

도시 시설 특성을 반영한 고령 보행자의 사고 심각도 모형 개발

최성택 · 이향숙* · 추상호** · 김수재**

홍익대학교 과학기술연구소 · *인천대학교 동북아물류대학원 · **홍익대학교 도시공학과
(2014. 11. 13. 접수 / 2014. 12. 18. 수정 / 2015. 2. 9. 채택)

Development of Severity Model for Elderly Pedestrian Accidents Considering Urban Facility Factor

Sung Taek Choi · Hyang Sook Lee* · Sang Ho Choo** · Su Jae Kim**

Research Institute of Science and Technology, Hongik University

*Graduate School of Logistics, Incheon National University

**Department of Urban Design & Planning, Hongik University

(Received November 13, 2014 / Revised December 18, 2014 / Accepted February 9, 2015)

Abstract : This study analyzes the influence factors on elderly pedestrian accident. Elderly people are easy to be badly injured by car accidents compared to younger people. Therefore, various plans and measures are required to protect elderly pedestrian from accidents. However, pedestrian accidents studies only focused on microscopic factors such as attribute of driver, pedestrian, road design. In order to prevent pedestrian accident and reduce the severity of the accident, not only microscopic factors but macroscopic variables such as urban planning and facility should be considered. In this regard, this study develops an ordered probit model introduced the characteristics of urban facility which were not considered in the previous studies. The result shows that there is higher level of accident severity in such areas as large commercial area, well-developed area with transportation infrastructure service and non-pedestrian safety zone. Thus, various and appropriate countermeasures should be prepared in order that pedestrian accident can be prevented in the areas mentioned above. In addition to the aforementioned variables, it is revealed that other variables including vehicle speed, gender and age of pedestrian, weather condition, type of vehicle, etc. partly affect the severity of pedestrian accident.

Key Words : urban facility factor, pedestrian safety area, severity model for pedestrian accident, ordered probit model

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

보행자 교통사고는 차량 간 사고에 비해 가해 차량의 충격에 직접 노출되기 때문에 가벼운 사고에 의해서도 보행자는 심각한 피해를 입게 된다. 도로교통공단의 2013년도 교통사고 통계에 따르면 차량 간 교통사고 건수 중 사망사고는 1.2% 정도 수준에 그치는 반면 보행자 교통사고의 사망사고 비율은 4%에 이르는 것으로 나타났다. 이러한 현상을 극복하기 위해 보행자 사고를 방지하고 피해 정도를 경감시키기 위한 노력은 과거로부터 꾸준히 진행되어져왔다. 특히, 최근에는 건강한 성인에 비해 신체적으로 충격에 약하며 사고에 대처하기 어려운 65세 이상의 고령 보행자를 보

호하기 위한 다양한 연구가 수행되었다. 한국의 경우, 2013년 기준 65세 이상 고령자 인구 10만명 당 보행사고 사망자수는 15.6명으로 OECD 가입국 중에서 가장 높은 수치를 보이고 있다¹⁾. 따라서 고령 보행자에 대한 안전 대책 마련과 사고 심각도의 경감을 위한 노력이 경주되어야 한다.

현재 고령 보행자의 안전을 확보하기 위한 방안으로는 운전자 의식의 개선, 보행자 의식의 개선, 보행자의 안전을 위한 시설물 설치 등의 대안이 있다. 운전자의 의식 개선은 좁은 도로 상에서의 안전 운전, 과속 금지, 횡단보도 근처에서의 주·정차 금지 등이 해당되며 운전자 교육 및 홍보를 통해 진행되고 있다. 보행자 의식 개선도 이와 유사하게 교통질서 준수, 보도 횡단 시 좌우 경계 후 횡단, 교통 약자의 경우 보호자를 동

* Corresponding Author : Hyang Sook Lee, Tel : +82-32-835-8190, E-mail : hlee14@incheon.ac.kr,
Graduate School of Logistics, Incheon National University, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon 406-772, Korea

반한 횡단 등의 내용이 해당된다. 그러나 의식의 개선과 같은 캠페인은 운전자 및 보행자의 인식 변화를 유도하는데 그치지 때문에 강제성이 없으며 그 효과가 크지 않다는 한계점이 존재한다. 따라서 보다 실천적인 방안으로 보행자를 보호할 수 있는 시설물 설치와 보행자 안전을 확보할 수 있는 관련 정책이 도입되고 있는 추세이다.

그러나 이러한 미시적인 요소의 개선뿐만 아니라 거시적인 관점에서 보행자를 보호하고 고령자의 보행 사고 심각도를 완화시킬 수 있는 근본적인 접근과 대책 마련이 필요하다. 이를 위해서는 보다 거시적인 관점에서 고령 보행자의 사고를 유발하고 심각한 부상을 초래하는 도시 시설 요소를 도출하여 각 구역별 특성에 맞는 보행자 안전 대책의 마련이 선행되어야 한다.

본 연구는 이러한 측면에서 고령 보행자의 사고 심각도를 규명하는데 있어 도시 시설 특성을 고려하고자 한다. 도시 시설 특성이란 각 행정동 단위의 도시 특성을 대변할 수 있는 요소를 총칭하는 것으로 상업, 주거, 업무 등의 기능별 특성과 다양한 시설 특성, 교통인프라 수준 등을 모두 포함한다. 이러한 요인들과 고령 보행자 사고의 심각도 간의 영향관계를 규명한다면 거시적인 관점에서 고령 보행자의 안전 대책 마련이라는 대안을 제시할 수 있을 것이다. 특히 고령 보행자를 보호할 수 있는 노인 보호 구역을 지정함에 있어 도시 시설 지표를 활용해 객관적인 선정 기준을 제시할 수 있을 것으로 기대한다. 궁극적으로 이러한 대안은 barrier free로 대변되는 교통약자 보호를 위한 다양한 정책 및 시설 등과 궤를 같이 할 수 있을 것이다.

1.2 연구의 범위

본 연구는 도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS, Traffic Accident Analysis System)에서 제공하는 65세 이상 고령자의 보행자 사고 자료를 활용하였다. 연구 대상 지역으로는 인구밀도가 가장 높고 보행자 사고 건수가 가장 많으며 다양한 표본을 수집할 수 있는 서울을 선정하였다. 수집된 자료는 2012년에서 2013년까지의 65세 이상 고령 보행자의 보행사고 자료로 구득 가능한 범위 내의 최신 현황자료이다.

본 연구는 고령자의 보행자 사고 심각도와 관련 있는 영향요인을 도출하고자 하는데 그 목적이 있으며 이를 위해 다음과 같은 단계로 연구를 수행하였다. 우선, 보행자의 사고 심각도 및 고령자를 포함한 교통약자 보호와 관련된 기존 연구를 검토하였다. 이를 통해 기존 연구에서 활용한 사고 심각도의 설명변수를 정리하여 도시 시설 특성을 도입하고자 하는 본 연구의 차

별성을 검토하였다. 이후 고령 보행자의 사고 심각도 모형의 틀을 결정하고 관련 변수를 수집하였다. 관련 변수는 일반적으로 활용되는 운전자 및 보행자 특성, 도로 특성과 함께 도시 시설 특성에 해당되는 다양한 변수를 수집하였다. 이후 모형의 정산 및 통계적 검증을 통해서 고령 보행자의 사고 심각도 영향 요인을 규명하고자 했으며 특히, 본 연구의 핵심 주제인 도시 시설 특성의 영향 정도를 파악하는데 집중하였다. 마지막 단계에서는 이러한 내용들을 바탕으로 고령자의 보행 사고 심각도를 낮추고 고령자를 보호할 수 있는 도시설계 기법과 정책적 시사점을 제시하였다.

2. 기존연구 검토

2.1 기존연구의 흐름

보행자의 사고와 관련된 연구는 종속변수에 따라 사고 건수와 사고 심각도 관련 연구로 구분된다. 이 중에서 고령 보행자의 사고를 다룬 연구는 표본 확보가 용이하지 않다는 점에서 많이 다루이지 않았으며 대부분 사고 심각도를 종속변수로 선정하였다. 고령자의 보행 사고와 관련된 연구는 다음과 같다.

임강원 외는 고령자의 교통사고 예측모형을 개발하였다. 종속변수는 고령자 교통사고 사망자 및 부상자 수를 선정하였으며 도로특성, 인구특성, 자동차 소유, 소득 수준, 경제 환경 등을 설명변수로 채택하였다. 분석 결과, 도로 연장 및 상업지 면적 변수가 유의한 것으로 나타났다²⁾.

정우동은 고령자와 비고령자의 교통사고 심각도 모형을 상대 비교하였다. 설명변수로는 개인특성, 교통시설, 도로환경 등을 채택하였다. 이를 통해 보차분리시설 설치, 교통안전 시설물의 시인성 확보, 주기적인 안전 교육 등을 제안하였다³⁾.

박준태 외는 경찰청 교통사고 자료를 활용하여 지방부 도로에서 발생한 고령 보행자 사고의 특성을 분석하였다. 분석 결과, 과속차량의 속도가 가장 큰 영향요인으로 밝혀졌으며 도로의 선형, 피해자 성별 등이 일부 영향을 끼치는 것으로 나타났다⁴⁾.

정재훈 외는 기존의 경찰조사 자료의 한계점을 극복하기 위한 방안으로 사고 발생 당시의 장면이 녹화된 택시영상자료를 활용하여 변수를 구축하여 사고 심각도 모형을 개발하였다. 그 결과, 차량의 속도 보행자의 시선, 보차분리 유무 등이 사고 심각도와 연관성이 있음을 밝혔다⁵⁾.

이 밖에도 보행자의 사고를 다룬 연구가 다양하게 이루어졌다. Zhang은 캐나다의 교통주무부처에서 제공

하는 운전자 연령에 따른 사고 현황 자료를 활용해 사고 심각도에 미치는 영향요인을 도출하였다. 영향 요인은 운전자 연령, 안전 법규 준수 여부, 운전자 시각, 도로선형, 노면상태 등의 변수를 사용하였다⁶⁾.

Zajac et al.은 사고 장소의 공간적인 특성과 도로의 위계가 보행자 사고의 심각도에 미치는 영향을 연구하였다. 활용한 변수는 차량 종류, 음주여부, 65세 이상 보행자, 도로 설계요소 등 이었으며 순서형 프로빗 모형(ordered probit model)을 활용하였다⁷⁾.

김준기 외는 이분산을 고려하여 보행자 사고 심각도 모형을 제안하였다. 이를 위해 보행자 및 운전자 특성, 토지용도, 날씨, 차량 특성, 도로 현황 등의 다양한 변수를 채택하였다. 그 결과, 운전자의 시야를 방해하는 요소가 존재하고 차량의 중량이 무거워지고 보행자의 연령이 증가할수록 사고의 심각도가 증가한다고 주장하였다⁸⁾.

박민규 외는 도로교통공단에서 제공하는 청주시 보행자 사고 자료를 활용해 사고 심각도의 영향 변수를 도출하였다. 영향 변수로는 요일 및 시간, 차종, 인적 특성 변수 등을 선정하였다⁹⁾.

이상혁 외는 교통사고 심각도를 비교하는데 있어 경찰관이 직접 작성한 교통사고조사보고서 자료를 활용하였다. 특히 고령운전자와 비고령운전자를 구분하여 각 그룹의 특성을 보다 세부적으로 분석하였다. 사고 심각도의 설명변수로는 인적 특성, 기상 요인, 도로 시설 특성을 고려하였다. 그 결과, 고령자 집단이 사고 요인에 좀 더 민감하게 반응하는 점을 밝혔다¹⁰⁾.

박중선은 2011년 동대문구에서 발생한 보행자 사고를 대상으로 사고의 심각도에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 영향 요인으로는 보행자와 운전자의 인적 특성, 사고 발생 시각, 도로 구조 및 시설물 현황 등을 선정하였다. 그 결과, 사고의 심각도를 경감시키기 위

해서는 보행자의 돌발 행동을 자제하고 운전자는 정속 주행과 법규 준수 등이 필요함을 밝혔다¹¹⁾.

박승훈은 보행자 사고의 원인을 규명하는데 있어 인적요인과 물리적 요인뿐만 아니라 근린 환경 요소를 고려해야 한다고 주장하였다. 이를 증명하기 위해 북미 워싱턴 주 시애틀을 대상으로 토지이용 현황, 시설물 개수, 가로환경 요소 등의 근린 환경 요소를 수집하여 보행자 사고와의 연관성을 규명하였다. 분석 결과, 보행자 사고에 대한 상업 토지이용, 토지이용 혼합도 등의 근린 요소의 영향 관계를 밝혔다¹²⁾.

기존 연구에서 보행자 사고와 관련하여 선정한 변수를 정리한 결과는 Table 1과 같다. 대다수의 연구에서 보행자 사고와 관련된 요인으로 인적 특성과 차량 특성을 포함시켰음을 확인할 수 있다. 일부 연구에서는 도로 상태 및 제한속도 등의 도로시설 특성과 사고 당시의 시간적 특성을 고려하였다. 또한 사고 발생 지역의 토지이용 현황을 설명변수로 도입한 연구도 일부 존재하였다. 그러나 사고 발생 장소의 토지이용 용도를 변수로 도입하는데 그쳐 도시의 기능적 특성을 반영하기 위한 시도로는 부족하였다고 평가된다.

2.2 본 연구의 착안점

기존 연구의 검토를 통해 운전자 및 보행자의 인적 특성과 도로 기하구조 등의 변수가 보행자의 사고 심각도를 설명하는 주요 변수로 활용되었음을 확인하였다. 따라서 기존 연구의 결론 및 시사점 또한 운전자 또는 보행자의 인식과 행동의 변화를 요구하거나 도로의 기하구조 및 설계에 대한 제언에 그치게 되었다. 그러나 앞서 언급한 것처럼 고령 보행자 사고는 보다 폭넓은 관점에서 다루어져야 할 필요가 있다. 특정 지역에서 발생한 사고의 심각도가 높거나 낮다면 이는 기존 연구에서 제시한 인적, 물리적 요인뿐만 아니라 해

Table 1. Independent variable of existing study related to pedestrian accident

Author	Independent variable										
	Attribute of driver	Attribute of pedestrian	Type of vehicle	Attribute of road				Temporal characteristic		Weather	Land -use
				road condition	structure	Speed limit	facility	day of week	Season		
W.D.Jeong (2011)	○	○	×	×	○	×	○	×	×	×	×
S.H.Lee et al (2012)	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	×
M.K.Park et al (2012)	○	×	○	×	×	×	×	○	×	×	×
J.S.Park (2013)	○	○	○	×	×	×	○	×	×	×	×
S.H.Park (2014)	○	○	○	×	×	×	×	○	×	×	○
J.K.Kim et al (2008)	○	○	○	×	○	×	○	×	×	×	○
J.T.Park et al (2010)	○	○	×	×	○	○	○	×	×	○	×
J.H.Jeong et al (2014)	○	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○

당 지역의 토지이용 현황, 교통 인프라 현황 등을 아우르는 도시 전반적인 특성에서의 접근이 필요하다. 이를 통해 사고 심각도와 관련 있는 다양한 도시 시설 특성을 도출할 수 있으며 이러한 결과는 향후 보행자의 교통안전 측면에서 다양한 방식으로 활용될 수 있을 것이다.

이에 본 연구는 도시 시설 특성을 보행자 사고 심각도의 영향변수로 정의한 뒤, 사고 심각도의 영향 요인을 규명하는 모형을 개발하고자 한다. 도시 시설 특성이란 해당 지역의 토지이용 특성, 시설별 특성, 교통 인프라 현황, 보행자 안전관련 시설 및 규제의 유무 등을 종합적으로 지칭한다. 기존의 영향요인은 효과 측정이 어렵고 개선 효과가 뚜렷하게 나타나기 힘들다는 점에서 한계점이 명확하였다면 도시 시설 특성은 계량화가 용이하며 개선에 따른 효과 측정이 용이하다는 점에서 차별화된다.

이를 통해 본 연구는 고령 보행자의 사고 심각도에 영향을 미치는 도시 시설 요인을 도출한 뒤, 고령 보행자의 안전을 확보하기 위한 다양한 대안을 제시하고자 한다. 이는 도시의 전반적인 시설 및 기능에 대한 정책적 제안과 도로 설계 측면에서의 구체적인 제안으로 구분하여 각각 제시하고자 한다.

3. 연구방법론

3.1 분석 모형

본 연구는 사고 심각도의 영향 요인을 규명하는 연구에서 일반적으로 활용하는 순서형 프로빗 모형을 사용하였다. 순서형 프로빗 모형을 활용하는 이유는 다음과 같다. 첫째, 종속변수가 이산형이기 때문에 독립변수와 종속변수간의 비선형 관계를 정의할 수 있는 로짓(logit), 또는 프로빗(probit)모형을 적용해야 한다. 이 중에서 오차항의 분포를 로지스틱 형태로 정의하는 로짓모형보다는 누적 정규분포 형태로 정의하는 프로빗 모형이 더욱 적합하다. 둘째, 보행자 사고의 심각도를 나타내는 종속변수가 이항(y=0,1)이 아닌 다항(y=0,1,2,3,...)으로 위계를 가지는 순서형 변수이기 때문이다.

일반적으로 사고 심각도 모형에서 정의하는 종속변수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 y &= 0 \text{ if } y^* \leq \mu_1 \text{ (응급처치)} \\
 &= 1 \text{ if } \mu_1 < y^* \leq \mu_2 \text{ (경상)} \\
 &= 2 \text{ if } \mu_2 < y^* \leq \mu_3 \text{ (중상)} \\
 &= 3 \text{ if } \mu_3 < y^* \text{ (사망)}
 \end{aligned}$$

순서형 프로빗 모형의 기본형태는 다음과 같다. y^* 는 서열을 갖는 종속변수이다. 이는 측정 가능한 효용(βx_i)과 측정 불가능한 효용(ϵ_i)으로 구성된다. 여기서 ϵ 는 표준 정규분포(standard normal distribution)를 따른 허용오차이다.

$$\begin{aligned}
 y^* &= \beta x_i + \epsilon_i \\
 \epsilon_i &\approx N[0,1]
 \end{aligned}$$

허용오차는 누적분포를 따르는 $\phi(\cdot)$ 로 정의하고 밀도함수는 $\Phi(\cdot)$ 라고 정의 내릴 때, 각 대안의 선택확률은 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Prob[y=0] &= \Phi(-\beta x) \\
 Prob[y=1] &= \Phi(\mu_1 - \beta x) - \phi(-\beta x) \\
 Prob[y=2] &= \Phi(\mu_2 - \beta x) - \phi(\mu_1 - \beta x) \\
 &\vdots \\
 Prob[y=n] &= \Phi(\mu_n - \beta x) - \phi(\mu_{n-1} - \beta x)
 \end{aligned}$$

3.2 자료수집 및 변수선택

본 연구에서 활용한 고령 보행자 사고 자료는 서울시에서 2012년부터 2013년까지 발생한 65세 이상 고령자 보행사고로, 총 3,826개 자료를 수집하였다. 수집한 항목은 표 2와 같이 보행자 사고 심각도, 운전자 특성, 보행자 특성, 도로 특성, 도시 시설 특성, 기타 특성 등 6개 항목으로 구별된다.

3.2.1 보행자 사고 심각도

보행자 사고 심각도는 부상 정도에 따라 4등급으로 분류하였다. 가벼운 찰과상 정도로 인하여 응급조치만을 취한 0단계, 3주 미만의 치료를 요하는 경상을 의미하는 1단계, 3주 이상의 치료를 요하는 중상을 의미하는 2단계, 사고로 인해 30일 이내 사망한 3단계 등으로 구분된다.

3.2.2 운전자 및 보행자 특성

인적 특성 변수는 운전자와 보행자 특성 변수로 구분된다. 운전자 특성은 성별과 연령, 사고 당시 차량 속도 등의 변수를 선정하였다. 보행자 사고 심각도는 남녀 간의 운전 숙련도에서 차이가 발생할 수 있으며, 운전자 연령에 따라 사고 심각도가 달라질 수 있기 때문에 포함되었다. 그리고 기존 연구에서 밝혀진 것과 같이 사고 심각도에 가장 큰 영향을 끼치는 차량속도 변수도 함께 고려하였다.

보행자 특성은 운전자 특성과 마찬가지로 보행자 성

별과 연령을 변수로 포함시켰다. 여성은 남성에 비해 신체적 특성 상 물리적 충격에 의한 피해가 클 수 있으며, 연령이 높을수록 사고로 인한 피해가 심각할 수 있기 때문이다.

3.2.3 도로 특성

도로 특성은 사고가 발생한 도로의 물리적 시설 특성을 의미한다. 관련 변수로는 도로의 차선 수, 교차로 유무, 시야방해 요인 유무, 보행자 전용도로 유무 등이 해당된다. 해당 변수는 모두 사고 지역의 좌표를 참고하여 사고 지역의 로드 뷰를 통해 구축하였다. 시야방해 요인 유무의 경우, 주·정차된 차량이 시야를 방해할 수 있는 노면 주차장 및 버스 정류장 및 운전자 및 보행자의 행동 및 시야를 방해할 수 있는 도로 지장물 등이 사고 지역 주변의 위치 여부를 의미한다.

3.2.4 도시 시설 특성

도시 시설 특성은 사고 발생 지역 주변의 토지이용 형태 및 고령 보행자 사고와 관련된 시설 현황, 보행자 보호 구역 설치 여부, 교통 인프라 수준 등을 의미한다. 토지이용과 관련된 변수 구축을 위해서는 2010년 서울시 토지이용 자료를 활용하였다. 자료의 시점이 2010년이라는 점에서 보행자 사고 자료의 시점과 다소 차이가 있으나, 토지이용과 관련된 최신 현황 자료의 구득이 매우 어렵다는 점과 최근 2년간 서울시의 토지이용 변화가 미미하다는 점에서 문제의 소지는 없다고 판단된다. 토지이용 형태는 사고 발생 지점 반경 300 m의 주거, 상업, 업무 시설의 연면적으로 정의하였다.

고령 보행자 사고와 관련된 시설로는 공영 주차장 및 노인정, 복지회관 등의 노인 관련 시설인 노유자 시설의 연면적 변수를 채택하였다. 공영 주차장 시설이 위치하고 시설 연면적이 넓을 경우 차량의 통행이 잦으며 보행자는 사고에 노출될 가능성이 높기 때문이다. 마찬가지로 노인 관련 시설의 밀집된 정도에 따라 고령 보행자의 사고 심각도가 다르게 나타날 수 있기 때문에 해당 변수를 고령 보행자 사고의 설명변수로 선정하였다.

교통 인프라 수준을 대변하는 변수로는 사고발생 지점 반경 300 m의 실폭 도로 총 면적 및 도시철도 연장 변수를 활용하였다. 도로의 총 면적이 넓을수록 해당 지역의 도로 네트워크 수준이 높고 차량 이용이 활성화된 지역이라고 간접적으로 판단할 수 있다. 이와 유사하게 도시철도 연장이 길수록 대중교통의 인프라 수준이 높다고 판단할 수 있다.

보행자 보호 구역은 어린이 보호 구역, 노인 보호 구

Table 2. Classification of variable on this study

Variable	Content	Unit	
Accident severity	First aid	Slight wound	0
	slight injury	Under 3 weeks to recover	1
	Serious injury	Over 3 weeks to recover	2
	Death	Death within 30days	3
Attribute of driver	Gender	Male/female	dummy
	Age	Age of driver	age
	Speed	speed of driver's vehicle	km/h
Attribute of pedestrian	Gender	Male/female	dummy
	Age	Age of pedestrian	age
Attribute of road design	Lane	One-way lane	lane
	Intersection	Existence of intersection	dummy
	Obstruction of driver/pedestrian's eye	Existence of road parking lot, bus stop, obstacle	dummy
	Pedestrian road	Existence of pedestrian road	dummy
Attribute of urban facility	Land use area	Total floor area of residential, commercial, business	km ²
	Facility area	Total floor area of elderly facility, public parking space	km ²
	LUM	Land use mixed index	0~1
	Pedestrian safety area	Existence of children safety area (school zone)	dummy
	Road area	Total area of road width	km ²
Other attributes	Metro route extension	Total length of metro route	km
	Weather	Sun*, cloud, Fog, rain, snow	dummy
Other attributes	Type of vehicle	Car, SUV, motorcycle, bike, truck*	dummy

* This variable is a criteria variable

역, 장애인 보호 구역 등으로 나누어진다. 어린이 보호 구역은 키가 작아 운전자가 인식하기 어렵고 사고에 취약한 어린이를 보호하기 위해 설치된 것으로 학교 출입문 중심으로 300 m이내 도로가 이에 해당된다. 노인 보호 구역은 노인의 보행 안전을 확보하기 위한 공간으로 복지관이나 요양원 등의 노인보호시설 주변 도로를 대상으로 선정하게 된다. 장애인 구역은 노인 보호 구역과 매우 유사한 성격으로 장애인을 위한 시설 주변 도로를 대상으로 지정하게 된다. 본 연구에서는 보행자 보호 구역에 해당되는 3개 구역을 모두 다루고자 하였으나 다음과 같은 이유로 어린이 보호 구역만을 보행자 보호 구역으로 정의하였다.

첫째, 어린이 보호 구역만이 법적 강제성 및 구속력이 강력하기 때문에 사고 감소 효과가 뛰어나다. 둘째, 노인 및 장애인 보호 구역에 대한 일반 시민의 인식과 인지도가 매우 낮은 상황이므로 노인 및 장애인 보호 구역 유무는 큰 의미를 갖지 못한다. 셋째, 본 연구에서 수집한 사고 자료 중에서 노인 및 장애인 보호 구역

에서 발생한 사고표본이 존재하지 않는다. 따라서 보행자 보호 구역의 효과를 측정하기 위해서는 어린이 보호 구역만을 포함시키는 방법이 바람직하다고 판단된다.

추가적으로 해당 지역의 복합적 토지이용 패턴의 수준을 의미하는 토지이용복합지수(LUM, land use mix index)를 선정하였다. 토지이용 복합도 지수는 아래 식과 같이 정의된다.

$$LUM = - \frac{\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i}{\ln n}$$

여기서 i 는 토지이용 용도, p_i 는 해당 토지이용 용도의 면적비율, n 은 용도의 개수를 의미한다. 토지이용 용도는 업무, 주거, 상업, 생산시설 등 4개를 포함하였다. 토지이용 복합도 지수는 0과 1사이의 값을 가지며 다양한 용도가 혼재되어 있을수록 1에 가까운 값을 갖게 된다.

3.2.5 기타 특성

기타 특성으로는 가해차량의 종류와 날씨를 변수로 선정하였다. 차량이 크고 보행자에게 위협적일수록 보행자 사고 심각도는 높아 질 수 있으며 흐리거나 안개가 낀 날씨로 인한 시야 불량, 비와 눈 등으로 인한 노

면상태의 열악함 또한 사고 심각도에 영향을 줄 수 있기 때문이다.

3.4 기초 통계 분석

주요 변수에 대한 기술통계 분석 결과는 다음과 같다. 사고 심각도의 경우, 평균이 1.71로 정상과 중상의 중간 정도를 나타내며 약간 오른쪽으로 치우친 분포를 보여 전반적인 상해 정도는 중상 정도를 나타낸다.

운전자 및 보행자 특성의 경우, 차량의 속도는 평균 18 km/h로 나타났으며 약간 왼쪽으로 치우치긴 했으나 정규분포와 유사한 형태를 보였다. 고령 보행자의 평균 연령은 73세이며 이를 기준으로 약간 왼쪽으로 치우친 경향을 보였다.

도로 특성의 경우, 평균 차선 수는 2차선 정도이며 대부분은 1-3차선 내외인 것으로 나타났다. 사고 장소 시 보행자 도로가 설치된 경우는 전체 건수의 절반 정도를 차지하는 것으로 나타났다.

도시 시설 특성의 경우, 주거시설 연면적이 가장 넓은 것으로 나타났다. 이 외에 업무, 상업시설의 비중이 상대적으로 높았으며 쇼핑, 노유자 시설의 비중은 매우 낮은 것으로 나타났다. 보행자 보호 구역 유무의 경우, 왜도가 7.78, 첨도가 58.60으로 상당히 편중된 경향을 보인다. 이를 통해 보행자 보호 구역이 아닌 사고표본의 수가 압도적으로 많은 점을 알 수 있다.

Table 3. Descriptive statistics analysis

Variable		Average	Standard deviation	Skewness	Kurtosis
Accident severity		1.71	0.62	-0.51	0.42
Attribute of driver	Age	46.71	13.09	-0.10	-0.50
	Gender	0.84	0.36	-1.89	1.55
	Speed	18.70	13.81	1.68	2.67
Attribute of pedestrian	Age	73.38	6.31	0.84	0.41
	Gender	0.35	0.48	0.64	-1.60
Attribute of road design	Lane	1.99	0.82	0.02	-1.52
	Intersection	0.50	0.50	0.02	-2.00
	Obstruction of driver/pedestrian's eye	0.56	0.50	-0.24	-1.95
	Pedestrian road	0.52	0.50	-0.07	-1.98
Attribute of urban facility	Business area	0.03	0.10	5.69	36.58
	Residential area	0.11	0.04	1.10	3.40
	Commercial area	0.05	0.04	3.50	17.04
	Community area	0.04	0.04	3.89	21.60
	Shopping area	0.01	0.03	4.73	24.75
	Elderly facility area	0.01	0.01	7.4	72.58
	Industrial area	0.01	0.05	19.03	382.64
	LUM	0.57	0.11	0.28	-0.03
	Pedestrian safety area	0.02	0.13	7.78	58.60
	Road area	443.25	399.06	3.23	14.91
Metro route extension	1.11	1.14	2.90	11.46	

4. 분석 결과

4.1 사고 심각도 모형 분석

앞서 선정된 설명변수를 토대로 순서형 프로빗 모형을 정산하였다. 모형의 통계적 검증결과는 Table 3과 같다. 표본 수는 3,111개이며 모형의 적합도(ρ^2)는 0.114로 나타났다. 총 27개 변수 중에서 통계적 유의성을 확보한 변수는 15개이며 이에 대한 변수의 부호 검증 결과, 기대 부호와 모두 일치하는 것으로 나타났다. 본 연구의 핵심 변수에 해당되는 도시 시설 특성 변수 중에서는 각 용도별 시설 연면적 현황, 토지이용 복합수준, 보행자 보호 구역, 교통서비스 수준 등의 변수가 유의한 것으로 나타났다. 이 결과를 통해 도시 시설 특성이 고령 보행자의 사고 심각도에 끼치는 영향 정도를 규명할 수 있다. 보다 세부적인 내용은 다음과 같다.

4.1.1 운전자 특성

운전자 특성에 해당되는 변수는 운전자 성별, 나이, 차량 속도 등 3개 변수가 해당된다. 운전자의 성별 및 나이는 통계적 유의성을 확보하지 못한 것으로 나타났다. 일반적으로 보행자 사고의 심각도는 가해자보다는 피해자 특성에 의해 좌우되기 때문이다. 이와는 달리 차량의 사고 직전 속도는 매우 중요한 변수로 나타났다. 차량의 충돌직전 속도는 보행자에게 상해를 입히는 가장 직접적인 요소이기 때문이다. 설명변수의 계수는 0.025로 속도가 1 km/h 증가할수록 사고의 심각도는 0.025증가하는 것으로 나타났다. 예를 들면, 차량 속도가 30 km/h인 경우에 사고로 인해 보행자가 중상을 입게 된다면 속도가 40 km/h 증가한 70 km/h인 경우에는 보행자는 사망에 이르게 된다고 해석할 수 있다.

4.1.2 보행자 특성

보행자 특성은 보행자 성별, 나이 등 2개 변수로 구분된다. 앞서 나타난 운전자 특성과는 다르게 보행자 특성은 사고의 심각도와 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 성별에 따른 사고 심각도는 남성이 여성에 비해 사고 발생 시 약 0.326정도 사고의 심각도가 낮다. 여성은 남성에 비해 물리적인 충격에 약하기 때문에 동일한 조건에서도 더 큰 피해를 입게 된다. 보행자의 나이 또한 동일한 결과를 나타냈다. 연령이 1세 증가할수록 사고 심각도는 0.015증가하는 것으로 나타났다. 고령자의 경우, 연령이 높아질수록 신체적인 충격에 약할 수밖에 없기 때문이다. 이러한 결과를 통해 보행자의 특성은 사고 심각도와 매우 밀접한 관련이

있음을 재차 확인할 수 있었다.

4.1.3 도로 특성

도로 특성은 사고 발생 도로의 편도 차선 수, 교차로, 보행자 전용도로, 시야방해 요인 변수 등이 해당된다. 모형의 정산 결과, 시야를 차단하는 요소가 존재하거나 보차분리가 이루어지지 않은 도로에서 발생한 사고일수록 사고 심각도가 상승하는 것으로 나타났다. 각 항목에 대한 구체적인 결과는 다음과 같다.

Table 4. Result of severity analysis for aged pedestrian accident

Variable		Coefficient	t-value	significant probability
Constant		0.186	2.53	0.011
Attribute of driver	Gender of driver(male)	0.071	1.141	0.253
	Age of driver	0.001	0.705	0.480
	speed	0.025	14.818	0.000
Attribute of pedestrian	Gender of pedestrian(male)	-0.314	-6.987	0.000
	Age of pedestrian	0.016	4.737	0.000
Attribute of road design	Lane	0.043	1.698	0.0895
	Intersection	0.011	0.278	0.781
	Obstruction	0.386	8.958	0.000
	Pedestrian road	-0.342	-7.945	0.000
Attribute of Urban design	Residential area	-0.135	-0.294	0.768
	Commercial area*	2.013	3.250	0.001
	Business area	-1.032	-3.420	0.000
	Elderly facility area	1.549	1.559	0.119
	Public parking space area	0.569	0.135	0.892
	LUM*	0.980	5.040	0.000
	Pedestrian safety area	-1.239	-7.464	0.000
	Area of road width	0.001	3.695	0.000
	Metro route extension	0.069	3.052	0.002
Other attributes	Weather(cloud)	0.215	2.439	0.014
	Weather(rain)	0.159	1.788	0.073
	Weather(fog)	1.492	3.546	0.000
	Weather(sonw)	0.031	0.127	0.899
	Vehicle type(car)	-0.134	-2.416	0.015
	Vehicle type(SUV)	-0.005	-0.066	0.947
	Vehicle type(motorcycle)	-0.369	-3.737	0.000
	Vehicle type(bike)	-0.096	-0.346	0.729
Statistical verification	Number of sample	3,111		
	$LL(\beta)$	-2,559.243		
	ρ^2	0.114		

사고 지역의 차선 수와 교차로 유무는 사고 심각도와 관련이 없는 것으로 나타났다. 두 변수는 도로의 위계와 규모를 설명하는 변수로 차선 수가 많고 교차로가 존재할수록 해당 지점의 교통량은 많은 지역이라고 해석할 수 있다. 즉, 도로의 위계가 높고 교통량은 많은 지역이라 할지라도 고령 보행자의 사고 심각도와는 직접적인 상관관계가 없다고 할 수 있다.

보행자 및 운전자의 시야를 방해하여 사고를 유발할 수 있는 요소가 존재할 경우, 사고 심각도는 0.386 증가하는 것으로 나타났다. 건장한 성인에 비해 반응 속도가 늦은 고령자는 주차된 차량, 정차한 버스, 도로 지장물 등으로 인해 시야가 차단될 경우에 사고를 회피하는 능력이 떨어진다. 따라서 시야 방해 요소를 제거하고 전·후방 시야를 확보하는 도로 설계 방식은 고령 보행자에게 있어 매우 중요하다.

보행자 도로가 존재하는 지역에서 발생한 사고는 사고 심각도가 0.342 낮은 것으로 나타났다. 보차 분리가 이루어지지 않은 도로에서는 보행자와 운전자 간의 경계가 모호하여 도로상에서 상호 접촉하게 될 가능성이 높아지게 된다. 따라서 신체적 반응이 늦은 고령 보행자는 차량의 갑작스런 출현과 같은 돌발 상황에 즉각적으로 대응하지 못하기 때문에 사고의 위험성이 높아지게 된다. 이러한 결과에 비춰볼 때, 보행자 특히 고령 보행자의 안전을 확보하고 사고 심각도를 경감시키기 위해서는 보행자 전용 공간의 확보가 매우 중요하다고 할 수 있다.

4.1.4 도시 시설 특성

도시시설 특성은 시설별 연면적 현황, 토지이용 복합도 지수, 보행자 보호 구역 설치 유무, 고령 보행자 사고 관련 시설물 현황, 교통서비스 현황 변수 등이 있다. 모형의 정산 결과, 상업 및 업무시설 연면적, 토지이용 복합도, 보행자 보호구역 유무, 교통 서비스 수준 등의 변수가 유의미한 결과를 나타냈다. 각 항목에 대한 구체적인 결과는 다음과 같다.

시설별 연면적 현황에 따른 사고 심각도는 상업시설 연면적이 넓을수록 보행자의 사고 심각도가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 상업 활동이 활발한 지역일수록 승용차, 트럭, 오토바이 등의 차량 운행이 빈번하며 주차차로 인한 운전자 시야가 방해될 요소가 많기 때문인 것으로 해석된다. 반대로 업무 시설의 연면적이 넓을수록 보행자 사고 심각도는 감소하는 것으로 나타났다. 업무 용도가 넓은 지역의 경우는 고령 보행자가 보행할 가능성이 낮으며 차량의 소통이 상업 및 주거

시설에 비해 빈번하지 않은 지역일 가능성이 높다. 따라서 상대적으로 고령 보행자의 사고 심각도가 낮은 것으로 해석된다. 주거 시설의 연면적은 고령 보행자의 사고 심각도와 연관성이 없는 것으로 나타났다.

고령 보행자의 안전과 관련된 시설물 현황으로는 노유자 시설과 공영 주차장 시설이 있다. 분석 결과 두 변수 모두 통계적 유의성을 확보하지 못해 사고 심각도와는 영향 관계는 없는 것으로 나타났다.

보행자 보호 구역에서 발생한 사고는 사고 심각도가 약 1.239 낮은 것으로 나타났다. 본 연구에서 정의한 보행자 보호 구역 즉, 어린이 보호 구역에서 사고가 발생할 경우, 일반 사고에 비해 가중처벌을 받게 되며 보험 적용이 되지 않는다. 따라서 대부분의 운전자는 어린이 보호 구역에서 사고에 유의하며 방어 운전을 하게 된다. 이는 고령 보행자 사고의 80%가 3차선 이하의 도로에서 발생한다는 측면에서 단순히 보행자 보호 구역의 도로 위계가 낮은데 따른 현상과는 구별된다. 결론적으로, 보행자 보호 구역의 설치로 인해 고령 보행자의 사고 심각도는 1.2 이상 감소하는 효과가 발생하였다고 결론지을 수 있다.

교통서비스 현황으로는 실폭 도로 면적과 도시철도 연장 변수가 해당된다. 두 변수 모두 행정동의 교통서비스 수준을 간접적으로 대변한다. 실폭 도로 면적의 합이 크거나 철도 연장이 길수록 해당 지역의 교통인프라 환경이 뛰어나다고 해석할 수 있다. 분석 결과, 교통인프라 수준이 뛰어난 곳일수록 보행자의 사고 심각도가 상승하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 상업 시설의 연면적이 넓은 지역일수록 사고 심각도가 상승하는 결과와 유사하게 해석될 수 있다. 교통 인프라 수준이 뛰어날수록 차량 및 보행자의 소통은 많아질 수밖에 없으며 이로 인해 사고의 위험성은 증가하게 되는 것이다.

4.1.5 기타 특성

기타 변수로는 사고 당시의 기상 상태와 차량의 종류가 있다. 분석 결과, 기상 상태는 사고 심각도에 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다. 다만 흐린 날씨일 경우 발생한 보행자 사고의 경우, 맑은 날에 비해 사고 심각도가 약 0.215 증가하는 것으로 나타났다.

차량의 종류는 사고 심각도에 일부 영향을 주는 것으로 밝혀졌다. 중대형 화물 차량에 비해 승용차와 오토바이에 의한 보행자 사고는 사고 심각도가 각각 0.134, 0.369 낮은 것으로 나타났다. 이는 차량의 충돌 면적과 구조적 특징 때문인 것으로 판단된다.

5. 결론 및 시사점

본 연구는 보행자 사고 발생 시, 동일한 조건에서 상대적으로 큰 상해를 입게 되는 고령 보행자를 대상으로 한 사고 심각도 모형을 개발하였다. 특히, 도시 시설 특성을 모형의 설명변수로 도입하여 고령 보행자의 사고 심각도와 관련된 다양한 요소를 새롭게 정의하였다. 본 연구의 결론 및 시사점은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 국내 연구에서 비중 있게 다루어지지 않은 고령 보행자의 사고 심각도 영향 요인을 규명하였다. 국내에서 다루어진 보행자 관련 연구는 다양하지만 교통약자, 특히 고령 보행자를 다룬 관련 연구의 비중은 매우 낮은 편이다. 기존 연구(정재훈 외, 2014)에서 밝혔듯이 고령자의 사고 심각도 요인은 일반 성인과는 구별되며 동일한 조건에서 입게 되는 상해 정도 또한 일반 성인에 비해 매우 심각하다. 따라서 고령 보행자의 사고 심각도에 영향을 끼치는 요인을 보다 명확히 규명하여 이를 완화시키고 예방할 필요가 있다.

이러한 측면에서 본 연구는 고령 보행자를 대상으로 하여 보행자 사고 표본을 수집하여 사고 심각도의 영향 요인을 밝히고자 하였다. 그 결과, 기존 보행자 사고에서 밝혀진 보행자 특성, 도로 특성 변수와 함께 도시 시설 특성 요인을 다양하게 도출할 수 있었다.

둘째, 고령 보행자 사고의 심각도 영향 요인을 밝히기 위해 도시 시설 요소를 도입하였다. 도시 시설 요소는 사고 지역의 다양한 토지이용 특성을 대변하는 시설 연면적, 보행자 보호 구역 유무, 교통 인프라 수준 등으로 구성된다. 모형 개발 결과, 상업 시설의 연면적이 넓은 즉, 상업 기능이 밀집된 공간에서 발생한 고령 보행자 사고일수록 사고 심각도가 높은 것으로 나타났다. 이는 타 기능이 활성화된 지역에 비해 차량 및 사람의 통행이 빈번하며 화물의 적재를 위한 주·정차 차량으로 인해 운전자 및 보행자의 시야가 방해받을 가능성이 높기 때문인 것으로 해석된다.

이와 대비되는 특성을 보이는 업무 시설 밀집된 지역은 사고 심각도가 감소하는 것으로 나타났다. 또한 토지이용복합지수가 높을수록 즉, 토지이용 패턴이 복합적일수록 심각한 사고에 노출될 가능성이 높은 것으로 나타났다. 이 또한 다양한 기능이 복합적으로 얽혀 있는 공간일수록 다양한 인적·물적 교류가 활발하기 때문인 것으로 해석된다.

이 밖에도 교통서비스 인프라 환경이 뛰어난 곳일수록 보행자의 사고 심각도가 높은 것으로 나타났다. 교통 인프라가 뛰어나면 통행이 빈번해지고 동선이 복잡

해지며 사고가 발생하게 되는 다양한 상황에 처할 확률이 높아지기 때문이다.

무엇보다 유의미한 결과는 보행자 보호 구역의 심각도 감소 효과이다. 보행자 보호 구역에서 발생한 사고의 심각도는 일반 지역에서 발생한 사고에 비해 사고 심각도가 1.239 낮은 것으로 나타났다. 즉, 보행자 보호 구역에서 사고가 발생할 경우, 동일한 조건의 도로에서 고령자는 한 단계 낮은 피해를 입게 됨을 의미한다. 이는 차량의 속도, 운전자의 경각심과 이에 따른 안전 운전 요소 등이 복합적으로 작용하게 된 결과로 해석된다.

셋째, 교통사고 지점 좌표를 활용해 사고 지점의 도로 특성을 변수화하여 모형의 설명변수로 도입하였다. 그 결과, 보행자 전용 도로가 위치하고 보행자 및 운전자의 시야가 확보되는 공간일수록 고령 보행자의 사고 심각도가 감소한다는 사실을 확인할 수 있었다. 특히 이러한 요소는 일반 성인에 비해 신체적 능력이 떨어지는 고령 보행자를 보호하기 위해 우선적으로 고려되어야 할 항목이다.

넷째, 운전자의 행동 특성에 따른 사고 심각도의 영향 정도를 규명하였다. 이러한 결과는 기존 연구에서 밝혀진 내용과 크게 다르지 않다. 우선, 운전자의 차량 운행 속도가 보행자의 사고 심각도에 중대한 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 충격을 가하는 가해자 입장에서는 차량의 속도가 가장 큰 영향요인이기 때문이다.

보행자의 경우, 성별과 나이 모두 사고 심각도와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 특히, 피해자가 여성이며 고령일 경우에 보다 심각한 피해를 입는다는 점을 재확인 할 수 있다.

이러한 결과를 바탕으로 고령 보행자를 보호하고 사고 심각도를 경감시킬 수 있는 제언을 하고자 한다. 우선, 보행자 보호 구역을 지속적으로 확보하여 교통약자로 분류되는 아동 및 고령자, 장애인 등을 적극적으로 보호해야 할 필요가 있다. 현재 보행자 보호 구역은 어린이 보호 구역, 노인 보호 구역, 장애인 보호 구역 등 3개로 분류된다. 이 중에서 어린이 보호 구역과는 달리 노인 및 장애인 보호 구역은 사고 발생 시 별다른 가중 처벌의 요소가 없으며 상대적으로 홍보가 부족하다는 점에서 일반 운전자들의 인식 수준이 매우 낮다. 따라서 법적 구속력과 강제성을 부여하여 어린이 보호 구역과 대등한 수준으로 보호 구역을 개편해야 한다. 이를 통해 어린이뿐만 아니라 고령자와 장애인 등의 교통약자를 보호할 수 있는 도시환경을 조성해야 할 필요가 있다.

둘째로는 상업 기능이 활성화되고 차량의 통행이 빈

변하며 대중교통 시설이 밀집된 주요 지역을 대상으로 고령 보행자를 보호하기 위한 다양한 시설 및 정책을 우선적으로 적용해야 한다. 해당 지역은 고령 보행자의 심각한 상해를 입을 확률이 높은 지역이며 상대적으로 대중교통 이용 가능성이 높은 고령자가 보행로 상에 빈번하게 노출될 수 있는 환경이기 때문이다.

이와 같은 맥락으로 보행자 사고가 발생하고 심각한 상해를 입을 확률이 높은 도로 즉, 보행자 전용 도로가 마련되어 있지 않고 시야를 방해할 요소가 존재하는 주요 사고 지점을 대상으로 사고 방지를 위한 다양한 조치를 취할 필요가 있다. 보차 혼용 도로의 경우 보행 공간 확보를 위한 볼라드 설치와 시야 확보를 위한 반사경 및 주의 표지판 설치 등이 이에 해당된다.

넷째, 운전자의 법규 준수와 방어 운전을 장려하기 위한 지속적인 캠페인 활동이 필요하다. 보행자의 사고 심각도를 결정하는 주요 변수 중 하나인 차량의 속도가 감소된다면 사고의 심각도가 경감될 수 있으며 나아가 사고 자체를 미연에 방지할 수 있을 것이다.

그러나 본 연구는 다음과 같은 한계점으로 인해 이를 보완한 향후 연구가 필요하다. 우선 본 연구에서 수집한 보행자 보호 구역의 표본은 50개미만으로 표본 수가 매우 적다. 따라서 보다 광범위한 자료 수집을 통해 대표성을 가질 수 있는 충분한 수의 표본을 확보하여 보행자 보호 구역의 효과를 보다 객관적으로 검증할 필요가 있다. 또한, 고령 보행자를 보호하고 사고 심각도를 경감시키기 위한 보다 구체적인 보행로 설계 기법에 대한 연구와 대안이 제시될 필요가 있다. 마지막으로 모형 개발에 있어 이분형, 또는 순서형 변수가 아닌 연속형 변수의 도입을 통해 사고 심각도 모형의 설명력을 향상시킬 필요가 있다.

Acknowledgements: This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP) (No. 2012R1A1A2008249)

References

1) Road Traffic Authority Traffic Safety Division, "Statistic Analysis of Traffic accident 2013", 2014

2) K. W. Lim, T. Y. Jang, H. Jang and J. H. Ji, "Developing the Predicting Model of Older driver's accidents", Conference of Korean Society of Transportation, Vol.3, pp.193-202, 2006.

3) W. D. Jeong, "The Severity of Traffic Accidents Model's Comparative Analysis of Elderly and Non-Elderly", Ph.D Dissertation, Kyungil University, 2011.

4) J. T. Park, B. B. Choi and S. B. Lee, "A Study on the Characteristics of Traffic Accidents for the Elderly Pedestrians on Rural Highways", Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 28, No. 5, pp.155-162, 2010.

5) J. H. Jeong, J. H. Seol, S. T. Choi, J. H. Rho and J. S. Lee, "Severity Analysis for Vulnerable Pedestrian Accident Utilizing Vehicle Recorder Database of Taxi", Journal of the Korean Society of Safety, Vol.29, No.3, pp.98-106, 2014.

6) J. Zhang, "Factors Affecting the Severity of Motor Vehicle Traffic Crashes Involving Elderly Drivers, 2000.

7) S. S. Zajac, "Factors influencing Injury Severity of Motor Vehicle-crossing Pedestrian Crashes in Rural Connecticut, Accident Analysis and Prevention, 2003.

8) J. K. Kim, F. U. Gudmundur, N. S. Venkataram and S. Y. Kim, "Age and Pedestrian Injury Severity in Motor-Vehicle Crashes: A Heteroscedastic Analysis", Conference of Korean Society of Transportation, Vol.1, pp.383-393, 2008.

9) M. K. Park and B. H. Park, "Severity Analysis of Pedestrian Accidents by the Highway Function in the Case of Cheongju", Conference of Korean Society of Transportation, Vol.1, pp.291-296, 2012.

10) S. H. Lee, W. D. Jeong and Y. H. Woo, "Comparative Analysis of Elderly's and Non-Elderly's Human Traffic Accident Severity", The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol.11, No.6, pp.133-144, 2012.

11) J. S. Park, "A Study on the Factors Affecting the Severity of Pedestrian Accident in Urban Area", Master's Thesis, University of Seoul, 2013.

12) S. H. Park, "The Effect of the Neighborhood Built Environment on Pedestrian-Vehicle Collisions", Journal of Korea Planners Association, Vol.49, No.3, pp.143-157.