

노인보호구역 보행자녹색시간 산정을 위한 보행속도 기준 개선

Improvement of Pedestrian Speed Criteria for the Pedestrian Green Interval at Silver Zone

한 음* · 조 혜 림** · 문 성 철*** · 윤 성 범**** · 박 순 용*****

* 주저자 : 도로교통공단 공학연구처 선임연구원
 ** 공저자 : 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원
 *** 공저자 : 전주대학교 산업공학과 조교수
 **** 공저자 : 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구원
 ***** 교신저자 : 서울기술연구원 스마트도시연구실 수석연구원

Eum Han* · Hyerim Cho** · Sungchul Mun*** · Sung Bum Yun**** ·
 Soon Yong Park*****

* Traffic Science Institute, Korea Road Traffic Authority
 ** Dept. of Smart City Research, Seoul Institute of Technology
 *** Dept. of Industrial Engineering, Jeonju University
 **** Dept. of Smart City Research, Seoul Institute of Technology
 ***** Dept. of Smart City Research, Seoul Institute of Technology
 † Corresponding author : Soon Yong Park, psy@sit.re.kr

Vol.19 No.4(2020)

August, 2020

pp.45~54

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2020.19.4.45>

2020.19.4.45

Received 19 February 2020

Revised 29 February 2020

Accepted 4 August 2020

© 2020. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요 약

본 연구는 고령자에 대한 보행속도 및 인지-반응을 포함한 보행특성에 관한 기초자료를 조사하였으며, 이를 토대로 보행 신호시간을 산정하였다. 현장조사는 스탱워치를 이용하여 보행자의 실제 횡단시간을 조사하였고, 구두조사로 연령을 조사하여 일반인과 고령자그룹으로 구분하였다. 자료를 분석한 결과 일반인의 평균보행속도는 1.29m/s, 노인은 1.13m/s로 일반지역의 기준인 1.0m/s 보다 높게 나타났다. 또한 하위 15th percentile속도를 살펴보면 일반인은 1.01m/s, 노인은 0.85m/s로 분석되어 노인의 경우 일반지역 기준보다 낮은 보행속도를 가지며 보호구역 기준인 0.8m/s 보다는 높은 속도가 나타났다. 하지만 지팡이나 휠체어를 사용하는 노인의 경우 하위 15th percentile속도가 0.73m/s로 나타나 현재 보호구역 기준보다 낮은 보행속도를 가진 것으로 분석되었다. 본 연구결과는 향후 노인의 보행환경을 개선하는데 적용할 수 있고, 장기적으로는 교통약자의 이동성 증진에 기여할 것으로 판단된다.

핵심어 : 고령보행자, 보행자사고, 보행속도, 횡단보도

ABSTRACT

This study investigated basic data on walking characteristics, including walking speed and cognitive-response for the elderly, and based on these, the time of walking signal was calculated. The on-site survey examined the actual pedestrian crossing speed using a stopwatch, and the age was divided into groups of ordinary people and the elderly. Analysis of the data showed that the average walking speed for the general public was 1.29 m/s, while the average walking speed for the elderly was 1.13 m/s, higher than that of the general public. In addition, the lower speed of the 15th percentile was analyzed to 1.01 m/s for the general population and 0.85 m/s for the elderly, showing

a lower walking speed than the standard for the general area and 0.8 m/s for the protected area. However, for senior citizens who use walking sticks or wheelchairs, the speed of the lower 15th-percentile is 0.73 m/s, which is lower than the current standard of protected areas, according to the analysis.

Key words : Eldery pedestrian, Pedestrian accident, Walking speed, Cross-walk

I. 서론

1. 배경 및 필요성

국내의 노인(65세 이상) 인구는 2018년 기준 737만 명으로 전체인구의 14%를 차지하고 있다. 노인 인구는 2017년 대비 4.3%가 증가하였으며, 최근 5년을 살펴보면 2014년 627만 명에서 5년 사이에 111만 명의 노인 인구가 늘어 지속적인 증가를 나타내고 있다.

도로교통공단의 2018년 교통사고 통계에 따르면 교통사고 사망자 3,781명으로 전년 대비 9.7%가 감소하였다. 그러나 전체 사망자 중 보행사망자가 39.3%(1,487명)으로 최대 비중을 차지하고 있으며, 연령대별 비율을 살펴보면 65세 이상의 고령 보행자가 56.6%(842명)로 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 이는 곧 보행자 사고 감소에 대한 정부 정책 추진에 있어 고령보행자를 중심으로 교통약자를 위한 횡단보도 교통안전 정책을 중점적으로 추진할 필요가 있다는 것을 시사한다. 이러한 현상은 차량소통 위주의 교통정책이 지속적으로 시행되어져온 결과이다. 교차로에서의 신호등 시간을 차량소통 위주로만 운영하여 부적합한 횡단보도의 보행신호시간이 문제시 되어왔다. 이러한 문제점을 해결하고자 최근 들어 보행자중심의 교통정책이 시행되고 있다. 안전속도 5030 정책, 사람이 보이면 일단 멈춤, 보행자 중심의 신호운영기법 개발 등 다양한 보행 친화적 교통 정책이 실시되는 가운데 본 연구를 통한 적절한 노인 횡단보도 보행시간의 제시는 횡단보도에서 발생하는 보행자 사고를 줄일 수 있는 하나의 방안이 될 것이다.

따라서, 본 연구는 노인 보행자 및 일반 보행자의 안전한 보행환경이 될 수 있는 세분화된 보행속도를 산출하였다. 또한 연령별, 토지이용별, 횡단보도길이이별에 따른 보행특성을 분석하여 고령화 시대에 맞는 적정 횡단보도 보행시간 결정 방법을 제시하는 데 목적이 있다.

2. 연구 방법론

본 연구에서는 다음과 같이 연구의 범위 및 방법을 설정하였다.

첫째, 기존 연구결과 검토에서는 국내 및 국외의 보행신호시간 산정방법에 대한 이론을 고찰하고, 보행속도를 조사한 선행연구를 검토하였다. 먼저 보행시간 산정방법에 대한 이론으로 미국 MUCTD, HCM의 보행시간 산정방법과 교통신호기 설치·관리 매뉴얼에서 제시되고 있는 방법과의 차이를 살펴보았다. 또한 국내의 횡단보도 보행시간을 산정한 기존 연구들을 살펴보고 이를 토대로 하여 본 연구에서 제시하고 있는 보행속도와 차이점을 확인하였다. 둘째, 보행특성 현장조사에서는 지역 특성을 고려하여 노인 보행이 많은 지점 조사 대상지로 선정하였다. 서울시 16개소, 경기도 광주시 2개소, 충청북도 청주시 2개소 도합 20개소의 횡단보도에서 조사하였으며, 횡단보도 길이, 토지이용 특성에 따라 구분하였다. 보행특성 조사 방법으로는 조사원이 보행자를 선정하여 스태뮬릿을 이용하여 보행시간을 조사하고, 연령에 대하여 구두조사를 실시 후 성별, 보행형태, 양손사용여부, 보행보조장치 사용여부, 정상통과 여부 등을 육안으로 확인하였다. 이러한 보

행특성 조사와 더불어 비디오카메라를 설치하여 녹색신호시간으로 변환 뒤 보행자가 횡단보도에 진입하는 데 까지 걸리는 초기진입시간을 분석하였다. 마지막으로 보행특성 결과분석에서는 일반인(65세 미만), 노인(65세 이상)으로 구분하여 평균보행속도, 하위 15th percentile 속도 등을 분석하였으며, 성별, 나이, 양손사용 여부, 보행 보조장치 사용여부에 따른 속도를 산출하여 특성을 고려한 보행속도를 차이를 제시하였다. 비디오 촬영분석에서는 보행자의 평균 초기진입시간을 일반인과 노인으로 구분하여 분석하였다.

이러한 연구 범위 및 수행절차에 따른 연구 수행을 통해 노인 횡단보도 보행속도 기준을 제시하여 안전한 노인 보행환경 조성과 사망사고 감소라는 본 연구의 목적을 달성하고자 하였다.

II. 관련 이론 및 연구 동향

보행자 횡단특성을 고려한 보행 신호시간 산정연구는 연령별, 토지이용별, 횡단보도길이별로 구분하여 연구가 수행되어왔다. 그러나 이는 2000년대 초·중반에 조사된 것으로 현재 고령화 사회로 인한 노인인구 비율 증가에 따른 보다 세분화된 연령대별 보행속도 등의 조사가 필요한 실정이다.

1. 횡단보도 보행시간 산정 방법

경찰청 「교통신호기 설치·관리 매뉴얼」은 보행자 신호시간 산정방법에 대하여 다음과 같이 제시하고 있다. 횡단보도의 보행신호시간은 많은 이용자가 편안하게 건널 수 있도록 배려해야 하고 보행자가 횡단하는 데 충분한 시간을 확보할 필요가 있다. 보행자 신호시간은 녹색시간+녹색점멸시간으로 구분하고 녹색 점멸로 인해 이용자가 조금심을 가지지 않도록 최대한 배려해야 한다(Korea National Police Agency, 2012).

$$T = T_s + T_f = t + L / V_1 \dots\dots\dots (1)$$

where, T = pedestrian green time(s)

T_s = green fixed time(s)

T_f = green flashing time(s)

t = initial entry time(s)

L = crossing distance(m)

V_1 = walking speed(m/s)

경찰청 매뉴얼에 따라 초기 진입시간(t)은 보통 7초를 할당하나 인지반응시간을 고려하여 최소한 4초 이상을 부여하고 있다. 보행속도는 보행자의 안전을 고려하여 1.0 m/s를 적용하되, 어린이보호구역, 노인보호구역 등 교통약자를 위한 보행신호 운영 시 0.8 m/s의 보행속도를 적용한다. 미국 MUTCD¹⁾에서는 국내와 마찬가지로 초기 진입시간은 4~7초로 운영하고 있으며 보행속도는 지역별로 다르게 적용하고 있다. AASHTO²⁾에서는 평균 보행속도는 0.8~1.8 m/s로 적용하고 있으며, 보행군 중 고령자의 비중이 높은 지역의 경우에는 0.9m/s를 적용하고 있다.

1) MUTCD : Manual on Uniform Traffic Control Devices

2) AASHTO : American Association of State Highway and Transportation

2. 횡단보도 보행속도 조사 연구 고찰

횡단보도 보행자의 횡단 특성에 관한 연구에서는 서울 시내 소재 총 20개 교차로를 조사하였다. 조사된 총 지역에 대한 횡단 보행자 평균속도는 1.1 m/s로 분석되었으며, 횡단보도 보행등 녹색점멸 신호시간 산출을 위해 설계 보행속도는 지역별 교차로의 서비스 수준에 따라 결정하여야 한다고 제시하였다. 따라서 평균값이 아닌 보행자에게 안전이 고려된 충분한 보행시간을 주기 위한 느린 속도 0.96~1.21 m/s를 기준으로 운영할 것을 제안하였다. 학교지역의 보행속도는 0.78~1.01 m/s로 다른 지역에 비행 약 0.2 m/s가 떨어지는 것으로 연구를 통해 나타냈으며, 이는 어린이의 보행속도가 어른들의 보행속도보다 현저하게 느리다는 것을 보여주는 사례이다(Korea Road Traffic Authority, 1992).

국의 보행속도와 초기시간에 관한 연구에서는 65세 이하 및 이상을 기준으로 연령층별 15th percentile을 조사하였다. 해당 연구에서는 성별, 단곡 및 집단, 날씨(건조, 비, 눈), 신고주기길이, 보행녹색신호시간, 보행점멸 시간을 구분하여 횡단보행속도를 조사하였다. 그결과 65세 이하의 집단에서는 15th percentile은 1.21 m/s, 65세 이상에서는 0.94 m/s로 확인되었다(Richard L. K., Martin T. P. and Marsha N., 2016).

보행자 신호체계에 대한 새로운 제안 연구에서는 대구광역시를 대상으로 조사한 1,105개의 자료를 분석한 결과 일반인의 경우 15th percentile 보행속도는 1.10 m/s로 나타났으며, 노약자의 경우 15th percentile 보행속도는 0.85 m/s를 제시하였다. 또한 보행자 신호시간에 적용하는 노약자 및 일반보행자의 자유보행속도는 각 도시의 보행자 특성에 따라 알맞게 설정하는 것이 바람직하다고 제안하였다(Park Y. J., 2001).

횡단보도 보행시간 산정 및 운영방법에 관한 연구에서는 서울시 소재 12개 교차로 5,056명을 대상으로 비디오 촬영을 통해 조사를 실시하였다. 조사대상지는 토지이용별로 업무, 상업, 주거, 학교로 구분하였으며, 횡단보도 길이에 따라 소로, 중로, 대로로 구분하였다. 분석결과 토지용도별로 구분했을 경우 상업지역에서 1.11m/s로 가장 낮은 보행속도로 나타났으며, 도로폭에 따라서는 소로, 연령에 따라서는 61세 이상이 가장 낮은 보행속도로 분석되었다(Korea Road Traffic Authority, 2004).

3. 기존 연구와의 차이점

기존 횡단보도 보행자의 횡단 특성에 관한 연구에서는 토지용도별, 도로폭원 별에 따라 카메라를 이용하여 조사대상지의 보행속도와 초기진입시간을 측정하였으며, 세부적 연령 구분 없는 육안 조사 등을 기초로 하였기 때문에 고령화 시대에 적합한 노인 보행속도를 확인하는 것에는 제한이 있었다. 이에 본 연구에서는 노인의 보행속도를 확인하고자 토지용도, 도로폭원과 더불어 보행자 구두조사를 통한 연령조사를 더불어 실시하였다. 또한 짐보유 유무, 보행보조장치 사용유무 등 보행속도에 연관이 있는 보행특성에 대해서 추가적으로 조사 분석하였다.

Ⅲ. 조사지점 선정 및 자료수집

본 연구는 일반지역 1.0 m/s, 보호구역 0.8 m/s에서 노인 보행속도를 적용하여 보행시간을 산정하는 것이 적절한지 판단하기 위하여 조사지점을 선정하고 자료를 수집하였으며, 세부적인 내용은 다음과 같다. 보행속도 조사는 '19.05~'19.10 중 맑은 날에 각 지점별 3회에 걸쳐 실시하였으며, 보행자 속도에 영향을 미칠 수 있는 차양막 등 대기환경에 영향이 미치지 않는 장소를 선정하여 조사하였다. 횡단보도의 길이는 위킹매저 도구를 이용하여 5회 조사한 평균 값을 사용하였다.

1. 조사 대상지 선정

국토교통부의 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따라 용도지역은 크게 주거지역, 상업지역, 공업지역, 녹지지역으로 분류되어 있으며, 기존연구결과에서는 주거, 상업, 업무, 학교 등으로 구분하여 왔다. 하지만 본 연구에서는 노인의 보행시간 산정을 위한 기준을 마련하기 위하여 노인 통행이 잦은 지점 위주로 조사를 실시하였다. 정상적인 보행이 어려운 노인이 존재하는 병원 주변과 노인 보행량이 많이 존재하는 공원 및 노인보호구역, 짐을 들고 보행하는 노인이 존재하는 터미널 주변에 대하여 조사 장소를 선정하였다. 또한 토지 용도 특성에 따라서 시장주변, 관공서주변, 문화생활 공간을 포함하였다. 본 연구에서 선정된 조사대상지는 <Table 1>과 같이 총 20개소로 서울시 16개소, 경기도 광주시 2개소, 충북 청주시 2개소를 선정하였다.

<Table 1> Investigation site

contents	place	area	cross-walk length	functional classifying of road	site characteristic	ped. volume (unit: ped/hr)
site 1	jegi-dong station	seoul	10.2m	local road	market	322
site 2	boramai park		14.0m		park	303
site 3	around east-seoul station		14.3m		protect area	196
site 4	city hall station		14.4m		government office	300
site 5	st.baoro hospital		15.3m	hospital	298	
site 6	east-seoul station		19.2m	collector road	terminal	196
site 7	boramai hospital		19.2m		hospital	301
site 8	gwanak senior cneter		19.2m		protect area	299
site 9	yeongdeungfo district office		20.1m		government office	199
site 10	south bus terminal		21.1m		terminal	399
site 11	yeongdeungfo market		23.6m		market	200
site 12	aroud jegi-dong station		24.0m		market	146
site 13	taggol park		26.5m		arterial road	park
site 14	jongmyo		28.3m	park		282
site 15	seoul arts center		32.4m	cultural space		399
site 16	around st.baoro hospital		40.0m	hospital		293
site 17	chowol station	kyungki-do	22m	collector road	protect area	50
site 18	gwangju bus terminal	kwangju	28m	arterial road	terminal	100
site 19	yukguri market	chungcheong-do	18m	collector road	market	153
site 20	bokdai market	chungju	16m	local road	market	126

2. 보행속도 및 초기진입시간 조사방법

횡단보도 보행속도를 조사하기 위하여 20개 지점의 횡단보도를 선정하고, 해당 지점의 횡단보도의 길이를 측정하였다. 횡단보도를 이용하는 보행자의 특성을 고려하기 아래 <Table 2>와 같이 조사시트를 작성하였다.

<Table 2> Pedestrian survey sheet

num	time	cross-sectional time (s)	direction (↓ ↘ ↙ ↻)	gender	age	transfer load by hands	walking assist device	entry time	time to enter
1									
...									

횡단시간 조사는 조사자가 대기공간에 대기하고 있는 보행자를 선정하고, 보행녹색시간이 점등된 뒤 보행자가 횡단보도에 발을 딛는 순간부터 횡단보도를 빠져나가는 시간까지 스탱위치를 이용하여 시간을 측정 후 기입하였다. 보행행태는 보행자가 직선 혹은 사선으로 걷는지를 판단하였으며, 조사자가 육안으로 조사하여 기입하였다. 연령은 보행자가 횡단이 끝난 뒤 조사자가 구두조사를 통해 연령을 기입하였으며, 실제 보행자가 연령을 알려주지 않을 시 65세 이상인지 아닌지에 대한 조사를 실시하였다. 양손사용여부는 손에 짐이 있는지에 대한 여부를 판단하였으며, 보조장치 사용여부에서는 지팡이, 휠체어, 보행보조장치 등의 사용여부를 육안으로 조사하여 기입하였다. 진입형태는 보행자가 횡단보도 진입시점이 녹색, 녹색점멸, 적색인지에 따라서 육안으로 확인하여 기입하였다. 정상통과여부는 보행자의 횡단보도 통행 종료시점이 녹색점멸인지 적색인지 육안으로 확인하여 기입하였다.

초기진입시간 조사에서는 서울지역 16개소에 비디오키메라를 설치하여 각 지점당 2시간씩 촬영을 실시하였다. 촬영된 결과물을 이용하여 매 보행신호 주기마다 보행자 초기진입시간이 몇 초인지 조사를 실시하였으며, 우회전 차량과의 상충이나, 핸드폰 이용에 따른 늦은 진입시간은 조사에서 제외하였다.

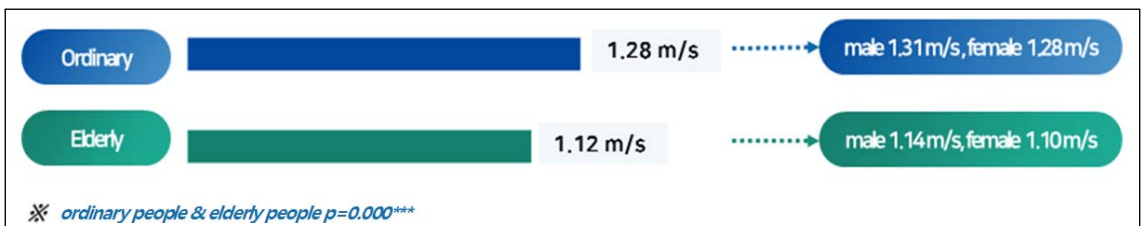
IV. 횡단보도 보행 특성 분석

조사된 보행자는 4,857명으로 무단횡단 통행 및 뛰는 행위 등 이상치를 제거하였다. 노인(65세 이상) 보행자는 3,188명으로 그 중 남성은 1,602명, 여성은 1,586명으로 비슷한 비율로 조사되었다. 일반(65세 미만) 보행자는 1,669명으로 남성은 737명, 여성은 932명으로 여성 보행자가 더 많이 조사되었다. 조사된 보행자의 보행행태를 살펴보면, 전체 조사자 중 직선으로 횡단보도를 통행한 인원은 3,945명(81%) 사선으로 통행한 인원은 912명(19%)로 조사 되었다. 대부분의 통행자가 직선으로 횡단보도를 통행하였다. 보행자가 손에 가방 혹은 짐을 들고 보행하는 비율을 살펴보면 짐을 들고 통행하는 보행자가 1,364명(28%), 양 손이 자유로운 보행자 1,493명(72%)로 조사되었으며, 지팡이, 휠체어, 전동휠체어 등 보행보조장치를 사용하는 보행자는 199명(4%)으로 조사되었다.

1. 평균 보행속도 분석결과

전체 보행자 4,857명의 평균 보행속도는 1.18 m/s로 분석되었다. 지점별로 살펴보면 가장 긴 횡단거리를 가지고 있는 성바오로대각 지점에서 1.40 m/s로 가장 높은 평균 보행속도가 나타났으며, 보라매공원 지점에서 0.84 m/s로 가장 낮게 분석되었다.

일반인과 노인의 평균보행속도를 살펴보면 아래 <Fig. 1>과 같다. 노인의 경우 1.12 m/s, 일반인의 경우 1.28m/s로 노인이 일반인보다 평균보행속도가 낮은 것으로 분석되었다. 일반인 남성의 경우 1.31 m/s, 여성은



<Fig. 1> Average cross-walking speed

1.28 m/s로 나타나 남성보다 여성이 0.03 m/s 낮은 것으로 확인되었다. 노인은 남성이 1.14 m/s, 여성이 1.10 m/s로 일반인과 마찬가지로 여성이 좀 더 낮은 보행속도를 가진 것으로 분석되었다.

일반인과 노인 평균보행속도에 대하여 차이가 있는지 확인하기 위하여 T-test를 수행하였다. 수행결과 $p = 0.000$ 으로 유의수준 99%에서 일반인과 노인의 평균보행속도는 차이가 있는 것으로 나타났다.

지점별 보행방향, 짐 보유 유무, 보행보조장치 사용에 따른 평균 보행속도를 살펴보면 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Average cross-walking speed according to walking behavior

contents	walking direction		transfer load by hands		walking assist device	
	straight	oblique	loading	not loading	use	not use
walking speed	1.18 m/s	1.15 m/s	1.19 m/s	1.17 m/s	0.88 m/s	1.19 m/s

보행방향에 따른 평균보행속도 분석에서는 직선보행 1.18 m/s의 평균보행속도가 나타났으며, 사선보행은 1.15 m/s가 분석되었다. 그러나 이러한 차이는 직선보행과 사선보행과의 T-test 분석에서는 $p = 0.076$ 으로 유의수준 99%에서 귀무가설을 기각하지 않는다. 그러므로 직선보행과 사선보행과의 평균보행속도에는 차이가 없는 것으로 분석되었다.

짐 보유 유무에 따른 평균보행속도 분석에서도 T-test 결과 $p = 0.088$ 로 유의수준 99%에서 귀무가설을 기각하지 않는다. 짐을 보유하고 있을 때의 평균 보행속도는 1.18 m/s로 조사되었으며, 짐이 없는 경우에는 1.15 m/s의 평균보행속도를 가지는 것으로 나타났다. 이는 짐이 있는 경우, 신호대기를 최소화하기 위해 녹색 신호 이후 진입하여 빠르게 횡단보도를 통과하기 때문인 것으로 예상된다.

보행보조장치를 사용하는 경우의 평균 보행속도는 0.88 m/s로 분석되었으며, 보행보조장치를 사용하지 않는 일반보행자의 경우 1.18 m/s로 나타났다. 보행 보조장치인 지팡이, 전동 및 일반 휠체어 등을 사용하는 보행자는 장애를 가지거나 정상적인 통행이 어려운 분들로 더 낮은 보행속도를 가지는 것으로 분석되었으며, 보행보조장치를 사용하는 보행자와 일반 보행자의 평균보행속도에 대한 T-test 결과는 $p = 0.000$ 으로 통계적으로 평균의 차이가 있는 것으로 확인되었다.

지점 별 보행보조장치 사용자의 평균 보행속도를 살펴보면, 탑골공원 0.77 m/s, 시청 0.79 m/s, 보라매공원 0.80 m/s 등으로 조사표본이 존재하지 않는 2개소를 제외하고 18개소 중 15개소에서 평균 이상의 보행자가 정상통행이 불가능한 것으로 분석되었다.

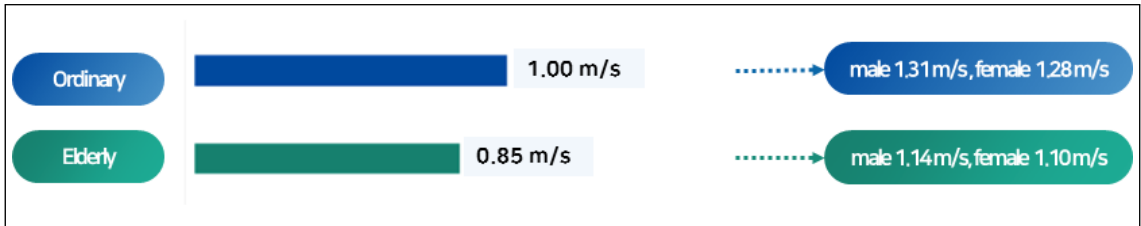
2. 하위 15th percentile 보행속도 분석결과

전체 보행자 4,857명의 15th percentile 보행속도는 0.89 m/s로 분석되었다. 이는 일반지역에서 제시하고 있는 1.0 m/s 보다 낮은 속도이지만 본 연구에서 노인 보행자 위주의 자료를 수집했기 때문에 좀 더 낮은 보행속도가 나타나는 것으로 판단된다.

일반인과 노인의 15th percentile 보행속도를 살펴보면 위의 그림과 같다. 노인의 경우 0.85 m/s, 일반인의 경우 1.00m/s로 노인이 일반인보다 15th percentile 속도가 낮은 것으로 분석되었다. 일반인 남성의 경우 1.02 m/s, 여성은 0.98 m/s로 나타나 남성보다 여성이 0.05 m/s 낮은 것으로 확인되었다. 노인은 남성이 0.87 m/s, 여성이 0.85 m/s로 일반인과 마찬가지로 여성이 좀 더 낮은 보행속도를 가진 것으로 분석되었다.

15th percentile 보행속도는 기존 연구에서 나타나듯이 보행속도의 기준이 되는 속도로 사용되고 있다. 노인의 15th percentile 보행속도가 0.85 m/s로 나타나는 것은 노인의 보행특성이 보호구역에서는 안전한 통행이 가

능하지만, 1.0 m/s로 적용되는 일반지역에서는 정상적인 통행이 불가능한 것으로 판단된다. 따라서 노인 통행이 많은 지역에서는 0.8 m/s 이하의 보행속도를 이용하여 보행시간을 산정할 필요성이 존재한다.



<Fig. 2> 15th percentile cross-walking speed

지점별 보행방향, 짐 보유 유무, 보행 보조장치 사용에 따른 15th percentile속도를 살펴보면 다음 <Table 4>와 같다. 보행방향에 따른 15th percentile 보행속도 분석에서는 직선보행 0.90 m/s의 보행속도가 나타났으며, 사선보행은 0.85 m/s가 분석되었다. 일부 지점에서 사선보행의 15th percentile 보행속도가 높게 나타나는 결과가 보이기도 하지만 전체 분석에서는 사선보행이 낮게 분석되었다.

짐 보유 유무에 따른 15th percentile 보행속도 분석에서는 짐 보유 0.92 m/s의 보행속도가 나타났으며, 짐 없음은 0.88 m/s가 분석되었다. 평균 보행속도와 마찬가지로 짐이 없을 때가 속도가 더 낮게 조사되었다.

보행보조장치를 사용하지 않는 보행자의 15th percentile 보행속도는 0.91 m/s로 분석되었다.

<Table 4> 15th percentile cross-walking speed according to walking behavior

contents	walking direction		transfer load by hands		walking assist device	
	straight	oblique	loading	not loading	use	not use
walking speed	0.90 m/s	0.85 m/s	0.92 m/s	0.88 m/s	0.70 m/s	0.91 m/s

지점 별로 보조장치를 사용하는 보행자의 15th percentile 보행속도를 살펴보면, 시청 0.59 m/s, 육거리시장 0.60 m/s, 탑골공원 0.69 m/s, 북대시장 0.69 m/s 등 하위 15th percentile 보행속도를 가진 보행자의 안전이 위협받고 있는 것으로 판단된다. 고령화 사회가 되어 갈수록 거동이 불편해진 보행자는 늘어날 가능성이 많고, 보행자의 보행권 보장과 보행사고 예방을 위해서 적절한 노인 보행속도 산정이 필요하다. 특히, 보행 보조장치 사용이 많은 지역에서는 기존의 보행속도 보다 좀 더 낮은 보행속도를 적용하여 보행 녹색시간을 늘려야 할 필요성이 존재한다.

3. 초기 진입시간 분석

서울지역 16개소 비디오 촬영에 따른 조사된 보행자는 1,505명으로 분석되었다. 노인(65세 이상) 보행자는 641명으로 그 중 남성은 388명, 여성은 253명으로 남성의 비율이 좀 더 높게 조사되었다. 일반(65세 미만) 보행자는 864명으로 남성은 476명, 여성은 390명으로 일반인 역시 남성 보행자가 더 많이 조사되었다. 노인의 평균 초기진입시간은 3.26초로 분석되었으며, 15th percentile 값은 3.77초로 나타났다. 일반인의 경우 2.64초의 평균 진입시간이 분석되었다. 노인과 일반인의 초기진입시간의 T-test 분석결과 p = 0.016으로 유의수준 99%에서 평균의 차이가 없는 것으로 분석되었으며, 기존 기준값이 4~7초 보다 낮은 값을 가지고 있는 것으로 조사되었다.

<Table 5> Result of initial entry time

elderly people		ordinary people	
initial entry time	15 th percentile	initial entry time	15 th percentile
3.26 sec	3.77 sec	2.64 sec	3.01 sec

초기 진입시간의 경우 조사결과 노인과 일반인 모두 4초 이하의 진입시간이 조사되었기 때문에 현재 기준인 4~7초가 적절한 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구에서는 도시부·지방부 횡단보도를 중심으로 횡단보도에서의 노인 보행자 특성을 분석하여 교통신호기 설치·관리 매뉴얼에 제시되고 있는 보행시간 산출 관련 변수들이 노인에게 적절한지 확인해보고자 하였다. 이를 위해 지역 특성을 고려하여 노인 보행이 많은 지점 조사 대상으로 선정하였다. 서울시 16개소, 경기도 광주시 2개소, 충청북도 청주시 2개소 도합 20개소의 횡단보도에서 노인 보행 특성을 조사하였으며, 보행특성 조사 방법으로는 조사원이 보행자를 선정하여 스탭위치를 이용하여 보행시간을 조사하고, 연령에 대하여 구두조사를 실시 후 성별, 보행형태, 양손사용여부, 보행보조장치 사용여부, 정상통과 여부 등을 육안으로 확인하였다. 이러한 보행특성 조사와 더불어 비디오카메라를 설치하여 녹색신호시간으로 변환된 뒤 보행자가 횡단보도에 진입하는데 까지 걸리는 초기진입시간을 분석하였다.

평균보행속도 분석결과에서는 전체 보행자 4,857명의 평균보행속도는 1.18 m/s로 나타났으며, 노인의 경우 1.12 m/s, 일반인의 경우 1.28m/s로 노인이 일반인보다 평균보행속도가 낮은 것으로 분석되었다. 일반인 남성의 경우 1.31 m/s, 여성은 1.28 m/s로 나타나 남성보다 여성이 0.03 m/s 낮은 것으로 확인되었으며, 노인은 남성이 1.14 m/s, 여성이 1.10 m/s로 일반인과 마찬가지로 여성이 좀 더 낮은 보행속도를 가진 것으로 나타났다. 보행방향에 따른 평균보행속도 분석에서는 직선보행 1.18 m/s, 사선보행은 1.15 m/s가 분석되었고, 짐을 보유하고 있을 때의 평균 보행속도는 1.18 m/s, 짐이 없는 경우에는 1.15 m/s의 평균보행속도를 가지고 있었다. 보행보조장치를 사용하는 경우의 평균 보행속도는 0.88 m/s, 보행보조장치를 사용하지 않는 일반보행자의 경우 1.18 m/s로 나타났다. 보행보조장치인 지팡이, 전동 및 일반 휠체어 등을 사용하는 보행자는 장애를 가지거나 정상적인 통행이 어려운 분들로 더 낮은 보행속도를 가지는 것으로 확인되었다.

보행시간 산정의 기준이 되는 15th percentile 속도 결과에서는, 전체 보행자의 속도는 0.89 m/s, 노인의 경우 0.85 m/s, 일반인의 경우 1.00m/s로 분석되었다. 일반인의 경우는 기존의 연구결과와 유사한 것으로 확인되었다. 그러나, 노인의 15th percentile 보행속도인 0.85 m/s는 노인보호구역에서는 안전한 통행이 가능하지만, 1.0 m/s로 적용되는 일반지역에서는 정상적인 통행이 불가능한 것으로 판단된다. 따라서 노인 통행이 많은 지역에서는 0.8 m/s 이하의 보행속도를 이용하여 보행시간을 산정할 필요성이 존재한다. 또한 노인등 보행보조장치를 사용하는 보행자의 15th percentile 보행속도는 0.70 m/s로 분석되었는데, 이는 보호구역에서 적용되는 0.8 m/s보다 0.1 m/s가 낮은 값으로 20m 횡단보도 기준으로 3초~4초의 추가시간이 필요한 속도이다. 따라서, 보행보조장치 사용이 많은 지역에서는 기존의 보행속도보다 좀 더 낮은 보행속도를 적용하여 보행녹색시간을 늘려야 할 필요성이 존재한다.

본 연구에서는 노인인구 증가에 따른 노인보호구역내 횡단보도 보행자 녹색시간 산정을 위한 보행속도 조사를 수행하였다. 다양한 지점에서 조사가 이루어졌으나, 횡단보도의 특성상 빠른 이동을 전제로 하기 때

문에 실질적 노인의 보행속도의 패턴은 이보다 낮을 수 있다. 따라서 일반 상황에서의 노인 보행자 통행속도의 추가적 연구를 통해 다양한 공학적 접근이 필요할 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 서울기술연구원('19-AD-009, 서울시 소형 교통신호제어기 표준인증을 위한 현장기술 검증 및 표준화 연구)의 지원을 받아 수행된 연구임.

REFERENCES

- American Association of State Highway and Transportation Officials(2011), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*(6th Edition).
- Hwang D. S., Oh Y. T., Lee S. S. and Lee C. K.(2008), "Development of Pedestrian Signal Timing Models Considering the Characteristics of Land Use and Pedestrians," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 7, no. 2, pp.26-36.
- Korea National Police Agency(2012), *Manual of Installation and Management of Traffic Signal*.
- Korea National Statistical Office, <http://kosis.kr>, 2020.02.14.
- Korea Road Traffic Authority(1992), *A Study on the Cross-sectional Characteristics of Pedestrian in Cross-sectional Pedestrian*.
- Korea Road Traffic Authority(2004), *A Study on the Evaluation and Operation Method of Pedestrian Time in Crosswalk*.
- Korea Road Traffic Authority, <http://taas.koroad.or.kr>, 2020.02.14.
- Nam C. W., Koh S. Y. and Cho S. H.(2019), "Analysis on Installation Criteria for Scrambled Crosswalks Considering Vehicle and Pedestrian Traffic Volume," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 18, no. 6, pp.60-75.
- Park Y. J.(2001), "A New Proposal of Pedestrian Signal Time," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 19, no. 3.
- Richard L. K., Martin T. P. and Marsha N.(2016), "Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-Up Time," *Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1538, no. 1, pp.27-38.
- The Federal Highway Administration(2009), *The Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*.