

# 단일로 횡단보도에서의 고령보행자 횡단특성과 사고에 관한 연구

## Crash Risks and Crossing Behavior of older pedestrians in Mid-block Signalized Crosswalks

서금열	Seo, Geumyeol	정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : seogr2269@naver.com)
최재성	Choi, Jaisung	정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : traffic@uos.ac.kr)
정승원	Jeong, Seungwon	정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : smartjsw@uos.ac.kr)
연준형	Yeon, Junhyoung	서울시립대학교 교통공학과 석사졸업 (E-mail : thesept15@naver.com)
김정민	Kim, Jeongmin	서울시립대학교 교통공학과 석사과정 (E-mail : kjm9481@naver.com)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** In this study, we analyzed the road crossing behavior of older pedestrians on a mid-block signalized crosswalk, and compared it to that of younger pedestrians. In addition, we analyzed the correlation between accidents involving older pedestrians while crossing roads and their behavioral characteristics. Finally, we confirmed the reasons for an increase in accidents involving older pedestrians.

**METHODS :** First, 30 areas with the highest incidence of accidents involving older pedestrians while crossing roads were selected as target areas for analysis. Next, we measured the start-up delay (the time elapsed from the moment the signal turns green to the moment the pedestrian starts walking) and head movement (the number of head turns during crossing a road) of 900 (450 older and 450 younger) pedestrians. The next step was to conduct a survey and confirm the differences in judgment between older and younger pedestrians about approaching vehicles. Finally, we analyzed the correlation between the survey results and traffic accidents.

**RESULTS :** The average start-up delay and head movement of the older pedestrians was 1.58 seconds and 3.15 times, respectively. A definite correlation was obtained between head movement and the frequency of pedestrian traffic accidents. The results of our survey indicate that 17.3% of the older pedestrians and 7.8% of the younger pedestrians have a high crash risk.

**CONCLUSIONS :** Behavioral characteristics of older pedestrians were closely correlated with accidents involving older pedestrians while crossing roads in mid-block signalized crosswalks. Our study indicates that in order to reduce the number of accidents involving older pedestrians, it is necessary to develop an improvement plan including measures such as installation of safety facilities taking the behavioral characteristics of older pedestrians into consideration and their safety education.

### Keywords

*Crash risk, Start-up delay, Head movement, Mid-block signalized crosswalks, Older pedestrian accidents*

Corresponding Author : Choi, Jaisung, Professor  
Department of Transportation Engineering, University of Seoul  
163, Seoulsiripdae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, 02504, Korea  
Tel : +82.2.6490.2820 Fax : +82.2.6490.2819  
E-mail : traffic@uos.ac.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ksre.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received May, 04, 2017 Revised Jul, 19, 2017 Accepted Jul, 19, 2017

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

국내 인구는 1960년 이후로 점차 증가하고 있으며,

통계청의 인구 예측에 따르면 2030년까지 증가추세를 보일 것으로 알려져 있다. 최근 인구 증가추세에서 가장 두드러지는 부분은 고령인구의 급격한 증가로 2010년

부터 2015년까지 우리나라의 연평균 인구 증가율이 0.6%인 반면, 65세 이상의 고령인구 증가율은 4.0%에 달하는 것으로 나타났다.

고령인구가 증가함에 따라 전체 인구에서 고령자가 차지하는 비율 또한 높아지고 있는데, 2050년 이후에는 우리나라 인구의 40% 이상을 차지할 것으로 전망되고 있다(KOROAD, 2015).

고령인구가 증가함에 따라 이들의 안전에 대한 문제가 대두되고 있는데, 2014년 한 해 동안 우리나라에서 발생한 전체 223,552건의 교통사고 중 14.8%인 33,170건이 고령자 교통사고로 나타났다. 또한 고령자 교통사고로 인한 사망자 수는 고령인구 10만명당 28.4명으로 OECD 국가들 가운데 가장 높은 수치를 기록하고 있으며, OECD 평균인 8.7명에 비해 약 3배 이상 높게 나타나고 있다(KOROAD, 2015).

고령자 교통사고에서 가장 많이 발생하는 사고유형은 고령보행자 사고로 2014년에 발생한 고령자 교통사고의 약 32.6%가 보행 중 발생하였다. 또한, Table 1과 같이 고령보행자 교통사고 발생건수는 2010년 8,798건에서 2014년 10,825건으로 연평균 5.32%씩 증가하고 있다.

Table 1. Number of Crashes of Older Pedestrian

Category	2010	2011	2012	2013	2014	Increase rate(%)
Crashes (number)	8,798	8,888	9,515	10,248	10,825	5.32
Fatalities (number)	966	883	959	951	919	-124

고령보행자 사고의 가장 큰 문제점은 다른 사고유형에 비해 높은 사망률을 보인다는 점이다. Fig. 1을 통해서 OECD 회원국의 고령보행자 교통사고 사망자수를 살펴보면 국내 고령보행자 교통사고 사망자 수는 고령인구 10만명당 14.4명으로 OECD 회원국 중 가장 높은 수치를 기록하고 있으며, OECD 평균인 3.2명에 비해 약 5배가량 높다(KOROAD, 2015).

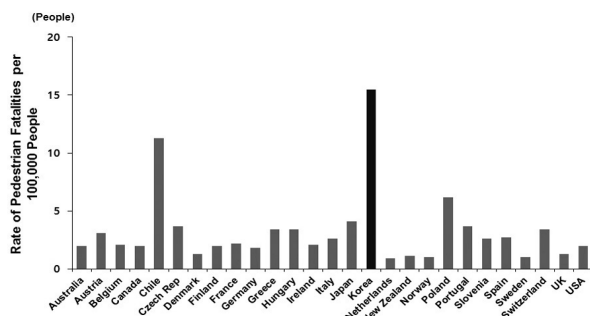


Fig. 1 Fatalities of Older Pedestrians(+65 Old Years) by OECD Nation (2014)

고령인구가 증가함에 따라 고령자 교통사고를 줄이기 위한 대책 마련이 시급하며, 특히 고령보행자 교통사고 감소를 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

경찰청 교통사고 발생자료에 의하면 2012년부터 2014년까지 3년 동안 전국에서 29,969건의 고령보행자 사고가 발생하였다(KOROAD, 2015). 이를 사고유형별로 나누어보면 Fig. 2와 같이 4가지 종류로 구분되는데, 유형구분이 불명확한 13,218건의 사고를 제외한 16,751건의 고령보행자의 사고 중 약 67.3%가 횡단(Crossing) 사고였다(KOROAD, 2015). 따라서 고령보행자 사고를 개선하기 위해서는 횡단 중 발생한 사고를 중점적으로 살펴볼 필요가 있다.

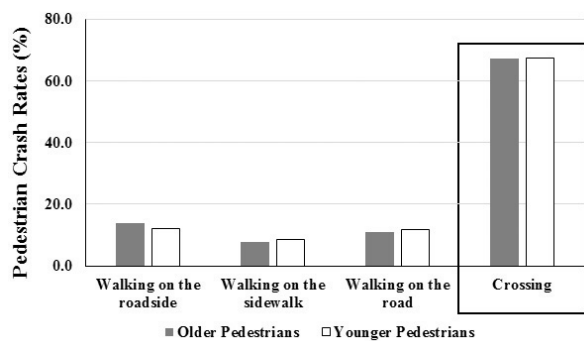


Fig. 2 South Korea Pedestrian Crash Rates by Pedestrian Activity

2012년부터 2014년까지 3년간 전국에서 발생한 보행자 횡단사고 발생 위치를 살펴보면, 전체 고령보행자 횡단사고 11,281건 중 60.8%(6,859건)의 사고와 전체 비고령보행자 횡단사고 43,962건 중 62.3%(27,393건)

Table 2. Location of Pedestrian Crashes on the Road

Category		Older pedestrian (number)	Younger pedestrian (number)	All ages (number)
Mid-block	Entrance of crosswalk	2,202 (19.5%)	7,432 (16.9%)	9,223 (16.7%)
	Exit of crosswalk	1,791 (15.9%)	8,154 (18.5%)	10,356 (18.7%)
	Unknown	2,866 (25.4%)	11,807 (26.9%)	14,673 (26.6%)
Intersection	Entrance of crosswalk	1,156 (9.5%)	4,003 (9.1%)	5,077 (9.2%)
	Exit of crosswalk	1,074 (10.2%)	4,008 (9.1%)	5,164 (9.3%)
	Unknown	1,996 (17.7%)	7,851 (17.9%)	9,847 (17.8%)
Others		196 (1.7%)	707 (1.6%)	903 (1.6%)
Sum		11,281 (100.0%)	43,962 (100.0%)	55,243 (100.0%)

의 사고가 단일로에서 발생하였다. 고령보행자와 비고령보행자의 횡단사고 모두 단일로에서 가장 많이 발생하는 것으로 나타났으나, Table 2와 같이 세부적으로 사고발생 위치를 살펴보면 조금 다른 경향을 보였다. 비고령보행자 사고는 횡단 기점을 기준으로 먼 쪽 도로에서 많이 발생한 반면에, 고령보행자 사고는 먼 쪽 도로(15.9%)에 비해 가까운 쪽 도로(19.5%)에서 상대적으로 더 많이 발생하였다.

종합하면, 현재 국내 고령자수는 계속해서 증가하고 있으며, 이와 동시에 고령보행자 교통사고 문제의 심각성이 대두되고 있다. 고령보행자 교통사고는 단일로에서 횡단을 위해 도로에 진입하는 과정에서 많이 발생하고 있으며, 이를 개선하기 위한 연구가 필요하다.

## 1.2. 연구의 내용 및 방법

본 연구의 목적은 단일로 신호 횡단보도 상에서 나타나는 고령보행자의 보행 행태를 조사하여 비고령보행자와 차이를 분석하고, 고령보행자들의 보행 특성이 사고에 미치는 영향을 밝히는 것이다. 고령 및 비고령보행자들의 특성 분석과 고령보행자 횡단 사고와 보행 특성의 연관성을 분석하기 위해 다음과 같은 과정을 수행하였다.

- (1) 현장 조사를 통해 보행자들이 단일로 신호 횡단보도를 건너는 행태를 조사하였다.
- (2) 대면조사를 통해 고령보행자와 비고령보행자들의 접근하는 차량에 대한 판단 특성을 분석하였다.
- (3) 고령보행자들이 횡단보도를 건널 때 나타나는 보행 특성들과 조사 지점별 사고 이력을 분석하여 고령보행자의 횡단행태와 교통사고의 관계를 살펴보았다.

## 2. 고령보행자 행동 특성

도로를 안전하게 횡단하기 위해서 보행자들은 횡단보도를 향해 접근하는 차량을 비롯하여 다른 보행자, 보행 신호 등 주변 요소들을 확인하고 횡단가능여부를 판단한다.

이러한 주변 요소들 중 보행자들이 횡단을 결정하는데 가장 큰 영향을 주는 요인은 보행신호이다. 녹색 보행신호가 점등되면 보행자들은 주변 차량을 살핀 뒤 횡단을 시작하게 되는데, 일반적으로 고령자들은 비고령자들에 비해 인지·반응시간이 더 길기 때문에 횡단을 시작하기까지 더 오랜 시간이 필요할 것으로 알려져 있

다. 이와 관련된 기존 국내외 연구들을 살펴보면, 고령자들의 평균 인지·반응시간은 2.51초로 나타났으며, 특히 70대 이상의 경우 평균 2.62초에 달하는 인지·반응시간이 필요하였다(박종건, 2008). 또한, 보행신호 점등에 대한 평균 인지·반응시간이 고령보행자는 2.49초, 비고령보행자는 1.93초로 조사되었으며, 고령자들의 인지·반응시간이 비고령자보다 더 긴 것으로 분석되었다(Knoblach, 1996).

하지만 실제 해외의 연구 결과에 따르면 보행신호가 켜지고 발을 이동하여 실제로 횡단을 시작하기까지 소요되는 시간은 오히려 고령보행자들이 비고령보행자보다 더 짧게 나타나는 경향을 보였는데(Oxley, 1996), 이러한 연구 결과가 나타난 이유는 고령보행자들의 주변을 잘 살펴보지 않는 행동특성과 관련이 있다. Fildes(1994)가 수행한 보행자가 횡단을 위해 연석 또는 보도에서 대기하는 동안 주변을 얼마나 주시하는지 분석한 연구에 따르면 고령보행자는 비고령보행자에 비해 전방이나 아래를 보는 비율이 높게 나타났으며, 차량을 살피는 비율은 낮게 측정되었다. 종합하면, 고령보행자는 녹색신호 점등이후 직접 주변 차량 및 다른 요인들을 살펴보지 않고 곧바로 횡단을 시작하기 때문에 인지·반응시간이 길게 나타남에도 비고령자보다 횡단을 시작하는데 더 짧은 시간이 소요되는 것으로 판단된다.

고령보행자는 비고령자에 비해 대체로 시력이 좋지 않아 접근하는 차량을 인지하는데 어려움이 있으며(Oxley et al., 2004), 10초 이내에 판단이 요구되는 경우 정확한 판단을 할 확률이 감소하게 되므로(Oxley, 1996), 주변을 잘 살피지 않을 경우 사고를 유발할 수 있다. 실제 사고자료 분석결과를 살펴보면, 횡단을 시작하는 가까운 쪽 도로에서 고령보행자의 횡단사고가 많이 발생하였다(KOROAD, 2015).

## 3. 연구 방법론

### 3.1. 자료수집

본 연구에서는 분석대상 지역을 서울특별시로 국한하였다. Fig. 3과 같이 2014년 한 해 동안 전국에서 발생한 전체 고령보행자 사고건수를 살펴보면, 서울시는 전국 시·도 중에서 가장 많은 고령보행자 사고가 발생하는 지역으로 전체 10,825건의 사고 중 19.6%(2,119건)가 서울시에서 발생하였다. 또한 서울시의 고령인구 증가를 대비 고령보행자 사고건수는 세종시와 대구광역시에 이어 세 번째로 높게 나타났다(KOROAD, 2015).

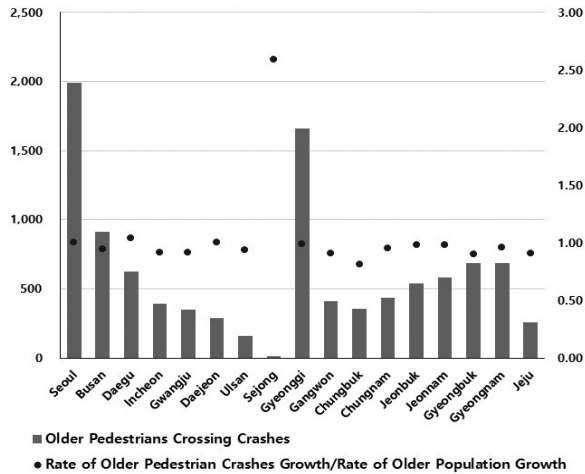


Fig. 3 Fatalities of Older Pedestrians(+65 Old Years) by OECD Nation (2014)

또한, 분석대상 구간은 가장 많은 사고가 발생한 도로 유형인 단일로 횡단보도로 한정되었으며, 고령보행자의 횡단 특성과 사고 특성을 파악하기 위해 2012년부터 2014년까지 서울시내에 위치한 단일로 횡단보도 중 고령보행자 횡단사고가 많이 발생한 30개의 지점을 선별하였다. 30개의 분석지점 선정을 위한 교통사고 자료는 경찰청과 도로교통공단에서 제공하는 교통사고분석시스템(Traffic Accident analysis System, TAAS)을 이용하여 수집하였다. TAAS의 사고 자료를 활용할 시 각각의 사고 발생 당시의 현황을 파악할 수 있는데, 사고 당사자의 연령을 비롯하여 사고일시, 심각도, 사고내용의 간략한 개요 등을 알 수 있으며, GIS와의 연동을 통해 자세한 사고 발생위치를 파악할 수 있다.

일부 보행자는 차도를 건너는 과정에서 횡단보도를 따라서 이동하지 않고 횡단보도 외부로 횡단하는 경향을 보이기 때문에 본 연구에서는 Fig. 4와 같이 횡단보도의 중심을 기준으로 반경 20m 이내에서 발생한 사고를 단일로 횡단보도에서 발생한 사고로 간주하여 분석을 수행하였다.

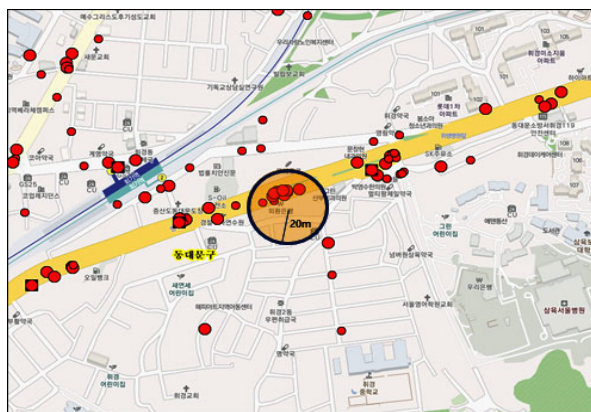


Fig. 4 Range of Pedestrian Crash Data Collection

선정된 30개의 분석대상 지점에 대한 개요는 Table 3 및 Table 4와 같으며, 분석대상 지점에서 고령보행자 횡단사고 139건, 비고령보행자 횡단사고 284건, 총 423건의 횡단사고가 발생하였다.

Table 3. Road Inventory of Selected Sites

Site ID	Number of lanes	Crosswalk width (m)	Sight obstacles*	Number of crashes for three years	
				Older	Younger
1	6	6.3	Yes	11	7
2	5	6.5	Yes	11	37
3	10	12.1	Yes	5	13
4	5	6.7	No	5	39
5	6	5.5	Yes	4	15
6	4	7.2	Yes	4	14
7	6	7.8	No	3	8
8	4	6.3	No	3	7
9	3	5.4	No	4	10
10	6	6.2	Yes	6	4
11	6	6.7	No	4	8
12	8	11.5	No	3	4
13	8	11.7	No	4	4
14	8	12.2	No	4	4
15	6	9.1	No	3	3
16	5	7.3	No	5	7
17	6	6.5	Yes	5	5
18	6	6.0	Yes	6	11
19	4	5.7	Yes	4	1
20	5	6.2	No	3	5
21	6	6.9	No	3	5
22	6	7.5	Yes	4	8
23	3	5.6	Yes	8	19
24	6	8.0	No	5	8
25	4	6.1	No	6	7
26	6	7.8	No	4	6
27	4	6.2	Yes	3	8
28	7	12.0	Yes	3	6
29	10	12.3	No	3	4
30	7	10.8	Yes	3	7

\* Sight obstacles include the bus stop, on-street parkings, street parlors, etc., which may block pedestrian sight lines while cross-walking.

Table 4. Summary of Pedestrian Crosswalk Crashes for Study Sites

Category		Older pedestrians		Younger pedestrians	
Number of crashes		139		284	
Crash severity	PDO(property damage only)	8	(5.8%)	15	(5.3%)
	Minor injury	40	(28.8%)	115	(40.5%)
	Major injury	83	(59.7%)	147	(51.8%)
	Fatal	8	(5.8%)	7	(2.5%)

보행자의 횡단 특성 자료를 수집하기 위해서 선정된 30개의 분석대상 지점에서 2016년 7월 4일부터 15일까지 10일 동안 횡단보도를 횡단하는 보행자들을 비디오 촬영하였다. 보행특성 자료를 수집하는 과정에서 보행자의 신체적 특성 및 횡단에 영향을 끼칠 수 있는 개인적인 특성을 제거하기 위해서 지팡이를 짚거나 휴대전화를 이용하는 사람은 조사 대상에서 제외하였으며, 다른 보행자에 의한 영향을 최소화하기 위하여 가장 선두에서 횡단보도를 건너는 보행자만을 분석 대상으로 지정하였다. 표본 수는 지점당 30명(고령자 15명, 비고령자 15명)씩 전체 900명을 대상으로 하였다.

동시에, 고령보행자와 비고령보행자의 접근하는 차량에 대한 판단력의 차이를 살펴보았다. 분석 자료는 횡단보도를 건너는 보행자를 대상으로 설문조사를 수행하였으며, 조사는 사고 및 횡단특성 자료를 수집한 30개의 지점과 동일한 장소에서 지점별로 고령보행자, 비고령보행자 각각 15명씩 총 900명을 대상으로 진행하였다. 가장 인접한 차로에서 접근하는 차량이 사전에 정해놓은 지점을 통과할 때, 보행자들이 접근하는 차량을 피해도로를 안전하게 횡단할 수 있을 것인지에 대해 설문하였으며, 조사결과를 바탕으로 실제 차량과의 거리 및 차량의 접근속도 등을 고려하여 고령보행자와 비고령보행자의 접근하는 차량에 대한 판단 차이를 분석하였다.

### 3.2. 보행자 횡단 행태

고령보행자 횡단사고가 비고령보행자 횡단사고에 비해 사고 발생 비율이 높게 나타나는 이유를 이해하기 위해서 횡단보도를 통과하는 동안 고령보행자와 비고령보행자의 횡단 행태 차이를 살펴보았다. 이를 위해서 녹색 보행신호가 점등된 순간부터 실제 발을 내딛는 시간까지 소요되는 시간(Start-up Delay)을 연령 그룹별로 분석하였다. 본 연구를 위해 수집된 자료와 기존의 연구에 따르면, 횡단보도에 진입하는 단계에서 고령보행자의 사고가 많이 발생(Oxley, 1995; KOROAD, 2015)

하고 있기 때문에 Start-up Delay는 고령자 보행사고와 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다.

Start-up Delay는 보행자마다 개인차가 나타나는 요인으로 매우 짧은 시간이 소요될 수 있기 때문에 이를 현장에서 측정하기는 어렵다. 따라서 Fig. 5와 같이 횡단보도를 건너는 시점(대기시간 포함)을 동영상으로 촬영하여 분석을 진행하였다. Start-up Delay를 계산하는 수식은 Eq. (1)과 같다.

$$t_s = t_t - (n + m/w) \times t_a \quad (1)$$

여기서,  $t_s$  = 횡단 준비시간

$t_t$  = 전체 횡단시간

$n$  = 차로 수

$m$  = 중앙분리대 폭

$w$  = 1개 차로 차로 폭

$t_a$  = 1개 차로 횡단시간

또한 횡단보도에 진입하는 보행자가 주변 차량 및 다른 보행자를 살피는 횡수(Head movement)를 측정하였다. 횡단보도를 건널 시 보행자는 횡단보도에 진입하는 순간부터 횡단을 완료하는 순간까지 차량에 의한 충돌사고에 노출된다. 그래서 사고에 대한 위험을 감소시키기 위해서는 횡단보도를 건너는 과정에서 지속적으로 주변 환경을 살펴볼 필요가 있다. 실제로 Corben(1996)의 연구와 Lee et al(2006)의 연구에 따르면 주변의 차량을 살피며 횡단하는 보행자는 사고위험이 감소하였다. 이러한 점들로 미루어 보았을 때, Head movement 역시 보행사고와 관련이 있을 것으로 판단된다.

Head movement는 횡단을 하는 과정에서 보행자들이 주변을 살피기 위해 고개를 돌린 횡수로 본 연구에서는 평균적인 보행자의 경계 시계가 좌우측 각각 30도인 것을 고려하여(Won, 1990), 고개를 60도 이상 회전시



Fig. 5 Field Measurement of the Start-up Delay of Pedestrian in Crosswalks

켜 주변을 살펴본 횡수를 Head movement로 가정하였다. 분석은 고령보행자 행동 특성 분석을 위해 촬영한 동영상 자료를 사용하여 진행되었다.

동영상 자료를 토대로 관측 지점별로 측정된 고령보행자그룹(15명)과 비고령보행자그룹(15명)의 평균적인 Head movement 차이를 계산하였으며, 최근 3년 동안 발생한 고령보행자 횡단사고와 두 집단의 Head movement 차이를 비교하여 상관관계를 살펴보았다.

### 3.3. 보행자 판단 특성

본 연구에서는 고령보행자와 비고령보행자의 판단력 차이가 존재하는지 알아보았다. 보행자 판단 특성 자료는 설문조사를 통해서 수집하였으며, Fig. 6과 같이 보행자가 횡단할 때 횡단보도에 접근하는 차량과 횡단보도와의 거리가 최소 몇 m 이상 떨어져 있어야 안전하게 횡단할 수 있는지를 대면조사를 통해 확인하여 자료를 수집하였다. 그리고 Eq. (2)를 적용하여 응답자들이 판단한 거리(Estimated Distance)와 실제 보행자가 안전하게 횡단보도를 건널 수 있는 거리(Actual Distance)를 비교하여 고령자그룹과 비고령자그룹의 판단력의 차이를 살펴보았다.

실제 보행자들이 안전하게 횡단할 수 있는 거리는 지점별 차량 접근시간을 측정하여 계산하였는데, 먼저 차량이 정지선 앞 30m 지점에서 정지선까지 도착하는 시간을 측정해서 차량 접근속도(전 지점 평균 8.9m/s로 나타남)를 계산하였고, 이를 정지시거 공식에 대입하여 안전거리를 산출하였다.

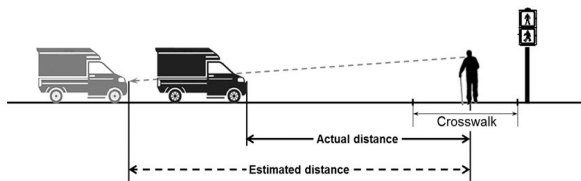


Fig. 6 Field Survey of the Decision Error Rate at Crosswalk

$$t_v > t_a + t_s \quad (2)$$

$$t_v > t_t - (1 + n + m/w) \times t_a$$

여기서,  $t_v$  = 차량접근 시간

$t_s$  = 횡단 준비시간

$t_t$  = 전체 횡단시간

$n$  = 차로 수

$m$  = 중앙분리대 폭

$w$  = 1개 차로 차로 폭

$t_a$  = 1개 차로 횡단시간

고령보행자들이 횡단을 시작함에 있어 접근하는 차량에 대해 잘못된 판단을 내릴 경우 사고와 직결될 수 있음을 검증하기 위하여 지점별로 고령보행자와 비고령보행자의 판단착오율 차이와 동일지점에서 발생한 횡단사고와의 상관관계를 살펴보았다.

## 4. 분석결과

### 4.1. 보행자 횡단 행태

기존에 다른 연구자들에 의해서 수행된 보행자의 평균적인 인지·반응시간 측정 결과를 살펴보면, 대체로 고령보행자의 평균 인지·반응시간이 비고령보행자에 비해 길게 측정되는 경향을 보였다(Knoblauch, 1996; Park et al., 2008; Lee et al., 2016). 이에 따라 본 연구의 Start-up delay 측정결과도 유사한 경향을 보일 것으로 판단되었으나, Table 5와 같이 본 연구의 Start-up Delay 측정 결과를 살펴보면, 고령보행자의 평균 Start-up Delay는 1.58초, 비고령보행자의 평균 Start-up Delay는 2.63초로 오히려 고령보행자들이 비고령자에 비해 약 1.05초 더 짧게 측정되었다. 또한, 두 그룹의 평균 측정값에 대해 T-test를 수행한 결과 P-value가 0.001 이하로 유의미한 차이로 나타났다.

Table 5. Pedestrian Start-up Delay in the Crosswalk by Age Groups

Category		Older pedestrians	Younger pedestrians
Sample size (persons)		450	450
Start-up delay	Average (s)	1.58	2.63
	Maximum (s)	2.85	3.75
	Minimum (s)	0.94	1.22
	Standard eviation	0.48	0.67
	t-value	-6.885	
	p-value	<0.001	

기존에 수행된 인지·반응시간 연구들과 고령자와 비고령자의 Start-up Delay 측정 결과가 상반되게 나타난 이유는 횡단보도 진입에 앞서 양쪽 도로에서 접근하는 차량을 주의 깊게 살피지 않고 곧바로 횡단보도를 건너는 고령보행자들의 횡단 특성에 기인한 것으로 판단된다. 이러한 연구 결과는 Fig. 7과 같이 앞서 조사된

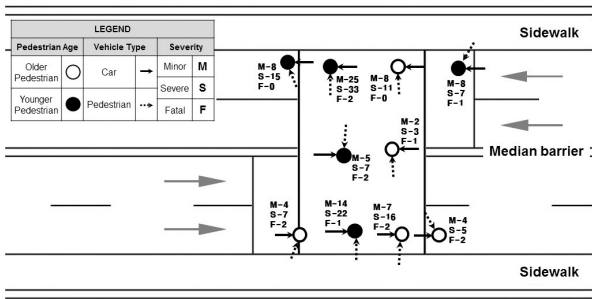


Fig. 7 Crash Severity, Number of Crashes, and Relative Position in the Crosswalk by Age

30개 지점의 횡단보도 상에서 발생한 보행자 사고의 패턴에서 고령보행자 사고가 진입 시에 높은 비중을 차지한다는 사실에 의해 뒷받침된다. 횡단보도에 진입하는 과정에서 발생한 사고는 전체 고령보행자 횡단사고의 27.3%로 나타났으며, 사고 위치를 정확히 알 수 없는 사고를 제외하고 가장 높은 비중을 차지하였다. 이는 비고령보행자가 횡단보도 진입 중 발생한 사고가 전체 비고령보행자 횡단사고의 18.5%를 차지한 것에 비해 상당히 높게 나타났다.

또한, 본 연구의 Head movement 측정결과를 살펴보면 Table 6과 같으며, 고령 보행자는 횡단 시에 평균 3.15회 주변을 살펴보고, 비고령보행자는 평균 5.28회 주변을 보았다. 기존 연구에 따르면 횡단 시에 고개를 돌려 주변을 살피는 것은 사고 감소에 도움이 되는 것으로 알려져 있는데(Fildes, 1994; Staplin, 1991; KOROAD, 2005), 본 연구에 따르면 고령보행자들이 비고령보행자에 비해 횡단을 수행하는 과정에서 접근하는 차량을 피해 주변을 살피는 횟수가 적은 것으로 분석되었다. 본 연구의 Head movement 측정 결과를 통해서 고령보행자가 비고령보행자에 비해 횡단 시 사고 감소에 도움이 되는 행위를 더 적게 수행함을 알 수 있다.

Table 6. Number of Head Turns by Age Groups

Category	Number of head turns per crossing			
	Average	Standard deviation	t-value	p-value
Older pedestrians	3.15	0.573	-12.966	0.005
Younger pedestrians	5.28	0.725		

관측된 Start-up Delay 및 Head Movement와 사고의 관계를 살펴보기 전에 먼저 두 변수간의 상관관계를 확인하였으며, 분석방법으로는 T-test를 수행하였다. 분석 결과는 Table 7과 같으며, 등분산 검정의 유의확률

이 0.949로 0.05보다 높아 등분산이 가정되었다. 또한 이 때 T-test의 유의확률(p-value)이 0.02로 유의수준(0.05)보다 작게 나타나 Start-up Delay와 Head Movement는 통계적으로 유사한 변수로 분석되었다.

Table 7. Number of Head Turns by Age Groups

Category	Levene's homogeneity of variance test		T-test about homogeneity of the mean	
	F-value	Significant probability	T-value	Significant probability
Equal variance assumption	0.004	0.854	-2.73	0.02
Unequal variance assumption	-	-	-1.65	0.08

Head movement 측정결과 고령보행자가 비고령보행자에 비해 주변을 살피는 횟수가 더 적은 것으로 나타났는데, 이것이 고령보행자 사고 위험성 증가와 관련이 있음을 밝히기 위해서 각 조사지점별로 Head movement와 3년간 발생한 보행자 횡단사고의 상관관계를 분석하였다. 분석방법은 회귀분석을 적용하였으며, x축을 고령자와 비고령자의 Head Movement 차이, y축을 사고건수로 설정하여 Eq. (3)과 같은 선형회귀식을 도출하였다.

$$y = 2.2597x^2 - 2.5475x + 3.9712 \quad (3)$$

선형회귀식의 개형은 Fig. 8과 같으며, 분석 결과 Head movement차이와 사고발생 간에는 양의 상관관계가 나타났으며, 이 때 선형식의  $R^2=0.6954$ 로 두 변수의 상관관계는 유의미하였다.

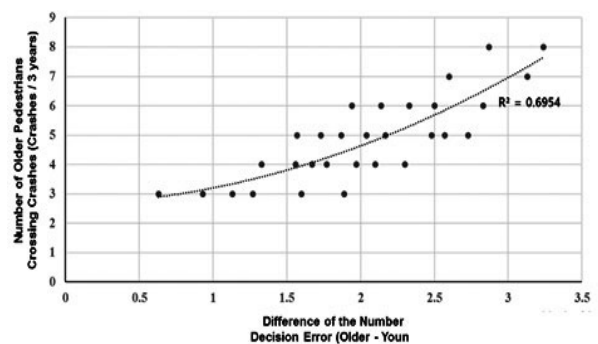


Fig. 8 Relationship between Pedestrian' Head Movement and Older Pedestrian Crashes Numbers

또한, Fig. 9와 같이 실제 분석대상지 30곳의 지점별 사고발생 건수와 Head movement 차이를 살펴보면, 대체로 Head movement 차이(Difference of

Head movement)가 크게 나타나는 지점에서 고령보행자 횡단사고가 많이 발생하는 경향을 보였다.

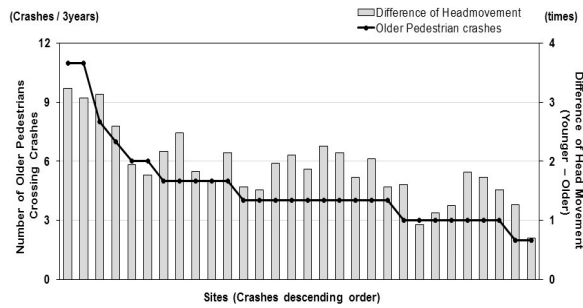


Fig. 9 Crashes Involving Older Pedestrians and Their Head Turn Behaviors

#### 4.2. 보행자 판단 특성

보행자는 횡단에 앞서 주변을 살피며 횡단가능여부를 판단하는데, 횡단보도로 접근하고 있는 차량이 실제 위치보다 멀리서 접근하고 있다고 판단할 경우 교통사고가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 보행자가 횡단보도를 건널 때 접근하는 차량과의 거리 차이와 체감 속도를 통해 연령 그룹 간 판단 특성을 분석하였다. 분석 결과는 Table 8과 같으며, 이는 다음과 같은 사실을 설명하고 있다.

Table 8. Estimated Distance of Approaching Vehicles by Pedestrians, by Age Groups

Category		Older pedestrians	Younger pedestrians
Number of sites (number)		30	30
Sample size (person)		450	450
Pedestrians' estimated distance of approaching vehicles	Average (m)	46.4	48.6
	Maximum (m)	63.3	62.6
	Minimum (m)	38.9	35.2
	Standard deviation	3.53	2.49
Estimated distance ~ Actual distance	Average (m)	3.7	2.6
	Maximum (m)	6.7	5.5
	Minimum (m)	0.5	0.7
	Standard Deviation	1.74	1.24
Pedestrians whose approaching vehicle were closer than they estimated	Average (Person)	2.6	1.2
	Maximum (Person)	6	4
	Minimum (Person)	0	0
	Standard deviation	1.40	1.06
	t-value	4.375	
	p-value	0.042	
Average vehicle speed (km/h)		32.0	

첫째, 비고령보행자와 비교했을 때, 고령보행자는 자

신들을 향해 접근하는 차량과의 거리 차이를 판단하는데 개인별로 큰 편차를 보였으며, 개개인마다 접근 차량에 대한 판단이 상이하였다.

둘째, 고령보행자는 비고령보행자에 비해 접근하는 차량과의 거리차이를 잘 판단하지 못하는 경향을 보였다. 비고령보행자의 평균 Estimated Distance와 Actual Distance의 차이는 2.6m로 나타났으나, 고령보행자의 평균값은 3.7m로 비고령보행자에 비해 1.1m 더 길게 측정되었다.

셋째, 고령보행자는 비고령보행자에 비해 접근하는 차량이 실제 위치한 거리에 비해 더 멀리서 접근하고 있다고 예측하는 경향을 보였으며, 실제로 고령보행자 전체 450명의 응답자 중 78명인 17.3%가 실제 차량의 위치보다 차량이 멀리 있는 것으로 판단하였다. 비고령보행자의 경우 전체 450명의 응답자 중 35명 (7.8%)이 접근하는 차량이 실제보다 멀리 있는 것으로 판단하였는데, 사고를 초래할 수 있는 판단을 하는 응답자가 비고령보행자에 비해 고령보행자가 43명 더 많게 나타났다.

각 지점에서 보행자의 판단력과 고령보행자 횡단사고와의 관계를 분석하였으며, 이를 통해서 잘못된 판단이 고령보행자 횡단사고 발생에 영향을 미치는지 확인하였다. Fig. 10과 같이 고령보행자와 비고령보행자들의 판단착오율 차이가 큰 지점, 즉 비고령보행자에 비해 고령보행자가 실제 차량의 위치보다 더 멀리서 차량이 접근하고 있다고 판단한 비율이 높은 지점에서 고령보행자 횡단사고가 많이 발생하는 것으로 분석되었다.

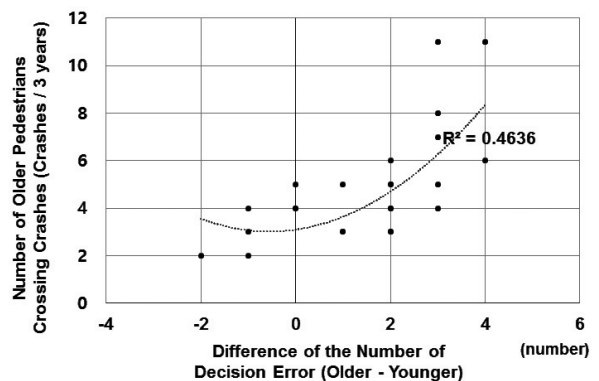


Fig. 10 Relationship between Pedestrians' Decision Error and Older Pedestrian Crashes Rates

#### 5. 토의

매년 수많은 고령보행자가 횡단보도를 건너는 중에



사망하고 있다. 이러한 문제를 개선하고자 본 연구에서는 고령보행자의 횡단특성과 사고와의 관계를 분석하였다. 기존의 수많은 연구를 통해 교차로를 통과하는 고령보행자의 횡단특성이 분석되었지만(Oxley et al., 1996; Oxley et al., 2004; Wilton et al., 2007; Fildes, 1994), 다수의 고령보행자 횡단사고가 단일로에서 발생함에도 불구하고 단일로 횡단보도에서 고령보행자의 횡단특성을 집중적으로 분석한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구의 결과는 기존에 수행된 연구와는 상이한 결과를 나타내는 부분이 존재하는데, 그 중 한 가지는 Start-up Delay에 대한 분석결과이다. 고령보행자들의 Start-up Delay는 평균 1.58초로 측정되었으며, 비고령보행자의 Start-up Delay인 2.63초보다 짧게 나타나 선행연구를 통해 알려진 고령자의 인지·반응시간이 비고령자에 비해 길다는 연구들과 상반된 결과를 보였다. Fig. 7에 표현한 것과 같이 고령보행자 사고는 주로 횡단시작 직후에 발생하였는데, 이는 곧 조급한 출발로 인해 사고가 발생하고 있음을 의미하며, 고령보행자 사고를 줄이기 위해서는 충분한 Start-up Delay의 확보가 요구된다.

또한 본 연구의 분석결과에 따르면, 고령보행자의 Head movement는 평균 3.15회, 비고령보행자는 평균 5.28회로 고령보행자는 횡단 시 비고령보행자보다 주변을 덜 살피는 경향이 있었고 고령보행자의 Head movement와 사고 발생 빈도와의 상관관계가 존재하였다(Fig. 8 및 Fig. 9 참조). 그리고 보행자의 주의력 차이는 사고와 밀접한 관계를 보였는데, 비고령보행자에 비해 고령보행자가 상대적으로 적은 횟수의 Head movement를 행하는 지점에서 고령보행자의 사고율이 높게 나타났다.

또한, Fig. 11과 같이 Head movement 차이와 판단착오율 간에 상관관계가 존재하였으며, 고령보행자가 비고령보행자에 비해 주변을 잘 살피지 않는 지점(비고령

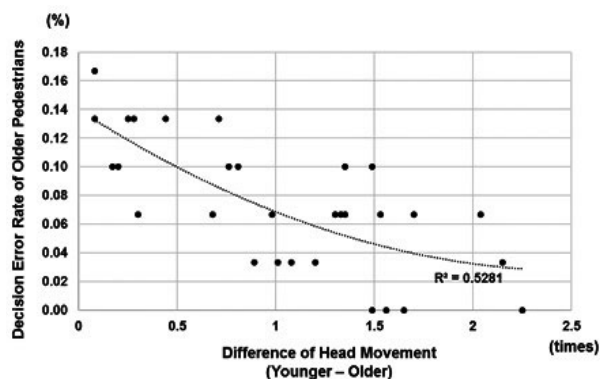


Fig. 11 Relationship between the Head Movement and Pedestrian Decision Error Rates

자가 고령자보다 더 신경 써서 주변을 살피는 지점)에서 고령자의 판단착오율이 높게 나타나는 경향을 보였다.

사고발생위치 분석 결과 횡단보도 진입 직후 고령보행자 사고가 많이 발생하였다. 따라서 고령보행자 횡단사고를 감소시키기 위해서는 고령보행자의 높은 판단착오율, 주변을 덜 살핌, 조급한 출발 등의 사고를 발생시킬 수 있는 행동특성을 보완하기 위한 방안 마련이 요구된다.

이를 위해서는 먼저 고령보행자 횡단 다발지역에서는 녹색신호시간을 길게 설정하여 고령보행자가 여유롭게 횡단할 수 있도록 하고, 교통안전교육 등을 통해서 조급하게 출발하지 않아도 충분히 횡단 가능함을 숙지시켜야 한다. 또한 전방신호등과 같은 시설물을 설치하여 운전자가 기존보다 횡단보도에서 먼 지점에서 정지할 수 있도록 하여, 차량과 보행자간의 이격거리를 증가시켜 고령보행자의 높은 판단착오율로 인한 사고발생을 미연에 방지하기 위한 방안을 마련해야 한다. 또한 고령보행자 사고다발지역 주변에 시선유도시설 등을 설치하여 횡단 시 주변을 더 잘 살펴볼 수 있도록 유도하는 개선안 마련이 필요하다.

## 6. 결론 및 향후 연구과제

본 연구를 통해 단일로에 위치한 신호 횡단보도를 통과하는 보행자의 횡단 특성과 고령보행자의 횡단사고가 밀접한 연관이 있는 것을 알 수 있었으며, 본 연구결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 고령보행자는 비고령보행자에 비해서 횡단을 준비하는 Start-up Delay가 짧다.

둘째, 고령보행자는 비고령보행자에 비해 상대적으로 횡단을 하는 동안 고개를 돌려 주변 차량을 살피는 횟수가 적다. 이러한 특성은 고령보행자의 횡단 중 발생하는 사고와 밀접한 관련이 있다.

셋째, 고령보행자는 접근하는 차량에 대해 상대적으로 부정확한 판단을 내린다.

본 연구를 통해 우리나라 서울시 고령보행자의 횡단특성과 사고특성을 분석하였으며, 이를 토대로 횡단특성과 교통사고 발생에는 상관관계가 존재하며, 사고 감소를 위해서는 횡단특성을 반영한 개선안 마련이 필요함을 제시하였다.

그러나 본 연구는 단일로라는 제한적인 도로 구간에서 수행된 분석으로, 모든 유형의 도로에서 나타나는 고령보행자 행동특성을 분석하지는 못하였다. 단일로와

교차로를 아우를 수 있는 고령보행자의 특성을 분석하여 일반적인 고령보행자의 횡단 특성을 도출한다면, 전체적인 고령보행자 사고의 증가 원인을 이해하는데 도움이 될 것이다.

또한 현재 설치된 도로의 기하구조와 교통안전 시설물과 교통사고 발생의 관계를 살펴보고, 고령보행자들이 안전하게 횡단할 수 있는 기하구조 및 시설물 설치방안을 마련한다면, 고령보행자의 안전성 향상에 이바지할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

이 연구는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다(No. NRF-2015R1A2A2A01006908).

#### REFERENCES

- Corben, B. F., Diamantopoulou, K., Monash University., 1996. Pedestrian safety issues for Victoria. Clayton, Vic: Monash University Accident Research Centre.
- Fildes, B.N., Lee, S.J., Kenny, D., Foddy, W., 1994. Survey of older road users, Behavioral and travel issues. Monash University, Accident Research Center, Melbourne, Australia.
- Ji Wooseok, 2010. Analysis of Elderly Pedestrian Traffic Accident Data and Suggestions, Vol. 30. No.3. pp.843-853.
- (지우석, 2010. 노인 보행자 교통사고원인 분석 및 대책, 한국노년학회, Vol.30, No.3. pp.843-853.)
- Knoblauch, R.L., Pietrucha, M.T., Nitzburg., M., 1995. Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-Up Time. Transportation Research Record: Vol.1538. pp.27-38.
- KOROAD, 2015. Traffic Accident Analysis on 2014. Korean Road Traffic Authority, Seoul, Korea.
- (도로교통공단, 2015, 2014년 교통사고 통계. 서울, 대한민국.)
- Lee Jaesik, Jeong Eunkwang, Jo Kyutae, 2006. A Study on the Improvement Method of Crosswalk Safety for Older Pedestrians Journal of the Korean Society of Road Engineers, Vol.28. pp.18-26.
- (이재식, 정은광, 조규태, 2006. 고령자를 고려한 보행 안전성 및 편의성 개선 방향, 한국도로학회지, Vol. 28. pp.18-26.)
- Oxley, J., Fildes, B.N., Dewar, R.E., 2004. Safety of Older Pedestrians. Transportation in an aging society: a decade of experience, pp.167-191.
- Oxley, J.A., Ihsen, E., Fildes B.N., Charlton, J.L., 1996. Investigation of Road Crossing Behaviour of Older Pedestrians, Accident Research Center, Monash University, Melbourne, Australia.
- Oxley, J.A., Ihsen, E., Fildes B.N., Charlton, J.L., 2005. Crossing Roads Safely: An Experimental Study of Age Differences in Gap Selection by Pedestrians. Accident Analysis and Prevention, Vol.37. pp.962-971.
- Park Yongjin, Park Jongkyu, Son Hancheol, Kim Jongtae, 2001. A New Proposal of Pedestrian Signal Time, Journal of Korea Transportation Research Society, Vol.55. pp.7-19.
- (박용진, 박종규, 손한철, 김종태, 2001. 보행자 신호체계에 대한 새로운 제안, 대한교통학회지, Vol.55, pp.7-19.)
- Wilton, V., Davey, J.A., 2007. Improving the safety of older pedestrians: A report prepared for the John Bailey Road Safety Research Fund. Wellington [N.Z.], New Zealand Institute for Research on Ageing.
- Won Jaimu, Choi Jaisung, 1990. Transportation engineering. pakyoungsa, Seoul, Korea.
- (원제무, 최재성, 1990. 교통공학. 박영사, 서울, 대한민국)