

토지이용과 차종에 근거한 원형교차로 사고분석 및 논의

Accident Analysis and Discussion of Circular Intersections based on Land Use and Vehicle Type

이 민 영 Lee, Min Yeong | 정회원 · 충북대학교 대학원 도시공학과 석사과정 (E-mail : cordelia29@naver.com)
박 병 호 Park, Byung Ho | 정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study aimed to analyze traffic accidents at circular intersections, and discuss accident reduction strategies based on land use and vehicle type.

METHODS : Traffic accident data from 2010 to 2014 were collected from the "traffic accident analysis system" (TAAS) data set of the Road Traffic Authority. To develop the accident rate model, a multiple linear regression model was used. Explanatory variables such as geometry and traffic volume were used to develop the models.

RESULTS : The main results of the study are as follows. First, it was found that the null hypotheses that land use and vehicle type do not affect the accident rate should be rejected. Second, 16 accident rate models, which are statistically significant (with high R^2 values), were developed. Finally, the area of the central island, number of speed humps, entry lane width, circulatory roadway width, bus stops, and pedestrian crossings were analyzed to determine their effect on accidents according to the type of land use and vehicle.

CONCLUSIONS : Through the developed accident rate models, it was revealed that the accident factors at circular intersections changed depending on land use and vehicle type. Thus, selecting the appropriate location of bus stops for trucks, widening entry lanes for cars, and installing splitter islands and optimal lighting for motorcycles were determined to be important for reducing the accident rate. Additionally, the evaluation showed that commercial and mixed land use had a weaker effect on accidents than residential land use.

Keywords

land use, vehicle type, circular intersection, accident rate model, multiple linear regression

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. 28, 2017 Revised Aug. 08, 2017 Accepted Mar. 06, 2018

1. 연구의 배경 및 목적

국토교통부 통계에 따르면 2017년 6월 기준으로 국내 자동차 등록 대수가 2,200만대 이상으로 국민 2.3인당 자동차 1대씩을 보유하고 있다. 자동차의 보편화는 이동성과 생산성의 증대를 가져오고 있지만, 교통량이 빠르게 증가함에 따라 교통체증과 교통사고 등 많은 문

제가 야기되고 있다. 특히 교통사고가 가장 빈번한 장소는 교차로로 전체 교통사고의 약 45%를 차지하며, 전체 사망자의 약 30%에 이른다. 반면 중앙의 교통섬을 중심으로 반시계 방향으로 회전하여 통과하는 평면교차로의 일종인 회전교차로는 교통정온화 기법 중 하나이며, 차량 간 상충이 적어 안전성 증진, 사고감소 효과 등의 장

점을 가진다. 행정안전부의 발표에 따르면, 2014년에 설치·개선된 회전교차로 54개소에서 교통사고 건수가 약 59%, 그리고 사상자수도 약 67% 감소된 것으로 나타난다. 이러한 장점을 인정받은 회전교차로는 행정안전부 설치사업에 따라 2010년부터 2016년까지 전국 461개소가 설치·운영되고 있으며, 2017년에도 지속적으로 설치될 계획이다.

이처럼 회전교차로 도입이 활발해짐에 따라 회전교차로와 관련하여 사고모형, 안전성, 운영효율 등 다양한 분야에서 연구가 이루어지고 있으나, 토지이용을 고려한 연구는 매우 부족하다. 토지의 개발은 토지이용 수요를 발생시키고, 그에 따라 보행 및 차량 교통량이 증가하게 된다. 특히 교차로에서의 교통량 증가는 혼잡 유발로 사고 위험을 증가시키는 요소로 작용한다. 따라서 토지이용은 교통사고에 영향을 미치는 요인으로 고려되어야 할 것으로 보인다.

이 연구는 토지이용과 차종에 따른 원형교차로의 교통사고를 다루고 있다. 연구의 목적은 토지이용 및 차종에 근거한 사고모형을 구축하여 유형별로 사고 설명 변수를 비교·분석하고 토지이용과 차량 특성에 맞는 사고감소 전략을 논의하는데 그 목적이 있다. 연구의 흐름은 다음의 Fig. 1에 나타난다.

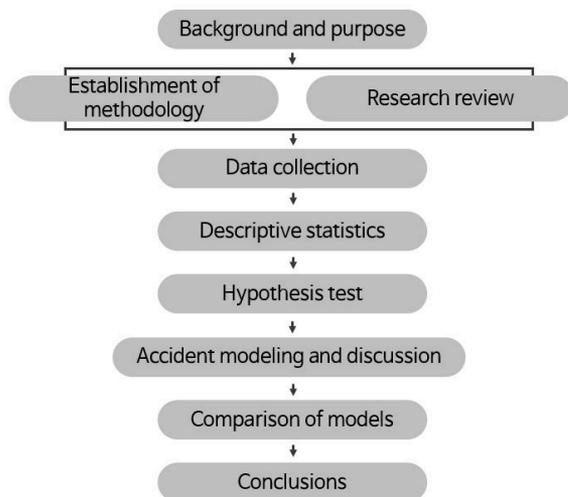


Fig. 1 Research Flowchart

2. 선행연구 검토

2.1. 원형교차로 교통사고 분석

박병호 등(2014)은 국내 회전교차로 100개 지점을 대상으로 추돌사고 모형을 개발하였다. 저자들은 13개 독립변수를 통해 음이항, 포아송, ZAM(zero-altered

model), 다중선형 및 비선형 회귀모형을 이용하여 모형을 개발하였다. 교통량, 중차량비, 회전차로 수, 횡단보도 수, 정지선 유무 등의 변수가 회전교차로의 추돌사고에 영향을 미치는 요인으로 분석되었다.

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

Chen 등(2013)은 이탈리아와 미국을 대상으로 ZIP(zero-inflated Poisson) 모형을 통해 회전교차로의 교통사고와 속도간의 상관관계를 연구하였다. 회전차로 폭이 넓고, 그리고 중앙교통섬 직경이 클수록 운전자의 평균 주행속도 증가로 인해 사고발생 위험이 높아지는 것으로 분석되었다.

Harper 등(2003)은 뉴질랜드의 도시부 95개 회전교차로에서 발생한 사고를 연구하였다. 저자들은 매년 0.51건의 부상사고가 회전교차로에서 발생하며, 이 중 심각한 사고의 비율은 약 12%를 차지한다고 분석하였다. 또한 저자들은 중차량 교통사고가 전체 부상사고의 약 6%에 이르는 것으로 분석하였다.

2.2. 차량유형과 교통사고 검토

김경환 등(2010)은 포아송 및 음이항 모형을 이용하여 청주시 단일로를 대상으로 차량유형별 교통사고모형을 개발하였다. 승용차 사고의 특이변수는 연결도로 수, 증분대 비율 및 버스정류장, SUV 사고의 특이변수는 횡단보도 수, 차로수, 연결로 수 및 증분대 비율, 그리고 트럭 사고의 특이변수는 횡단보도 수 및 4지교차로 수인 것으로 분석되었다. 아울러 교통섬 수와 교통량은 공통변수인 것으로 판단되었다.

George 등(2017)은 회귀모형을 통해 그리스에서 발생한 약 6만 건의 사고를 대상으로 사고심각도를 분석하였다. 전체 교통사고 중 모페드(moped)의 중상사고 비율이 12.3%로 가장 높으며, 그리고 사망사고의 경우 트럭이 12.7%로 가장 높은 비율인 것으로 분석되었다. 또한 저자들은 모든 유형의 차량에서 충돌 유형, 기상 및 야간 조건 등이 사고심각도에 영향을 미치는 것으로 판단하였다.

2.3. 토지이용과 교통사고 관계

송기욱 등(2009)은 국내 146개 도시의 특성요소들이 교통에너지 소비에 미치는 영향을 분석하였다. 저자들

은 공동주택 비율, 직주근접 비율, 혼합토지이용률, 압축적인 도시형태 등의 요인이 교통에너지 소비에 음(-)의 영향을 미친다고 판단하였다. 반면 재정자립도, 1인당 승용차대수, 1인당 도시공원 면적 등은 교통에너지 소비를 증가시키는 요인인 것으로 분석되었다.

박준태 등(2011)은 서울시 자치구를 중심으로 거시적 사고예측모형을 개발하였다. 저자들은 해당지역의 토지이용(개발밀도)과 교통사고빈도와의 관계를 분석하였다. 토지이용 유형별 특성에 따라 공통변수와 특이변수에 차이가 있으며, 개발밀도가 높을수록 교통사고빈도가 높게 나타나는 것으로 평가되었다.

Priyantha 등(2006)은 영국의 뉴캐슬 지역에서 발생한 자동차를 이용하지 않는 통행자의 사고와 토지이용과의 관계를 분석하였다. 저자들은 시내중심지와 외곽지역으로 구분하여, 사고발생빈도, 교차로변수, 토지이용변수 및 인구변수를 사용하였다. 시내중심지에서의 상업적 토지이용은 보행자 사고를 증가시키는 것으로 평가되었으며, 외곽지역에서는 자전거 사고 및 상업용지 증가가 사고발생과 관련이 있다고 분석되었다.

Megan Wier 등(2009)은 토지이용 및 교통계획에 따른 보행자 사고의 지역 수준 모형을 개발하였다. 저자들은 샌프란시스코 176개 지역의 도로에서 발생한 부상 및 사망 보행자사고 4,039건을 분석하였다. 저자들은 교통량, 간선도로, 고용자 수, 주민 수, 주거와 상업이 혼합된 토지이용 등이 증가할수록 보행자 사고가 증가한다고 주장하였다.

Moreno 등(2011)은 캐나다 몬트리올 시에 위치한 519개 신호교차로를 대상으로 보행자 충돌사고와 건조환경 사이의 관계를 분석하였다. 저자들은 인구밀도, 상업적 토지이용, 지하철역 유무, 버스정류장 등 8개 변수가 보행자 활동을 증가시키는 요인인 것으로 판단하였다. 또한 보행량은 사고빈도와 양(+)의 상관관계에 있으며, 상업적 토지이용, 버스정류장 및 학교의 수가 보행자 사고를 증가시키는 요인인 것으로 분석되었다.

2.4. 연구의 차별성

이 연구는 토지이용과 차량 유형별로 다중선형회귀모형을 통해 회전교차로 사고율을 분석하며, 기존연구와의 차별성은 다음과 같다.

첫째, 회전교차로의 교통사고와 관련하여 운영효율, 사고모형, 문제점 및 개선방안 등과 관련한 연구는 다양하지만, 토지이용을 고려한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 교통사고와 밀접한 관계가 있다고

판단되는 토지이용을 기반으로 하여 차량 유형별 회전교차로 사고율 모형을 구축한다.

둘째, 토지이용에 따라 통행차량의 유형에도 차이를 보일 수 있다. 회전교차로 설계지침에서도 차량의 크기와 특성에 따라 설계기준자동차로 구분하고 있으며, 그 특성에 맞는 설계구조가 권장되고 있다. 따라서 이 연구는 차량 유형에 따른 크기와 특성 또한 교통사고와 관련이 있을 것으로 판단하여 개별 모형을 구축한다.

이 외에도 토지이용과 교통사고에 관련된 대부분의 연구들은 행정동 혹은 반경 500m의 분석범위를 설정하고 있다. 그러나 이 연구의 분석대상이 교차로이므로 분석범위를 반경 500m로 설정할 경우 인접한 주변 교차로가 포함되어 분석결과에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 대상 로터리 및 회전교차로의 모든 진입방향 250m내의 토지이용을 고려함으로써, 인접 교차로의 영향을 배제한다는 점에도 연구의 차별성이 있다.

3. 분석의 틀 설정

3.1. 자료의 수집 및 분류

이 연구의 분석대상은 71개소의 국내 로터리 및 회전교차로이다. 기하구조는 '오토캐드' (AutoCAD 2010) 및 포털사이트 '다음(Daum) 로드뷰'를 활용하여 수집되며, 토지이용 자료는 국토교통부의 '온나라부동산포털 3.0'이 이용된다. 또한 도로교통공단의 교통사고분석시스템을 활용하여 2010~2014년 동안 발생한 교통사고 총 1,308건이 수집된다. 사고자료의 범위는 부상, 경상, 중상 및 사망사고이며, 사고유형은 차대차, 차대사람 및 차량단독 사고이다.

토지이용 유형은 수집된 자료와 기존 문헌을 참고하여 Table 1과 같이 상업지역, 상업·주거지역 및 주거지역의 3가지로 분류된다. 일반적으로 도시지역에서는 단일용도보다는 혼합용도의 이용이 빈번하므로, 수집된 자료의 토지이용 비율에 따라 분류기준이 설정된다.

Table 1. Classification Criteria

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

토지용도 비율과 관련하여 Jang et al.(2015)은 상업 및 주거, 산업시설의 비율이 75% 이상일 때 단일 토지

이용의 성격이 강하다고 판단하고 있으며, Lee et al(2011)은 업무기능 외 약 17~34%의 주거지역 비율을 보일 때, 업무와 주거기능이 공존하고 있다고 판단하고 있다. 선행연구를 참고하여 설정된 분류기준은 Table 1과 같다. 또한 토지이용 및 차량 유형별 요약통계량은 Table 2와 Table 3에 나타난다.

Table 2. Descriptive Statistics by Land Use

Type of land use	N	Mean of the accidents(case)	Std. dev.	Std. err.	Min.	Max.
Type 1	19	27.79	37.055	8.501	1	157
Type 2	26	19.54	22.129	4.340	2	93
Type 3	26	10.46	10.085	1.978	1	35
Total	71	18.42	24.741	2.936	1	157

Table 3. Descriptive Statistics by Vehicle Type

Type of vehicle	Mean of the accidents(case)	Std. dev.	Std. err.	Min.	Max.
Truck	3.30	2.697	0.381	1	13
Auto	14.70	20.711	2.458	1	126
Motorcycle	2.61	3.259	0.529	1	20
Total	8.23	15.130	1.200	1	126

3.2. 변수 선정

이 연구에서는 조사된 자료와 기존문헌 고찰을 통해

로터리와 회전교차로의 교통사고 발생에 영향을 미칠 것으로 예측되는 기하구조, 교통량, 토지이용 등의 17개 변수가 선정된다. 개발되는 각 모형의 종속변수는 교차로의 사고건수를 자연로그로 변환한 일평균교통량 값으로 나눈 '사고율(accident rate)'로 설정된다. 교통량이 많은 교차로에서는 사고노출 빈도가 높아 분석에 영향을 미치게 되어 다른 변수의 영향력이 낮게 분석될 가능성을 내포하고 있기 때문이다. 차량유형은 도로교통공단의 교통사고분석시스템에서 제공하는 가해차종을 기준으로 분류된다. 수락비율 변수는 유입차량 중 상충이 발생했을 때 수락된 차량의 비율을 의미하며, 교차로의 각 접근로 수락비율 평균값이 변수로 이용된다. 변수 정의 및 기술통계량은 Table 4와 같다.

3.3. 상관관계 및 다중공선성 분석

모형개발에 앞서 종속변수와 독립변수간의 관련 정도를 파악하기 위해 상관관계 분석을 진행한다. 상호관련성이 70% 이상으로 높은 변수들은 Table 6에서 음영으로 표시된다. 이 중 다중공선성 값이 10 이상인 변수는 평균 유입차로 수(X_2), 내접원직경(X_9), 중앙교통섬 지름(X_{12}) 및 회전차로 수(X_{13})인 것으로 분석된다. 다중공선성은 개발된 모형의 회귀계수 및 표준오차의 추정에 오류를 일으킬 가능성이 있으므로 네 가지의 변수는 분석에서 제외된다.

Table 4. Variable Descriptions and Summary Statistics

Variable	Indication	Mean	Std. dev.	VIF
Accident rate(X_1)	Number of accident(No.) / In (entering volume)	1.078	1.813	-
Number of leg(X_1)	Number of approach road(No.)	4.805	1.094	2.107
Entry lane(X_2)	Mean number of entry lane per approach (No.)	1.669	0.602	14.299
Entry land width(X_3)	Mean width of entry lane per approach (m)	5.864	2.231	4.391
Splitter island(X_4)	If yes=1, otherwise=0	0.585	0.494	2.057
Pedestrian crossings(X_5)	Mean number of pedestrian crossings per approach (No.)	0.893	0.313	1.369
Bus stop(X_6)	Mean number of bus stops per approach (No.)	1.497	1.496	1.375
Speed hump(X_7)	Mean number of speed hump per approach (No.)	1.006	1.644	1.390
Bicycle lane(X_8)	If yes=1, otherwise=0	0.415	0.494	1.385
Inscribed circle diameter(X_9)	Inscribed circle diameter (m)	50.009	35.324	20.534
Area of circulatory roadway(X_{10})	Area of circulatory roadway (100m ²)	13.534	14.474	4.801
Area of central island(X_{11})	Area of central island (100m ²)	15.390	49.809	8.856
Central island diameter(X_{12})	Central island diameter (m)	32.160	32.362	40.772
Circulatory roadway lane(X_{13})	Number of circulatory roadway lane (No.)	1.881	1.058	13.576
Circulatory roadway width(X_{14})	Mean width of circulatory roadway lane (m)	5.441	2.469	4.472
Ratio of HOV(X_{15})	Ratio of high-occupancy vehicle (%)	7.225	6.154	1.353
Lighting(X_{16})	Number of lighting facilities (No.)	5.755	2.965	2.172
Acceptance ratio(X_{17})	(acceptance vehicle/entering volume)/100	1.321	2.179	1.190

Note: The means of dummy variables indicate the distribution ratios.

Table 6. Correlation Analysis

Variables	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	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇
Y ₁	1																	
X ₁	0.722**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₂	0.341**	-0.051	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₃	-0.305**	-0.044	0.849**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₄	-0.016	-0.002	0.127	0.085	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₅	0.060	-0.065	-0.082	-0.053	-0.014	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₆	0.058	0.048	0.052	0.049	-0.147	0.103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₇	-0.084	0.031	-0.267**	-0.230**	0.010	-0.148	-0.176*	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₈	0.047	0.014	0.208**	0.244**	0.113	0.147	-0.067	-0.142	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₉	0.257**	0.221**	0.629**	0.609**	0.166*	-0.115	0.020	-0.192*	0.241**	1	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₁₀	-0.366**	0.251**	0.700**	0.686**	0.073	-0.137	0.063	-0.175*	0.172*	0.918**	1	-	-	-	-	-	-	-
X ₁₁	0.134	0.302**	0.329**	0.316**	0.172*	-0.059	-0.087	0.010	0.219**	0.871**	0.737**	1	-	-	-	-	-	-
X ₁₂	0.225**	0.207**	0.549**	0.530**	0.245**	-0.106	-0.034	-0.124	0.281**	0.975**	0.856**	0.917**	1	-	-	-	-	-
X ₁₃	0.322**	0.297**	0.642**	0.602**	0.148	-0.063	-0.038	-0.174*	0.214**	0.788**	0.868**	0.630**	0.731**	1	-	-	-	-
X ₁₄	-0.132	-0.022	-0.226**	-0.203**	-0.169*	-0.045	0.305**	-0.002	-0.203**	-0.187*	-0.160*	-0.160*	-0.267**	-0.426**	1	-	-	-
X ₁₅	0.013	-0.280**	0.091	0.092	-0.041	-0.123	0.098	-0.116	0.009	-0.001	-0.020	-0.062	-0.015	-0.173*	0.140	1	-	-
X ₁₆	-0.202**	0.310**	0.442**	0.457**	0.276**	0.018	0.138	-0.115	0.076	0.389**	0.423**	0.191*	0.325**	0.336**	-0.011	-0.077	1	-
X ₁₇	-0.119	0.090	-0.283**	-0.304**	-0.090	0.059	0.137	0.047	-0.143	-0.231**	-0.225**	-0.143	-0.225**	-0.168*	0.058	-0.124	-0.168*	1

Note : ** p<0.01, * p<0.05

3.4. 원형교차로 차종 및 토지이용별 사고분석

로터리와 회전교차로의 사고율을 차종과 토지이용별로 비교한 결과는 Table 5와 같다. 이 연구에서는 로터리와 회전교차로를 원형교차로로 통합하여 모형을 개발하고 있다. 그러나 두 교차로는 기하구조 및 통행방법에 차이가 있으므로 교차로별 사고율의 차이를 살펴보고자 한다.

Table 5. Comparison of Accident Ratio by Circular Intersection

Classification	Roundabout			Rotary		
	Truck	Auto	Motorcycle	Truck	Auto	Motorcycle
Type 1	0.320	1.823	0.243	0.638	3.746	0.658
Type 2	0.365	1.302	0.184	0.488	2.429	0.326
Type 3	0.464	1.019	0.321	0.347	1.187	0.299
Number of intersection	32			39		

먼저 차종별 사고율의 경우 회전교차로와 로터리 모두 승용차 사고가 가장 빈번하게 발생하고 있으며, 이중 로터리에서 더 많은 사고가 발생하는 것으로 분석된다. 또한 토지이용 유형별로 살펴보면, 두 교차로 모두 상업지역에서 가장 사고율이 높고, 주거지역에서 가장 낮은 것으로 분석되고 있다. 단, 회전교차로 화물차 사고율의 경우 상업지역보다 주거지역에서 더 높게 나타

나고 있다는 점이 특이점으로 나타나고 있다.

로터리와 회전교차로에의 사고율은 각각 차이를 보이지만, 승용차 사고가 가장 빈번하고 상업지역에서 가장 사고율이 높다는 공통적인 특성을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 일반교차로와 비교하여 로터리와 회전교차로를 원형교차로로 통합하여 차종 그리고 토지이용이 사고율에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

4. 사고모형 개발 및 논의

4.1. 가설검정

모형개발에 앞서, 토지이용이 로터리와 회전교차로의 사고발생에 영향을 미치는지 검토하기 위해 가설검정이 시행된다. 귀무가설은 '토지이용은 원형교차로 사고율에 영향을 미치지 않는다.'라고 설정된다. 가설검정에는 범주의 수가 셋 이상일 때 사용하는 F-검정(F-test)이 이용된다. 또한 요인의 수가 1개이므로 일원배치법이 이용되며, 그 결과는 Table 7과 같다.

분석결과 유의확률이 0.048로 유의수준 0.05보다 작아 귀무가설 기각역을 만족하는 것으로 분석된다. 따라서 토지이용은 회전교차로 사고율에 영향을 미치지 않는다고 할 수 없는 것으로 판단된다. 사고발생이 가장

빈번한 상업지역의 연평균 사고율은 사고발생이 가장 적은 주거지역의 약 2.4배인 것으로 분석된다.

Table 7. Result of One-way Analysis of Variance (ANOVA)

Classification	Sum of square	d.f.	Mean square	F	p-value
between group	47.551	2	23.775	2.972	0.048
within group	543.963	68	7.999	-	-
Total	591.514	70	-	-	-

아울러 이 연구는 차량 유형이 로터리와 회전교차로의 사고에 영향을 미칠 것이라는 가설을 적용하고 있다. Table 8에 나타나듯이, 유의확률이 0.000으로 통계적으로 매우 유의한 수준에서 귀무가설이 기각된다. 따라서 차량 유형별로 발생하는 연평균 교통사고율은 차이가 없다고 추론할 만한 증거가 없는 것으로 판단된다.

Table 8. Result of One-way Analysis of Variance (ANOVA)

Classification	Sum of square	d.f.	Mean square	F	p-value
between group	90.737	3	45.368	16.519	0.000
within group	428.451	156	2.746	-	-
Total	519.188	158	-	-	-

4.2. 모형 개발

이 연구에서는 가설검정 결과를 근거로 다중선형 회귀모형이 개발된다. 분석에는 통계분석 프로그램인 SPSS 24.0이 이용된다. 다중선형 회귀모형은 둘 이상의 독립변수가 하나의 종속변수에 미치는 영향을 분석할 때 주로 사용되는 모형으로, 다양한 변수가 복합적으로 작용하여 발생하는 교통사고 분석에 적합하다. 특히 다중선형회귀모형의 주요한 가정 중 하나는 종속변수가 연속변수 형태를 띠어야 한다는 점(Simon P. W. et al., 2003)이다. 이 연구에서는 사고노출과 밀접한 관련이 있는 교통량의 영향을 반영하기 위해 사고건수를 교통량으로 나눈 사고율을 종속변수로 이용한다. 따라서 가산자료 모형이 아닌 다중선형회귀모형이 분석에 더 적합하다고 판단하였다. 아울러 이 모형은 오차분산을 줄이고 종속변수에 대한 상세한 설명력을 주는 특징을 가지고 있어 기존 사고모형에서도 주로 사용된다. 토지이용에 근거한 차량 유형별 사고모형은 다음과 같다.

4.2.1 상업지역(Type 1) 원형교차로 사고분석

보정 R^2 값이 모든 차량 유형별 모형에서 0.7 이상으

로 모형의 설명력이 높고, Durbin-Watson 값이 2에 가까우므로 오차항간의 독립성이 만족된다. 아울러 추정된 변수들이 모두 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준 95%에서 통계적으로 유의한 것으로 분석된다.

상업지역의 화물차 사고에 영향을 미치는 독립변수는 횡단보도 수와 버스정류장 수이며, 버스정류장의 표준화계수가 가장 높게 나타난다. 화물차의 통행이 빈번한 곳에 버스정류장이 있을 경우 통행지체를 유발하기 쉬우며, 승용차 등 상대적으로 크기가 작은 차량의 시야를 방해하여 사고위험이 높아지는 것으로 판단된다. 아울러 횡단보도 수가 많을 경우 보행자와의 상충빈도 또한 높아지므로 적절한 횡단보도 수를 유지하거나, 안전시설물을 설치하는 등 보행자 안전을 위한 노력이 요구된다.

승용차 사고에는 진입차로 폭과 과속방지턱 수가 유의한 변수로 나타난다. 진입차로 폭이 좁으면 진입차랑 간에 상충이 발생하기 쉬워 사고율이 높아진다. 일반적으로 진입차로 폭이 회전차로 폭보다 넓어야 회전차로로 진입하기 위한 지체가 발생할 가능성이 적다. 따라서 교차로의 효율을 높이고 사고를 감소시키기 위해서는 충분한 진입차로 폭을 확보해야 할 것으로 평가된다. 아울러 과속방지턱 수는 사고율을 감소시키는 요인이며, 유입차로 수와 비슷한 중요도를 보인다. 진입차랑의 감속을 위해서는 과속방지턱은 적절한 위치에 설치하는 것이 사고 감소에 도움이 될 것으로 판단된다.

이륜차 사고에는 조명시설과 분리교통섬 유무가 유의한 변수인 것으로 분석되며, 두 변수 모두 사고율과 음(-)의 상관관계에 있는 것으로 나타난다. 크기가 작고 차량 사이를 통과하는 운전 행태를 보이는 이륜차 통행 특성에서 보면 충분한 조명시설을 통해 야간의 시인성을 향상시키는 노력이 요구된다. 또한 분리교통섬 설치를 통해 차량 간 간섭을 방지하고 주행경로를 명확히 하는 것도 중요하다.

상업지역 전체 사고율에 영향을 미치는 변수는 과속방지턱 수, 버스정류장 수 및 조명시설 유무이다. 유의한 변수들 중 화물차 사고율 모형과 공통변수인 버스정류장 수의 표준화계수가 가장 높다. 이는 상대적으로 상업지역에서 빈번한 화물차 통행에 영향을 받은 것으로 추론된다. 따라서 상업지역의 사고를 감소시키기 위해서는 버스정류장의 위치 선정에 주의하여야 하며, 버스승객과 차량 간의 상충을 방지하기 위한 안전시설 등이 설치되어야 할 것으로 판단된다. 아울러 과속방지턱을 통해 진입차랑의 감속을 유도하고, 조명시설도 충분히 설치하려는 노력이 요구된다.

Table 9. Type 1 Accident Rate Models

Classification	Variable	Non-std. coeff.		Std. coeff.	t-value	p-value	Adj. R ² (D.W.)
		B	Std. Err.	β			
Truck	(Constant)	-0.290	0.269	-	-4.079	0.002	0.828 (1.967)
	Pedestrian crossings	0.013	0.268	0.014	4.479	0.001	
	Bus stop	0.148	0.128	0.339	3.656	0.004	
Auto	(Constant)	4.767	1.982	-	2.405	0.029	0.893 (1.804)
	Entry lane width	-3.891	1.133	-0.537	-3.434	0.003	
	Speed hump	-2.104	0.753	-0.437	-2.792	0.013	
Motor cycle	(Constant)	1.233	0.800	-	3.067	0.015	0.774 (2.203)
	Lighting	-0.036	0.082	-0.149	-3.165	0.013	
	Splitter island	-0.692	0.462	-0.500	-2.290	0.050	
Total	(Constant)	5.726	2.339	-	2.448	0.027	0.830 (1.821)
	Speed hump	-5.119	0.920	-0.418	-5.563	0.000	
	Bus stop	2.199	0.813	0.887	2.706	0.016	
	Lighting	-0.699	0.266	-0.391	-2.626	0.019	

4.2.2 상업·주거지역(Type 2) 원형교차로 사고분석

보정 R² 값이 모두 0.7 이상으로 모형의 설명력이 높고, Durbin-Watson의 값이 1~3 사이의 값을 가지므로 오차항 간의 독립성도 만족된다. 아울러 추정된 변수들이 모두 유의확률 5% 미만이므로 통계적으로 유의한 것으로 분석된다.

상업·주거지역의 화물차 사고에 영향을 미치는 독립 변수는 버스정류장 수, 총 수락비율 및 과속방지턱 수인 것으로 분석된다. 이 중 수락비율 표준화계수가 가장 높아 사고율에 큰 영향을 미친다고 판단된다. 수락비율은 사고율과 음(-)의 상관관계에 있으므로, 수락차량 비율이 높을수록 사고가 감소하는 것으로 분석된다. 로터리와 회전교차로에서는 운전자의 양보가 요구되므로 기하구조 설계 외에도 통행방법에 관한 운전자 교육 등이 필요할 것으로 시사된다. 아울러 버스정류장의 적절한 위치 선정과 과속방지턱의 활용이 화물차 사고에 중요한 영향을 미치는 것으로 판단된다.

상업·주거지역에서 발생하는 승용차 사고에는 중앙교통섬 면적, 평균 유입차로 폭 및 회전차로 폭이 영향을 미치는 변수인 것으로 분석된다. 중앙교통섬 면적이 클 경우 진입차량이 직진도로처럼 인식하기 쉬워 진입 시 과속할 가능성이 높으므로 사고율이 증가하는 것으로 판단된다. 아울러 평균 유입차로와 회전차로 폭이 좁을수록 차량 간 안전거리를 확보하기 어려워 사고 발생에 영향을 미치는 것으로 분석된다. 특히 중앙교통섬 면적이

큰 교차로에서는 회전교차로 설계지침에 따라 유입차로 폭 2.9m와 회전차로 폭 3.6m 이상의 충분한 너비로 설계하는 것이 사고감소에 도움이 될 것으로 판단된다.

이륜차 사고에는 중앙교통섬 면적과 조명시설 수가 유의한 변수인 것으로 분석된다. 조명시설 수는 상업지역 사고모형과 공통변수로서 이륜차 사고에 영향을 미치는 주요소로 판단된다. 따라서 조명시설을 충분히 설치하는 것만으로도 이륜차 사고의 감소에 효과적임을 시사한다.

상업·주거지역 전체 사고율 모형에서 유의하게 나타난 변수는 회전차로 폭과 중앙교통섬 면적이다. 이 때 회전차로 폭은 사고율과 음(-)의 상관관계에, 중앙교통섬 면적은 양(+)의 상관관계에 있으며, 두 변수의 표준화계수는 비슷하게 나타나는 것으로 분석된다. Chen 등(2013)은 회전차로 폭이 넓고 중앙교통섬 직경이 클수록 운전자의 평균 주행속도가 높아진다고 분석하고 있다. 중앙교통섬의 크기가 커질수록 운전자가 직진도로처럼 인식하기 쉬우므로 과속하는 경향을 보이며, 진입 시 넓은 시거가 요구되므로 사고율이 높아지는 것으로 판단된다. 아울러 회전차로 폭이 좁을 경우 회전 중 통행로 상충이 발생하기 쉽고, 진입차량과 회전차량 간에도 충분한 이격거리를 유지하기 어려워 사고와 음(-)의 상관관계에 있는 것으로 분석된다.

Table 10. Type 2 Accident Rate Models

Classification	Variable	Non-std. coeff.		Std. coeff.	t-value	p-value	Adj. R ² (D.W.)
		B	Std. err.	β			
Truck	(Constant)	0.876	0.097	-	9.062	0.000	0.849 (1.906)
	Bus stop	0.184	0.058	0.644	2.248	0.012	
	Acceptance ratio	-0.173	0.037	-0.695	-4.634	0.000	
	Speed hump	-0.096	0.031	-0.462	-3.080	0.006	
Auto	(Constant)	0.417	0.360	-	3.723	0.001	0.871 (1.889)
	Area of central island	0.109	0.013	1.302	8.677	0.000	
	Entry lane width	-0.467	0.145	-0.508	-3.221	0.004	
	Circulatory roadway width	-0.132	0.060	-0.176	-2.207	0.038	
Motor cycle	(Constant)	-0.237	0.049	-	-4.804	0.001	0.765 (1.925)
	Area of central island	0.925	0.013	0.808	3.563	0.004	
	Lighting	-0.068	0.074	-0.515	-2.270	0.044	
Total	(Constant)	0.646	0.294	-	2.197	0.038	0.818 (2.238)
	Circulatory roadway width	-0.093	0.034	-0.497	-2.752	0.011	
	Area of central island	0.091	0.038	0.444	2.459	0.022	

4.2.3. 주거지역(Type 3) 원형교차로 사고분석

보정 R^2 의 값이 모두 0.7 이상으로 모형의 설명력이 높고, 오차항간의 독립성도 만족한다. 아울러 추정된 변수들이 모두 신뢰수준 95%에서 통계적으로 유의한 것으로 판단된다.

주거지역에 위치한 교차로의 화물차 교통사고에 영향을 미치는 독립변수는 버스정류장 수, 접근로 수 및 분리교통섬 유무인 것으로 분석된다. 이 중 가장 중요도가 높은 변수는 접근로 수로 판단된다. 대형 화물차량의 통행이 잦은 곳에서 5지 이상의 접근로는 운전자의 혼란을 가중시키며, 교통지체와 혼잡이 발생되기 쉽기 때문인 것으로 판단된다. 또한 버스정류장 수는 토지이용 유형에 따른 화물차 사고모형의 공통변수로서, 화물차 통행이 빈번한 곳에서의 버스 통행은 사고 위험을 높인다는 점을 시사한다. 아울러 분리교통섬은 차량의 주행경로를 명확히 하고, 반대 방향 교통류와의 충돌을 방지함으로써 사고감소에 기여하는 것으로 평가된다.

또한 승용차 사고모형에서는 회전차로 폭과 면적이 유의한 변수로 분석된다. 회전차로 폭과 회전차로 면적이 좁을 경우 운전자에게 심리적 불안정감을 주며, 회전차량 간 충분한 거리를 유지하기 어렵다. 또한 진입차량과의 상충 위험이 증가하여 사고위험이 높아지는 것으로 판단된다. 따라서 회전교차로의 원활한 통행을 위해 회전교차로 설계지침의 최소 회전차로 폭 이상의 너비가 요구된다.

이륜차 사고모형에서는 회전차로 폭과 조명시설이 유의한 변수인 것으로 분석된다. 조명시설 및 표지판을 활용하여 야간에도 교차로의 시인성을 높이고, 차량 간 적절한 거리를 유지할 수 있도록 충분한 너비의 회전차로로 설계하는 것이 이륜차 사고감소에 도움이 될 것으로 판단된다.

주거지역 전체 사고율 모형에서 유의한 변수는 회전차로 폭과 분리교통섬 유무인 것으로 분석된다. 이 중 승용차와 이륜차 사고율 모형과 공통변수인 회전차로 폭의 중요도가 가장 높다. 좁은 회전차로 폭은 차량 간 상충 빈도를 높이므로 회전교차로 설계지침에서 제시하는 회전차로 폭을 바탕으로 적절한 설계가 요구된다. 또한 분리교통섬 유무가 음(-)의 계수를 가지므로, 사고율 감소에 도움이 되는 것으로 분석된다. 분리교통섬은 차량의 주행경로를 명확히 하고, 반대방향 교통류를 분리하는 기능을 가진다. 강동수 등(2010)은 교통섬의 설치하는 교차로 내 상충면적을 감소시키고 상충거리를 줄이며, 차량 주행경로를 명확히 함으로써 사고감소에 도움이 된다고 분석하고 있다.

Table 11. Type 3 Accident Rate Models

Classification	Variable	Non-std. coeff.		Std. coeff.	t-value	p-value	Adj. R ² (D.W.)
		B	Std. Err.	β			
Truck	(Constant)	-0.449	0.091	-	-3.205	0.007	0.751 (2.253)
	Bus stop	0.076	0.035	0.420	2.207	0.049	
	Number of leg	0.121	0.047	0.498	2.580	0.026	
	Splitter island	-0.266	0.112	-0.454	-2.368	0.037	
Auto	(Constant)	0.155	0.432	-	5.337	0.000	0.823 (2.216)
	Circulatory roadway width	-0.181	0.306	-0.118	-2.429	0.023	
	Area of circulatory roadway	-0.076	0.029	-0.527	-2.626	0.015	
Motor cycle	(Constant)	0.213	0.223	-	3.127	0.009	0.769 (1.761)
	Circulatory roadway width	-0.043	0.042	-0.260	-4.814	0.001	
	Lighting	-0.053	0.027	-0.506	-2.142	0.045	
Total	(Constant)	0.311	0.486	-	2.472	0.024	0.864 (2.295)
	Circulatory roadway width	-0.110	0.034	-0.564	-4.329	0.001	
	Splitter island	-0.373	0.462	-0.140	-2.231	0.040	

4.2.4 차종별 원형교차로 사고분석

다음으로 차종이 사고에 미치는 영향을 분석하기 위해 토지이용을 구분하지 않은 차종별 전체 사고모형이 개발된다. Table 12와 같이 원형교차로에서 화물차 사고에 영향을 미치는 변수는 버스정류장 수, 중앙교통섬 면적 및 수락비율인 것으로 분석된다. 변수들 중 버스정류장 수와 수락비율이 비슷한 중요도를 가지고 있으며, 버스정류장 수는 토지이용 유형별 화물차 사고율 모형에서 지속적으로 유의하게 나타나고 있다. 따라서 화물차 사고에 있어서 상충요인이 주요 변수로 작용하고 있는 것으로 평가된다.

승용차 사고율 모형에서는 진입차로 폭과 중앙교통섬 면적이 유의한 변수로 분석된다. 변수들 중 진입차로 폭의 중요도가 가장 높게 나타나고 있다. 회전교차로 설계지침에서는 회전차로 폭 대비 진입차로 폭 비율이 1.0~1.2배 사이에 있도록 설계하는 것이 바람직하며, 진입차로 기하구조가 회전차로의 용량에 중요한 영향을 미친다고 기술하고 있다. 또한 회전교차로 진입차로의 확폭이 평균지체 감소 및 용량 증대에 도움이 된다는 김태영 등(2009)의 연구결과를 바탕으로 진입차로 폭이 좁을 경우 진입차량 간 그리고 진입차량과 회전차량 간 상충으로 인해 진입부 혼잡에 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다. 최소 2.9m 이상의 너비를 확보하는 것이 사고

감소에 도움이 될 것으로 판단된다.

이륜차 사고율 모형에서는 분리교통섬 유무, 중앙교통섬 면적 및 조명시설 유무가 유의한 변수로 분석된다. 이 중 분리교통섬과 조명시설 유무의 표준화계수가 비슷하게 높게 평가된다. 따라서 분리교통섬의 적절한 설치와 야간 시인성을 높이는 등의 기하구조가 이륜차 사고율 감소에 도움이 될 것으로 판단된다.

Table 12. Total Accident Rate Models by Vehicle Type

Classification	Variable	Non-Std. coeff.		Std. coeff.	t-value	p-value	Adj. R ² (D.W.)
		B	Std. Err.	β			
Truck	(Constant)	0.469	0.075	-	6.233	0.000	0.743 (1.804)
	Bus stop	0.060	0.031	0.271	2.061	0.047	
	Area of central island	0.004	0.001	0.067	2.261	0.030	
	Acceptance ratio	-0.087	0.036	-0.355	-2.430	0.019	
Auto	(Constant)	1.434	0.682	-	2.102	0.039	0.872 (1.841)
	Entry lane width	-0.577	0.116	-0.519	-4.957	0.000	
	Area of central island	0.007	0.006	0.127	5.602	0.000	
Motor cycle	(Constant)	0.286	0.134	-	2.318	0.027	0.776 (2.142)
	Splitter island	-0.225	0.134	-0.282	-3.066	0.004	
	Area of central island	0.004	0.001	0.007	2.902	0.007	
	Lighting	-0.034	0.021	-0.270	-3.533	0.001	

4.2.5. 통합 원형교차로 사고분석

토지이용 및 차량 유형을 더미변수로 하여 통합모형을 개발한 결과는 Table 13과 같다. 상업지역 및 상업·주거지역 더미변수의 계수가 양(+)의 값을 가지므로

Table 13. Integrated Accident Rate Model of Circular Intersection

Variable	Non-std. coeff.		Std. coeff.	t-value	p-value	Adj. R ² (D.W.)
	B	Std. Err.	β			
(Constant)	1.220	0.280	-	4.347	0.000	0.820 (1.810)
Truck	1.563	0.276	0.402	5.666	0.000	
Motorcycle	-1.792	0.304	-0.423	-5.888	0.000	
Commercial area	0.420	0.320	0.104	4.927	0.000	
Commercial · residential area	0.203	0.283	0.104	2.488	0.014	
Speed hump	-0.053	0.076	-0.048	-3.419	0.001	
Area of circulatory roadway	-0.047	0.009	-0.376	-5.516	0.000	

기준변수인 주거지역보다 사고가 발생할 확률이 높다고 분석된다. 차량 유형의 경우, 기준변수인 승용차보다 화물차의 사고율은 높고, 이륜차는 낮은 것으로 판단된다. 아울러 통합모형에서 유의하게 나타난 변수는 과속방지턱 수와 회전차로 면적인 것으로 분석된다.

4.3. 모형 논의

이 연구에서 개발된 사고율 모형의 변수들을 비교 분석해보면 Table 14와 같다. ⊕은 양의 상관관계를 가진 선택된 변수, ⊖은 음의 상관관계를 갖는 선택된 변수, 그리고 ‘-’은 선택되지 않는 변수를 나타낸다. 자전거 차로 유무(X_8)와 중차량비율(X_{15})은 어느 모형에서도 선택되지 않는 것으로 분석된다.

화물차 교통사고에 공통으로 영향을 미치는 변수는 버스정류장 수인 것으로 나타난다. 버스정류장은 화물차의 통행이 빈번한 곳에 버스정류장이 있을 경우 탑승객과 차량 간 상충, 승용차 운전자의 시야방해 등으로 인해 사고 위험이 높아지는 것으로 판단된다. 아울러 회전교차로 설계지침에서 버스정류장은 진입부 설치가 권장되고 있다. 따라서 교통 흐름 및 사고발생을 감소시키기 위해 권장 내용이 준수되어야 할 것으로 판단된다.

이 외에도 특이변수로 나타난 횡단보도 수가 양(+)의 계수를 나타내고 있다. 따라서 보행자를 보호하기 위한 교통섬이나 주의표지 등의 교통시설물 설치가 요구된다. 아울러 화물차 통행이 빈번한 곳에서 5지 이상의 복잡한 설계를 지양하는 것이 사고를 감소시키는데 도움이 될 것으로 평가된다.

승용차 교통사고에서는 공통변수가 도출되지 않으며, 유입차로 폭과 회전차로 면적이 특이변수로 나타난다. 유입차로 폭이 좁을 경우 회전차로로 진입하는 과정에서 통행로 간섭으로 인해 차량 간 상충이 발생하기 쉽다. 분석대상 교차로 중 회전교차로 설계지침에서 제시하는 최소 진입차로 폭보다 좁게 설계된 곳에서 비교적 사고가 빈번한 것으로 나타난다. 따라서 평균 진입차로 폭이 최소 2.9m 이상으로 설계되는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한 회전교차로에서의 진입부의 확폭이 평균지체를 낮추고 용량을 증대시킨다는 김태영 등(2009)의 연구결과를 통해 적절한 진입차로 폭을 확보하는 것이 사고감소에 도움이 될 것으로 예측된다.

이륜차 교통사고에는 조명시설 수가 공통변수로 나타난다. 화물차와 승용차에 비해 크기가 작은 이륜차 특성상 시야확보가 어려운 야간에 사고발생 위험이 높은 것으로 추론된다. 따라서 충분한 조명시설을 설치함으로써

Table 14. Comparison of Models

Classification	Land use type												Vehicle type			Integrated model	Common variables of #
	Type 1				Type 2				Type 3								
Variables	Truck	Auto	Motorcycle	Total	Truck	Auto	Motorcycle	Total	Truck	Auto	Motorcycle	Total	Truck	Auto	Motorcycle		
Number of leg (X_1)	-	-	-	-	-	-	-	-	⊕	-	-	-	-	-	-	-	-
Entry lane width (X_3)	-	⊖	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⊖	-	-	-
Splitter island (X_4)	-	-	⊖	-	-	-	-	-	-	-	-	⊖	-	-	⊖	-	-
Pedestrian crossings (X_5)	⊕	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bus stop (X_6)	⊕	-	-	⊕	⊕	-	-	-	⊕	-	-	-	⊕	-	-	-	Truck
Speed hump (X_7)	-	⊖	-	⊖	⊖	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⊖	-
Bicycle lane (X_8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area of circulatory roadway (X_{10})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⊖	-	-	-	-	-	⊖	-
Area of central island (X_{11})	-	-	-	-	-	⊕	⊕	⊕	-	-	-	-	⊕	⊕	⊕	-	Vehicle type
Circulatory roadway width (X_{14})	-	-	-	-	-	⊖	-	⊖	-	⊖	⊖	⊖	-	-	-	-	-
Ratio of HOV (X_{15})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lighting (X_{16})	-	-	⊖	⊖	-	-	⊖	-	-	-	⊖	-	-	-	⊖	-	Motor cycle
Acceptance ratio (X_{17})	-	-	-	-	⊖	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Note : X_2 , X_9 , X_{12} and X_{13} were excluded in the accident modelling according to the correlation and multicollinearity analysis.

써 야간 시인성을 높이는 것이 이륜차와 다른 차량 간의 사고를 감소시키는 데에 도움이 될 것으로 판단된다.

아울러 중앙교통섬 면적은 모든 차량 유형에서 유의한 변수로 판단되고 있다. 분석대상 교차로의 평균 중앙교통섬 지름은 약 32m이다. 이는 회전교차로 설계지침에서 권장하는 회전부의 제원 중 대형자동차 기준에 해당하는 수준이다. 이는 승용차의 과속을 유발할 가능성이 존재한다. 승용차는 통행이 가장 빈번하므로 전체적인 사고율 증가에 영향을 미친 것으로 추론된다.

5. 결론

이 연구는 전국 71개의 원형교차로를 대상으로 모든 접근로의 250m 이내 토지이용에 근거하여 사고발생에 영향을 미치는 요인들을 차량 유형별로 분석하고 있다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 토지이용과 차량 유형이 회전교차로의 사고율에 영향을 미치지 않는다는 귀무가설은 기각된다. 사고발생이 가장 빈번한 상업지역의 연평균 사고율은 사고가 가장 적은 주거지역에 비해 약 2.4배 높게 나타나므로 토지이용별로 큰 차이가 없다고 할 수 없는 것으로 판단된다.

둘째, 통계적으로 유의한 16가지 사고율 모형이 개발된다. 개발된 모형 모두 높은 조정 R^2 값이 도출되어 모형의 설명력이 높은 것으로 판단된다.

셋째, 화물차 교통사고 감소를 위해서는 진입부에 버스승객장을 설치하려는 노력이 필요하다. 아울러 버스승객과 차량 간의 사고를 방지하기 위한 안전시설 등의 설치도 요구된다. 또한 운전자에게 혼란을 야기할 수 있는 5지 이상의 설계를 지양하는 것도 사고감소에 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 승용차 교통사고 감소에는 유입차로 폭을 회전차로 폭보다 넓게 설계하여 원활한 회전교차로 진입을 유도해야 하며, 회전차로 폭이 승용차의 과속을 유도하지 않는 너비로 설계되어야 한다. 이륜차 사고 감소를 위해서는 조명시설과 야간 표지판 설치 등을 통해 운전자의 야간 시인성을 높이고, 주행경로를 정확히 인식할 수 있도록 해야 한다.

넷째, 모든 차량 유형의 모형에서 중앙교통섬 면적이 유의한 변수로 도출된다. 이는 중앙교통섬의 크기가 클 경우 차량의 과속을 유발하여 사고율 증가에 영향을 미칠 수 있다는 점을 시사한다. 따라서 승용차 및 이륜차의 과속을 유발하지 않으면서, 화물차의 원활한 통행이 가능하도록 화물차 턱 등을 활용한 적절한 설계가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

마지막으로 종합모형에서 판단하면 주거지역보다 상업지역과 상업·주거지역의 사고율이 높고, 그리고 승용차보다 화물차의 사고율이 높은 것으로 분석된다. 토지이용과 차량 유형에 따라 교차로의 사고발생에 영향을 미치는 변수가 서로 다르게 나타난다. 이는 사고예방에 있어서 토지이용 유형과 차량유형을 고려한 대책 마련이 필요하다는 점을 시사한다.

이 연구는 토지이용과 차량유형으로 구분하여 사고모형을 개발하고 있으나, 어떤 인적·환경적 특성이 유형별 차이에 영향을 미치고 있는지 분석하지 못하고 있다. 향후 각 토지이용 유형별로 교통류 특성분석, 설문조사, 시뮬레이션 분석 등을 통한 영향요인의 인과관계 분석이 요구된다.

또한 이 연구의 분석대상인 원형교차로는 로터리와 회전교차로를 통칭하고 있다. 그러나 로터리와 회전교차로는 교차로 기하구조 및 통행방법에 차이를 보이므로, 두 교차로를 구분한 모형개발이 요구된다. 아울러 이 연구에서는 사고율을 종속변수로 이용함에 따라 다중선형회귀모형을 적용하였는데 교통사고는 비정규분포에 가까우므로 연구의 한계가 존재한다고 할 수 있다.

REFERENCES

- Beak, T. and Park, B. (2011). "Accident Models of Urban Roundabout Using Count Data", *Journal of Korea Transportation Research Society*, Vol. 65, pp.235-239.
- Chen, Y., Persaud, B., Sacchi, E., and Bassani, M. (2013). "Investigation of Models for Relating Roundabout Safety to Predicted Speed", *Accident Analysis and Prevention*, Vol.50, pp.196-203.
- Jang, J., Choi, S., Lee, H., Kim, S., and Choo, S. (2015). "A Comparison Analysis of Factors to Affect Pedestrian Volumes by Land-use Type Using Seoul Pedestrian Survey Data", *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol.14, No.2, pp.39-53.
- Kang, D., Lee, S., Kim, Y., and Hong, J. (2010). "Effects of Traffic Islands on Traffic Accidents Reduction", *Journal of Korea Transportation Research Society*, Vol.28, No.2, pp.21-32.
- Kim, K. and Park, B. (2010). "Developing the Traffic Accident Severity Models by Vehicle Type", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol.25, No.3, pp.131-136.
- Kim, T. and Park, B. (2010). "Analysis on the effectiveness of roundabout by flare of entry and exit", *Journal of Korea Transportation Research Society*, Vol.62, pp.457-462.
- Lee, J. and Lee, M. (2011). "Analyzing the land use characteristics in Seoul - focused on distribution of the building area in 2008", *Journal of Contents*, Vol.11, pp.467-473.
- Ministry of Land Infrastructure and Transport. (2014). "Roundabout Design Guidelines"
- Moranda-Moreno, LF., Morency, P., and Ei-Geneidy, AM. (2011). "The Link between Built Environment, Pedestrian Activity and Pedestrian-Vehicle Collision Occurrence at Signalized Intersections", *Accident Analysis and Prevention*, Vol.43, pp.1624-1634.
- Nathan, J. and Roger, C. (2015). "Accident Prediction at Urban Roundabouts in New Zealand - some initial results", *26th Australasian Transport Research Forum*.
- Park, B. and Beak, T. (2014). "Developing Rear-end Collision Models of Roundabout in Korea", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol.29, No.6, pp.151-157.
- Park, J., Jang, I., Son, U., and Lee, S. (2011). "Development of Traffic Accident Forecasting Models Considering Urban-transportation System Characteristics", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.29, No.6, pp.39-56.
- Simon P. W., Matthew G. K., and Fred L. M. (2003). *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*, Florida: CRC Press.
- Song, K. and Nam, J. (2009). "An Analysis on the Effects of Compact City Characteristics on Transportation Energy Consumption", *Journal of Korea Planning Association*, Vol.44, No.5, pp.193-206.
- Wedagama, D., Priyantha, R., and Metcalfe, A. (2006). "The Influence of Urban Land-Use on Non-motorized Transport Casualties", *Accident Analysis and Prevention*, Vol.38, pp.1049-1057.
- Wier, M., Weintraub, J., Humphreys, E. H., Seto, E., and Bhatia, R. (2009). "An Area-level Model of Vehicle-Pedestrian Injury Collisions with Implications for Land-use and Transportation Planning", *Accident Analysis and Prevention*, Vol.41, pp.137-145.
- Yannis, G., Theofilatos, A., and Pispiringos, G. (2017). "Investigation of Road Accident Severity per Vehicle Type", *Transportation Research Procedia*, Vol.25, pp.2076-2083.