가설검증이 실시된다. 귀무가설은 ‘회전교차로의 유형은 교통사고밀도와 관련이 없다’이며, 대립가설은 ‘회전교차로의 유형은 교통사고밀도와 관련이 있다’이다. F-검정을 사용하여 일원배치분석을 실시한 결과, 유의확률 0.05 이하로 귀무가설이 기각된다.

Table 6. Result of variance analysis (Density of accident)

Classification	Sum of square	d.f.	Mean square	F	p-value
Between group	3882.222	2	1991.161	1.85	0.046
Within group	93068.378	86	1082.202	-	-
Total	97051.701	86	-	-	-

Table 7. Descriptive Statistics

Type of roundabout	N	Mean		Std. Dev.	
		No. of accident	Density of accident	No. of accident	Density of accident
Standard	24	35.77	25.62	45.45	35.15
Small	16	7.78	8.63	6.07	8.52
Mini	20	18.88	30.87	31.13	35.87
Total	60	27.04	24.08	40.73	33.21

## 2. 교통사고건수모형 개발

회전교차로 유형에 따라 교통사고건수에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 소형, 초소형 및 기본유형의 회전교차로 사고모형이 개발된다. 사고건수가 가산자료임을 감안하여 교통사고건수모형에서는 포아송(Poisson) 및 음이항(negative binomial) 모형이 활용된다.

포아송 모형은 평균과 분산이 동일하다고 가정되며, 분산이 평균보다 큰 경우 자료가 과분산된(overdispersed) 것으로 판단된다. 과분산 계수( $\alpha$ )의 t값이 높아 귀무가설( $H_0 : \alpha = 0$ )이 기

각될 경우 음이항 모형이 적합한 것으로 평가된다.

및 횡단보도가 채택된다.

1) 기본유형 회전교차로 사고모형

기본 유형의 회전교차로 교통사고에 대한 모형을 개발한 결과, 과분산계수( $\alpha$ )의 t 값이 4.260으로 음이항 모형이 적합한 것으로 판단된다.

교통사고에 영향을 미치는 설명변수로는 유입차로수, 우회전차로, 회전차로수, 인도설치, 횡단보도 및 노상주차장이 선정된다. 모형의 우도비( $\rho^2$ )는 0.397로 통계적으로 설명력 높은 것으로 평가된다.

Table 9. Result of accident model (small)

Variable	Poisson		NB		
	t	p	t	p	
Constant	-	7.780	0.031	0.308	0.7581
No. of entry lane	$X_1$	4.710	0.041	1.124	0.2611
Entering traffic volume	$X_2$	12.185	0.002	0.345	0.7297
Right-turn-only lane	$X_3$	-8.899	0.037	-0.165	0.8689
Splitter island	$X_5$	-14.849	0.000	-1.859	0.063
Pedestrian crossing	$X_6$	3.862	0.046	0.856	0.392
$\rho^2$	0.329		0.718		
$\alpha$ (t-statistic)	0.206 (0.500)				

Table 8. Result of accident model (standard)

Variable	Poisson		NB		
	t	p	t	p	
Constant	-	2.279	0.022	4.734	0.000
No. of entry lane	$X_1$	2.732	0.006	18.070	0.000
Right-turn-only lane	$X_3$	1.889	0.058	11.523	0.000
Splitter island	$X_5$	-0.537	0.591	-5.990	0.000
Pedestrian crossing	$X_6$	0.717	0.473	6.197	0.000
Sidewalk	$X_8$	0.563	0.573	2.185	0.029
No. of circulatory roadway lane	$X_{10}$	3.163	0.001	14.831	0.000
On-street parking	$X_{13}$	0.406	0.684	-2.861	0.004
$\rho^2$	0.577		0.397		
$\alpha$ (t-statistic)	0.506 (4.260)				

2) 소형 회전교차로 사고모형

소형 회전교차로의 모형을 개발한 결과, 과분산계수( $\alpha$ )의 t값이 0.500로 귀무가설이 채택되어 포아송 모형이 적합한 것으로 평가된다.

모형의 우도비( $\rho^2$ )는 0.329로 통계적으로 유의하며, 설명변수로는 유입차로수, 유입교통량, 우회전전용차로, 우회전전용차로폭, 분리교통섬

3) 초소형 회전교차로 사고모형

초소형 회전교차로의 모형을 개발한 결과, 과분산계수( $\alpha$ ) t값은 1.227로 귀무가설이 채택되어 포아송 모형이 적합한 것으로 평가된다. 모형의 우도비( $\rho^2$ )는 0.371로 통계적으로 유의한 것으로 평가되며, 설명변수로는 유입차로수, 유입교통량, 분리교통섬, 횡단보도 및 인도설치가 선정된다.

Table 10. Result of accident model (mini)

Variable	Poisson		NB		
	t	p	t	p	
Constant	-	3.907	0.037	3.077	0.041
No. of entry lane	$X_1$	12.031	0.000	4.527	0.022
Entering traffic volume	$X_2$	9.721	0.032	0.919	0.358
Splitter island	$X_3$	-10.817	0.006	-1.946	0.051
Pedestrian crossing	$X_6$	9.550	0.015	2.432	0.054
Sidewalk	$X_8$	4.819	0.000	3.146	0.031
$\rho^2$	0.371		0.429		
$\alpha$ (t-statistic)	0.356 (1.227)				

4) 모형 논의

회전교차로 유형에 따라 교통사고모형을 개발한 결과는 다음과 같다.

첫째, 모든 유형의 회전교차로에서 사고건수에 공통적으로 미치는 요인으로는 진입차로수, 차로분리섬 및 횡단보도가 채택된다.

둘째, 기본유형의 회전교차로에서는 회전차로수 및 노상주차장이 특이변수로 분석된다. 이에, 회전교차로를 설치할 경우, 진입교통량 및 차로수에 따른 적정 회전차로수에 대한 검토가 요구되는 것으로 판단된다. 아울러 진입부의 노상주차장에 주정차 중인 차량과 회전부로 진입 차량의 상충을 감소시키기 위해 회전교차로 인근 노상주차장의 적정이격거리도 필요한 것으로 평가된다.

셋째, 초소형 회전교차로인 경우, 인도설치의 유무가 특이변수로 채택된다. 일반적으로 초소형 회전교차로가 주거단지과 같은 생활권에 설치되어 지역주민의 보행 중 사고가 빈번하게 발생하는 것으로 평가된다. 보행자의 안전을 위해서는 인도설치가 반드시 필요한 것으로 분석된다.

Table 11. Common and specific variables (accident model)

Classification	Variable
Common variable	No. of entry lane
	Splitter island
	Pedestrian crossing
Specific variable	Standard No. of circulatory roadway lane
	Small On-street parking
	Mini Right-turn-only lane
	Sidewalk

### 3. 교통사고밀도모형 개발

교통사고밀도에 영향을 미치는 요인은 회전교차로 유형, 즉 소형, 초소형 및 기본유형에 따라 분석된다. 종속변수인 교통사고밀도는 가산자료가 아닌 연속형 변수이므로 포아송이나 음이항과 같은 가산

자료모형보다는 다중선형회귀모형(multiple linear regression model)이 적합하다.

#### 1) 기본유형 회전교차로 사고모형

기본유형의 회전교차로 교통사고밀도를 대상으로 다중선형회귀모형을 개발한 결과, 모형의 보정(adjusted)  $R^2$  값이 0.679인 설명력 있는 모형이 개발된다.

설명변수 중 사고밀도에 영향을 주는 요인으로 유입차로수, 우회전전용차로폭, 회전차로수 그리고 노상주차장이 채택된다. 우회전전용차로폭은 사고밀도와 음(-)의 상관관계를 가지며, 이외 변수들은 양(+ )의 상관관계를 가지는 것으로 분석된다.

Table 12. Result of accident density model (standard)

Variable	Non-std. coeff.		t	p	
	B	Std. Err			
Constant	-	24.082	3.520	6.841	0.000
No. of entry lane	$X_1$	13.779	8.213	3.764	0.002
Width of right-turn-only lane	$X_4$	-4.132	3.132	2.199	0.038
No. of circulatory roadway lanes	$X_{10}$	11.933	3.456	3.453	0.001
On-street parking	$X_{13}$	13.163	7.790	4.213	0.000
Accident model					Adj. $R^2$
$Y_{11} = 24.082 + 13.779X_1 - 4.132X_4 + 11.933X_{10} + 13.163X_{13}$					0.679

#### 2) 소형 회전교차로 사고모형

소형 회전교차로 사고모형을 개발한 결과, 모형의 보정  $R^2$  값이 0.677인 통계적으로 유의한 다중선형회귀모형이 개발된다.

종속변수인 사고밀도에 영향을 주는 변수로 유입차로수, 분리교통섬, 회전차로수 및 진입차 회전반경이 채택된다. 선정된 설명변수 중 유입차로수와 회전차로수는 사고밀도와 양(+ )의 상관관계를 가지

며, 분리교통섬과 진입차 회전반경은 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 평가된다.

Table 13. Result of accident density model (small)

Variable	Non-std. coeff.		t	p	
	B	Std. Err			
Constant	-	11.200	2.194	5.106	0.000
No. of entry lane	$X_1$	19.321	6.232	2.341	0.034
Splitter island	$X_5$	-7.575	2.796	-2.709	0.020
No. of circulatory roadway lanes	$X_{10}$	14.488	3.863	2.823	0.019
Turning radius of entry lane	$X_{12}$	-10.422	3.243	3.132	0.007
Accident model				Adj. $R^2$	
$Y_{12} = 11.2 + 19.321X_1 - 7.575X_5 + 14.488X_{10} - 10.422X_{12}$				0.677	

3) 초소형 회전교차로 사고모형

초소형 회전교차로의 사고모형의 보정  $R^2$ 은 0.872로 통계적으로 설명력 높은 다중선형회귀 모형이 개발된다.

Table 14. Result of accident density model (mini)

Variable	Non-std. coeff.		t	p	
	B	Std. Err			
Constant	-	-28.714	11.212	-2.561	0.024
No. of entry lane	$X_1$	32.114	8.188	3.922	0.002
Splitter island	$X_5$	-16.146	6.120	-2.638	0.020
No. of circulatory roadway lanes	$X_{10}$	24.726	2.492	9.922	0.000
Bicycle lane	$X_{11}$	35.486	14.330	2.476	0.028
Accident model				Adj. $R^2$	
$Y_{13} = -28.714 + 32.114X_1 - 16.146X_5 + 24.726X_{10} + 35.486X_{11}$				0.872	

사고밀도에 영향을 주는 설명변수로는 회전차로

수, 분리교통섬, 유입차로수, 그리고 자전거 도로가 선정된다. 설명변수 중 분리교통섬은 사고밀도와 음(-)의 상관관계를 가지며, 이외 변수는 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 평가된다.

4) 모형 논의

회전교차로 유형에 따라 다중선형회귀 모형을 이용해 교통사고밀도모형을 개발한 결과는 다음과 같다.

첫째, 사고밀도모형에서는 회전 및 진입차로수가 공통변수로 선정되며, 사고밀도와 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 분석된다. 따라서 소형 및 초소형을 포함한 회전교차로를 신규로 설치하거나 신호교차로에서 회전교차로로 전환할 경우, 해당 교차로의 교통여건을 고려한 적정 회전 및 진입 차로수에 대한 검토가 요구되는 것으로 판단된다.

둘째, 기본유형의 사고밀도모형에서는 진입교통량과 우회전전용차로폭이 특이변수로 채택되며, 사고밀도와 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 분석된다. 이는 우회전전용차로폭이 넓을수록 사고가 감소한다는 의미이다. 따라서 회전교차로 설계시 너무 좁지 않은 적절한 우회전 차로폭이 필요한 것으로 판단된다. 아울러 특이변수로 선정된 노상주차장은 사고밀도와 양(+)의 상관관계를 가진다. 이는 도로 가장자리에 주·정차 중인 차량과 교차로 진입 차량과의 상충으로 인한 결과로 판단된다. 따라서 회전교차로 인근 노상주차장은 적정 이격거리를 가지고 설치되어야 할 것으로 평가된다.

셋째, 소형 회전교차로의 사고밀도모형에서는 진입차 회전반경이 특이변수로 선정된다. 상대적으로 중앙교통섬이 작은 소형 회전교차로에서 안전한 교차로 진입을 위해서는 충분한 진입차회전반경이 요구되는 것으로 평가된다.

마지막으로 초소형 회전교차로의 경우엔 자전거

도로가 특이변수로 선정된다. 사고건수와 양(+)의 상관관계를 가지는 자전거도로는 대상 교차로의 대부분이 보행자겸용도로이며 상대적으로 높은 자전거 통행량에 비해 좁은 자전거도로폭을 가지는 것으로 평가된다. 차로의 가장자리에서 주행하는 자전거와 차량의 상충을 줄이기 위해서는 회전부를 포함하여 진입 및 진출부에 안전한 자전거전용도로 설치에 필요한 것으로 분석된다.

Table 15. Common and specific variables (accident density model)

Classification		Variable
Common variable		No. of entry lane
		No. of circulatory roadway lane
Specific variable	Standard	Width of right-turn-only lane
	Small	On-street parking
	Mini	Turning radius of entry lane Bicycle lane

## V. 결론

회전교차로 유형에 따라 회전교차로 교통사고건수 및 밀도모형을 개발한 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

첫째, ‘회전교차로의 유형은 교통사고건수 및 밀도와 관련이 없다’는 귀무가설을 설정한 후, 가설검증을 실시한 결과, 유의확률 0.05 이하로 기각된다. 따라서 회전교차로의 유형에 따라 교통사고건수와 밀도가 동일하다는 증거가 없는 것으로 평가된다.

둘째, 통계적으로 유의한 3개의 다중선형회귀모형과 3개의 가산자료 모형이 개발된다. 교통사고건수 모형에서는 과분산계수( $\alpha$ )의 t값에 따라 기본유형 회전교차로의 경우에는 음이항 모형, 소형 및 초소형 회전교차로에서는 포아송 모형이 적합한 것으로 분석된다. 아울러 교통사고밀도 모형에서는 개발된 모든 유형(전체, 소형 및 초소형)의 보정

$R^2$ 값이 0.601~0.872로 통계적으로 설명력이 높은 것으로 평가된다.

셋째, 회전교차로의 유형에 따라 교통사고건수에 영향을 주는 공통변수로는 진입차로수, 차로분리섬 및 횡단보도가 선정된다. 종속변수인 사고건수와 양(+)의 상관관계를 가지는 변수로는 진입차로수와 횡단보도이며, 음(-)의 상관관계를 가지는 설명변수로는 차로분리섬이 선정된다.

마지막으로, 회전교차로 유형에 따라 교통사고밀도에 영향을 주는 공통변수로는 진입차로수와 회전차로수이며, 사고밀도와 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 분석된다.

이 연구는 소규모 회전교차로와 관련하여 설계속도, 내접원지름, 중앙교통섬 지름 등의 기하구조를 바탕으로 소형 및 초소형으로 구분하여 분석하고 있다. 그러나 이 연구는 다양한 특수유형의 회전교차로를 고려하지 못한 한계점을 내포하고 있다. 아울러 전국의 주요 60개소의 회전교차로를 대상으로 2008~2014년 사이에 발생한 교통사고를 중점 분석한 것으로, 사고자료의 추가적인 수집 및 보완이 필요할 것으로 판단된다.

향후 보다 다양한 유형의 회전교차로를 고려한 연구가 진행된다면, 회전교차로의 안전성을 제고하고 교통사고 감소 대책을 수립하는데 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

## 인용문헌

### References

1. 국토해양부, 2013, 「도로용량편람」, 세종. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013, *Korea Highway Capacity Manual*, Sejong.
2. 안전행정부, 2012, 「생활도로형 회전교차로 설계지침」, 세종. Ministry of the Interior, 2012, *Design*

- Principle of Living road Roundabout*, Sejong.
3. 백태현, 2015. “고령 운전자의 회전교차로 사고 모형 개발”, 「국토계획」, 50(6): 115-126.  
Beak, T. H., 2015. “Developing the Roundabout Accident Models of Elderly Drivers”, *Journal of Korea Planning Association*, 50(6): 115-126.
  4. 나희·박병호, 2012. “로터리 사고발생 위치별 사고모형 개발”, 「한국도로학회논문집」, 14(4): 83-91.  
Na, H., and Park, B. H., 2012. “Developing Accident Models of Rotary by Accident occurrence Location”, *Journal of Highway Engineering*, 14(4): 83-91.
  5. 한수산·김경환·박병호, 2011, “사고유형에 따른 원형교차로 사고모형”, 「한국도로학회지」, 13(3): 103-110.  
Han S. S., Kim K. H., Park B. H., 2011, Accident Model of Circular Intersection by Type in Korea, *Journal of Korean Society of Road Engineering*, 13(3): 103-110.
  6. 김경환·박병호, 2012, “연립방정식을 이용한 운전유형별 회전교차로 사고모형”, 「대한교통학회지」, 30(5): 3-10.  
Kim K. H., Park B. H., 2012, Simultaneous Equation Models for Evaluating Roundabout Accidents According to Different Driving Types, *Journal of Korean Society of Transportation*, 30(5): 3-10.
  7. 백태현·박병호, 2011, 가산자료를 이용한 도시부 원형교차로 사고 모형, 「대한교통학회지」, 2011(3): 235-239.  
Baek T. H., Park B. H., 2011, Accident Model of Urban Roundabout Using Count Data, *Journal of Korean Society of Transportation*, 2011(3): 235-239.
  8. 박민규·박병호, 2011, “ZAM을 이용한 국내 원형교차로의 측면직각충돌 사고모형”, 「대한교통학회지」, 2011(3): 270-274.  
Park M. G., Park B. H., 2011, Accident Models of Circular Intersections by Side Right-angle collision in Korea Using ZAM, *Journal of Korean Society of Transportation*, 2011(3): 270-274.
  9. Yongsheng C., Bhagwant P., Craig L., 2011, “Effect of speed on roundabout safety performance”, Paper presented at the TRB Annual Meeting, Washington, DC.:Marriott Wardman Park, Omni Shoreham, and Washington Hilton hotels
  10. Stijn D., Tom B., Erik N., Geert W., 2010, “Externality of risk and crash severity at roundabouts”, *Accident Analysis and Prevention*, 42:1966-1973.
  11. Guangnan Zhang, Kelvin K.W., Yau·Xun Zhang, Yanyan Li, 2016, “Traffic accidents involving fatigue driving and their extent of casualties”, *Accident Analysis and Prevention*, 87: 34-42.
  12. Tove Hels, Ivanka Orozova-Bekkevold, 2006, “The effect of roundabout design features on cyclist accident rate”, *Accident Analysis and Prevention*, 39: 300-309.

Date Received 2017-05-29  
 Date Reviewed 2017-06-19  
 Date Accepted 2017-06-19  
 Date Revised 2017-07-03  
 Final Received 2017-07-03