

어린이 보호구역 내 발생한 보행자 교통사고에 영향을 미치는 근린환경특성

Neighborhood Environmental Characteristics Affecting Pedestrian-Vehicle Crashes in School Zones

고동원*, 박승훈**

계명대학교 일반대학원 도시계획및교통공학과*, 계명대학교 도시계획학전공**

Dong-Won Ko(dw2774@naver.com)*, Seung-Hoon Park(parksh1541@kmu.ac.kr)**

요약

한국의 교통 패러다임이 차량 중심에서 보행 중심의 사회로 변화하고 있다. 이러한 과정에서 보행자 안전 및 보행환경 개선의 관심 또한 증가하고 있는 추세이다. 하지만 한국의 교통안전 수준은 여전히 심각한 수준이다. 따라서 보행자 안전 및 보행환경을 개선하기 위한 노력이 절실한 상황이다. 이에 본 연구는 어린이 보호구역 내 안전한 보행환경을 조성하기 위해 교통사고분석시스템(TAAS)에서 제공하는 2013-2015년 차대사람 교통사고 데이터를 활용하여 어린이 보호구역 주변 근린환경과 보행자 교통사고와의 연관성을 지리정보시스템(GIS)와 공간계량분석을 통해 파악하였다. 주요 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 도로요인과 대중교통요인 모두 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 둘째, 토지이용요인의 경우 주거지역, 상업지역, 공업지역 모두 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편, 용도혼합도의 경우에는 보행자 교통사고 저감에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 마지막으로, 개발밀도가 높은 경우에도 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다.

■ 중심어 : | 어린이 보호구역 | 보행자 교통사고 | 근린환경 | 공간계량모형 | 지리정보시스템 |

Abstract

Korea's transportation paradigm is shifting from a vehicle-centered to a pedestrian-oriented society. Therefore, the interest in pedestrian safety and the improvement of pedestrian environment is also increasing. However, the level of traffic safety in Korea is still severe. It is needed to improve pedestrian safety and pedestrian environment. This study studied pedestrian-vehicle accident data provided by the Traffic Accident Analysis System(TAAS) for 2013-2015 to build a safe walking environment around school zones, and the relation between the school zones and pedestrian-vehicle traffic accidents were identified through the geographic information system(GIS) and spatial regression model. The main results are as follows. First, both road and public transportation factors are likely to increase pedestrian traffic accidents in school zones. Second, regarding land-use factors, residential, commercial, and industrial areas are found to increase pedestrian traffic crashes. On the other hand, mixed use is likely to play a role on the reduction of pedestrian traffic accidents. Finally, it has been shown that high development density also has a positive effect on pedestrian traffic accidents in school zones.

■ keyword : | School Zone | Pedestrian-Vehicle Crash | Neighborhood Environment | Spatial Regression Model | Geographic Information System(GIS) |

* 본 논문은 2019 한국도시설계학회 춘계학술대회에서 발표한 기초연구를 보완·발전한 연구로 한국연구재단의 지원(NRF-2018R1D1A1B07050844)을 받음.

접수일자 : 2019년 09월 17일

수정일자 : 2019년 10월 14일

심사완료일 : 2019년 10월 14일

교신저자 : 박승훈, e-mail : parksh1541@kmu.ac.kr

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

한국은 과거 급속한 경제발전을 경험했다. 이에 따라 폭발적으로 증가하는 도시민의 주택수요를 해결하기 위해 효율성만을 강조한 채 이루어져왔던 외연적 확산의 도시개발이 현재는 안정기에 접어들고 있다. 급속한 경제발전으로 인해 한국의 국민소득도 과거에 비해 상당히 빠른 속도로 증가하여 국민의 삶의 질은 높아지고 있다. 삶의 질이 높아짐에 따라 자연스레 건강에 대한 관심이 높아져 보행에 관한 관심이 증가하였고, 이는 한국의 교통 패러다임이 차량 중심에서 보행 중심의 사회로 변화하였으며, 이러한 과정에서 보행자 안전 및 보행환경 개선의 관심 또한 증가하고 있다[1]. 하지만 한국의 교통안전 수준은 여전히 심각한 수준이다.

교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System, TAAS)의 통계보고서에 의하면 2016년 기준 인구 10만 명당 교통사고 발생건수는 한국이 431.1건으로, 이는 OECD회원국 평균보다 2배 이상 높은 수치를 나타내고 있다. 뿐만 아니라 자동차 1만 대당 교통사고 발생건수, 인구 10만 명당 교통사고 사망자수, 자동차 1만 대당 교통사고 사망자수 모두 OECD회원국 평균보다 높은 수치를 나타내고 있으며[2], 보행자 안전은 OECD회원국 중 가장 낮은 순위를 기록하고 있다[3]. 따라서 보행자 안전 및 보행환경 개선을 위한 노력이 절실한 상황이다.

특히 어린이를 위한 안전한 보행환경을 조성하는 것은 상당히 중요하다. 어린이의 보행은 성인이 됐을 때 교통수단을 선택하는 과정에서 상당한 영향을 미칠 뿐만 아니라, 등·하교시 차량이 아닌 보행을 통해 이동함으로써 친구들과 대화 및 다양한 활동을 통해 사회성을 높일 수 있기 때문이다[4]. 이에 따라 한국은 1995년 '도로교통법'을 개정하고 '어린이 보호구역 지정 및 관리에 관한 규칙' 제정을 통해 어린이 보호구역을 지정하였으며, 2017년 기준 전국 어린이 보호구역은 총 16,355개소에 이르고 있다[5].

이에 본 연구에서는 어린이 보호구역내 안전한 보행환경을 조성하기 위해 대구시 어린이 보호구역 주변 근린환경과 보행자 교통사고와의 연관성을 실증적 분석

을 통해 파악하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 내용

본 연구의 공간적 범위는 대구광역시이다[그림 1]. 대구광역시는 2017년 기준 교통사고 발생건수가 경기도, 서울특별시에 이어 세 번째로 높은 교통사고 발생건수를 나타내고 있는 지역이다. 본 연구의 공간단위는 행정안전부 「어린이·노인 및 장애인 보호구역의 지정 및 관리에 관한 규칙」에서 정의하는 보호구역 반경인 300m를 기반으로 하여 대구시 내 모든 어린이 보호구역 반경 300m로 설정하였다.

본 연구의 시간적 범위는 2013년부터 2015년까지 총 3년을 시간적 범위로 설정하였으며, 내용적 범위로는 교통사고분석시스템(TAAS)에서 제공하는 대구시 교통사고 발생건수 데이터 42,427건 중 보행자 교통사고만을 추출한 후, 추출된 보행자 교통사고 9,306건 중 어린이 보호구역 내에서 발생한 보행자 교통사고 6,260건을 대상으로 연구를 진행하였다.

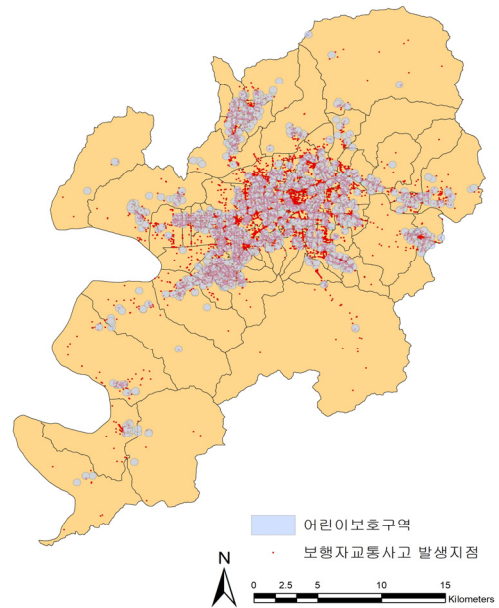


그림 1. 연구의 공간적 범위 및 보행자 교통사고 분포 현황

II. 선행연구 고찰

1. 보행자 교통사고에 영향을 미치는 근린환경요인에 관한 연구

보행자 교통사고와 도시의 근린환경에 관한 연구는 국내·외에서 활발하게 연구가 진행중이다. 이러한 근린환경 중 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인으로는 도로요인, 토지이용요인, 개발밀도요인과 같은 다양한 물리적 환경요인 등이 사고빈도 또는 사고심각도 등 종속변수의 특성에 따라 연구되어 왔다.

우선, 보행자 교통사고와 도시의 근린환경에서 도로요인을 고려한 Chen(2016)의 연구에서는 미국 시애틀 지역을 대상으로 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인을 분석하였다[6]. 주요 결과로는 교차로, 버스정류장 밀도, 제한속도가 높을수록 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 보도 밀도와 정지표지의 밀도가 높을수록 교통사고에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편, 서울시의 안전한 통학로 환경 조성을 위해 초등학교를 기준으로 반경 400m, 800m 내 건조 환경 특성을 분석한 권지혜(2018a)의 연구에서는 도로 폭을 소로, 중로, 대로 이상으로 세분하여 연구를 진행하였는데, 400m의 범위에서 소로의 경우 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미치지만 800m 범위에서 중로의 경우 보행자 교통사고에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 교차로 수와 신호등 수도 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다[7]. 이는 미국 플로리다주 힐스버러 지역을 대상으로 보행자 교통사고를 진행한 Wang(2017)의 연구에서도 동일하게 신호등이 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다[8]. 반면 미국 노스캐롤라이나주를 대상으로 보행자 교통사고 심각도에 관한 연구를 진행한 Kim(2010)의 연구에서는 신호등이 보행자 교통사고 심각도 저감에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다[9].

보행자 교통사고와 토지이용과의 관계를 주로 분석한 Narayanamoorthy(2013)의 연구에서는 주거지역, 상업지역, 공업지역이 모두 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미친다고 주장했다[10]. 이는 상업지역이 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미친다는

Miranda-Moreno(2011)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있다[11]. 한편 서울시를 대상으로 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인을 분석한 서지민(2016)의 연구에서는 용도혼합도가 높을수록 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미친다고 주장하였다[12]. 반면 미국 시애틀을 대상으로 보행자 교통사고에 대해 분석한 박승훈(2014a)의 연구에서는 용도혼합도가 높을수록 보행자 교통사고에 음의 영향력을 미치는 것으로 나타났다[13].

개발밀도를 고려한 연구 중 박철영(2016)은 공간회귀모형을 사용하여 서울시 가로 환경 특성이 보행자 교통사고에 미치는 영향을 분석하였는데, 상업 연면적이 높을수록 보행자 교통사고에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다[14]. 한편 박유나(2016)의 연구에서는 건물밀도가 높을수록 보행자 교통사고가 적게 일어난다고 주장했다[15].

2. 어린이 보호구역 주변 보행자 교통사고에 관한 연구

서론에서 언급한 바와 같이 어린이를 위한 안전한 보행환경을 조성하는 것은 매우 중요하기 때문에 어린이 보호구역 주변 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위한 연구가 최근 관심이 증가하고 있는 추세이다.

Clifton(2007)은 미국 볼티모어 지역의 초등학교를 대상으로 반경 400m 범위 내에 위치해 있는 근린환경 특성이 보행자 교통사고와 심각도에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다[16]. 보행자 교통사고와 심각도 모두 인구밀도가 높은곳에서 높게 나타났으며, 대중교통 접근성이 좋을수록 교통사고 발생 건수와 심각도 모두 낮게 나타났다. 한편 상업 접근성은 보행자 교통사고 심각도에서만 부정적 영향을 미친다고 주장했다.

Zhao(2015)의 연구에서는 베이징 지역의 어린이 보호구역의 교통통제시설의 효과를 검증하기 위해 교통제어장치선택모델(Traffic Control Device Selection Model, TCDSM)을 사용하여 연구를 진행하였는데 TCDSM에 의해 교통제어장치 설치의 적합성이 통계적으로 검증이 됐다고 주장했다[17].

또한 박승훈(2014b)는 안전한 통학로 조성을 위해

미국 시애틀의 초·중·고등학교를 대상으로 보행통학거리 800m 범위 내 물리적 환경과 보행자 교통사고와의 연관성을 음이항 회귀모형을 이용하여 분석하였다[18]. 연구의 주요 결과로는 신호등, 쿨데삭(Cul-De-Sac), 패스트푸드점, 주차장은 보행자 교통사고에 부정적 영향을 나타내며, 놀이터, 단독주택지 비율, 용도혼합도는 보행자 교통사고 저감에 영향을 준다고 나타났다. 이에 보행자 교통사고를 예방하기 위해서는 도로요인뿐만 아니라 토지이용 등 다양한 요인들이 종합적으로 고려되어야 한다고 주장했다.

박경훈(2012)은 창원시 초등학교를 대상으로 초등학교 주변 물리적 환경과 보행자 교통사고와의 상호관련성을 연구하였다[19]. 이 연구에서는 어린이 보호구역 설정 기준인 300m를 공간단위로 설정하여 연구를 진행하였다. 연구 결과 보도 위 장애물, 차량 진출입구, 신호등, 단독주택 면적, 공동주택 면적, 도로면적은 교통사고 위험 및 보행안전과 상관성을 가지는 것으로 나타났다.

3. 선행연구의 한계점 및 연구의 차별성

위에서 살펴본 바와 같이 어린이 보호구역 주변 보행자 교통사고와 관련한 연구는 국외를 대상으로 한 연구가 대부분이며, 한국의 경우 어린이 보호구역 주변의 근린환경에 대한 실증적 연구가 미흡한 수준이다. 또한 기존의 선행연구에서는 일반적인 근린환경이나 초등학교 주변을 주로 연구하였으며, 대상지 또한 연구자료 구득의 어려움으로 대부분의 국내 연구는 서울시를 중심으로 연구가 진행되었던 한계점이 있다. 어린이 보호구역을 살펴본 연구의 경우 어린이 보호구역 일부만을 대상으로 하거나, 어린이 보호구역으로 지정을 받는 건물 중 초등학교와 같은 일부 시설만을 대상으로 연구가 진행되고 있어, 연구결과를 기반으로 도시의 전반적인 보행안전 정책제언에는 어려움이 있다. 즉, 어린이 보호구역 주변 보행안전 강화를 위한 어린이 보호구역 전체의 총체적인 실증연구는 상당히 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 일부 특정 어린이 보호구역이 아닌 대구시 내 모든 어린이 보호구역을 대상으로 어린이 보호구역 내에서 발생하는 보행자 교통사고에 영향을 미치는 환경특성을 공간계량분석을 통해 실증적으로 파

악하고자 한다.

III. 연구방법

1. 분석 방법

일반적으로 교통사고 발생 빈도와 관련한 기존 선행 연구에서 사용하는 분석 방법은 포아송 회귀분석(Poisson Regression)과 음이항 회귀분석(Negative Binomial Regression)이 대표적이다[20-22].

하지만 보행자 교통사고는 공간적 속성을 지니고 있기 때문에 공간적 자기상관성(Spatial Autocorrelation)이 발생할 수 있다. 교통사고와 같은 공간적 속성을 가진 자료는 공간적으로 무작위하게 분포하는 것이 아닌 특정지역에 집중되어 분포할 수 있다. 그럴 경우에는 공간적 자기상관성이 발생할 수 있으며, 공간적 자기상관성이 발생했을 경우 공간적 자기상관성을 제어해야 한다. 공간적 자기상관성이란 주변과 완벽히 고립된 공간은 존재하지 않으며, 공간은 어떠한 방식으로든 주변에 있는 것과 연관이 되어 있다. 또한, 가까이 있는 공간일수록 상호 연관성은 높아지게 되고, 상대적으로 멀어질수록 상호 연관성은 낮아지게 된다는 공간의 본질적인 속성을 공간적 자기상관성이라고 한다[23]. 이러한 공간적 자기상관성을 제대로 제어하지 못할 경우 회귀모형의 결과 값이 편향되어 나타날 수 있다[14].

이에 본 연구에서는 실증적 분석에 앞서 대구시 어린이 보호구역 보행자 교통사고의 공간적 자기상관성을 검증하기 위해 Moran's I Test를 진행한 후 공간적 자기상관성이 나타나지 않으면 일반회귀모형을, 공간적 자기상관성이 나타나면 이를 제어할 수 있는 공간계량모형을 사용한다[14][24].

2. 변수 설정

선행연구 고찰을 통해 선정된 변수는 [표 1]과 같다. 본 연구에서는 어린이 보호구역 내 어린이 교통사고뿐만 아니라 모든 보행자 교통사고 발생건수를 포함하여 어린이 보호구역 주변의 전반적인 보행안전 강화를 위한 총체적 특성을 파악하고자 하였다. 본 연구에서 사용된 독립변수는 크게 도로요인, 대중교통요인, 토지이

표 1. 변수 정의

요인	변수	정의	단위	출처
종속 변수	2013-2015년 어린이 보호구역 내 발생한 보행자 교통사고의 수		수	TAAS
도로 요인	차로	어린이 보호구역 반경 300m내 평균 차로 수	평균	국가교통 DB센터
	횡단보도	어린이 보호구역 반경 300m내 횡단보도 수	수	공공데이터 포털
	신호등	어린이 보호구역 반경 300m내 신호등 수	수	대구시
	교차로	어린이 보호구역 반경 300m내 교차로 수	수	국가교통 DB센터
대중 교통 요인	버스정류장	어린이 보호구역 반경 300m내 버스정류장 수	수	국가교통 DB센터
	도시철도 출입구	어린이 보호구역 반경 300m내 도시철도 출입구 유/무	유/무	도로명주소 개발자센터
토지 이용 요인	주거지역	어린이 보호구역 반경 300m내 주거지역 면적 비율	비율	국가공간 정보포털
	상업지역	어린이 보호구역 반경 300m내 상업지역 면적 비율	비율	국가공간 정보포털
	공업지역	어린이 보호구역 반경 300m내 공업지역 유/무	유/무	국가공간 정보포털
	용도혼합도 ¹	어린이 보호구역 반경 300m내 주·상·공·녹 토지이용 혼합도	0~1	국가공간 정보포털
	공원	어린이 보호구역 반경 300m내 공원 유/무	유/무	도로명주소 개발자센터
개발 밀도 요인	건물출입구	어린이 보호구역 반경 300m내 건물출입구 수	수	도로명주소 개발자센터
	주거용 건물 연면적*	어린이 보호구역 반경 300m내 주거용 건물 평균 연면적	평균(㎡)	국가공간 정보포털
	상업용 건물 연면적*	어린이 보호구역 반경 300m내 상업용 건물 평균 연면적	평균(㎡)	국가공간 정보포털

*정규화 분포를 위한 ln변환

용요인, 개발밀도요인 4가지로 나누었다. 도로요인의 경우 국가교통DB센터, 공공데이터포털 등에서 제공하는 데이터를 활용하여 변수를 구축하였으며, 대중교통 요인은 국가교통DB센터, 도로명주소 개발자센터 등을 활용하였으며, 토지이용요인 중 공원의 경우 도로명주소 개발자센터에서 제공하는 공원 데이터를 활용하였으며 나머지 토지이용요인의 경우 국가공간정보포털에서 제공하는 용도지역 데이터를 사용하였다. 마지막으

로 개발밀도요인의 경우 국가공간정보포털에서 제공하는 건축물 데이터를 활용하여 주거용 건물 연면적, 상업용 건물 연면적 변수를 설정하였다.

IV. 분석 결과

1. 공간적 자기상관성 검증

대구시 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고의 공간적 자기상관성 검증 결과는 [표 2]와 같다. 또한, 대구시 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고의 군집 정도를 나타내는 LISA 분석 결과는 [그림 2]와 같다. 공간적 자기상관성 검증 결과를 보면 Moran's I 값은 0.973, z-score는 26.019로 공간적 자기상관성이 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 이는 대구시 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고 발생이 대구시 내 무작위하게 발생

1 용도혼합도의 경우 0~1 사이의 값을 가지며, 0에 가까울수록 완벽한 단일용도, 1에 가까울수록 완벽한 용도 혼합을 나타낸다[25].

$$LUDI = 1 - \left\{ \frac{\left| \frac{r}{T} - \frac{1}{4} \right| + \left| \frac{c}{T} - \frac{1}{4} \right| + \left| \frac{i}{T} - \frac{1}{4} \right| + \left| \frac{g}{T} - \frac{1}{4} \right|}{\frac{3}{2}} \right\}$$

r=주거지역면적, c=상업지역면적, i=공업지역면적, g=녹지지역면적, T=전체 동면적

하고 있는 것이 아니라 특정 지역에 집중적으로 발생하고 있음을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 공간적 자기상관성을 제어할 수 있는 공간계량모형을 사용하여 분석을 진행하였다.

표 2. 공간적 자기상관성 검증 결과

종속변수	Moran's I	z-score
어린이 보호구역 내 보행자 교통사고	0.973	26.019

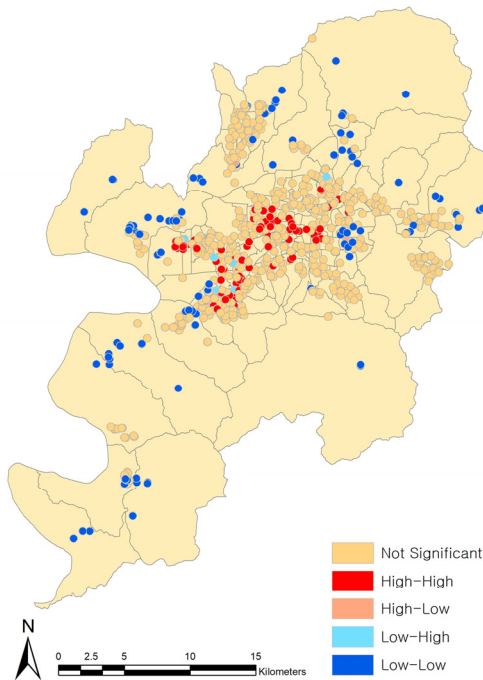


그림 2. 대구시 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고 LISA Cluster Map

2. 기술통계량

보행자 교통사고와 관련한 어린이 보호구역 주변 근린환경의 기술통계량은 [표 3]과 같다. 기술통계량 분석에 앞서 본 연구에서 도시철도 출입구, 공업지역, 공원 변수의 경우 어린이 보호구역 내 0의 값이 존재하는 지역이 많아 더미(Dummy)변수로 변환을 하여 연구를 진행하였다. 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고의 최소값과 최대값은 각각 0건과 85건으로 어린이 보호구역에 따라 편차가 상당히 큰 모습을 나타내고 있다. 또

한, 도로요인에서의 횡단보도, 신호등, 교차로와 대중교통요인에서의 버스정류장과 개발밀도요인에서의 건물 출입구 수 모두 편차가 다소 높게 나타나고 있는 모습을 보이고 있다. 이는 대구시의 경우 행정구역에 달성군이 포함되어 있어 도심과 비도심지역의 상대적인 개발차이로 인해 발생하는 편차로 파악되었다. 토지이용의 경우 주거지역의 비율과 상업지역의 비율 모두 최소값과 최대값은 각각 0%와 100%를 차지하고 있지만 평균값에서 주거지역의 비율은 약 70.40%를 차지하고 있으며, 상업지역의 비율은 약 8.36%를 차지하고 있다. 용도혼합도의 경우 0에서 1 사이의 값을 가지며, 일반적으로 0에 가까울수록 완벽한 단일용도, 1에 가까울수록 완벽한 혼합용도를 의미한다[25]. 본 연구에서 용도혼합도의 평균값은 약 0.25로 일반적으로 대구시 어린이 보호구역 내 용도는 단일용도를 가지고 있음을 알 수 있다. 공원 유무의 경우 평균값이 약 0.66으로 나타났다. 한편 개발밀도요인의 경우 주거용 건물 평균 연면적은 1,414.65㎡, 상업용 건물 평균 연면적은 661.73㎡로 나타났다. 개발밀도요인의 주거용·상업용 건물 평균 연면적은 어린이 보호구역 반경 300m 내 각각의 주거용·상업용 건축물 연면적의 평균을 측정하는 것으로 건물 정보 중 연면적 속성정보를 GIS를 활용하여 측정하였다.

표 3. 기술통계량

변수	최소값	최대값	평균	표준편차	VIF	
종속 변수	사고 수	0	85	16.40	12.91	-
도로 요인	차로 수	1.50	9.00	3.96	1.27	1.42
	횡단보도 수	0	61	17.98	11.11	1.67
	신호등 수	0	54	16.89	9.96	1.94
	교차로 수	0	39	5.74	5.72	1.56
대중 교통 요인	버스정류장 수	0	14	3.92	2.44	1.45
	도시철도 출입구 유무	0	1	0.17	0.37	1.15
토지 이용 요인	주거지역 비율	0.00	100.00	70.40	23.21	3.30
	상업지역 비율	0.00	100.00	8.36	16.40	2.14
	공업지역 유무	0	1	0.08	0.26	1.18
	용도혼합도	0.00	0.68	0.25	0.14	1.84

	공원 유무	0	1	0.66	0.47	1.10
개발 밀도 요인	건물출입구 수	2	1435	382.89	320.06	2.23
	주거용 건물 평균 연면적	0.00	37,529.29	1,414.65	2,588.70	1.59
	상업용 건물 평균 연면적	0.00	7,661.03	661.73	692.92	1.41

3. 공간계량모형 결과

본 연구에서는 공간적 자기상관성 검증 결과 대구시 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고의 공간적 자기상관성이 나타났기 때문에 공간적 자기상관성을 제어해 줄 수 있는 공간계량모형을 최종모형으로 채택했다. 공간계량모형은 공간시차모형(SLM)과 공간오차모형(SEM)으로 구성되어 있으며, 이들 모형 중 AIC(Akaike Info Criterion) 값과 SC(Schwarz Criterion) 값이 더 낮은 모형을 최종모형으로 채택한다. 이에 따라 본 연구에서는 공간오차모형(SEM)을 최종 모형으로 채택했다.

공간계량모형의 결과는 [표 4]와 같다. 공간오차모형(SEM)의 결과를 보면 교차로 수를 제외한 모든 변수에서 통계적 유의성을 나타내고 있다. 특히, 용도혼합도의 경우 공간적 자기상관성을 고려하지 않은 일반회귀모형(OLS)에 비해 공간적 자기상관성을 제어한 공간오차

모형(SEM)에서 계수 값과 유의확률이 크게 달라진 모습을 볼 수 있다.

본 연구에서 최종적으로 채택한 공간오차모형(SEM)의 결과 중 도로 요인을 먼저 살펴보면 차로 수가 많은 어린이 보호구역 주변일수록 보행자 교통사고가 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 서울시 보행자 교통사고에 영향을 미치는 물리적 환경요인을 분석한 서지민(2016)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있다 [12]. 일반적으로 차로 수가 많으면 차량의 속도가 상대적으로 위계가 낮은 도로에 비해 높고 보행자가 차도를 횡단할 경우에는 도로의 규모가 크기 때문에 차량에 노출되는 시간이 길어져 보행자 교통사고를 유발할 수 있는 것으로 예상된다. 횡단보도 및 신호등의 경우에도 보행자 교통사고가 횡단보도 또는 신호등이 많이 설치된 어린이 보호구역에서 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 횡단보도의 경우 보행자 교통사고에 미치는 영향을 연구한 서지민(2016), 박철영(2016), Lee(2016)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있으며 [12][14][26], 신호등의 경우 학교 주변의 물리적 환경특성을 연구한 Wang(2017)과 박승훈(2014b)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있다 [8][18]. 이는 대표적인 교통정온화시

표 4. 대구시 어린이 보호구역 보행자 교통사고 공간계량분석 결과

구분	OLS Model			공간시차모형(SLM)		공간오차모형(SEM)	
	Coef.	t		Coef.	z	Coef.	z
(상수)		-24.065	-10.499***	-23.572	-10.582***	-22.159	-8.887***
도로 요인	차로 수	1.807	8.343***	1.771	8.416***	1.382	6.223***
	횡단보도 수	0.080	2.992**	0.061	2.337**	0.079	2.953***
	신호등 수	0.076	2.352**	0.064	2.042**	0.083	2.606***
	교차로 수	-0.061	-1.224	-0.052	-1.063	-0.073	-1.421
대중 교통 요인	버스정류장 수	0.484	4.243***	0.507	4.569***	0.531	4.562***
	도시철도 출입구 유무	3.232	4.888***	3.077	4.777***	4.649	6.896***
토지 이용 요인	주거지역 비율	0.069	3.806***	0.074	4.239***	0.057	3.080***
	상업지역 비율	0.284	13.757***	0.264	13.036***	0.282	12.953***
	공업지역 유무	2.556	2.720***	2.587	2.833***	3.891	4.025***
	용도혼합도	-4.240	-1.917*	-4.699	-2.186**	-9.050	-3.925***
	공원 유무	1.000	1.949*	1.287	2.580***	1.584	2.960***
개발 밀도 요인	건물출입구 수	0.013	12.080***	0.010	9.424***	0.013	11.356***
	주거용건물 평균 연면적	1.149	5.667***	1.094	5.551***	1.145	5.542***
	상업용건물 평균 연면적	1.475	4.497***	1.495	4.692***	1.661	4.566***
공간시차(Wy)				0.153***	8.126		
Lambda(λ)						0.526***	25.253
Log likelihood		-4878.55		-4852.59		-4721.22	
N		1370		1370		1370	
R2		0.560		0.584		0.692	
Akaike Info Criterion(AIC)		9787.10		9737.18		9472.46	
Schwarz Criterion(SC)		9865.44		9820.74		9550.80	

*p<0.1; **p<0.05, ***p<0.01

설로 알려지는 횡단보도와 신호등이 오히려 보행자 교통사고를 유발할 수 있다는 점에서 횡단보도와 신호등의 설치에 있어서 보행자의 안전을 강화할 수 있는 다양한 물리적·제도적 방법이 지속적으로 고려되어야 한다.

대중교통 요인에서는 보행량 및 유동인구를 대리할 수 있는 요인으로 고려된 버스정류장 수와 도시철도 출입구의 유무도 보행자 교통사고가 많이 발생하는 어린이 보호구역 주변일수록 버스정류장 수가 많으며, 어린이 보호구역 주변에 도시철도 출입구가 없는 것에 비해 있는 것이 보행자 교통사고가 더 많이 발생하는 것으로 밝혀졌다. 이는 기존의 보행자 교통사고를 연구한 Miranda-Moreno(2011), 서지민(2016), 박철영(2016)와 동일한 결과를 나타내고 있으며[11][12][14], 초등학교 주변 보행자 사망사고에 영향을 미치는 요인을 분석한 권지혜(2018b)의 연구에서도 동일한 결과를 나타내고 있다[27]. 이는 도보 통근자수가 많을 경우 보행자 교통사고 발생이 높아진다는 Cai(2016)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있다[28]. 반면 미국 볼티모어 지역을 대상으로 보행자 교통사고에 대해 연구를 진행한 Clifton(2009)의 연구에서는 버스정류장이 보행자 교통사고 심각도를 저감하는데 효과가 있다고 주장했다[29]. 이처럼 버스 및 도시철도와 같은 대중교통수단은 보행증진에 긍정적 영향을 줄 수 있지만 보행안전 측면에서는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 일반적으로 어린이 보호구역의 기준이 되는 대표적인 시설인 유치원 및 초등학교의 경우 보편적으로 근린내에 밀접하게 위치하여 대중교통보다는 보행을 통해 접근하는 경우가 많기 때문에 어린이 보호구역 내 버스정류장 등과 같은 대중교통을 위한 시설을 가능한 어린이 보호구역 외곽으로 설치를 검토하거나 보행자의 안전을 고려한 시인성이 우수한 대중교통시설을 설계하는 것이 필요하다.

토지이용 요인을 살펴보면 어린이 보호구역 주변에 주거지역 비율 또는 상업지역 비율이 높거나, 공업지역이 있을 경우 보행자 교통사고가 상대적으로 더 자주 발생하는 것으로 나타났다. 주거지역의 경우 서울시 초등학교 주변을 대상으로 보행자 교통사망사고에 영향을 미치는 요인을 분석한 권지혜(2018b)과[27], 서울시 보행자 교통사고에 영향을 미치는 물리적 환경요인에

대해 분석한 서지민(2016)의 연구와는 상반된 결과를 나타내고 있다[12]. 주거지역의 경우 일반적으로 단독주택과 공동주택이 밀집한 지역을 의미하며, 이러한 주거지역 내에서는 출·퇴근, 여가, 휴식 등을 위한 다양한 통행이 발생하며, 이에 따라 운전자가 예측할 수 없는 다양한 돌발 상황이 발생할 수 있을 것으로 판단하여 보행자 교통사고의 발생이 높은 것으로 예상된다. 따라서 예측할 수 없는 돌발 상황에서 발생하는 보행자 교통사고를 예방하기 위해 주거지역 내 교통안전시설이 확충되어야 할 것으로 판단된다. 상업지역의 경우 기존의 대부분의 선행연구와 동일한 결과를 나타내고 있다. 상업지역의 경우에도 앞서 고려된 지하철역 유무와 마찬가지로 상대적으로 보행량이 많아 차량에 노출되는 보행자 수가 많아 사고발생이 많아지는 것으로 판단된다. 따라서 향후 상업지역에 대해 다양한 보행 안전 정책이 추가적으로 필요할 것으로 예상된다. 공업지역의 경우 어린이 보호구역 내 공업지역이 존재할수록 보행자 교통사고 발생 수가 증가하는 것으로 나타났다. 일반적으로 공업지역의 차로는 대형 화물차량의 원활한 이동을 위해 상대적으로 도로 폭이 다른 일반 도로에 비해 더욱 넓어 보행자가 도로를 횡단할 시 차도에 노출되는 시간이 길어져 사고 발생 또한 증가하는 것으로 판단된다. 한편 본 연구에서 고려된 용도혼합도의 경우 미국 시애틀의 학교를 대상으로 연구를 진행한 박승훈(2014b)의 연구와는 동일한 결과를 나타냈지만[18], 서울시를 대상으로 보행자 교통사고를 연구한 서지민(2016)과 미국 볼티모어 학교 주변 보행자 교통사고 심각도를 연구한 Clifton(2007)의 연구와는 상반된 결과를 나타내고 있다[12][16]. 이처럼 용도혼합도의 경우 장소·시간 등 다양한 요인에 의해 상반된 결과가 도출되고 있기 때문에 향후 지속적인 논의가 필요하다. 한편 어린이 보호구역 내 공원이 존재할수록 보행자 교통사고가 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 통계적으로 유의한 값은 나타내진 않았지만 Clifton(2007), Lee(2016)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있다[16][26]. 공원의 경우 일반적으로 시민의 휴식, 여가 및 건강을 책임지는 공간으로 공원의 중요성이 상당히 높게 인식되고 있지만, 정작 공원 주변의 보행안전성은 낮은 것으로 나타났다. 따라서 향후 공원 주변의 보행

자 교통사고에 영향을 미치는 근린환경요인을 파악하기 위한 심도 있는 실증적 연구가 필요하다.

개발밀도 요인의 경우 건물 출입구 수, 주거용 건물 평균 연면적과 상업용 건물 평균 연면적이 높은 어린이 보호구역일수록 보행자 교통사고는 더 자주 발생하는 경향을 보이고 있다. 건물 출입구 수의 경우에는 도시철도 출입구 유무와 마찬가지로 유동인구를 대신할 수 있는 대리변수로 고려되었으며, 울산지역의 어린이 교통사고에 대해 음이항 회귀분석을 사용하여 연구를 진행한 Lee(2016)의 연구와 동일한 결과를 나타내고 있다[26]. 한편, 주거용 건물 평균 연면적과 상업용 건물 평균 연면적은 토지이용 요인에서의 주거지 비율과 상업지 비율의 결과와 동일하게 보행자 교통사고에 부정적 연관성을 가지는 것으로 나타났다. 개발밀도가 높은 경우 일반적으로 주거지역에서는 상주인구, 상업지역에서는 유동인구가 높아 보행량이 많은 것을 의미하기 때문에 보행안전을 위한 효과적인 보차 분리 설계 마련 또는 시케인 및 초커와 같은 교통정온화기법을 통해 차량의 속도를 낮추고 보행자의 안전을 강화하는 다양한 방법을 강구해야 할 것으로 판단된다.

한편, 본 연구에서 사용된 도시철도 출입구, 건물 출입구, 상업용 건물 평균 연면적 변수는 변수 고유의 속성뿐만 아니라 교통사고 모델에서 통제가 이루어져야 하는 유동인구, 교통량과 같은 노출변수의 대리변수로도 고려가 됐는데, 이러한 변수는 모두 보행자 교통사고에 부정적인 요인으로 나타났다.

V. 결론

본 연구는 대구시 어린이 보호구역 주변 근린환경과 보행자 교통사고와의 연관성을 공간계량모형을 이용하여 분석을 진행하였다. 본 연구의 주요 결과 및 시사점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 어린이 보호구역 주변 근린환경과 보행자 교통사고와의 연관성을 파악하기 위해 공간적 자기상관성 검증을 통해 대구시 어린이 보호구역의 보행자 교통사고의 공간적 분포에 공간적 자기상관성이 나타남을 확인하여, 이를 제어할 수 있는 공간계량

모형을 사용하였으며, 그 중 공간오차모형(SEM)이 가장 적합한 모형으로 나타났다.

둘째, 횡단보도와 버스정류장이 많을수록 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고는 많이 발생하는 것으로 나타났다. 하지만 횡단보도와 버스정류장은 향후 대중교통중심의 보행친화적인 도시로 나아가기 위해서는 반드시 고려되어야 할 요소이기 때문에 시인성이 좋은 안전표지 및 조명시설 설치, 옐로카펫 등을 설치하여 운전자의 시선집중도를 증가시킬 수 있는 대중교통시설 및 횡단보도가 설계되어 양적인 측면보다는 질적인 측면에서의 개선을 통한 보행자 교통사고 저감을 위한 노력을 해야 할 것으로 판단된다.

셋째, 도시철도 출입구 유무, 건물 출입구 수, 버스정류장 수와 같이 보행량 및 유동인구를 대신할 수 있는 변수들은 보행자 교통사고와 양의 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 이는 보행량이 많을수록 차량에 노출되는 보행자 수가 많음을 의미하기 때문에 효과적인 보차 분리를 위한 설계 기법 및 펜스, 과속방지턱 등 다양한 교통안전시설물이 설치가 돼야 할 것으로 판단된다.

넷째, 토지이용의 요인에서 주거지역 비율, 상업지역 비율, 공업지역 유무 모두 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고와 양의 상관성을 가지는 것으로 나타났지만, 용도혼합도의 경우 본 연구에서는 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고를 저감할 수 있는 결과가 나타났다. 따라서 용도혼합을 통한 대중교통지향형 개발(TOD), 압축도시의 개념을 접목한 도시계획 및 설계가 향후 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고 예방에 도움이 될 수 있음을 의미할 수도 있다. 하지만 기존의 선행연구에서 장소·시간 등 다양한 요인에 의해 상반된 결과가 도출되고 있기 때문에 지속적인 논의가 필요하며, 향후 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고 저감을 위해 토지이용 측면에서 주의 깊게 살펴볼 필요가 있다.

다섯째, 본 연구에서 어린이 보호구역에 공원이 많을수록 보행자 교통사고가 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 공원의 경우 시민의 휴식, 사교, 여가, 운동 등 다양한 활동을 가능하게 하는 공간으로 특히, 건강측면에서 공원은 굉장히 중요한 역할을 담당하고 있다. 하지만 이러한 공원이 보행자 교통사고에는 부정적 영향을 미치고 있다. 이는 공원 자체의 속성은 삶의 질 향상에

다양한 긍정적 기능을 하고 있지만, 공원으로 접근하는 과정에서의 보행자 교통사고 측면에서는 보행안전에 위협을 받을 수 있음을 의미한다. 따라서 공원 주변의 보행자 교통사고에 영향을 미치는 근린환경요인을 파악하기 위한 실증적 연구가 향후 필요하다.

본 연구는 기존의 어린이 보호구역의 일부만을 대상으로 하거나 어린이 보호구역으로 지정받는 시설 중 일부만이 아닌 어린이 보호구역 전체의 근린환경 특성을 파악하여 어린이 보호구역 주변 보행안전 강화를 위한 실증적 연구를 진행하였다는데 의의가 있다.

한편, 보행자 교통사고의 특성은 근린환경요인 뿐만 아니라 개별적 요인의 영향을 받을 수도 있기 때문에 향후 운전자 및 보행자의 특성, 날씨, 법규준수여부 등 개별적 요인을 추가하여 연구를 진행할 경우 더욱 심층적인 연구가 진행될 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 본 연구에서 어린이 보호구역 주변의 보행량 및 차량통행량 등 자료 구득의 어려움으로 인해 도시철도 출입구 유무, 건물출입구 수, 버스정류장 수와 같은 대리변수로 측정하여 더욱 정확한 분석을 할 수 없다는 점에서 한계가 있다. 따라서 향후 유동인구 및 보행량, 교통량의 데이터를 구득하여 연구를 진행하면 더욱 정확한 연구가 될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] 이호준, 이수기, “근린의 도로 네트워크 구조와 보행자 교통사고의 연관성 분석,” 국토계획, 제52권, 제1호, pp.141-162, 2017.
- [2] <http://taas.koroad.or.kr>, 2019.02.25.
- [3] <http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4149419&ref=A>, 2019.03.15.
- [4] 성현곤, 오준석, *다 함께 만드는 보행 및 자전거 중심의 안전한 통학로 조성사업 개발 연구*, 한국교통연구원, 2011.
- [5] 정용일, *어린이 보호구역에 대한 소고: 교통사고 감소 및 관리강화 방안을 중심으로*, 충북연구원, 2017.
- [6] P. Chen and J. Zhou, “Effects of the built environment on automobile-involved pedestrian crash frequency and risk,” *Transport & Health*, Vol.3, No.4, pp.448-456, 2016.
- [7] 권지혜, 박승훈, “안전한 통학로 환경 조성을 위한 보행자 교통사고와 건조 환경과의 연관성 연구: 공간회귀모형을 활용하여,” *한국지역개발학회지*, 제30권, 제5호, pp.75-96, 2018a.
- [8] 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.97, pp.223-231, 2017.
- [9] J. K. Kim, G. F. Ulfarsson, V. N. Shankar, and F. L. Mannering, “A note on modeling pedestrian-injury severity in motor-vehicle crashes with the mixed logit model,” *Accident Analysis & Prevention*, Vol.42, No.6, pp.1751-1758, 2010.
- [10] S. Narayanamoorthy, R. Paleti, and C. R. Bhat, “On accommodating spatial dependence in bicycle and pedestrian injury counts by severity level,” *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol.55, pp.245-264, 2013.
- [11] 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.97, No.5, pp.1624-1634, 2011.
- [12] 서지민, 이수기, “서울시 보행자 교통사고에 영향을 미치는 물리적 환경요인에 관한 연구: 2014 TAAS 자료를 중심으로,” 국토계획, 제51권, 제3호, pp.197-216, 2016.
- [13] 박승훈, “근린환경이 보행자-차량 충돌사고에 미치는 영향: 북미 워싱턴 주 시애틀 도시를 대상으로,” 국토계획, 제49권, 제3호, pp.143-157, 2014a
- [14] 박철영, 이수기, “가로환경 특성이 보행자 교통사고에 미치는 영향 분석: 가로 세그먼트 분석단위와 공간통계모형의 적용,” *도시설계*, 제17권, 제3호, pp.105-121, 2016.
- [15] 박유나, 이가인, 조기혁, “압축도시의 물리적 요소가 보행자 교통안전에 미치는 영향: 분석공간 단위에 따른 차이를 중심으로,” 국토계획, 제51권, 제2호, pp.141-159, 2016.
- [16] K. J. Clifton and K. Kreamer-Fults, “An

- examination of the environmental attributes associated with pedestrian-vehicular crashes near public schools,” *Accident Analysis & Prevention*, Vol.39, No.4, pp.708-715, 2007.
- [17] X. Zhao, “A generic approach for examining the effectiveness of traffic control devices in school zones,” *Accident Analysis & Prevention*, Vol.82, pp.134-142, 2015.
- [18] 박승훈, “안전한 통학로 조성을 위한 보행자-차량간 교통사고와 학교주변의 물리적 환경과의 연관성 연구,” *대한건축학회 논문집-계획계*, 제30권, 제8호, pp.181-189, 2014b.
- [19] 박경훈, 변지혜, “초등학교 주변 물리적 환경이 보행 안전에 미치는 영향 - 창원시 초등학교를 대상으로,” *한국지리정보학회지*, 제15권, 제2호, pp.150-160, 2012.
- [20] 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.
- [21] R. J. Schneider, “Association between Roadway Intersection Characteristics and Pedestrian Crash Risk in Alameda County, California,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.2198, No.1, pp.41-51, 2010.
- [22] 윤준호, 이수기, “중앙버스전용차로 정류장 주변 보행자 교통사고 요인 분석: 서울시 TAAS (2014-2016) 자료를 중심으로,” *국토계획*, 제53권, 제4호, pp.123-142, 2018.
- [23] 서만훈, 이재승, 최열, “공간적 자기상관성과 도시특성 요소를 고려한 자연재해 피해 분석,” *대한토목학회 논문집*, 제36권, 제4호, pp.723-733, 2016.
- [24] 이세영, 이재승, “어린이·노인 보행자 교통안전을 위한 근린환경요인,” *도시설계*, 제15권, 제6호, pp.5-15, 2014.
- [25] J. Rajamani, C. R. Bhat, S. Handy, G. Knaap, and Y. Song, “Assessing the impact of urban form measures on nonwork trip mode choice after controlling for demographic and level-of-service effects,” *Transportation Research Record*, Vol.1831, pp.158-165, 2003.
- [26] 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.
- [27] 권지혜, 박승훈, “초등학교 주변의 보행자 교통사망 사고에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 서울시의 초등학교를 중심으로,” *국토계획*, 제53권, 제3호, pp.57-73, 2018b.
- [28] K. J. Clifton, C. V. Burnier, and G. Akar, “Severity of injury resulting from pedestrian-vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment?,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol.14, No.6, pp.425-436, 2009.

저 자 소 개

고 동 원(Dong-Won Ko)

준희원



- 2018년 2월 : 계명대학교 도시계획학전공 (학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 계명대학교 도시계획및교통공학과(석사과정)

〈관심분야〉 : 보행안전, 도시설계, 도시재생, 공간분석

박 승 훈(Seung-Hoon Park)

정희원



- 2002년 2월 : 단국대학교 건축공학과(공학사)
- 2005년 8월 : University of Southern California(도시계획학석사)
- 2010년 12월 : University of Washington(도시설계 및 계획학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 계명대학교

공과대학 도시학부 도시계획학전공 조교수

〈관심분야〉 : 안전도시, 도시재생, 도시설계, 도시마케팅