

초고령 사회 대비 도시부 보행시설물 설계를 위한 표준 보행모델



노 창 균 | 한국건설연구원 미래융합연구본부 수석연구원
박 범 진 | 한국건설연구원 미래융합연구본부 수석연구원
김 지 수 | 한국건설연구원 미래융합연구본부 신진연구원

1. 서론

UN의 정의에 따르면 65세 이상 인구가 총인구를 차지하는 비율을 기준으로 7% 이상인 경우 고령화 사회(Ageing Society), 14% 이상인 경우를 고령사회(Aged Society), 65세 이상 인구가 총 인구를 차지하는 비율이 20% 이상인 경우를 후기고령사회(Post-aged Society) 혹은 초고령사회(Super Aged Society)로 규정하고 있다(네이버 시사상식사전).

한국은 2000년 고령화 사회에 진입한 이후 급격한 고령화가 진행되고 있으며, 2017년 고령사회에 진입하였다. 초고령사회에 진입한 일본의 고령화 추세보다 빠른 속도로 고령화가 진행되고 있으며, 현 추세가 유지될 경우 그림 1과 같이 2025년 초고령 사회에 진입이 예상된다. 이와 같이 총 인구 중 고령자가 차지하는 비중이 지속적으로 증가될 것이 자명한 바 사회기반시설 또한 고령자의 안전하고 편안한 사회생활 영위를 위한 대비가 필요할 것이다.

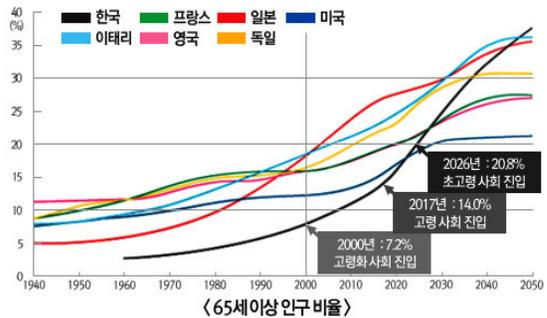


그림 1. 주요국가 고령화 현황 및 예측

2018년 2월에 발표된 「2017년 교통약자 이동편의 실태조사(국토교통부)」에 따르면 국내 총 교통약자는 1,496만명으로, 이 중 65세 이상 고령자는 교통약자의 49.2%로 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 교통약자 이동편의 실태조사는 교통수단, 여객시설, 도로(보행환경) 등 3개 분야를 대상으로 조사하고 있으며 이 중 도로(보행환경) 분야 평가대상은 도로법 제2조 제1호에 따른 도로(같은 조 제2호에

따른 도로의 부속물 포함) 및 도로법 제108조에 따라 도로법에 준용되는 도로를 대상으로 도로, 지하도 및 육교 등 세부 시설물을 포함하도록 되어 있다. 실태조사 결과 교통약자 이동편의시설 기준적합 설치율은 평균 78.3%이며, 보행환경은 이와 유사한 78.0%로 나타났다. 이는 2014년 68.2%보다 9.8% 증가한 수치로, 점차 기준에 적합한 시설로 개선되고 있음을 의미한다. 반면 만족도 수치는 고령자의 경우 종합 만족도 점수 79.0점(100점 만점 기준)이나 보행환경 만족도는 77.5점으로 타 시설(시내버스, 도시철도, 고속/시외버스, 항공기, 여객선 만족도) 대비 낮은 것으로 나타났다. 이는 과거보다는 시설기준에 적합한 시설이 공급되고 있음에도 불구하고 상대적으로 보행환경에 대한 만족도가 낮음을 의미한다.

이와 같이 기준에 적합한 시설의 설치율이 증가함에도 불구하고 보행환경 만족도가 높지 않은 이유는 기준에 적합한 보행시설이 고령자 보행행태와 맞지 않음에서 찾을 수 있다. 이에 본 연구에서는 고령자의 보행특성을 반영한 고령자 표준 보행모델(안)을 제시하고자 한다.

2. 고령자 표준보행모델의 필요성

2.1 설계기준 자동차

‘도로의 구조시설에 관한 규칙 해설’(국토교통부)에 따르면 설계기준 자동차의 정의 및 필요성을 다음과 같이 제시하고 있다. ‘도로상을 주행하는 차량에는 매우 다양한 형태가 있다. 이들 자동차의 각 형태별로 도로를 설계한다는 것은 매우 복잡하며, 실제로 여러 형태의 자동차가 공존하므로 이들 규모와 형식 등을 고려하여 각 범위를 대표할 수 있는 차량을 구분하여 설계기준 자동차로 규정하고자 한다.’ 이에 따라 표 1 및 2와 같이 특정한 도로구간을 설계할 때, 설계기준 자동차는 그 도로 이용이 상당히

반번할 것으로 예상되는 차종 중 가장 큰 규격의 자동차로 규정하고 있다. 이에 따라 고속도로 및 주간선도로의 경우 세미트레일러를 설계기준 자동차로 규정하고 있으며, 차종별 제원을 그림 2와 같이 제시하여 설계에 반영토록 하고 있다.

표 1. 도로 위계별 설계기준 자동차 정의

도로의 구분	설계기준 자동차
고속도로 및 주간선도로	세미 트레일러
보조간선도로 및 집산도로	세미 트레일러 또는 대형자동차
국지도로	대형자동차 또는 승용자동차

표 2. 설계기준 자동차 종류별 제원

(단위: m)

	폭	높이	길이	축간거리	최소 회전 반지름
승용자동차	1.7	2.0	4.7	2.7	6.0
소형자동차	2.0	2.8	6.0	3.7	7.0
대형자동차	2.5	4.0	13.0	6.5	12.0
세미트레일러	2.5	4.0	16.7	앞: 4.2 뒤: 9.0	12.0

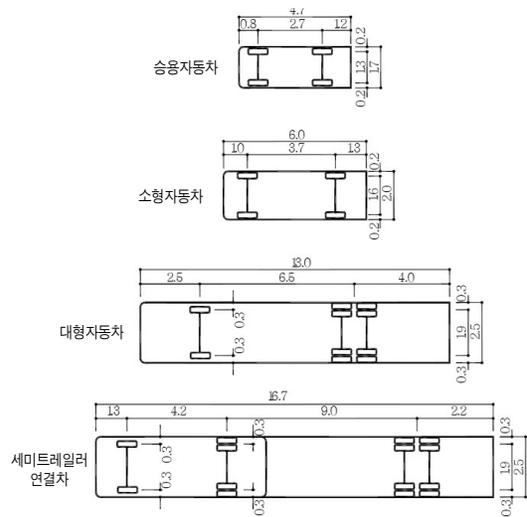


그림 2. 설계기준자동차의 제원(단위: m)

이는 원활한 도로 주행을 위해 가장 열악한 조건을 갖은 차종을 설계기준 자동차로 선정함으로써 해당 도로를 주로 이용하는 모든 차종의 안전한 주행

환경을 확보하고 있음을 의미한다.

2.2 고령자 표준보행모델의 필요성

설계기준 자동차를 규정하고 도로설계에 반영한 관점에서, 보행시설물 또한 여러 연령의 사람, 다양한 장애 또는 불편함을 가지고 있는 사람, 보행특성이 모두 다른 사람이 모두 함께 이용하고 있는 시설이므로 설계기준 자동차와 같은 역할을 할 수 있는 표준 보행모델의 정립 및 설계기준 보행모델이 필요하다. 특히 고령자의 경우 보행특성을 규정짓는 것이 매우 어려운 실정이다. 특히 보행특성은 개인 신체특성 및 살아온 환경적 특성의 영향을 받아 자연스럽게 신체의 변형이 발생하며, 이와 같은 특성이 발견되기 때문에 연령, 성별과 관계없이 나타나기 때문이다.

한국은 전 세계에서 가장 빠른 속도로 고령화가 진행되고 있다. 전체 교통약자의 49.2%인 고령자(국토교통부, 2018.2)는 지속적으로 증가하여, 지난 2017년 초고령 사회에 진입하였으며 2025년 고령 사회 진입이 예상된다(통계청). 이와 같이 급속한 고령화에 대응하여 안전하고 편안한 보행을 지원하기 위해서는 고령자 표준 보행모델의 개발이 시급하다 할 수 있다.

3. 연구 방법론

3.1 피측정자 선정 및 결과

고령자 표준 보행모델 개발을 위해 총 112명의 고령자를 대상으로 보행특성을 측정하여 분석하였다. 피측정자는 모집부터 국민건강통계의 70대 이상 평균 신장 및 체중 기준 신장 $\pm 5\text{cm}$, 체중 $\pm 5\text{kg}$ 이내인 고령자로 조건을 제시하여 시행하였으며, 그 결과는 표 3과 같다. 가장 큰 오차가 나타난 부분은 여성의 신장부분으로 2.9%(4.5cm)로 나타났으며 평

균 오차 1.16%로 모집된 피험자는 고령자 평균과 신체크기가 유사한 것으로 판단된다.

표 3. 고령자 평균 신체치수

	#	평균 연령 (세)	피험자 그룹		국민건강통계		오차 (오차율 (%))	
			신장 (cm)	체중 (kg)	신장 (cm)	체중 (kg)	신장 (cm)	체중 (kg)
남	52	74.38	165.81	62.93	164.2	63.9	1.6 (0.98)	-1.0 (-1.53)
여	60	75.52	154.69	56.62	150.2	55.4	4.5 (2.99)	1.2 (2.21)
통합	112	74.99	160.27	60.05	-	-	-	-

3.2 동작분석시스템

동작분석시스템은 의학, 재활의학, 스포츠역학 및 운동역학 분야에서 신체 및 운동특성 측정과 영화 특수효과를 위해 활용하는 장비이다. 신체의 각 분절점에 부착한 마커를 통해 운동형상학 정보(Kinematic data)와 운동역학 정보(Kinetic data)를 측정하게 된다. 기존 비디오 분석 대비 객관적 정보를 취득하여 활용하는 시스템의 특성으로 인해 기존 활용분야 이외에도 제품의 설계 시 손잡이 등 사람이 사용하는 부분의 위치 및 형상 결정에 본 시스템을 활용하는 경우가 증가하고 있다.

동작분석시스템은 크게 2개의 장치로 구성되며, 이는 신체에 부착한 마커의 3차원 좌표를 취득하는 적외선 카메라와 지면반발력을 측정하는 Ground Reaction Force Plate이다. 본 연구에서는 여기서



(a) Oespery

(b) Raptor-E

그림 3. 동작분석시스템 구성(적외선 카메라)

보행 시의 시공간 변인만 측정하여 분석하고자 하였으며, 이에 따라 적외선 카메라를 통해 수집된 부분만 분석에 활용하였다. 활용한 적외선 카메라는 그림 3과 같이 Motion Analysis사의 Motion Capture System 장비인 Raptor-E 4대 및 Oespery 8대를 활용하였다.

카메라의 촬영 설정값은 초당 120frames으로 설정하여 보행특성을 측정하였다. 분석 시에는 촬영된 마커의 3차원 데이터를 차단주파수 6Hz를 적용하여 평활화(Cortex 6.0 S/W의 기능)하여 분석에 활용하였다.

그림 4와 같이 4m×10m의 보행로를 구성하였으며, 상부 2m 내의 높이에 적외선 카메라를 설치하였으며, 카메라 설치 간격은 피측정자 신체에 부착된 모든 마커가 어떤 위치에서도 최소 3개 이상의 카메라에서 촬영될 수 있도록 조정하였다.



그림 4. 동작분석 측정 환경

3.3 보행특성의 표준화 방법

평지 보행에 있어 가장 기본적인 보행변인으로 제시되는 변수는 그림 5와 같이 보행속도(Gait Speed), 보장(Step length), 보폭(Stride length), 보간(Sep Width) 등이 있다.

상기 변수는 사람의 신체적 특징인 신장과 체중에 가장 큰 영향을 받을 수 있다. 즉, 신장이 큰 사람은 신장이 작은 사람에 비해 상대적으로 보행변인 중 길이와 관련된 변수인 보장과 보폭 또한 클 확률이 높으며, 이에 따라 보행속도 또한 상대적으로 커질

수 있다(Lee, 2014). 이에 따라 단순히 측정을 통해 도출된 값의 평균값을 보행시설물 설계 등에 적용할 경우 집단간 특성으로 인해 왜곡된 결과가 반영될 수 있다.

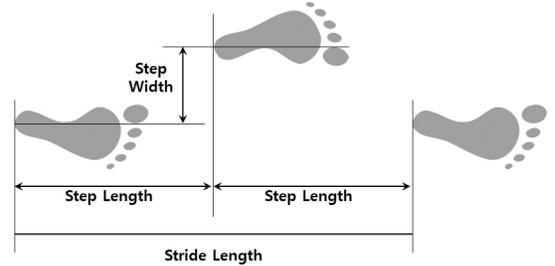


그림 5. Gait Factor

이와 같이 신장 및 체중과 같은 신체특성으로 인하여 발생 가능한 왜곡을 최소화 하기 위하여 본 연구에서는 표 4와 같이 Hof(1996)에 제시된 dimensionless number를 통해 보행변인을 표준화하는 방법을 채택하였다.

표 4. Dimensionless number 변환 방법

Type	Symbol	Dimension	Dimensionless number
Speed, velocity	$v = \hat{x}$	LT^{-1}	$\hat{v} = \frac{v}{\sqrt{g \cdot l_0}}$
Length, distance	l, x	L	$\hat{l} = \frac{l}{l_0}$
Frequency	f	T^{-1}	$\hat{f} = \frac{f}{\sqrt{g/l_0}}$
Time	t	T	$\hat{t} = \frac{t}{\sqrt{l_0/g}}$

(g : acceleration of gravity(=9.81m/s² on earth), m_b : body mass, l_0 : length(height))

Hof(1996)에서 제시한 방법은 신장 및 체중 등 신체특성을 각 보행특성 변인별 단위를 제거하는데 사용되며, 이를 통해 단위 뿐만 아니라 신장 및 체중에서 기인한 영향을 감소시킬 수 있다. 본 연구에서는 보행변인 중 Gait Speed, Step Length, Stride Length, Step Width, Cadence(분당 걸음 수) 등 5개 변수를 기준으로 표준 보행모델(값)을 제시하고자 하였다.

4. 보행특성 변수 측정 및 분석

4.1 보행특성 측정

보행특성 측정을 위한 피측정자는 관절이 노출될 수 있도록 민소매 셔츠와 반바지를 착용하였으며, 발목 관절의 움직임을 함께 관찰하기 위해 신발은 착용하지 않았다. 평소에 착용하는 복장과 다르며, 측정환경에 의해 발생할 수 있는 비정상적 보행행태가 나타나는 것을 방지하기 위하여 복장을 갈아입은 후 연령, 병력 등의 인터뷰를 우선 진행하였으며, 이후 신장과 체중을 측정하고 보행로를 3~5회 이상 왕복하여 걷도록 유도하였다. 측정실에 입실할 당시의 보행행태와 크게 차이나 발생하는 피험자는 자연스럽게 걸을 수 있도록 반복 연습보행을 유도하고 심리적 안정을 취할 수 있도록 하였다.

피측정자가 보행로에서 왕복하여 보행할 때 보행변인을 측정하기 위하여 그림 6과 같이 머리끝부터 발뒤꿈치까지 총 29개의 마커를 부착한 후, Ground Reaction Force Plate 위에 직립자세를 취하게 하여 정지된 상태에서 신체부착 마커의 3차원 좌표값을 1차로 취득하였다. 이를 통해 신체분절 위치의 3차원 위치를 산출하며 이를 이용하여 보행 시 신체의 움직임 크기 및 신체 부위별 부하를 측정하였다. 신체분절 위치 좌표 취득 이후에는 실제 보행

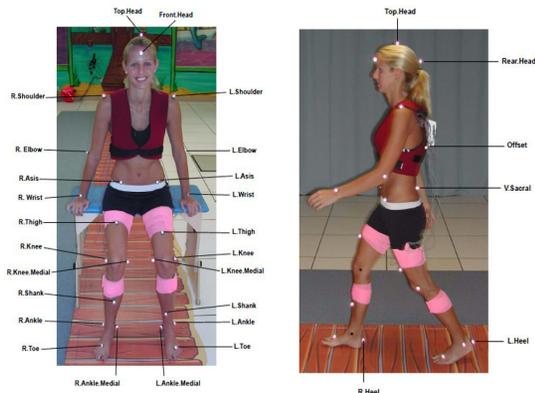


그림 6. Helen Hayes Marker Set 부착방법
(출처 : Motion Analysis User Guidebook)



그림 7. 보행특성 측정

시 불편함을 유발할 수 있는 무릎 및 발목 내측에 각 1개씩 부착된 마커 총 4개를 제거한 후 그림 7과 같이 보행특성 본 측정을 시행하였다.

4.2 고령자 보행특성 표준화

총 112명의 고령자 보행특성 측정 결과를 바탕으로 총 77명(남:40명, 여:37명)의 데이터를 선별하여 최종 분석에 활용하였다. 선별 기준은 복용중인 약물에 따라 보행에 영향을 미칠 수 있는 관절염, 류마티스염 등 평소 지병이 있는 고령자는 1차로 제외하였으며, 반복 보행에 있어 체력의 저하가 커 최초 측정과 마지막 측정 시 보행행태의 변화가 발생한 경우를 제외하였다.

앞서 제시한 5개 보행변인을 대상으로 남성과 여성으로 구분하였으며, 측정 결과인 각 변인별 평균, 표준편차 및 평균의 표준오차는 표 5와 같다. 보행변인에 영향을 미치는 신체(신장 및 체중) 치수에 대해 표 4에 제시한 dimensionless number 변환 방법을 통해 표준화 한 보행변인 결과는 표 6과 같다.

보행변인별 dimensionless number 변환 방법으로는 Gait Speed의 경우 Speed의 dimensionless number 변환 수식에 적용하였으며, 이때 g 는 중력 가속도($9.8m/s^2$)을, l_0 는 피측정자의 개별 신장 길이를 각각 적용하였다. Step Length, Stride Length, Step Width는 모두 Length의 dimen

sionless number 변환 수식을 적용하였다. 각 변수별 측정값을 l 로, 피측정자의 개별 신장 길이를 l_0 에 대입하여 각 피측정자의 \hat{l} (표 6의 Step Length, Stride Length, Step Width는 모두 Length 값)을 도출하였다. Cadence는 분당 걸음수에 해당하므로 Frequency와 Time dimensionless number 변환 수식을 모두 적용하여 산출하였다. 분모를 1로 하는 분수로 Cadence를 가정하고, 분자에 해당하는 걸음 수(steps)를 Frequency 변환 수식에 의해 표준화 하였으며, 분모인 1분을 Time 변환 수식에 의해 표준화 한 후 Frequency 변환 후 숫자를

표 5. Gait factor Before Standardization

	Gender	N	mean	S.D.	Standard error of mean
Gait Speed (cm/s)	Male	40	100.23	16.97	2.68
	Female	37	94.84	15.41	2.53
Step Length (cm)	Male	40	53.68	7.52	1.19
	Female	37	48.37	10.13	1.67
Stride Length (cm)	Male	40	107.71	14.62	2.31
	Female	37	100.91	10.33	1.70
Step Width (cm)	Male	40	12.66	3.01	0.48
	Female	37	11.42	2.80	0.46
Cadence (step/min)	Male	40	112.32	9.76	1.54
	Female	37	112.46	11.19	1.84

표 6. Gait factor After Standardization

	Gender	N	mean	S.D.	Standard error of mean
Gait Speed	Male	40	0.25	0.04	0.01
	Female	37	0.24	0.04	0.01
Step Length	Male	40	0.32	0.04	0.01
	Female	37	0.31	0.07	0.01
Stride Length	Male	40	0.65	0.09	0.01
	Female	37	0.65	0.07	0.01
Step Width	Male	40	0.08	0.02	0.00
	Female	37	0.07	0.02	0.00
Cadence	Male	40	0.77	0.06	0.01
	Female	37	0.75	0.07	0.01

Time 변환 후 숫자로 나누어 최종 Cadence dimensionless number를 산출하였다.

표 5의 각 보행변인별 평균값은 개인별 신장 및 체중의 차이에서 발생할 수 있는 신체 크기의 영향이 모두 포함된 평균값으로, 이를 기준으로 고령자의 보행특성을 규정지을 경우 아무리 한국인 고령자 표준 신체치수를 기준으로 모집한 고령자 데이터라 할지라도 시설 적용을 위한 표준데이터라 하기 어렵다. 그러나 표 6과 같이 dimensionless number로 변환된 값은 신장 및 체중의 영향을 상쇄하여 신장 길이 및 체중 무게와 관계없이 표준화된 값을 도출하였다고 할 수 있다. 이와 같이 도출된 값을 한국인 고령자 표준 신장과 체중을 이용하여 역산하여 고령자의 표준 보행모델을 도출하였다.

5. 한국인 고령자 표준 보행모델

5.1 한국인 고령자 표준 보행모델 도출

표 6의 mean 값은 개인별 보행변인 측정값을 dimensionless number로 변환한 결과의 평균값이며, 단위가 없다. 이를 보행시설물 설계 등에 반영하기 위해 평균적인 보행능력 및 신체치수를 갖는 고령자가 어떻게 걷고 있는지 알기 위해 다시 표준 신체치수를 반영하여 보행변인별 단위를 부여하였다. 이 표준화를 위해 적용한 dimensionless number 변환 수식을 역산하여 표준화된 보행변인별 값을 최종 산출하였다. 예로서 Gait Speed의 dimensionless number의 mean(\bar{v})은 다음과 같이 산출하였다.

$$\bar{v} = \frac{\sum_{n=1}^n v}{n \sqrt{g \cdot l_0}}$$

여기서, 단위를 갖는 표준화된 Gait Speed($v_{standardization}$)는 다음과 같이 산출하였다.

$$v_{standardization} = \bar{v} \times \sqrt{g \cdot l_0}$$

이와 같은 방식으로 표 6의 dimensionless number로 변환한 보행변인별 평균값에 한국인 고령자 평균 신체 치수를 반영하여 표준 보행모델 값을 최종 산출하였다. 남자와 여자로 구분하여 제시하였으며, 남녀 통합된 신체치수의 평균값은 별도로 제시되어 있지 않으므로 표준 신체치수 산출 시 사용한 남녀 표본집단의 수에 가중치를 둔 가중평균을 적용하여 산출하였다. 2015 국민건강통계의 70세 이상 표준 신장을 산출한 표본집단의 수는 남자 404명, 여자 585명으로 다음과 같은 수식에 의해 산출한 값을 적용하였다.

$$\text{표본 크기에 가중치를 둔 평균 신장} = \frac{(\text{남자 평균신장} \times \text{남자 표본크기} + \text{여자 평균신장} \times \text{여자 표본크기})}{\text{남자 표본크기} + \text{여자 표본크기}}$$

상기 방법을 통해 도출된 한국인 고령자 남자 및 여자, 통합 표준 보행변인별 값(표준 보행모델)은 표 7과 같다. 이는 표준 신체치수에 근접한 피측정자를 별도로 모집하였으며, 동작분석을 통해 측정값의 정

표 7. 한국인 고령자 표준 보행모델

	Gender	N	D.N. mean	Standardized value	Comparison value (Average of measured)
Gait Speed (cm/s)	Male	40	0.25	100.29	100.23
	Female	37	0.24	92.08	94.84
	Total	77	0.24	93.82	-
Step Length (cm)	Male	40	0.32	52.54	53.68
	Female	37	0.31	46.56	48.37
	Total	77	0.32	49.89	-
Stride Length (cm)	Male	40	0.65	106.73	107.71
	Female	37	0.65	97.63	100.91
	Total	77	0.65	101.35	-
Step Width (cm)	Male	40	0.08	13.14	12.66
	Female	37	0.07	10.51	11.42
	Total	77	0.07	10.91	-
Cadence (step/min)	Male	40	0.77	112.87	112.32
	Female	37	0.75	114.95	112.46
	Total	77	0.76	114.32	-

확도를 확보하였을 뿐만 아니라 신체치수의 차이에서 오는 오차를 dimensionless number 변환 방법을 이용하여 최소화 한 결과이다.

5.2 일반인 보행특성과 비교 결과

Roh, et al.(2017)에서 제시한 바 있는 고령자와 일반인의 보행특성 비교 결과와 본 연구에서 제안하는 고령자 표준 보행모델간 비교 결과는 표 8과 같다.

표 8. 고령자와 일반인 보행특성 비교 결과

	구분	본 연구		기존 연구 (Roh, et al.(2017))	
		표준화 결과	산출 평균	고령자 (66+)	일반인 (20's)
Gait Speed (cm/s)	남	100.29	100.23	91.86	137.30
	여	92.08	94.84		
	통합	93.82	-		
Step Length (cm)	남	52.54	53.68	49.61	57.10
	여	46.56	48.37		
	통합	49.89	-		
Stride Length (cm)	남	106.73	107.71	100.87	129.80
	여	97.63	100.91		
	통합	101.35	-		
Step Width (cm)	남	13.14	12.66	11.78	12.00
	여	10.51	11.42		
	통합	10.91	-		
Cadence (step/min)	남	112.87	112.32	109.75	109.50
	여	114.95	112.46		
	통합	114.32	-		

기존 연구와 고령자간 비교 결과로는 본 연구의 결과가 Cadence를 제외한 4개 변수에 대해서는 상대적으로 보행능력이 좋은 것으로 나타났다. 보행속도는 상대적으로 빠르며(2%), Step Width는 상대적으로 좁게(7%) 걷는 것으로 나타났다. Step Width는 넓을수록 8자 걸음이 나타남을 의미하며, 상대적으로 보행 시 균형유지가 어려울 수 있다. 반면,

Cadence는 4%가 증가되어 나타났다. 이는 Stride Length는 유사한 반면 걸음수가 증가하여 동일한 거리를 이동할 때 걸음이 많은 형태(잔걸음)로 이동함을 의미한다.

기존 연구의 20대 Control Group과 본 연구의 결과와 비교한 결과, 일반인 대비 약 78% 수준의 보행능력을 나타내는 것으로 분석되었다. 특히 보행 속도는 일반인 대비 68% 수준으로 보행속도가 매우 낮으며, 일반적인 횡단보도의 신호시간 결정 기준 (1.0m/s) 적용 시 보행시간 내 일반적인 보행능력 및 신체조건을 갖춘 고령자라 할지라도 녹색시간 동안 횡단보도 전체를 보행할 수 없음을 의미한다. Step Length(87%) 및 Stride Length(78%)를 고려할 때 일반인은 쉽게 넘어갈 수 있는 폭넓은 돌출물 및 얇은 단차는 고령자의 경우 극복하기 어려울 수 있음을 의미한다. Step Width는 남성의 경우 일반인 대비 큰 것으로 나타났으며, Cadence는 104% 수준으로 약간 잔걸음이 증가하였다.

6. 결론 및 활용

6.1 한국인 고령자 표준 보행모델 정의

초고령 사회 대비 보행시설물 설계의 활용을 위해 본 연구에서 정의한 고령자 표준 보행모델은 다음과 같다.

내용을 종합한 결과, 고령자는 상식적으로 알고 있는 바와 같이 일반인 대비 보행능력이 낮은 것으로 나타났다. 이를 고려하기 위해 기존에는 단순히 일정 수치만큼 완화된 기준을 적용 또는 일반인과 동일한 기준을 적용하여 보행시설 설계에 이용함으로써 인해 고령자 보행 시 시설 이용의 불편함을 지속적으로 초래하였다.

고령사회 진입 및 초고령 사회 대비를 위해 법제도적 기반 마련, 고령자의 사회·경제활동 지원을 위한 사회기반시설 개선의 필요성에 대한 공감대가 형성되

한국인 고령자는 남성의 경우 평균 신장 164.2cm, 평균 체중 63.9kg이며, 여성의 경우 평균 신장 150.2cm, 평균 체중 55.4kg이다.

보행보조 기구를 사용하지 않고 자립적 보행이 가능한 평균 체중 및 신장의 신체적 특징을 갖는 한국인 고령자의 보행특성은 다음과 같다.

	Gender	Gait Characteristic value	Percentage of walking ability compared to 20's
Gait Speed (cm/s)	Male	100.29	73%
	Female	92.08	67%
	Total	93.82	68%
Step Length (cm)	Male	52.54	92%
	Female	46.56	82%
	Total	49.89	87%
Stride Length (cm)	Male	106.73	82%
	Female	97.63	75%
	Total	101.35	78%
Step Width (cm)	Male	13.14	110%
	Female	10.51	88%
	Total	10.91	91%
Cadence (step/min)	Male	112.87	103%
	Female	114.95	105%
	Total	114.32	104%

일반인 대비 Gait Speed는 평균 68% 수준, Step Length는 87%, Stride Length는 78% 및 Step Width는 91% 수준이다. Cadence는 104% 수준으로 잔걸음의 형태로 보행함을 의미한다.

고 있는 바 이를 위한 기준이 반드시 필요하다. 고령자를 위한 시설한계를 조절함에 있어 기존에는 기준값이 존재하지 않아 적용하지 못하였다면, 이와 같이 정밀하고 객관적인 근거가 마련된다면 보다 실질적이고 활용성 높은 법제도적 기준이 마련될 수 있을 것이다.

다만, 이와 같은 결과를 그대로 적용하기 보다는 안전율과 같은 개념의 buffer를 두어 보다 여유있는 설계기준이 마련되어야 할 것이다. 예로서, Gait Speed는 용어에서 알 수 있듯이 방향성이 없는 scalar값이다. 따라서 이를 그대로 적용할 경우 직선으로 이동한다는 가정하에 제시된 속도값을 만족시킬 수 있다. 그러나 고령자는 Step Width에서 나타난 바와 같이 8

자 걸음 또는 균형유지가 어려운 관계로 인하여 일반인 대비 상대적으로 반듯이 이동하는 것이 어렵다. 따라서 Vector 개념인 Velocity를 측정할 경우 이보다 낮은 값으로 산출될 것이기 때문이다.

6.2 활용방안

횡단보도의 경우 녹색신호시간을 결정함에 있어 일반 횡단보도의 경우 1.2m/s를 기준으로, 노인보호구역(실버존)의 경우 1.0m/s 또는 0.8m/s 등을 기준으로 적용하고 있다. 그러나 이와 같은 기준이 도출된 근거는 찾기 힘들다. 일반횡단보도 기준 또한 외국의 기준을 가져왔으며, 노인보호구역의 기준은 일반인 기준을 완화한 값에 불과하다. 이와 같이 보행시설 기준으로 선정할 수 있는 보행모델이 존재하지 않으며, 이에 따라 국외 기준을 차용하는 사례가 빈번하다.

도시부의 보도는 평지, 경사 및 단차 등으로 대부분 구성이 되며, 이에 본 연구에서는 평지 및 얇은 단차에 적용할 수 있는 보행변인을 기준으로 표준화된 보행모델을 제시하였다. 그 결과를 활용할 수 있는 범위는 표 9와 같다. 표준 보행모델을 상황별, 연령별, 시설별로 도출하여 시설 기준 및 설계에 활용한다면 보다 이용자의 만족도가 높고, 안전하고 편

안한 보행이 가능할 것으로 기대한다.

Acknowledgement

This research was supported by a grant (Research Project ID-103929) from Transportation & Logistics Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport Affairs of Korean government.

참고문헌

Hof, A. L.(1996). "Scaling gait data to body size". Gait & Posture, Vol.4, pp.222-223.

Lee, H. S. (2014), "Effect of dimensionless number and analysis of gait pattern by gender spatiotemporal variables", The Korean Journal of Physical Education, 53(5), pp.521-531.

Roh, C. G., Park, B. J., Kim, J. S. (2017). "COMPARATIVE RESEARCH ON WALKING CHARACTERISTICS OF ORDINARY AND ELDERLY PEOPLE ON FLAT GROUND", International Journal of Advanced Engineering and Management Research, 2(4), pp.1018-1025.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOILIT) (2013). Regulations on Road Facilities(도로의 구조시설에 관한 규칙 해설) (in Korean).

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOILIT) (2018). Actual condition of transportation convenience movement for 2017(2017년 교통약자 이동편의 실태조사) (in Korean).

Motion Analysis Korea (2016). Motion Analysis User Guidebook.

Perry J., Burnfield J. M. (2010). Gait Analysis: Normal and Pathological Function, 2e, Slack Incorporate.

Naver Current affairs dictionary (Key word-superared society):<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=65936&cid=43667&categoryId=43667>(Accessed: April 23, 2018).

표 9. 표준 보행모델의 변수별 활용방안

	Define	Applicable facilities	Contents
Gait Speed	보행속도	교차로 및 보행시설 전반	신호시간 결정
Step Length	1분당 걸음 수	에스컬레이터	에스컬레이터 속도 결정
Stride Length	걸음길이 앞발 뒤축에서 뒷발 뒤축까지의 거리	단차	보행로의 계단 폭 및 높이 등 걸음에 영향을 받는 시설물의 적정 설계기준 수립
Step Width	같은 발에 의해 수행되는 두 번의 연속적인 발 뒤꿈치 사이의 거리		
Cadence	보행 시 양 발 뒤꿈치 중심 사이의 거리		