

무신호 단일로 횡단보도에서 고령 보행자의 횡단행태조사 및 분석

장정아¹ · 김정화^{1*} · 최기주²

¹아주대학교 TOD기반 지속가능 도시교통연구센터, ²아주대학교 교통시스템공학과

An Investigation of Road Crossing Behaviour of Older Pedestrians at Unsignalized Crosswalk

JANG, Jeong Ah¹ · KIM, Junghwa^{1*} · CHOI, Keechoo²

¹TOD based Sustainable City Transportation Research Center, Ajou University, Gyeonggi 16499, Korea

²Department of Transportation System Engineering, Ajou University, Gyeonggi 16499, Korea

*Corresponding author: junghwa.kim.trans@gmail.com

Abstract

In Korea, older pedestrian accounted for 57% of all pedestrian deaths although a ratio of older pedestrian accidents to total pedestrian accidents was only 25.9%. Though ageing population problem becomes more challenging for road safety, little is know about the behaviour of older pedestrian's behaviour. This study aimed to identify road crossing behaviour of older pedestrian at three-lane unsignalized crosswalks using video image analysis and to compare the behaviour of older pedestrian to younger one by indicators including approaching speed, the number of walking steps and other factors. The results showed that there was a difference of approaching time at kerb, waiting time at kerb, the number of glances at kerb, and the number of glances at crossing between two groups under the situation of car approaching to crosswalks. It also showed that older pedestrian usually spent 1.16 times more than younger pedestrian to walk across the crosswalk with only 84.4% of walking speed of younger pedestrian. The number of steps of older pedestrian for road crossing was 1.12 times higher with 90% shorter steps than younger pedestrian. It was concluded that older pedestrian usually decided to walk across in case of 1.67 times longer headway than younger pedestrian's decision. These results could be applied in road and facility design for better safety of older pedestrians.

Keywords: crossing behavior, elderly pedestrians, elderly walking behavior, non-signalized crosswalk, pedestrian accidents

초록

현재 우리나라 고령자의 보행사고건수는 전체 보행자 사고건수의 25.9%를 차지하고 있고 이중 고령자 사망사고는 57%에 달한다. 향후 다가올 고령사회를 대비하여 이러한 고령자 사고를 줄이기 위한 다양한 노력이 필요하다. 본 연구는 3차로 무신호 일반로 구간내 횡단보도지역에서 고령자와 비고령자의 횡단단계에 대한 이동행태지표를 정의, 조사 및 분석한 연구이다. 유의성 분석 결과, 고령자와 비고령자의 이동 행태상 몇 가지의 결과를 얻을 수 있었다. 첫째, 접근차량의 존재유무에 따라 고령자와 비고령자 간에 횡단보도 접근시간, 횡단보도 대기시간, 횡단보도 연석에서의 시선수, 횡단하면서의 시선수에 대한 통계적 차이가 존재하였다. 둘째, 횡단 보도 횡단시간의 경우 고령자는 비고령자의 1.16배가

더 소요되고, 고령자의 보행속도는 비고령자의 84.4%의 수준이다. 셋째, 보행수는 고령자가 비고령자에 비하여 약 1.12배가 많았고, 보폭의 크기는 고령자가 비고령자에 비하여 90%의 수준을 갖는 것으로 확인되었다. 넷째, 고령자는 횡단을 위해 대기하는 동안 연속된 차량의 차두간격이 비고령자 대비 1.67배 이상 크게 요구하고 있었다. 이러한 주요 분석 결과는 고령자 횡단 시설 및 도로설계 등에 기초적인 자료로서 활용이 가능할 것으로 기대된다.

주요어: 횡단행태, 고령보행자, 고령 보행 행태, 무신호 횡단보도, 보행자 사고

서론

1. 연구의 배경 및 목적

UN(2005)에 의하면 65세 이상을 고령자로 정의하고, 65세 이상 인구 점유율이 7% 이상인 경우 고령화 사회, 14% 이상을 고령사회, 20% 이상을 초고령 사회로 분류하고 있다. Statistics Korea(2014)에 의하면, 고령인구 비율이 1990년 5.1%였던 것이, 2015년에는 13.1%로 증가하여 고령사회로 진입하고 있다고 볼 수 있다. 이러한 추세에 의하면 2060년대는 고령화율은 40%에 달할 것으로 예상된다. 이러한 우리나라의 고령화 가속화와 더불어 사회적 문제로 대두되고 있는 것이 고령자 교통사고에 대한 문제이다. Oh(2015)에 의하면 고령운전자 교통사고는 2010년 12,623건에서 2014년 20,275건으로 60.6%가 증가되었고 이는 고령운전자의 산술적 증가 외에 고령화진행에 따른 신체기능 감퇴에 따른 영향이 있다고 한다. 예를 들어, 65세 이상의 고령자에 비해 75세 이상의 경우 신체적 감퇴의 속도가 급격히 낮아지기 때문에 고령자 교통사고의 치사율 및 부상정도는 상대적으로 해결하기 어렵다. 이에 도로교통공단은 면허제도 및 CPAD (Cognitive Perceptual Assessment for Driving, 인지지각검사도구) 교육 등을 통하여 운전자의 자가진단 및 안전습관 계도 등의 고령자 운전자에 대한 제도적 노력을 하고 있는 실정이다. 또한 고령보행자의 취약점 분석 및 보안을 위한 교통안전교육 개선방안을 도출하기 위한 노력을 기하고 있다. 이와 같이 고령 운전자에 대한 연구는 국내외 다각적인 방법으로 이루어졌으나 고령 보행자에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다. 고령 보행자의 특성을 고려하기 위해서는 신체적 특성, 심리적 특성, 사회적 특성 등에 대하여 비고령자와 차이가 횡단이나 보행상황에 어떻게 영향을 줄 수 있는지에 대한 검토가 필요하다. 물론 이러한 검토는 교통분야 외에 노인복지, 의학, 심리 및 인간공학적(human factors) 특성 때문에 쉽게 정형화하기는 어렵다. 그럼에도 불구하고, 고령 보행자의 횡단사고 문제에 대한 원인 및 행태 규명에 대한 연구와 노력은 반드시 필요하다. 미래 고령자 보행사고를 줄이는데 기여하는데 필수적 분야로 사료된다. 이에 본 연구에서는 미시적 관점의 접근법으로 고령자의 횡단상황에 대하여 신체적 횡단 특성부문에 대하여 횡단 단계별로 최대한 상세히 정의, 조사 및 분석하여 우리나라 고령 보행자의 횡단 이동특성을 규명하고자 하였다. 또한 Police agency(2014)에 의하면, 고령 횡단보도사고는 보행자사고의 14.7%(7,198 건)에 해당되나, 고령자 횡단사망사고는 47.8%(922명)에 해당되어 고령자 횡단사고에 대한 원인 규명 및 행태적 검토는 매우 중요하다. 본 연구에서 수행된 무신호 횡단보도의 횡단상황에서의 비고령자와 고령자의 유의성 조사 분석 결과는 고령자 대상으로 차량 접근 안내 정보를 제공하는 전략이나, 혹은 고령자 경고알림시설 등의 설치시에 참고할 만한 자료 및 요구사항으로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

2. 연구의 내용 및 방법

본 연구에서는 비고령자와 고령자의 횡단행태 자료를 현장에서 수집하고 이를 비디오 분석과정을 통하여 데이터를 구축 및 분석하였다. 기존 보행자의 행태 조사 및 분석과정은 아직 정형화된 방법론이 부재하기 때문에 기존 연구 문헌을 참고로 주요 조사 데이터를 정의하였고, 현장 데이터를 비디오로 촬영하여 Photoshop Pro Cs 8.0 프로그램으로 0.001초 단위로 수작업(manual) 방식으로 보행 및 횡단 데이터를 추출하였다. 이때 비고령자와 고령자의 분류

및 성별은 육안으로 확인하여 분류하였다, 또한 접근로 구간의 접근로 길이를 설정하여 접근하는 차량의 대수와 속도를 0.1km/h 단위로 계량화하였다. 이후 보행자-차량간의 시간 연관성을 추출을 위하여 프로그램을 c++로 개발하고, 이후 통계 프로그램(SPSS)을 통하여 고령자와 비고령자간의 횡단 행태의 유의성 분석을 실시하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다.

1장은 연구의 배경 및 목적을 제시한다. 2장은 고령자 특성, 고령 보행자 사고모형, 횡단행태 모형 등 기존 문헌을 고찰한다. 3장에서는 수원시 고령자 통행이 많은 무신호 횡단보도 구간을 선정하여 비디오 기반 횡단행태 조사를 실시하고 이를 비디오기반 데이터 추출한 내용을 설명한다. 4장에서는 SPSS기반 통계적 유의성 분석을 실시하여 분석 결과를 제시하였다. 마지막으로 연구의 결론을 요약하며, 한계점 및 향후 연구 과제를 제시한다. 고령자의 행태 특성과 관련하여 심리적 부문이나 사회적 특성 부문의 행태 규명도 매우 중요하나 본 연구에서는 1차적으로 신체적 특성에 국한하고 있다.

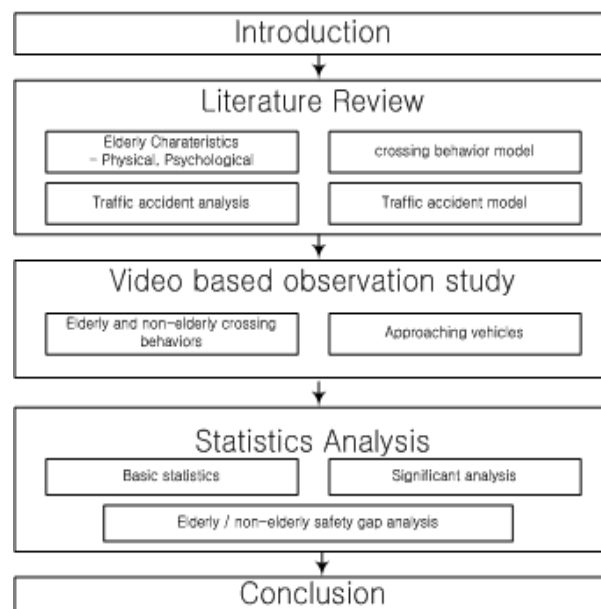


Figure 1. Study framework

기존 문헌 고찰

1. 고령자의 보행 특성

Oh(2015)에서는 고령자의 신체적 특성은 노화에 따른 기능저하에 대하여 신체적, 인지적 기능의 저하로 분류하였다. 신체적 기능저하라 함은 노화에 따른 시각능력의 저하(UFOV 횡적축소 및 대비 민감도 감소), 청력저하로 인한 주의력 감소, 근골격시스템의 손상에 따른 지구력, 민첩성의 저하에 대한 것이다. 인지적기능 저하라 함은 신체적 기능저하에 따른 인지기능의 동반저하, 시력/청력저하에 따른 정보처리 및 판단지연/판단오류의 증가, 근골격시스템의 손상에 따른 신속한 대응 불가에 대한 것이다. 이러한 신체적 특성은 여러 연구 문헌에서도 유사하게 제시하고 있는데 Burg(1968)는 67세 정도의 고령자 주변 시야각이 20대 청년에 비하여 약 17도 정도 더 좁다는 사실을 관찰하였으며, 고령자들의 가용 시각장이 젊은이들에 비하여 더 좁다고 하였다. 특히 가용 시각장은 교통상황에서 매우 중요하게 여기는 시각영역으로, 이 영역에 문제가 있는 경우 중심시야 밖의 영역에서 일어난 일을 빠르게 인지하지 못해 사고로 연결될 가능성이 증가한다고 보고하였다. 이러한 신체적, 인지적 특성을 확인하기 위한 다양한 연구

및 도구들이 사용되고 있다.

이외에도, Cho(2014)은 고령자의 경우 신체적 기능(시각, 청각, 체력)의 저하와 함께 심리적 요인 등으로 보행할 때 교통사고 발생의 위험성이 높다고 기술하고 있다. 상기 연구에서 밝힌 6개의 고령자의 심리적 특성과 보행자 교통사고의 연계성은 다음과 같이 서술되어있다. 첫째, 자신의 행동을 과신하는 경향이 있다. 둘째, 고령자는 도로교통법이나 신호체계 등 수시로 변하는 교통 환경에 적응 하려고 노력하기 보다는 지금까지 살아온 경험에 의하여 행동하고 의존하려는 성향이 높다. 셋째, 인지기능의 퇴화 등으로 고령자는 순간적인 기억 회복력 면에서 젊은 세대보다 훨씬 떨어지기 때문에, 운전을 하거나 횡단보도를 건너는 등 여러 가지 경우가 순간적인 기억력의 상실로 연속적인 행동에 있어서 정확한 판단을 내리지 못하고 과오를 범하게 된다. 넷째, 여러 가지 도로교통상황에 대한 기본적인 지식이 적을 뿐만 아니라 위험상황에 서의 적절한 대처방법 등에 대해 잘 알지 못한다. 다섯째, 고령자들은 관련 있는 정보를 찾아내고 탐색하는 능력이 부족하다. 주의분할능력이 떨어지는 고령자들은 두 가지 과제를 한꺼번에 수행하는 데 젊은이들보다 어려움을 겪으며, 이는 과제가 어렵고 복잡할수록 그 정도가 심화된다고 나타내고 있다. 여섯째, 인간은 사람에 따라 차이가 있기는 하나 나이가 들면서 여러 가지 기능이 떨어지게 되는데, 위험예측능력과 위험 인지능력도 함께 떨어진다. 따라서 고령자는 현재의 상황이 다음 순간에 어떻게 변 할지 또는 어떤 위험을 초래할 지 알지 못하고, 위험을 느껴도 순발력이 떨어져 그 위험을 벗어나지 못하게 되는 것이다. 이러한 심리적 특성 역시 도로에서의 위험율에 영향을 주는 요인으로 볼 수 있다.

신체적/인지적 특성의 경우 본 연구에서 지향하고 있는 비디오기반 관찰조사로 일부 특성을 추출할 수 있다. 그러나, 심리적 특성의 경우 별도의 설문 및 면접조사방법이 요구되고 있으며, 본 연구에서는 이러한 결과를 추출하지는 못하였다.

2. 우리나라 고령자 교통사고 현황

Police agency(2014)에 의하면 전체 사고수, 사망자수, 부상자수 기반으로 보행사고, 고령자 관련사고, 고령운전자사고, 고령 보행자 사고 건수를 살펴보면 Table 1과 Figure 2와 같다. 여기서 확인될 수 있는 사항은 다음과 같다.

첫째, 전체사고건수(215,354건)의 22.8%가 보행자 사고(49,130건)인데 사망자수는 전체사망자수(5,092명)의 37.9%(1,928명)에 해당되어 보행사고의 사망률이 높다.

둘째, 전체사고건수(215,354건)의 14.1%가 고령자 사고(30,283건)인데 사망자수는 전체사망자수(5,092명)의 36.0%(1,833명)에 해당되어 고령자 사망률이 높다.

셋째, 고령자 사고건수(30,283건)중 고령 운전자사고건수(17,549건)는 58%에 해당되고, 고령보행자 사고건수(12,734건)는 42%에 해당된다. 이와 관련된 사망률은 고령자 사망자수(1,833건)의 40.1%가 고령운전자 사고이고, 나머지 59.9%인 1,098명은 보행 사고에 의한 것으로 고령 보행자의 사망률이 고령 운전자의 사망률보다 높다.

넷째, 전체 보행자사고건수(49,130건)중 고령 보행자사고는 25.9%(12,734건)에 해당되나, 보행자 사망자수(1,928명)중 57%가 고령 보행자사망사고(1,098명)에 해당되어 고령 보행자 사망률이 현저히 높다.

다섯째, 보행자 사고 중에 고령 횡단보도사고는 보행자사고의 14.7%(7,198 건)에 해당되나, 고령자 횡단사망사고는 47.8%(525명)에 해당하여 고령자 횡단사고에 대한 중요성은 매우 높다.

이러한 2014년의 사고 건수 및 사망자수의 분포를 보더라도 고령보행자의 사망률의 문제는 전체 사망자수 줄이기에 중요한 요인으로 고려될 수 있다.

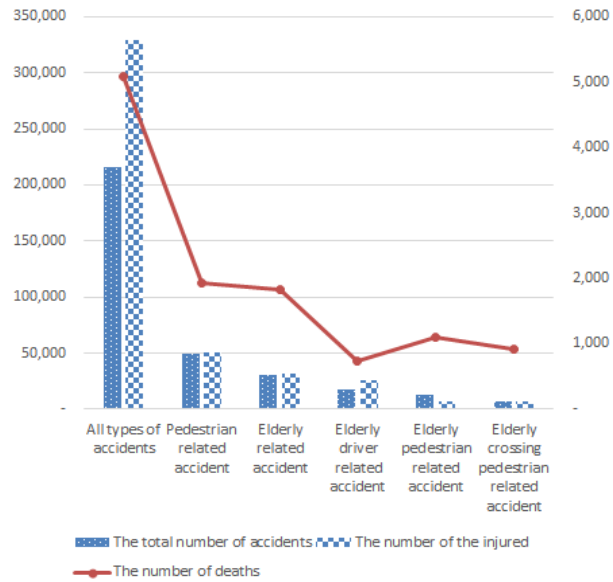


Figure 2. Pedestrian-related accident investigations in Korea

Table 1. Pedestrian-related accident investigations in Korea

(unit: number)

	All types of accidents	Pedestrian related accident	Elderly related accident	Elderly driver related accident	Elderly pedestrian related accident	Elderly crossing pedestrian related accident
The total number of accidents	215,354	49,130	30,283	17,549	12,734	7,198
The number of deaths	5,092	1,928	1,833	735	1,098	525
The number of the injured	328,711	50,235	32,178	25,679	6,499	943

3. 고령 보행자의 사고 및 횡단모형 연구

1) 고령자 사고 위험요인 분석 연구

Park et al.(2010)은 경찰청 도로 사고자료 720건을 입수하여 경상/중상/사망 사고를 중회귀 분석하고 고령자의 경우 사고차량속도가 가장 큰 요인으로 제시하였다. 이 경우 상세한 현장자료에 대한 구축 및 분석이 미흡하여 우리나라 고령자 보행자 사고 특성의 상세한 내용을 확인하기에는 현실적인 한계가 존재한다.

Oh(2015)에 의하면, 서울시 2011년부터 2013년 고령보행자 사망사고 299건을 분석한 결과 단일로 위의 사고가 가장 많이 발생하고 횡단 중 사고가 가장 많고 차량 진행방향과 동일방향 보행시 사고 위험이 높다고 분석하였다. 또한 보행실태조사에 대한 설문을 실시하여 체험식 보행 교통안전교육의 필요성을 제안하였다.

Choi et al.(2015)는 서울시 2012년부터 2014년 발생한 65세 이상 고령자 보행사고 3,826개 자료를 기반으로 보행사고 심각도(0단계: 부상 신고, 1단계: 경상, 2단계: 중상, 4단계: 사망), 운전자 특성, 보행자 특성, 도로 특성, 도로시설 특성, 기타 특성을 구분하여 로짓 모형을 기반으로 한 사고심각도 모형을 구축하였다. 이를 통하여 세부 변수별로 사고 심각도에 영향을 미치는 것을 규명하였으나, 고령보행자의 보행개선을 위한 시설, 제도적 지원이 필요함을 제시하였다. 이와 유사한 사고심각도 모델을 위한 국내 연구로 Lim et al.(2006), Jeong(2011), Jeong et al.(2014)가 있다.

Oxley et al.(2005)의 연구에서는 고령자의 인지적 감퇴이고, 의학적인 어려움에 의한 인지감퇴사이의 차이가 보행 행태상 충돌위험도를 높이고 있음을 제시하고 있다. Oxley et al.(2006)의 연구에서는 이러한 측면에서 “가장 최선의 선택(best-practice)”로 시스템 측면의 접근법으로 행태와 교육 프로그램을 통하여 고령자의 보행안전도를 높일 수 있음을 제안하고 있다. 이러한 일련의 연구에서는 기본적으로 비고령자와 고령자간의 보행 특성(보행시간), 안전도계수(safety margin)의 차이를 1차적으로 규명하였고 차량조건(차량의 구조적 설계요인)이나 도로조건(제한 속도, 도로폭 등)에 대하여 확인함으로써 고령보행자의 사고 위험행태를 미시적 측면에서 결과를 도출하였다.

2) 고령 보행자 횡단모델 연구

Guangxin and Keping(2009)와 Ding et al.(2014)에 의하면, 보행자의 횡단의 과정(crossing task)는 몇 가지 단계로 구성이 된다. ① 정보 인식 (Information input: 도로환경 판단 (예, 신호등 위치, 신호등의 색상, 횡단보도의 길이, 횡단하는 타보행자 및 차량과 비동력 교통량 수 등)), ② 지각 (Perception: 시각, 청각, 촉각 등을 이용한 교통상황 및 정보 지각), ③ 행동 결정 (Decision making: 인식된 도로환경 정보 및 지각된 교통상황, 그리고 횡단 위험도를 판단하여 횡단여부 결정), ④ 행동 실행 (Action: 횡단시행 및 대기 유지 등) 이 이에 해당된다. 여기서, 교통 및 도로 환경에 대한 보행자의 정보 인식 및 지각의 보행자의 행동 실행과 밀접하게 연관이 되는데, 인지 심리학에서는 인식-판단-반응의 세 단계로 이루어진 정보처리과정 (humAformation -processing system)을 근거로 횡단에 대한 정보인식에 오류 및 보행자의 정보인식 한계로 도로 횡단시 안전성이 결여된 행동이 발생되며 이는 사고로 나타날 수 있다. Yang(2005)과 Ding et al.(2014)에 인용된, 심리학자 제럴드 와일드의 위험 항상성 이론¹⁾에 따라 보행자의 횡단 위험 수준도 경계 위험도, 수용 위험도, 지각 위험도, 실제 위험도로 구분되어 질 수 있다. 따라서 보행자가 횡단대상의 도로 및 교통상황에 대한 정보를 인식할 때 발생하는 오류는 지각 위험도와 실제 위험도의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 즉, 보행자의 횡단 결정은 스스로의 제어동작으로 횡단 전 인식되는 위험도와 횡단시 발생하는 심리적 측면의 안락성, 안전성, 편의성을 비교 판단하여 횡단여부를 결정한다.

보행자 혹은 고령자의 횡단모델의 경우 이처럼 도로환경적인 요인, 차량적인 요인이외에 각 개인의 심리적, 신체적 특성이 복합적으로 작용하는 의사결정과정임으로 이에 대한 지속적인 규명이 필요하고 이를 토대로 한 대책 마련이 요구된다. 또한 도로상에서 고령자와 차량 혹은 다른 교통수단과의 상충을 줄이도록 함으로써 교통사고 완화정책에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

현장 조사 방법론

1. 시공간적 범위

고령자 사고가 많이 발생한 수원시의 여러 지역 중에서 일반도로 구간의 하나인 무신호 횡단보도에서 비디오 기반 촬영을 수행하였다. 조사 지역은 3차로 일반 도로내 무신호 횡단보도로서 최근 3년 사이에 노인 사망사고가 발생한 지역이다. 이 지역은 등산로 형태의 산책로가 인접하여 새벽시간대 고령자의 이동이 빈번하고 오전과 오후 각각 가변차로로 운영되는 3차로 횡단보도 구간이며, 횡단보도 횡단시 적극적인 주의가 필요한 지역이다. 조사지역을 선정한 기준은 1차적으로 노인의 횡단 빈도가 높고 무신호 횡단보도 형태로 좌우 차량 간의 상충을 용이하게 수집 가능한 지역으로 한정하였다. 최근 노인사망사고가 발생하고 고령자의 횡단이 빈번한 지역을 조사 대상으로 선정하였으며, 관련 연구는 부족한 실정이다.

시간적 범위: 2015년 8월 6일(목), 7일(금), 오전 6시-9시, 17시-20시 (총 12시간 녹화)

1) 위험률이 바뀌면 의식적이든 무의식적이든 사람의 행동도 그에 맞춰 달라짐으로써 결과적으로 전체 위험률은 일정하게 유지된다는 이론. 즉, 위험률이 증가하면 사람들의 조심성이 커지고 위험률이 감소하면 사람들의 조심성도 떨어진다(Wilde, 1982). 예로 차선을 늘리고 도로를 넓혀놓으면 운전자들은 전보다 더 차를 빨리 몰게 되어 도로의 개선이 가져다 주는 안전 혜택을 상쇄시켜버리며 이는 사람은 일정수준의 위험을 포용한다.

공간적 범위: 경기도 수원시 팔달구 고화로 일대 (3차로, 무신호 횡단보도)
 상기 지역의 도로의 폭은 9.1m 도로로 길어깨가 각 0.5m가 각각 존재한 양방향 3차로의 도로이고, 보도폭이 각 1.3m와 1.5m 이다.

2. 조사 방법론

본 연구의 대상 구간은 Figure 3과 같으며, 양방향의 진입로에 차량과 보행자의 시인성이 확보되는 두 지점에서 비디오 카메라를 설치하여 촬영을 하였다. 이후 현장의 데이터를 실험실에서 분석 및 가공하는 절차를 수행하였다.

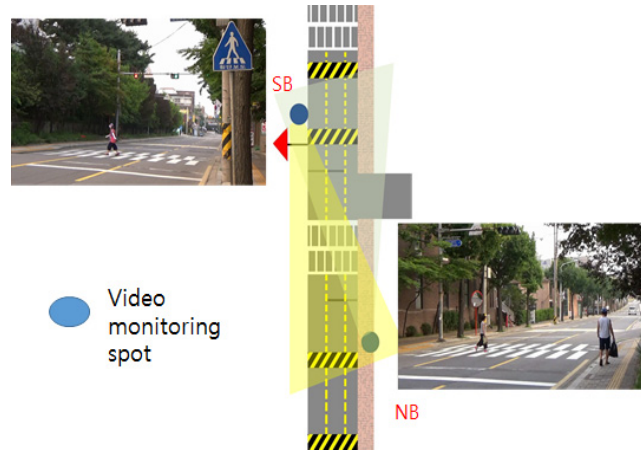


Figure 3. Study area

고령자 및 비고령자의 보행행태 지표를 추출하기 위하여 비디오 분석 기반으로 1차 데이터를 추출하고, 이후 보행자-차량 간의 간격은 별도 분석 프로그램을 구현하여 2차 가공 데이터를 추출하였다. 1차 데이터와 2차 데이터 추출 항목은 Table 2와 같다. 여기서, 고령자와 비고령자의 구분은 영상에서 데이터 수집자가 육안으로 얼굴과 행동을 보고 고령자와 비고령자로 구분하였다.

Table 2. Observation and analysis data

	1st observation measurement	2nd analysis data	unit
Car	Time on the approach line	-	msec
	Time on the stop line at crosswalk	-	msec
	The number of lanes	-	-
	Vehicle categories	-	vehicle, truck, bus
	-	Spot travel time	msec
	-	Approaching speed	m/s
	-	Time gap	msec
Pedestrian	-	Volume	veh/h
	Gender	-	M/F
	Elderly/non-elderly	-	elderly/non-elderly
	Time on approach to kerb	-	msec
	Time at the kerb	-	msec
	Start time at crossing	-	msec
	End time at crossing	-	msec
	The number of steps	-	numeric
The patterns of crossing	-	A-G types	

Table 2. Observation and analysis data (continued)

–	1st observation measurement	2nd analysis data	unit
Pedestrian	Types and number of one's gaze at the kerb	–	types numeric
	Existence of approaching vehicle	–	existence
	Types and number of one's gaze at crossing	–	types numeric
	Other	–	–
	–	Time between a time on approach to kerb and a time at the kerb	msec
	–	Stopping time	msec
	–	The size of steps	cm
	–	Crossing time	msec
	–	Walking speed	m/s
	–	Time gap	mesec

3. 측정 데이터 설계 및 개념

1) 보행자의 횡단 지표 정의

2차 가공 데이터에 해당되는 주요 지표의 정의는 다음과 같다. Figure 4에서 볼 수 있듯이 물리적으로 보이는 1, 2, 3, 4의 횡단단계가 있다. 1은 접근로에 진입하는 시각(time on approach to kerb), 2는 연석에서의 시각(time at the kerb), 3은 횡단을 시작하는 시점(start time at crossing), 4는 횡단이 끝나는 시점(end time at crossing)이다. 1과 2의 간격은 횡단보도 접근시간(approaching time at kerb), 2와 3의 간격은 대기시간(waiting time at kerb), 3과 4의 간격은 횡단시간(crossing time at crosswalk)이 된다. 이를 기반으로 횡단속도, 보폭크기, 차량-보행자간의 시간간격 등을 추정할 수 있다. 여기서, 이러한 물리적으로 보이는 시각 정보에는 A: 감각 및 지각특성, B: 인지 및 의사결정특성, C: 실행에 따른 특성 차이가 복합적으로 은닉되어 있다. 현재 수행된 현장조사기반 자료에서는 고령자와 비고령자 사이의 A, B, C 요인의 특성이 반영되어 횡단 단계의 행태적 차이가 발생하는 것이다. 본 연구에서는 A, B, C 요인을 현장에서 바로 추출할 수 없기 때문에 일단 1에서 4상황에 대한 측정과 유의성 분석을 통하여 무신호 횡단보도에서의 고령자와 비고령자의 이동횡단행태 특성만을 확인할 수 있었다.

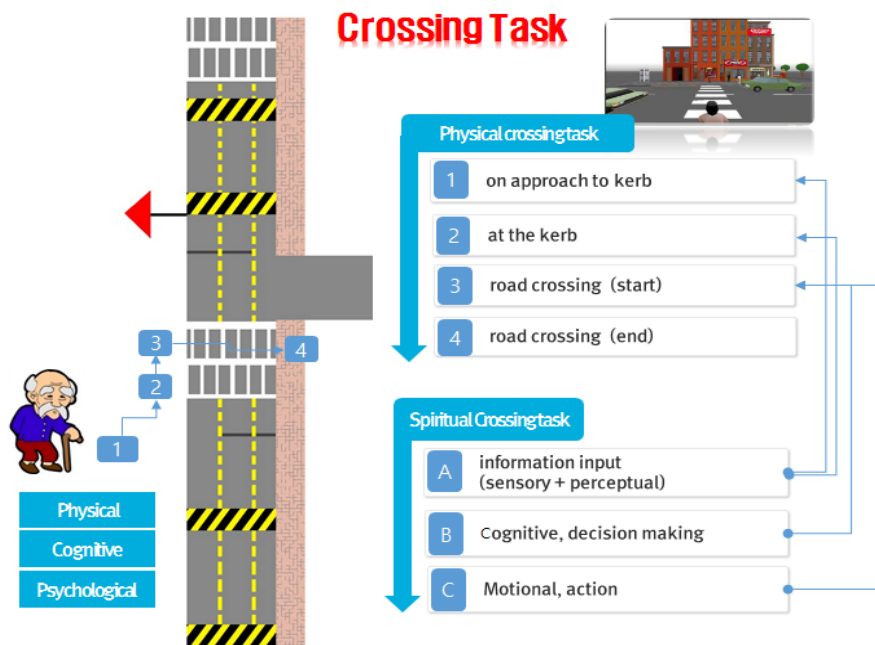


Figure 4. Crossing task concepts

2) 수집된 변수의 정량화 방법

Table 2의 주요 변수에 대하여서는 아래와 같은 방법으로 정량화하였다. msec 당 분석을 위해서 photoshop pro cs 8.0을 이용하여 차로별로 조사원이 아래의 내용을 조사하였고 차량과의 관계성을 위해서는 보행자가 존재할때의 차량의 데이터를 절대시간으로 연관관계 분석을 실시하여 차두간격을 분석하였다.

<차량부문>

- 접근로 길이(m)/시간(초): 접근로 50m-60m전에 설치되어 있는 과속방지턱과 정지선까지의 길이 및 접근하는 차량의 통행시간계산
- 접근 속도(m/s): 접근로 길이/접근로 시간
- 차로별 교통량(대/시간): 총 차량대수
- 차종구분: 버스, 승용차, 트럭
- 평균차두시간(sec): 보행자별로 횡단을 위해 연석에서 접근할 때 지나가는 모든 차량의 차두간격의 평균

<보행자 부문>

- 성별 및 고령자유무: 비디오기반 육안으로 확인
- 횡단보도 접근시간(초): 화면내 보행자가 나타나서 연석에서 정지할 때까지의 시간차이
- 횡단보도 대기시간(초): 연석에서 횡단을 시작하기 전까지 기다리는 정지시간
- 횡단보도 길이(m)/시간(초): 횡단보도 연석부터 연석까지의 시간
- 보폭수: 횡단보도 길이동안의 걸음수
- 보폭길이(cm/steps): 횡단보도길이/보폭수
- 횡단속도(m/s): 횡단보도길이/횡단시간
- 횡단보도 대기시간동안의 시선수: 보행자별 대기하는 동안 두리번거리는 시선의 방향수
- 횡단보도 횡단시의 시선수: 보행자별 횡단하는 동안 두리번거리는 시선의 방향수

고령자/비고령자의 횡단단계별 유의성 분석

1. 기초통계분석

카메라를 이용하여 관찰을 수행한 12시간의 자료를 1/1000초 단위로 Table 2의 데이터 형태로 집계한 결과 보행자 데이터는 Table 3과 같이 고령자 114명, 비고령자 183명의 자료로 집계되었으며 차량은 버스, 승용차, 트럭으로 구분하여 Table 4와 같이 집계되었다. 이 지역의 차량의 평균 속도는 약 26.5km/h 수준으로 조사되었다.

Table 3. Aggregated pedestrian data

(unit: persons)

Day	Direction	Elderly	Non-elderly	Total
8/6	NB	24	36	60
	SB	27	40	67
8/8	NB	25	50	75
	SB	38	57	95
Total		114	183	297
		38.4%	61.6%	100%

Table 4. Aggregated vehicle data

(unit: number)

Day	Direction	First lane				Second lane				Total
		Bus	Passenger car	Truck	sub total	Bus	Passenger car	Truck	sub total	
8/6	NB	6	725	50	781	6	465	41	512	1293
	SB	5	259	25	289	3	810	65	878	1167
8/8	NB	7	780	72	859	8	1060	68	1136	1995
	SB	6	631	35	672	12	1220	109	1341	2013

Table 2에서 정의한 횡단단계별 주요 계량수치는 Table 5와 같다. 고령자와 비고령자의 횡단보도 접근시간 (approaching time at kerb)은 각각 1.31초와 1.45초를 보이고, 횡단보도 대기시간(waiting time at kerb)은 각각 3.71초와 3.74초를 보였다. 차량의 진입 유무와 상관없이 고령자나 비고령자의 통계적인 유의적 차이가 없이 유사한 패턴을 보이고 있었다. 또한 연석에서의 시선수(The number of one's gaze at the kerb) 및 횡단 중의 시선수(The number of one's gaze at crossing)도 비고령자와 고령자의 통계적 차이가 없었다.

Table 5. Aggregated crossing pattern data about elderly and non-elderly

Categories	Elderly	Non-elderly	0Average
Approaching time at kerb(sec)	1.31	1.45	1.40
Waiting time at kerb(sec)	3.71	3.74	3.73
The number of one's gaze at the kerb	1.24	1.48	1.38
The number of one's gaze at crossing	1.09	0.93	0.99

2. 횡단이동 특성에 대한 유의성 분석

고령자와 비고령자의 통계적 유의적 차이가 발생하는 지표를 상세히 살펴보면 Table 6과 같다.

첫째, 횡단보도 횡단시간(crossing time at crosswalk)의 경우 고령자와 비고령자가 각각 10.77초와 9.25초를 보이고 있으며 고령자는 비고령자의 약 1.16배에 더 소요된다. 둘째, 보행수(The number of steps)는 고령자가 비고령자에 비하여 약 1.12배가 많고, 보폭(length of steps)는 고령자가 비고령자에 비하여 90%의 수준이다. 셋째, 보행속도(Crossing speed)의 경우 고령자와 비고령자는 0.93 m/s와 1.09 m/s를 보이며 고령자가 비고령자의 84.4%의 수준을 보였다.

Table 6. Result of paired t-test about walking parameter between elderly and non-elderly

Categories	Elderly	Non-elderly	P-value
	Average (sd)	Average (sd)	
Crossing time at crosswalk (sec)	10.77(4.3)	9.25(3.39)	0.001
The number of steps	20.22(5.5)	17.96(3.39)	0.000
Length of stpes (cm)	47.2(9)	52(9)	0.005
Crossing speed (m/s)	0.93(0.33)	1.09 (0.35)	0.001

전술한 고령자와 비고령자의 횡단보도 행태에 대한 단순 통계적 유의성 분석 이외에 접근로 내 차량의 존재할 경우와 존재하지 않을 경우에 대하여 고령자와 비고령자의 이동행태 분석을 실시하였다. 그 결과 횡단보도 접근시간, 횡단보도 대기시간과 횡단보행속도가 비고령자와 고령자의 행태적 차이가 발생함을 확인할 수 있었다. Table 7과 Figure 5에서 볼 수 있듯이 고령자의 횡단보도 접근속도는 비고령자에 비하여 차량이 존재하지 않을 경우에 약 114.7% 느리지만, 접근 차량이 존재할 경우는 오히려 빠른 경향을 보인다. 또한 연석에서 기다리는 시간은 유사한 경향을 보이는데 차량이 존재하지 않을 경우 고령자는 비고령자에 비하여 109.3% 느리고, 존재할 경우 오히려 빠른

경향을 보인다. 횡단보도 횡단시간의 경우 차량이 존재하지 않을 경우가 존재할 경우보다 11%이상 느리다. 보행 수, 보폭의 길이, 횡단속도는 차량의 존재유무와 관련성이 없이 유사한 패턴을 보였다.

Table 7. Difference of elderly compared to non-elderly as an existence of approaching vehicle

Categories	Nonexistence of approaching vehicle	Existence of approaching vehicle	Average
The number of cases	125	172	-
Approaching time at kerb	114.7%	64.2%	90.0%
Waiting time at kerb	109.3%	95.0%	100.1%
Crossing time at crosswalk	122.5%	111.8%	117.9%
The number of steps	110.0%	113.8%	112.9%
Crossing speed	85.8%	87.8%	86.0%
Length of steps	93.0%	88.5%	90.0%

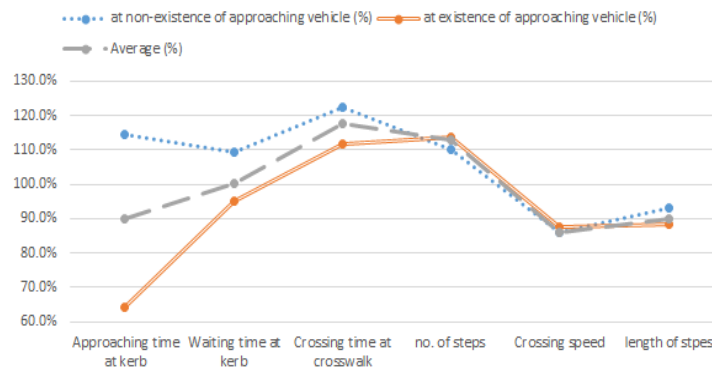


Figure 5. Difference of elderly compared to non-elderly as an existence of approaching vehicle

Table 8과 Table 9는 Table 7의 통계치를 바탕으로 접근차량 유무에 따른 각 항목 별 차이를 나타내고 있다. 차량 접근이 없는 경우 횡단보도 접근시간과 횡단보도 대기시간을 제외한 나머지 변수들, 즉 횡단보도 횡단시간, 보행 수, 횡단속도 그리고 보폭의 길이에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 접근차량이 있는 경우에도 이 4가지의 변수에서 양 집단간에 차이가 있는 것으로 도출되었다. 다만 접근차량이 있는 경우 비고령자의 횡단보도 접근이 고령자보다 통계적으로 유의하게 길게 소요되는 것으로 나타났다.

Table 8. Result of paired t-test in nonexistence of approaching vehicle

Categories	Elderly	Non-elderly	T-value	P-value
	Mean(sd)	Mean(sd)		
The number of cases	59	66	-	-
Approaching time at kerb	1.67 (2.47)	1.46 (1.85)	0.519	0.605
Waiting time at kerb	3.76 (9.99)	3.42 (9.77)	0.188	0.851
Crossing time at crosswalk**	11.24 (5.34)	9.50 (2.79)	2.244	0.027
The number of steps*	20.53 (6.83)	18.71 (3.95)	1.789	0.077
Crossing speed***	0.86 (0.34)	1.04 (0.30)	-3.078	0.003
Length of steps*	47.16 (9.99)	50.65 (10.01)	-1.950	0.053

shaded *p<0.1, **p<0.05, ***p<0.001

Table 9. Result of paired t-test in approaching vehicle existence

Categories	Elderly	Non-elderly	T-value	P-value
	Mean(sd)	Mean(sd)		
The number of cases	55	117	-	-
Approaching time at kerb**	0.94 (1.07)	1.45 (2.19)	-2.071	0.040
Waiting time at kerb	3.66 (7.90)	3.91 (8.20)	-0.201	0.841
Crossing time at crosswalk**	10.28 (3.03)	9.11 (3.69)	2.190	0.030
The number of steps***	19.89 (3.60)	17.53 (2.90)	4.256	0.000
Crossing speed**	0.97 (0.37)	1.10 (0.39)	-2.060	0.042
Length of steps***	47.32 (9.23)	53.35 (9.03)	-4.018	0.000

shaded *p<0.1, **p<0.05, ***p<0.001

각 집단별 접근차량 유무에 따른 차이는 Table 10과 Table 11과 같다. 고령자의 경우 접근차량이 있을 경우 횡단 보도 접근시간이 더 짧은 것으로 나타났으며, 횡단속도도 높은 것으로 도출되었다. 반면 비고령자는 접근차량이 있을 때 넓은 보폭으로 횡단하는 것으로 나타났으며, 이에 따라 보행 수는 감소하는 것으로 조사되었다.

Table 10. Result of paired t-test of elderly

Categories	Nonexistence of approaching vehicle	Existence of approaching vehicle	T-value	P-value
	Mean(sd)	Mean(sd)		
The number of cases	59	55	-	-
Approaching time at kerb**	1.67 (2.47)	0.94 (1.07)	2.072	0.041
Waiting time at kerb	3.76 (9.99)	3.66 (7.90)	0.059	0.953
Crossing time at crosswalk	11.24 (5.34)	10.28 (3.03)	1.190	0.237
The number of steps	20.53 (6.83)	19.89 (3.60)	0.626	0.533
Crossing speed*	0.86 (0.34)	0.97 (0.37)	-1.697	0.093
Length of steps	47.16 (9.99)	47.32 (9.23)	-0.094	0.926

shaded *p<0.1, **p<0.05, ***p<0.001

Table 11. Result of paired t-test of non-elderly

Categories	Nonexistence of approaching vehicle	Existence of approaching vehicle	T-value	P-value
	Mean(sd)	Mean(sd)		
The number of cases	66	117	-	-
Approaching time at kerb	1.46 (1.85)	1.45 (2.19)	0.038	0.910
Waiting time at kerb	3.42 (9.77)	3.91 (8.20)	-0.350	0.727
Crossing time at crosswalk	9.50 (2.79)	9.11 (3.69)	0.792	0.429
The number of steps**	18.71 (3.95)	17.53 (2.90)	2.127	0.036
Crossing speed	1.04 (0.30)	1.10 (0.39)	-1.173	0.243
Length of steps*	50.65 (10.01)	53.35 (9.03)	-1.811	0.073

shaded *p<0.1, **p<0.05, ***p<0.001

3. 고령자/비고령자가 대기시간내 연속차량의 차두시간 차이 분석

고령자와 비고령자가 연석에서 횡단을 위하여 기다리는 대기시간 시간분포에 따라 선택한 차량의 차두시간을 살펴보면 Table 12와 Figure 6과 같이 차이가 발생한다. 여기서 차량의 차두시간이라 함은 보행자가 횡단을 위해 연석에서 접근할 때 지나가는 모든 차량의 시간간격의 평균을 의미한다. 본 연구에서는 보행자별로 연석에서 있을 때 지나가는 좌우 모든 차량의 차두 간격을 구하여 평균화하였다. 차량의 차두간격은 횡단보도 정지선을 지나가는 시각을 중심으로 차이를 수집하였다.

그 결과 고령자는 비고령자에 비하여 횡단보도를 건너기 위하여 차량의 차두간격을 1.67배 이상 필요로 하는 것으로 분석되었다. 또한, 고령자는 비고령자에 비하여 기다리는 시간이 길어질수록 횡단을 위해 선택하는 차량의 차두시간 값도 역시 증가하는 경향을 보이며 차두시간이 증가됨에 따라서도 횡단대기 시간이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 비고령자의 경우 차두시간이나 기다리는 시간이 비례적 증가관계를 보이지 않는다. 즉 비고령자는 기다리는 시간이나 차량의 간격과는 상관없이 횡단시 의사결정을 일관적으로 수행하고 있으나, 고령자는 횡단에 대한 의사결정시 빠르게 수행하지 못하는 것으로 보인다. 현재 수행된 관측조사에 대한 결과물에서는 고령자와 비고령자의 이동행태적 차이점만을 확인할 수 있으며 어떠한 원인 또는 인지적 특성에 따라 확인된 횡단보도 횡단결정 과정을 수행하였는지는 확인하기는 어려운 실정이다.

Table 12. Average time gap of elderly and non-elderly

Categories	Elderly (sec)	Non-elderly (sec)	Average (sec)
Waiting time at kerb 0sec-10sec	25.7	11.9	15.1
10sec-20sec	16.9	13.0	13.9
20sec-30sec	13.7	23.3	16.1
30sec-40sec	30.6	18.9	25.4
40sec-50sec	34.2	15.8	24.7
50sec-60sec	28.8	15.9	19.7
Average (sec)	25.3	15.1	19.2

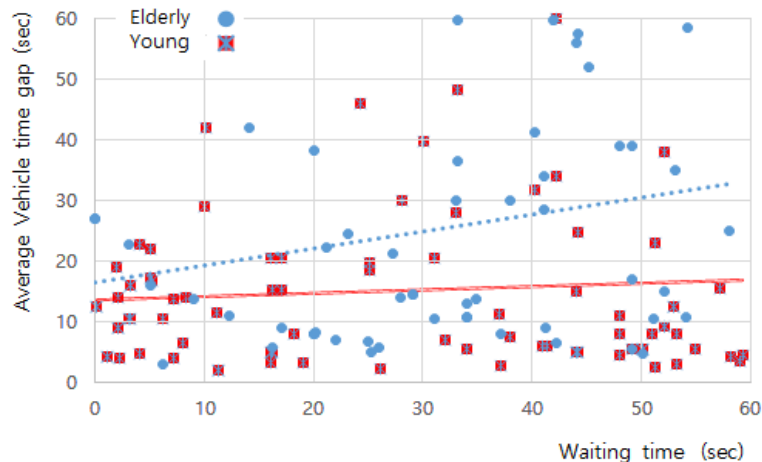


Figure 6. Relationship of average vehicle time gap and pedestrian's waiting time

결론 및 향후과제

일반적으로 고령 보행자의 안전을 확보하기 위한 방안으로 운전자의 안전 의식개선, 교육, 캠페인, 보행자를 위한 시설물 설치 등의 다양한 시도가 진행되고 있다. 지방자치단체를 중심으로 고령자보호구역 지정을 통한 도로설계, 시설물 개선 및 차량접근속도 제한 등의 노력을 기하고 있는 것이 그러한 대표적인 사례가 된다. 최근까지 우리나라 대다수의 연구 혹은 고령 운전자를 중심의 연구나, 거시적 측면의 교통사고 자료를 이용한 사고 심각도를 규명하기 위한 연구가 주류였다.

기존의 연구와는 달리 본 연구에서는 고령자의 행태적 측면의 비고령자 대비 유의성을 살피기 위한 횡단 단계를 정의하고, 이를 측정하기 위하여 무신호 횡단보도 지역에 카메라를 설치하여 차량, 고령자 및 비고령자에 대한 이동행태 분석을 수행하였다. 그 결과 기존 연구에서 확인하기 어려운 몇 가지 중요한 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 횡단보도 접근시간, 횡단보도 대기시간, 연석에서의 시선수, 횡단하면서의 시선수는 비고령자 및 고령자의 통계적 차이가 없었다. 그러나 차량이 존재할 경우와 존재하지 않을 경우에는 두 그룹간에는 일부 차이가 존재하였다. 둘째, 횡단보도 횡단시간의 경우 고령자는 비고령자의 1.16배가 더 소요되고, 보행속도는 고령자는 비고령자의 84.4%의 수준을 보였다. 셋째, 보행수는 고령자가 비고령자에 비하여 약 1.12배가 많고, 보폭은 고령자가 비고령자에 비하여 90%의 수준이다. 또한, 접근차량 유무에 따라 고령자와 비고령자 모두 횡단보도 횡단시간, 보행 수, 횡단속도 그리고 보폭의 길이에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 마지막으로 고령자는 비고령자에 비하여 횡단보도를 건너기 위하여 차량의 차두 간격은 1.67배 이상을 필요하였다. 고령자는 비고령자에 비하여 기다리는 시간이 길어질수록 차량 차두시간의 값도 역시 증가한다. 혹은 차두시간이 증가함에 따라 기다리는 시간이 증가하는 경향을 보인다. 그러나 비고령자의 경우 차두시간이나 기다리는 시간이 비례적 증가관계를 보이지 않는다.

본 연구에서는 다음과 같은 한계점을 가진다. 현재 수행된 관측조사에 대한 결과물에서는 고령자와 비고령자의 이동행태적 차이점만을 확인할 수 있었다. 이러한 차이에 대한 어떠한 원인 또는 인지적 특성 등을 확인하기 어렵다. 둘째, 본 연구의 시공간적으로 3차로 낮 시간대의 무신호 횡단보도에 대한 것으로 더 넓은 횡단보도에서의 이동상의 차이점과 밤시간대의 차이점은 확인하기 어렵다. 셋째, 평균차량속도가 약 26.5km/h인 6,300여대의 차량의 차두 간격과의 관계성을 조사하였지만 간격수락모델에 대하여 명확하게 규명하지 못하고, 유의성분석만 수행하였다. 넷째, 향후 순간 보행속도, 순간 보행가속도, 보폭별 시선특성 등의 미시적 자료를 수집하면 고령자와 비고령자의 횡단특성 규명에 활용하는데 의미있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

위의 몇 가지 한계점에도 불구하고 본 연구에서 규명한 결과는 향후 고령자 보행 안전을 위한 도로시설설계 및 지침을 제시할 때 활용될 수 있을 것으로 기대되어진다. 특히 일반 비고령자 대비 절대적 비율의 개념을 가진 시설 설계 및 차량 설계 등에 반영될 수 있을 것으로 보인다. 이러한 횡단 단계별로 고령자 및 비고령자의 이동행태를 조사하고 규명하는 것은 시간적, 경제적으로 많은 부분이 소요되지만 그럼에도 불구하고 횡단단계별 고령자의 보행행태를 정량화하는 것은 향후 고령보행자 안전정책 추진에 있어 매우 중요한 과정으로 사료된다. 따라서 앞서 언급한 본 연구의 한계점을 보완할 수 있는 추가적인 연구가 향후에도 진행되어야 할 필요성이 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Project ID-79209).

REFERENCES

- Burg A. (1968), Vision Test Score and Driving Record: Additional Findings, Dep. of Eng., UCLA report., 18.
 Cho Y. H. (2014), A Case Study on the Traffic Safety Measures for the Elderly Walkers: the Case of Namgu, Gwangju

Univ. Degree of Master.

- Choi S. T., Lee H. S., Choo S. H., Kim S. J. (2015), Development of Severity Model for Elderly Pedestrian Accidents Considering Urban Facility Factor, *J. Korean Soc. Saf.*, 30(1), Korean Society of Safety, 94-103.
- Ding T., Wang S., Xi J., Zheng L., Wang Q. (2015), Psychology-Based Research on Unsafe Behavior by Pedestrians When Crossing the Street, *Advances in Mechanical Engineering* 7(1), 203867.
- Guangxin L., Keping L. (2009), Pedestrian's Psychology on Gap Selecting When Crossing Street, In *International Conference on Transportation Engineering 2009*, ASCE, 2138-2144.
- Jeong J. H., Seol J. H., Choi S. T., Rho J. H., Lee J. S. (2014), Severity Analysis for Vulnerable Pedestrian Accident Utilizing Vehicle Recorder Database of Taxi, *J. Korean Soc. Saf.*, 29(3), Korean Society of Safety, 98-106.
- Jeong W. D. (2011), The Severity of Traffic Accidents Model's Comparative Analysis of Elderly and Non-Elderly, Ph.D Dissertation, Kyungil University., 30-33.
- Lim K. W., Jang T. Y., Jang H., Ji H. J. (2006), Developing the Predicting Model of Older Drivers' Accidents, *The 53th Conference of KST*, Korean Society of Transportation, 193-202.
- Oh J. S. (2015), Elderly Pedestrian Walking Behavior and Analysis, *Conference of Society of Transportation*.
- Oxley J. A., Charlton J., Flides B. (2006), The Effect of Cognitive Impairment on Older Pedestrian Behaviour and Crash Risk, *Monash University Accident research centre.*, 50.
- Oxley J. A., Ihsen E., Fildes B. N., Charlton J. L., Day R. H. (2005), Crossing Roads Safely: An Experimental Study of Age Differences in Gap Selection by Pedestrians, *Accident Analysis and Prevention*, 37(5), Elsevier, 962-971
- Park J. T., Choi B. B., Lee S. B. (2010), A Study on the Characteristics of Traffic Accidents for the Elderly Pedestrians on Rural Highways, *J. Korean Soc. Transp.*, 28(2), Korean Society of Transportation, 155-162.
- Police Agency (2014), *The 2014 Edition Car Accident Statistics (2014년 교통사고통계)*.
- UN (2005), Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, *World Population Prospects: The 2006 Revision and World Urbanization Prospects, the 2005 Revision*, <https://esa.un.org/unpd/wpp/>, 2016.06.17.
- Yang J. S. (2005), Prevention of Road Traffic Accident Driving Behavior Intervention Technical Analysis, *Human Ergonomics*, 11(3), Human Factors and Ergonomics Society, 38-40.