

어린이보호구역 내 도로 및 교통안전시설이 보행자 교통사고에 미치는 영향 분석: 공간포아송모형을 이용하여

Analysis of the Characteristics of Road and Transportation Safety Facilities Affecting Pedestrian Traffic Accidents around School Zones : Using Spatial Poisson Model

고동원*, 박승훈**

단국대학교 일반대학원 도시계획및부동산학과*, 단국대학교 도시계획및부동산학부**

Dong-Won Ko(dw2774@naver.com)*, Seung-Hoon Park(psh1124@dankook.ac.kr)**

요약

어린이는 행동적, 신체적 특성상 성인보다 교통사고에 노출될 가능성이 높기 때문에 안전한 보행환경을 조성하는 것은 매우 중요하다. 이에 이 연구에서는 교통사고분석시스템(TAAS)에서 제공하는 2016-2018년 서울시 보행자 교통사고 자료로 공간포아송 모형을 활용하여 어린이보호구역 주변 보행자 교통사고에 영향을 미치는 도로 및 교통안전시설의 특성을 분석했다. 주요 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 어린이보호구역 내 교차로가 많고 근린도로 비율이 높을수록 보행자 교통사고 발생 위험이 높아진다. 둘째, 보행자 작동신호기는 보행자 교통사고 발생을 줄이는 것으로 나타났다. 셋째, 이 연구에서 고려한 교통안전시설 중 보행자 작동신호기를 제외하고는 어떠한 교통안전시설도 보행자 교통사고 위험을 줄이는 데 효과가 없는 것으로 나타났다. 한편, 물리적 시설의 개선뿐만 아니라 교통안전교육 등 비물리적 요인이 뒷받침 된다면 어린이보호구역 내 보행자 교통사고 감소 효과는 더욱 극대화될 것으로 기대된다.

■ 중심어 : | 어린이보호구역 | 보행자교통사고 | 근린환경 | 교통안전시설 | 공간포아송모형 |

Abstract

It is very important to build a safe walking environment for children because children are more likely to be exposed to traffic accidents than adults due to their behavioral and physical characteristics. Therefore, this study analyzed the characteristics of road and transportation safety facilities that affect pedestrian traffic accidents around school zones using spatial poisson regression. The pedestrian-vehicle crash data in Seoul 2016-2018 was provided by the Traffic Accident Analysis System(TAAS). The main analysis results are as follow: First, the more intersections and the higher percentage of neighborhood roads in the school zone, the higher the risk of pedestrian traffic accidents. Second, the pedestrian push button was found to reduce the occurrence of pedestrian traffic accidents. Third, except for the pedestrian push button, none of the transportation safety facilities considered in this study were effective in reducing the risk of pedestrian traffic accidents. On the other hand, if not only the improvement of physical facilities but also non-physical factors such traffic safety education are supported, the effect for reducing traffic pedestrian traffic accidents in the school zone is expected to be further maximized.

■ keyword : | School Zone | Pedestrian Traffic Accident | Built Environment | Transportation Safety Facilities | Spatial Poisson Model |

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 경제성장 및 교통수단의 기술 발전으로 인해 과거에 비해 목적지까지 편리하게 이동하기 위해 승용차, 버스, 택시와 같은 교통이동 수단을 많이 이용하고 있다. 하지만 최근 우리나라는 국민의 삶의 질이 향상되면서 건강에 대한 관심과 인식이 높아져 보행이 가능한 적정거리의 경우 보행(Walking)을 통해 이동하는 경우가 증가하는 추세이다. 이러한 보행은 인간의 가장 기본적인 활동이며, 단거리 이동에 상당히 효율적이고 지속가능한 교통수단이다[1]. 이와 함께 우리나라는 안전한 보행환경을 증진하기 위해 2012년에 「보행안전 및 편의증진에 관한 법률」을 제정하였고, 「보행안전 및 편의증진에 관한 법률」 제7조에 의해 지자체별로 5년 단위의 법정계획을 수립하여 보행을 증진시키기 위해 노력하고 있다. 하지만 보행을 활성화하기 위해서는 도시민이 안전하게 걸을 수 있는 보행환경을 제공하는 것이 매우 중요하다. 안전한 보행환경이 조성될 경우 자연스럽게 보행을 유발시킬 수 있기 때문이다[2].

특히, 어린이를 위한 안전한 보행환경을 조성하는 것은 상당히 중요하다. 어린이는 행동적·신체적 특성상 성인에 비해 교통사고에 쉽게 노출될 수 있기 때문이다[3]. 이에 우리나라는 「도로교통법」 개정을 통해 어린이를 보호하기 위한 어린이보호구역을 지정하여 관리하고 있으며, 국민안전처는 어린이 통학로 안전을 확보하고 교통사고를 사전에 방지하기 위해 ‘어린이 보호구역 정비 표준모델’을 제시하였다. 또한, 2020년 3월 민식이법이라 불리는 도로교통법 개정을 통해 어린이보호구역 내 신호등, 과속단속카메라 의무설치 등 어린이보호구역에서의 사고를 줄이기 위해 노력하고 있다. 하지만 보호구역계의 범위, 규제 강도 및 시설투자 유형 등 세밀하고 구체적인 논의는 여전히 부족하다[4].

또한, 우리나라의 교통안전은 선진국에 비해 여전히 심각한 수준이다. 교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System, TAAS)의 OECD 회원국 교통사고 비교에 의하면 우리나라의 2018년 인구 10만 명당 교통사고 발생 건수는 420.8명으로 OECD 평균 209.1건

에 비해 2배 이상 많다. 자동차 1만 대당 교통사고 발생 건수도 80.5건으로 OECD 평균 34.1건에 비해 2배 이상 많으며, 10억km 주행거리당 교통사고 발생 건수도 663.9건으로 OECD 평균 312.2건에 비해 훨씬 많은 수치를 나타내고 있다[5].

이에 이 연구는 어린이보호구역의 전반적인 안전한 보행환경을 조성하기 위해 우리나라 교통안전 실정을 반영한 총체적 차원에서의 어린이보호구역 주변의 도로특성 및 교통안전시설이 보행자 교통사고에 미치는 영향을 실증적으로 분석하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인에 관한 연구

보행자 교통사고에 영향을 미치는 도시의 물리적 환경 특성을 파악하기 위한 연구는 국내외에서 활발하게 진행되고 있다.

박승훈(2014a)은 미국 시애틀의 안전한 통학로 조성을 위해 보행자 교통사고와 학교 주변의 물리적 환경과의 연관성을 파악하였다[6]. 시애틀 초·중·고 반경 800m를 범위로 설정하여 음이향 회귀모형을 사용하여 실증분석을 수행하였으며, 보도 밀도, 신호등 밀도, 주차장 수, 쿨데크 밀도, 패스트푸드점 수가 많을수록 보행자 교통사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 반면 혼합적 토지이용의 비율이 높은 지역일수록 보행자 교통사고 발생과 음의 상관관계가 나타나 혼합적 토지이용을 통해 보행을 강조하는 도시계획의 방향과 일치한다고 주장하였다.

이세영·이제승(2014)는 일반적으로 교통약자로 정의되는 어린이와 노인의 교통안전 강화를 위해 근린환경과의 상호관계를 파악하기 위한 연구를 진행하였다[7]. 교통사고분석시스템(TAAS)에서 제공하는 2010-2011년 서울시 교통사고 데이터를 사용하였으며, 교통사고 자료의 공간적 분포 특성을 고려하여 공간회귀모형을 사용하였다. 그 결과 교통약자의 구분에 상관없이 교차로 밀도와 도로 면적의 비율이 높을수록 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 노

인의 경우 버스정류장 밀도, 지하철역 밀도와 같은 대중교통 이용이 많은 지역일수록 보행자 교통사고 발생 위험이 높은 것으로 나타나 보행자 안전을 고려한 설계가 필요하다고 주장하였다.

윤준호·이수기(2018)는 서울시 중앙버스전용차로 정류장 주변 반경 15m 내 보행자 교통사고요인을 전체 사고, 경상 이하 사고, 중상 이상 사고로 나누어 연구를 진행하였다[8]. 유동인구와 관련 있는 교통량, 버스 대수 당 인원, 승차차 인원이 많은 버스정류장 주변일수록 사고 발생위험이 높은 것으로 나타났으며, 중앙버스 전용차로 주변의 보행자 교통사고는 중앙분리대가 설치된 지역에서 낮게 나타났다. 또한, 6차로 이상의 중앙버스전용차로 지역은 교통사고가 낮은 것으로 나타났다.

Morancy et al(2012)는 캐나다 몬트리올 지역의 센서스 트랙(Census tracts)을 공간 단위로 설정하여 보행자 교통사고에 영향을 미치는 연구를 진행하였다[9]. 그 결과 교통량, 교차로의 기하구조, 보행량 및 자전거 이용량을 제어하는 것을 교통사고 발생을 감소시킬 수 있기 때문에 도로 설계의 중요성을 강조하였다.

Miranda-Moreno et al(2011)는 공간적 범위를 Morency et al.(2012)[9]와 동일하게 캐나다 몬트리올 지역을 대상으로 설정하였지만 공간 단위를 사고 발생 지점 주변으로 설정하여 교통사고에 영향을 미치는 요인을 파악하였다[10]. 보행자 교통사고와 도시의 건조 환경(Built environment)과의 관계를 파악하기 위해 순서형 프로빗 모형을 사용하였으며, 교통량이 감소하면 보행자 충돌의 평균 위험도가 감소하며, 주요 간선 도로로는 보행자 안전에 부정적 영향을 미친다고 주장하였다.

2. 어린이보호구역 내 교통안전 강화를 위한 연구

보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인을 파악하는 실증적 연구 중 어린이 보행안전에 관심을 갖고 어린이 보호구역 내 교통안전 강화를 위한 연구도 심도 있게 진행되고 있다.

박시내 외(2017)는 서울시 내 어린이보호구역 개선 사업이 진행된 초등학교 중 어린이보행자사고 다발 지점을 대상으로 교통안전 시설물 또는 도로교통환경과 어린이보호구역 내 어린이 사고 발생의 영향 관계를 파

악하기 위해 이분형 로지스틱 회귀모형을 사용하였다 [11]. 그 결과 과속방지턱 유무, 최소 보도폭 확보 유무, 고원식횡단보도 유무가 어린이 사고 발생을 저감시키는 요인으로 나타났다고 주장하였다.

송지성·배건(2010)는 어린이보호구역 개선사업을 마친 두 개의 학교를 대상으로 노면표시를 중심으로 한 어린이보호구역의 안전성 향상을 위한 연구를 진행하였다[3]. 현장 조사를 통해 어린이보호구역의 노면 상태는 운전자의 관찰 각과 입사각이 고려되지 않고 설치가 이루어지고 있다고 주장하였으며, 운전자의 시·각각 특성을 고려한 공간적 착시 장치를 활용한 노면표시를 제시하였다.

김동식 외(2020)는 부산 해운대구에 위치한 32개 초등학교의 어린이보호구역을 대상으로 보행 안전성 확보를 위한 연구를 진행하였다[12]. 분석의 면밀성을 높이기 위해 초등학교 정문 반경 100m 이내 구간, 100~200m 구간, 200~300m 구간으로 나누어 각각의 구역에 관련된 어린이보호구역 시설의 표현 방식을 파악하였다. 그 결과, 시인성을 높여 가독성 및 통일성을 향상시킨 어린이보호구역만의 독창적인 디자인계획이 설계되어야 한다고 주장하였다. 특히, 교통안전표지는 안내에 대한 가시성을 더욱 높이기 위해 높이 및 위치를 적절하게 고려해야 하며, 노면표시의 경우 어린이 보호구역만의 특정한 색상을 활용하여 운전자가 어린이 보호구역에 진입했음을 확실하게 인지시켜주는 방법이 필요하다고 주장하였다.

김중효 외(2017)는 어린이보호구역을 포함한 보행자 보호구역의 가변형 속도제한 표지와 비콘을 중심으로 교통안전 시설물 효과를 분석하였는데, 가변형 속도제한 표지는 약 8.3km/h의 통행속도를 감소시키는 효과가 나타났지만 비콘은 오히려 0.8km/h의 통행속도가 증가하는 것으로 나타났다[13].

한편, 서영현 외(2019)는 점멸형 속도제한 표지가 어린이보호구역에서 차량 속도에 미치는 효과를 분석하였다[14]. 현장실험 결과 교통안전 시설물은 기능과 설치 목적에 따라 다양한 방법으로 평가되어야 한다고 설명하였으며, 점멸형 속도제한 표지를 도입하기 위해서는 운전자 교육 및 속도위반 단속카메라를 설치하여 어린이보호구역 내 제한속도를 준수할 수 있도록 강제해

야 한다고 주장하였다.

이처럼 어린이보호구역 주변 교통안전 강화를 위한 연구는 특정 어린이보호구역을 대상으로 현장 조사를 통한 교통안전 시설물 등의 교통안전 효과를 파악하기 위한 연구가 주로 진행되고 있다.

3. 연구의 차별성

어린이보호구역의 교통안전 강화를 위한 기존의 선행연구는 대부분 현장 조사를 통해 이루어지고 있으며, 초등학교와 같은 어린이보호구역으로 지정을 받는 시설 중 특정 시설만을 대상으로 연구가 진행되고 있다. 하지만 어린이보호구역의 전반적인 교통안전 강화를 위한 정책적 제언을 위해서는 어린이보호구역 전체를 대상으로 한 총체적 실증분석은 매우 미흡한 실정이다. 또한, 어린이보호구역 등 우리나라의 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위한 기존의 연구에서는 자료 구득의 한계 등으로 인해 실증분석에 있어 교통안전시설에 대한 고려가 미흡한 실정이다. 마지막으로 교통사고는 일반적으로 드물게 발생하는 가산자료이기 때문에 포아송(Poisson) 분포를 많이 따르고 있다. 이 외에도 교통사고 자료의 경우 공간적 속성을 포함하고 있기 때문에 공간적 속성을 고려할 수 있는 공간회귀모형을 사용한 연구도 있다. 하지만 앞에서 말한 포아송 회귀모형은 교통사고 자료의 공간적 속성을 고려하지 못하고 있으며, 공간회귀모형은 일반적으로 드물게 발생하는 교통사고 자료의 포아송 분포 패턴을 제대로 고려하고 있지 못하다는 한계점을 가지고 있다.

이에 이 연구에서는 서울시 어린이보호구역 전체를 대상으로 교통안전시설을 포함한 요인이 보행자 교통사고에 미치는 영향을 일반적인 교통사고의 분포 패턴 및 공간적 속성을 함께 고려할 수 있는 공간통계모형을 사용하여 파악하고자 한다.

III. 분석의 틀

1. 연구 범위

이 연구의 공간적 범위는 서울시 전체 1,670개 어린

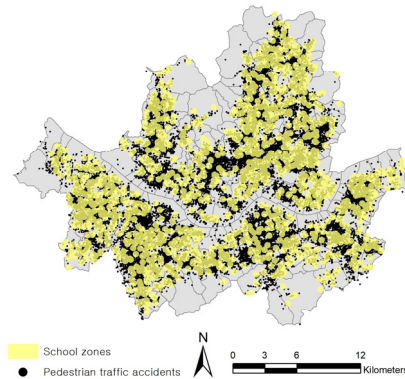


그림 1. 연구의 범위

이보호구역을 대상으로 설정하였으며, 공간 단위로는 「어린이·노인 및 장애인 보호구역의 지정 및 관리에 관한 규칙」 제3조 보호구역의 지정에 따라 반경 300m를 적용하였다.

연구의 시간적 범위로는 2016년부터 2018년까지 3년을 시간적 범위로 설정하였으며, 내용적 범위는 교통사고 분석시스템(TAAS)에서 제공하는 서울시 보행자 교통사고 자료 중 어린이보호구역 내에서 발생한 보행자 교통사고 18,522건을 대상으로 연구를 진행했다.

2. 공간 분석

보행자 교통사고 발생 건수와 같은 데이터는 일반적으로 드물게 발생하는 가산자료로 정규분포를 따르지 않아 보행자 교통사고와 관련한 기존의 여러 연구에서 포아송 회귀모형을 사용하고 있다[9][15][16]. 이러한 전통적인 포아송 회귀모형은 독립변수의 회귀계수가 공간적으로 일정하다고 가정한다[17]. 하지만 보행자 교통사고와 같은 공간적 속성을 내재하고 있는 자료는 공간적 속성의 분포 패턴이 동일하게 분포하는 것이 아닌 특정 지역에 집중적으로 발생할 수 있다[1]. 이러한 경우 공간적 자기상관성이 발생할 수 있는데 공간적 자기상관성이란 서로 인접하고 있는 공간끼리는 상호작용할 가능성이 높고, 인접하지 않을수록 상호작용의 가능성이 낮아짐을 의미하는 공간의 본질적 속성을 말한다[18]. 이러한 공간적 자기상관성을 제어하지 않을 경우 모형의 결괏값이 편향되어 나타날 수 있다[19].

이에 이 연구에서는 교통사고 자료의 일반적인 분포 패턴뿐만 아니라 공간적 속성을 함께 고려할 수 있는 공간포아송 회귀모형을 통해 서울시 어린이보호구역 내 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인을 파악하고자 한다.

3. 변수선정

보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인과 어린이보호구역 내 교통안전 강화를 위한 선행연구 고찰을 통해 이 연구에서 고려된 변수는 도로요인과 교통안전시설 요인으로 구분했다.

도로요인의 경우 도로명주소, 국가공간정보포털에서 제공하는 자료를 활용하여 소로와 대로 이상, 교차로 변수를 구축하였으며, 교통안전 시설요인 변수는 서울 열린데이터광장에서 제공하는 자료를 활용하여 횡단보도 예고표시, 횡단보도, 신호등, 험프, 보행자작동신호기, 노면표시 안전표지, 도로표지, 도로전광표지 변수를 지오코딩(Geo-coding)을 통해 공간자료로 구축하였다. 한편 이 연구에서 고려된 최종 변수는 분석에 앞서 다중공선성 검증을 실시하였다. 그 결과 변수 간의 다중공선성을 나타내는 VIF(Variance Inflation Factor)가 3 미만으로 다중공선성이 크게 문제가 되지 않는 것으로 나타났다.

IV. 분석 결과

1. 기술통계량

도로 및 교통안전시설과 어린이보호구역 내 보행자 교통사고와의 상호관계를 파악하기 위해 사용된 변수의 기술통계량은 [표 1]과 같다. 서울시 어린이보호구역 내 2016년부터 2018년까지 3년간 발생한 보행자 교통사고의 평균 발생 건수는 20.26건으로 나타나고 있으며, 표준편차는 15.45로 지역별로 편차가 발생하고 있다.

도로요인의 경우 어린이보호구역 내 소로가 차지하고 있는 평균 비율은 약 76%를 차지하고 있으며, 대로 이상의 도로는 약 14%를 차지하고 있다. 또한, 교차로의 경우 평균 64개로 나타나고 있다.

교통안전시설 요인의 경우 횡단보도는 평균 26개이며, 횡단보도 예고표시는 23개로 나타나고 있다. 신호등의 경우 평균 74개가 위치하고 있는 것으로 나타났으며, 험프는 11개로 나타났다. 어린이보호구역 내 보행자 작동신호기의 경우 평균값은 약 0.22로 이는 보행자 작동신호기가 존재하는 어린이보호구역이 약 22%를 차지하고 있음을 의미한다. 도로 노면표시는 약 114개가 존재하고, 안전표지의 경우 약 175개로 나타났으며, 도로 노면표시와 안전표지의 경우 표준편차가 높아 어린이보호구역별 분포의 차이가 상당히 다를 수 있음을 파악할 수 있다.

표 1. 기술통계량

분류	변수	설명	단위	평균	표준편차
종속변수	보행자 교통사고	어린이보호구역 반경 300m 내 보행자 교통사고 발생 건수	Number	20.26	15.45
도로요인	소로	어린이보호구역 반경 300m 내 전체 도로 중 소로가 차지하는 비율	Ratio	75.72	23.95
	대로 이상	어린이보호구역 반경 300m 내 전체 도로 중 대로 이상이 차지하는 비율	Ratio	14.32	15.48
	교차로	어린이보호구역 반경 300m 내 교차로 수	Number	63.74	41.78
교통안전시설 요인	횡단보도	어린이보호구역 반경 300m 내 횡단보도 수	Number	26.28	13.46
	횡단보도 예고표시	어린이보호구역 반경 300m 내 횡단보도 예고표시 수	Number	23.37	13.48
	신호등	어린이보호구역 반경 300m 내 신호등 수	Number	74.13	48.20
	험프	어린이보호구역 반경 300m 내 험프 수	Number	11.13	8.84
	보행자 작동신호기	어린이보호구역 반경 300m 내 보행자 작동신호기 존재 여부 (1= 보행자 작동신호기 존재, 0= 미존재)	Dummy	0.22	0.41
	노면표시	어린이보호구역 반경 300m 내 노면표시 수	Number	113.50	56.28
	교통안전표지	어린이보호구역 반경 300m 내 교통안전표지 수	Number	175.17	87.74
	도로표지	어린이보호구역 반경 300m 내 도로표지 수	Number	6.22	5.79
도로전광표지	어린이보호구역 반경 300m 내 도로전광표지 존재 여부 (1= 도로전광표지 존재, 0= 미존재)	Dummy	0.02	0.15	

마지막으로 도로전광표지의 경우 도로전광표지가 존재하는 어린이보호구역이 약 2%로 매우 적은 수치를 나타내고 있다.

2. 서울시 어린이보호구역 내 보행자 교통사고 현황

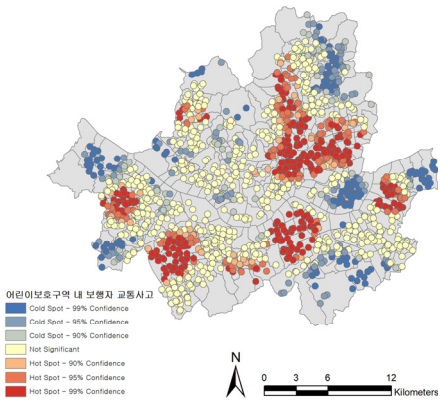
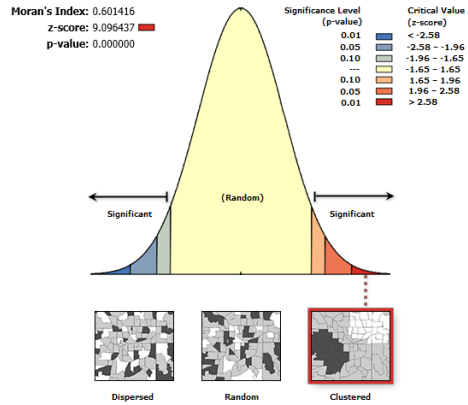


그림 2. 핫스팟 분석 결과

서울시 어린이보호구역 내 보행자 교통사고 분포 패턴을 확인하기 위한 핫스팟 분석 결과는 [그림 2]와 같다. 핫스팟 분석 결과를 보면 서울시 어린이보호구역 내 보행자 교통사고는 특정 지역에서 집중적으로 발생하고 있는 모습을 나타내고 있다. 어린이보호구역 내 보행자 교통사고는 성동구와 동대문구 일대에서 보행자 교통사고 발생 건수가 높은 어린이보호구역이 군집되어 있다. 이 외에도 강남권역 일대, 강동구, 구로구, 양천구 일대에서도 어린이보호구역 내 보행자 교통사고가 많이 발생하는 지역으로 나타나고 있으며, 은평구 일대에서도 다소 군집되어 있는 지역이 나타나고 있다. 이를 통해 서울시 어린이보호구역 내 보행자 교통사고의 발생은 특정한 공간적 패턴에 의해 공간적 자기상관성이 발생할 수 있음을 짐작할 수 있다.

3. 공간적 자기상관성

공간적 자기상관성을 측정하는 모란지수(Moran's Index)는 -1에서 +1 사이의 값을 가지며, +1에 가까울수록 서로 군집함을 의미하며, z-score 값이 1.65를 넘게 되면 공간적 자기상관성이 발생한다[1].



Moran's index	0.60
z-score	9.09
p-value	0.00

그림 3. 공간적 자기상관성

어린이보호구역 내 보행자 교통사고의 공간적 자기상관성 결과는 [그림 3]과 같다. 분석 결과 어린이보호구역 내 보행자 교통사고의 모란지수 값은 0.60이며, z-score는 9.09로 나타났다. 이는, 어린이보호구역 내 보행자 교통사고는 특정 지역에 집중적으로 발생하고 있어 공간적 자기상관성이 나타났음을 의미한다. 이러한 공간적 자기상관성을 제어하지 않고 일반회귀모형을 사용하게 될 경우 분석 결과값이 편향되어 나타날 수 있기 때문에 이 연구에서는 교통사고 자료의 분포 패턴 및 공간적 자기상관성을 제어할 수 있는 공간포아송 회귀모형을 사용하여 분석을 진행하였다.

4. 공간포아송 회귀모형

이 연구는 도로 특성 및 교통안전시설과 어린이보호구역 내 보행자 교통사고와의 상호관계를 파악하기 위해 공간적 자기상관성 검증을 통한 공간포아송 회귀분석을 실시하였다. [표 2]는 일반포아송 회귀모형과 공간포아송 회귀모형의 분석 결과를 보여주고 있다. 한편 통계적 모형의 적합도를 판단하기 위해 AIC(Akaike Information Criterion)를 사용하였다. AIC는 데이터에서 모형을 만드는 과정에서 손실되는 정보의 상대적 추정치를 제공하기 때문에 AIC 값이 낮을수록 가장 적합한 모형으로 판단할 수 있다[20][21]. 분석 결과 일반

표 2. 공간포아송 회귀모형 분석 결과

분류		포아송모형			공간포아송모형		
		Estimate	Std. error	z-value	Estimate	Std. error	z-value
(Intercept)		1.445***	0.039	36.938	1.375***	0.091	15.014
도로요인	소로	0.007***	0.000	16.484	0.006***	0.001	6.386
	대로 이상	-0.000	0.000	-0.408	0.000	0.001	0.137
	교차로	0.003***	0.000	21.579	0.004***	0.000	4.576
교통안전시설 요인	횡단보도	0.005***	0.000	9.712	0.005***	0.001	3.912
	횡단보도 예고표지	0.006***	0.000	11.393	0.007***	0.001	4.576
	신호등	0.001***	0.000	8.314	0.001***	0.000	2.640
	험프	-0.001***	0.000	-2.851	-0.001	0.001	-0.767
	보행자 작동신호기	-0.126***	0.013	-9.531	-0.115***	0.033	-3.426
	노면표지	0.000	0.000	-0.218	0.000	0.000	0.353
	교통안전표지	0.001***	0.000	21.017	0.001***	0.000	7.633
	도로표지	0.004***	0.001	3.343	0.005	0.003	1.634
	도로전광표지	-0.056	0.034	-1.669	-0.053	0.088	-0.601
	AIC		18,467			10,010	

p<0.05, *p<0.01

포아송 회귀모형의 AIC 값은 18,467이며, 공간포아송 회귀모형의 AIC 값은 10,010으로 공간포아송 회귀모형이 더욱 적합한 분석모형인 것을 알 수 있다. 따라서 이 연구에서는 일반포아송 회귀모형이 아닌 교통사고 자료의 공간적 속성을 고려한 공간포아송 회귀모형을 채택하였다.

한편, 일반포아송 회귀모형과 공간포아송 회귀모형의 분석 결과를 비교해보면 전반적으로 통계적 유의성을 나타내는 요인들은 비슷하였으나, 공간적 자기상관성을 고려한 공간포아송 회귀모형에서는 험프와 도로표지는 통계적 유의성을 보여주지 못하고 있다. 이러한 결과는 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인을 분석한 연구에서 공간적 속성을 살펴볼 필요가 있음을 의미한다.

먼저 도로요인의 경우 어린이보호구역 내 소로가 차

지하는 비율이 높을수록 보행자 교통사고 위험을 높이는 것으로 나타났다. 하지만 도로의 위계가 높은 대로 이상의 도로 비중이 높은 지역에서는 사고 발생에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는, 일반적으로 초등학교 등 어린이보호구역으로 지정되는 시설은 근린내 보행 통행이 위주가 되는 국지도로가 많이 밀집한 지역에 위치하고 있어 사고 발생의 위험 또한 증가하는 것으로 판단된다. 한편, 무단횡단 교통사고를 유발하는 가로환경요인을 파악하기 위한 연구를 진행한 배민경·박승훈(2018)의 연구에서는 소로가 많은 지역일수록 무단횡단 교통사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다 [22]. 소로의 경우 일반적으로 근린에서 주민이 가장 접하기 쉬운 도로로 상대적으로 도로의 폭이 좁고 차량의 통행속도가 낮아 보행자가 무단횡단을 해도 된다는 심

리적 요인이 영향을 미칠 수 있다고 주장했다. 따라서, 대로 이상의 도로보다 소로에서 보행자 안전을 위한 관심을 지속적으로 가질 필요가 있다.

어린이보호구역 내 교차로가 많은 경우에도 보행자 교통사고 발생위험을 높이는 것으로 나타났다. 이는 가로환경 특성이 보행자 교통사고에 미치는 영향을 분석한 박철영·이수기(2016)의 연구에서 생활권 3지 교차로[19]와 교통약자의 교통안전 강화를 위한 연구를 진행한 이세영·이제승(2014)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있다[7]. 특히, 박철영·이수기(2016)는 생활권 3지 교차로는 일반적으로 거주민의 이동이 많으며 도로의 폭이 좁아 무단횡단이 자주 발생하여 사고 빈도를 높이는 것으로 해석하였다[19]. 이는 도로의 폭이 좁은 지역일수록 무단횡단으로 인한 보행자 교통사고의 발생위험이 높아질 수 있다는 배민경·박승훈(2018)의 연구와 유사한 맥락을 보여주고 있다[22]. 도로의 위계가 낮은 소로가 주로 위치하며, 그에 따라 교차로가 많은 어린이보호구역 특성상 보행자 교통사고를 저감하기 위해서는 보행 안전 강화를 위한 교통안전 교육 등 운전자의 관점에서뿐만 아니라 보행자 관점에서도 안전보행에 대한 교육 및 제도적 장치가 함께 고려될 필요가 있다.

교통안전시설 요인의 경우 횡단보도가 많은 지역일수록 보행자 교통사고의 발생 위험이 높아지는 것으로 나타났다. 이는 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위한 서지민·이수기(2016), Lee et al(2016)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있다[23][24]. 또한 신호등도 어린이보호구역 내 신호등이 많은 지역일수록 교통사고의 위험이 높아지는 것으로 나타났다. 이는 신호등의 경우에도 횡단보도와 마찬가지로 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위한 박승훈(2014b); Wang et al(2017)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있다[25][26]. 특히, 박승훈(2014b)는 보행자 안전 강화를 위해 횡단보도와 신호등을 지나치게 공급할 경우 오히려 보행자에게는 취약한 환경이 될 수 있다고 주장하였다[25]. 이처럼 가장 보편적인 교통안전시설로 알려진 횡단보도와 신호등은 보행 친화적 가로환경을 위한 단순한 물리적 증가가 아닌 실질적인 교통사고 저감을 위한 설계가 함께 고려될

필요가 있다.

보행자 작동신호기의 경우 어린이보호구역 내 보행자 작동신호기가 존재하는 지역일수록 보행자 교통사고 발생 위험을 낮추는 것으로 나타났다. 이는 보행자 작동신호기를 통해 보행자가 직접 신호를 작동함으로써 횡단보도의 신호가 곧 바뀔 것이라는 심리적 요인이 반영되어 보행자가 무단횡단 등 돌발행동을 일으킬 가능성을 낮춰줄 수 있을 것으로 판단된다. 경찰청에서 제공하는 '교통신호기 설치관리 매뉴얼'의 경우 보행자 작동신호기 설치장소로 신호기가 설치되어 있고, 보행자의 수가 적어 보행자 신호등을 설치할 필요성은 적으나 보행자가 반드시 도로를 횡단해야 하는 경우, 일정 시간대에만 보행자가 횡단할 경우에 설치한다고 기준한다[27]. 또한, 어린이보호구역 내 위치한 횡단보도로서 특정 시간대를 제외하고 평소 보행자 교통량이 많지 않은 지점에 설치할 것을 권장하고 있다. 하지만 이 연구 결과를 통해 어린이보호구역 내 보행자 작동신호기를 권장 사항이 아닌 기준사항으로 강화 및 보행자 교통사고 발생위험이 높은 지점에도 보행자 작동신호기 설치를 기준 또는 권장하는 매뉴얼 도입이 고려될 필요가 있다.

한편, 횡단보도 예고표시, 안전표지는 오히려 보행자 교통사고 발생 위험을 높이는 것으로 나타났으며, 험프와 노면표시, 교통표지, 도로전광표지 또한 통계적 유의성을 나타내지 못하고 있다. 이는 교통안전시설로 일반적으로 알려진 요인들이 그 기능을 제대로 수행하고 있지 못하고 있는 것으로 예측할 수 있다. 특히, 어린이보호구역 내 노면표시를 중심으로 안전성 향상을 위한 연구를 진행한 송지성·배진(2010)의 연구에서는 우리나라의 어린이보호구역 노면 상태는 운전자가 운전을 하면서 볼 수 있는 입사각과 관찰 각이 제대로 고려되지 않은 채 설치되고 있다고 주장하였다[3]. 이에 어린이보호구역의 노면표시를 개선하기 위해 운전자의 입사각과 관찰 각을 고려한 공간적 착시 장치를 적용하는 방안을 제안하였다. 또한, 어린이 보행 안전성 확보를 위한 어린이보호구역 내 시설 표현 방식을 파악하기 위한 김동식 외(2020)의 연구에서는 교통안전표지는 일관적이지 못하고 다양한 모습을 띠고 있어 오히려 혼돈을 주고 명확한 인지를 하기에 어려움이 있다고 강조하였

다[12]. 따라서 교통안전표지의 경우 시인성이 높은 픽토그램을 선정하여 통일성 및 가독성을 모두 향상 시킨 어린이보호구역만의 독창적인 디자인이 설계되어야 한다고 주장하였다. 이처럼 교통안전시설의 경우 단순히 물리적 확충이 아닌 보행자 교통사고 발생을 실질적으로 줄일 수 있도록 사례 기반의 분석을 통한 실증적 정책제언이 필요하다.

V. 결론

이 연구는 어린이보호구역 내 도로요인과 교통안전시설이 보행자 교통사고에 미치는 영향을 실증적으로 분석하기 위한 연구를 진행하였으며, 주요 결과 및 시사점은 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서는 서울시 어린이보호구역 내 보행자 교통사고의 요인을 파악하기 위해 교통사고의 분포 패턴과 공간적 분포 특성을 모두 고려할 수 있는 공간포아송 회귀모형을 사용하였으며, 적합도 분석 결과 일반포아송 회귀모형보다 공간포아송 회귀모형이 더욱 적합한 것으로 나타났다.

둘째, 일반적으로 교통안전시설로 잘 알려진 횡단보도와 신호등은 오히려 보행자 교통사고 발생 위험을 높이는 것으로 나타났다. 따라서 향후 보행 친화적 가로환경 조성을 위해 횡단보도 및 신호등의 단순한 물리적 증가가 아닌 실질적인 교통사고 저감을 위한 도로설계가 함께 고려될 필요가 있다.

셋째, 어린이보호구역 내 보행자 작동신호기 존재 여부는 보호구역 내 보행자 교통사고 발생위험을 낮추는 것으로 나타났다. 이에 따라 어린이보호구역 내 보행자 교통사고 저감을 위해 보행자 작동신호기 도입을 검토할 수 있으며, 어린이보호구역 내 보행자 작동신호기 설치 의무화 및 보행자 교통사고 발생위험이 높은 지역에 대해서도 보행자 작동신호기 설치를 권장하는 방안이 고려될 필요가 있다. 하지만 향후 보행량 데이터 구축을 통한 보행자 작동신호기의 순수한 효과를 판별할 필요가 있다.

넷째, 이 연구에서 고려된 교통안전시설 중 보행자 작동신호기를 제외한 대부분의 교통안전 시설물이 모

두 보행자 교통사고 발생위험을 오히려 높이거나 통계적 유의성이 확보되지 못하였다. 이에 따라 어린이보호구역 내 보행 안전을 강화하기 위해서는 교통안전시설의 지속적인 추가 도입보다는 운전자에게는 교통안전시설을 명확하게 인지할 수 있도록 제공할 필요가 있고, 보행자의 측면에서는 보행자의 안전을 보장할 수 있는 질적인 측면에서의 개선이 이루어질 필요가 있을 것으로 판단된다.

마지막으로, 어린이보호구역 내 보행자 교통사고 발생 위험을 줄이기 위해서는 도로 특성 및 교통안전시설 등 물리적 환경 특성을 개선하는 방안이 직접적으로 도움이 될 수 있지만, 물리적 환경을 개선시키는 것만으로는 교통사고 발생 위험을 저감하는데 한계가 있을 수 있으므로, 지속적인 교통안전 교육 및 홍보, 교통안전 강화를 위한 법적 규제 제·개정 등 비물리적인 요소도 함께 개선될 필요가 있을 것으로 사료된다.

어린이보호구역의 교통안전 강화를 위한 연구는 대부분 현장 조사를 통해 이루어지거나, 극히 일부 초등학교시설만을 대상으로 연구가 진행되고 있으며, 어린이보호구역의 전반적인 교통안전 강화를 위한 서울시 어린이보호구역 전체를 대상으로 한 총체적 실증분석은 매우 미흡한 실정이다. 또한, 기존의 자료 구축의 한계로 인해 실증분석에 있어 교통안전시설에 대한 고려도 미흡한 실정이다. 이에 이 연구에서는 총체적 측면에서의 어린이보호구역의 전반적인 교통안전 강화를 위해 어린이보호구역 내 보행자 교통사고와의 상호관계를 도로 특성과 교통안전시설 요인을 중점으로 파악하고자 하였다는 점에서 의의가 있다.

한편, 이 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 도로 특성 및 교통안전시설과 어린이보호구역 내 보행자 교통사고와의 상호관계를 파악하기 위한 과정에서 어린이보호구역 내 교통량, 보행량은 통제변수로서 보행자 교통사고에 직·간접적인 영향을 미칠 수 있는 요인으로 판단하였으나 자료 구축의 문제로 인해 고려하지 못했다. 둘째, 어린이보호구역 내 발생하는 보행자 교통사고의 경우 주변의 도로 특성 및 교통안전시설 등 물리적 환경 특성뿐만 아니라 운전자 및 보행자의 성별, 나이, 법규준수 여부 등 개별적 특성의 영향을 받을 수도 있다. 따라서 향후 교통량, 유동 인구 및 사고 발생 당시

의 운전자, 보행자의 개별적 특성을 고려할 수 있는 요인을 추가할 경우 더욱 심층적인 연구가 진행될 수 있을 것으로 기대된다.

* 본 논문은 2021 대한민국도·도시계획학회 춘계산학학술대회에서 발표한 기초연구를 보완·발전한 연구임.

참 고 문 헌

- [1] 고동원, 박승훈, “공원 주변 환경요인이 보행자 교통사고에 미치는 영향에 관한 연구,” 국토계획, 제54권, 제5호, pp.65-75, 2019.
- [2] 권지혜, 박승훈, “안전한 통학로 환경 조성을 위한 보행자 교통사고와 건조 환경과의 연관성 연구: 공간회귀모형을 활용하여,” 한국지역개발학회지, 제30권, 제5호, pp.75-96, 2018.
- [3] 송지성, 배건, “어린이보호구역의 안전성 향상을 위한 운전자 시지각 활용에 대한 연구,” 한국디자인문화학회지, 제16권, 제3호, pp.262-274, 2010.
- [4] 어린이 보호구역에 대한 소고, 충북연구원, 2017.
- [5] OECD 회원국 교통사고 비교, 도로교통공단, 2020.
- [6] 박승훈, “안전한 통학로 조성을 위한 보행자-차량간 교통사고와 학교 주변의 물리적 환경과의 연관성 연구,” 대한건축학회논문집 계획계, 제30권, 제8호, pp.181-189, 2014a.
- [7] 이세영, 이재승, “어린이·노인 보행자 교통안전을 위한 근린환경요인,” 한국도시계획학회지 도시설계, 제15권 제6호, pp.5-15, 2014.
- [8] 윤준호, 이수기, “중앙버스전용차로 정류장 주변 보행자 교통사고 요인 분석 - 서울시 TAAS (2014-2016) 자료를 중심으로,” 국토계획, 제53권, 제4호, pp.123-142, 2018.
- [9] P. Morency, L. Gauvin, C. Plante, M. Fournier, and C. Morency, “Neighborhood Social Inequalities in Road Traffic Injuries: The Influence of Traffic Volume and Road Design,” American Journal of Public Health, Vol.102, No.6, pp.1112-1119, 2012.
- [10] L. F. Miranda-Moreno, P. Morency, and A. M. El-Geneidy, “The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian-vehicle collision occurrence at signalized intersections,” Accident Analysis & Prevention, Vol.43, No.5, pp.1624-1634, 2011.
- [11] 박시내, 임준범, 김형규, 이수범, “어린이보호구역내 어린이 교통사고 발생에 미치는 영향요인 분석,” 한국도로학회논문집, 제19권, 제2호, pp.167-174, 2017.
- [12] 김동식, 권예진, 김대식, “어린이 보행 안전성 확보를 위한 어린이보호구역 시설의 표현 방식에 관한 연구,” 한국실내디자인학회 논문집, 제29권, 제5호, pp.105-115, 2020.
- [13] 김중효, 하동의, 박민철, 송원철, 하태준, “보행자 보호구역의 교통안전시설물 효과분석: 가변형속도제한 표지와 비콘 중심으로,” 한국ITS학회논문지, 제16권, 제5호, pp.121-133, 2017.
- [14] 서영현, 홍경식, 고승영, 윤상언, “점멸형 속도제한표지가 어린이 보호구역에서의 차량 속도에 미치는 효과 분석,” 대한교통학회지, 제37권, 제3호, pp.254-265, 2019.
- [15] 김학열, 허태영, “일반화포아송회귀모형을 이용한 교통사고모형개발,” 국토계획, 제47권, 제1호, pp.129-138, 2012.
- [16] Y. Wang and K. M. Kockelman, “A Poisson-lognormal conditional-autoregressive model for multivariate spatial analysis of pedestrian crash counts across neighborhoods,” Accident Analysis & Prevention, Vol.60, pp.71-84, 2013.
- [17] 최성현, 박선일, “공간가중 포아송 회귀모형을 이용한 고병원성 조류인플루엔자 발생에 영향을 미치는 결정인자의 공간이질성 분석,” 한국임상수의학회지, 제36권, 제1호, pp.7-14, 2019.
- [18] 서만훈, 이재승, 최열, “공간적 자기상관성과 도시특성 요소를 고려한 자연재해 피해 분석,” 대한토목학회 논문집, 제36권, 제4호, pp.723-733, 2016.
- [19] 박철영, 이수기, “가로환경 특성이 보행자 교통사고에 미치는 영향 분석,” 한국도시계획학회지 도시설계, 제17권, 제3호, pp.105-121, 2016.
- [20] 노인경, 홍세희, “이중 변화행태 모형을 적용한 초기 청소년의 집단따돌림 가해경험과 피해경험의 분류 및 예측,” 조사연구, 제14권, 제2호, pp.49-76, 2013.
- [21] 정보미, 강일석, 허태영, “서울시 교통사고 위험요인에 대한 공간모형 개발 및 위험도 추정에 대한 연구,”

서울도시연구, 제16권, 제3호, pp.151-162, 2015.

[22] 배민경, 박승훈, “무단횡단 교통사고를 유발하는 가로환경요인에 관한 연구,” 한국지역개발학회지, 제30권, 제2호, pp.177-191, 2018.

[23] 서지민, 이수기, “서울시 보행자 교통사고에 영향을 미치는 물리적 환경요인에 관한 연구 - 2014 TAAS 자료를 중심으로,” 국토계획, 제51권, 제3호, pp.197-216, 2016.

[24] G. Lee, Y. Park, J. Kim, and G. H. Cho, “Association between intersection characteristics and perceived crash risk among school-aged children,” Accident Analysis & Prevention, Vol.97, pp.111-121, 2016.

[25] 박승훈, “근린환경이 보행자-차량 충돌사고에 미치는 영향 - 북미 워싱턴 주 시애틀 도시를 대상으로,” 국토계획, 제49권, 제3호, pp.143-157, 2014b.

[26] J. Wang, H. Huang, and Q. Zeng, “The effect of zonal factors in estimating crash risks by transportation modes: Motor vehicle, bicycle and pedestrian,” Accident Analysis & Prevention, Vol.98, pp.223-231, 2017.

[27] 교통신호기 설치·관리 매뉴얼, 경찰청, 2020.

박 승 훈(Seung-Hoon Park)

정희원



- 2002년 2월 : 단국대학교 건축공학과(공학사)
 - 2005년 8월 : University of Southern California(도시계획학 석사)
 - 2010년 12월 : University of Washington(도시설계 및 계획학박사)
 - 2020년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 사회과학대학 도시계획 및 부동산학부 부교수
- 〈관심분야〉 : 안전도시, 도시재생, 도시설계, 도시마케팅

저 자 소 개

고 동 원(Dong-Won Ko)

준희원



- 2018년 2월 : 계명대학교 도시계획 학전공(학사)
- 2020년 2월 : 계명대학교 도시계획 및 교통공학과(석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 도시계획및부동산학과(박사과정)

〈관심분야〉 : 보행안전, 도시설계, 도시재생