

도로안전진단항목의 교통사고밀도에 대한 영향분석*

- 서울특별시 자치구를 중심으로 -

전연수**, 고주연***, 엄춘호****

A Study on the Road Safety Audit Factors Influencing Accidents Density in Seoul*

Yeonsoo Jun**, Jooyeon Go***, Chunho Yeom****

요약 : 도로교통 안전진단 제도는 국내 교통사고 사망자 수를 줄여 교통안전을 달성할 목적으로 운영단계의 교통사고·교통 패턴을 분석해 개선되었다. 이 연구는 도로안전진단항목 검토와 운영단계의 교통사고 분석을 실시해 시사점을 도출하고자 한다. 먼저 이 연구는 서울특별시 25개 자치구를 대상으로 도로 데이터를 도로안전진단항목에 따라 분류하였고 그 정의를 제시하였다. 그다음은 다중회귀분석과 선행연구 검토를 수행하여 교통사고밀도 영향요인 통계분석과 시사점을 도출하였다. 다중회귀분석을 수행한 결과, 인구밀도·1인당 자동차 등록대 수·보도연장당 보도상 영업시설물·중로 연장이 교통사고 밀도에 통계적으로 유의미한 양(+)의 영향을 주는 것으로 분석되었다. 분석결과에 따라 교통사고 밀도를 종속변수로 하는 최적의 다중회귀모형을 제시하였다. 이 연구는 자료 수집의 어려움으로 도로 위계별 분류에 따른 교통사고 밀도 분석, 도로의 특정 구간·교차로 등을 바탕으로 한 연구를 수행하지 못한 한계가 있다. 이 연구결과를 바탕으로 앞으로 도로 위계별 교통사고 영향분석연구, 실제 도로구간과 시설물에 관한 구체적인 연구 등을 수행할 수 있을 것이다.

주제어 : 도로안전진단, 교통사고밀도, 다중회귀분석, 교통안전

ABSTRACT : Countless efforts have been made to improve the road safety audit system through accident and traffic pattern analysis for the post-opening phase of the road, enhancing domestic road safety conditions and decreasing the number of fatalities. The study aims to analyze road safety audit factors and traffic accidents for the post-opening phase of the road in order to derive significant conclusions. First, the study collected and classified road-related data from 25 self-governing districts, Gu, in Seoul, and proposed definition of each classification. Subsequently, an accident density regression model using road safety data was developed. The result of the multiple regression analysis proved that factors such as population density, number of cars per person, facility per sidewalk length, middle-scale road length had a higher impact on accident density than any other factors. However, the study had limitations in analyzing data separated by road types due to the difficulties concerning data collection. Nevertheless, the study will ostensibly be a good source of information for those who are interested in studying further for identifying influences in road safety.

KeyWords : Road Safety Audit, Accident Density Model, Multiple Regression Analysis, Traffic Safety

* 이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2019R1C1C1001997).

** 서울시립대학교 도시과학연구원(Institute of Urban Science, Univ. of Seoul)

*** 서울시립대학교 도시과학연구원(Institute of Urban Science, Univ. of Seoul)

**** 서울시립대학교 국제도시과학대학원 교수(Professor, International School of Urban Sciences, Univ. of Seoul)

교신처자(E-Mail: chunhoy7@uos.ac.kr, Tel: 02-6490-5154)

I. 서론

1. 연구배경과 목적

최근 5년간 국내 교통사고 사망자 수는 꾸준히 감소하고는 있으나, 자동차 1만 대당 사망자 수는 2.2명으로 OECD(경제협력개발기구) 34개국 중 32위 수준으로 취약한 도로교통 안전의 현실이 존재한다(도로교통공단, 2015). 이에 국내에서는 교통안전도를 OECD 중위권 수준으로 향상하고 교통사고 사망자 수 감소를 통한 교통안전을 달성하기 위해 다양한 노력을 수행하고 있다. 구체적으로 '제8차 국가 교통안전 기본계획(국토교통부, 2018)'의 변경을 통해 교통안전 지표를 세분화하고, 인간 중심의 교통안전관리를 추진 중이다. 또한 「교통안전법」(2019)에 따라 운영되는 「교통안전진단지침」(2018)의 진단단계를 세분화하고, 평가 규정을 신설하는 등의 개정을 통해 도로이용자 입장의 도로 안전성을 개선하고 있다.

일반적으로 도로교통 안전제도는 운영단계의 교통사고·교통 패턴의 분석을 통해서 개선되며, 도로 사용자의 경험과 지식에 기반하여 도로 안전도의 의사결정이 이루어진다. 2017년 1월 공포된 교통안전법 개정에 따라 기존의 특별 안전진단을 운영단계 진단으로 변경하고, 교통사고 발생원인과 관련한 교통시설의 진단만을 수행하는 것도 이를 반영한다. 다만, 최근 개정된 영국 「GG119 Road Safety Audit」(Highland England, 2019) 및 호주·뉴질랜드 「Guide to Road Safety」(Austroads, 2019)와 비교할 때, 국내 도로안전진단 제도는 교통사고 자료의 분석이 미약하고, 진단단계별 실질

적 진단 방법론의 세분화가 부족한 것으로 보인다.

이에 이 연구에서는 도로안전진단항목에 대한 검토 및 운영단계의 교통사고 분석을 통하여 시사점을 도출하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구내용과 방법

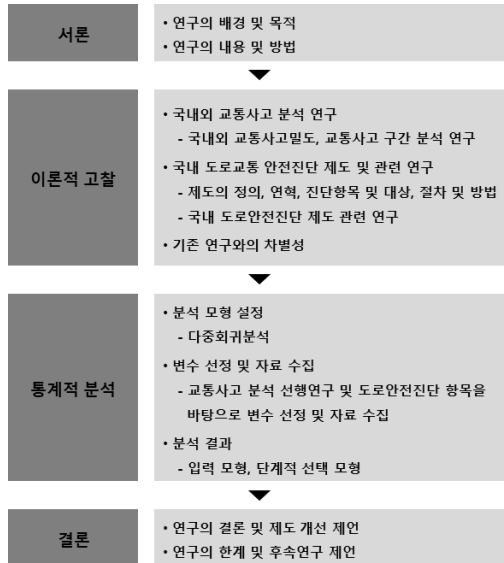
이 연구는 도로시설물 및 도로환경에 관한 데이터를 도로안전진단항목에 따라 분류하고, 다중회귀분석을 통해 교통사고밀도에 대한 영향요인을 밝히고 시사점을 도출하고자 한다.

내용적 범위로는 데이터 수집이 가능한 운영단계의 도로를 대상으로 하며, 「교통안전법」(2019) 제38조·제45조·제46조 및 같은 법 시행령 제31조·제34조에 따라 교통시설설치·관리자가 받아야 하는 도로에 대한 교통시설 안전진단(이하 “도로안전진단”)을 대상으로 한다. 도로안전진단항목에 관하여는 「교통안전진단지침」(2018)에 따른다.

공간적 범위로는 서울특별시 25개 자치구를 대상으로 하며, 시간적 범위로는 2018년 데이터를 활용하였다. 다만, 데이터상의 한계로 2017년(어린이 인구비율 및 노인 인구비율), 2016년(가로 녹지율) 데이터를 활용한 변수도 존재한다.

이 연구는 그림 1과 같은 연구 흐름에 따라, 정성적 연구와 정량적 연구를 병행한다. 국내·외 교통사고 분석연구 및 국내 도로안전진단 제도 점검을 통해 기존 연구와의 차별성을 제시할 예정이다. 이후 교통사고 밀도 및 자치구별 도로안전진단항목과 관련된 도로시설물 등의 변수를 검토하여 다중회귀분석을 수행하고, 이를 바탕으로 연구의 결론 및 제도 개선방안 등을 제시할 예정이다.

〈그림 1〉 연구 흐름도



II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토

1. 국내·외 교통사고 분석연구

1) 국내 교통사고 분석연구

국내 교통사고와 관련한 연구는 표 1과 같이 전형적으로 도로구간의 교통사고의 특성 및 사고분석·예측 모형을 개발하는 내용이 주를 이루어왔으며, 다중선형회귀분석·비선형회귀분석이 활용되어왔다.

2015년 이후 교통사고 밀도라는 새로운 지표를 도입한 분석모형이 개발되며, 점·선적인 여건을 넘어선 지역의 특성까지 고려하는 분석이 수행되었다. 교통사고 밀도를 종속변수로 분석을 수행한 국내 연구로 박나영 외 2인(2017), 김경용 외 3인(2015)이 있다. 박나영 외 2인(2017)은 전국의 시·군·구

존을 나누어, 고속도로 비율·도로 길이·광로 길이·포장 비율·보도 길이·자전거도로 길이·용도지역 비율·인구밀도·상점 수 등의 교통여건 변수·사회경제 변수를 활용하여 분석을 수행하였다. 김경용 외 3인(2015)은 도로밀도·통행 발생량·통행 도착량·교차로 개수·차종별 비율·자동차 등록대 수 및 주차수급비·용도지역 비율·인구 비율 등의 변수를 활용하여 분석을 수행하였다.

교차로 및 도로 노선에 대한 분석은 임준범 외 3인(2014), 유두선 외 3인(2008) 등 지속하여 이루어져 왔으며, 실제 도로구간을 대상으로 하여 도로기하구조 및 기상자료, 도로여건, 교통량 등을 독립변수로 활용하여 분석을 수행하였다. 또한, 시계열 분석, 인공신경망 모형 등 다양한 분석방법을 활용한 연구가 수행되어왔다. 구체적으로, 임준범 외 3인(2014)은 곡선반경·원화곡선·종단경사 최빈값·차선폭·차선 수도로 폭·중앙분리대 등의 시설 유무·도로 시거 등을 첨단 도로점검 차량 및 NAHMIS(National Highway Management Information System) 도면 자료를 활용하여 수집한 뒤 음이향 회귀분석을 수행하고, 안전성능함수와 사고수정계수를 개발하였다. 이후 경험적 베이즈안 방법을 통해 모형 적합도를 검증하는 연구를 수행하였다. 유두선 외 3인(2008)은 교차로 면적·좌/우회전 전용 차로 계·교통섬 합계·주도로 제한속도·부도로 제한속도·주/야간 교통량·종단경사 합·이중정지선 합계 등의 독립변수를 바탕으로 다중선형회귀분석을 수행하고, 과분산 계수를 기준으로 다중 비선형회귀 분석의 방법을 설정하여 분석하였다.

2) 국외 교통사고 분석연구

국외에서는 국내보다 이른 시기부터 교통사고

밀도 지표 및 지역적 특성을 반영한 교통사고 분석이 이루어져 왔으며, Mohammadi et al.(2018), Hashimoto et al.(2016) 등에 의해 수행된 연구가 존재한다.

Mohammadi et al.(2018)은 이란의 마슈하드 내 253개 교통분석구역(네트워크 및 차량타입에 의한 교통사고, 사회경제 변수, 통행생

성존·통행유인존에 따른 교통 발생, 차량타입에 따른 교통발생 변수를 GIS를 활용하여 분석하고, 음이항 회귀모형 분석을 수행하여 교통사고 예측모형을 개발하였다. 해당 연구에서는 도시지역 분석에서 종속변수로 차량주행거리가 아닌 교통분석구역을 활용하였는데, 이는 차량주행거리가 도로 링크 교통량 및 낮은 위계 도로의 누락 등 불확실성

〈표 1〉 선행연구

제목(연구자, 연도)	연구 대상		분석방법
국내 교통사고 밀도 모형 개발 (박나영 외 2인, 2017)	전국 시·군·구별 존	교통사고밀도	다중선형회귀분석
존별 특성을 반영한 교통사고밀도 모형 -청주시 사례를 중심으로- (김경용 외 3인, 2015)	청주시 내 행정동 30개 존	교통사고밀도	다중선형회귀분석
도로 안전성 분석 모형에 관한 연구: 전라북도 국도 권역을 중심으로 (임준범 외 3인, 2014)	전라북도 국도 9개 노선 (교차로 제외)	교통사고 건수	음이항 회귀모형, 경험적 베이즈안 방법
주·간 교통사고의 특성 및 사고모형 비교분석 (유두선 외 3인, 2008)	청주시 4지 신호교차로	교통사고 건수 등	다중선형회귀분석 다중비선형회귀분석
도로종류별 교통사고 추세분석 및 시계열 분석모형 개발 (한상진 외 1인, 2006)	전국 고속국도, 일반국도, 지방부, 도시부도로	교통사고 사망자 수	시계열분석 (ARIMA모형)
인공신경망을 적용한 신호교차로 교통사고 심각도 예측에 관한 연구 (최재원 외 3인, 2004)	전주시 백제로 축상에 위치한 7지점 교차로	교통사고 심각도	인공신경망 모형, 다중회귀모형
도로 및 교통특성에 따른 계획 단계의 도시부 도로 교통사고 예측모형개발 (이수범 외 2인, 2003)	전라북도 내 호남고속도로 및 도시·지방 지역의 일반도로	교통사고 건수	다중회귀모형
신호교차로 교통사고 예측모형의 개발 및 적용 (하태준 외 2인, 2001)	광주광역시 내 4지 신호 교차로	교통사고 건수	다중선형회귀분석, 모형 검증
Effects of modal shares on crash frequencies at aggregate level (Mehdi Mohammadi et al., 2018)	이란 마슈하드 내의 253개 교통분석구역 (TAZ, Traffic analysis zone)	교통사고 건수	음이항 회귀모형
Development and application of traffic accident density estimation models using kernel density estimation (Seiji Hashimoto et al., 2016)	일본 도요타시, 오카야마	교통사고밀도	커널밀도추정
Traffic analysis zone level crash estimation models based on land use characteristics (Srinivas S.Pulugurtha et al., 2013)	미국 샬럿, 메클렌부르크, 노스캐롤라이나 내의 765개 교통분석구역 (TAZ, Traffic analysis zone)	교통사고 건수	음이항 분포, 모형 검증
Macro-level collision prediction models for evaluating neighbour-hood traffic safety (Gordon R Lovegrove et al., 2006)	캐나다 메트로 밴쿠버의 577개 근린단위 (Macro-level)	교통사고 건수	일반화 선형모형

이 있기 때문이다. Hashimoto et al.(2016)은 일본 도요타시와 오카야마시를 대상으로 GIS 데이터 기반의 교통사고밀도추정을 위해 커널밀도함수추정 기법을 활용하였다. 교통사고와 도시특성(인구, 도로특성, 공간 특성)의 관계를 밝혀내며, 설명변수로서 원시데이터의 활용과 비교되는 커널밀도를 활용의 개선점을 밝혀냈다.

〈표 2〉 진단의 단계 및 진단 대상

단계	진단 대상	
(기본·실시) 설계 단계	「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제2조 제10호에 따른 도로의 건설	<ul style="list-style-type: none"> ■ 일반국도·고속국도 : 총 길이 5km 이상 ■ 특별시도·광역시도·지방도 : 총 길이 3km 이상 ■ 시도·군도·구도 : 총 길이 1km 이상
	「도로법」 제10조에 따른 도로의 건설	
	진단 실시 이후 사업의 승인·인가·허가 면허 또는 결정 등을 얻었거나 신고 등이 이루어진 후에 진단 구간을 포함하여 사업계획의 변경으로 사업 규모가 승인 당시 규모보다 30% 이상 증가하였을 경우	
개시 전 단계	「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제2조 제10호에 따른 도로의 건설	<ul style="list-style-type: none"> ■ 일반국도·고속국도 : 총 길이 5km 이상 ■ 특별시도·광역시도·지방도 : 총 길이 3km 이상 ■ 시도·군도·구도 : 총 길이 1km 이상
	「도로법」 제10조에 따른 도로의 건설	
운영 단계	최근 3년간 사망 교통사고가 3건 이상 또는 중상사고 이상의 교통사고가 10건 이상 발생하여, 도로시설의 결함 여부 등을 조사한 구간	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교차로 또는 횡단보도 및 그 경계선으로부터 150m 까지의 구간 ■ 도시지역은 600m의 도로 구간, 도시지역 외는 1,000m의 도로구간

출처: 「교통안전진단지침」(2018)

Pulugurtha et al.(2013)은 토지이용특성에 기반을 둔 교통분석구역에서의 교통사고 예측모형을 음이항 분포 분석을 통해 개발하였다. 토지이용, 교통사고, 거리 중심선 네트워크, 교통분석구역 등의 데이터를 모은 뒤 GIS 분석과 상관분석을 수행하였고, 상관분석 결과 토지이용특성만을 대상으로 분석을 수행하였다. 복합용도지역, 도시주거지역, 단독주

택지역, 다가구주택 지역, 업무지역(business 및 office)이 교통사고와 강한 연관을 보였는데, 이는 활동이 많이 발생하는 토지이용 특성을 보이고 있었다. 이에 교통분석구역에서의 다른 토지이용의 적절한 균형을 유지하고, 해당 연구결과를 장기교통계획에 반영하는 것을 제안하였다. Lovegrove and Sayed(2006)는 안전계획의 의사결정 지원 툴(Tool)을 제공하고자, 밴쿠버지역의 577개 근린단위 사고에 측 모형을 일반화 선형회귀모형 분석을 통해 제시하였다. 분석모형으로는 설명변수의 4부분(지역설명, 네트워크, 사회인구, 교통수요관리), 토지이용 2부분(교외, 도시), 데이터 파생 2부분(모델, 측정)으로 구분되어 16개 모형을 개발하였다. 분석결과 교통사고는 근린특성인 교통량, 인구통계, 네트워크 형태, 교통수요관리와 관련이 있는 것으로 나타났다.

2. 국내 도로안전진단 제도 및 관련 연구

1) 국내 도로안전진단 제도

(1) 제도의 정의

국내 도로에 대한 교통시설 안전진단은 「교통안전법」(2019) 및 같은 법 시행령에 따라 위임되어 행정규칙으로 고시된 「교통안전진단지침」(2018)에 의하여 내용·절차 등이 정의된다. 도로안전진단은 설계단계·개시 전 단계·운영 단계의 도로에 대해, 도로이용자 입장의 진단을 통해 교통사고 요인을 사전에 제거하여 교통사고를 예방하고, 심각도를 감소하는 것을 목적으로 한다. 이에 따라, 도로안전진단은 일정규모 이상의 교통시설(도로)을 설치하려는 경우, 해당 교통시설의 설치 전에 도로시설·도로안전시설·도로관리시설·교통안전시설에 대한 안전진단을 수행하는 것을 의미한다.

(2) 연혁

국내 도로안전진단 제도는 1994년부터 안전진단에 대한 논의가 시작되었고, 지속적인 연구가 진행되었다. 이후 2006년 「교통안전법」 개정과 함께 제도화가 시작되었다. 2007년 교통안전법 시행령과 시행규칙의 개정을 통하여 교통안전진단의 절차 및 내용을 담은 교통안전진단지침을 개발하였고, 이에 대한 입법예고가 이루어졌다. 2008년에

국도/지방도/특별·광역시도/시도/군도/구도를 진단 범위로 도로의 건설, 진단 이후 도로사업의 규모 변경 등이 대상 사업으로 존재한다. 운영단계 도로안전진단에 대해서는 「교통안전법 시행령」 제 37조 제1항에서 정의된 ‘교통사고 원인조사 대상’과 동일한 구간이 진단 대상으로 존재하며, 2018년 개정안 시행에 따라 ‘교통안전 점검결과에 따른 진단’이 대상에서 제외되었다.

〈표 3〉 진단항목

대분류	중분류	대분류	중분류
일반사항	자료제공, 기능 및 체계, 속도	평면교차	일반사항, 속도, 시거, 신호등, 교통섬 및 도로로, 보행자 및 자전거, 회전교차로
횡단구성	일반사항, 차로, 중앙분리대, 길어깨	포장 및 배수	일반사항, 포장, 배수, 교량, 터널
선형	일반사항, 평면선형, 시거, 종단선형, 복합선형, 인적요인, 변이구간	보행자 및 자전거	일반사항, 보도, 자전거
입체교차	일반사항, 연결로, 연결로 접속부, 철도건널목	부속시설	일반사항, 방호 울타리, 시선 유도시설, 영업소, 버스정류장, 방음시설, 충격 흡수시설, 기타, 교통관리시설, 비상탈주로, 과속·현광·미끄럼 방지시설, 주차장·휴게소, 체인 탈착장, 낙석 방지시설
표지 및 표시	일반사항, 설치기준, 일관성, 지주, 시인성, 유지관리, 통행권, 표지병설 및 남용		
조명	일반사항, 조도, 지주, 설치기준 및 간격		
공사구간 및 사고처리	일반사항, 공사구간, 사고처리	기상조건 및 환경	일반사항, 날씨, 동물, 조경

출처: 「교통안전진단지침」(2018)

는 설계단계의 도로와 운영 중인 도로를 이원화하여 일반/특별 교통안전진단으로 구조화된 교통안전진단 제도가 전면적으로 시행되었다. 제도화 이후 단서 조항으로 인해 실질적으로 진단을 시행할 사업이 없어 사문화되는 한계와 기존 업무와의 중복성 논란 등이 발생하였다. 그러나, 2018년 1월 18일 전부 개정 이후 개시 전 단계의 의무화, 진단 단계 구체화, 제도 명칭의 혼선 감소, 진단결과 평가 강화 등의 제도 개선이 이루어지고 있다.

(3) 진단 대상 및 항목

진단 대상은 표 2와 같이 설계단계·개시 전 단계·운영단계의 진단단계별로 구분되며, 고속도로/

진단항목은 〈표 3〉과 같이 12가지 대분류 및 68개 중분류에 대해서 시설물 유무, 적정성, 도로 안전 영향, 시인성, 시설물 필요성 등의 내용 검토를 수행한다.

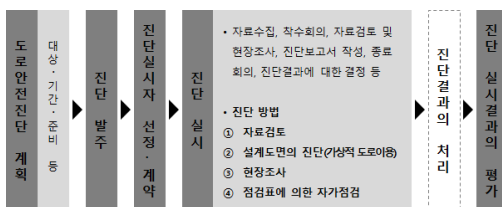
(4) 진단절차 및 방법

진단단계별로 공통된 진단의 절차는 〈그림 2〉와 같으며, 도로안전진단 계획에 따른 발주 이후, 진단실시자가 자료검토·설계도면의 가상적 도로이용 등의 진단·현장조사·점검표에 의한 자가점검 등을 수행한다. 이후 진단결과에 대해 발주처의 처리가 있으며, 발주처가 설계자와 진단실시자에게 처리결과를 통보하고 교통행정기관에 보고서를 제출

하며 진단이 종료된다.

진단방법은 ① 자료검토, ② 설계도면의 진단, ③ 현장조사, ④ 점검표에 의한 자가점검으로 구성되어있다. ① 자료검토는 상위계획·설계보고서·설계도면·교통영향분석 개선대책 등의 제공된 자료의 신뢰성을 점검하고, 교통사고자료의 필요성·적합성 여부를 검토하는 것이다. ② 설계도면의 진단은 다양한 도로이용자 관점에서 교통 공간을 건너나 운전하여 통과해봄으로써 위험 요소를 진단하는 가상적 도로이용을 통한다. ③ 현장조사는 현장에서 기상 상황 등을 고려하고 실제적인 도로이용을 통한 평가를 수행하여 기록한다. ④ 점검표에 따른 자가점검은 진단실시자의 경험과 전문지식을 바탕으로 점검표를 기반의 점검을 수행하는 것이다.

〈그림 2〉 진단절차(공통) 및 방법



출처: 「교통안전진단지침」(2018)

2) 국내 진단절차 관련 연구

국내 도로안전진단 제도와 관련한 연구는 제도 도입이 있던 시기에 제도 시행 및 정착 방안을 검토하는 내용이 주를 이룬다.

김성우(2009)는 도로안전진단 제도의 종류·대상 사업·실시과정을 정리하고, 진단 대상에 대한 포괄적인 해석·예외조항 삭제·진단인력 확보·진단 실적의 설계용역 평가 기준 실적 인정 등의 제도 활성화 방안을 제시하였다. 공준봉(2008)은 도로교통 안전진단 제도 시행에 관한 하위법령 개정 등의 추진현황, 제도의 특징(대상 사업·진단단계·실시자·

진단절차 등)을 정리하여 제시하였다. 엄대룡 외 3인(2007)은 국내 도로교통 안전진단 현황 및 문제점을 검토하고 사고지점에 대한 현장조사를 수행하여, 운영 중인 도시부 지역의 도로에 관한 안전진단 수행·진단절차 및 체계 등의 제도 개선방안을 제시하였다.

설재훈(2006)은 당시 도입예정이었던 도로교통 안전진단 제도에 대해 교통사고 조사·안전진단 및 관리를 위한 통합정보시스템 구축방안을 제안하였다. 구체적으로 통합정보시스템 구축을 위한 단위 기술 개발과 추진체계, 비전, 기대성과를 제시하였다. 황상호(2006)는 도로교통 안전진단 제도 정착을 위해 영국의 진단제도 발전과정과 국외 확산과정을 살펴보고, 국내 추진현황과 관련 법규를 검토하였다. 교통안전진단 제도와 과정상의 문제점으로 도로관리청의 인식 부족·진단주관자의 준비 미흡·교통 영향 평가 대상의 의무진단 대상 제외·진단팀의 미확보·진단 행정체계 구축 논의 부족 등을 제시하였으며, 이에 대해 인식제고 프로그램을 추진하고, 운영 중인 기존 도로 진단에 집중 및 기존 사업과 접목한 제도 추진 등의 방안을 제안하였다.

이 외로 도로교통 안전진단 현황 및 효과분석에 관한 연구도 추후 논의가 이루어졌다. 김현진 외 5인(2015)은 도로교통 안전진단 보고서를 수집하여 도로 유형별·점검항목별 현황을 분석하고, 관찰적 사전·사후 평가 방법을 통한 사고 감소 효과분석 방법론을 개발하였다. 문승라(2012)는 공용 중인 영동고속도로를 시행그룹으로 경험적 베이스 방법에 의한 사전·사후 평가를 수행하였다. 구체적으로는 경부고속도로 등을 미시행그룹으로 구분하여 사고 건수·일 교통량·기하 구조의 자료를 수집하여 사고예측모형을 개발하고, 이후 시행그룹과 미시행그룹의 효과평가를 수행하였다.

3. 기존 연구와의 차별성

이 연구는 교통시설 안전진단 지침상의 ‘도로안전진단’의 점검항목을 반영한 독립변수를 수집하고 교통사고밀도와와의 관계를 다중선회귀분석을 통하여 밝혀낼 것이다. 이에 따라 이 연구는 ‘도로안전진단’에 대해 선행연구를 수행함으로써 도로시설물에 대한 데이터를 다양하게 고려하고, ‘도로안전진단’상의 점검항목에 따라 도로와 관련한 데이터를 분류한 것에서 두드러진 차별성이 있다. 기존의 도로안전진단 제도와 관련한 연구와 달리, 점검항목과 관련하여 정량적인 분석을 수행한 것에서 의의가 있다. 또한, 이 연구는 단절적인 구간이 아닌 특정 지역을 대상으로 한 모델을 개발하고, 분석 모델을 개발하는 과정에서 지역 간의 비교가 가능한 척도로 데이터를 변환하여 제시하였다. 이를 통해 도로의 일정 구간 교차로보다 거시적인 관점에서 분석을 수행하고, 지역의 복합적인 요소를 고려하는 점에서 차별성이 있다. 이 외로 도로의 위계가 다양하며 도로망이 복잡하고, 대도시 및 교통 혼잡 특성을 가진 서울특별시를 대상으로 하는 점에서 기존 교통사고 밀도 분석연구의 범위를 벗어난 차별성이 있다.

III. 통계적 분석

1. 분석모형 설정

이 연구는 도로안전진단항목에 대한 검토 및 운영단계의 교통사고 분석을 수행하기 위하여 다중회귀분석을 수행하고자 한다.

회귀분석은 독립변수와 종속변수 사이의 인과관계에 따른 선형적 관계식을 구하여, 모집단의 추정치로 이루어진 독립변수에 따른 종속변수를 설명 또는 예측하고, 표본회귀선을 찾아내는 분석방법이다. 다중회귀분석은 두 개 이상의 독립변수를 다루며, 종속변수와의 관계를 다음 식(1)과 같이 나타낸다.

$$Y_i = \alpha + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + e_i \dots\dots\dots(1)$$

회귀분석 계수의 추정은 최소제곱법에 의한다. 최소제곱법은 표본회귀선의 추정치 \hat{y}_i 와 표본의 관측값 y_i 의 차이인 잔차(e_i)의 제곱합을 최소로 하여, 해 방정식을 근사적으로 찾아내는 방법을 의미한다.

이 연구는 서울특별시 자치구별 교통사고밀도를 종속변수로 설정하고, 도로안전진단 점검표 상의 도로시설물과 지역적 특성의 변수를 단계적으로 포함하여 다중회귀분석을 수행하였다. 분석을 위해 SPSS 25 프로그램을 활용하였다.

다중회귀분석의 경우 독립변수의 부분집합으로 구성되는 모든 가능한 모형을 고려할 필요가 있다. 다양한 변수를 활용하는 경우 발생하는 계산상의 문제를 해결하기 위해 <표 4>와 같은 두 가지 분석모형을 개발하였다. 분석모형의 개발에 있어 모든 변수를 입력하거나 우선 배제·제거하는 모형은 개발하지 않았다. 이는 독립변수가 많음에 따라, 모든 독립변수를 모형분석에 우선적으로 포함하는 경우 종속변수에 대한 설명력이 지나치게 높아지며, 통계적 유의성은 떨어지기 때문이다.

<표 4> 분석모형

구분	내용
분석모형 1	종속변수인 교통사고밀도에 대해 가장 상관관계가 높은 변수를 우선적으로 포함하고, 이 외의 변수를 단계적으로 선택하는 모형
분석모형 2	모든 독립변수를 대상으로 단계적 선택에 따라 설명력이 높은 변수들로 구성된 모형

2. 변수 선정 및 자료 수집

국내·외 교통사고 분석과 관련한 선행연구 및 도로안전진단 점검표 항목의 시설물을 대상으로,

데이터 수집이 가능한 범위에서 변수를 <표 5>와 같이 선정하였다. 또한, 각각의 변수 선정에 앞서 도로안전진단 점검표상 진단항목을 검토하여 최대한 반영할 수 있도록 하였다.

〈표 5〉 변수 선정 및 선정 이유

구분	대분류	선정된 중분류	선정 변수	선정 이유
도로 안전 진단 항목	일반사항	속도	평균 차량통행속도	▪ 주행속도 진단항목 반영을 위한 변수
	횡단구성	일반사항	버스전용차로 도색, 복개구조물	▪ 다양한 도로횡단 구조 및 교통류를 창출하는 횡단면요소 진단 변수
		차로	광로, 대로, 중로, 소로	▪ 도로의 (규모별) 구분으로 차로 폭 적정성 검토 항목을 반영하는 변수
	선형	시거	도로점용 정보	▪ 시야에 장애가 발생할 수 있는 진단 요인 변수
	평면교차	신호등	차량신호등, 보조신호등, 경보등	▪ 신호인지 및 신호 운영 적정성 진단 측면에서 신호등·경보등 개수 활용
		보행자 및 자전거	보행등	▪ 횡단시설 설치 여부 진단 변수
	입체교차	연결로	지하차도, 고가차도 (단순 입체교차)	▪ 횡단구성·선형 적정성 등 연결로 진단항목의 내용을 반영할 수 있는 변수로 활용
	보행자 및 자전거	자전거	자전거 우선도로, 자전거전용도로·차로, 자전거 및 보행자 겸용도로	▪ 자전거도로의 종류가 설치 가능한지 검토하는 진단항목을 반영하는 변수
		보도	보행자 안내표지, 보도상 영업시설물, 지하보도, 보도육교, 어린이보호구역	▪ 보도 및 안전조치 존재 여부, 시인성 저하 요소 검토의 진단 항목을 반영하는 변수
	포장 및 배수	터널	터널	▪ 포장 및 배수 중분류상 터널을 별도 시설물로 진단 관리함을 반영
		교량	일반교량	▪ 포장 및 배수 중분류상 교량을 별도 시설물로 진단 관리함을 반영
	부속시설	시선유도시설	표지병	▪ 표지병의 설치에 관한 적정성 진단을 하는 것을 반영한 변수
		과속방지시설	험프	▪ 과속방지시설 설치 적정성 진단항목을 반영하는 변수
		주차장, 휴게소	노상주차장	▪ 주차 계획 미비 및 불법주차 발생 여부 검토에 대응하는 변수
		기타	운행제한물시설	▪ 교각 등의 안전조치 진단항목을 반영하기 위한 변수 활용
	표지 및 표시	표지병설 및 남용	안전표지	▪ 표지의 과다 설치로 인한 혼란 여부, 추가 설치 필요성을 검토하는 진단항목에 대응하여 변수적용
	조명	-	-	-
기상조건 및 환경	조경	가로녹시율	▪ 수목의 성장으로 교통안전 위험이 발생하는지 진단하는 항목을 반영한 변수	
공사구간 및 사고처리	공사구간	도로굴착공사 현장	▪ 공사 구간에 대한 사전 정보가 제공되었는지 진단하는 항목에 대응하는 변수	
선행 연구	인구밀도			▪ 김경용 외 3인(2015), 박나영 외 2인(2017)의 선행연구를 참고하여, 지역의 복합적인 특성을 반영하는 변수로 선정
	어린이 비율			
	노인 비율			
	1인당 자동차 등록대 수			
	도로율			
기타	자전거 이용환경만족도			▪ 도로안전진단이 이용자 관점의 진단을 수행하는 점에서 이용자 만족도 반영
	보행환경만족도			

이후 상관관계 분석을 통해 유의수준 0.05 기준으로, 피어슨 상관계수 0.7 초과와 강한 상관성을 보이는 변수를 제외하였다.

다만, 상관관계 분석에 앞서 자치구 단위로 비교·분석이 이루어진다는 점에서 변수를 단일화된 척도로 변환하였다. 구체적으로 데이터가 극단적으로 차이를 보이는 경우 더미 변수로 변환하였으며, ‘어린이 비율’ 등 각 변수의 백분율을 산출하거나, ‘도로·보도 연장 당 각 시설물의 합계 비율’을 산출하였다. ‘도로·보도·자전거도로 연장’은 km 단위로 일치시킨 절댓값을 투입하였다. 상관관계 분석 및 데이터 수집의 한계 등의 이유로 제외 및 누락된 변수는 <표 6>에서 설명한다.

<표 6> 누락변수 및 누락 이유

대분류	누락변수 및 누락 이유
일반사항	<ul style="list-style-type: none"> 자료제공 진단을 반영하는 변수로, ‘교통사고원인조사 대상 지점 개소’ 및 ‘교통정보용 CCTV 개수’ 변수를 활용하려 했지만, 타 변수와 상관성이 높아 제외 기능 및 체계와 관련한 진단항목은 데이터 수집의 한계에 따라 누락
횡단구성	<ul style="list-style-type: none"> 중앙분리대·길어깨 등에 대한 정보 수집의 한계로 변수 누락
선형	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 수집의 한계로 인적요인·변이구간·선형 변수 누락
평면교차	<ul style="list-style-type: none"> 속도·시거·회전교차로에 대한 자료 수집의 한계로 변수 누락 교통섬 및 도로로 진단에 대응하는 ‘안전지대 수’ 변수는 상관관계 검토 후 제외 일반사항으로 ‘(평면·입체) 교차로 수’의 경우, 타 변수와 상관관계가 높고, 입체교차와의 중복 문제가 발생할 수 있어 제외
입체교차	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 수집의 한계로 철도건널목·연결로 접속부 변수 누락
보행자 및 자전거	<ul style="list-style-type: none"> 보도 진단항목 중 횡단시설 설치 검토로 활용될 수 있는 ‘(신호등 유/무) 횡단보도·보행신호등 보조장치·음향신호기 수’ 변수는 상관관계 검토 후 제외

대분류	누락변수 및 누락 이유
포장 및 배수	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 수집상의 한계로 포장 및 배수 변수 누락
부속시설	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 수집상 한계로, 버스정류장·방음 시설·총격 흡수시설·방호 울타리 등 누락 주차장 진단항목 중 충분한 주차 면적을 검토하는 변수로 ‘주차장확보율’을 활용하려 했으나, 타 변수와 상관관계가 높고, 노상주차장과 중복 문제가 발생할 수 있어 제외
표지 및 표시	<ul style="list-style-type: none"> 일관성·지주·사인성·통행권 등 중분류 변수는 데이터 수집이 불가하여 누락 설치기준 진단항목 중 노면 표시 설치 적정성 대응 변수로, ‘노면 표시 수’ 변수를 선정하려 했으나, 상관관계 검토 후 제외
조명	<ul style="list-style-type: none"> 조명 설치기준 및 간격 진단의 내용을 반영할 수 있는 ‘가로등 개소’ 변수를 활용하려 했지만, 상관관계 검토 후 제외 자료 수집의 한계로 조도·지주 변수 누락
기상조건 및 환경	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 수집 및 자치구 대푯값 선정의 한계로 날씨·동물 변수 누락
공사구간 및 사고처리	<ul style="list-style-type: none"> 교통사고처리 진단항목인 사고 파손률에 대한 데이터 관리가 이루어지지 않아 사고처리 변수 누락

변수 각각의 정의는 「(교통안전 시설물 관리 시스템) 공통코드 테이블 정의서」(2019), 「교통안전법」(2019), 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」(2019), 「도로교통법 시행규칙」(2019), 「도로법」(2019), 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」(2019), 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령」(2019), 「주차장법」(2019), 「교통사고조사규칙」(2018), 「자전거 이용 활성화에 관한 법률」(2018), 「보행안전 및 편의증진에 관한 법률」(2017), 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」(2015), 「서울특별시 도로기전설비 설치 및 관리에 관한 규정」(2011) 및 출처 기관 문의를 통해 정리하였다.

최종적으로 선정된 변수와 각각의 집계 및 적용 방법, 데이터 출처는 <표 7>과 같다.

〈표 7〉 최종 선정 변수 설명

구분	변수명	집계 및 적용방법	단위	데이터 출처·연도
종속 변수	교통사고 밀도	▪ 자치구별 교통사고 발생 건수 ÷ 자치구별 면적	㎢당 건	서울열린 데이터광장 2018
독립 변수	① 평균 차량통행속도	▪ 「2018 서울특별시 차량통행속도 보고서」(서울특별시, 2018) 기준, 자치구별 차량통행속도 평균값을 대푯값으로 선정 ▪ 25개 자치구별 분석대상 도로에서 전일 조사(06시~22시)로, 승용차(영업용 택시) GPS 기반의 구간속도 산출방식 및 버스 GPS 기반의 구간 속도 감지 방식을 활용하여 속도 조사	km/h	서울열린 데이터광장 2018
	② 버스전용차로 도색 합계연장	▪ 자치구별 버스 차종만 통행할 수 있도록 차로를 지정 운영하는 도로구간의 경계를 나타내는 도면 표시 총연장	km	서울특별시T-GIS 2018
	③ 복개구조물 연장	▪ 자치구별 하천 등을 복개하여 도로의 용도로 사용하는 모든 구조물 총연장 ▪ 안전총괄본부·도로사업소 관리 연장을 제외하고, 자치구 관리 연장만을 포함하는 시설물(이하 자치구 관리 대상만 분석)	km	서울열린 데이터광장 2018
	④ 광로 연장	▪ 자치구별 폭 40m 이상인 도로 총연장	km	2019년도 도로통계 2018
	⑤ 대로 연장	▪ 자치구별 폭 25m 이상 40m 미만인 도로 총연장	km	2019년도 도로통계 2018
	⑥ 중로 연장	▪ 자치구별 폭 12m 이상 25m 미만인 도로 총연장	km	2019년도 도로통계 2018
	⑦ 소로 연장	▪ 자치구별 폭 12m 미만인 도로 총연장	km	2019년도 도로통계 2018
	⑧ 도로연장당 도로점용 정보	▪ 자치구별 도로점용 개소 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 도로점용은 공작물·물건 또는 그 밖의 사유 등으로 도로를 점용하는 것을 의미(간판, 지하상가 등)	㎢당 개소	공공데이터 포털 2018
	⑨ 도로연장당 차량신호등 등수	▪ 자치구별 차량신호등 등수 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 차량신호등은 차량통행을 위한 신호등을 의미	㎢당 조	서울특별시T-GIS 2018
	⑩ 도로연장당 보조신호등 등수	▪ 자치구별 보조신호등 등수 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 보조신호등은 주신호등을 보조하기 위해 도로 측면이나 도로 중앙에 설치하는 신호등을 의미	㎢당 조	서울특별시T-GIS 2018
	⑪ 도로연장당 경보등 등수	▪ 자치구별 경보등 등수 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 경보등은 차량 통행이 잦은 횡단보도, 교통사고 위험성이 있는 교차로 등에 설치하는 신호등을 의미	㎢당 조	서울특별시T-GIS 2018
	⑫ 보도연장당 보행등 등수**	▪ 자치구별 보행등 등수 ÷ 자치구별 보도 총연장(km) ▪ 보행등은 안전한 보행을 위해 보행자의 통행이 빈번한 곳 등에 설치하는 신호등을 의미	㎢당 조	서울특별시T-GIS 2018
	⑬ 지하차도 연장	▪ 자치구별 「도로법」에 따라 도로에 설치되어 도로기능을 하는 지하차도 총연장 (자치구 관리 대상만 분석)	km	서울열린 데이터광장 2018
	⑭ 고가차도 유무	▪ 자치구별 「도로법」에 따라 도로에 설치되어 도로기능을 하는 고가차도 존재 여부 (자치구 관리 대상만 분석) ▪ 고가차도가 없는 자치구가 19곳으로 더미 변수변환이 적합	Dummy	서울열린 데이터광장 2018
	⑮ 자전거 우선도로 구간 길이*	▪ 자치구별 자동차 통행량이 적은 도로를 자전거와 자동차가 상호 안전 통행하도록 노면표시로 설치한 자전거도로 총연장	km	서울열린 데이터광장 2018
	⑯ 자전거전용도로 구간 길이*	▪ 자치구별 자전거만 통행할 수 있도록 분리대, 경계석 등에 의하여 차도 및 보도와 구분하여 설치한 자전거도로 총연장	km	서울열린 데이터광장 2018

구분	변수명	집계 및 적용방법	단위	데이터 출처·연도
⑰	자전거전용차로 구간 길이*	▪ 자치구별 차도의 일정 부분을 자전거만 통행하도록 차선, 안전표지 등으로 차로와 구분한 차로 총연장	km	서울열린 데이터광장 2018
⑱	자전거 및 보행자 전용도로 구간 길이*	▪ 자치구별 자전거 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분리대 등에 의하여 차로와 구분하거나 별도로 설치한 자전거도로 총연장	km	서울열린 데이터광장 2018
⑲	보도연장 당 보행자 안내표지**	▪ 자치구별 보행자 안내표지 수 ÷ 자치구별 보도 총연장(km) ▪ 보행자안내표지판은 보행자에게 현재의 위치, 주변의 교통수단, 주요 시설물 등에 관한 정보를 제공하는 것을 의미	km당 개	서울특별시IT-GIS 2018
⑳	보도연장 당 보도상 영업시설물수**	▪ 자치구별 보도상 영업시설물 수 ÷ 자치구별 보도 총연장(km) ▪ 보도상 영업시설물은 가로판매대, 구두수선대 현황 의미	km당 개소	서울정보 소통광장 2018
㉑	지하보도 연장	▪ 자치구별 「도로법」에 따라 대통령령으로 도로로 정의된 지하보도 총연장 (자치구 관리 대상만 분석)	km	서울열린 데이터광장 2018
㉒	보도육교 연장	▪ 자치구별 「도로법」에 따라 대통령령으로 도로로 정의된 보도육교 총연장 (자치구 관리 대상만 분석)	km	서울열린 데이터광장 2018
㉓	도로연장당 어린이보호구역	▪ 자치구별 어린이보호구역 수 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 어린이보호구역은 유치원, 초등학교, 특수학교, 어린이집 등 보호구역으로 지정된 곳을 의미	km당 개소	서울열린 데이터광장 2018
㉔	터널 유무	▪ 자치구별 「도로법」에 따라 대통령령으로 도로로 정의된 터널 존재 여부 (자치구 관리 대상만 분석) ▪ 터널이 없는 자치구가 17곳으로 더미 변수변환이 적합	Dummy	서울열린 데이터광장 2018
㉕	일반교량 연장	▪ 자치구별 「도로법」에 따라 대통령령으로 도로로 정의된 일반 교량 총연장 (자치구 관리 대상만 분석)	km	서울열린 데이터광장 2018
㉖	도로연장당 표지병 수량	▪ 자치구별 표지병 수 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 표지병은 노면표시 선형을 보완하여 야간·우천 시 운전자의 시선을 명확히 유도하기 위하여 도로 표면에 설치하는 시설물	km당 개	서울특별시IT-GIS 2018
㉗	도로연장당 횡포 수	▪ 자치구별 횡포 수 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 횡포는 방향별 구분선의 한쪽에 설치된 작은 언덕을 의미	km당 개소	서울열린 데이터광장 2018
㉘	도로연장당 노상주차장 수	▪ 자치구별 노상주차장 수 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 노상주차장은 도로의 노면 또는 교통광장의 일정한 구역에 설치된 주차장으로서 일반의 이용에 제공되는 것(도로안전진단 점검항목에 비추어 노상 주차만 고려)	km당 개소	서울열린 데이터광장 2018
㉙	도로연장당 운행제한물시설	▪ 자치구별 운행제한물시설 수 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 운행제한물시설은 높이·길이·폭·중량제한 등 차량의 운행을 제한하는 시설물(타 지역과 연결되는 시설은 서울 위치 기준)	km당 개소	서울열린 데이터광장 2018
㉚	도로연장당 안전표지 합계	▪ 자치구별 안전표지 개수 ÷ 자치구별 도로 총연장(km) ▪ 안전표지는 교통안전에 필요한 주의·규제·지시 등을 표시하는 표지판 등을 의미	km당 개	서울특별시IT-GIS 2018
㉛	가로녹사율 평균	▪ 자치구별 표본지역(간선·보조간선·집산·국지도로)의 가로녹사율 평균 값으로 자치구별 대푯값을 선정 ▪ 가로녹사율= (식물 잎의 투영면적 ÷ 가로경관 사진면적)*100	%	서울열린 데이터광장 2016
㉜	도로굴착공사 현장 유무	▪ 자치구별 시작일 기준, 2018년 도로(차도·보도)굴착공사 여부 ▪ 상수도사업본부, 한국수자원공사, 도시기반시설본부, 재건축조합 등에 의한 도로굴착 공사를 의미	Dummy	서울열린 데이터광장 2018

구분	변수명	집계 및 적용방법	단위	데이터 출처·연도	
③③	인구밀도	▪ 자치구별 총인구(외국인 포함) ÷ 자치구별 면적(km ²)	km ² 당 인	서울열린 데이터광장	2018
③④	연양인구 중 어린이 비율	▪ 자치구별(9세 이하 인구수 ÷ 주민등록 연양인구 수)*100 ▪ 어린이는 「교통약자 이동편의 증진계획」(서울특별시, 2013) 상 어린이 기준	%	통계청	2017
③⑤	연양인구 중 노인 비율	▪ 자치구별 (65세 이상 인구수 ÷ 주민등록 연양인구 수)*100	%	통계청	2017
③⑥	1인당 자동차 등록대 수	▪ 자치구별 관용·자가용·영업용 합계 자동차 등록대 수 ÷ 자치구별 주민 등록 연양인구 수	1인당 대	서울열린 데이터광장, 통계청	2018
③⑦	도로율	▪ 자치구별 (도로 점유면적 ÷ 시가화 면적)*100	%	2019년도 도로통계	2018
③⑧	자전거 이용환경만족도	▪ 서울서베이의 서울시민 자전거 이용환경 만족도를 제공하는 조사통계로, 매우 만족~매우 불만족에 대한 10점 평균의 점수	점	서울열린 데이터광장	2018
③⑨	보행환경만족도	▪ 서울서베이의 서울시민 보행환경 만족도를 제공하는 조사통계로, 주거 지역·도심·야간보행에 대한 10점 평균의 점수	점	서울열린 데이터광장	2018

*①⑤, ①⑥, ①⑦, ①⑧의 시설물은 교량·하천·공원 및 도로변 포함, 양방향의 경우 각각 편도 인정

**변수 집계에 쓰인 자치구별 보도 총연장은 「2019년도 도로통계」(서울특별시, 2019)에 따름.

3. 분석결과

1) 분석모형 1

교통사고밀도의 종속변수에 대한 설명력이 높은 회귀 식을 도출하기 위해, 표 8과 같이 종속변수와 단순상관 관계를 분석하여 0.05 유의수준에서 0.3 초과 상관이 있는 독립변수를 검토하였다. ‘자전거 우선도로 구간 길이’, ‘보도연장당 보도상 영업시설물 수’, ‘일반교량 연장’, ‘인구밀도’를 우선적으로 선정·입력하였으며, 이외의 변수는 단계적 선택법에 의해 분석을 수행하였다. 다만, 분석에 앞서 이상값 검토를 수행하였다. 표준화 DFFIT 값 -2.588인 ‘중구’를 이상값으로 판단하여 배제하였다.

〈표 8〉 종속변수와 독립변수 상관관계

변수명	상관 계수	변수명	상관 계수
교통사고 밀도 (종속변수)	1	보도연장 당 보도상 영업시설물수	0.425*
평균 차량통행속도	-0.05	지하보도 연장	0.33
버스전용차로 도색 합계연장	-0.29	보도육교 연장	0.09
복개구조물 연장	-0.07	도로연장 당 어린이보호구역	0.09
광로 연장	0.03	터널 유무	-0.31
대로 연장	0.05	일반교량 연장	-0.468*
중로 연장	0.00	도로연장 당 표지병 수량	0.18
소로 연장	-0.13	도로연장 당 횡단수	0.14
도로연장당 도로점용 정보	0.06	도로연장 당 노상주차장 수	0.20
도로연장당 차량 신호등 등수	0.37	도로연장 당 운행제한물시설	-0.11

변수명	상관 계수	변수명	상관 계수
도로연장당 보조 신호등 등수	0.02	도로연장 당 안전표지 합계	0.14
도로연장당 경보등 등수	0.07	가로녹지율 평균	0.07
보도연장당 보행등 등수	-0.09	도로굴착공사 현장 유무	0.02
지하차도 연장	0.38	인구밀도	0.447*
고가차도 유무	0.13	연양인구 중 어린이 비율	-0.01
자전거 우선도로 구간 길이	0.459*	연양인구 중 노인 비율	0.00
자전거전용도로 구간 길이	0.18	1인당 자동차 등록대 수	0.39
자전거전용차로 구간 길이	-0.02	도로율	-0.09
자전거 및 보행자 겸용도로 구간 길이	-0.03	자전거 이용환경만족도	-0.01
보도연장당 보행자 안내표지	0.37	보행환경만족도	-0.03

*p(0.05)

분석결과, 수정된 R^2 값은 0.803으로 설명력이 높은 회귀 식이 도출되었다. ‘중로 연장·자전거 우선도로 구간 길이·보도연장당 보도상 영업시설물수·일반교량 연장·인구밀도·1인당 자동차 등록대 수’의 독립변수 6가지가 교통사고 밀도의 85.5% 변량을 설명한다. 분산분석의 유의확률 p값 또한 0.000으로 회귀 식의 설명력이 유의하다. 각 변수는 VIF가 10 미만의 값으로 다중공선성을 나타내지 않았지만, Durbin-Watson 값이 1.398로 통계적으로 유의미한 모형이 개발되지 못하였다. 또한, ‘자전거 우선도로 구간 길이 및 일반교량 연장’ 독립변수의 유의확률이 유의수준 0.05 기준을 만족하지 못하였다. 해당 두 가지 변수를 제외한 회귀분석의 결과는 실질적으로 분석모형 2와 동일하다.

2) 분석모형 2

단계적 선택법은 상수항부터 단계마다 한 개의 독립변수를 추가하거나 제거해나가는 방법으로, 통계적 검정절차를 포함하여 종속변수에 대해 유의한 독립변수만 포함되며, 설명력이 가장 높은 모형을 개발하는 방법이다. 모형 개발에 앞서 이상값 검토를 수행하였다. 표준화된 잔차의 절댓값 3을 기준으로 이상값을 판단할 때 표준화된 잔차 최솟값은 -2.083, 최댓값은 1.712로 이상값이 존재하지 않았다. 다만, Cook의 거리 값 1 및 표준화 DFFIT 절댓값 2를 기준으로 판단할 때, '중구'가 이상값으로 판단되어 배제하였다. 단계적 선택법에 따른 분석결과는 <표 9>와 같다. 통계적으로 유의미한 변수가 모두 포함되며 설명력이 가장 높은 모형인 모형 4번이 최종 분석모형으로 선정되었다.

<표 9> 단계적 선택법에 따른 분석결과

모형	투입(+)·제외(-) 변수	R ²	수정된 R ²	R ² 변화량	F	p-value
1	(+)인구밀도	0.330	0.299	0.330	10.832	0.003
2	(+)1인당 자동차 등록대 수	0.574	0.533	0.244	14.136	0.000
3	(+)보도연장 당 보도상 영업시설물수	0.747	0.709	0.173	19.680	0.000
4	(+)중로 연장	0.823	0.785	0.076	22.049	0.000

* 변수의 투입과 제외는 이전 모형에 기반한다.

<표 10> 최종 모형

R ²	수정된 R ²	S.E.	D.W.	F	p-value
0.823	0.785	9.826	1.510	22.049	0.000

Variables		B	β	t	p	VIF
(constant)		-110.632		-5.468	0.000	
인구밀도	X_1	0.004	1.024	8.863	0.000**	1.430
1인당 자동차 등록대 수	X_2	148.677	0.374	3.428	0.003**	1.277
보도연장 당 보도상 영업시설물수	X_3	28.042	0.581	5.016	0.000**	1.439
중로 연장	X_4	0.569	0.311	2.850	0.010*	1.276

*p<0.05 **p<0.01

<표 10>에 나타난 최종 모형은 다음 식(2)와 같은 회귀 식을 가진다.

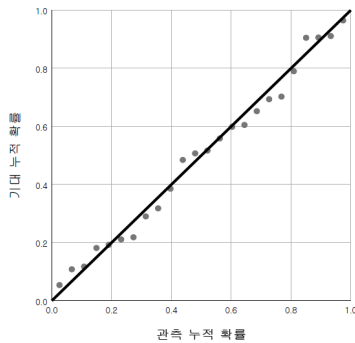
$$Y = 0.004X_1 + 148.677X_2 + 28.042X_3 + 0.569X_4 - 110.632 \quad (2)$$

수정된 R² 값이 0.785로 설명력이 높은 회귀 식으로 분석되며 독립변수 4가지에 의해 종속변수의 82.3% 변량이 설명된다. 분산분석의 유의확률 p값 또한 0.000으로 회귀 식의 설명력이 유의하다. 각 변수는 VIF가 10 미만의 값으로 다중공선성을 나타내지 않았으며, 유의확률도 각각 유의수준 0.01과 0.05보다 작아 유의한 것으로 나타난다. 이 모형은 인구밀도·1인당 자동차 등록대 수·보도연장당 보도상 영업시설물·중로 연장의 값이 증가할수록 교통사고밀도가 높아지는 것을 보여준다. 표준계수를 기준으로 비교할 때, 교통사고밀도에 인구밀도가 가장 큰 영향을 주며, 보도연장당 보도상 영업시설물 수, 1인당 자동차 등록대 수가 다음으로 영향을 준다.

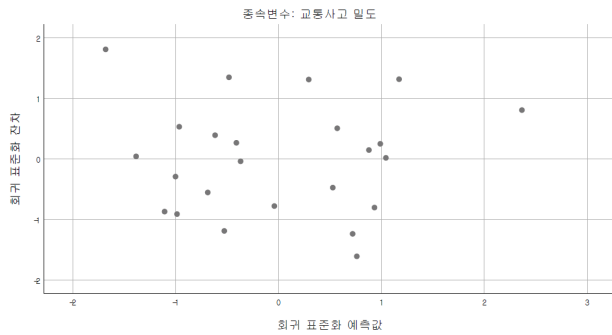
회귀 식 진단을 위해, 회귀 식에 포함되는 e_i (잔차)의 독립성과 정규성, 등분산성을 검증하고자 한다. Durbin-Watson 값을 기준으로 볼 때, 그 값이 1.510으로 잔차의 독립성을 충족한다. 또한 <그림 3> 정규 P-P 도표와 <그림 4> 산점도를 통해 볼 때 잔차의 정규분포 및 등분산성을 충족한

다. 가장 효과적으로 종속변수를 잘 설명하며, 통계적으로 유의한 모형은 분석모형 2로 판단된다.

〈그림 3〉 정규 P-P도표



〈그림 4〉 산점도



IV. 결론

1. 연구의 결론 및 제도 개선 제언

이 연구는 도로교통 안전을 향상하기 위해, 도로안전진단에 대한 국내·외 선행연구를 검토하고, 운영단계의 교통사고밀도에 대한 영향요인을 정량적으로 분석하였다. 주요 연구결과 및 제도 개선 제언은 다음과 같다.

먼저, '도로안전진단'의 점검항목을 반영한 독립변수를 기반으로 다중회귀분석을 수행하여, 교통사고 밀도에 영향을 주는 항목을 도출하였다. 분석의 결과, 인구밀도·1인당 자동차 등록대 수·보도 연장당 보도상 영업시설물·중로 연장은 교통사고 밀도에 양(+)의 영향을 주는 것으로 분석된다.

1인당 자동차 등록대 수 및 인구밀도는 자동차 보유자 및 인구가 많아짐에 따라 차량 통행량이 많이 유발되고, 그에 따라 자연스럽게 교통사고도 증가하기 때문으로 판단된다. 다음으로, 보도상 가로

판매대·구두 수선대와 같은 영업시설물이 교통사고 밀도에 양의 영향을 주는 것은 보행자의 통행에 장애물로 존재하는 것이 보도에서의 단순한 이동 불편함을 넘어 차량과의 상호작용까지 야기하는 것을 의미한다. 이는 보도 상의 영업시설물들이 보행자 및 운전자의 시야를 방해하는 등 안전한 통행을 저해하고 교통사고를 유발하기 때문으로 추정된다. 타 폭원에 비해 중로 연장이 교통사고밀도에 영향을 주는 것은 서울특별시가 소로·중로·대로·광로 순으로 연장이 길고, 소로에 비해 교통 통행량이 많은 특성이 반영된 것으로 추정된다.

다음으로, 교통사고 분석결과를 도로안전진단에 반영하는 것을 제언한다. 이는 일반적으로 자료가 존재하는 운영단계의 교통사고·교통 패턴의 분석을 통해 도로안전 정책 및 제도가 개발되며, 도로 사용자의 경험과 지식에 기반하여 도로안전진단을 수행하기 때문이다.

이 연구의 분석결과에 근거하여 운영단계의 서울특별시 도로를 대상으로 도로안전진단을 수행하데 있어 위에서 도출된 4가지 변수를 반영하여 검토하는 것을 고려할 수 있다. 상기 변수 모두는 교통사고에 영향을 주는 것으로 확인되었기에 도로안전진단 시 반영하여 점검하는 것을 제언한다. 구

체적으로, 현행 도로안전진단에서는 고려되지 않는 보도상 영업시설물(장애물) 또한 전체적인 도로 이용자 관점에서 진단해 볼 수 있을 것이다. 이 외로 도로안전진단의 초기 자료검토 과정에서, 해당 진단 구간이 포함되는 행정구역(기초지방자치단체 단위)의 1인당 자동차 등록대수, 인구밀도 등의 지역 특성을 반영하는 복합적 요소도 고려할 필요가 있는 것으로 판단된다.

2. 연구의 한계 및 후속연구 제언

이 연구는 자료 수집의 한계로, 도로 위계별 분류에 의한 교통사고 밀도 분석, 도로의 실제 한 구간·교차로 등을 바탕으로 한 연구를 수행하지 못한 한계가 있다. 따라서 시설물의 실제 위치를 반영하지 못하여, 시설물이 교통사고에 미치는 영향을 명확하게 제시할 수 없다. 이 연구는 자치구별 교통사고밀도 변수를 통해 자치구 단위의 분석을 수행하기에, 실제 도로 특정 구간을 진단하는 도로안전진단의 특성을 반영하지 않은 한계가 있으며, 이에 따라 도로안전진단항목의 개선방안을 도출하는 데에는 한계가 존재한다. 또한, 도로안전진단항목의 반영을 위해 시설물의 자료 수집 과정에서, 교통사고의 원인 중 하나인 운전자의 위험 운전행태에 대한 고려가 부족하다.

따라서 향후 연구에서는 도로 위계별 분류에 의한 사고밀도 분석 및 도로 위계별 영향 변수 도출 연구, 개별 도로별 진단결과와 사고 발생 간의 관계 분석연구, 실제 도로구간 및 시설물에 관한 구체적인 연구가 필요한 것으로 보인다. 먼저, 고속도로를 연구의 범위로 하여, 도로안전진단항목의 교통사고 영향 분석을 수행하는 방안도 있을 것이

다. 다음으로, 운영단계 도로안전진단이 수행되는 교통사고 원인분석 지역의 세부 구간을 바탕으로 교통사고 분석연구를 수행할 수도 있을 것이다. 또 는 도로안전진단항목에 대한 정량화가 가능한 부분을 검토하고 교통사고 현황과 비교하여, 도로안전진단 점검항목 개선방안을 제시해볼 수 있다. 마지막으로, 도로주행시뮬레이터 등의 실험을 통하여 도로구간에 대한 시설물 도입 여부에 따른 운전자 안전도 체감변화를 검토할 수 있을 것이다. 운전자의 행태분석을 위해서는, 도로안전진단 방법 중 가상적 도로이용에 대해 가상현실 실험을 하는 방안도 있을 것이다.

참고문헌

- 도로교통공단, 2015, 「2015년판 OECD 회원국 교통사고 비교」.
- 서울특별시, 2019, 「2019년도 도로통계」.
- 서울특별시, 2018, 「2018 서울특별시 차량통행속도 보고서」.
- 서울특별시, 2019, 「공통코드 테이블 정의서」.
- 경찰청, 2018, 「교통사고조사규칙」.
- 국토교통부, 2019, 「교통안전법」.
- 국토교통부, 2018, 「교통안전진단지침」.
- 서울특별시, 2013, 「교통약자 이동편의 증진계획」.
- 국토교통부, 2019, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」.
- 경찰청, 2019, 「도로교통법 시행규칙」.
- 국토교통부, 2019, 「도로법」.
- 국토교통부, 2015, 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」.
- 국토교통부, 2019, 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치 기준에 관한 규칙」.
- 행정안전부, 2017, 「보행안전 및 편의증진에 관한 법률」.
- 서울특별시, 2011, 「서울특별시 도로기전설비 설치 및 관리에 관한 규정」.

- 국토교통부, 2019, 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령」.
- 행정안전부, 2018, 「자전거 이용 활성화에 관한 법률」.
- 국토교통부, 2018, 「제8차 국가 교통안전 기본계획」.
- 국토교통부, 2019, 「주차장법」.
- 문승라, 2012, “경험적 베이스 방법에 의한 공용중인 고속도로 교통안전진단사업의 효과평가”, 「한국도로학회 논문집」, 14(2): 117~129.
- 박나영·김태양·박병호, 2017, “국내 교통사고 밀도 모형 개발”, 「한국안전학회지」, 32(3): 130~135.
- 설재훈, 2006, “도로교통 안전진단 및 관리를 위한 통합정보시스템 구축”, 「교통기술과정책」, 3: 9~19.
- 공준봉, 2008, “도로교통 안전진단 제도 시행”, 「교통기술과정책」, 5: 229~239.
- 황상호, 2006, “도로교통 안전진단 제도 정착을 위한 제언”, 「교통기술과정책」, 3: 122~142.
- 김현진·김대현·김도경·임동욱·윤공현·이승택, 2015, “도로교통 안전진단 현황 및 효과분석”, 「대한교통학회 학술대회지」, 73: 615~620.
- 엄대룡·이수범·유정호·김장욱, 2007, “도로교통 안전진단 활성화를 위한 진단절차에 관한 연구”, 「대한교통학회 학술대회지」, 57: 384~391.
- 이수범·김정현·김태희, 2003, “도로 및 교통특성에 따른 계획 단계의 도시부 도로 교통사고 예측모형개발”, 「대한교통학회지」, 21: 133~144.
- 임준범·김준기·이수범·김현진, 2014, “도로 안전성 분석 모형에 관한 연구: 전라북도 국도 권역을 중심으로”, 「대한토목학회논문집」, 34(2): 583~595.
- 김성우, 2009, “도로안전 진단제도의 이해와 활성화방안”, 「교통기술과정책」, 6: 9~19.
- 한상진·김근정, 2006, “도로종류별 교통사고 추세분석 및 시계열 분석모형 개발”, 「대한교통학회 학술대회지」, 52: 182~190.
- 하태준·강정규·박제진, 2001, “신호교차로 교통사고 예측모형의 개발 및 적용”, 「대한교통학회지」, 19(6): 207.
- 최재원·김성호·조준환·김원철, 2004, “인공신경망을 적용한 신호교차로 교통사고심각도 예측에 관한 연구”, 「대한교통학회지」, 22: 127~135.
- 김경용·백태현·임진강·박병호, 2015, “존별 특성을 반영한 교통사고밀도 모형-청주시 사례를 중심으로”, 「한국도로학회논문집」, 17(6): 75~83.
- 유두선·오상진·김태영·박병호, 2008, “주·야간 교통사고의 특성 및 사고모형 비교분석: 청주시 4 지 신호교차로를 중심으로”, 「대한토목학회논문집」, 28: 181~189.
- Hashimoto, S., Yoshiki, S., Saeki, R., Mimura, Y., Ando, R., and Nanba, S., 2016, “Development and application of traffic accident density estimation models using kernel density estimation”, *Journal of traffic and transportation engineering*, 3(3): 262~270.
- Mohammadi, M., Shafabakhsh, G., and Naderan, A., 2018, “Effects of modal shares on crash frequencies at aggregate level”, *Accident Analysis & Prevention*, 120: 295~303.
- Lovegrove, G. R. and Sayed, T., 2006, “Macro-level collision prediction models for evaluating neighbourhood traffic safety”, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(5): 609~621.
- Pulugurtha, S. S., Duddu, V. R., and Kotagiri, Y., 2013, “Traffic analysis zone level crash estimation models based on land use characteristics”, *Accident Analysis & Prevention*, 50: 678~687.
- Highways England, 2019, *GG119 Road Safety Audit*.
<https://data.seoul.go.kr/>
<https://opengov.seoul.go.kr/public/15390666>
<https://tgis.esoul.go.kr/index.do>
<https://www.data.go.kr/kostat.go.kr/>

원 고 접 수 일 : 2019년 8월 6일

1 차 심 사 완 료 일 : 2020년 5월 27일

최 종 원 고 채 택 일 : 2020년 6월 20일