

## 토지이용 유형별 회전교차로 교통사고모형

### Traffic Accident Model of Roundabout based on Type of Land Use

이민영 Lee, Min Yeong  
박병호 Park, Byung Ho

정회원 · 충북대학교 대학원 도시공학과 석사과정 (E-mail : cordelia29@naver.com)  
정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr)

#### ABSTRACT

**OBJECTIVES :** The objective of this study is to develop a traffic accident model of a roundabout based on the type of land use.

**METHODS :** The traffic accident data from 2010 to 2014 were collected from the "traffic accident analysis system (TAAS)" data set of the Road Traffic Authority. A multiple linear regression model was utilized in this study to analyze the accidents based on the type of land use. Variables such as geometry and traffic volume were used to develop the accident models based on the type of land use.

**RESULTS :** The main results are as follows. First, the null hypothesis that the type of land use does not affect the number of accidents is rejected. Second, four accident models based on the type of land use have been developed, which are statistically significant (high  $R^2$  values). Finally, the total entering and circulating volumes, area of the central island, number of speed breakers, mean number of entry lanes, diameter of the inscribed circle, mean width of the entry lane, area of the roundabout, bus stops, and number of circulatory roadways are analyzed to see how they affect the accident for each type of land use.

**CONCLUSIONS :** The development of the accident models based on the type of land use has revealed that the accident factors at a roundabout are different for each case. Thus, more speed breakers in commercial areas and an inscribed circle of proper diameter in commercial and residential areas are determined to be important for reducing the number of accidents. Additionally, expanding the width of the entry lanes, decreasing the area of the roundabouts in residential areas, and reducing the conflict factors such as bus stops in green spaces are determined to be important.

#### Keywords

*Type of land use, Roundabout, Accident model, Multiple 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 Fax : +82.43.260.2492  
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 Aug. 17, 2016 Revised Nov. 29, 2016 Accepted Nov. 30, 2016

## 1. 연구의 배경 및 목적

국토교통부 통계에 따르면 2015년 12월 말 기준 국내 자동차 등록 대수는 2,100만대로, 국민 2.46인당 자동차를 1대씩 보유하고 있다. 자동차의 보편화와 이동성과 생산성의 증대를 가져왔지만, 교통량이 증가함에 따라 교통체증, 교통사고 등 많은 문제를 야기하고 있는 실정이다.

특히, 교차로는 차량이 서로 교차·분류·합류하여 통

과하므로 일반도로에 비해 교통사고가 많이 발생한다. 교차로 교통사고는 전체 교통사고의 약 45%이며, 그 중 사망자는 약 30%를 차지한다. 이에 대한 하나의 대안으로 회전교차로가 도입되고 있다.

회전교차로는 중앙에 원형의 교통섬을 두고 회전하여 통과하도록 만든 교차로이므로, 차량 간 상충이 적어 안전 증진 및 사고감소 효과 등의 장점을 가진다. 국민안전처의 발표에 따르면, 2014년 기준 회전교차로를 설치

한 96개 지점에서 교통사고가 48% 감소하였고, 사상자 수도 45% 감소한 것으로 나타난다. 이러한 장점을 인정 받은 회전교차로는 2010년부터 2015년까지 전국 443 개소에서 설치 및 운영되고 있으며, 2022년까지 1,149 개소를 추가로 설치할 계획이다.

회전교차로 도입이 증가함에 따라 회전교차로와 관련하여 사고모형, 안전성, 운영효율 등에 관한 연구가 다양하게 진행되고 있으나, 토지이용을 고려한 연구는 매우 부족한 실정이다. 어느 특정 목적으로 토지를 개발하게 되면, 수요가 발생하고 그에 따라 보행 및 차량 교통량이 증가한다. 특히 교차로에서의 교통량 증가는 혼잡을 유발하여 사고 위험을 높이는 요인이 된다. 따라서 토지이용은 교통사고에 영향을 미치는 요인으로 고려되어야 하지만 관련 연구가 부족하다.

따라서 이 연구는 토지이용을 교통사고 발생에 영향을 미치는 중요 요인으로 판단하고, 회전교차로 가로망의 토지이용 유형에 따른 사고모형을 구축하는 데에 그 목적이 있다. 이 연구에서 개발된 모형은 각 토지이용 특성에 맞는 안전 향상 및 사고예방 대책수립에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

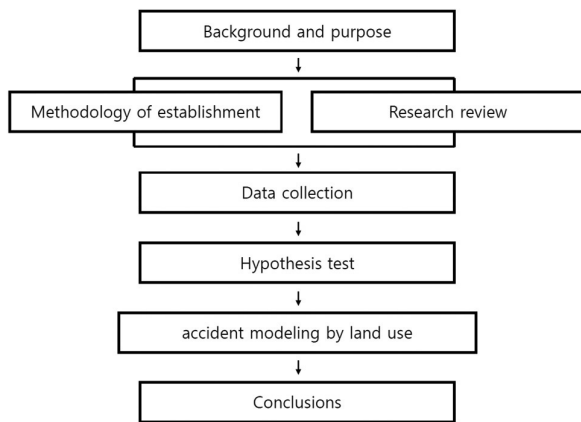


Fig. 1 Research Flowchart

## 2. 선행연구 검토

### 2.1. 기존문헌 검토

먼저 회전교차로의 사고 모형을 구축한 연구들은 다음과 같다. 박병호 등(2014)은 국내 회전교차로 100개소를 대상으로 회전교차로의 추돌사고 모형을 개발하였다. 저자들은 13개 독립변수를 선정하고, 포아송, 음이항, ZAM, 다중선형 및 비선형 회귀모형을 이용하여 모형을 개발하였다. 교통량, 중차량비, 회전차로수, 횡단 보도수, 정지선유무 등의 변수가 회전교차로의 추돌사

고에 영향을 미치는 요인으로 분석되었다.

백태현 등(2011)은 국내 도시부 원형교차로 84개소를 대상으로 가산자료를 활용하여 사고모형을 구축하였다. 저자들은 음이항 모형을 최적 모형으로 채택하였다. 통계적으로 유의한 변수로는 일교통량, 유입차로폭 및 원형 유무인 것으로 분석되었다.

다음으로 토지이용과 교통사고의 연관성에 대한 연구들은 다음과 같다. 박준태 등(2011)은 서울시 자치구(행정구역) 중심으로 거시적 사고예측모형을 개발하였다. 저자들은 해당지역의 토지이용(개발밀도)과 교통사고빈도와의 관계를 분석하였다. 저자들은 개발밀도가 높을수록 교통사고빈도가 높게 나타나는 것으로 분석하였다.

정다정 등(2011)은 이항 로지스틱 회귀분석을 이용하여 토지이용형태별 교통사고를 분석하였다. 저자들은 대상 지역을 주거, 상업, 공업 및 관광지역으로 구분하여 분석에 이용하였다. 저자들은 주거지역에서는 야간, 커브 및 보행자사고 비율을 지역별 교통사고에 영향을 미치는 변수로 채택하였고, 상업지역에서는 이륜차, 평지 및 보차분리 그리고 공업지역에서는 주·야간 및 화물차 유무 등인 것으로 분석하였다.

이승주(2015)는 토지이용 및 사회경제변수가 적용된 교통사고 모형을 개발하였다. 저자는 교통사고건수, 인구 10만 인당 사고율, 통행발생량 사고율, 대지면적당 사고율 및 차량 1만 대당 사고율을 종속변수로 총 11개의 모형을 개발하였다. 총 대지면적, 도로연장, 주간선도로비율, 고령인구비율, 통행발생량 및 교차로밀도 등이 통계적으로 유의한 변수인 것으로 분석되었다.

Metcalf 등(2006)은 영국의 뉴캐슬 지역에서 발생한 자동차를 이용하지 않는 통행자의 사상자와 토지이용과의 관계를 분석하였다. 저자들은 시내중심지와 외곽지역으로 구분하여 사고발생빈도, 토지이용변수, 교차로변수 및 인구변수를 사용하였다. 시내중심지에서 상업용지의 증가는 보행자 사고를 증가시키는 것으로 나타났으며, 외곽지역에서는 사고발생이 자전거 사고 및 상업용지 증가와 관련이 있다고 분석되었다.

### 2.2. 연구의 차별성

이 연구는 토지이용 유형별로 다중선형회귀모형을 통해 회전교차로 사고모형을 구축하였으며, 기존연구와의 차별성은 다음과 같다.

첫째, 회전교차로의 교통사고에 관련하여 운영효율이나 사고모형, 문제점과 개선방안 등에 관한 연구는 현재

다양하게 이루어지고 있으나, 토지이용을 고려한 교통사고 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 교통사고와 밀접한 관계가 있는 토지이용을 고려하여 유형별 회전교차로 사고모형을 구축하였다.

둘째, 토지이용 및 교통사고에 대한 연구는 대부분 개별 사고모형으로 실제 적용하기에는 그 범위가 넓다. 따라서 대상 회전교차로의 모든 진입방향 250m내의 토지이용을 고려함으로써, 사고예방에 보다 효과적으로 기여할 수 있는 토지이용 관련모형을 구축하였다.

### 3. 분석의 틀 설정

#### 3.1. 자료의 수집 및 분류

토지이용 유형별 회전교차로의 교통사고 모형을 구축하기 위해 국내 회전교차로 85개소를 선정하여 조사하였다. 회전교차로의 기하구조 자료는 '오토캐드'(AutoCAD 2010) 및 포털사이트 '다음(Daum) 로드뷰'를 활용하고, 토지이용 자료는 국토교통부에서 운영하는 '온나라부동산포털 3.0'을 사용하여 구축되었다. 이용된 유입 및 회전교통량은 2010년에 조사된 일교통량 자료이다. 또한 도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS: Traffic Accident Analysis System)을 활용하여 2010년부터 2014년 동안 발생한 교통사고 총 1,498건이 수

집되었다. 수집된 자료의 교통사고의 범위는 부상사고, 경상사고, 중상사고 및 사망사고이며, 차대차, 차대사람 및 차량단독의 사고유형을 모두 포함하고 있다.

토지이용의 유형은 수집된 자료와 기존 문헌을 참고하여 Table 1과 같이 상업지역, 상업·주거지역, 주거지역 및 자연녹지지역의 4가지로 분류되었다. 분류기준

Table 1. Classification Criteria

Type 1 : Commercial area	Type 2 : Commercial · residential area	Type 3 : Residential area	Type 4 : Natural green area
Over 60% commercial area	From 40% to 60% commercial area and From 40% to 60% residential area	Over 80% residential area	Over 80% natural green area

Table 2. Descriptive Statistics

Land use type	N	Mean (No. of accidents)	Std. Dev.	Std. Err.	Min.	Max.
1	21	28.62	40.557	28.620	1	21
2	26	21.88	25.185	4.939	2	101
3	26	11.73	11.280	2.212	1	43
4	12	4.25	3.571	1.031	1	12
Total	85	66.48	80.593	36.802	5	177

Table 3. Variable Selection and Descriptive Statistics

Variable		Indication	Mean	Std. Dev.
Number of accident ( $Y_1$ )		Number of accident(No.)	17.953	26.1502
Land use type	Dummy_commercial area ( $X_1$ )	Commercial area=1, otherwise=0	0.247	0.431
	Dummy_commercial residential area ( $X_2$ )	Commercial · residential area=1, otherwise=0	0.306	0.461
	Dummy_natural green area ( $X_3$ )	Natural green area=1, otherwise=0	0.141	0.348
Number of approach road ( $X_4$ )		Number of approach road of roundabout	4.624	1.137
Mean number of entry lane ( $X_5$ )		Mean number of entry lane per approach	1.585	0.608
Mean width of entry lane ( $X_6$ )		Mean width of entry lane per approach	5.546	2.168
Splitter island ( $X_7$ )		If yes=1, Otherwise=0	0.624	0.485
Mean number of pedestrian crossings ( $X_8$ )		Mean number of pedestrian crossings per approach	0.844	0.345
Number of bus stops ( $X_9$ )		Number of bus stops per approach	1.259	1.390
Number of speed hump ( $X_{10}$ )		Number of speed hump per approach	1.106	1.659
Bicycle land on approach road ( $X_{11}$ )		If yes=1, Otherwise=0	0.341	0.474
Inscribed circle diameter ( $X_{12}$ )		Inscribed circle diameter of roundabout(m)	45.082	29.879
Area of roundabout ( $X_{13}$ )		Area of roundabout(m <sup>2</sup> )	1,152.875	1,250.095
Area of central island ( $X_{14}$ )		Area of central island of roundabout(m <sup>2</sup> )	1,137.836	3,971.148
Central island diameter ( $X_{15}$ )		Central island diameter of roundabout(m)	28.336	26.902
Number of circulatory roadway ( $X_{16}$ )		Number of circulatory roadway of roundabout	1.765	0.978
Circulatory roadway width ( $X_{17}$ )		Circulatory roadway width of roundabout	5.399	2.289
Total entering volume ( $X_{18}$ )		Total entering volume per day(per vehicle)	1,346.059	1,348.656
Circulatory traffic volume ( $X_{19}$ )		Circulatory traffic volume per day(per vehicle)	1,437.760	1,344.513

설정방법은 다음과 같다. 먼저 ‘온나라부동산포털 3.0’을 이용하여 대상 회전교차로의 모든 진입방향 250m내 용도지역 자료를 수집한 후, 용도를 비율로 분류하였다. 일반적으로 단일용도의 토지이용은 잘 이루어지지 않으므로 조사된 비율의 분포에 따라 Table 1과 같이 토지이용 분류 기준을 설정하였다. 각 유형별 요약통계는 Table 2와 같다.

### 3.2. 변수 선정

이 연구에서는 조사된 자료와 기존문헌 고찰을 통해 회전교차로의 교통사고 발생에 영향을 미칠 것으로 예측되는 토지이용, 교통량, 기하구조 등의 17개 변수가 선정되었다. 모형 구축을 위해 토지이용 유형을 더미변수로 변환하였으며, 이 과정에서 최빈값인 주거지역 (type 3)을 기준변수로 설정하였다. 변수의 표시방법 및 기술통계는 Table 3과 같다.

## 4. 사고모형 개발 및 논의

### 4.1. 가설검정

모형개발에 앞서, 토지이용이 회전교차로의 사고발생에 영향을 미치는지 검토하기 위해 가설검정을 시행하였다.

귀무가설은 ‘토지이용은 회전교차로 사고건수에 영향을 미치지 않는다.’이며, 대립가설은 ‘토지이용은 회전교차로 사고건수에 영향을 미친다.’라고 설정되었다. 가설검정에는 범주의 수가 셋 이상일 때 사용하는 F 검정(F-test)이 사용되었다. 또한 요인의 수가 1개이므로 일원배치법을 이용하여 분석하였으며 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Result of One-way Analysis of Variance(ANOVA)

	Sum of square	d.f.	Mean square	F	p-value
between group	6050.840	3	2016.947	3.137	0.030
within group	52074.972	81	642.901	.	.
Total	58125.812	84	.	.	.

분석결과 유의확률이 0.030로 유의수준 0.05보다 작아 귀무가설 기각역을 만족하는 것으로 나타난다. 따라서 토지이용은 회전교차로 사고건수에 영향을 미치지 않는다고 할 수 없는 것으로 분석된다. Table 2의 요약 통계 표에서도 토지이용 유형에 따라 평균 사고건수가 크게 다른 것을 확인할 수 있다. 사고발생이 가장 적은

자연녹지지역의 평균 사고건수는 사고발생이 가장 빈번한 상업지역의 약 15%인 것으로 분석된다.

### 4.2. 모형 개발

이 연구에서는 자료의 정규성 분포, 등분산성 등을 검토한 후, 통계분석 프로그램인 SPSS 20.0을 활용하여 모형을 개발하였다. 다중선형회귀모형은 둘 이상의 독립변수가 하나의 종속변수에 미치는 영향을 분석할 때에 주로 사용되는 모형으로 다양한 변수가 복합 작용해 발생하는 교통사고의 분석에 적합할 것으로 판단된다. 또한 오차분산을 줄이고 종속변수에 대한 상세한 설명력을 주는 특징을 가지고 있어 기존 사고모형에서도 주로 사용되고 있는 모형이다. 개발된 토지이용 유형별 사고모형은 다음과 같다.

#### 4.2.1. 상업지역(Type 1) 회전교차로 사고모형

수정된  $R^2$ 의 값은 0.915로 모형의 설명력이 매우 높은 것으로 평가된다. 또한 Durbin-Watson 값이 2에 가까우므로 오차항간의 독립성도 만족하고 있다. 아울러 추정된 변수들이 모두 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준 95%에서 통계적으로 유의한 것을 알 수 있다. 상업지역의 회전교차로 사고에 영향을 미치는 독립변수는 유입교통량, 중앙섬 면적, 과속방지턱 수 및 평균유입차로 수인 것으로 분석된다. 따라서 유입교통량이 많아질수록 상충위험이 증가하고, 중앙교통섬이 클수록 회전차량이 직진도로처럼 인식하여 과속하는 경향을 보

Table 5. Summary of Type 1 Modeling

R	$R^2$	Adjusted $R^2$	Std. Err.	F	p-value	Durbin-Watson
0.963	0.928	0.915	11.829	72.704	0.000	2.128

Table 6. Type 1 Accident Model

Variable	Non-Std. Coeff.		Std. Coeff.	t-value	p-value
	B	Std. Err.	$\beta$		
(Constant)	-15.954	4.094	.	-3.897	0.001
Total entering volume	0.032	0.003	1.013	11.299	0.000
Area of central island	0.003	0.000	0.495	6.090	0.000
Number of speed hump	-13.290	4.472	-0.242	-2.972	0.009
Mean number of entry lane	0.003	0.000	0.537	6.896	0.000

이므로 사고가 많이 발생할 수 있다고 해석된다. 또한 유입차로 수가 많을수록 회전교차로 내 상층 증가로 인한 사고위험이 높아지기 때문에 양의 영향을 미치는 것으로 분석된다. 또한 과속방지턱 수는 감속효과로 인해 사고에 음의 상관관계를 갖는 것으로 분석된다.

#### 4.2.2. 상업·주거지역(Type 2) 회전교차로 사고모형

수정된  $R^2$ 의 값은 0.891로 모형의 설명력이 매우 높은 것으로 평가된다. 또한 Durbin-Watson의 값이 2에 가까우므로 오차항간의 독립성도 만족한다. 아울러 추정된 변수들이 모두 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준 95%에서 통계적으로 유의한 것으로 분석된다. 상업·주거지역에 위치한 회전교차로의 사고에 영향을 미치는 독립변수는 유입교통량, 평균 유입차로 폭 및 내접원직경인 것으로 나타난다. 유입교통량과 내접원직경은 사고건수와 양의 상관관계를 가지는 것으로 분석된다. 이는 유입교통량이 증가할수록 사고발생이 증가하는 일반적인 관계가 적용된 것으로 해석된다. 또한 내접원직경이 클수록 회전교차로의 크기도 커져 회전차량이 직진도로처럼 인식하여 과속할 위험성이 있기 때문에 사고발생과 양의 상관관계를 가지는 것으로 분석할 수 있다. 평균 유입차로 폭은 사고건수와 음의 관계로 차로 폭이 좁을수록 사고위험이 증가함을 의미한다.

Table 7. Summary of Type 2 Modeling

R	$R^2$	Adjusted $R^2$	Std. Err.	F	p-value	Durbin-Watson
0.951	0.904	0.891	8.324	68.950	0.000	1.898

Table 8. Type 2 Accident Model

Variable	Non-Std. Coeff.		Std. Coeff.	t-value	p-value
	B	Std. Err.	$\beta$		
(Constant)	-17.990	3.817	.	-4.713	0.000
Total entering volume	0.006	0.003	0.475	2.412	0.025
Inscribed circle diameter	0.738	0.222	0.749	3.321	0.003
Mean width of entry lane	-3.346	1.471	-0.309	-2.275	0.033

#### 4.2.3. 주거지역(Type 3) 회전교차로 사고모형

수정된  $R^2$ 의 값이 0.637로 개발된 모형의 설명력이 다소 높은 것으로 평가된다. 또한 Durbin-Watson의 값이 2에 가까우므로 오차항간의 독립성도 만족한다.

아울러 추정된 변수들이 모두 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준 95%에서 통계적으로 유의한 것으로 분석된다. 주거지역에 위치한 회전교차로의 사고에 영향을 미치는 독립변수는 접근로 수, 평균 횡단보도 수, 버스정류장 수 및 회전차로 면적이다. 유의하게 나타난 변수 모두 사고건수와 양의 상관관계에 있으며, 이 중 회전차로 면적이 다른 변수에 비해 회전교차로의 사고발생에 더 영향을 미치는 것으로 분석된다. 접근로 수, 평균 횡단보도 수 및 버스정류장은 사고빈도 및 상층위험을 증가시키는 요인으로 사고발생 위험을 높이는 것으로 분석된다.

Table 9. Summary of Type 3 Modeling

R	$R^2$	Adjusted $R^2$	Std. Err.	F	p-value	Durbin-Watson
0.834	0.695	0.637	6.798	11.958	0.000	1.675

Table 10. Type 3 Accident Model

Variable	Non-Std. Coeff.		Std. Coeff.	t-value	p-value
	B	Std. Err.	$\beta$		
(Constant)	32.452	9.242	.	3.511	0.002
Number of approach road	3.741	1.527	0.360	2.449	0.023
Mean number of pedestrian crossings	13.311	4.602	0.383	2.892	0.009
Number of bus stops	1.515	0.724	0.277	2.092	0.049
Area of roundabout	0.011	0.002	0.745	5.027	0.000

#### 4.2.4. 자연녹지지역(Type 4) 회전교차로 사고모형

수정된  $R^2$ 의 값이 0.687로 모형의 설명력이 다소 높은 것으로 평가된다. 또한 Durbin-Watson의 값이 2에 가까우므로 오차항간의 독립성도 만족한다. 아울러 추정된 변수들이 모두 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준 95%에서 통계적으로 유의한 것으로 분석된다. 자연녹지지역에 위치한 회전교차로의 사고에 영향을 미치는 독립변수는 평균 유입차로 수 및 회전차로 수인 것으로 나타난다. 유입차로 수와 회전차로 수는 양의 상관관계를 가지므로 차로 수가 많을수록 회전교차로 내 상층이 증가되어 사고발생 위험이 높아지는 것으로 분석된다.

Table 11. Summary of Model

R	$R^2$	Adjusted $R^2$	Std. Err.	F	p-value	Durbin-Watson
0.863	0.744	0.687	1.998	13.072	0.002	1.885

Table 12. Type 4 Accident Model

Variable	Non-Std. Coeff.		Std. Coeff.	t-value	p-value
	B	Std. Err.	$\beta$		
(Constant)	-4.813	1.873	.	-2.569	0.030
Mean number of entry lane	3.284	0.874	0.635	3.755	0.005
Number of circulatory roadway	2.880	0.895	0.544	3.217	0.011

#### 4.2.5. 전체 회전교차로 사고모형

수정된  $R^2$ 의 값이 0.694로 모형의 설명력이 다소 높은 것으로 평가된다. 또한 Durbin-Watson의 값이 2에 가까우므로 오차항간의 독립성도 만족한다. 아울러 추정된 변수들이 모두 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준 95%에서 통계적으로 유의한 것으로 분석된다. 전체모형 분석 결과 유입교통량 및 회전교통량이 사고건수에 가장 큰 영향을 미치며 양의 상관관계에 있는 것으로 나타난다. 이는 교통량이 많을수록 사고빈도 및 상충위험이 증가하기 때문인 것으로 분석된다. 또한 더미변수 분석결과 주거지역과 자연녹지지역에 비해 상업시설이 있는 경우 사고가 발생할 확률이 증가하는 것으로 나타난다. 상업지역은 유발통행이 상대적으로 많기 때문에 교통사고 위험이 증가한다고 볼 수 있다.

Table 13. Summary of Integrated Modeling

R	$R^2$	Adjusted $R^2$	Std. Err.	F	p-value	Durbin-Watson
0.840	0.705	0.694	14.547	64.561	0.000	1.768

Table 14. Integrated Accident Model of Roundabout

Variable	Non-Std. Coeff.		Std. Coeff.	t-value	p-value
	B	Std. Err.	$\beta$		
(Constant)	-5.710	2.432	.	-2.348	0.021
Total entering volume	0.025	0.004	1.282	5.637	0.000
Circulatory traffic volume	0.010	0.004	0.503	2.213	0.030
Dummy_commercial · residential area	14.166	6.471	0.234	2.189	0.031
Dummy_commercial area	11.453	3.758	0.189	3.048	0.003
Dummy_natural green area	-15.955	8.055	-0.212	-1.981	0.048

### 4.3 모형 논의

토지이용 유형별 회전교차로 사고모형을 개발한 결과를 비교 분석해보면 다음과 같다.

Table 15. Comparison of Models

Land use type	Independent variables
Type 1	Total entering volume, Area of central island, Number of speed hump, Mean number of entry lane
Type 2	Total entering volume, Inscribed circle diameter, Mean width of entry lane
Type 3	Number of approach road, Mean number of pedestrian crossings, Number of bus stops, Area of roundabout
Type 4	Mean number of entry lane, Number of circulatory roadway
Integrated model	Total entering volume, Circulatory traffic volume, Dummy_commercial · residential area, Dummy_commercial area, Dummy_natural green area

상업지역에서는 다른 지역에 비해 중앙교통섬 면적, 과속방지턱 수 및 진입차로 수가 중요한 변수인 것으로 분석된다. 분석 대상 상업지역의 경우 다른 지역에 비해 유입 및 회전교통량이 많음에도 불구하고 과속방지턱이 설치된 곳이 적었다. 따라서 상업지역에 위치한 회전교차로에서의 과속방지턱 설치하는 사고를 감소시킬 것으로 분석될 수 있다. 실제로 일본에서는 과속방지턱으로 교통사고가 약 46% 감소한 것으로 나타났다(박경철 외). 또한 사고가 특히 많이 발생한 곳의 경우 평균유입차로 수가 약 2.6차로, 중앙교통섬 지름은 40m에서 200m에 이르는 곳도 있었다. 현재 회전교차로 설계지침은 1차로형과 2차로형 회전교차로를 원칙으로 하고 있으며, 최대 중앙교통섬 지름은 37~42m로 규정하고 있다(2차로형 회전교차로 기준). 이를 통해 많은 교통량을 처리하기 위해 상업지역 회전교차로의 제원이 커진 것이 사고발생에 영향을 미친 것으로 해석된다. 따라서 중앙교통섬 및 진입차로를 적절히 조절하는 것이 사고감소에 도움이 될 것으로 판단된다.

상업·주거지역의 회전교차로는 다른 지역과 비교하여 내접원 직경이 가장 중요한 변수인 것으로 평가된다. 따라서 내접원 직경이 너무 클 경우 사고발생에 영향을 미칠 수 있으므로 적절한 내접원 직경을 확보하는 것이 매우 중요하다. 또한 평균 유입차로 폭이 사고건수와 음의 상관관계에 있다. 그 원인은 사고가 많이 발생한 회전교

차로의 상당수가 회전교차로 설계지침에서 제시하고 있는 최소 진입차로 폭에 미치지 못하고 있기 때문인 것으로 분석된다. 따라서 평균진입차로 폭이 너무 좁지 않도록 설정해야 한다. 또한 회전교차로에서의 진입부 확폭(25m)이 평균지체를 낮추고 용량을 증대시킨다(김태영 외)는 연구결과를 통해 적절한 진입차로 폭을 확보하는 것이 사고감소에 영향을 줄 것으로 예측된다.

주거지역에서는 회전차로면적, 평균 횡단보도 수, 버스정류장 수 등이 중요한 변수인 것으로 분석된다. 주거지역의 사고 유형 분석 결과, 추돌사고에 비해 측면충돌사고가 많았다. 이는 회전차로면적이 넓어지면 상층 위험이 증가하여 사고발생이 잦아지는 것으로 분석된다. 따라서 사고발생 위험을 낮추기 위해 회전교차로의 면적이 너무 크게 설정되지 않도록 해야 한다. 또한 평균 횡단보도 수가 많을수록 사고가 증가하는 것으로 분석되었다. 실제로 토지이용 유형 중 주거지역 회전교차로 접근로에 횡단보도가 가장 많은 것으로 확인되었다. 따라서 회전교차로 설계지침에서 제시하는 바와 같이 보행자의 안전과 원활한 교차로 운영을 위해 보행자 안전시설 등을 설치하는 것이 사고 감소에 도움이 될 것으로 판단된다. 버스정류장 또한 상충요인으로 사고건수와 양의 상관관계에 있는 것으로 분석된다. 현재 회전교차로 설계지침에서 진입부에 설치할 것을 권장하고 있으나 진출부에 설치된 경우도 적지 않았다. 따라서 교통흐름 및 사고발생을 감소시키기 위해 진입부 버스정류장 설치를 준수해야 할 것으로 판단된다.

자연녹지지역에서는 다른 지역과 다르게 버스정류장 유무와 회전차로수가 주요 변수인 것으로 분석된다. 따라서 자연녹지지역에서 버스정류장과 같은 상충요인은 사고발생 위험을 높일 수 있으므로 주의해야 한다. 또한 상업지역 모형과 동일하게 평균유입차로 수가 사고에 영향을 미치는 것으로 분석된다.

전체 모형에서는 각 토지이용 모형에서 유의하게 나타난 유입교통량 및 회전교통량 변수를 포함하고 있다. 또한 4가지 토지이용 유형 중 상업지역에서 사고가 가장 빈번히 발생하는 것으로 분석된다. 따라서 상업지역의 회전교차로에는 과속방지턱을 설치하고 운전자에게 혼란을 주지 않도록 적절한 유입차로 수와 내접원 직경을 확보하는 등 사고예방을 위한 노력이 요구된다.

## 5. 결론

이 연구는 전국 85개의 회전교차로를 대상으로 교차

로 주변 250m내 토지이용에 따라 사고발생에 영향을 미치는 요인들을 분석하고 있다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 토지이용 유형이 회전교차로의 사고건수에 영향을 미치지 않는다는 귀무가설은 기각된다. 사고발생이 가장 적은 자연녹지지역의 평균 사고건수는 사고발생이 가장 빈번한 상업지역의 약 15%인 것으로 평가되어 토지이용별로 매우 큰 차이가 있다.

둘째, 통계적으로 유의한 4가지 토지이용 유형별 모형이 개발된다. 개발된 모형 모두 높은  $R^2$  값이 도출되어 모형의 설명력이 높은 것으로 분석된다.

셋째, 사고 감소를 위해 상업지역에는 과속방지턱을 설치하고, 상업·주거지역엔 적절한 내접원 직경을 확보하는 것이 중요하다. 반면에 주거지역은 진입차로 폭을 넓히고 회전차로면적을 감소하며, 자연녹지지역엔 버스정류장과 같은 상충요인을 줄이는 것이 중요한 것으로 분석된다.

마지막으로 전체 모형에서는 교통량이 많고 상업지역인 경우에 사고발생 확률이 높아지는 것으로 분석된다. 이처럼 토지이용 유형에 따라 회전교차로의 사고발생에 영향을 미치는 변수가 각각 다르므로, 회전교차로의 사고예방에 있어서 반드시 토지이용 유형을 고려해야 함을 시사한다.

이 연구에서 사용한 변수는 대부분 기하구조 요인에 초점을 맞추고 있다. 이는 종속변수를 해당 교차로에서 발생한 5개년의 사고건수로 설정함에 따라 각각의 사고에 해당하는 환경 및 인적요인은 고려하지 못한 데 따른 한계로 판단된다. 그러나 물리적 요인만으로 사고를 예측하는 데에는 한계가 있다. 따라서 향후 포아송 및 음이항 모형과 같은 가산자료 모형을 활용하여 다양한 변수를 고려한 신뢰성 있는 모형 개발이 요구된다.

## REFERENCES

- Beak, Taehun, Park, Byung Ho, 2011. Accident models of urban roundabout using count data, *Journal of Korea Transportation Research Society*, Vol. 65, 235-239.
- Jung, Dajeong, Park, J., Oh, C., Jang, M., 2011. A study on analysis of traffic accident characteristic in Ansan-si based on land use characteristic using logit model, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 2011, 400-405.
- Kim, Taeyoung, Park, Byung Ho, 2010. Analysis on the effectiveness of roundabout by flare of entry and exit, *Journal of Korea Transportation Research Society*, Vol. 62, 457-462.
- Lee, Seungju, 2015. Development of traffic accident models based

- on land use and transportation characteristics by zone, Theses for Master's Degree of Chungbuk University.
- Lim, Samjin, Park, J., 2013. Development of traffic accident models in Seoul considering land use characteristics, *Journal of Korea Society of Disaster Information*, Vol. 9, 30-49.
- Min, Taeuk, 2007. Zoning as instrument of urban land use control, *Journal of the Korea Real Estate Analysts Association*, Vol. 13, 5-23.
- Park, Byung Ho, Beak, T., 2014. Developing rear-end collision medels of roundabouts in Korea, *Journal of the Korea Society of Satety*, Vol. 29, 151-157.
- Park, Juntae, Jang, I., Son, U., Lee, S., 2011. Development of traffic accident forecasting models considering urban-transportation system characteristics, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 29, 39-56.
- Roundabout Design Guidelines. 2010.
- Wedagama, D. M. P., Bird, R. N., Metcalfe, A. V., 2006, "The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties", *Accident Analysis & Prevention*, 38(6):1049-1057.