

지역별 회전교차로 사고모형 개발 및 논의

Development of Roundabout Accident Models by Region

손슬기 Son, Seul Ki | 정회원 · 충북대학교 공과대학 도시공학과 석사과정 (E-mail : ssgi0208@naver.com)
박병호 Park, Byung Ho | 정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : The goal of this study is the development of roundabout accident models for urban and non-urban areas.

METHODS : This study performed a comparative analysis of the regional factors affecting accidents. Traffic accident data were collected for the period 2010~2014 from the TAAS data set of the Road Traffic Authority. To develop the roundabout accident models, the Poisson and negative binomial regression models were used. A total of 25 explanatory variables such as geometry, and traffic volume were used.

RESULTS : The key findings are as follows: First, it was found that the null hypotheses that the number of accidents is the same should be rejected. Second, three Poisson regression accident models, which are statistically significant (ρ^2 of 0.154 and 0.385) were developed. Third, it was noted that although the common variable of the three models (models I ~III) is the number of entry lanes, the specific variables are entry lane width, roundabout sign, number of circulatory roadways, splitter island, number of exit lanes, exit lane width, number of approach roads, and truck apron.

CONCLUSIONS : The results of this study can provide suggestive countermeasures for decreasing the number of roundabout accidents.

Keywords

urban area, non-urban area, roundabout, traffic accident model, Poisson regression model, negative binomial regression model

Corresponding Author : Park, Byung Ho, Professor
Department of Urban Engineering, Chungbuk University 1,
Chungdae-ro, Sewon-gu, Cheongju, 28644, Korea
Tel : +82.10.5462.2496
E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Jul. 25, 2017 Revised Aug. 08, 2017 Accepted Feb. 22, 2018

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

회전교차로는 일반적인 평면교차로에 비해 상충횡수가 적고, 교차로 진·출입 시 감속운행을 유도해 사고의 심각도를 낮출 수 있어 안전성이 높다는 장점을 가지고 있다. 한국교통연구원(KOTI)에 의하면 2010년, 2011년 회전교차로가 완공된 143개소를 대상으로 회전교차로 도입 전·후 사고건수를 비교한 결과, 도입 후

교통사고 발생건수가 43.8% 감소하였으며, 사망사고 발생건수는 50.0% 감소한 것으로 분석된다. 이러한 장점들을 인정받아 전 세계적으로 회전교차로의 설치가 증대되고 있으며, 우리나라에서도 2009년 국가경쟁력 강화위원회를 중심으로 한 '교통운영체계선진화 방안'의 일환으로 2016년 말 기준 서울 29개소, 제주 95개소 등 전국적으로 총 461개소의 회전교차로가 설치·운영 중에 있다.

도시지역과 비도시지역은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률(국토계획법)」에 의하여 이용실태 및 특성, 장래의 토지이용 방향 등을 고려해 구분된다. 도시지역은 인구와 산업이 밀집되어 있거나, 밀집이 예상되어 당해 지역에 대하여 체계적인 개발·정비·관리·보전 등이 필요한 지역을 의미하며, 비 도시지역은 도시지역에 속하지 않는 관리·농림·자연환경 보전지역을 의미한다. 하지만 현행 국토계획법에서는 비도시지역에 대한 계획기준 및 계획내용이 부재한 실정이다. 즉, 비도시지역에는 도시지역과 다른 다양한 활동이 이루어지고 있음에도 불구하고 토지이용계획 등에 있어 계획기준이 도시지역을 주 대상으로 획일적으로 적용되고 있다.

따라서 이 연구는 도시 및 비 도시지역 회전교차로들을 대상으로 지역별로 어떠한 요인이 사고에 영향을 미치는지 분석하여 교차로의 안전성을 향상시키는데 그 목적이 있다.

1.2. 연구의 방법

이 연구는 우선 도시지역과 비도시지역의 회전교차로를 비교분석하기 위해 도시지역 19개소와 비도시지역 21개소, 총 40개소(한국교통연구원에서 선정한 100개

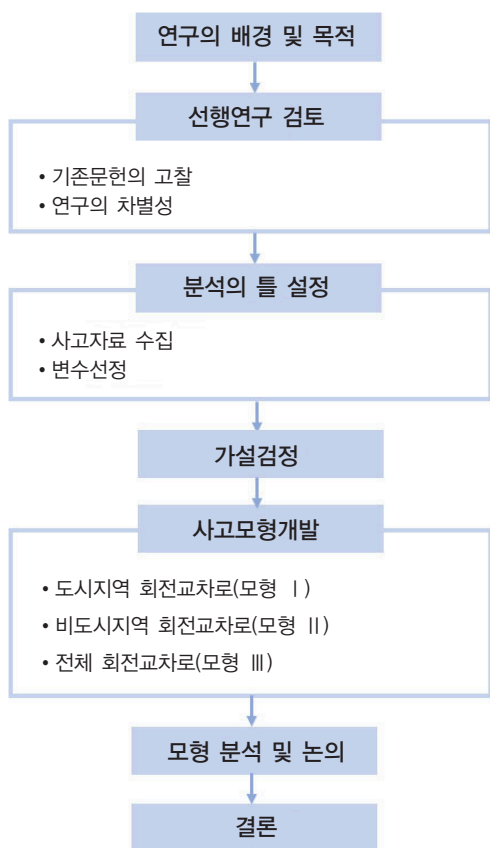


Fig. 1 Flowchart of This Study

소의 주요 원형교차로에서 로터리 및 2010년 이전에 설치된 회전교차로 제외)의 회전교차로를 분석대상으로 선정한다. 도시지역과 비도시지역의 구분은 국토교통부가 운영하는 브이월드(vworld)맵을 통하여 각 회전교차로의 해당지역을 구분한다.

연구의 방법은 다음과 같다. 첫째, 국내·외 문헌고찰을 통하여 선행연구를 살펴보고, 기존연구와의 차별성을 밝힌다. 둘째, 사고와 기하구조 자료를 수집하여 이를 코딩한 후, 종속변수와 독립변수를 선정한다. 셋째, 통계프로그램 SPSS20.0을 이용하여 '도시 및 비 도시 지역 위치에 따라 회전교차로의 사고발생에 차이가 있는지'에 대한 가설검정을 실시한다. 넷째, 가산자료 모형인 포아송 및 음이항 회귀분석법을 통해 도시지역 회전교차로, 비도시지역 회전교차로, 회전교차로 전체 총 3개의 모형을 개발한다. 마지막으로 개발된 모형들을 비교분석·논의함으로써 개선방안을 제안하고, 향후과제를 제시한다.

2. 선행연구 검토

2.1. 기존문헌 고찰

이 연구에서는 도시 및 비도시지역에 관한 연구와 회전교차로 사고모형에 관련된 전반적인 연구의 흐름이나 관련 변수들을 파악하기 위해 기존문헌들을 고찰한다.

김칠현 등(2016)은 회전교차로의 단순한 상충 감소나 사고건수 감소분석 뿐 아니라 사고예측 모형을 구축하여 회전교차로 설치로 인한 사고 감소효과를 분석한 바 있다. 저자들은 회전교차로를 설치하면 사고건수와 심각도가 감소하며, 유형별 사고를 분석한 결과 차 대 차 사고는 크게 감소한 반면, 차 대 사람 사고는 감소의 폭이 크지 않다고 분석하고 있다.

한수산 등(2011)은 국내에서 운영 중인 원형교차로 사고 유형별 교통사고 모형을 포아송 및 음이항 회귀모형을 이용해 분석한 바 있다. 저자들은 차대차 차대사람 모형 구축결과 우회전 별도차로와 과속방지턱의 설치를 권장하며, 이는 원형교차로의 사고 유형별 사고를 예방하는데 기여할 것이라고 평가하고 있다.

나희 등(2012)은 국내 원형교차로에서 발생한 원인별 교통사고모형을 ZAM을 이용하여 개발한 바 있다. 저자들은 2007년~2009년까지 3개년도의 국내 원형교차로에서 발생한 사고자료를 활용하였으며, 분석결과 공통변수로는 교통량과 회전차로폭이 선정되며, 특정변수로는 감속시설수와 접근로수가 채택되었다고 분

석하고 있다.

박민규 등(2012)은 ZAM(zero-altered model)을 이용한 국내 원형교차로의 측면 직각 충돌사고모형을 개발한 바 있다. 저자들은 측면 직각 충돌사고를 감소시키기 위해서는 차량의 시거확보와 분리교통섬 설치로 인한 차량감속 유도가 효과적일 것이라고 분석하고 있다.

정재풍 등(2014)은 교통사고 건수와 같은 가산자료에 대한 최적모형을 추천하고자 포아송 또는 음이항 회귀모형을 사용하여 실증분석을 시행한 바 있다. 저자들은 음이항 회귀모형이 보다 적절하다고 판단하며, 유의하지 않은 변수들을 제외한 축소모형의 경우, 모형의 설명력은 유의하게 떨어지지 않으면서 간결하므로 최종모형은 음이항 회귀 축소모형을 교통사고건수예측을 위한 최적모형으로 분석하고 있다.

박병호 등(2014)은 국내 회전교차로에서의 추돌사고모형을 정립하기 위해 가산자료모형, 다중선택 및 비선형 회귀모형을 개발한 바 있다. 저자들은 정지선 유무가 공통변수로 도출됨에 따라 추돌사고를 감소시키기 위해서는 정지선 및 양보선 설치가 필수적이라고 주장하고 있다.

손슬기 등(2017)은 국내 회전교차로에서의 화물차 사고모형을 가산자료 모형을 이용해 분석한 바 있다. 저자들은 화물차 사고가 많이 일어나는 회전교차로에 감속 시설 설치와 제한속도 표지판 설치를 유도하고 화물차턱 폭을 넓힌다면 화물차 사고를 감소시키는 효과가 있을 것이라고 주장하고 있다.

김광선(2012)은 농촌지역의 대중교통 및 도로이용 실태를 조사하고, 문제점과 정책수요를 분석해 농촌 대중교통 및 도로체계 개선방안을 제시한 바 있다. 저자는 차량의 도로이탈이나 추락을 방지하는 도로변 난간, 경운기 전용차로 확대 설치 등 농촌 도로의 안전 환경 구축이 필요하며 지역 실정에 맞는 다양한 형태의 대중교통 수단과 운행방법이 개발되고 이의 운영이 제도적으로 보장될 수 있어야 한다고 주장하고 있다.

Frank 등(2012)은 신호교차로에서 회전교차로로 전환 시 안전효과를 경험적 베이스 방법론 기법으로 분석한 바 있다. 저자들은 사고의 감소효과가 도시지역보다 비 도시지역에서 크게 나타나며, 총 사고발생건수보다는 사망 및 중상 사고 발생건수에서 큰 감소효과를 나타낸다고 분석하고 있다.

Tove 등(2007)은 포아송 회귀모형과 로지스틱 회귀모형을 사용하여 회전교차로에서의 자전거사고 건수와

기하 구조적 특성 및 교통량간의 관계를 분석한 바 있다. 저자들은 회전차로 폭이 좁을수록, 주행곡선이 클수록, 자전거 및 차량 운전자가 많을수록 자전거 사고가 많이 발생하는 것으로 주장하고 있다.

Gyanendra 등(2016)은 인도의 도로를 대상으로 비도시지역에서의 도로사고에 대한 FENB/RENB(fixed/random effect negative binomial) 회귀모형을 개발한 바 있다. 저자들은 비 도시지역의 사고를 감소시키기 위해서는 서비스도로가 기능적으로 만들어져야 하며 속도 분산이 감소되어야 한다고 주장하고 있다.

2.2. 기존연구와의 차별성

지금까지 원형교차로의 안전성과 관련된 많은 연구들이 진행되어 왔다. 이 연구는 기존 연구들과 다음과 같은 차별성을 지닌다.

첫째, 기존 비도시지역과 관련된 국내연구들은 대부분 비도시지역의 효율적인 관리방안을 제시한 연구이며, 비도시지역의 교통사고 안전성 증진방안을 연구한 논문은 전무한 실정이다. 따라서 이 연구는 획일적인 도시지역 연구에서 벗어나 비도시지역의 교차로 안전성 증진방안을 연구하는데 그 차별성이 있다.

둘째, 기존 회전교차로 안전성에 관한 연구는 지역의 구분 없이 전체지역을 대상으로 이루어졌다. 따라서 이 연구에서는 회전교차로 설치지역을 도시지역과 비도시지역으로 나누어 사고모형을 개발함으로써 지역별 개선방안을 제시하는데 연구의 차별성이 있다.

3. 분석의 틀 설정

3.1. 자료수집 및 기초통계분석

이 연구는 전술한 총 40개의 회전교차로를 대상으로 사고를 분석하기 위해 도로교통공단의 「교통사고분석시스템(TAAS: traffic accident analysis system)」을 이용하여 5개년도(2010~2014년)의 사고 자료를 수집한다. 아울러 기존문헌 고찰을 통해 각 지역별 회전교차로에서 사고에 영향을 미칠 것으로 판단되는 각 교차로의 기하구조 및 운영 자료를 AutoCAD 및 현장조사를 통해 수집·보완한다.

3.2. 변수의 선정

이 연구에서는 지역별 사고건수를 종속변수로, 선행연구 고찰을 통해 회전교차로 사고와 밀접한 관련이 있을 것으로 판단되는 교통량과 기하구조 요인들을 독립

변수로 선정한다. 선정된 변수의 다중공선성 분석 및 기초통계 분석은 Table 1과 같다. 분산팽창요인(VIF) 계수가 10이 넘으면 다중공선성에 문제가 있다고 판단하는데, 모두 VIF 계수가 10 이내이므로 다중공선성 문제가 없다고 평가된다.

종속변수의 기초통계 분석결과를 살펴보면, 도시지역과 비도시지역 회전교차로 사고건수의 평균은 각각 9.36건, 4.19건으로 도시지역 회전교차로일수록 사고가 많이 발생하는 것으로 나타난다. 이는 지역별 교통량이 비 도시지역보다 도시지역이 보다 많아 상충의 기회가 증가해 사고가 더욱 빈번하게 발생하는 것으로 판단된다. 또한 교통량과 유입, 유출 및 회전차로수의 Pearson-상관계수 분석결과 상관계수가 0.4 미만으로 상관관계가 높지 않은 것으로 분석된다.

Table 2. Correlation Analysis

Correlation	X_1	X_3	X_7	X_{12}
AADT(X_1)	1	-	-	-
Number of entry lane(X_3)	.232**	1	-	-
Number of exit lane(X_7)	.299**	.374**	1	-
Number of Circulatory roadway(X_{12})	.297*	0.114	0.182	1

** . Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed).

4. 사고모형 개발 및 논의

4.1. 가설검정

모형을 개발하기에 앞서, ‘도시 및 비 도시지역 위치에 따라 회전교차로의 사고발생에 차이가 있는지’에 대

Table 1. Definitions of Variables

Classification	Symbol	Definition of variable (unit)	N	Mean or Ratio	Standard deviation	Variance	VIF
Dependent variable	Y_1	Number of accident of urban area roundabout (No.)	19	9.36	7.18	51.578	-
	Y_2	Number of accident of urban area roundabout (No.)	21	4.19	5.18	26.86	-
	Y_3	Number of accident of roundabout (No.)	40	6.65	6.66	44.43	-
Independent variables	X_1	AADT (100veh/day)	40	222.83	204.84	41961.80	6.124
	X_2	Number of approach road (No.)	40	4.18	0.93	0.86	5.152
	X_3	Number of entry lane (No.)	40	1.30	0.56	0.31	2.485
	X_4	Entry lane width (m)	40	4.73	1.90	3.64	1.685
	X_5	Splitter island (yes=1, Otherwise=0)	40	0.775	-	-	3.156
	X_6	Area of Splitter island (100m ²)	40	407.45	417.68	174461.79	3.685
	X_7	Number of exit lane (No.)	40	1.28	0.45	0.20	4.889
	X_8	Exit lane width (m)	40	4.50	1.76	3.12	1.115
	X_9	Speed hump (yes=1, Otherwise=0)	40	0.45	-	-	1.699
	X_{10}	Roundabout sign (yes=1, Otherwise=0)	40	0.75	-	-	1.652
	X_{11}	Speed limit sign (yes=1, Otherwise=0)	40	0.28	-	-	1.735
	X_{12}	Number of Circulatory roadway (No.)	40	1.45	0.63	0.40	2.151
	X_{13}	Circulatory roadway width (m)	40	5.03	1.59	2.53	3.884
	X_{14}	Inscribed circle diameter of minor axis (m)	40	33.33	12.08	146.12	3.689
	X_{15}	Inscribed circle diameter of major axis (m)	40	34.38	12.16	148.03	2.115
	X_{16}	Central island diameter of minor axis (m)	40	20.26	9.15	83.80	1.366
	X_{17}	Central island diameter of major axis (m)	40	20.84	9.00	81.04	5.151
	X_{18}	Truck apron (yes=1, Otherwise=0)	40	0.575	-	-	3.687
	X_{19}	Truck apron width (m)	40	0.69	0.74	0.54	3.512
	X_{20}	Total area (100m ²)	40	0.93	0.26	0.07	6.789
	X_{21}	Central island area (100m ²)	40	407.44	417.63	174416.31	7.691
	X_{22}	Circulatory roadway area (100m ²)	40	665.08	493.82	243865.25	7.115
	X_{23}	Crosswalk (yes=1, Otherwise=0)	40	0.93	-	-	3.151
	X_{24}	Bus stop (yes=1, Otherwise=0)	40	0.50	-	-	1.556
	X_{25}	Sidewalk (yes=1, Otherwise=0)	40	0.92	-	-	2.169

한 가설검정을 실시한다. 가설검정은 두 집단의 평균을 비교할 수 있는 독립표본 t-검정을 이용해 분석한다.

귀무가설은 '도시 및 비 도시지역 위치에 따라서 회전교차로 사고율의 차이가 없다.' 라고 설정되며, 대립가설은 '도시 및 비 도시지역 위치에 따라서 회전교차로 사고율의 차이가 있다.' 라고 설정된다. 먼저 Table 3의 유형별 요약 통계를 살펴보면, 도시지역과 비 도시지역의 사고율 평균이 각각 8.275, 5.535건으로 도시지역의 사고율이 더 높은 것으로 분석된다.

Table 3. Summary Statistic by Type

Classification		N	Mean	Standard deviation	Std. error mean
Rate of accident	Urban area	19	8.275	8.809	2.021
	Non-urban area	21	5.535	5.870	1.281

가설검정 결과는 Table 4에 나타나듯이, 유의확률이 0.05보다 작아 귀무가설을 기각함에 따라 '도시 및 비 도시지역 위치에 따라서 회전교차로 사고율의 차이가 없다.' 라고 할 수 없다.

Table 4. Independent Sample t-test(urban vs non-urban)

Classification		Levene		t	df	p
		F	p			
Rate of accident	Equal variances assumed	2.561	0.028	3.512	38	0.025
	Equal variances not assumed	-	-	3.165	30.882	0.026

4.2. 모형개발

이 연구에서는 포아송 및 음이항 회귀분석법을 이용해 도시지역 회전교차로(모형 I)와 비도시지역 회전교차로(모형 II), 두 지역을 합친 전체 회전교차로(모형 III)로 나누어 사고모형을 개발하고 각 모형을 비교분석한다.

4.2.1. 도시지역 회전교차로 (모형 I)

교통사고건수를 종속변수로 한 도시지역 회전교차로의 사고모형을 구축한 결과는 Table 5와 같다.

통계분석 결과, 모형 I에서는 유입차로 수(X_3), 유입차로 폭(X_4), 회전교차로 안내표지판 유무(X_{10})와 회전차로 수(X_{12})가 설명변수로 채택되며, 신뢰수준 95% 기준에 모두 유의하는 것으로 평가된다. 또한 모형 I의 과분산계수(ϕ)의 t값이 0.078으로 포아송 모형이 적합

한 것으로 분석된다. 그리고 모형의 우도비(ρ^2)는 0.385로 신뢰수준 95%($\alpha=0.05$)에서 통계적으로 유의한 모형이 개발된 것으로 평가된다.

채택된 변수들 중 유입차로 수와 회전차로 수, 유입차로 폭은 양(+의 상관관계로 유입 및 회전차로 수가 많을수록 그리고 유입차로 폭이 넓을수록 사고가 많이 발생하는 것으로 평가되며, 회전교차로 안내표지판 유무는 음(-의 상관관계로 회전교차로 안내표지판이 없을수록 사고가 많이 발생하는 것으로 분석된다.

Table 5. Roundabout Accident Model of Urban (Model I)

Variable		Model	
		Poisson	Negative binomial
Constant	coefficient	3.731	3.731
	p-value	0.000	0.126
Number of entry lane (X_3)	coefficient	1.531	1.531
	p-value	0.000	0.067
Entry lane width (X_4)	coefficient	0.351	0.352
	p-value	0.033	0.062
Roundabout sign (X_{10})	coefficient	-0.740	-0.739
	p-value	0.000	0.079
Number of circulatory roadway (X_{12})	coefficient	0.231	0.231
	p-value	0.002	0.051
Alpha (t-value)		2.135 (0.078)	-
ρ^2		0.385	-

4.2.2. 비도시지역 회전교차로 (모형 II)

교통사고건수를 종속변수로 한 비 도시지역 회전교차로의 사고모형을 구축한 결과는 Table 6과 같다. 모형 II에서는 유입차로 수(X_3), 분리교통섬 유무(X_5), 유출차로 수(X_7), 유출차로 폭(X_8)과 제한속도 표지판 유무(X_{11})가 설명변수로 채택되며, 신뢰수준 95% 기준에 모두 유의하는 것으로 평가된다. 또한 모형 II의 과분산계수(ϕ)의 t값이 0.051로 포아송 모형이 적합한 것으로 판단된다. 그리고 모형의 우도비(ρ^2)는 0.314로 신뢰수준 95%($\alpha=0.05$)에서 통계적으로 유의한 모형이 개발된 것으로 평가된다.

채택된 변수들 중 유입 및 유출차로 수, 유출차로 폭은 양(+의 상관관계로 유입 및 유출차로 수가 많을수록, 유출차로폭이 넓을수록 사고가 많이 발생하는 것으로 평가되며, 분리교통섬 유무, 제한속도표지판 유무는 음(-의 상관관계로 분리교통섬이 없을수록, 제한속도 표지판이 없을수록 사고가 많이 발생하는 것으로 분석된다.

Table 6. Roundabout Accident Model of Non-Urban(Model II)

Variable		Model	
		Poisson	Negative binomial
Constant	coefficient	3.301	3.201
	p-value	0.000	0.152
Number of entry lane (X_3)	coefficient	5.283	5.282
	p-value	0.000	0.056
Splitter island (X_5)	coefficient	-2.951	-2.952
	p-value	0.000	0.005
Number of exit lane (X_7)	coefficient	5.425	5.422
	p-value	0.000	0.051
Exit land width (X_8)	coefficient	0.332	0.331
	p-value	0.028	0.151
Speed limit sign (X_{11})	coefficient	-2.030	-2.001
	p-value	0.000	0.561
Alpha (t-value)		1.245 (0.051)	-
ρ^2		0.314	-

4.2.3. 전체 회전교차로 (모형 III)

교통사고건수를 종속변수로 한 비 도시지역 회전교차로의 사고모형을 구축한 결과는 Table 7과 같다. 모형 III에서는 접근로 수(X_2), 유입차로 수(X_3), 분리교통섬 유무(X_5), 회전교차로 안내표지판 유무(X_{10})와 화물차턱 유무(X_{18})가 설명변수로 채택되며, 신뢰수준 95% 기준에 모두 유의하는 것으로 평가된다. 또한 모형 III의 과분산계수(ϕ)의 t값이 0.094로 포아송 모형이 적합한 것으로 판단된다. 그리고 모형의 우도비(ρ^2)는 0.154로 신뢰수준 95%($\alpha=0.05$)에서 통계적으로 유의한 모형

Table 7. Roundabout Accident Model(Model III)

Variable		Model	
		Poisson	Negative binomial
Constant	coefficient	0.134	-0.353
	p-value	0.000	0.781
Number of approach lane (X_2)	coefficient	0.317	0.414
	p-value	0.000	0.216
Number of entry lane (X_3)	coefficient	0.752	0.722
	p-value	0.000	0.197
Splitter island (X_5)	coefficient	-0.725	-0.809
	p-value	0.000	0.495
Roundabout sign (X_{10})	coefficient	-0.407	-0.436
	p-value	0.017	0.080
Truck apron (X_{18})	coefficient	-0.334	-0.394
	p-value	0.010	0.389
Alpha (t-value)		0.094	-
ρ^2		0.154	-

이 개발된 것으로 평가된다.

채택된 변수들 중 접근로 수와 유입차로 수는 양(+)
의 상관관계로 접근로 및 유입차로 수가 많을수록 사고가 많이 발생하는 것으로 분석되며, 분리교통섬 유무, 회전교차로 안내표지판 유무와 화물차턱 유무는 음(-)의 상관관계로 분리교통섬이 없을수록, 회전교차로 안내표지판이 없을수록, 화물차 턱이 없을수록 사고가 많이 발생하는 것으로 분석된다.

4.3. 모형별 비교 분석 및 논의

Table 8은 도시 및 비도시지역 회전교차로 사고모형의 공통변수와 특정변수를 보여주는 표이다. 모형의 공통변수로는 유입차로 수가 채택된다. 이는 유입차로수가 많을수록 차량 및 보행자와의 상충의 기회가 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

도시지역 회전교차로 사고모형(모형 I)의 특정변수로는 유입차로 폭, 회전교차로 안내표지판 유무, 회전차로수가 채택된다. 유입차로 폭이 넓을수록 사고가 증가하는 것으로 평가되는데 이는 차로 폭이 넓어지면 상충면적이 넓어져 사고가 많이 발생하는 것으로 판단된다.

회전교차로 안내 표지판이 설치되어 있지 않으면 중앙교통섬을 운전자들이 인식하기 어려워 경계석 충돌 등의 사고가 발생할 위험이 있다. 또한 회전교차로 안내 표지판의 경우 비 도시지역의 회전교차로는 21개소 중 1개소를 제외한 지역 모두에 설치 되어 있는 반면 도시지역의 경우 19개소 중 10개소에만 표지판이 설치되어 있는 실정이다. 따라서 도시지역 회전교차로 사고에 유의한 변수로 채택된 것으로 판단된다.

비 도시지역 회전교차로 사고모형(모형 II)의 특정변수로는 분리교통섬 유무, 유출차로 수, 유출차로 폭과 제한속도표지판 유무가 채택된다. 분리교통섬은 보행자가 신호가 없는 회전교차로를 횡단할 때 대기할 수 있는 공간을 제공해주며 서로 다른 교통류간의 충돌을 막아 줄 수 있다. 또한 일반적으로 회전교차로에서는 진입속도가 시속 30km 이하로 규정되어 있으나, 제한속도 표지판이 설치되어 있지 않으면 운전자가 자연스럽게 이를 인지하고 속도를 줄이기 어렵다. 더구나 비 도시지역의 경우 교통량이 도시지역 보다 적어 운전자가 속도를 감속시키지 않고 운행을 지속하기 쉽다. 따라서 비 도시지역 회전교차로 사고모형의 변수로 분리교통섬 유무와 제한속도표지판 유무가 채택된 것으로 판단된다.

회전교차로 전체 사고모형의 특정변수로는 접근로 수, 화물차 턱 유무가 채택된다. 회전교차로 설계지침에

서는 화물차 턱을 “중앙교통섬과 가장자리에 대형자동차 또는 세미트레일러가 밟고 지나갈 수 있도록 만든 부분, 설치여부는 해당 교차로의 기능, 용지여건, 대형차 혼입률에 따라 선택적으로 결정되며, 화물차 턱은 중앙교통섬의 일부임”이라고 정의하고 있다. 화물차 턱이 없거나 폭이 좁으면 화물차가 밟고 지나갈 수 있는 차로 폭이 좁아지는데, 이는 회전반경이 큰 화물차에게 영향을 미치기 때문에 사고가 증가한 것으로 판단된다.

Table 8. Comparison of Models(Model I ~ III)

Classification		Variable
Common variables		Number of entry lane(X_3)
Specific variables	Roundabout accident model of urban (model I)	Entry land width(X_4)
		Roundabout sign(X_{10})
		Number of Circulatory roadway(X_{12})
	Roundabout accident model of non-urban (model II)	Splitter island(X_5)
		Number of exit lane(X_7)
		Exit lane width(X_8)
		Speed limit sign(X_{11})
	Roundabout accident model (model III)	Number of approach road(X_2)
		Splitter island(X_5)
		Roundabout sign(X_{10})
Turck apron(X_{18})		

5. 결론

이 연구는 국내에서 운영되고 있는 도시 및 비도시지역 회전교차로를 대상으로 지역별로 사고에 영향을 주는 요인들을 분석한 연구이다. 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, ‘도시 및 비 도시지역 위치에 따라 회전교차로의 사고발생에 차이가 있는지’ 확인하기 위해서 독립표본 t검정을 이용해 가설검정을 실시한 결과, 차이가 있는 것으로 분석되며 비 도시지역 회전교차로일수록 사고가 적게 발생하는 것으로 평가된다.

둘째, 통계적으로 유의한 3개의 포아송 모형이 개발되며, 모형의 설명력을 나타내는 우도비(ρ^2)가 0.154~0.385로 분석되어 신뢰도가 높은 지역별 회전교차로 사고 모형이 개발된 것으로 평가된다.

셋째, 회전교차로 사고모형의 공통변수로는 유입차로 수가 채택되며, 이는 유입차로 수가 증가할수록 상충 지점이 많아져 차량 및 보행자와의 상충 기회가 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

넷째, 도시지역 회전교차로 사고모형의 특정 변수로는 유입차로 폭, 회전교차로 안내표지판 유무 및 회전차로수가 채택된다. 따라서 도시지역 회전교차로에 회전교차로 안내표지판을 필수적으로 설치함으로써, 운전자가 회전교차로를 미리 인지할 수 있도록 해 사고의 위험을 감소시키도록 개선해야 한다.

마지막으로, 비도시지역 회전교차로 사고모형의 특정 변수로는 분리교통섬 유무, 유출차로 수, 유출차로 폭 및 제한속도 표지판 유무가 채택된다. 비도시지역의 경우 교통량이 도시지역보다 적어 운전자가 속도를 감속하지 않고 운행을 지속하기 쉽다. 따라서 회전교차로 진입 전 반드시 제한속도 표지판을 설치함으로써, 운전자의 감속을 유도해야 한다고 판단된다. 또한 분리교통섬을 설치함으로써, 서로 다른 교통류간의 충돌을 방지하고 보행자가 횡단 중 대기할 수 있는 공간을 마련해 주어야 할 필요가 있다고 판단된다.

우리나라에서는 회전교차로가 도시지역 뿐 아니라 비도시지역에도 전국적으로 설치가 증대되고 있음에도 불구하고, 회전교차로 설계지침에서는 지역별 특성을 고려하지 않고 설계기준자동차 및 설계속도에 맞춘 지침만을 제공하고 있다. 따라서 이 연구는 도시 및 비 도시지역 특성별 사고에 유의한 영향을 미치는 각 기하구조 요인들을 확인함으로써 회전교차로의 안전성을 향상시키는 데 도움이 될 것으로 기대된다.

하지만, 아직 우리나라에서는 회전교차로 통행에 있어 많은 운전자들이 회전교차로의 안전수칙을 인지하지 못해 발생하는 사고의 위험이 따르고 있다. 따라서 회전교차로의 안전성을 증진시키기 위해 가장 중요한 것은 회전교차로의 안전수칙에 대한 많은 교육·홍보와 국민들의 의식전환이 함께 수반되어야 한다고 판단된다.

향후 더욱 설명력 있는 연구를 위해 보다 많은 회전교차로 지점들을 대상으로 기하구조 요인(진입/진출각 등) 뿐 아니라 인적요인 자료 등을 반영하는 것이 필요하다. 또한 지역에 따른 심각도 모형을 추정해 이를 비교·분석함으로써 회전교차로의 안전성을 증진시키기 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 한다고 판단된다.

REFERENCES

Frank, G., Craig, L., Bhagwant, P., and Raghavan, S. (2013). ‘Safety Effectiveness of Converting Signalized Intersections to Roundabout’, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.50, pp. 234-241.

Gyanendra, S., Sachdeva, S., and Mahesh, P. (2016). “M5 Model Tree Based Predictive Modeling of Road Accidents on Non-

- urban Sections of Highways in India”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.96, pp. 108-117.
- Han, S., Kim, K., and Park, B. (2011). “Accident Models of Circular Intersection by Type in Korea”, *International Journal of Highway Engineering*, Vol.13, No.3, pp.103-110.
- Jeong, J. and Choi, J. (2014). “Poisson Regression and Negative Binomial Regression Model Fit for Traffic Accidents”, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, Vol.16, No.1, pp.165-172.
- Kim, C., Kwon, Y., and Kang, K. (2016). “Safety Improvement Analysis of Roundabouts in Jeollabuk-do Province using Accident Prediction Model”, *International Journal of Highway Engineering*, Vol.18, No.4, pp.93-102.
- Kim, K. (2012), “A Study on Improvement of Public Transportation and Road Systems in Rural Areas”, *Korea Rural Economic Institute*, pp.1-104.
- Na, H. and Park, B. (2012). “Accident Models of Circular Intersection by Cause Using ZAM”, *International Journal of Highway Engineering*, Vol.14, No.2, pp.101-108.
- National Land Planning and Utilization Act. 2016.
- Park, B. and Beak, T. (2014). “Developing Rear-End Collision Models of Roundabouts in Korea”, *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol.29, No.6, pp.151-157.
- Park, M. and Park, B. (2011). “Accident Models of Circular Intersections by Side Right-angle collision in Korea Using ZAM”, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.65, No.3, pp.270-274.
- Roundabout Design Guidelines*, 2014.
- Son, S., Kim, T., and Park, B. (2017), “Traffic Accident Models for Trucks at Roundabouts”, *International Journal of Highway Engineering*, Vol.19, No.4, pp.53-59.
- Tove, H., Ivanka, O. (2007). “The Effect of Roundabout Design Features on Cyclist Accident Rate”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.39, pp.300-307.
- V-world, ‘map.vworld.kr’