

# 고령 보행자 교통사고에 영향을 미치는 환경요인에 관한 연구: 부산광역시를 중심으로\*

박준범\*\* · 남궁미\*\*\*

## A Study on the Environmental Factors Influencing Elderly Pedestrian Traffic Accidents in Busan\*

Joonbum Park\*\* · Mi Namgung\*\*\*

**요약 :** 최근 건강 및 환경오염과 관련된 사회적인 관심과 함께, 전 국민적으로 보행의 중요성에 대한 의식이 높아지고 있으며, 보행자 교통사고 역시 5년 전보다 8% 이상 감소하였다. 그러나 65세 이상의 고령 보행자 교통사고는 지속적으로 증가하였고, 5년 전보다 26%가 증가하여 고령 보행자 교통사고는 중요한 사회 문제로 대두되고 있다. 따라서 본 연구는 고령 보행자 교통사고에 영향을 미치는 환경요인을 분석하는 것을 목적으로 한다. 연구를 진행하기 위하여, 2016년 교통사고분석시스템(TAAS)을 활용하였으며, 음이항 회귀분석을 이용하였다. 분석결과, 고령자와 비고령자 사이의 보행자 교통사고 영향요인이 다른 것으로 나타났다. 구체적으로, 횡단보도 밀도는 고령 보행자 교통사고에 음(-)의 영향을 미쳤으며, 토지이용 혼합도는 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 비고령자의 경우, 차로수와 상업지역이 보행자 교통사고에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 사고심각도에 따른 영향요인도 다르게 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 본 연구는 고령 보행안전을 위한 교통정책 방향을 제시한다.

주요어 : 고령보행자, 보행자 교통사고, 보행안전, 음이항 회귀분석

**Abstract :** This study examines the effect of physical environment on elderly pedestrian accidents in Busan. We analyzed the 2016 Traffic Accident Analysis System (TAAS) data and employed a negative binomial regression analysis. The empirical analyses show that there are differences in the effect of physical environments between the elderly and the non-elderly. Specifically, the crosswalk density shows negative associations with elderly pedestrian traffic accidents, while the level of land-use mix shows positive associations. For the non-elderly, the number of car lanes and commercial area ratio show positive associations with pedestrian traffic accidents. In addition, there are differences in the effects of physical environment between elderly pedestrian traffic accidents which result in serious injuries and the accidents which result in minor injuries. The findings in this study suggest that there should be efforts to introduce policies that can improve elderly pedestrian safety.

Key Words : Elderly pedestrian, Pedestrian traffic accident, Pedestrian safety, Negative binomial regression

### I. 서론

최근 건강 및 환경오염과 관련된 사회적인 관심과 함

께 보행환경의 중요성이 강조되고 있다. 정부와 각 지방자치단체에서는 이런 사회적 흐름에 발맞춰 안전하고 쾌적한 보행환경을 만들기 위한 다양한 제도와 정책을

\*본 연구는 2019 'BK21 플러스 사업'(과제번호: F19HR32T2603)의 지원을 받아 수행된 연구이며, 박준범의 석사학위논문을 수정하여 작성한 것임.

\*\*부산대학교 도시공학과 석사(Master, Department of Urban Engineering, Pusan National University, alishappy@pusan.ac.kr)

\*\*\*부산대학교 도시공학과 조교수(Assistant Professor, Department of Urban Engineering, Pusan National University, ngm119@pusan.ac.kr)

마련하고 시행하고 있다. 우리나라는 성장위주의 자동차 중심 도시개발에서, 보행자 중심의 패러다임으로 변화한지 오랜 시간이 지나지는 않았으나, 경찰청에서 발표한 교통사고통계에 따르면 2017년 기준 우리나라의 보행자 교통사고 사상자는 49,382명으로 5년 전보다 8% 이상 감소한 수치를 나타내고 있다. 하지만 65세 이상의 고령 보행자로 그 대상을 한정하면 결과가 달라진다. 경찰청(2012~2018년)에 의하면 고령 보행자 교통사고 사상자는 2012년 9,610명에서 2017년 12,121명으로 5년 전보다 약 26%가 증가하였으며, 전체 보행자 교통사고의 25%에 육박하는 수치를 보이고 있다. 고령 보행자 교통사고의 발생이 증가하는 것은 전 세계적으로 유사한 추이를 보이고 있지만, 2016년 기준 우리나라의 고령자 인구 10만 명당 교통사고 사망자는 25.6명으로 OECD 전체 평균인 8.5명보다 약 3.0배 높으며, IRTAD(2017)에 의하면 주요 국가인 미국(13.9), 일본(7.6), 영국(3.8), 프랑스(7.2) 보다 수치가 높은 것을 알 수 있다.

고령 보행자 교통사고의 증가는 우리사회의 고령화와 연관성이 있다. 우리나라는 의료과학 기술의 발달로 인한 기대수명의 연장과 OECD 회원국 평균 수준에도 못 미치는 최하위권의 저출산 기조와 연결되어, 노령인구가 차지하는 비율이 급속도로 증가하고 있다. 통계청 국가통계포털(2017)에 의하면 국내 고령인구(65세 이상)는 1999년 이미 7.0%를 넘어 고령화 사회가 되었고, 2018년을 기준으로 대한민국 전체 인구 중 14.3%(7,372천명)를 초과하여 고령 사회에 진입하였으며, 2020년에는 전체 인구 중 15.6%(8,134천명), 2025년에는 20.0%(10,508천명)에 달하는 초고령화 사회로 접어들 것으로 예상된다.

우리나라에서 두 번째로 인구가 많은 부산광역시도 전체인구 중 고령인구가 차지하는 비율이 2015년도에 이미 14.0%를 넘어섰으며, 2017년 기준 16.1%(567,000명)로, 전국 7대 특별·광역시 가운데 가장 높은 수치를 기록하였다. 부산광역시의 고령화율은 최근 10년간 지속적으로 증가하고 있으며, 그 증가율은 최근 들어 더 높아진 것을 확인할 수 있다. 또한 부산광역시의 16개 구·군중 14개의 자치구는 2017년 기준 전국 고령인구 비율인 13.8%를 상회하고 있었다. 특히 영도구, 서구, 중구, 동구 등 네 곳은 고령인구 구성비가 21.0%를 넘어서는 등 부산광역시는 우리나라에서 가장 고령화 속도가 빠른 초고령 도시로 변해가고 있다. 이런 고령화 현상과

함께 부산시의 고령 보행사고도 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 경찰청의 2018년 교통사고 통계에 따르면 부산광역시는 보행자 교통사고 중 노인이 차지하는 비율이 2012년도 18.29%에서 5년 만에 26.91%로 8.0% 이상 상승하며 고령 보행사고가 지속적으로 늘어나고 있음을 알 수 있었다.

이에 본 연구에서는 고령자 보행사상자의 비율이 매년 증가하고 있는 부산광역시를 공간적 범위로 선정하고, 206개의 행정동을 분석단위로 사용하여 고령 보행자 교통사고를 발생시키는 영향요인을 살펴보는 것을 그 목적으로 한다. 이를 위해 보행자 교통사고를 고령자 집단과 비고령자 집단으로 나누고 음이항 회귀분석을 활용하여 두 집단의 영향요인의 차이를 비교하며, 고령자 집단의 경우는 중상, 경상, 사망 등 사고심각도별로 집단을 더 세부적으로 구분하여 그 차이를 비교 분석하고자 한다.

## II. 이론적 고찰 및 선행연구

### 1. 고령자 특성 및 보행사고

고령자는 노화에 따른 신체적, 정신적 노쇠와 함께 사회적 역할이 감소하여 신체적으로는 의존적 성향을 가지며, 사회·문화적으로는 연장자로서의 권위를 갖는 사람으로 해석할 수도 있다(박차상 등, 2009). 고령자의 기준이 되는 연령은 대부분 65세를 기준으로 하고 있으나, 분야별로 상이한 경우도 존재한다. 현재 유엔(UN)에서는 15세~64세 사이의 인구를 생산인구, 65세 이상을 노인으로 규정하고 있으며 OECD, EU의 경우도 노인인구비율, 노년부양비, 교통사고 사망률 등의 지표산출을 함께 있어 노인인구를 65세 이상으로 정의하고 있다. 우리나라의 경우는 「노인복지법」, 「노인장기요양보험법」, 「국민기초생활 보장법」 등 대부분 법령에서 고령자를 65세 이상으로 규정하고 있으나, 「고용상 연령차별금지 및 고령자고용촉진에 관한 법률」에서는 고령자의 기준을 55세 이상으로 하고 있다. 반면 교통 부분에서 고령자는 「도로교통법」 제11조의 내용에 따라 65세 이상인 사람을 그 대상으로 한다. 그리고 「교통약자의 이동편의 증진법」 제2조에 명시된 '교통약자'에 포함되는 대상으로 일상생활에서 이동에 불편을 느끼는 사람이라고 규정하고 있다(법제처 국가법령정보센터).

지속적인 인구 고령화로 인해 우리사회에서의 고령자 비율은 꾸준히 늘어나고 있으며, 고령자를 위한 정책 수립이나 계획수립을 위해서는 그들이 가지는 다양한 특징을 파악하는 것이 중요하다. 고령자는 비고령자에 비해서 시각, 청각, 지각 등의 감각능력이 감소하는 특성을 나타내며, 이는 결국 교통사고가 증가하는 결과로 이어진다(Eberhard, 1996). 시력의 감소로 인한 식별능력의 저하는 고령자의 가장 대표적인 신체특성 중 하나이다. 고령자는 고정되어 있는 물체에 대한 시력은 65세 이상부터는 30대의 80% 수준 이하로 감소되는 것으로 나타났다(Mori and Mizohata, 1995). 또한 고령층일수록 시야 폭이 감소하고, 눈부심에 대한 민감도도 증가한다. 그리고 녹내장, 백내장, 당뇨 등의 성인질병으로도 시각적인 기능이 저하될 수도 있다. 백내장은 교통안내 표지판이나 중앙선 등 노란색 계통의 교통안전 시설물들이 하얀색으로 보이게 하여 위험한 상황에 처하게 되기도 한다(Yoshida, 1983). 그 결과, 고령 보행자는 접근차량, 교통신호 등을 확인하는 시간이 늘어나 자주 변화하는 교통환경에 대한 적응력이 떨어지고, 사고 위험성이 높은 긴급상황에서 정확한 판단을 내리지 못해 교통사고를 당할 가능성이 높아지게 된다(조규태 등, 2006; 김경변, 2015). 박정호(2017)의 연구에서는 고령화에 따른 근육운동능력의 저하와 신경계의 기능 저하로 인한 사고과정의 속도 감소는 다양하고 복잡한 교통 돌발 상황의 반응에 걸리는 시간의 지연으로 이어져 인지반응시간이 훨씬 길어진다고 하였다. 특히 고령자들은 횡단보도에서 녹색신호가 되어도 금방 건너려고 하지 않으며, 보행속도를 1.20m/초로 가정한 경우 30% 이상의 노인이 주어진 횡단보도 녹색시간 안에 횡단을 마치지 못하는 것으로 나타났다(Amosun *et al.*, 2007). 또한, 운동기능의 저하로 원거리의 횡단보도를 이용하기 보다는 무단횡단을 하려는 경향을 보이며 심리적으로는 도로환경에서 발생하는 다양한 정보의 동시처리가 힘들어져 복잡한 교통상황을 대처하는 데 있어 어려움을 겪는 경향이 있다고 한다(최재성 등, 2015).

이러한 고령자의 신체 및 행동특성의 변화는 보행자의 안전에 매우 큰 영향을 미칠 것으로 예상되며 이런 특성파악은 교통안전 측면에서 매우 중요한 의미를 가질 수 있을 것이라고 판단된다(조규태 등, 2006; 교통과학연구원, 2010; 박정순, 2011; 최재성 등, 2015; Haleem *et al.*, 2015).

## 2. 보행자 교통사고 요인

보행자 교통사고에 중요한 영향을 미치는 요인들은 크게 자연환경 요인, 물리적 요인, 용도지역 요인으로 구분된다. 먼저, 날씨 또는 주간·야간 등의 자연 요인은 자연 환경적으로 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인으로 다수의 국내의 논문에서 연관성이 높다고 주장한다. 유기열 등(2010)의 연구에서는 주간에 발생한 보행자 교통사고에 비해 야간사고가 치사율이 1.8배나 더 높은 것을 확인했다. 또한 이지선 등(2012), 김종태(2013)의 연구에서는 야간 시야 확보의 어려움이 보행자 교통사고가 발생하는 주요 요인이라고 설명하며 사고 당시의 기상상태와 주·야간 여부가 사고 발생에 크게 영향을 미친다고 밝혔다. 이러한 결과는 플로리다를 공간적 범위로 하는 Haleem *et al.*(2015)의 연구에서도 역시 유사한 결과를 나타냈으며 날씨, 사고시간 그리고 도로 밝기 등이 보행자 교통사고와 유의성이 높다는 것을 증명하였다.

보행자 교통사고와 관련된 물리적 요인을 살펴보면, 우선 교통사고가 많이 발생하는 지점이며 보행자의 횡단이 발생하는 구간인 교차로가 보행사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다(이세영·이제승, 2014; 박철영·이수기, 2016; 권지혜, 2018). 또한 교차로의 면적이 커질수록 보행자가 건너야 하는 거리가 더 멀어지고 차량과 접촉할 수 있는 시간이 그만큼 더 늘어나 사고가 많이 발생할 수 있다는 분석결과도 있다. 교차로와는 달리 보행자를 보호하기 위한 목적으로 설치된 안전시설인 횡단보도와 신호등도 당초 설치 목적과는 상이하게 보행자 교통사고를 유발시키는 요인으로 국·내외 많은 연구에서 유사한 결과가 도출되었다(Lascala *et al.*, 2000; 박승훈, 2014b; 서지민·이수기, 2016; 박철영·이수기, 2016; 권지혜, 2018; 배민경·박승훈, 2018). 차로 수도 보행자 교통사고에 중요한 요소라고 볼 수 있다(이수범 등, 2009; 이지선 등, 2012; 이세영·이제승, 2014; 박철영·이수기, 2016). 이는 도로의 차로가 많아질수록 보행자가 횡단해야 할 거리가 멀어지고 그만큼 보행자 교통사고가 발생 가능한 위험한 상황이 더 길게 노출되는 것으로 예상할 수 있다. 버스, 지하철과 같은 대중교통수단은 고령자, 아동 등 교통약자의 이동성 확보 및 교통복지를 위한 중요 수단(전창우·이건학, 2017; 신정엽, 2018)이며 자차이용률을 감소시키는 친환경적인 효과와

는 달리 보행자의 교통사고 위험을 증가시키는 것으로 나타났다. 이와 관련해 박철영 · 이수기(2016), 서지민 · 이수기(2016), 권지혜(2018)의 연구에서는 버스정류장, 중앙버스정류장, 지하철역 등 대중교통 변수가 보행자 교통사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 보행자들이 버스의 승·하차 시 무리하게 무단횡단을 하는 경우가 많고, 대중교통시설 주변에는 차량통행량과 보행량이 많기 때문인 것으로 볼 수 있다. 특히 이세영 · 이계승(2014)의 연구에서는 상대적으로 신체적 능력이 저하된 교통약자의 경우 대중교통 이용 시 교통사고에 노출될 위험이 높아진다고 하며, 대중교통을 주요 이동 수단으로 사용하는 고령자는 대중교통시설 주변에서 보행안전에 더욱 주의해야 한다고 밝혔다.

교통약자의 안전을 우선시하여 자동차 주행속도의 제한이 가능한 어린이 보호구역과 관련하여, 이지선 등(2012)과 서지민 · 이수기(2016)의 연구에서는 어린이 보호구역에서 보행자 교통사고가 감소할 확률이 높아진다고 하였으나, 박철영 · 이수기(2016)의 연구에서는 어린이 보호구역에서 오히려 더 많은 사고가 발생하는 것으로 나타나기도 했다. 반면에, 교통사고의 위험으로부터 노인을 보호하기 위해 2007년부터 지정·시행되어온 노인 보호구역은 이지선 등(2012), 서지민 · 이수기(2016), 박철영 · 이수기(2016)의 연구에서 보행자 교통사고에 유의미한 결과를 보이지 못하였다. 이는 교통약자를 위해 규제를 통한 보호구역 지정목적을 고려한다면 아직 보호구역의 지정과 관련하여 보완할 점이 많으며, 사고 예방 효과는 미흡한 점이 많이 있다고 볼 수 있다. 이러한 선행연구를 통해서 교차로, 차로수, 버스정류장/지하철역, 어린이보호구역, 노인보호구역 등 물리적 요인이 보행자 교통사고에 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다.

도시성장에 따른 도시 내부구조의 중요성(신정엽, 2012)에 따라, 용도지역에 따른 보행자 교통사고 관련 선행연구 살펴보고 있다. 우선 이지선 등(2012)은 어린이사고의 52%, 성인사고의 42%가 주거지역 및 근린상업시설 주변지역에서 발생한다고 하였다. 반면 박철영 · 이수기(2016)의 연구에서는 상업연면적 비율이 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이는 상업지역의 비율이 높은 지역일수록 유동인구와 자동차 통행이 늘어나서 그만큼 보행자 교통사고의 확률이 높아지기 때문인 것으로 볼 수 있다. Christian *et al.*(2011), 박승훈(2014a), 서지민 · 이수기(2016) 등의 연구에서는 혼합토지이용비율

이 보행자 교통사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

보행자 교통사고는 중상, 경상, 사망 등 사고 심각도에 따라 구분되는데, 최성택 등(2015)의 연구에서는 고령 보행사고로 범위를 한정하여 보행사고 심각도, 운전자 특성, 도로 특성, 도로시설 특성 등을 구분하여 사고심각도 모형을 구축하였다. 그 결과 차량 속도가 높을수록 사고심각도가 높다고 하였는데 이는 교통약자를 대상으로 사고심각도를 분석한 정재훈 등(2014)의 연구와 동일한 결과를 보여주었다. 또한, 남성보다는 여성이 더 큰 피해를 입는다고 하였으며 연령이 증가할수록 신체적 충격에 약하기 때문에 사고심각도가 증가하는 것으로 해석된다. 도로 특성으로는 보차분리가 이루어지지 않은 도로이거나 시야를 방해할 수 있는 요소가 존재할 경우 보행사고 심각도가 높은 것으로 밝혀졌다. 도로시설 특성 중에서는 상업시설 연면적이 넓을수록 차량운행이 빈번하여 사고심각도가 증가하였으나, 업무시설 연면적이 넓어지면 고령 보행자의 보행가능성이 낮아져 반대로 사고심각도가 감소하는 것으로 나타났다. 보행자의 연령대가 사고심각도에 영향을 미친다는 결과도 있었는데, 65세 이상의 보행자가 다른 연령대에 비해 사망사고의 위험성이 높은 것으로 유사하게 나타났다(Zajac and Ivan, 2003; Sciortino and Chiapello, 2005; 최재성 등, 2009; 박정순, 2011).

앞서 언급하였듯이, 고령자는 노화의 과정을 통해 인지력, 집중력, 신체능력이 하락하는 등 그들만의 특징을 가지게 되며, 이로 인해 교통사고의 위험성이 더 높아지게 된다. 먼저 인지력 저하는 고령자로 하여금 도로를 횡단할 때 다가오는 차량속도를 과대평가 하거나(Lobjois and Cavallo, 2009), 본인의 보행 속도를 과대평가(Holland and Hill, 2010)하여 안전한 교통 갭(GAP) 선택을 하지 못해 횡단에 대한 의사결정을 어렵게 만든다고 하였다(Oxley *et al.*, 2005; Dommès and Cavallo, 2011). 그 결과로 고령 보행자는 다양한 교통상황에 직면할 때 스스로 위험상황을 판단하지 않고, 운전자에게 안전을 맡기는 경향이 큰 것으로 알려져 있다(Job *et al.*, 1994; 전대양, 2016). 특히 시력, 청력의 상실, 근육 및 관절 통증 등과 같은 신체능력 저하는 고령자의 보행에 어려움을 주어 교차로의 폭이나 교차시간 같은 요인들이 보행사고 발생확률이 높아지는 환경요인이 된다(Gates *et al.*, 2006; Leden *et al.*, 2006; Dumbaugh and Rae, 2009; Romero-Ortuno *et al.*, 2010; Rastogi *et al.*, 2012; 이세

영·이제승, 2014). 교차로의 경우 Rosenbloom(2009)와 Brosseau *et al.*(2013)의 연구에서는 고령자 보행사고에 양(+)의 영향을 미친다고 밝혔으며, Ren *et al.*(2011)는 음(-)의 영향을 미친다고 주장한다. 이와 달리 고령자 보행사고는 교차로 보다는 오히려 교차로 부근에서 발생할 확률이 높고, 횡단보도 보다는 횡단보도 부근에서 발생하는 경향이 강하다는 국내 연구결과도 있다(지우석, 2010).

이상의 논의들을 종합하면, 보행자 교통사고는 자연 환경, 물리적 환경, 용도 지역 등 다양한 환경요인이 복합적으로 작용하여 발생하는 특징을 가지고 있다. 고령자의 경우 지적 능력, 신체적 능력의 하락 등 노화에 따른 상대적인 이동권의 제약으로 대중교통의 이용 또는 보행의 빈도가 높아지게 되고, 이에 따라 상대적으로 보행사고의 비중이 높아지는 특징을 가지고 있다. 또한, 신체적 제약으로 같은 환경요인이라도 비고령자에 비해 더 많은 영향을 받을 것으로 예상된다. 고령 보행자의 증가와 심각성에 따라 대부분의 선행연구에서는 고령 보행자 교통사고 특성 또는 보행안전성 개선방안 등에 대한 연구를 수행하여 왔다. 본 연구에서는 고령자 보행사고에 영향을 미치는 환경요인에 관하여 살펴보고자 하며, 보행자 교통사고의 발생에 있어 고령자와 비고령자 집단 간 영향을 주는 환경요인 및 요인별 영향정도에 대해 알아보고자 한다. 또한 공간적 범위를 고령화가 심각한 부산광역시를 대상으로 한 점과 중상, 경상 등 교통사고 심각도에 따른 영향요인에 대해서도 실증분석을 수행한다는 점에서 기존의 연구와 차별성을 가지고 있다.

### III. 연구방법

#### 1. 분석 자료 구축 및 주요변수

본 연구는 도로교통공단의 교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System, 이하 TAAS)에서 2016년 3,604건의 부산시 차대사람 교통사고의 위치정보를 제공받아 활용하였다. 이 중 부정확한 정보를 제외한 3,328건을 최종 분석대상으로 하였다. TAAS에서 제공 가능한 위치 정보 데이터는 2016년이 가장 최신 자료로, 종속변수 등 다수의 변수에 대하여 2016년을 기준으로 하였다. 그림 1은 고령 보행자 교통사고 발생지점을 나타낸 결과이다.

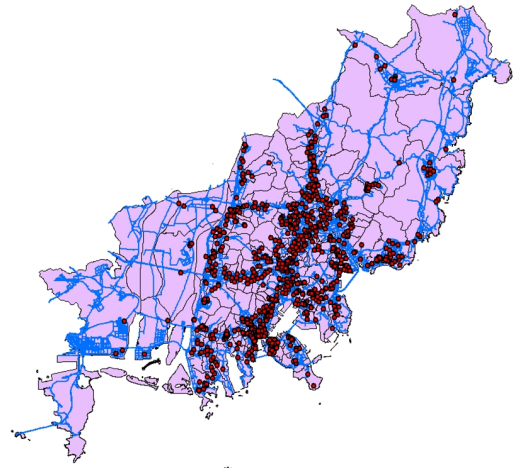


그림 1. 부산광역시 차로 현황 및 고령 보행자 교통사고 발생지점 (2016년)



그림 2. 부산광역시 지하철역(2016년) 및 버스정류장(2018년) 분포

본 연구에서 종속변수는 행정동별 보행자 교통사고 발생 건수이며, 독립변수는 선행연구들을 토대로 구축하였으며, 크게 인구 요인, 가로환경 요인, 용도지역 요인으로 구분하였다. 인구 요인은 인구밀도와 노령화지수로 구성하였다. 인구밀도와 노령화지수 값을 도출하기 위해서 사용한 연령대별 인구 및 동별 인구 정보는 부산광역시 주민등록인구통계 자료를 재가공하여 사용하였다. 인구 밀도가 높은 지역일수록 단위 공간 내에서 발생하는 보행 교통량은 늘어날 수 있고, 노령화지수가 높은 지역일수록 고령 인구가 상대적으로 많이 거주한

다는 것을 의미한다.

가로환경 요인은 차로수, 자동차 제한속도, 교차로 밀도, 횡단보도 밀도, 지하철역 밀도, 버스정류장 밀도, 어린이보호구역 밀도, 노인보호구역 밀도, 학교 밀도, 시장 밀도로 구성하였다. 차로 수와 자동차 제한속도 자료는 한국교통연구원 국가교통DB센터(2016)에서 제공하는 링크 자료에서 추출하였으며, 이를 다시 부산시 동별 평균 차로 수 값과 제한속도 값으로 도출하여 분석 자료로 만들었다. 차로 수가 많은 곳에서는 보행자가 횡단하기 위해 지나가야 하는 도로의 거리가 길어 그만큼 차량에 노출되는 시간이 길어지게 되며, 제한속도가 높은 곳에서는 그만큼 차량속도가 높아 사고심각도가 높아질 수 있기 때문이다. 도로와 도로가 교차하는 지점인 교차로는 한국교통연구원 국가교통DB센터(2016)에서 제공하는 노드 자료에서 교차로의 지점자료를 구축하였다. 각 동에 위치한 교차로의 개수를 해당 동의 면적으로 나누어 교차로 밀도 값을 구축하였다. 보행자의 안전과 직결될 수 있는 횡단보도와 신호등 자료는 부산광역시(2018)에서 제공받은 위도, 경도 좌표정보를 이용하였다. 좌표

정보를 ArcGIS에서 지점자료로 구축한 다음 동별 면적으로 나누어 각각 횡단보도 밀도, 신호등 밀도 자료를 구축하였다. 보행자들이 많이 이용하는 대표적인 대중교통 승하차 시설인 지하철역과 버스정류장 자료는 각각 행정안전부 공공데이터포털(2016)과 부산광역시 버스정보관리시스템(2018)에서 제공받아 구축하였다. 부산버스정보관리시스템에서는 부산광역시에서 운행하고 있는 318개 버스노선이 지나가는 모든 정류소 정보를 제공하고 있어, 중복 값을 제외한 버스정류장 정보를 마련하였다. 해당 자료 역시 위도, 경도 좌표정보만 제공되고 있어 지점자료로 만든 뒤 동별 지하철역과 버스정류장의 개수를 파악하고 밀도 값을 도출하였다. 어린이 보호구역과 노인 보호구역 역시 행정안전부 공공데이터포털(2016)에서 위도, 경도 자료로 제공받아 동일한 방법으로 자료를 구축하였다.

용도지역은 주거지역 비율, 상업지역 비율, 토지이용 혼합도(Land-Use Mix)<sup>1)</sup>로 구성하였으며, 주요변수 및 구축자료 출처는 다음의 표 1과 같다.

표 1. 주요 변수 및 자료 출처

구분	변수	출처(기준년도)
종속변수	전체 보행자 교통사고 발생 건수	도로교통공단 교통사고분석시스템(TAAS)(2016)
	65세 미만 보행자 교통사고 발생 건수	
	65세 이상 보행자 교통사고 발생 건수	
	65세 이상 중상 보행자 교통사고 발생 건수	
	65세 이상 경상 보행자 교통사고 발생 건수	
독립 변수	인구 밀도	부산광역시 주민등록인구통계(2018)
	노령화 지수	
	차로 수	한국교통연구원 국가교통DB센터(2016)
	자동차 제한속도	
	교차로 밀도	부산광역시(2016)
	횡단보도 밀도	
	신호등 밀도	행정안전부 공공데이터포털(2016)
	지하철역 밀도	
	버스정류장 밀도	부산광역시 버스정보관리시스템(2018)
	어린이보호구역 밀도	
	노인보호구역 밀도	행정안전부 공공데이터포털(2016)
	학교 밀도	
	시장 밀도	국토교통부 국가공간정보포털(2016)
	용도지역 요인	
주거지역 비율		
상업지역 비율		
	토지이용 혼합도	

## 2. 분석방법

본 연구에서는 도시의 환경요인들이 고령 보행자 교통사고에 영향을 미치는지를 분석하고자 한다. 보행자 교통사고는 사고가 발생했는지 하지 않았는지 1 또는 0의 값으로 나타난다. 사건의 발생 또는 미 발생 2가지로 나누는 이항분포의 특징과 유사하지만, 이항분포에서는 사건의 발생확률이 50% 정도로 발생하지 않을 확률과 거의 같게 나타나는 경우를 말한다. 그러나 본 연구와 같은 교통사고는 주어진 시간 또는 공간적 범위에서 사고가 발생할 확률은 매우 낮다고 볼 수 있으므로 이산확률 분포 중 포아송 분포 자료에 해당한다고 볼 수 있다. 보행자 교통사고 분포도를 확인해본 결과 0값이 많이 도출되었다. 이와 같은 포아송 분포를 분석하기 위해서는 포아송 회귀모형 또는 음이항 회귀모형이 이용된다.

음이항 회귀모형은 포아송 모형을 적용하기 어려운 가산 모형의 분산이 평균보다 큰 과대산포가 생긴 경우를 해결할 수 있는 통계모형이다. 이는 포아송 회귀모형에 분산을 조절하는 모수( $\alpha$ )를 추가하여 더욱 다양한 종속변수의 분석을 가능하게 해주는 장점을 가지고 있다. 따라서 음이항 회귀모형은 포아송 회귀모형을 포괄하는 통계모형이라고 볼 수가 있는 것이다. 본 연구에서 사용된 부산광역시의 보행자 교통사고 발생 건수, 65세 미만 보행자 교통사고 발생 건수, 65세 이상 보행자 교통사고 발생 건수 자료의 과대 산포( $\alpha$ )를 확인해 본 결과 모두 분산이 평균보다 큰 데이터로 분석 결과가 나타났다. 이런 경우에는 포아송 회귀모형 보다 음이항 회귀분석 모형을 이용하여 분석하는 것이 타당하여 본 연구에서는 음이항 회귀분석 모형을 최종 통계 모형으로 사용하였다.

본 연구에서 사용된 보행자 교통사고의 자료가 음이항 회귀모형을 사용하기 적합한 조건인지 여부는 산포 모수( $\alpha$ )를 통해 확인해 볼 수 있다. 산포 모수( $\alpha$ ) 값이 0이 나오면 평균과 분산값이 동일하다는 것을 의미하고 있어, 음이항이 아닌 포아송 회귀모형을 사용하는 것이 적절한 것이다. 그러나 산포 모수( $\alpha$ )가 0 이상의 값이 도출된다면 음이항 회귀모형이 분석모형으로 사용하기에 보다 적합하다는 것을 검증할 수 있는 것이다. 이번 연구의 최종 분석을 통해 도출된 세 가지 모형에서 산포 모수( $\alpha$ )는 각각 0.29(전체 보행자 교통사고 모형), 0.33(65세 미만 보행자 교통사고 모형), 0.17(65세 이상 보행자 교통사고 모형) 등 모두 0보다 큰 값을 가지고

있다. 그리고 산포 모수( $\alpha$ )는 우도비 검정 결과를 이용하여  $\text{Prob}=\chi^2$  값이 모두 0.000으로 모두 유의하다는 것을 증명하고 있어, 최종 모형으로 음이항 회귀모형을 사용하는 것이 적합하다고 볼 수 있다.

## IV. 실증 분석

### 1. 모형의 진단 및 기초 통계 분석

본 연구는 부산광역시의 행정동을 경계로 분석을 진행했으며, 206개 행정동으로 모든 변수를 구축했다. 표 2는 음이항 회귀모형에 포함된 각 변수에 대한 기술통계 결과이다. 기술통계 결과에 따르면 종속변수 중 전체 보행자 교통사고 발생 건수는 동 평균 16.14건, 최대값은 105건, 최소값은 0건으로 나타났다. 부전2동은 가장 많은 105건의 보행자 교통사고가 발생한 행정동이었으며, 이어서 부전1동, 명륜동, 괘법동, 대연3동 순으로 보행자 교통사고가 많이 발생하였다. 반면, 가락동은 보행자 사고가 발생하지 않았다.

부산광역시의 행정동별 인구밀도는 평균 12781.27인/km<sup>2</sup>, 최대 34878.39인/km<sup>2</sup>로 나타났다. 부산광역시 전체 인구밀도가 4276.62인/km<sup>2</sup>인 것을 고려하면, 부산광역시는 많은 지역에서 고층 아파트 등으로 인한 인구 과밀지역이 많이 분포하고 있는 도시임을 의미한다. 또한 보행자들이 많이 사용하는 대중교통 시설물의 동별 밀도를 살펴보았을 때, 버스정류장 밀도의 평균값이 24.12로 지하철역 밀도값 0.47보다 높은 수치를 보였다. 그리고 교통약자의 안전한 교통환경 마련을 위해 지정된 보호구역은 노인 보호구역보다 어린이 보호구역이 동별로 약 10배 이상 많이 지정되어 있다는 것을 알 수 있었다.

또한 동별 용도지역을 살펴보면 주거지역 비율이 평균 41%, 상업지역 비율은 평균 12%를 나타내고 있다. 동별 평균값이 부산시 전체 용도지역 비율(주거지역 14.5%, 상업지역 2.5%)과 차이가 나는 이유는 행정동이 거주인구가 많은 주거지역과 유동인구가 많은 상업지역을 중심으로 많이 분할되어 있으며, 상대적으로 공업지역과 녹지지역이 많은 동에서는 상대적으로 넓은 면적으로 구획되어 있기 때문인 것으로 볼 수 있다.

한편 회귀분석 진행시에는 독립변수 간 상관관계 정도인 다중공선성을 검증을 실시한다. 본 연구에서는

표 2. 기초통계량 및 다중공선성 검증

변수명	평균	표준편차	최대값	최소값	VIF
전체 보행자 교통사고 발생 건수	16.14	12.63	105.00	0.00	-
65세 미만 보행자 교통사고 발생 건수	11.94	10.67	99.00	0.00	-
65세 이상 보행자 교통사고 발생 건수	4.20	3.04	21.00	0.00	-
65세 이상 보행자 중상 교통사고 발생 건수	2.67	2.25	12.00	0.00	-
65세 이상 보행자 경상 교통사고 발생 건수	1.20	1.35	8.00	0.00	-
인구밀도(log) (인/km <sup>2</sup> )	9.09	1.13	10.46	4.96	2.89
노령화 지수	228.98	140.85	736.28	20.01	1.62
평균 차로 수 (개)	2.92	0.67	5.24	1.33	1.65
평균 자동차 제한속도 (km/h)	62.21	3.09	79.09	53.24	1.43
교차로 밀도 (개/km <sup>2</sup> )	29.82	23.60	147.66	0.00	1.88
횡단보도 밀도 (개/km <sup>2</sup> )	35.34	25.90	138.92	0.35	3.60
보행 신호등 밀도 (개/km <sup>2</sup> )	27.03	25.64	143.76	0.00	1.59
버스정류장 밀도 (개/km <sup>2</sup> )	24.12	16.38	127.58	0.00	2.43
지하철역 밀도 (개/km <sup>2</sup> )	0.47	0.98	8.28	0.00	1.44
학교 밀도 (개/km <sup>2</sup> )	10.88	12.89	74.24	0.00	1.38
시장 밀도 (개/km <sup>2</sup> )	0.55	2.31	26.74	0.00	1.12
노인보호구역 밀도 (개/km <sup>2</sup> )	0.21	0.53	4.64	0.00	1.19
어린이보호구역 밀도 (개/km <sup>2</sup> )	2.00	2.42	13.92	0.00	1.41
주거지역 비율	0.41	0.25	1.00	0.00	2.83
상업지역 비율	0.12	0.22	1.00	0.00	3.16
토지이용 혼합도	0.44	0.34	1.00	0.00	1.18

VIF(Variance Inflation Factor) 검정을 통해 분석하였으며, 표 2와 같이 모든 수치가 10.0 이하로, 다중공선성 문제는 없는 것으로 나타났다.

## 2. 보행사고 영향요인 분석

표 3은 보행사고 영향요인을 분석한 결과이며, 표 4는 한계효과를 분석한 결과이다. 인구밀도가 보행자 교통사고에 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 세 가지 모형 모두에서 유의미한 결과를 나타냈다. 단위구역 내에 인구가 많을수록 보행자도 많아지게 되며, 그에 따라 보행자 사고가 많이 발생하는 것으로 볼 수 있다. 반면 노령화 지수는 영향력이 크지 않지만 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 노령화 지수는 15세 미만 인구 대비 65세 이상의 인구비율을 말하며, 그 값이 높아질수록 상대적으로 고령자가 많은 지역임을 알려준다. 부산광역시 전체의 노령화지수는 145.1을 기록하여, 2016년 기준

전국 평균인 98.4보다 훨씬 높은 수치였으며, 동별 노령화지수 평균값은 무려 228.98이라는 높은 값을 나타내고 있다. 즉, 고령화 비율이 극도로 높은 지역에서는 전반적으로 보행자 교통사고가 줄어드는 결과로 이어지는 것으로 예상된다.

가로환경 요인 중 차로 수는 비고령 보행자에 대해서만 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 차로 수가 많을수록 보행자 횡단거리가 길어져 차량에 노출 시간이 길어지며, 차로 수가 많은 지역일수록 교통량이 많기 때문인 것으로 판단되며, 고령자의 경우 횡단에 대한 시도가 보다 신중하게 이루어지기 때문에 영향을 받지 않는 것으로 볼 수 있다. 한계효과를 살펴보면, 차로 수는 1단위 증가할 때, 비고령자 보행자 교통사고는 1.6 증가하는 것으로 나타났다.

또한 횡단보도 밀도의 경우 고령 보행자에 대해서만 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 횡단보도가 많을수록 보행자 교통사고가 날 확률이 줄어든다는

표 3. 음이항 회귀분석 결과

독립변수		전체 보행자 교통사고		비고령(65세 미만) 보행자 교통사고		고령(65세 이상) 보행자 교통사고	
		coef.	Z	coef.	Z	coef.	Z
인구 요인	인구밀도	0.184**	2.55	0.181**	2.27	0.182**	2.36
	노령화 지수	-0.002***	-4.52	-0.002***	-5.06	-0.001*	-1.85
가로 환경 요인	평균 차로 수	0.132	1.59	0.153*	1.70	0.058	0.66
	평균 자동차 제한속도	-0.015	-0.87	-0.019	-0.99	-0.010	-0.54
	교차로 밀도	-0.000	-0.05	-0.002	-0.69	0.004	1.41
	횡단보도 밀도	-0.002	-0.71	-0.001	-0.25	-0.007**	-2.09
	신호등 밀도	-0.015	-0.99	-0.021	-1.28	0.010	0.67
	지하철역 밀도	0.123**	2.29	0.129**	2.21	0.134**	2.50
	버스정류장 밀도	0.000	0.08	0.000	0.01	0.001	0.32
	노인보호구역 밀도	-0.109	-1.21	-0.115	-1.16	-0.119	-1.19
	어린이보호구역 밀도	-0.028	-1.27	-0.032	-1.31	-0.012	-0.54
	학교 밀도	-0.008**	-2.14	-0.009**	-2.16	-0.007*	-1.65
용도 지역 요인	시장 밀도	-0.012	-0.53	-0.012	-0.50	-0.015	-0.63
	주거지역 비율	0.001	0.27	0.002	0.59	-0.003	-0.82
	상업지역 비율	0.009***	2.62	0.011***	2.93	0.004	1.01
	토지이용 혼합도	0.151	1.16	0.113	0.79	0.350**	2.47
Number of Obs		206		206		206	
		alpha( $\alpha$ )		0.33		0.17	
		chibar2		637.16		517.89	
		Prob > chi2		0.000		0.000	
		Log likelihood		-719.80		-666.85	
		AIC		1475.601		1369.703	
		BIC		1535.503		1429.604	
						977.912	
						1037.814	

\* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$ .

표 4. 음이항 회귀분석 한계효과 추정 결과

구분	전체 보행자 교통사고	비고령(65세 미만) 보행자 교통사고	고령(65세 이상) 보행자 교통사고
	한계효과	한계효과	한계효과
인구밀도	2.715*	1.924**	0.729**
노령화 지수	-0.274***	-0.025***	-0.003*
평균 차로 수	1.957	1.633*	0.232
평균 자동차 제한속도	-0.221	-0.201	0.038
교차로 밀도	-0.002	-0.021	0.014
횡단보도 밀도	-0.032	-0.009	-0.028**
신호등 밀도	-0.221	-0.227	0.042
지하철역 밀도	1.814**	1.375**	0.537**
버스정류장 밀도	0.005	0.001	0.006
노인보호구역 밀도	-1.614	-1.229	-0.475
어린이보호구역 밀도	-0.408	-0.337	-0.048
학교 밀도	-0.125**	-0.100**	-0.028*
시장 밀도	-0.178	-0.128	-0.058
주거지역 비율	0.012	0.019	-0.010
상업지역 비율	0.128***	0.113***	0.014
토지이용 혼합도	2.231	1.207	1.401**

\* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$ .

\*\*\* 변수의 한계효과는 변수값이 1단위 증가할 때, 교통사고의 변화분을 나타냄.

것이며, 최재성 등(2015)의 연구내용과 일치하는 것이다. 한계효과를 살펴보면 횡단보도 밀도가 1단위 증가할 때, 고령 보행자 교통사고는 0.03회 감소하는 것으로 나타났다.

보행자들이 많이 이용하는 지하철역 밀도는 전체, 비고령자, 고령자 보행사고 모든 사고에 양의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 고령 보행자 보다는 비고령 보행자가 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 이와 반대로 버스정류장 밀도는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 같은 대중교통 수단이지만 지하철과 버스의 서비스 제공 범위 차이에 따른 결과로 판단할 수 있다. 버스는 시의 전역을 모두 서비스하는 반면, 지하철은 유동인구가 많은 곳으로만 서비스를 제공하고 있다. 지하철역 밀도의 경우 1단위 증가시, 고령 보행자 교통사고는 0.54, 비고령자 보행자 교통사고는 1.38증가하는 것으로 나타났다.

한편 보행자의 유동인구가 많은 시설인 학교 밀도는 모든 보행자 교통사고에 음의 영향을 미치는 것으로 나

타난 반면, 시장 밀도는 전반적으로 보행자 교통사고에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

용도지역 요인 중 주거지역 비율은 보행자 교통사고에 영향을 미치지 않는 변수인 반면, 상업지역 비율은 박철영 · 이수기(2016)의 연구와 같이 전체 보행자 교통사고와 비고령 보행자 교통사고에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 상업지역의 경우 상업 및 업무 기능에 따라 유동인구와 교통량이 많아 보행자가 차량에 노출되는 시간이 많다는 특징을 가지고 있으며, 이에 따라 교통사고 발생확률이 높아질 것이다. 하지만 경제인구가 아닌 65세 이상의 고령 보행자는 상업지역에서 보행빈도가 적어 상대적으로 영향을 적게 받는 것으로 분석되었다고 볼 수 있다.

반면 토지이용 혼합도는 고령 보행자에 대해서만 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 높은 토지이용 혼합도는 높은 인구 밀도와 함께 보행자의 편의를 우선시 하는 요소 중 하나이다. 하지만, 인지능력이 부족하고 복잡한 환경에서의 상황 판단력이 떨어지는 고령 보

표 5. 사고심각도에 따른 음이향 회귀분석 결과

독립변수		고령 보행자 중상 교통사고		고령보행자 경상 교통사고	
		coef.	Z	coef.	Z
인구 요인	인구밀도	0.254***	2.64	0.133	1.05
	노령화 지수	-0.001*	-1.72	-0.000	-0.60
가로환경 요인	평균 차로 수	0.102	0.96	0.086	0.63
	평균 자동차 제한속도	-0.007	-0.33	-0.041	-1.36
	교차로 밀도	0.004	1.32	0.001	0.31
	횡단보도 밀도	-0.006	-1.44	-0.010*	-1.96
	신호등 밀도	-0.010	-0.53	0.035	1.48
	지하철역 밀도	0.119*	1.85	0.120	1.44
	버스정류장 밀도	0.003	0.51	0.001	0.09
	노인보호구역 밀도	-0.018	-0.15	-0.179	-1.13
	어린이보호구역 밀도	-0.025	-0.90	-0.112	-0.32
	학교 밀도	-0.008	-1.60	-0.006	-0.93
	시장 밀도	-0.021	-0.74	-0.012	-0.37
용도지역 요인	주거지역 비율	-0.005	-1.47	0.004	0.83
	상업지역 비율	0.000	0.10	0.012**	2.12
	토지이용 혼합도	0.310*	1.80	0.324	1.42
Number of Obs		206		206	
alpha( $\alpha$ )		0.21		0.24	
chi2		23.53		7.38	
Prob > chi2		0.000		0.000	
Log likelihood		-406.791		-295.359	
AIC		849.583		626.717	
BIC		909.485		686.619	

\* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$ .

표 6. 사고심각도에 따른 음이항 회귀분석 한계효과 추정 결과

구분	고령 보행자 중상 교통사고	고령 보행자 경상 교통사고
	한계효과	한계효과
인구밀도	0.636***	0.150
노령화 지수	-0.002*	-0.000
평균 차로 수	0.255	0.097
평균 자동차 제한속도	-0.018	-0.046
교차로 밀도	0.010	0.001
횡단보도 밀도	-0.014	-0.012*
신호등 밀도	-0.026	0.039
지하철역 밀도	0.296*	0.135
버스정류장 밀도	0.007	0.001
노인보호구역 밀도	-0.044	-0.203
어린이보호구역 밀도	-0.062	-0.013
학교 밀도	-0.021	-0.007
시장 밀도	-0.052	-0.014
주거지역 비율	-0.014	0.005
상업지역 비율	0.001	0.013**
토지이용 혼합도	0.777*	0.366

\* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$ .

\*\*\*\* 변수의 한계효과는 변수값이 1단위 증가할 때, 교통사고의 변화분을 나타냄.

행자를 대상으로 할 때는 오히려 안전에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다. 한계효과를 살펴보면, 토지이용 혼합도가 1단위 증가할 경우, 고령 보행자 교통사고는 1.4회 증가하는 것으로 나타났다.

표 5는 사고심각도에 따른 고령자 보행사고 영향요인 분석결과이며, 표 6은 한계효과를 분석한 결과이다. 교통사고를 사고심각도별로 분류하면 사망사고, 중상사고, 경상사고, 부상신고사고 등 4가지로 분류할 수 있으나, 사망사고와 부상신고사고는 표본이 60여 개에 불과하여 이를 제외한 중상사고, 경상사고에 대해서 분석을 실시하였다.

고령 보행자 교통사고에서 영향을 미치는 것으로 나왔던 인구밀도와 노령화지수는 중상 교통사고에 대해서만 영향을 미치는 것으로 나타났다. 고령 보행자 교통사고에 음의 영향을 미쳤던 횡단보도 밀도는 사고심각도에 따른 분석결과 경상 교통사고에 대해서만 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 중상 교통사고에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

횡단보도는 운전자가 보행자의 횡단을 대비할 수 있는 시설로, 상대적으로 차량의 통행속도가 낮아지게 된다. 이에 따라 중상보다는 경상 교통사고의 감소에 더 영향을 미칠 것이라 판단된다. 한계효과를 살펴보면, 횡

단보도 밀도가 1단위 증가할 경우, 고령 보행자 경상 교통사고가 0.01이 감소하는 것으로 나타났다.

상업지역 비율은 고령 보행자의 경상 교통사고에 양(+)의 영향을 주는 것으로 나타났으며, 토지이용 혼합도가 높은 지역에서는 고령 보행자의 중상 교통사고에 대해 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 토지이용 혼합도가 높을수록 보행자의 편의성은 증가할 수 있으나, 고령 보행자의 경우 낮은 인지능력과 상황 판단력 저하로 중상 교통사고의 확률이 더 높아질 수 있는 것을 의미한다.

## V. 결론

본 연구는 2016년 교통사고분석시스템(TAAS) 데이터를 활용하여 부산광역시 고령 보행자 교통사고 영향요인에 대한 분석을 수행하였다. 이를 위하여 고령자와 비고령자의 보행 교통사고 영향요인 차이와 사고심각도에 따른 영향요인 차이를 실증 분석하였다.

본 연구로부터 도출된 주요 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 고령 보행자 교통사고는 인구밀도, 지하철역 밀도, 토지이용 혼합도가 양(+)의 영향을 받으며,

노령화 지수, 차로 수, 학교 밀도는 음(-)의 영향을 받는 것으로 나타났다. 둘째, 고령자와 비고령자간 보행자 교통사고 영향요인은 차이가 있는 것으로 나타났다. 고령 보행자의 경우, 횡단보도 밀도가 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 토지이용혼합도는 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 비고령자의 경우, 차로수와 상업지역이 보행자 교통사고에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 셋째, 고령보행자 교통사고의 사고심각도에 따른 영향요인도 차이가 있는 것으로 나타났다. 인구밀도, 노령화 지수, 지하철역 밀도, 토지이용 혼합도는 중상사고에 영향을 미쳤으며, 횡단보도 밀도와 상업지역 비율은 경상사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이와 같이 본 연구결과는 다음과 같은 정책적 시사점을 제시한다. 첫째, 횡단보도 밀도가 높을수록 65세 이상 고령 보행자에 대한 사고 확률이 낮아지므로 고령 보행자 안전을 고려하여 도로 시설물 설치 시 횡단보도에 대한 정책을 고려해 볼 수 있다. 이와같은 맥락에서 보았을 때 고령 보행자 유동인구가 많은 지역이나 고령 보행자 교통사고 다발지역을 중심으로 조금 더 많은 횡단보도를 설치하는 정책은 보행자의 안전을 향상시키는 효과를 기대할 수 있다고 볼 수 있다. 이는 고령 보행자들의 빈번한 보행행동 특성인 무단횡단을 방지할 수 있는 대책으로서의 효과도 같이 가져올 수 있을 것이다. 고령자들이 무단횡단을 하는 이유는 교통안전에 대한 인식이 떨어지며, 부족한 횡단보도에 따른 넓은 간격으로 보행거리가 늘어남에 따른 체력저하가 동반되기 때문이다. 이와 함께 고령 보행자들이 보행 중 휴식할 수 있는 그늘 및 벤치 등의 휴게시설을 긴 보행시간이 요구되는 횡단보도 사이에 마련한다면 효과는 배가 될 것이다. 둘째, 노인 보호구역 제도의 정착과 함께 추가적인 개선점 마련이 시급하다. 2008년 고령자를 보호하기 위해 도입된 노인 보호구역 제도는 어린이 보호구역제도와 함께 아직도 큰 효과를 거두지 못하고 있다. 본 연구 결과에서도 유사한 결과를 볼 수 있었는데, 어린이 보호구역과 노인 보호구역은 보행자 교통사고에 아무런 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이런 교통약자를 위한 보호구역을 지정하는 이유는 많은 운전자들이 해당 제도를 충분히 인식하고 그에 맞는 안전운전을 하도록 유도하기 위함이다. 보행자들이 노인 보호구역을 인지하고 행동할 수 있도록 더욱 많은 제도적 보완과 홍보를 통해 실효성이 있는 제도로 발전되어 나가야 할 것이

다. 셋째, 토지이용 혼합도가 높은 지역에 대한 고령 보행자 안전 증진 정책이 필요하다. 본 연구결과 토지이용 혼합도가 높은 지역일수록 고령 보행자의 교통사고가 늘어나는 것으로 나타났다. 토지이용 혼합도가 높은 곳은 다양한 시설을 집약시켜 편리성을 강조하고 있지만, 새로운 환경의 적응이 떨어지는 65세 이상의 고령 보행자들의 보행 안전성은 점점 낮아지고 있는 것으로 볼 수 있다. 따라서 혼합도가 높은 지역에서는 사람과 차량이 서로 마찰 없이 공존할 수 있는 교통정온화 기법 등을 활용하여 보다 안전한 보행환경을 마련할 필요가 있다.

본 연구에서 활용한 TAAS 데이터는 도로교통법에 따라 지정된 도로상에서 발생한 교통사고만을 포함하는 한계를 가지고 있다. 또한, 대상지인 부산시의 지역적 특성인 지표기복이나 골목길 등의 변수를 포함하고자 하였으나 데이터를 찾기가 어려운 부분이 있었다. 향후 연구에서는 이런 요인들을 고려하여 더 세부적인 측면의 고령 보행자 교통사고 감소를 위한 정책적 시사점을 도출해야 할 것이다.

## 註

- 1) 토지이용혼합도는 Christian *et al.*(2011)의 연구에서 사용된 엔트로피 지수(Entropy Index)를 활용하였다. 계산값이 1에 가까울수록 용도지역이 골고루 분포하고 있음을 의미한다.

$$H = -1 \left( \sum_{i=1}^n p_i * \ln(p_i) \right) / \ln(n)$$

H = 토지이용혼합도

$p_i$  = 합계 면적 중 관심 용도지역면적 비율

$n$  = 관심 용도지역 수

## 참고문헌

- 경찰청, 2012, 「도로교통법」(2018년 12월 24일 일부개정).  
 고용노동부, 2008, 「고용상 연령차별금지 및 고령자고용촉진에 관한 법률」(2019년 4월 30일 일부개정).  
 교통과학연구원, 2010, 「생활도로 속도관리 및 교통시설 설치·운영 매뉴얼 연구」, 서울: 교통과학연구원.  
 국토교통부, 2012, 「교통약자의 이동편의 증진법」(2019년 4월

- 23일 일부개정).
- 권지혜, 2018, “공간계량모형을 이용한 보행자 교통사고 영향요인 분석: 서울시의 초등학교를 중심으로,” 계명대학교 석사학위논문.
- 김경범, 2015, “고령사회 도래에 따른 노인보행자 교통사고 특성 및 감소방안: 제주지역을 중심으로,” 한국콘텐츠학회 논문지, 15(4), 197-207.
- 김종태, 2013, “횡단보도내 야간조명 설치로 인한 보행자 교통사고 방지 효과분석,” 전남대학교 석사학위논문.
- 박승훈, 2014a, “근린환경이 보행자 차량 충돌사고에 미치는 영향: 북미 워싱턴 주시애틀 도시를 대상으로,” 국토계획, 49(3), 143-157.
- 박승훈, 2014b, “안전한 통학로 조성을 위한 보행자 차량간 교통사고와 학교주변의 물리적 환경과의 연관성 연구,” 대한건축학회 논문집-계획계, 14, 181-189.
- 박정순, 2011, “신호교차로의 횡단보행자 사고심각도 분석” 지역정책연구, 22(1), 1-12.
- 박정호, 2017, “노인 보행의 특성” 대한신경과학회지, 35(4), 1-4.
- 박차상·김옥희·엄기욱·이경남·정상양, 2009, 「한국노인복지론」, 서울: 학지사.
- 박철영·이수기, 2016, “가로환경 특성이 보행자 교통사고에 미치는 영향 분석 - 가로 세그먼트 분석단위와 공간통계모형의 적용,” 한국도시설계학회지 도시설계, 17(3), 105-121.
- 배민경·박승훈, 2018, “무단횡단 교통사고를 유발하는 가로환경요인에 관한 연구” 한국지역개발학회지, 30(2), 177-192.
- 배민경·박승훈, 2019, “개별 및 근린환경 특성이 보행자 교통사고 심각성에 미치는 영향: 대구광역시를 중심으로” 한국지역개발학회지, 13(1), 239-258.
- 보건복지부, 2004, 「노인복지법」(2019년 1월 15일 일부개정).
- 보건복지부, 2010, 「노인장기요양보험법」(2019년 4월 23일 일부개정).
- 보건복지부, 2012, 「국민기초생활 보장법」(2019년 4월 23일 일부개정).
- 서지민·이수기, 2016, “서울시 보행자 교통사고에 영향을 미치는 물리적 환경요인에 관한 연구: 2014 TAAS 자료를 중심으로,” 국토계획, 51(3), 197-216.
- 신정엽, 2012, “개념과 프로세스를 중심으로 한 도시 내부구조 모델의 이론적 재고찰” 한국지리학회지, 1(2), 177-191.
- 신정엽, 2018, “도시지리학 관점에서 아동친화도시 논의에 대한 비판적 고찰” 한국지리학회지, 7(3), 399-413.
- 유기열·장영재·유충섭·최석훈, 2010, “보행자 교통사고 특성 분석에 관한 연구” 대한교통학회학술대회지, 62, 689-694.
- 윤준호·이수기, 2018, “중앙버스전용차로 정류장 주변 보행자 교통사고 요인분석,” 국토계획, 53(4), 123-142.
- 이세영·이재승, 2014, “어린이·노인 보행자 교통안전진을 위한 근린환경요인” 한국도시설계학회지, 15(6), 5-15.
- 이수기·이윤성·이창관, 2014, “보행자 연령대별 보행만족도에 영향을 미치는 가로환경의 특성분석” 국토계획, 49(8), 91-105.
- 이수범·김명숙·장일준·김장욱, 2009, “교통섬 설치가 보행자 교통사고에 미치는 영향 연구” 대한교통학회지, 27(2), 107-115.
- 이지선·설재훈·장재훈, 2012, 「차량용 블랙박스 자료 분석을 통한 보행자 교통사고 특성 분석 및 정책방안, 고양: 한국교통연구원
- 전대양, 2016, “노인보행자 교통사고에 대한 교통심리학적 접근” 한국범죄심리연구, 12(3), 113-142.
- 전창우·이건학, 2017, “고령인구의 이동편의 증진을 위한 무료셔틀버스 노선 최적화 연구: 서울시 관악구를 사례로,” 한국지리학회지, 6(2), 291-304.
- 정경희, 2011, “백세시대의 노인의 연령기준 관련 논점과 정책적 함의,” 보건복지포럼, 180, 16-27.
- 정보미·강일석·허태영, 2015, “서울시 교통사고 위험요인에 대한 공간모형 개발 및 위험도 추정에 대한 연구” 서울도시연구, 16(3), 151-162.
- 정재훈·설재훈·최성택·노정현·이지선, 2014, “택시 영상 DB를 활용한 교통약자 보행자 사고의 심각도 분석” 한국안전학회지, 29(3), 98-106.
- 조규태·이재식·정은광, 2006, “고령자를 고려한 보행 안전성 및 편의성 개선 방향” 한국도로학회지, 8(2), 18-26.
- 지우석, 2010, “노인 보행자 교통사고원인 분석 및 대책” 한국노년학회, 30(3), 843-853.
- 최동호, 2016, “Haddon Matrix 개념을 활용한 노인보행자 교통사고 대책” 한국노년학, 26(4), 859-876.
- 최성택·이항숙·추상호·김수재, 2015, “도시 시설 특성을 반영한 고령 보행자의 사고 심각도 모형 개발” 한국안전학회지, 30(1), 94-103.
- 최재성·김상엽·김성규·연준형·김철현, 2015, “무단횡단 교통

- 사고 요인에 관한 연구: 서울시 사례를 중심으로” 한국 ITS학회논문지, 14(3), 38-49.
- 최재성·김상엽·황경성·백승엽, 2009, “Ordered Logit Model을 이용한 보행자 사고 심각도 요인분석” 한국 도로학회논문집, 11(1), 153-164.
- 최종호, 2006, “Haddon Matrix 개념을 활용한 노인보행자 교통사고 대책” 한국노년학회, 26(4), 859-876.
- Amosun, S.L., Burgess, T., Groeneveldt, L., and Hodgson, T., 2007, Are elderly pedestrians allowed enough time at pedestrian crossing in Cape Town, South Africa?, *Physiotherapy Theory and Practice*, 23(6), 325-332.
- Brosseau, M., Zangenehpour, S., Saunier, N., and Miranda-Moreno, L., 2013, The impact of waiting time and other factors on dangerous pedestrian crossings and violations at signalized intersections: A case study in Montreal, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 21, 159-172.
- Christian, H.E., Bull, F.C., Middleton, N.J., Knuiiman, M.W., Divitini, M.L., Hooper, P., Amarasinghe, A., and Giles-Corti, B., 2011, How important is the land use mix measure in understanding walking behaviour? Results from the RESIDE study, *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8(55), 1-12.
- Dumbaugh, E. and Rae, R., 2009, Safe urban form: Revisiting the relationship between community design and traffic safety, *Journal of the American Planning Association*, 75(3), 309-329.
- Dommes, A. and Cavallo, V., 2011, The role of perceptual, cognitive, and motor abilities in street-crossing decisions of young and older pedestrians, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 31(3), 292-301.
- Eberhard, J.W., 1996, Safe mobility for senior citizens, *IATSS Research*, 1(20), 29-37.
- Gates, T.J., Noyce, D.A., Bill, A.R., and Van Ee, N., 2006, Recommended walking speeds for timing of pedestrian clearance intervals based on characteristics of the pedestrian population, *Transportation Research Record*, 1982, 38-47.
- Haleem, K., Alluri, P., and Gan, A., 2015, Analyzing pedestrian crash injury severity at signalized and non-signalized locations, *Accident Analysis & Prevention*, 81, 14-23.
- Holland, C. and Hill, R., 2010, Gender differences in factors predicting unsafe crossing decisions in adult pedestrians across the lifespan: A simulation study, *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1097-1106.
- Job, R.F.S., Prabhakar, T., Lee, S.H.V., Haynes, J., and Quach, J., 1994, *Elderly Pedestrian Behaviour and Driver Knowledge Regarding Pedestrians*, Roads and Traffic Authority of NSW.
- Lachapelle, U. and Cloutier, M.-S., 2017, On the complexity of finishing a crossing on time: Elderly pedestrians, timing and cycling infrastructure, *Transportation Research Part A*, 96, 54-63.
- Lascaia, E.A., Gerber, D., and Gruenewald, P.J., 2000, Demographic and environmental correlates of pedestrian injury collisions: A spatial analysis, *Accident Analysis & Prevention*, 32(5), 651-658.
- Leden, L., Gärder, P., and Johansson, C., 2006, Safe pedestrian crossings for children and elderly, *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 289-294.
- Lobjois, R. and Cavallo, V., 2009, The effects of aging on street-crossing behavior: from estimation to actual crossing, *Accident Analysis & Prevention*, 41(2), 259-267.
- Mori, Y. and Mizohata, M., 1995, Characteristics of older road users and their effect on road safety, *Accident Analysis & Prevention*, 27(3), 391-404.
- Oxley, J.A., Ihsen, E., Fildes, B.N., Charlton, J.L., and Day, R.H., 2005, Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians, *Accident Analysis & Prevention*, 37(5), 962-971.
- Rastogi, R., Chandra, S., Vamsheedhar, J., and Das, V.R., 2012, Parametric study of pedestrian speeds at midblock crossings, *Journal of Urban Planning and Development*, 137(4), 381-389.
- Ren, G., Zhou, Z., Wang, W., Zhang, Y., and Wang, W., 2011, Crossing behaviors of pedestrians at signalized intersections, *Transportation Research Record*, 2264(1), 65-73.

- Romero-Ortuno, R., Cogan, L., Cunningham, C.U., and Kenny, R.A., 2010, Do older pedestrians have enough time to cross roads in Dublin? A critique of the traffic management guidelines based on clinical research findings, *Age and Ageing*, 39(1), 80-86.
- Rosenbloom, T., 2009, Crossing at a red light: Behaviour of individuals and groups, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(5), 389-394.
- Sciortino, S. and Chiapello, E., 2005, Environmental, behavioral, and demographic factors that affect the severity of pedestrian injuries, *AAP*, 37, 357-368.
- Shores, M., 1980, Footprint analysis in gait documentation: An instructional sheet format, *Physical Therapy*, 60(9), 1163-1167.
- Yoshida, A., 1983, Planning roads and facilities for the elderly people, *IATSS Review*, 9, 320-328.
- Zajac, S.S. and Ivan, J.N., 2003, Factors influencing injury severity of motor vehicle-crossing pedestrian crashes in rural Connecticut, *Accident Analysis & Prevention*, 35(3), 369-379.
- 경찰청, <https://www.police.go.kr/main.html>
- 국토교통부 국가공간정보포털 <http://www.nsd.gov.kr/lxportal>
- 도로교통공단 교통사고분석시스템(TAAS), <http://taas.koroad.or.kr>
- 법제처 국가법령정보센터, <https://www.law.go.kr>
- 부산광역시, “경위도 좌표, 횡단보도, 신호등 밀도”, <http://www.busan.go.kr>
- 부산광역시 버스정보관리시스템, <http://bus.busan.go.kr>
- 부산광역시 주민등록인구통계, <https://www.busan.go.kr/bhsstatistics01>
- 통계청 국가통계포털, <http://kosis.kr>
- 한국교통연구원 국가교통DB센터, <https://www.ktdb.go.kr/www/index.do>
- 행정안전부 국가데이터포털, <https://www.data.go.kr>
- IRTAD, <https://itf-oecd.org/IRTAD>
- 교신 : 남궁미, 46241, 부산광역시 금정구 부산대학교 63번길 2, 부산대학교 공과대학 도시공학과(이메일: [ngm1119@pusan.ac.kr](mailto:ngm1119@pusan.ac.kr))
- Correspondence : Mi Namgung, 46241, 2 Busandaehak-ro 63-gil, Geumjeong-gu, Busan, Korea, Department of Urban Engineering, College of Engineering, Pusan National University (Email: [ngm1119@pusan.ac.kr](mailto:ngm1119@pusan.ac.kr))

투 고 일: 2019년 7월 26일  
심사완료일: 2019년 8월 5일  
투고확정일: 2019년 8월 12일

