

# 고령자용 개인교통수단 개발 사양 정의를 위한 보행환경 조사

## Walking Environment Survey for Development of Specification on Personal Mobility (PM) Device for Elderly

김 영 민\* · 김 지 수\*\* · 문 병 섭\*\*\*

\* 주저자 및 교신저자 : 한국건설기술연구원 도로연구소 전임연구원  
 \*\* 공저자 : 한국건설기술연구원 도로연구소 전임연구원  
 \*\*\* 공저자 : 한국건설기술연구원 도로연구소 연구위원

Youngmin Kim\* · Jisoo Kim\*\* · Byeongsup Moon\*\*\*

\* Research Specialist, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology  
 \*\* Research Specialist, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology  
 \*\*\* Research Fellow, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

† Corresponding author : Youngmin Kim, ymkim1007@kict.re.kr

Vol.16 No.6(2017)  
 December, 2017  
 pp.156~168

ISSN 1738-0774(Print)  
 ISSN 2384-1729(On-line)  
<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.6.156>

Received 23 August 2017  
 Revised 1 October 2017  
 Accepted 14 November 2017

© 2017. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

### 요 약

개인교통수단(PM)은 개인의 이동편의를 향상시켜준다는 측면에서 보행능력이 떨어지는 고령자가 주요 활용 대상이 될 수 있다. 본 연구에서는 고령자가 보도 등 보행환경에서 안전하게 이용할 수 있는 개인교통수단을 설계하고자 한다. 보행환경에는 다양한 통행 장애요인이 존재하며, 개발하고자 하는 수단은 장애요인을 극복하기 위한 기기 성능이 확보되어야 한다. 본 연구에서는 고령자용 개인교통수단의 성능수준 결정을 위하여 보행환경 상 통행 장애요인 현황 및 수준을 조사한다. 관련 지침을 검토하여 조사 대상 항목 및 조사 방법론을 정의하고, 고령자 일상생활 기반 통행 시나리오를 통해 선정된 특정 도로구간에 대하여 조사를 수행한다. 조사 결과를 바탕으로 수단의 기기 성능을 지침 상 제시된 기준에 근거하여 확보하였을 때 발생 가능한 문제점을 확인하며, 장애인용 전동휠체어의 운전 성능 기준을 근거하여 개발 수단의 기기 성능에 대한 요구사항을 정의한다.

핵심어 : 개인교통수단, 보행환경 조사, 이동편의시설, 보도, 운전 성능

### ABSTRACT

Personal mobility (PM) can increase the mobility of individual, so that the elderly can be set as the target group for using PM because of relatively low walking ability to normal. In this study, we design PM device for elderly that can be used safely in the walking environment such as sidewalk. There are various obstacles in the walking environment, so the device must have mechanical performance to overcome all of them. In this study, we survey the status and level of obstacle factors in walking environment to determine the dynamic performance of the PM device for elderly. We check up several guidelines about walking facilities to define obstacle points for the device, establish field survey methodologies, and conduct field survey for some specific road sections. Based on the survey results, we confirm the possible problems that could arise when the dynamic performance of the device is selected based on the facility-related criteria. We also define the performance requirements for the device based on the requirements for electric wheelchair.

Key words : Personal mobility (PM), Gait environment survey, Mobility aid facility, Sidewalk, Dynamic performance

## I. 서론

날로 심각해지는 도시교통문제의 해소 및 개인의 이동권 향상에 대한 해답으로서 개인교통수단(Personal Mobility, PM)이 주목받고 있다. 개인교통수단에는 다양한 유형의 이동체가 포함될 수 있으나, 국내에서는 ‘근거리 및 중거리를 주행할 수 있는 전기 구동 방식의 개인용 이동수단(Lim, 2016)’라는 정의가 가장 폭넓게 적용되고 있다. 다양한 개인교통수단 유형 중 세그웨이로 대표되는 전동휠 형태의 개인교통수단은 조작법이 간편하고 저가에 공급되고 있다는 측면에서 시장에서 많은 인기를 끌고 있으며, 국내에서도 전동휠 형태의 개인교통수단의 사용자가 증가하고 있다. 전동휠 형태의 개인교통수단은 보행으로 이동하기에는 다소 먼 거리에 대해 비교적 빠른 속도(자전거와 유사한 평균 15km/h 수준)로 용이하게 이동할 수 있다는 측면에서 각광받고 있다.

최근 사회의 고령화가 진행됨에 따라, 보행능력이 감퇴하는 고령자에게 개인교통수단의 편의성을 바탕으로 이동편의 증진 서비스를 제공할 필요성이 제기되고 있다. Roh et al.(2015)은 자가보행이 가능한 고령자 집단을 대상으로 신체 및 보행 특성을 측정하여 보행능력에 따라 3개의 그룹으로 나누었으며, 본 연구에서는 이 중 첫 번째 집단을 개인교통수단 이용이 가능한 집단으로 정의하였다. 이 집단의 보행능력은 건강한 일반인(20대)에 비하여 약 82% 수준이며, 걸음으로 보기에는 일반인과 비슷한 보행을 하지만 실제로 일반인에 비해 빠른 이동이 불가능 하며, 균형감각이 저하되고, 장거리 이동이 불가능한 것으로 조사되었다. 따라서 고령자에 맞는 개인교통수단을 통해 이 부분을 일반인 수준으로 올려줄 수 있을 것이다. 다만 기존의 전동휠 형태 개인교통수단은 제어(조향, 감가속 등)가 이용자 신체의 무게중심 변화를 기반하여 이뤄져, 신체 평형 유지능력이 떨어지는 고령자에게는 안전 측면에서 부적절한 측면이 존재한다. 이에 본 연구에서는 별도의 제어장치를 활용하여 조향 및 가/감속제어가 이뤄지는 고령자용 개인교통수단을 개발하고자 한다. 본 연구에서 개발하고자 하는 고령자용 개인교통수단은 전동휠 형태의 개인교통수단이 가지는 이동편의성을 유지함과 동시에 고령자의 신체 평형유지능력을 고려한 구조 및 제어방식을 채택하여, 고령자가 일상적인 보행환경(보도 등)에서 보행자의 이동속도와 유사한 속도 내에서 안전하게 활용 가능하도록 한다.

고령자용 개인교통수단은 보행환경 상에 존재하는 다양한 장애요인을 극복하기에 충분한 주행성능을 확보하여야 한다. 다만, 기기 제작 상 경제성 확보를 위하여 보행환경 상 장애요인 수준을 확인하여 이를 정량화시킬 필요가 있고, 정량화된 장애요인 여건을 극복하기에 충분한 수준의 기기적 사양을 제품 설계 과정에서 확보하여야 한다. 본 연구에서는 고령자용 개인교통수단 개발 사양의 정의를 위하여, 보행환경 내에 존재하는 다양한 통행 장애요인에 대한 조사를 수행한다. 관련 규정에 제시된 시설물 기준을 검토하여 조사 항목을 선정하고, 항목 별 조사 방법론을 개발한다. 특정 도로구간을 선정하여 수행한 현장조사 결과를 바탕으로 항목 별 장애요인 수준을 확인하며, 이를 기존 이동체의 성능기준과 비교, 고령자용 개인교통수단의 기기 성능 요구사항을 정의한다.

## II. 관련 선행연구 및 문헌 검토

### 1. 개인교통수단 개발 및 활용 관련 선행사례

국내에서는 개인교통수단이 법적으로 ‘원동기장착자전거’로 분류되어, 차도 외의 공간에서의 이용이 금지되어 있다. 다만 개인교통수단에 대한 수요가 지속적으로 늘어남에 따라, 2016년 정부 합동 주재 ‘제 5차 규제개혁장관회의’에서 개인교통수단의 자유로운 운행을 허용하는 방안에 대한 검토 논의가 공식적으로 시작되었다. 2017년 8월 현재 도로교통법 개정(안) 2건이 국회에 계류되어 있으며, 보도 및 자전거도로에 대한 개인교통수단 허용방안이 포함되어 있어 근시일 내에 개인교통수단에 대한 차도 외 공간에 대한 통행 허용기준이 수립될 것으로 예상된다.

Kim et al.(2014)은 도시철도 환승 편의 증진을 위한 개인용 운송장치를 개발하였다. 해당 기기는 도시철도 역사 내 교통약자(노약자, 장애인 등)의 환승편의 제공을 목적으로, 3륜(전륜1, 후륜2, 후륜구동) 구조로 무게 30kg, 최고속도 16.7km/h, 최대등판가능경사 11% 사양으로 제작되었다. 최고속도 주행 중 제동을 체결하였을 때 전복이 방지될 수 있는 구조를 확인하기 위해 동역학 시뮬레이션을 수행하였으며 시뮬레이션 결과 제동장치를 후륜에 배치하고 출력 350W의 모터를 사용하는 것이 적절할 것으로 판단하였다.

해외에서는 다수의 국가에서 ‘제한속도’ 기준을 활용하여 개인교통수단의 보도 및 자전거도로 통행을 허용하고 있다. 대표적인 사례로서, 일본은 계획도시인 츠크바시 인근을 ‘모빌리티 로봇특구’로 지정하여 개인교통수단 및 자율주행 이동체(자율주행 로봇 등)에 대한 보행환경 상 실증실험을 2011년부터 2015년까지 수행하였다. 츠크바 모빌리티 로봇특구에서 시험이 이뤄진 개인교통수단은 총 10종으로서, 이 중 2륜형 경량 저속 개인교통수단으로 산업기술종합연구소(AIST)의 ‘마이크로모빌리티’와 도요타자동차주식회사의 ‘Winglet’의 실증실험이 이뤄졌다.



PM Device for Passenger Transfer in Subway (Kim et al., 2014) ‘Winglet’ model type by Toyota corporation, Japan

〈Fig. 1〉 Examples of Personal Mobility Devices Development

2015년도까지 츠크바에서 수행된 실증실험 결과를 바탕으로, 일본 정부는 ‘산업경쟁력강화법’에 따라 개인교통수단의 보행환경 주행 실증실험을 전국단위로 확산시키기로 하였다. 이 때, 개인교통수단의 보도 및 자전거보행자겸용도로 통행을 허용하는 기준으로서 다음과 같은 물리적 조건을 제시하였다.

- 길이 120cm, 폭 70cm를 넘어서는 안됨
- 시속 6km를 넘는 속도를 내서는 안됨
- 보행자에게 위험을 끼칠 수 있는 날카로운 돌출부가 있어서는 안됨

## 2. 보행환경조사 관련 선행연구

보행환경조사에 대한 일반적인 방법론은 2011년 국토해양부(현 국토교통부)에서 수행한 ‘보행교통 실태조사 및 개선지표 수립연구’에 제시되어 있다. 해당 연구에서는 보행교통 현황 파악을 위하여 보행교통개선지표를 제안하였으며, 여기에는 ‘이동성’ ‘안전성’ ‘쾌적성’의 3개 항목을 기반한 총 10개의 평가항목이 존재한다. 이 중 보행시설과 관련, 보도시설확보(유효보도폭원 측정), 보행안전시설확보(보도, 가드레일, 볼라드 설치율), 가로등 조명수준, 보행시설물유지보수(보도 노면상태 수준, 보도 관리상태 수준) 평가항목이 존재한다.

Kong(2013)은 장애인 이동보조기기(휠체어, 전동휠체어 등)에 대한 안전사고 실태조사를 수행하였다. 사고 피해자 총 170명에 대한 설문 결과, 전체 사고 중 82건(48.2%)이 도로, 지면, 경사면, 턱 등의 물리적 환경에 의해 발생하였으며, 사고 발생 위치로는 외부 활동 중 도로(75건, 44.1%), 경사면(70건, 41.2%)에서의 사고 발생이 다수를 차지하였다. 해당 연구에서는 도로에서 장애물이나 고르지 못한 지면이나 교통약자 이동편의증진법의 기준에 적합하지 않은 경사면을 사고를 유발할 수 있는 대표적 외부 환경요인으로 판단하였다.

### 3. 보행환경 정비 관련 제도 및 지침 검토

일상생활에서 접할 수 있는 대표적인 보행환경으로 ‘보도’, ‘자전거거보행자겸용도로’가 존재한다. 아울러, 교통약자를 위해 특수한 목적으로 정비가 이뤄지는 ‘이동편의시설’ 또한 보행환경으로 구분할 수 있으며, 특히 바퀴를 활용하여 이동하여야 하는 개인교통수단에게는 매우 중요한 이용환경이 된다. 보행환경에서 개인교통수단을 활용함에 있어, 관련 정비지침 및 관련법령은 다음 <Table 1>과 같이 정리할 수 있다.

<Table 1> Manuals or rules for determining passage section of the personal mobility device

Name of manuals or rules	Description	Passage section type
Manual for sidewalk implementation and maintenance	General standards for sidewalk implementation and maintenance	Sidewalk
Manual for bicycle facility implementation and maintenance	General standards for bicycle facility implementation and maintenance	Shared-used path for pedestrian and bicycle
Enforcement rule for the mobility enhancement for the mobility impaired act	Facility standards for mobility aid about mobility aid devices for impaired person (wheelchair, etc)	Slope, crosswalk, etc.

국토교통부의 ‘보도 설치 및 관리 지침’에는 보도에 대한 물리적 설계 기준 및 유지관리에 대한 원칙이 제시되어 있으며, 보도의 물리적 설계기준 및 안전시설 설치기준은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Standard points for sidewalk design

Category	Standard	Remarks
Width of sidewalk	2m	- Minimum width: 1.2m - Need passing section (1.5m×1.5m) when effective width is under 1.5m - Need leveled landing (1.5m×1.5m) in every 30m when effective width of slope sidewalk is under 1.5m
Height of curbstone	150mm	(Hi-speed road) Vertical type curbstone (Low-speed road) Slope type curbstone
Gradient of sidewalk (lateral)	Under 1/18 (Under 3.18°)	Can be mitigated to 1/12 (4.76°) in case of severe topography In this case, leveled landing should be installed in every 30m
Gradient of sidewalk (cross sectional)	Under 1/25 (Under 2.29°)	Under 1/50 (1.15°) is recommended for safety enhancement of the elderly and wheelchair user
Bollard	Height 80~100cm / Diameter 10~20cm / Interval 1.5m	
High-gradient sidewalk	In case of lateral gradient is over 1/12, it is required 1) 40 BPN or more slip resistance (installation of non-slip pavement) 2) Installation of safety handle 3) Installation of stair	

보도의 포장 상태는 ‘평탄성’을 근거로 평가하고, 보도 포장의 보수수준을 결정한다. 보도의 포장 상태 조사는 교차로와 교차로 사이 등 보도가 연속적으로 설치된 구간을 평가 대상구간으로 하고 종방향 길이를 0.6m마다 단위구간으로 구분하여, 경사계를 이용하여 평가 대상 구간 중 종·횡단경사 기준에 미달되는 단위구간의 비율(‘파손율’)을 산출하여 평가한다.

행정안전부 및 국토교통부의 ‘자전거 이용시설 설치 및 관리 지침’에는 자전거도로에 대한 구체적인 정비 및 유지관리 기준, 방법이 제시되어 있다. 자전거도로의 네 가지 유형(자전거전용도로, 자전거전용차로, 자전거보행자겸용도로, 자전거우선도로) 중 본 연구에서는 보행자와의 겸용공간인 ‘자전거보행자겸용도로’와 관

련한 기준을 검토한다. 자전거도로 유형 중 자전거보행자겸용도로 관련 기준은 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Standard points for shared-used path design for pedestrian and bicycle

Category	Standard	Remarks	
Width	Over 3.0m (non-separated)	Bike section 1.5m and pedestrian section 2.0m while separated	
Uphill section length limitation		Gradient (%)	Length limit for uphill section (m)
		7	120
		6	170
		5	220
		4	350
		3	470
(*) Suggestion : In uphill section with gradient over 8%, follow the standard of AASHTO BIKE GUIDE			
Superelevation	Under 3% (1.71°)		

자전거도로의 포장상태는 조사원의 육안관측에 의거하여, 등급을 A(Very good)~E(Very poor)로 구분하는 방법을 사용한다. 자전거도로의 유지관리는 C등급(Fair) 이상으로 유지되어야 함을 원칙으로 하며, 이때 포장 상태는 ‘주행감은 떨어지지만 고속의 통행을 할 수 있을 정도의 포장상태(소성변형, 균열을 발견할 수 있거나 재포장한 상태 등)’으로 정의되어 있다.

국토교통부의 ‘교통약자 이동편의 증진법’은 고령자, 장애인 등 교통약자가 안전하고 편리하게 이동할 수 있도록 교통수단, 여객시설 및 도로에 이동편의시설을 확충하고 보행환경을 개선하여 사람중심의 교통체계를 구축함으로써 교통약자의 사회 참여와 복지 증진에 이바지함을 목적으로 하는 법률이다. 여기서 이동편의시설이란 휠체어 탑승설비, 장애인용 승강기, 장애인을 위한 보도 등 교통약자가 교통수단, 여객시설 또는 도로를 이용할 때 편리하게 이동할 수 있도록 하는 시설과 설비를 말한다. 바퀴를 활용하여 이동하는 개인교통수단은 전동휠체어 혹은 전동스쿠터와 유사한 주행 특성을 가지며, 따라서 휠체어를 위해 마련된 이동편의시설을 활용하기에 충분한 기기적 사양을 확보하여야 한다. 이동편의시설의 구조, 재질 등에 관한 세부기준은 교통약자 이동편의 증진법 시행규칙에 <Table 4>와 같이 제시되어 있다.

<Table 4> Standard points for mobility enhancement facility implementation

Category	Standard	Remarks
Standards about curb ramp near crosswalk for mobility aid device (wheelchair, etc)	Height difference between sidewalk and vehicle road : Under 2cm	
	Effective width : Over 0.9m	Can be mitigated to partial sidewalk ramp with effective width over 0.9m when lower of entire sidewalk is not possible and effective width of crosswalk is under 2m
	Gradient : Under 1/10 (5.71°)	
Height of curbstone	Under 25cm	
Standards about slope	Effective width : Over 2m	Can be mitigated until 1.5m
	Require leveled landing with over 1.5m length for every 0.75m elevation	
	Over 1.5m×1.5m of space in start, end, bending point of slope and leveled landing	
	Gradient : Under 1/12(4.76°)	Can be mitigated until 1/8 (7.13°) when height of slope is less than 16cm
Require wall or fall prevention hump with over 5cm height		
Elevator	Effective area of inside of elevator : Over 1.1m×1.4m	
Escalator	Effective width : Over 0.8m	
Waiting area of bus stop	Height difference between sidewalk and vehicle road : Under 15cm	

선행연구사례 중 Kong(2013)이 제시한 문제점은 바퀴를 사용하여 보행환경을 이용하는 수단에겐 공통적으로 발생할 수 있는 문제이다. 다만 해당 연구는 사고 발생 자체에 초점을 맞춰 진행된 연구로서, 사고를 유발할 수 있는 보행환경 요인에 대한 정량적 분석은 이뤄지지 않았다. 본 연구는 보행환경 요인에 대한 정량적 분석을 통해 보행환경에 적합한 개인교통수단의 사양을 제시하고자 함을 목표로 하여, 다음과 같이 연구 추진 방향을 설정하였다.

- 고령자용 개인교통수단의 주행 특성을 고려하여, 보행환경 구성요인 중 개인교통수단 주행성능과 연관되는 항목을 선별한 후 이에 대한 실측 조사 수행
- 실측값과 지침 상 기준값을 상호 비교, 실제 환경 정비 상황에서 기준이 잘 지켜지고 있는지를 확인한 후 기준값과 실측값과 차이가 존재하였을 때 개인교통수단이 극복하여야 할 장애수준 정의
- 보도 활용이 가능한 기성 수단(장애인용 전동휠체어)에 요구되는 주행 성능기준을 참고하여, 고령자용 개인교통수단이 갖춰야 할 요구 성능수준을 정의

### Ⅲ. 조사 방법론 정의 및 조사 수행

#### 1. 조사 항목 및 방법론 정의

고령자용 개인교통수단이 보도 공간을 주행함에 있어 극복하여야 할 다양한 유형의 장애요인을 정의하고, 장애요인을 정량/정성적으로 판단하기 위한 조사 방법론을 선정한다. 본 조사에서는 보도 및 자전거도로, 이동편의시설에 있어 수단의 주행성능 및 주행안정성에 영향을 미칠 수 있는 요인을 다음 <Table 5>와 같이 정의한다. 주행 시 차체의 동적 안정성과 연관될 수 있는 경사도(횡/종방향) 및 포장재질, 상태에 대한 요소를 조사 항목에 포함하였으며, 보도 단절구간 개소수 및 이때의 연석 높이를 확인하고자 한다. 한편 보행환경 상 설치되는 블라드의 간격 및 가로등 정비 실태를 조사하여 고령자용 개인교통수단 개발 시 하드웨어 사양 결정에 참고 가능하도록 하였다.

<Table 5> Selected points of walking environment survey for the PMD for elderly

Survey point	Reason for selection (relation with PMD)
Property of passage section (function of road)	Basic factors for determine mobility characteristic of passage section
Type of passage section (Sidewalk/Shared-used path for pedestrian and bicycle/Shared-used path for vehicle and pedestrian)	
Pavement material(Asphalt/Polyurethane/Block)	
Pavement condition	Factors related to dynamic stability for the PMD, comfort for the PMD users
Number of obstacle factor for surface flatness	
Disconnection of sidewalk	Disconnection point for movement of the PMD (necessary for overcome curbstone of sidewalk) → Check for performance of the PMD is suitable for overcoming disconnection of passage section type
Type of curb ramp installation	Shared-used section with the PMD and vehicle → Required high-level of dynamic stability for the PMD in this type of section (Rollover prevention in slope, braking performance in sloped resting area, etc)
Gradient of curb ramp	
Length of curb ramp	
Road light	related to night visibility of the PMD users → related to performance of PMD's head/tail light
Bollard	related to minimum width of the PMD

조사항목 별 조사방법은 다음 <Table 6>과 같이 정의한다. 국내 관련 지침 및 선행연구에 조사방법론이 제시된 항목에 대해서는 해당 방법론을 준용하되, 조사 수행 목적에 맞게 방법론을 일부 수정하여 조사를 수행한다. 조사 방법론이 정의되지 않은 조사 항목에 대해서는, 고령자용 개인교통수단의 주행 상황을 가정하여 주행 안정성에 저하요인이 될 수 있는 요소들을 확인하여 이에 대한 측정방법을 고안한다.

<Table 6> Define survey method for each survey point

Survey point	Survey method
Property of passage section	Check the property when selecting the survey area
Type of passage section	Classify the type/check the material when visiting the survey area
Pavement material	
Pavement condition	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sidewalk : Classified “Good” or “Bad”, after checking and discussion about the evenness of sidewalk with 2 or more investigators</li> <li>- Shared-used path (both vehicle/bike) : Classified “Good” or “Bad”, after checking and discussion about the pavement condition with 2 or more investigators based on “Condition level C from manual for bicycle facility implementation and maintenance”</li> </ul>
Number of obstacle factor for surface flatness	Check the point that corresponded to following points and mark it on the map <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bump of block</li> <li>- Bump of root</li> <li>- Crack, which is strongly im (pothole, etc)</li> <li>- Around the drainage facility (manhole, etc) that have the height difference between pavement surface and drainage facility bigger than 3cm</li> </ul>
Disconnection of sidewalk	Check the number of disconnection point of sidewalk, and measure the height of sidewalk (curbstone)
Type of curb ramp installation	Determine type of installation with moving direction based on mobility scenario
Gradient of sidewalk ramp	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gradient : Select 3 points that have highest gradient in the ramp by witness, measure gradient by inclinometer for selected points, and average measured gradients</li> <li>- Length : Measure sloped section of curb ramp</li> </ul>
Length of sidewalk ramp	
Road light	Check the installation status of road light in survey section
Bollard	Check the bollard installed location on map and measure installation interval of bollards

## 2. 통행 시나리오 기반 조사 대상지 선정

본 연구에서는 고령자가 일상생활을 영위하는 과정에서 출현 빈도가 높을 것으로 판단되는 시나리오를 구성하고, 시나리오에 대한 이동 경로를 특정하여 조사 대상 구간을 선정하되 조사 시 다양한 보행환경에 대한 확인이 가능하도록 조사 구간을 선정하였다. 선정된 조사 구간은 경기도 고양시 일산신도시 일원(대화역 및 주엽역 인근)으로, 전반적으로 평탄한 평지 지역으로서 90년대 초반 일산신도시 조성 당시 보행전용공간에 대한 개념이 반영되어 차량과 분리된 보행로(공원길 등)가 위치하며 도로를 횡단하는 보행육교가 설치되어 있다. 특히 본 지역은 2개소의 노인종합복지관(대화노인종합복지관, 일산노인종합복지관)이 위치하여 고령자보호구역(실버존)으로 지정된 도로 구간이 존재한다.

고령자가 일상생활에서 통행을 자주 수행할 것으로 예상되는 네 가지 시나리오(집→복지관, 집→의료기관, 집→공원, 집→상업시설/지하철역)를 기반으로 상세 조사 구간을 선정하였으며, 조사 구간의 총 연장은 약 2.6km로 <Fig. 2>와 같다. 조사는 2인 1조로 수행하며, 조사자는 모든 구간을 도보로 이동하며 조사지에 측정 수치 및 상태를 기록하며, 포장 상태 등 정성적 항목에 대한 판단을 조사자 간 합의를 통해 결정한다. 거리는 줄자를 사용하여 측정하였으며, 경사각도 측정에는 스마트폰 App인 Clinometer를 사용한다. 조사 항목 및 조사 방법론을 확정된 후, 2017년 2월과 3월의 맑은날 주간에 보행환경 조사를 수행하였다.

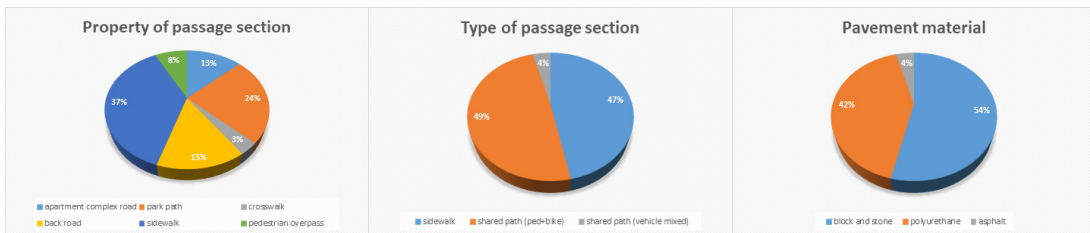
<p>Selected survey area</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scenario 1 : Home → Elderly care center</li> <li>• Scenario 2 : Home → Medical center</li> <li>• Scenario 3 : Home → Park</li> <li>• Scenario 4 : Home → Station (shopping center)</li> </ul>
<p>Field survey (in Feb/Mar, 2017)</p>	

〈Fig. 2〉 (above) field survey area (below) field survey scene

## IV. 조사 결과 분석

### 1. 조사 결과 요약

조사 대상 구간의 속성 검토 결과, 고령자의 일반적인 생활권역에서 접할 수 있는 다양한 유형의 통행 공간이 조합되어 있음을 확인할 수 있었다. 조사 대상 구간 중 절반 가량은 자전거보행자겸용도로(탄성 혹은 유색 아스팔트 포장)로 정비되어 있으며, 횡단보도 구간을 포함한 일부 구간에서는 차도를 이용하여 통행이 이뤄져야 함을 확인하였다. 포장재질에 대한 조사 결과 조사 대상 구간 중 보도 구간은 전체가 보도블록 혹은 평평한 돌로 정비되어 있으며, 자전거보행자겸용도로는 대부분 유색 탄성포장이 이뤄져있으나 일부 구간은 보도블록으로 정비되어 있으며, 차도혼용구간은 모두 아스팔트로 정비되어 있었다.



〈Fig. 3〉 General property analysis for survey area

조사 대상 구간의 평탄성과 관련하여, 전체 구간 중 83%(2,198m) 구간이 ‘양호’, 17%(465m) 구간이 ‘불량’으로 분류되었다. 포장 상태가 ‘불량’으로 분류된 구간 중 보도블록 포장구간은 220m, 탄성 포장구간은 245m였다. 한편 ‘평탄성 저하지점’으로 총 17개 지점이 확인되었는데, 평탄성 저하를 야기한 요인을 확인하면 (<Fig. 4>) 배수시설(맨홀) 부근에서 평탄성 저하가 발생한 사례가 많아 주행경로 설정 시 배수시설의 위치를 확인하여 이를 우회하는 방안을 고려하여야 함을 확인할 수 있다.





<Fig. 4> Pavement surface evenness survey results

보도 구간의 단절지점은 조사구간 중 총 6개 지점에서 보도가 턱났춤되지 않은 상태가 확인되었으며, 단차 측정 결과 건물 주차장 진출입부를 제외한 4개소의 평균 단차는 14cm로서, 이는 ‘보도시설 설치 및 관리 지침’에서 제시하는 보도부 연석의 표준 높이인 15cm와 근접함을 확인할 수 있다.

볼라드 및 조명에 대한 조사 결과는 다음 <Table 7>과 같다. 규정 상 볼라드 설치 간격은 1.5m로 제시되어 있으나, 평균 볼라드 설치 간격은 1.08m로 확인되어 차체 폭원 및 이동성능(회전반경 등) 설정 시 좁은 공간에서도 원활한 주행이 가능하도록 기기가 설계되어야 함을 확인하였다. 조명시설 관련 분석 결과, 조명이 설치되지 않아 야간에 매우 어두운 구간이 일부 존재하여 조명기기(전조등, 후미등) 설치 시 충분한 조도를 확보할 수 있어야 함을 확인하였다.

<Table 7> Survey results about bollard and road light

Category	Bollard	Road Light
Survey result	10 bollards are installed in survey area → 5 points do not meet the standard of manual (Manual for sidewalk implementation and maintenance, 1.5m), average interval for these bollards is 1.08m	No-light section : about 8% (210m) for entire section → Mainly roads in apartment complex or shared path on residential area with few pedestrian

턱났춤 및 연석경사로의 형태, 연석경사로의 경사도 및 길이에 대해서는 대상 구간에 포함된 연석경사로 38개소(이 중 경사구간을 걸쳐 통과해야 하는 연석경사로는 35개소로 해당 연석경사도에 대해서는 경사길이를 측정)에 대해 조사하였다. 고령자용 개인교통수단용 연석경사로를 통과하여야 하는 35개소의 연석경사로의 경사구간 길이 평균은 179cm로 측정되었으며, 중앙값(Median) 기준으로는 180cm로 측정되었다. 한편 38개소 연석경사로의 평균 경사도는 평균 경사도는 12.2%, 중앙값은 11.2%로 측정되었다. 측정된 연석경사로의 경사도 및 길이를 활용하여 보도의 높이를 추정하였을 때, 보도의 높이는 평균 21cm, 중앙값 19.5cm로 확인된다.

한편 연석경사로의 시공 형태에 대해서는 관련 지침에 명확히 제시되어 있지 않아, 본 연구에서는 현장 조사를 통해 연석경사로의 시공 유형을 설치 위치 및 형태에 따라 <Table 8>과 같이 분류하였다.

<Table 8> Installation type classification about curb ramp

Category		Type A	Type B		Type C	Type D
Type definition		Curb ramp for mid-block crosswalk	Curb ramp for passing mid-block vehicle passage (parking lot, etc) (B-1) Lowering whole corner of sidewalk (B-2) Lowering a part of sidewalk (mainly on center of sidewalk)		Lowering whole corner of sidewalk when crosswalk exists in corner of sidewalk	Lowering each starting point of crosswalk in sidewalk when crosswalk exists in corner of sidewalk
Example						
Movement characteristic	Slope direction	Tilted in slope direction	Tilted in mixed direction (Forward/backward & left/right)	(If $a > b$ ) Tilted in mixed direction or without tilted (If $a \leq b$ ) Tilted in slope direction	Tilted in mixed direction (Forward/backward & left/right)	Tilted in slope direction
	Cross slope direction	(If $a > b$ ) Tilted in cross slope direction (If $a \leq b$ ) Move without tilted position	This type of movement is very rare			(If $a > b$ ) Tilted position in mixed direction (If $a \leq b$ ) Move without tilted position

통행 시나리오 별 경로에 존재하는 연속경사로의 유형 및 유형별 연속경사로의 평균경사도는 <Table 9>와 같이 확인된다.

<Table 9> Number of curb ramp and its average gradient for each mobility scenario

(Scenario 1)	A	B-1	B-2	C	D
Number of curb ramp	8	5	0	0	0
Average gradient (%)	15.3	10.8	-	-	-
(Scenario 2)	A	B-1	B-2	C	D
Number of curb ramp	1	0	5	0	0
Average gradient (%)	9	-	10.9	-	-
(Scenario 3)	A	B-1	B-2	C	D
Number of curb ramp	0	0	4	0	0
Average gradient (%)	-	-	12.5	-	-
(Scenario 4)	A	B-1	B-2	C	D
Number of curb ramp	0	3	4	0	5
Average gradient (%)	-	15.6	12.3	-	10.2

## 2. 통행 장애요인 관련 분석결과

본 조사에서 대상지로 선정된 일산신도시는 1990년대 초반에 정비가 완료된 지역으로서, 보행환경에 대한 정비가 전국적으로도 비교적 양호한 여건이다. 하지만, 본 조사를 통해 확인한 결과 보행환경 정비가 양호한 조건임에도 불구하고, 보행환경에서의 개인교통수단 이용에 있어 다음과 같은 장애요인이 존재함을 확인하였다.

- 보행축이 양호하게 정비되어있음에도 불구하고, 가정의 현관에서 보행축까지 접근하는 과정(주거단지 구내 도로), 보행축과 보행축이 연결되는 구간에서 일부 차도를 이용한 통행이 이뤄져야 하는 구간 확인
- 연석경사로 정비 시, 정비 기준에서 제시하는 경사도를 벗어난 정비 지점이 다수 확인
- 블라드 설치 과정에서 기준 폭원에 미달되는 폭원으로 설치한 사례가 다수 확인
- 배수시설 부근에서의 포장상태 불량(괘임, 블록 이탈 등) 사례 다수 확인
- 야간 주행 시 조명 미 설치로 조도가 떨어지는 구간 존재

이와 같은 장애요인 극복을 위하여, 고령자용 개인교통수단 개발에 있어 고려하여야 할 사항을 다음과 같이 정리하였다.

- 차량과의 상충 및 야간 주행 안전성 확보를 위하여 등화기구(전조등, 후미등) 및 경음기 설치 필요
- 경사로 등판능력 설정 시, 보행환경 정비 지침 상 제시된 경사기준보다 강화된 기준(최소 12.5% 이상 연속등판 가능)에 대응할 수 있는 성능이 확보되어야 함
- 횡단보도 턱낮춤구간 통과를 고려하여, 종방향경사 외에 횡방향경사 및 복합경사에 의한 전도를 방지할 수 있는 차체 구조 및 탑승자세 검토 필요
- 최대한 차체 폭원을 좁게 설계하여, 블라드 등의 노상장애물에 의해 유효 보도폭원이 좁아지는 구간에서도 안정적인 주행이 가능하도록 하여야 함
- 연석에 의해 보도가 단절되어있는 구간을 통과함에 있어, 어느 정도 높이의 연석까지를 허용할 지에 대한 판단이 필요하며, 연석승강기능을 구현하였을 때 극복하여야 할 높이는 최대 15cm임

한편, 고령자용 개인교통수단의 통행 가능 공간을 물리적으로 검토하였을 때, 공원길을 적극적으로 활용하는 것이 적합할 것으로 보인다. 고령자용 개인교통수단 주행성능과 연관되는 지장요인에 대하여 도로 정비 유형별로 분석하였을 때, 공원길은 지장요인의 출현빈도가 적으며, ‘도시공원 및 녹지 등에 관한 법률’ 상 도시공원에서는 노약자가 이륜 이상의 바퀴가 있는 동력장치를 이용하여 차도 외의 장소에 출입하는 행위가 인정됨에 따라 법적으로도 고령자용 개인교통수단의 주행 타당성이 인정된다. 따라서 고령자용 개인교통수단의 보급 확대를 도시공원과 연계하여 검토하는 방안이 적절할 것으로 판단된다. 공원길과는 대조적으로 조사 결과 아파트 단지 구내도로에 경사 관련 지장요인이 다수 분포함을 확인할 수 있었는데, 이는 고령자용 개인교통수단의 안전한 통행환경 정비를 위하여公道와 더불어 주거단지 구내도로에 대한 조사가 필요함을 의미한다.

## 3. 고령자용 개인교통수단 성능 요구수준 정의

본 연구에서 개발하고자 하는 고령자용 개인교통수단과 통행 공간 활용 측면에서 가장 유사한 이동수단인 장애인용 전동휠체어 및 의료용스쿠터에 대한 운전 관련 성능기준은 ‘의료용 스쿠터 기술문서 작성을 위한 가이드라인’(식품의약품안전평가원, 2015)에 <Table 10>과 같이 제시되어 있다. 보도를 주행하는 수단에 대한 주행성능 기준이라는 측면에서, 고령자용 개인교통수단의 주행성능 관련 요구수준을 정의함에 있어 해당 기준에 대한 검토가 필요하다.

〈Table 10〉 Dynamic performance test requirements for electric wheelchair and scooter for disabled

Category <sup>1)</sup>	Type A	Type B	Type C
Maximum safety gradient (°)	3	6	10
Dynamic stability (°) (When uphill movement starts/ends in forward direction & downhill movement ends in forward/backward direction)	3	6	10
Statical stability (°)	6	9	10
Speed (forward, km/h)	15	15	15
Speed (backward, km/h)	Low speed between 70% of maximum speed for forward direction and 5km/h		
Rotation width (mm)	1,300	1,600	2,500
Rotation radius (mm)	1,000	1,300	2,300
Minimum obstacle height (mm)	15	50	100

고령자용 개인교통수단의 운전 성능을 전동휠체어 및 의료용스쿠터에서 제시하고 있는 운전 성능 수준을 참고하여 설정할 때, ‘경사’ 및 ‘장애물 높이’ 관련 요인에 대한 고려가 가장 중요할 것으로 보인다. 이는 보도통행 시 경사에 의한 전복사고를 방지할 수 있도록 제품이 설계되어야 하며, 보도가 단절된 지점 혹은 보도에 장애물이 있는 경우를 극복하기 위한 요구성능을 제시한다는 점에서 타당하다.

현장조사에서 확보한 조사 결과와 성능 요구조건을 상호 비교하였을 때, 등판 관련 성능은 전동휠체어의 ‘B유형’ 이상의 동적 안정성을 확보하여야 함을 확인할 수 있다. 연석경사로 구간에 대해 조사된 경사도를 각도로 환산하면 6.5°(중앙값)~7°(평균값) 이상으로, 동적/정적 안정성이 B유형 이상으로 확보되었을 때 고령자용 개인교통수단이 경사구간에서 안전한 통행이 가능할 것으로 확인된다. 다만 전동휠체어 및 의료용스쿠터의 운전 성능기준에는 동적안정성 측정에 있어 복합경사 조건에 대한 고려가 이뤄지지 않는데, 이동 시 안정성을 극대화한다는 측면에서 고령자용 개인교통수단은 복합경사 구간에 대해서도 동적 안정성을 확보할 수 있도록 설계 및 제작이 이뤄져야 하며 이에 대한 성능 검증방법이 추가적으로 요구된다.

한편 장애물 높이에 대한 성능 기준을 보도 단절 지점에 대한 극복 능력으로 보았을 때, C등급 전동휠체어에서 제시된 기준 성능인 100mm는 현장 실측을 통해 확인된 연석의 높이에 미달됨을 확인할 수 있다. 따라서 고령자용 개인교통수단을 제작함에 있어 장애물 극복 성능을 전동휠체어 C등급에 준하게 확보한다 하더라도, 연석에 대한 극복은 불가능하다. 따라서 고령자용 개인교통수단 운전 성능을 설정함에 있어 연석승강기능은 배제하되, 전동휠체어 B등급 수준의 장애물 극복성능을 준용하여 최소한 5cm 이상의 단차는 스스로 극복하게 하고 5cm 이상 단차가 존재할 때 이를 사용자에게 다양한 방법으로 알려 사용자가 개인교통수단에서 내려 수단을 안전하게 끌고갈 수 있도록 서비스를 구현하는 방안이 적절할 것으로 보인다.

## V. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 고령자를 위한 개인교통수단인 가정 ‘고령자용 개인교통수단’의 개발 사양 정의를 위하여, 보행환경 인프라에 대한 전반적인 조사를 수행하였다. 보행환경 정비 수준이 양호한 일산신도시를 대상으로 보행환경을 조사한 결과, 포장 상태 별 평탄성 저하 요인에 대한 발생 원인을 구분할 수 있었으며 특히 보도

1) Type A : 실외 장애물을 넘어야 할 필요가 없는 작고 조종할 수 있는 휠체어  
 Type B : 일부 실내 환경과 일부 실외 장애물을 넘을 수 있는 작고 조종할 수 있는 휠체어  
 Type C : 실내에서 사용할 필요가 없으나 먼 거리를 갈 수 있고, 실외장애물을 극복할 수 있는 크기가 큰 휠체어

환경에서 고령자가 개인교통수단을 이용함에 있어 안전한 통행을 위해 횡단보도의 연석경사로 등 ‘경사’ 관련 장애요인에 대한 극복 방안을 마련하여 전복 사고의 발생을 억제하는 것이 시급한 것으로 나타났다. 이를 고령자용 개인교통수단과 통행 공간 활용 측면에서 가장 유사한 장애인용 전동휠체어 및 의료용스쿠터에 관한 성능기준과 비교하였을 때, 전동휠체어 B유형 이상의 운전관련 성능이 확보되어야 함을 확인하였다.

다만 고령자용 개인교통수단은 형태 및 기능 면에서 기존의 전동휠체어 혹은 전동스쿠터와는 다르며, 탑승자세 또한 입식/좌석 겸용으로 구상중으로서 기본적인 주행 관련 성능 요구사항 외의 요인은 기존 전동스쿠터와는 다르게 제시되어야 한다. 따라서 우선적으로 주행성능을 전동휠체어 B유형 수준으로 확보될 수 있도록 전동기 및 제어장치, 제동장치 등을 설치한 시작품을 제작한 후, 다양한 탑승자세를 고려한 실 도로 상 시험주행을 반복하는 과정을 통해 장치의 성능 및 구조를 최적화하고, 안전한 주행을 위한 부가 기능을 구현하는 과정이 추가적으로 필요하다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 2017년도 한국ITS학회 춘계학술대회에 발표된 논문을 수정·보완하여 작성되었으며, 본 논문의 저자는 국토교통과학기술진흥원 교통물류연구사업 “고령자 자립지원 개인교통수단 개발” 과제의 지원에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Kim J. S., Seo S. I., Kim I. G., Kang D. H., Lim J. Y. and Kim J. G.(2014), “A Personal Mobility Device for Passenger Transfer in Subway,” *The Korean Society for Urban Railway*, vol. 2, no. 3, pp.209-214.
- Kong J. Y.(2013), “The Safety Incidents Survey of Mobility Assistive Device Users,” *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, vol. 52, no. 2, pp.1-16.
- Lim I. J.(2016), “Introduction of personal mobility and its implications in Japan,” *Road Policy Brief* no. 99, pp.6-7.
- Ministry of Interior and Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2016), *Manual for bicycle facility implementation and maintenance*.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2011), *Manual for sidewalk implementation and maintenance*.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2011), *Research for pedestrian traffic survey and establishing improvement index*.
- National Institute of Food and Drug Safety Evaluation(2015), *Guideline for writing technical documents about medical scooter*.
- National Law Information Center, <http://www.law.go.kr>, 2017.04.05.
- Robot Special Zone Demonstration Experiment Promotion Council and Tsukuba City(2015), *Report for Tsukuba Mobility Robot Demonstration Experiment in 2014*.
- Roh C. G., Park B. J., Moon B. S. and Kim J. S.(2015), “Classification of Walking Capability of the Elderly and Analysis of Characteristics for Each Class,” *Journal of Science and Technology*, vol. 5, no. 5, pp.262-267.