

# 보행자 점유공간 현행화 및 대기공간 서비스수준 산정을 위한 개선 연구

## Study on the Enhancement of the Level of Service for the Pedestrian Queuing Area

윤정은\* · 이경진\*\* · 진형석\*\*\* · 유희천\*\*\*\* · 윤일수\*\*\*\*\*

\* 주저자 : 아주대학교 D.N.A.플러스융합학과 박사과정  
\*\* 공저자 : 아주대학교 D.N.A.플러스융합학과 석박사통합과정  
\*\*\* 교신저자 : ㈜이젠시스 해외컨설팅팀 이사  
\*\*\*\* 공저자 : 포항공과대학교 산업경영공학과 교수  
\*\*\*\*\* 공저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수

Jungeun Yoon\* · Kyeongjin Lee\* · Hyongsuk Jin\*\* · Heecheon You\*\*\* ·  
Ilsoo Yun\*\*\*\*

\* Dept. of D.N.A. Convergence, Ajou University  
\*\* Overseas Consulting Team of EZENSYS Co.,Ltd  
\*\*\* Dept. of Industrial and Management Eng., Pohang University of Science and Technology  
\*\*\*\* Dept. of Transportation System Eng., Ajou University

† Corresponding author : Hyongsuk Jin, hsjin@ezensys.co.kr

Vol. 23 No.1(2024)  
February, 2024  
pp.01~12

pISSN 1738-0774  
eISSN 2384-1729  
<https://doi.org/10.12815/kits.2024.23.1.1>

Received 22 September 2023  
Revised 16 October 2023  
Accepted 23 November 2023

© 2024. The Korea Institute of  
Intelligent Transport Systems. All  
rights reserved.

### 요약

보행자시설은 자동차의 통행이 배제된 상태에서 보행자만의 통행을 위한 시설로서 보행자 도로, 계단, 대기공간 등이 있다. 보행자시설별 보행자 특성과 용량은 보행 통행체계의 설계 및 운영에 중요한 요소이기 때문에, 도로용량편람에서 보행자시설에 대한 용량과 서비스수준 분석방법을 제시하고 있다. 그러나 자동차 위주의 교통정책으로 인해 보행자시설에 대한 분석 방법은 상대적으로 발전이 더디며, 그 결과 현실적인 평가가 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 변화된 도로교통 여건을 반영하고 보행자시설 중 대기공간에 대한 서비스수준 평가의 기준이 되는 인체타원에 한국인 인체 치수 변화를 반영함으로써 현행화된 점유공간을 제시하였다. 또한 새롭게 정의된 점유공간을 바탕으로 대기공간의 서비스수준에 대한 기준값을 새롭게 제시하였다. 현장조사 결과, 본 연구에서 제시한 서비스수준 기준값은 실제 보행 현황을 현실적으로 반영할 수 있음을 확인하였다.

핵심어 : 보행자시설, 대기공간, 인체타원, 점유공간, 서비스수준

### ABSTRACT

Pedestrian facilities encompass pedestrian roads, stairs, and queuing areas exclusively designed for pedestrian use. The Korean Highway Capacity Manual provides guidelines for analyzing the capacity and level of service of pedestrian facilities. However, there is a lack of analysis methods tailored specifically for pedestrian facilities. Therefore, in this study, we introduced a new standard of pedestrian space to account for changes in the Korean body ellipse. Furthermore, based on this newly defined pedestrian space, we proposed a new standard value for the level of service of queuing areas. The results of on-site surveys confirmed that the proposed level of service can effectively reflect the actual walking situation.

Key words : Pedestrian facility, Queuing area, Body ellipse, Pedestrian space, Level of service

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

보행자시설(Pedestrian facility)은 자동차의 통행이 배제된 상태에서 보행자만의 통행을 위한 시설로서 보행자도로, 계단, 대기공간 등이 있다(MLTM, 2013). 보행자시설의 용량(capacity)은 보행자가 이용하는 시설의 종류에 따라 그 특성이 다르며, 이에 따른 서비스수준(level of service, LOS)도 시설별로 효과적도가 다르다(MLTM, 2013). 보행자시설에 대한 서비스수준은 보행속도, 보행밀도, 보행 점유공간 등을 통해 보행자시설의 쾌적한 보행환경을 설명하는 개념이다. 서비스수준은 도로시설처럼 A-F까지 6등급으로 나눌 수 있으며, 서비스수준 A는 가장 좋은 상태, 서비스수준 F는 가장 나쁜 상태를 나타낸다. 일반적으로 서비스수준 E와 서비스수준 F의 경계는 용량이 된다. 이러한 시설별 보행자 특성과 용량, 서비스수준은 보행 통행체계의 운영 및 설계에 중요한 요소가 되며, 도로용량편람(MLTM, 2013)에서 보행자시설에 대한 용량과 서비스수준 분석방법을 제시하고 있다.

도로용량편람(MLTM, 2013)은 교통시설의 용량을 추정하고 서비스수준을 결정하는 기법을 제공하는 문서로서 도로체계의 계획·설계·운영에 사용되는 핵심적인 기준으로 사용되고 있다. 그러나 자동차 위주의 교통정책으로 인하여 보행자시설에 대한 분석방법은 상대적으로 부족한 부분이 존재한다. 예를 들어, 기존 도로용량편람에서 제시하는 보행자시설의 분석방법을 적용하여 서비스수준을 산출할 경우 대부분의 보행자시설의 서비스수준이 A 수준으로 산출되어 현실적인 보행자시설의 평가가 어려운 한계가 있다.

또한, 보행자시설에 대한 분석방법론을 처음 제시한 2001년 도로용량편람(MOCT, 2001) 개정 당시에 사용된 자료는 20년 후인 현재 자료와 차이가 많을 것으로 예상된다. 특히 본 연구의 주요 대상인 대기공간에서 보행자는 일시적으로 대기하게 되며 이때 보행자가 느끼는 서비스수준은 각 보행자가 차지하는 점유공간과 관계된다. 대기공간의 서비스수준을 판정하기 위하여 한 사람이 차지하는 점유공간의 대소를 판단하여야 하는데, 이는 한국인의 표준체형을 근거로 하고 있다. 기존 도로용량편람(MOCT, 2001; MLTM, 2013)에서는 1999년 국립기술품질원에서 발표한 한국인의 표준체형을 기준으로 제시하였지만, 조사항목이 불분명하고 근거자료가 부족한 것으로 나타나 최신 인체치수를 반영한 도로용량편람의 보완이 필요한 실정이다.

본 연구는 변화된 도로교통 여건을 반영하고 보행 서비스수준 평가의 기준이 되는 인체타원에 한국인 인체 치수 변화를 반영하여 현행화된 점유공간을 재산정하고, 보행자시설 대기공간 서비스수준의 기준값을 새롭게 정의하여 도로용량편람의 현실화를 모색하고자 한다.

### 2. 연구의 범위 및 절차

도로용량편람(MOCT, 2001; MLTM, 2013)에서 제시하고 있는 보행자시설 중 대기공간은 횡단보도 앞 대기공간이나 지하철 역사, 대합실, 매표소, 엘리베이터 내 등과 같이 보행자가 밀집하여 대기하고 있는 공간을 말한다. 보행자 대기공간에서의 서비스수준은 보행자의 이동성을 위해 사용할 수 있는 평균 점유공간과 관련이 있기 때문에 한 사람당 점유공간( $m^2$ /인)을 서비스수준 결정을 위한 지표로 사용한다. 대기공간에서의 점유공간 산정을 위해서는 한국인 치수에 대한 연구를 통해 한 사람당 점유공간을 조사해야 한다. 한국인 치수에 적합한 점유공간을 근거로 보행자가 서비스를 받기 위해 일시적으로 대기하는 공간에서의 서비스수준을 산정하는 방식이다(Kim et al., 2002).

본 연구는 이러한 보행자 대기공간의 서비스수준 재산정을 위해 한 사람당 점유공간 산출 시 고려되는 인

체측정 정보와 관련된 국내외 문헌 조사·분석을 연구방법으로 선정하였다. 구체적으로는 인체측정 관련 현황 자료 분석, 관련 국내외 논문, 선행연구 등 문헌고찰, 인체치수 관련 정부 부처 발간자료 및 보고서 등을 검토하였다. 2021년 국가기술표준원에서 발간한 제8차 한국인 인체치수 조사사업(KATS, 2021)에 따라 위팔사이너비, 가슴두께, 엉덩이두께 등의 최신화된 인체측정 정보를 수집하였고, 미국 Transportation Research Board(TRB)에서 발간한 Highway Capacity Manual(HCM)의 보행자 1인당 점유공간 및 신체타원 모형 정보, 미국 Auburn Engineers에서 발간한 인체공학 디자인 가이드라인의 의복 관련 정보 등을 종합적으로 고려하였다.

또한 최신화된 점유공간을 활용하여 산출된 대기공간의 서비스수준 기준값이 실제 보행현황을 반영하는지 알아보기 위해 서울역, 강남역 및 사당역의 신호횡단보도 앞 대기공간에서 보행량을 측정하였다. 평일 오전 7시부터 9시, 오후 18시부터 20시까지의 신호주기별 녹색현시 직전 대기공간 내 최대 관측인원을 측정하였다. 대기공간 면적 및 최대 관측인원에 따른 보행자 1인당 최소 점유공간을 산출하였다. 종합적인 검토를 통해 근거자료를 확보하고, 본 연구의 결과를 바탕으로 향후 도로용량편람을 보완하고 개정하는 데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 관련 이론 및 연구 고찰

### 1. 관련 이론 고찰

Fruin(1971)에서는 보행자가 움직일 때와 서 있을 때 몸의 흔들림을 고려해 보행자의 인체타원(body ellipse) 개념을 가장 처음 도입하였으며, 그 이후 다양한 조사 분석을 통해 검증된 이론을 근거로 미국 도로용량편람의 보행자 인체타원이 설정되었다(Pushkarev and Zupan, 1975).

미국의 Highway Capacity Manual(TRB, 2022)에서는 보행자의 인체타원(body ellipse)에 대해 보행자가 서 있을 때 필요한 최소한의 공간으로 정의하고 있다. 인체타원 설정에 있어서 완충면적 제공을 위해 가슴 폭에 2inch의 여유 폭을 추가하였으며, 최종적으로 가로 폭 20inch, 세로 폭 24inch로 설정하여 2.6ft<sup>2</sup>/인으로 제시하고 있다. 이를 반올림하여 약 0.3m<sup>2</sup>/인을 보행자 인체타원으로 사용하고 있으며, 이는 기존 도로용량편람(MLTM, 2013)에서 설정한 점유면적의 1.5배 수준이다.

이 밖에도 보행밀도의 변화에 따른 보행자 움직임의 모델링을 위해 Fruin(1971)의 인체타원 모델을 확장시킨다거나(Pauls, 2006), 보행시 보행자가 느끼는 심리적인 이유를 반영한 인체타원에 대한 연구(Templer, 1992) 등 지속적으로 인체타원에 대한 연구가 수행되고 있다.

국내 도로용량편람에서 보행자시설을 처음 다룬 2001년 당시 개정한 도로용량편람(MOCT, 2001)에서 제시한 한국인의 표준체형은 <Table 1>과 같다. <Table 1>에서 한 사람당 점유공간은 사람의 가슴 폭과 어깨 폭을 곱한 값으로 구하였다. 가슴 폭과 어깨 폭에 옷 두께를 고려하여 일정 수치를 더해주어 최종적인 한 사람당 점유공간을 제시하였다.

<Table 1> Standard body shape of Koreans

Type	Male	Female
95%	Shoulder breadth : 42.4cm	Shoulder breadth : 37.4cm
	Body depth : 36.2cm	Body depth : 38.1cm
90%	Shoulder breadth : 41.6cm	Shoulder breadth : 37.4cm
	Body depth : 35.5cm	Body depth : 31.4cm
Average	Shoulder breadth : 39.2±1.9cm	Shoulder breadth : 35.3±1.6cm
	Body depth : 32.6±2.1cm	Body depth : 28.8±1.9cm

Source: Korean Highway Capacity Manual(MOCT, 2001)

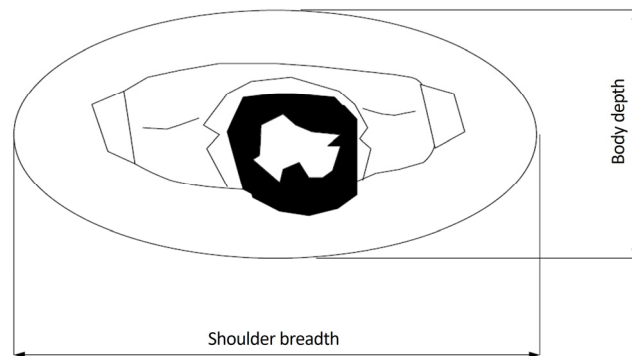
<Table 2> Level of service of queuing area

LOS	Pedestrian space (m <sup>2</sup> /p)	Density (p/m <sup>2</sup> )
A	≥ 1.0	≤ 1.1
B	≥ 0.8	≤ 1.6
C	≥ 0.6	≤ 2.0
D	≥ 0.4	≤ 2.5
E	≥ 0.2	≤ 5.0
F	< 0.2	> 5.0

Source: Korean Highway Capacity Manual(MOCT, 2001)

한국인의 평균 체형을 남성과 여성으로 구분했을 때 가슴 폭과 어깨 폭의 95 percentile 값은 남성의 경우 한 사람당 점유공간이 0.15m<sup>2</sup>, 여성의 경우 0.14m<sup>2</sup>가 된다. 이 두 가지 값 중 최대값인 0.15m<sup>2</sup>를 한국인 한 사람당 점유공간으로 산정하였다. 이 값에 여유폭을 감안하여 가슴 폭과 어깨 폭에 4cm를 추가하였다. 여유폭을 감안하였을 때 한국인 남성 평균체형은 가슴 폭 40.2cm, 어깨 폭 46.4cm가 되어 한 사람당 점유공간은 0.19m<sup>2</sup>, 약 0.2m<sup>2</sup>가 된다. 이렇게 산정된 0.2m<sup>2</sup>/인은 대기공간에서의 서비스수준 E와 F의 경계값으로 제시하였고 각 수준마다 0.2m<sup>2</sup>/인씩 증가시켜 각 서비스수준을 산정하였다. 또한 보행자시설 설계시 설계자들에게 알기 쉬운 서비스수준 산정값을 제시하고자 점유공간에 역수를 취하여 밀도(인/m<sup>2</sup>)로 나타내었다. 이와 같이 기존 도로용량편람에서 제시한 대기공간에서의 서비스수준은 <Table 2>와 같다.

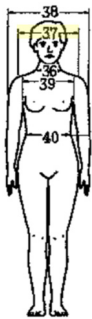

2001년 도로용량편람(MOCT, 2001)에서는 <Fig. 1>과 같이 점유공간 산정에 신체횡단면적으로 가슴 폭과 어깨 폭을 사용하였다고 제시하였으나, 상기 인체치수는 조사항목이 불분명하다. 1999년 국립기술품질원에서 발표한 제4차 인체치수 결과는 <Table 3>과 같다(KNITQ, 1997). 2001년 도로용량편람(MOCT, 2001)에서 제시한 가슴 폭과 한국표준과학연구원에서 측정된 가슴두께의 값이 다름을 알 수 있다. 또한 여유폭을 감안하여 가슴 폭과 어깨 폭에 각 4cm를 추가하여 점유공간을 산정하였다고 설명하였지만 4cm에 대한 근거자료가 부족하다. 따라서 최신자료인 2021년 제8차 인체치수 조사사업(KATS, 2021)의 내용을 토대로 점유공간을 새롭게 산출하고, 의복착용에 대한 여유공간 등을 보다 구체적으로 검토할 필요가 있다.



Source: Korean Highway Capacity Manual(MOCT, 2001)

<Fig. 1> Pedestrian body ellipse for queuing areas

<Table 3> Standard body shape of Koreans

Type	Male	Female	Shoulder breadth(37)	Body depth(45)
95%	Shoulder breadth : 42.4cm	Shoulder breadth : 38.1cm		
	Body depth : 25.2cm	Body depth : 25.4cm		
90%	Shoulder breadth : 41.6cm	Shoulder breadth : 37.4cm		
	Body depth : 24.5cm	Body depth : 24.4cm		
Average	Shoulder breadth : 39.2±1.9cm	Shoulder breadth : 35.3±1.6cm		
	Body depth : 22.0±1.9cm	Body depth: 21.9±1.9cm		

Source: The 4th anthropometric survey report(KNITQ, 1997)

## 2. 선행연구 고찰

도로용량편람(MLTM, 2013)은 Lim and Oh(2002)의 보행자도로 용량산정 연구의 결과를 바탕으로 보행자도로 서비스수준 분석기준을 제시하고 있다. Lim and Oh(2002)는 사당역 내 환승로, 수원역 내 환승로, 강남역 주변 보도, 수원역 주변 보도에서 출근시간대 통근·통학을 목적으로 하는 보행자를 대상으로 각 조사지점의 보행속도와 보행밀도를 산출하였다. 회귀분석을 통해 보행속도와 보행밀도에 관한 일차 직선식을 도출하였고, 도출된 일차 직선식을 통해 보행교통량과 보행속도에 관한 추정식을 구해 각 조사지점의 용량을 산정하였다. 상기 결과는 도로용량편람의 보행자도로 서비스수준 분석기준으로 사용되고 있다. 이후 보행안전 증진 및 보행환경 개선을 위해 보행자도로에 대한 다양한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

Im et al.(2004)는 보행자도로의 기능, 주변 토지이용, 보행행태, 보행 집중시간대 등에 따라 유형을 세 가지로 구분하고 보행교통류의 특성을 파악하여 각 유형에 맞는 보행 서비스수준 평가기준을 제시하였다. 주거지역이나 업무지역에서 출근이나 통학을 목적으로 보행하는 경우에는 물리적 특성에 따라 서비스수준을 구분하는 기존의 방법이 적합하지만, 쇼핑·위락통행이나 산책·여가 통행의 경우에는 A~F까지 6개의 등급을 구분하는 것이 적합하지 않은 것으로 나타나 보행자도로 유형에 따라 평가기준을 세분화할 필요가 있다는 결과를 도출하였다.

Kim and Choi(2007)은 도시부 가로를 대상으로 마주보고 통행하는 보행자들이 상충 시 경험하는 쾌적 수준에 기반한 보행 서비스수준 평가항목을 정의하고 평가하였다. 이를 용도지역별로 조사된 보행 통행특성과 연계하여 도시 보도의 설계 단계에서 활용가능한 서비스수준 평가기준을 제시하였다. 토지이용 특성과 보도의 기능에 따라 설계 통행조건을 전제하고, A~F의 6단계로 구분했던 서비스수준을 양호, 보통, 미흡의 세 등급으로 재 구분하여 보도 설계 서비스수준을 제안하였다. 보행자도로의 설계 및 평가기준에 대해 보다 구체적이고 정량적인 접근이 필요함을 언급하였다.

Lee(2012)는 서울시 전역 10,000개의 지점을 대상으로 보도의 서비스수준을 진단하였다. 기존 도로용량편람의 분석방법으로 서울시 보도의 서비스수준을 진단한 결과, 전체 대상지점의 90% 이상이 서비스수준 A로 판정되어 지나치게 양호한 결과로 나타났다. 보도의 서비스수준 분석과정에 현실을 반영시키고자 유효보도폭의 절대적 값을 고려하여 제시하였고 그 결과 서비스수준 C와 D에서 많은 변화를 보이는 것으로 나타났다. 보도의 서비스수준은 보행량, 보도폭 등의 정량적인 요인과 쾌적성, 편리성, 안전성 등의 정성적인 요인이 복합적

으로 고려되어 산출하는 것이 합리적이거나 정성적인 요인은 계량화하기 어려운 한계가 있다. 보도의 서비스수준 산정시 보행교통의 고유한 특성 및 정성적인 요인들을 반영할 수 있는 연구가 필요하다고 언급하였다.

Kim et al.(2015)는 2009년 조사된 ‘서울시 유동인구조사’ 자료를 바탕으로 현재 도로용량편람에서 제시하는 보행자도로의 효과적도(measures of effectiveness, MOE)를 적용하여 서비스수준 기준의 적정성과 문제점을 파악하고 개선된 서비스수준 기준을 제시하였다. 보행자도로의 서비스수준을 평가하기 위한 효과적으로 점유공간의 개념을 적용하여 새로운 기준을 제시하였고, 그 결과 서비스수준 A로 분석되던 지점의 비율이 94~98%에서 80% 수준으로 감소 되었다. 보행시 여유공간에 따른 보행자의 심리적 상태를 반영함으로써 기존 기준에 비해 현실적인 보행자도로의 서비스수준을 분석할 수 있는 것으로 나타났다.

### 3. 시사점

기존 도로용량편람(MOCT, 2001; MLTM, 2013)과 선행연구 고찰을 통해 문제점을 분석한 결과, 보행자도로 서비스수준 평가에 있어 다양한 효과적도를 검토할 필요가 있음을 알 수 있었다. 또한, 보다 현실성 있는 보행 서비스수준을 제시할 필요가 있다. 기존 기준으로는 현실적인 보행자시설의 서비스수준을 평가하는 것은 한계가 있다고 판단하였다. 본 연구에서는 기존 도로용량편람(MOCT, 2001; MLTM, 2013)의 한계점이었던 인체치수 측정정보를 현행화하고 의복착용에 대한 여유공간을 고려하여 최신화된 점유공간을 도출하고자 한다. 20년전 대비 증가한 한국인 치수변화에 대해 현실화가 반영될 필요가 있다. 또한, 인체치수 정보, 의복착용에 대한 여유공간 등 종합적인 검토를 통해 근거자료를 확보하고 본 연구의 결과를 바탕으로 향후 도로용량편람을 보완하고 개정하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## Ⅲ. 데이터 분석 및 서비스수준 제시

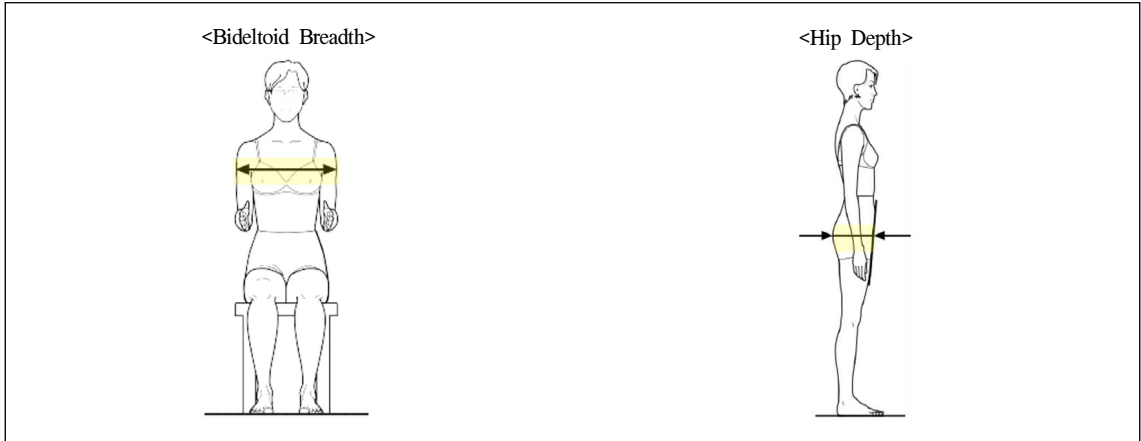
### 1. 보행자 인체타원 모형 개선

보행자 한 사람당 점유공간 산정시 신체횡단면적, 의복착용에 대한 여유공간, 자세 움직임에 대한 여유공간, 사회적 상호작용에 대한 여유공간 등을 고려하여 설정하나, 도로환경의 경우 네 가지 요소 중 신체횡단면적과 의복착용에 대한 여유공간을 고려하여 최소값으로 설정하는 것이 적절하다.

현재 도로용량편람(MLTM, 2013)에서는 <Fig. 1>과 같이 점유공간 산정에 신체횡단면적으로 어깨 폭과 가슴 폭을 사용하였다고 제시하였으나, 상기 인체치수는 조사항목이 불분명하고 근거자료가 부족하므로 2021년 제8차 인체치수 조사사업의 내용을 통해 점유공간을 새롭게 산출하고자 한다.

본 연구에서의 신체횡단면적은 신체너비(body breadth)와 신체두께(body depth)와 관련된 인체치수를 활용하였고, 측정방법은 <Fig. 2>와 같다. 먼저 신체너비는 너비 관련 인체치수 항목들 중 가장 큰 치수 항목인 위팔사이너비(bideltoid breadth)를 사용하여 성인남성 95 percentile 51.7cm로 설정하였다. 신체두께는 두께 관련 인체치수 항목인 가슴두께, 젓가슴두께, 허리두께, 배꼽수준허리두께, 엉덩이두께 중 가장 큰 치수 항목인 엉덩이두께(hip depth)를 사용하여 성인남성 95 percentile 31.2cm로 설정하였다(KATS, 2021).

신체횡단면적 산출에 20~69세 성인남성 95 percentile 값을 사용하는 경우 우리나라 성인인구의 97.5%(여성 100%와 남성 95%)를 수용하는 것이며, 신체가 실제 타원형이지만 직사각형으로 가정하여 산출하는 것이므로 우리나라 성인인구 전체를 수용하는 것으로 볼 수 있다.



Source: The 8th anthropometric survey report(KATS, 2021)

<Fig. 2> Human body dimensions

## 2. 의복에 대한 여유공간 설정

인체치수 조사시 측정복 조건은 ‘착의 시 인체 실루엣의 변화가 없을 것’이나, 평상시 보행자가 보행자시설을 이용할 때에는 의복을 착용하고 있으므로 위에서 산정한 신체횡단면적에 옷 두께에 대한 여유공간을 고려할 필요가 있다. 기존 도로용량편람에서는 대기공간에서의 서비스수준 산정시 어깨 폭 및 가슴 폭을 기준으로 ‘여유폭’을 포함한 면적으로 점유공간을 산정하였으나, 이 ‘여유폭’에 대한 치수나 근거가 제시되어 있지 않았다.

의복에 대한 여유공간과 관련하여 국내외 문헌자료를 검토한 결과, 미국 Auburn Engineers의 Ergonomic Design Guidelines(Auburn Engineers, 1997)에 따르면 의복 유형에 대한 여유공간에 대해 <Table 4>와 같이 제시하였다.

<Table 4> Clothing allowances

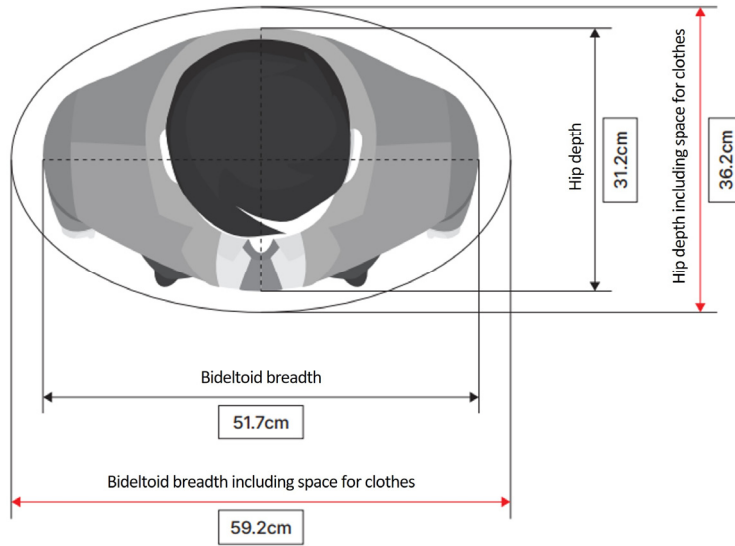
Clothing Type	Allowance (inch)	Most Important Body Dimensions Affected
Men's suit	0.50	Body depth
	0.75-1.0	Body breadth
Women's suit or dress	0.25-.50	Body depth
	0.20-0.70	Body breadth
Winter outerwear over basic suit or dress	2.0	Body depth
	3.0-4.0	Body breadth
	1.75-2.0	Thigh clearance

Source: Ergonomic Design Guidelines(Auburn Engineers, 1997)

일반적으로 실내 환경공간의 의복에 대한 여유공간은 1인치(약 2.5cm)로 고려하는 것이 합리적이지만, 도로 환경의 경우 겨울 실외 환경을 고려하여 신체너비(body breadth)에는 3인치(약 7.5cm), 신체두께(body depth)에는 2인치(약 5cm)를 여유공간으로 설정하는 것이 적절한 것으로 판단하였다.

### 3. 보행자 1인당 점유공간 현행화

보행자 한 사람당 점유공간을 산정하기 위해 신체횡단면적과 의복착用に 대한 여유공간을 도출하였다. 먼저 신체너비는 성인남성 95 percentile에 해당하는 위팔사이너비 51.7cm에 의복여유공간 7.5cm를 더해 주어 59.2cm로 산출하였고, 신체두께는 성인남성 95 percentile에 해당하는 엉덩이두께 31.2cm에 의복여유공간 5cm를 더해 주어 36.2cm로 산출하였다.



<Fig. 3> Proposed pedestrian body ellipse for standing areas

신체횡단면적은 산출된 신체너비 0.6m와 신체두께 0.4m를 곱하여 보행자 한 사람당 점유공간은 0.24㎡로 도출하였다. 이는 기존 도로용량편람에서 제시한 점유공간 0.2㎡/인 대비 20% 증가하여 인체치수변화가 반영된 것으로 볼 수 있다. 따라서 최신화된 신체횡단면적과 여유폭을 고려한 한 사람당 점유공간은 0.24㎡/인이며, 이는 대기공간에서의 서비스수준 E와 F의 경계값, 즉 용량의 기준이 되는 것이 바람직하다.

<Table 5> Proposed level of service of queuing area

LOS	The original criteria		Proposed criteria	
	Pedesrtan space (m <sup>2</sup> /p)	Density (p/m <sup>2</sup> )	Pedesrtan space (m <sup>2</sup> /p)	Density (p/m <sup>2</sup> )
A	≥ 1.0	≤ 1.1	≥ 1.20	≤ 0.8
B	≥ 0.8	≤ 1.6	≥ 0.96	≤ 1.0
C	≥ 0.6	≤ 2.0	≥ 0.72	≤ 1.4
D	≥ 0.4	≤ 2.5	≥ 0.48	≤ 2.1
E	≥ 0.2	≤ 5.0	≥ 0.24	≤ 4.2
F	< 0.2	> 5.0	< 0.24	> 4.2




#### 4. 개선된 서비스수준 분석 기준 검증 및 적용

도로용량편람(MLTM, 2013)에서 제시한 점유공간 대비 20% 증가한 서비스수준 기준값이 실제 보행현황을 반영하는지 분석하고, <Table 5>와 같이 수정안으로 도출한 서비스수준 분석 기준의 적용성을 판단하고자 한다. 이를 위해 보행량을 관측하여 점유공간과 밀도를 산출하고자 조사를 수행하였다.

본 연구에서는 보행자가 밀집한 도시부를 기준으로 조사분석을 수행하였다. 이는 도시부 뿐만 아니라 지방부의 보행 서비스수준 또한 대표할 수 있을 것으로 판단하였다. 이에 출퇴근 시간대의 보행량이 많은 것으로 나타난 서울역, 사당역, 강남역의 신호횡단보도 앞 대기공간을 분석대상지로 설정하여 평일 오전 7시부터 9시까지, 오후 6시부터 8시까지의 보행량을 측정하였다. 신호주기별 녹색현시가 켜지기 직전에 대기공간에 있는 인원을 관측하여 최대 관측인원을 수집하였고, 대기공간 면적에 따른 보행자 1인당 최소 점유공간을 산출하였다.


서울역의 경우 서울역버스종합환승센터 4번 승강장에서 버스 하차 후 서울역 방향으로 통행하기 위해 신호를 대기하는 공간으로 설정하였다. 대기공간 면적은 가로 5.5m, 세로 1.2m로 6.6㎡ 내에서 신호주기별 149회를 관측한 결과, 최대 관측인원은 18명으로 1인당 점유공간은 0.37㎡/인, 밀도는 2.73인/㎡로 나타났다. 최대보행량으로 측정된 상위 첫 번째 시간의 서비스수준 분석시 E에 해당하며 신호현시가 짧고 대기공간 면적이 비교적 작은 지점에 보행량이 가득 차 있는 것으로 분석되어 서비스수준이 현실에 맞게 적절히 평가된 것으로 판단된다.

<Table 6> Survey results for Seoul station

The scene with the most pedestrian traffic		Measures of effectiveness			
	No.	No. of pedestrians (p)	Pedestrian space (㎡/p)	Density (p/㎡)	LOS
	1	18	0.37	2.73	E
	2	17	0.39	2.58	E
	3	16	0.41	2.42	E
	4	15	0.44	2.27	E
	5	14	0.47	2.12	E
	6	13	0.51	1.97	D
	...	...	...	...	...


사당역의 경우 남태령역에서 사당역 방면 중앙버스차로에서 버스 하차 후 사당역 3번 출구방향으로 통행하기 위해 신호를 대기하는 공간으로 설정하였다. 대기공간 면적은 가로 10.2m, 세로 2.4m로 24.5㎡ 내에서 신호주기별 67회를 관측한 결과, 최대 관측인원은 51명으로 1인당 점유공간은 0.48㎡/인, 밀도는 2.08인/㎡로 나타났다. 최대보행량으로 측정된 상위 첫 번째 시간의 서비스수준 분석시 기존 서비스수준 기준값으로는 C와 D의 중간에 해당하지만, 재산정한 서비스수준 기준값으로는 D의 경계에 해당하는 것으로 나타났다. 기존의 서비스수준 기준값보다 보행자가 느끼는 서비스수준을 현실적으로 평가할 수 있도록 변화된 것으로 합리적인 결과를 보였다.

<Table 7> Results of a survey Sadang Station

The scene with the most pedestrian traffic		Measures of effectiveness			
	No.	No. of pedestrians (p)	Pedestrian space (m <sup>2</sup> /p)	Density (p/m <sup>2</sup> )	LOS
	1	51	0.48	2.08	D
	2	48	0.51	1.96	D
	2	48	0.51	1.96	D
	4	47	0.52	1.92	D
	5	46	0.53	1.88	D
	5	46	0.53	1.88	D
	...	...	...	...	...

강남역의 경우 강남대로 동일빌딩 앞에서 신논현역 방면 중앙버스차로 방향으로 횡단하기 위해 신호를 대기하는 공간으로 설정하였다. 대기공간 면적은 가로 8.5m, 세로 4.0m로 34.0m<sup>2</sup> 내에서 신호주기별 88회를 관측한 결과, 최대 관측인원은 64인으로 1인당 점유공간은 0.53m<sup>2</sup>/인, 밀도는 1.88인/m<sup>2</sup>으로 나타났다. 최대보행량으로 측정된 상위 첫 번째 시간의 밀도 분석시 기존 서비스수준 기준값으로는 C에 해당하지만, 재산정한 서비스수준 기준값으로는 D에 해당하는 것으로 나타났다. 기존 대비 20% 증가한 한국인 인체치수를 고려할 때, 수정안으로 제시한 서비스수준 기준값은 실제 보행현황을 현실적으로 반영할 수 있다고 판단된다.

<Table 8> Results of a survey Gangnam Station

The scene with the most pedestrian traffic		Measures of effectiveness			
	No.	No. of pedestrians (p)	Pedestrian space (m <sup>2</sup> /p)	Density (p/m <sup>2</sup> )	LOS
	1	64	0.53	1.88	D
	2	61	0.56	1.79	D
	3	59	0.58	1.74	D
	4	57	0.60	1.68	D
	5	56	0.61	1.65	D
	6	54	0.63	1.59	D
	...	...	...	...	...

기존 도로용량편람에서 제시하는 보행자시설의 분석방법을 적용하여 서비스수준을 산출할 경우 대부분의 보행자시설의 서비스수준이 A 수준으로 산출되어 현실적인 보행자시설의 평가가 어려운 한계가 있었다. 본 연구에서 제시한 점유공간(m<sup>2</sup>/인)과 밀도(인/m<sup>2</sup>)로 평가한다면 기존의 서비스수준 기준값보다 보행자가 느끼는 서비스수준을 비교적 현실적으로 잘 묘사할 수 있을 것으로 기대된다.

보행자 중심의 도로로 변화하기 위해서는 보행 안전을 향상시키고 쾌적한 보행환경이 제공되어야 하며, 이를 위해서는 보행자가 느끼는 보행환경을 현실적으로 평가하는 것이 선행되어야 할 것이다. 이러한 관점에서 본 연구에서 제시한 기준은 향후 보행자도로에 대한 합리적인 평가 기준이 될 수 있을 것으로 사료된다.

#### IV. 결론 및 향후 연구과제

보행자시설은 보행자도로, 계단, 대기공간 등으로 보행자가 이용하는 시설에 따라 그 특성이 다르며, 보행 속도, 보행밀도, 보행 점유공간 등을 통해 보행자시설의 보행환경을 서비스수준으로 평가한다. 서비스수준은 A-F까지 6등급으로 나눌 수 있으며 일반적으로 서비스수준 E와 서비스수준 F의 경계는 용량이 된다. 시설 별 보행자 특성과 용량 및 서비스수준은 보행 통행체계의 운영과 설계에 중요한 요소가 되며, 국토교통부의 도로용량편람에서 보행자시설에 대한 용량과 서비스수준 분석방법을 제시하고 있다.

도로용량편람(MLTM, 2013)은 교통시설의 용량을 추정하고 서비스수준을 결정하는 기법을 제공하는 문서로서 도로체계의 계획·설계·운영에 사용되는 핵심적인 기준으로 사용되고 있다. 그러나 자동차 위주의 교통 계획으로 인하여 보행자시설에 대한 분석방법은 상대적으로 부족한 부분이 존재한다. 기존 도로용량편람에서 제시하는 보행자시설의 분석방법을 적용하여 서비스수준을 산출할 경우 대부분 A 수준으로 산출되어 현실적인 보행자시설의 평가가 어려운 한계가 있다. 또한 보행자시설에 대해 처음 제시한 2001년 도로용량편람(MOCT, 2001) 개정 당시에 사용된 자료는 20년 후인 현재 자료와 차이가 많을 것으로 예상된다는 문제점을 제기하였다.

특히 본 연구의 주요 대상인 대기공간에서 보행자는 일시적으로 대기하게 되며 이때 보행자가 느끼는 서비스수준은 각 보행자가 차지하는 점유공간과 관계된다. 대기공간의 서비스수준을 판정하기 위하여 한 사람이 차지하는 점유공간의 대소를 판단하여야 하는데, 이는 한국인의 표준체형을 근거로 하고 있다. 1999년 국립기술품질원에서 발표한 한국인의 표준체형을 기준으로 제시하였지만, 조사항목이 불분명하고 근거자료가 부족한 것으로 나타나 최신 인체치수를 반영한 도로용량편람의 보완이 필요한 실정이다.

본 연구를 통해 기존 도로용량편람의 한계점이었던 인체치수 측정정보를 현행화하고 의복착용에 대한 여유공간을 고려하여 최신화된 점유공간이 도출되었다. 20년전 대비 20% 증가한 점유공간은 한국인 치수변화에 대한 현실화가 반영되었다. 또한, 인체치수 정보, 의복착용에 대한 여유공간 등 종합적인 검토를 통해 근거자료를 확보하였다. 본 연구에서 새롭게 제시한 대기공간 서비스수준 수정안을 바탕으로 향후 도로용량편람을 보완하고 개정하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

자동차 위주의 교통계획에서 이제는 보행교통에 대한 관심이 점차 높아지면서 보행자시설의 용량분석과 서비스수준 평가 등 요구가 많아질 것으로 예상된다. 본 연구에서 수행한 대기공간 외에 보행자도로, 계단 등 보행자시설에 대한 서비스수준의 재산정도 필요하다. 또한, 도로용량편람의 보행자시설에 대한 분석이 실무 의사결정에 어떻게 활용되고 있는지, 어떤 개선안이 제기되고 있는지 검토하여 향후 보행자시설의 용량 및 서비스수준 분석 개선의 시사점을 종합적으로 도출할 필요가 있다.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 대한교통학회 제87회 학술발표회(2022.9.30.)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성하였습니다. 본 연구는 국토교통부가 발주한 “도로용량편람 개정 연구”와 과학기술정보통신부 및 경찰청의 연구비 지원(RS-2023-00230558)에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Auburn Engineers(1997), *Ergonomic Design Guidelines*, Auburn, AL: Auburn Engineers Inc.
- Fruin, J. J.(1971), *Pedestrian Planning and Design*, *Elevator World*, New York.
- Im, J. K., Shin, H. S. and Kim, H. C.(2004), “New Pedestrian Level of Service by Trip Purpose and Walkway Function”, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, vol. 24, no. 5, pp.723-728.
- Kim, E. C., Choi, E. J. and Yang, J. Y.(2015), “A Study on Enhancement Methods of Level of Service Analysis for Pedestrian Sidewalks”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 33, no. 1, pp.29-39.
- Kim, J. H., Oh, Y. T., Son, Y. T. and Park, W. S.(2002), “A Study on Estimating Level-of-Service for Pedestrian Facilities”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 20, no. 1, pp.149-156.
- Kim, Y. S. and Choi, J. S.(2007), “Evaluation of Sidewalk Level of Service Considering Land Use Patterns”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 25, no. 2, pp.83-93.
- Korea National Institute of Technology and Quality(KNITQ)(1997), *The 4th Anthropometric survey report*, Size Korea.
- Korean Agency for Technology and Standards(KATS)(2021), *The 8th Anthropometric survey report*, Size Korea.
- Lee, S. H.(2012), “Improvement of Analysis Method for Pedestrian LOS on Sidewalk in Seoul”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 30, no. 3, pp.7-15.
- Lim, J. S. and Oh, Y. T.(2002), “Estimation of Pedestrian Capacity for Walkway”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 20, no. 1, pp.91-99.
- Ministry of Construction and Transportation(MOCT)(2001), *Korean Highway Capacity Manual*.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTM)(2013), *Korean Highway Capacity Manual*.
- Pauls, J.(2006), “Stairways and Ergonomics”, *Proceedings of American Society of Safety*.
- Pushkare, B. and Zupan, J. M.(1975), “Capacity of walkways”, *54th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, pp.1-15.
- Templer, J. A.(1992), *The Staircase: Studies of Hazards, Falls, and Safer Design*, The MIT Press, Cambridge, MA.
- Transportation Research Board(2022), *Highway Capacity Manual* (7th ed.).