

보행자도로 서비스 수준 분석방법 개선 연구

김응철¹ · 최은진^{2*} · 양주영¹

¹인천대학교 건설환경공학과, ²인천대학교 공학기술연구소

A Study on Enhancement Methods of Level of Service Analysis for Pedestrian Sidewalks

KIM, Eungcheol¹ · CHOI, Eun Jin^{2*} · YANG, Joo Young¹

¹Department of Civil & Environmental Engineering, Incheon National University, Incheon 406-772, Korea

²Research Institute of Engineering and Technology, Incheon National University, Incheon 406-772, Korea

Abstract

Currently, level of service(LOS) analysis methods for pedestrian sidewalks are provided in Korean Highway Capacity Manual(KHCM, 2013). However, conventional methods provided in the KHCM produce most of pedestrian sidewalks' LOS as level A, indicating that existing analysis methods are unable to reflect realistic pedestrian sidewalks' LOS. The objectives of this research are to identify the suitability of current LOS criteria and to propose improved LOS evaluation criteria and methods with pedestrian volume data carried out for 10,000 sites in 2009. This research proposes new criteria by using the qualitative definition of LOS proposed by Fruin and Hall, new standard Korean human scale and new criteria of pedestrian occupancy space. Application results of new criteria show that more realistic results can be achieved than the existing methods. It is expected that applying the newly developed criteria and methods can make planning, design and construction of pedestrian sidewalks more realistic and various.

현재 보행자도로의 LOS분석 방법은 한국도로용량편람(2013)의 보행자시설편에서 제공하고 있다. 그러나 용량편람에서 제시하는 보행자도로의 분석방법을 적용하여 LOS를 산출할 경우, 분석지점의 대부분이 A수준으로 산출되어 현실적인 보행자도로의 서비스 수준을 반영하지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 연구는, 2009년 조사된 '서울시 유동인구조사' 자료를 바탕으로 현재 도로용량편람에서 제시하는 보행자도로의 MOE를 적용하여 LOS기준의 적정성과 문제점을 파악하고, 보다 개선되어진 LOS기준을 제시하고자 하였다. 이의 개선방안으로 본 연구에서는 표준인체치수의 최신화, 보행점유공간의 여유폭 고려, Fruin과 Hall의 연구에서 제시하는 LOS의 정성적인 정의를 활용하여 새로운 기준을 제시하였다. 새로운 기준의 적용결과 종전의 보행자도로 LOS판단 기준보다 합리적인 결과를 보였으며, 본 연구 결과를 바탕으로 추후 보행자도로에 관한 현실적이고 다양한 계획·설계·시공이 가능할 것으로 판단된다.

Keywords

LOS criteria, occupancy space, pedestrian, pedestrian flow rate, sidewalk
LOS기준, 점유공간, 보행자, 보행교통류율, 보행자도로

* : Corresponding Author
toryjin1532@naver.com, Phone: +82-10-5484-1523, Fax: +82-32-835-0775

Received 17 September 2014, Accepted 8 December 2014

서론

1. 연구의 배경 및 목적

보행은 인간의 가장 기초적인 교통수단으로 각종 활동을 비롯하여 도시 시설의 이용을 위해 필수적으로 이루어지는 행위이다. 또한 지속가능한 교통발전에서도 보행은 가장 기본적이며 중요한 위상을 가지고 있다. 따라서 안전하고 쾌적한 보행이 가능한 공간을 제공하는 것은 필수적이다.

보행공간의 안전성 쾌적성 제고를 위해서는 운영 중이거나 계획 중인 보행자도로의 설계 및 운영 상태를 올바르게 평가하는 것이 중요할 것이다. 이를 위한 평가방법론은 현재 Korea Highway Capacity Manual(Ministry of Land, Infrastructure and Transportation:MLIT, 2013)의 보행자시설편에서 제공하고 있다. 그러나 현재 KHCM의 분석방법론에 따라 보행자도로의 서비스 수준을 분석할 경우, 분석지점의 대부분이 A수준으로 분석되어 현실적인 서비스 수준을 반영하지 못한다는 평가를 받고 있는 실정이다(Lee S. H., 2012). 이것은 보행자도로의 서비스 수준을 평가하기 위한 개념이 차량과 동일한 교통량-속도-밀도 관계에 의존하고 있어 정성적 평가가 중요시되는 보행자도로의 특성을 반영하지 못하는 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 위와 같은 문제를 개선하기 위해 보행자도로의 서비스 수준 분석방법론에서 적용하는 효과적도 및 그 기준의 적정성과 문제점을 파악하고, 이에 대한 개선방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 KHCM(MLIT, 2013)과 Highway Capacity Manual(Transportation Research Board:TRB, 2010)에서 제시하는 보행자도로 서비스 수준 분석방법론을 검토하여 문제점을 분석하고 이를 바탕으로 보행자 기존의 보행자도로 서비스 분석 방법론을 개선하고자 하였다.

KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)에서 보행자도로의 서비스 수준을 평가하기 위해 제시하는 각각의 효과적도와 기준 값, 값의 산정배경 등을 면밀히 검토하여 문제점을 분석하였다. 또한 '서울시 유동

인구 조사'자료를 바탕으로 KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)의 방법론을 적용하여 서비스수준을 평가한 결과를 비교분석하여 새로운 보행자도로 서비스 수준 분석을 위한 효과적도와 기준값의 산정방향을 결정하고자 하였다.

보행환경에 따른 보행자의 정성적 특성을 반영한 연구를 바탕으로 새로운 서비스 수준의 분석방안을 제시하였으며 이 결과를 KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)의 분석결과와 비교분석하여 적정성을 검토하고자 하였다.

본 연구는 2009년 서울시 유동인구 조사 자료를 이용하여 서비스수준을 분석하고 연구를 진행하였으므로, 시간적, 공간적 범위는 서울시 유동인구 조사 자료와 같다.

기존문헌고찰

1. 보행자도로 서비스 수준 관련 연구 사례

KHCM(MLIT, 2013)에서 제시하는 보행자도로 서비스 수준 분석기준은 Lim J. S. et al.(2002)의 보행자도로 용량산정 연구에서 제시한 결과를 이용하고 있다. 이후 보행활성화를 위한 보행환경개선 및 보행안전 증진을 위해 보행자 도로 서비스 수준 기준의 개선에 대한 다양한 연구가 지속적으로 이루어지고 있는 실정이다.

Park Y. C.(2002)의 연구에서는 보행자의 보행에 대한 속도와 밀도, 통행량에 대한 관계를 규명하였다. 통행량의 경우 속도와 밀도에 비례하고 속도는 밀도에 반비례하는 일반적인 개념이 실제로 행해지는 보행행태와는 상이하다는 사실을 연구 결과 검증하였다. 이를 바탕으로 보행속도는 토지이용 그리고 통행목적에 따라 달라짐을 언급하며 현실적인 보행행태를 설명할 수 있는 모형이 필요함을 강조하였다.

Kim S. H. et al.(2006)의 연구에서는 보행자-차량 혼용도로에서의 서비스 수준 분석법에 대하여 연구하였다. 이는 기존의 보행자 도로를 대상으로 한 서비스 수준 분석 방법이 보차혼용도로의 여러 가지 특성을 반영하지 못하는 한계점을 극복하기 위한 연구로 시공간점유량(Time-Space Occupancy Volume: TSOV)의 개념을 적용한 점유면적 산정방법을 제시한다. 실험을 통해 시공간점유량을 산출하기 위한 여러 가지 파라미터를 도출하였으며 이를 통해 시공간점유량을 산출하여 서비스 수준을 분석한 결과 보행교통류율과 밀도에서는 모두 A

수준으로 분석된 결과가 A,B,F 수준으로 분석되는 것으로 나타났다.

Kim Y. S. et al.(2007)는 기존의 KHCM(MLIT, 2001)이 제공하는 보도의 서비스 수준의 기준이 보행량에 따른 통행상태를 연계하기 위해 노력하였으나 미흡한 부분이 있음을 언급하였다. 따라서 토지의 이용특성에 따른 보도 설계 서비스 수준을 제안하고자 하였다. 그 결과 용도지역과 보도의 기능에 따라 서비스 수준을 ‘양호’, ‘보통’, ‘미흡’ 세 가지로 구분하고 이에 상응하는 유효 보도폭 값을 제시하였다.

Ji O. S. et al.(2008)의 연구에서는 현 서비스 수준 산정방법에 대해 보행자의 개인특성이 고려되지 못하고 있음을 언급하며 보행환경을 구성하는 여러 가지 요소 따라 보행속도와 만족도가 달라질 수 있다고 주장하였다. 보도에 대한 만족도는 주로 안전성, 편리성, 쾌적성을 나타내는 변수들이 보행환경 개선에 필요한 기초적 요인인 것으로 분석하였다.

Lee S. H.(2012)의 연구에서는 KHCM(MLIT, 2008) 보행시설의 보행 서비스 수준 산정 방법론이 지나치게 양호한 결과가 산정됨을 문제점으로 지적하고 유효 보도폭의 절대 값을 고려하는 새로운 분석방법론을 제시하였다. 또한 향후 보도의 보행서비스 수준 산정 결과 값이 더욱 현실적이기 위해서는 보도의 보행 서비스 수준 산정 시 보행교통의 고유한 특성 및 정성적인 요인들을 반영할 수 있는 방법론에 대한 연구가 수행되어야 한다고 언급하였다.

과거의 서비스 수준을 평가하는 기준은 보행자도로의 용량과 보행속도를 바탕으로 정량적인 설계 기준을 제시하고자 제공되었다. 그러나 현대의 보행자 도로의 서비스 수준 평가는 보행자의 정성적 평가를 반영한 서비스 수준의 평가에 대한 필요성이 증대되고 있는 것으로 나타난다.

2. KHCM과 HCM의 보행자도로 서비스 수준 분석방법

1) KHCM(MLIT, 2013)

KHCM(MLIT, 2013)은 보행자시설편에서 보행자도로, 계단, 대기공간, 횡단보도의 서비스 수준 분석 방법과 기준을 제시하고 있다. 이 중 보행자 도로의 서비스 수준을 분석하기 위한 주요 효과적도로는 보행교통류율과 보행자 점유공간을 적용하며 그 기준은 Table 1과

Table 1. LOS criteria for sidewalk in KHCM(MLIT, 2013)

LOS	Flow Rate (p/min/m)	Occupancy Space (m/p)	Density (p/m)	Average Speed (m/min)
A	≤ 20	≥ 3.3	≤ 0.3	≥ 75
B	≤ 32	≥ 2.0	≤ 0.5	≥ 72
C	≤ 46	≥ 1.4	≤ 0.7	≥ 69
D	≤ 70	≥ 0.9	≤ 1.1	≥ 62
E	≤ 106	≥ 0.38	≤ 2.6	≥ 40
F	-	< 0.38	> 2.6	< 40

같이 제시하고 있다.

보행교통류율이란 ‘1분 동안 단위 m당 지나간 보행자의 수’이며 단위로는 인/분/m를 사용한다. 점유공간은 ‘보행자 1인당 점유하고 있는 면적’으로 m²/인 단위를 사용한다.

보행자 점유공간은 보행자 밀도에 대한 역수의 개념으로 ‘보행자 1인당 이용 가능한 공간의 크기’를 의미하며 KHCM(MLIT, 2013)에서 제시하는 보행자 교통류율과 보행자 점유공간의 서비스 수준은 Table 1과 같다.

Table 1에 제시된 용량상태에서의 점유면적은 Lim J.S. et al.(2002)의 연구에서 도출된 것으로 주요 역사의 환승로와 보도를 대상으로 실험을 실시한 결과를 이용하였다. 실험대상지에 대해 보행속도와 밀도를 측정하여 보행밀도를 독립변수로 하는 보행속도 회귀식을 도출하고, 이를 다시 보행교통량-보행속도-보행점유공간의 관계식을 적용하여 보행교통류율을 도출하였다.

해당 연구에서의 용량상태는 강남역 보도의 임계밀도를 회귀식과 관계식에 적용하여 도출한 보행교통류율을 적용하며, 점유면적은 임계밀도를 역산한 것이다. 즉, 현재 KHCM(MLIT, 2013)의 보행자 서비스 수준을 평가하기 위한 기준은 보행공간적인 측면을 고려하기보다 차량과 같이 교통의 흐름 측면으로 고려하고 있다.

2) HCM(TRB, 2010)

미국에서는 TRB에서 발행한 HCM(TRB, 2010)에서 보행자도로의 서비스 수준 분석방법론을 제공하고 있다. HCM(TRB, 2010)에서의 보행자도로 효과적도로는 점유공간이며, 보조효과적도로 보행교통류율, 속도, V/C비를 사용하고 있다(Table 2). 주요 효과적도로를 보행교통류율과 점유공간, 밀도, 보행속도로 사용하고 있는 국내의 방법론과는 차이가 있는 것으로 나타난다.

HCM(TRB, 2010)에서 보행자 도로의 용량상태는

Table 2. LOS criteria for walkway in HCM(TRB, 2010)

LOS	Occupancy Space (m/p)	Flow Rate (p/min/m)	Average Speed (m/min)	V/C Ratio
A	> 5.57	≤ 16.4	≥ 78	≤ 0.21
B	> 3.72	≤ 22.97	≥ 76	≤ 0.31
C	> 2.23	≤ 32.81	≥ 73	≤ 0.44
D	> 1.39	≤ 49.21	≥ 69	≤ 0.65
E	> 0.74	≤ 75.46	≥ 46	≤ 1.00
F	≤ 0.74	-	< 46	-

Table 3. Comparison of body ellipses and occupancy spaces in HCM(TRB, 2010) and KHCM(MLIT, 2013)

	KHCM	HCM
Human Scale		
Bideltoid Breadth	39.9cm	57.9cm
Chest Depth	37.2cm	33cm
Area	0.12m ²	0.14m ²
Body Ellipse	0.2m ²	0.28m ² (3ft ²)
Occupancy Space at Service Level E	0.38m ²	0.74m ² (8ft ²)

Fruin(1991)에서 제시한 보행자의 완충공간을 고려한 최소 공간의 개념을 적용한다. 완충공간은 심리적 개론에 의하여 인체공학적 혹은 운동학적으로 충돌을 피하기 위한 개인적 공간에서의 여유 공간의 개념이다.

HCM(TRB, 2010)에서 기준이 되는 보행자의 인체 치수는 Table 3에 제시한 바와 같이 어깨 폭 57.9cm, 가슴 폭 33cm이며, 여유 폭을 고려하여 인체타원은 0.28m²를 적용한다. 그리고 보행시설을 평가하기 위한 개별 보행자의 완충공간인 0.74m²(8ft²)을 용량상태인 서비스 수준 E의 기준 값으로 적용한다. 해당 면적은 완충공간에 대한 부분 중 '서로 가까이 접한 개인적 거리'(75-45cm)의 최소값을 고려한 것으로 이는 상대방의 접촉을 피할 수 있지만 손과 발을 조금만 뺀어도 상대방을 만질 수 있는 거리이다.

3. 시사점

KHCM(MLIT, 2013)의 보행자도로 점유면적은 임계 밀도로부터 역산된 값이며, 실제 한국인 인체치수를 고려한 점유면적의 산정은 대기공간의 서비스 수준 산출에서만 적용되고 있다. 즉, KHCM에서 제시하는 점유면적은 인체치수를 고려한 개념이 아니다.

KHCM(MLIT, 2013)의 대기공간 산출시 적용하는 인체 치수 및 타원면적은 1999년의 표준 인체치수로 성

인 남성의 95-percentile 값을 적용한 것이며, Table 3에 제시한바와 같다. HCM(TRB, 2010)의 인체 치수 역시 성인 남성의 95-percentile 값으로 1990년 이전의 인체치수 적용 값으로 이를 현재까지 유지하고 있다.

현재 KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)의 보행자 서비스 수준을 평가하기 위한 점유면적을 비교하면 각 연구의 인체치수 면적은 0.12m², 0.14m²로 큰 차이가 없으나, 용량상태의 점유면적은 KHCM이 0.38m², HCM이 0.74m²로 2배에 가까운 차이를 보인다.

HCM(TRB, 2010)의 경우 보행자가 서 있을 때 필요한 최소공간과 보행시 움직임에 필요한 최소공간을 고려하여 용량 값을 제시하고 있다. 그러나 KHCM(MLIT, 2013)에서 정의하는 보행서비스 수준의 용량상태는 보행에 필요한 최소 공간에 대하여 고려하지 않고 있어 이 같은 차이로 인해 HCM과 KHCM에서 제시하는 용량상태의 점유면적이 큰 차이를 보이는 것으로 판단된다.

KHCM과 HCM의 보행자도로 서비스 수준 분석 기준 비교분석

1. 분석 데이터

본 논문에서는 KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)에서 제시한 보행자 도로의 서비스 수준 분석 방법론의 문제점을 파악하고 개선방안을 도출하기 위하여 서울시 10,000개 지점의 보행자 도로를 대상으로 서비스 수준을 분석하여 비교하였다. 분석대상 지점은 2009년에 실시된 서울시 유동인구조사사업 중 '평일/주말 유동인구조사'의 결과로 간선도로, 세가로, 주거지역 등을 대상으로 측정된 것이다. 서울 전역을 대상으로 하였으며 구별 조사지점은 Table 4와 같다.

유동인구 조사 자료에는 보도폭, 보도 내 장애물 유형, 보도유형, 보도 옆 차로 현황과 같은 보도현황과 시간대별 5분간 보행량 조사결과 등이 조사되어 있다. 보행량 조사는 오전 7시부터 오후 8시 59분까지 5분 조사 10분 휴식의 패턴으로 14시간 동안 조사되었고, 13시 59분 이전까지는 오전, 이후는 오후조사로 구분된다.

Table 5는 10,000개 조사지점의 보행량에 대한 기초 분석 결과이다. 조사대상 지점의 평균 보행량은 주말

오전이 6.39p/min로 가장 적고, 주중 오후가 11.32p/min로 가장 많은 것으로 나타난다. 또한 각 조사 지점의 최대 보행량이 평균 보행량에 비하여 매우 큰 차이를 보여 지점에 따른 보행량의 차이가 매우 큰 것을 알 수 있다.

위와 같은 조사 지점에 대해 KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)에서 제시하는 서비스 수준 방법론을 적용하여 서비스 수준을 분석하였다. 유동인구 조사 자료에서는 점유면적을 산출하기 위한 보행속도나 밀도와 같은 자료가 조사되어 있지 않다. 따라서 점유면적 산출을 위해서는 보행속도를 가정해야하므로 본 연구에서는 서비스 수준에 따른 보행속도의 중간 값을 적용하여 점유면적을 산출하였다.

보행량에 따른 점유면적의 크기는 보행속도와도 밀접한 관련이 있다. 따라서 용량상태와 자유로운 보행이 가

능한 서비스 수준 A 일 때의 점유면적에 따른 보행속도를 동일한 값으로 가정하여 분석한 결과는 합리적인 비교가 불가하기 때문이다. KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)에 제시된 서비스 수준에 따른 보행속도는 조사결과 도출된 것으로 점유면적의 수준에 따라 일정한 보행속도를 적용하는 것에 비해 합리적인 결과를 도출할 수 있을 것이다.

2. KHCM과 HCM의 서비스 수준 분석 기준을 적용한 결과

1) KHCM2013

보행자도로 서비스 수준 평가 시 KHCM(MLIT, 2013) 보행교통류율을 주요 효과척도로 고려한다. 따라서 유동인구 조사 자료의 보행교통량과 유효 보도폭을 통해 보행교통류율을 환산하여 보행자도로의 서비스 수준을 평가하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다.

Table 6의 결과에서 알 수 있듯 A 수준으로 산출된 지점은 전체 10,000개 조사지점 중 최소 94%에서 최대 98%수준까지 분석되었다. 거의 대부분의 지점에서 보행자도로의 서비스 수준이 A로 분석되어 보행자도로의 현실적인 수준을 분석해내지 못하고 있는 것으로 판단된다. 보행교통류율 외에도 보행자의 점유공간을 바탕으로 서비스 수준 분석을 실시하였다(Table 7). 점유공간을 바탕으로 서비스 수준을 판단해본 결과, 보행교통류율과 유사하게 A 수준이 95%이상으로 판단되는 결과가 나타났다.

Table 4. Seoul pedestrian flow survey site

Administrative districts	no	Administrative districts	no
Jongno	520	Mapo	450
Jung	550	Yangcheon	400
Yongsan	400	Gangseo	350
Sungdong	252	Guro	400
Gwangjin	300	Geumcheon	150
Dongdaemun	400	Yeongdeungpo	602
Jungnang	353	Dongjck	212
Seongbuk	350	Gwanak	350
Gangbuk	300	Seocho	650
Dobong	251	Gangnam	715
Nowon	608	Songpa	564
Eunpeong	300	Gangdong	372
Seodaemun	201	-	-
Total		10,000	

Table 5. Statistical analysis of flow volume(p/min)

	weekday		weekend	
	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon
N	10,000	10,000	10,000	10,000
Max.	207.40	651.00	207.40	651.60
Min.	0.20	0.00	0.00	0.00
Avg.	10.63	11.32	6.39	8.19
Std.	13.02	16.44	9.23	15.25
Percentile	25	3.60	4.00	2.20
	50	6.60	7.20	4.00
	75	12.40	12.60	7.20

Table 6. LOS determined by flow rate(p/min/m) of KHCM(MLIT, 2013)

LOS	A	B	C	D	E	F	SUM
Weekday Morning	9,486	298	122	71	18	5	10,000
Weekday Afternoon	9,478	310	116	61	23	12	10,000
Weekend Morning	9,808	123	41	24	4	0	10,000
Weekend Afternoon	9,715	162	68	39	9	7	10,000

Table 7. LOS determined by occupancy space(m²/p) of KHCM(MLIT, 2013)

LOS	A	B	C	D	E	F	SUM
Weekday Morning	9,554	276	76	69	20	5	10,000
Weekday Afternoon	9,572	247	85	59	25	12	10,000
Weekend Morning	9,845	97	30	24	4	0	10,000
Weekend Afternoon	9,755	148	42	38	10	7	10,000

Table 8. LOS determined by occupancy space(m²/p) of HCM(TRB, 2010)

LOS	A	B	C	D	E	F	SUM
Weekday Morning	9,069	417	298	131	62	23	10,000
Weekday Afternoon	9,042	436	310	121	56	35	10,000
Weekend Morning	9,610	198	123	42	23	4	10,000
Weekend Afternoon	9,447	268	162	72	35	16	10,000

3) HCM2010의 방법론을 적용한 LOS분석

KHCM(MLIT, 2013) 분석방법론을 적용하였을 때, 현실적인 보행자도로의 서비스 수준을 분석하는데 어려움이 있었으므로, 점유공간을 주요효과적으로 하여 서비스 수준을 제시하고 있는 HCM(TRB, 2010)의 분석방법을 적용해 보았다.

HCM(TRB, 2010)의 분석방법을 적용할 경우 인체치수에 의한 차이를 보정하기 위하여 국내 인체치수에 따른 점유면적과 HCM의 인체치수에 따른 점유면적의 차이를 뺀 값을 서비스 수준 판단의 기준 값으로 적용하였다.

HCM(TRB, 2010)의 주요효과적도인 점유공간으로 판단한 서비스 수준 분석결과는 Table 8과 같다. HCM의 방법론을 적용하였을 경우, A 수준은 최소 90% 최대 96%수준으로 평가되었다. 여전히 A 수준의 비율이 절대적으로 높은 것으로 나타나나, KHCM(MLIT, 2013)에 비하여 그 비율은 차이가 있는 것으로 분석된다. 이러한 결과는 현재 KHCM에서 제공하는 교통량-속도-밀도에 의한 서비스 수준 분석 방법 보다 보행하기 위해 필요한 최소공간의 개념에서 접근하는 것이 보다 합리적인 분석결과를 제공할 수 있다는 사실을 보여준다.

3. 기존문헌과 자료의 분석을 통한 시사점

기존문헌과 유동인구 조사 자료를 통해 문제점을 분석해본 결과, 현재 기준으로는 현실적인 보행자도로의 서비스 수준을 분석하기 힘들다고 판단되었다. 그러므로 본 연구에서는 보행자도로 서비스 수준을 판단하는 기준을 재조정하는 방향으로 연구를 진행하였다.

기존문헌을 통해 기준을 재조정할 경우 고려되어야 할 사항을 정리하였다. 우선적으로, 현재 사용되고 있는 보행교통류를 보다는 보행자 점유공간을 서비스 수준 분석 기준으로 판단함이 보다 합리적인 것으로 나타났다. 또한 서비스 수준의 기준을 설정할 때 보행시 필요한 최

소공간은 보행자의 쾌적성을 고려한 완충공간의 개념으로 적용되어야 할 것이다. 또한 이러한 개념을 가지고 설정하는 서비스 수준의 기준은 합리적인 근거를 바탕으로 정성적인 정의와 정량적인 값이 함께 제시되어야 한다.

보행자도로 서비스 수준 분석 기준 개선방안

본 절에서는 보행자도로의 서비스 수준 분석을 위한 새로운 효과적으로 점유공간의 기준을 재조정해보고자 한다. 점유공간의 기준을 재설정하기 위해서는 보행자간의 간격, 보행자가 통행하는 보도의 폭, 그리고 보행자의 인체치수가 매우 중요한 변수이므로 3가지 변수를 바탕으로 점유공간의 기준을 재설정하고자 한다.

1. 보행자간의 간격 설정

현재 KHCM(MLIT, 2013)에서 제시하는 보행자도로의 용량 값은 Lim J. S. et al.(2002)의 연구에서 제시된 값으로 보행 공간적 측면보다는 보행속도와 밀도 측면에서 고려된 것이다. 그러나 Fruin(1991)의 연구에서는 개인의 완충공간을 고려하여 보행환경에 대한 서비스 수준과 용량 값을 결정하여야 한다고 주장하였다. 완충공간이란 심리적 개념을 바탕으로 한 '인체의 공학적 혹은 운동학적으로 충돌을 피하기 위한 개인공간의 여유공간'을 의미하며, Fruin의 완충공간은 인류학자 Hall(1966)의 인간의 간격 거리에 관한 연구를 바탕으로 연구되어졌다.

Hall(1966)은 개인의 간격 거리를 감각 특성에 따라 Table 9와 같이 공적인 거리(Public distance), 사회적 거리(Social distance), 개인적 거리(Personal distance), 밀접한 거리(Intimate distance)로 분류하였다. 그리고 이를 기준거리에 따라 각각 멀리 떨어짐, 가까이 접함으로 구분하였다.

이에 본 연구에서는 서비스 수준의 정성적인 정의를 KHCM(MLIT, 2013)을 비롯한 다양한 연구로부터 결정하고 이를 Hall의 연구에서 제시한 개인 간의 간격거리와 함께 고려함으로써 서비스 수준별 보행자간 간격차이를 제시하고자 하였다.

1) A 수준의 정성적 정의는 보행자는 다른 보행자로부터 방해가 없고, 자신이 원하는 이상적인 경로를 선택할 수 있는 단계이다. Hall의 연구에서는 7.62m 이상의

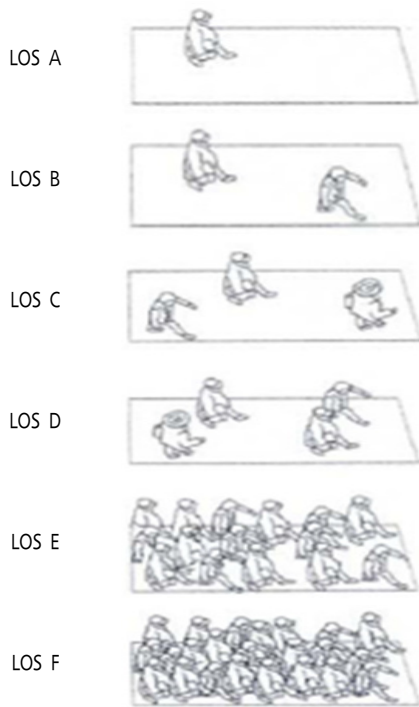


Figure 1. Qualitative definition for LOS of sidewalk

경우 다른 사람과 공적인 거리에서 멀리 떨어짐 단계로 설정하였다. 이 경우, 다른 보행자와의 충돌확률이 없으므로 자신이 원하는 이상적인 경로를 선택할 수 있다는 측면에서 A수준으로 판단하였다.

B수준의 정성적 정의는 다른 보행자와의 상충을 피하고 우회하는 수준에서 보행자 자신이 원하는 자유로운 속도로 보행이 가능한 단계이며 자신의 경로를 선택하고자 할 때 다른 보행자의 인지가 가능한 단계이다. Hall (1966)의 연구에서는 7.62m미만 3.66m이상의 경우 상대방 크지 않은 몸짓이나 기타의 동작을 인식할 수 있고 반응 할 수 있는 단계로 구분 지었다. B수준의 다른 보행자를 인식하고 상충을 피할 수 있는 측면과 상대방의 동작을 인식하고 반응 할 수 있는 측면에서 3.66m 이상 7.62m 미만을 B수준의 보행자사이의 거리로 설정하였다.

C수준의 정성적 정의는 단일방향으로는 다른 보행자를 우회하면서 보통의 속도로 걷기에 충분하고 반대방향 또는 교차 이동할 경우 상충이 발생할 수 있으며, 보행속도가 낮아질 수 있는 단계로 보행자간 약간의 상충이 발

Table 9. Hall's distance in man(Hall, 1966)

	Distance	Criteria distance
Public distance	Far phase	7.62m or more
	Close phase	3.66m to 7.62m
Social distance	Far phase	2.13m to 3.66m
	Close phase	1.22m to 2.13m
Personal distance	Far phase	0.76m to 1.22m
	Close phase	0.46m to 0.76m
Intimate distance		0.46m under

Table 10. Distance of between criterion pedestrian and front pedestrian

LOS	Distance(m)
A	≥7.62
B	≥3.66
C	≥2.13
D	≥1.22
E	≥0.46
F	<0.46

생할 수 있는 가능성이 있는 단계이다. Hall(1966)의 연구에서는 2.13m 이상 3.66m 미만을 몸이나 팔을 뻗어서 상대방을 쉽게 접촉이 가능한 단계로 구분 지었다. 상대방을 쉽게 접촉할 수 있다는 측면에서 C수준의 기준 거리로 2.13m 이상 3.66m 미만의 거리로 설정하였다.

D수준의 정성적 정의는 상대 보행자와 상충확률이 높으며 빈번하게 보행속도와 위치를 바꿔야하며, 동일방향으로 추월이 제약을 받는 단계이다. D수준에서는 상대 보행자와 상충확률이 높은 측면에서 Hall(1966)의 연구 간격 중 가까이 접한 사회적 거리 수준인 1.22m 이상 2.13m 미만의 수준으로 설정하였다.

E수준의 정성적 정의는 용량상태로 교통류에 정지 혹은 간섭이 발생하고 모든 보행자는 평소 보행속도대로 움직이기 사실상 불가능하며 대항방향과 동일방향의 추월과 이동에 공간적으로 제약이 생기는 단계이다. Hall(1966)의 연구에서 개인 간의 간격이 0.46m가 되었을 때 모든 감각이 서로 밀접하게 되며 혼잡으로 인해 어쩔 수 없는 밀접이 발생한다고 연구되었다.

F수준의 정성적 정의는 용량수준을 넘어선 상태로 속도가 심하게 제약받고, 다른 보행자와 빈번하고 피할 수 없는 접촉이 발생되며 대항방향으로 이동이 불가능한 단

1) LOS의 정성적 기술은 Kim S. M.(2012)의 논문 '보행자 상충분석을 통한 보행자도로 서비스 수준 평가기준 조정에 관한연구'와 Ji O. S.(2008)의 경기개발연구원 '보행환경 만족도 연구'를 참고하여 작성함



Figure 2. Bideltoid breadth

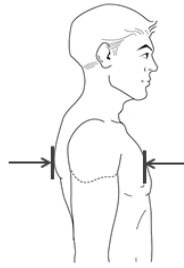


Figure 3. Chest depth

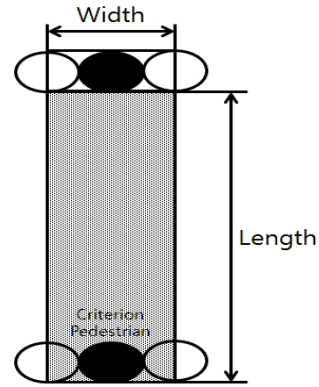


Figure 4. Conceptual diagram of new occupancy space

Table 11. Korean standard human scale in 2010

Korean standard human scale 95%(2010)		
	Human scale	Revised human scale in walking
Bideltoid breadth	0.51m	0.59m
Chest depth	0.25m	0.25m

계이다.

따라서 서비스 수준별 보행자간 간격차이를 Table 10과 같이 제시할 수 있으며, 이를 서비스 수준에 따른 보행자 점유공간 산정 시 적용한다.

3. 인체치수를 고려한 보행자의 가로 폭 설정

1) 보행자의 표준 인체 치수

KHCM(MLIT, 2013)에서는 보행자 대기공간의 서비스 수준 분석 시 보행자의 인체 치수로 0.2m²를 사용하고 있다. 이는 1999년도에 한국표준과학연구원에서 제시한 대한민국 표준체형의 인체치수이고, 어깨 폭 42.6cm 가슴 폭 36.2cm에 여유 폭 4cm를 더한 뒤 어깨 폭과 가슴 폭을 곱한 수치이다.

보행자 점유공간의 용량 값을 산정하기 위해 보행자의 인체치수는 상당히 중요한 변수이므로 1999년도에 조사된 인체치수를 사용하지 않고, 보다 합리적인 사이프러스에서 2010년도에 조사한 '6차 인체치수 조사'의 조사치를 사용하여 인체치수를 최산화 하였다.

본 연구에서는 KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)에서 한 것과 같이 위팔 사이 너비(Figure 2)와 가슴 두께(Figure 3)를 인체치수 산출 항목으로 결정하

고, 보행자 점유공간을 산정하기 위한 값으로 대한민국 19-60세의 성인남성 95%수치를 사용하였다. Table 11에 제시한 것과 같이 최산화한 인체치수의 위팔 사이 너비는 0.51m, 가슴두께는 0.25m 이다.

Table 11의 'Revised Human Scale in walking'은 보행 시 좌우의 흔들림을 고려한 여유폭 4cm(Fruin, 1991)를 고려하여 인체치수를 보정한 값이다.

2) 보행자의 가로폭

점유공간의 면적을 산정하는데 있어서 보행자의 가로 폭은 매우 중요한 변수이다. 보행자의 가로 폭을 산출 할 경우 보행자 1인의 인체치수와 그에 따른 여유 폭을 더한 값을 사용하였다. 보행자의 가로 폭은 여유폭 4cm를 고려한 보행자 어깨 폭에 보행시 움직임 그리고 최소 개인공간의 개념에 따른 여유폭을 더한 값이다.

여기서, 보행 시 움직임과 최소 개인공간을 고려한 여유 폭은 보행자 점유공간을 결정하는 중요한 변수이다. Fruin(1991)의 연구에서는 이러한 여유 폭을 결정할 때 일반적으로 보행자가 보행 시 건물 벽으로 부터 45cm정도 이격하여 보행하는 것을 근거로 제시한 바 있다.

본 연구에서는 Figure 4 와 같이 기준보행자 양측에 다른 보행자가 있을 경우를 가정하고 양측보행자의 절반 폭(각 28.5cm)을 합한 59cm를 적용하였다

$$\begin{aligned} \text{Length} &: \text{점유공간의 세로 폭} \\ &= \text{수준별 거리차이} + \text{보행자 세로 폭}(0.25\text{m}) \\ \text{Width} &: \text{점유공간의 가로 폭} \\ &= \text{보행자 가로 폭}(0.59\text{m}) \times 2 \end{aligned}$$

Table 12. New criteria of occupancy space(mi/p) for determined LOS

LOS	Width(m)	Length(m)	Occupancy Space(mi/p)
A	1.18	≥7.87	≥9.29
B		≥3.91	≥4.61
C		≥2.38	≥2.81
D		≥1.47	≥1.73
E		≥0.71	≥0.84
F		≥0.71	<0.84

Table 13. Determined sidewalk LOS by new criteria

LOS	Occupancy Space(mi/p)		
	KHCM	HCM	new
A	≥ 3.3	> 5.57	≥ 9.29
B	≥ 2.0	> 3.72	≥ 4.61
C	≥ 1.4	> 2.23	≥ 2.81
D	≥ 0.9	> 1.39	≥ 1.73
E	≥ 0.38	> 0.74	≥ 0.84
F	< 0.38	≤ 0.74	< 0.84

3. 서비스 수준에 따른 보행자 점유공간

서비스 수준에 따른 보행자의 점유공간은 앞서 언급 하였던 점유공간의 가로 폭과 세로 폭의 곱으로 산출하여 Table 12와 같이 제시하였다.

점유공간의 가로 폭은 Table 11의 수정된 보행자의 가로 폭 0.59m를 2배 한 값을 적용하며, 세로 폭은 Table 10에 제시한 서비스 수준에 따른 개인 간 거리에 보행자의 세로 폭 0.25m를 더한 값을 적용한다. 그 결과 용량상태인 서비스 수준 E의 점유공간은 0.84m²로 도로용량편람에서 제시한 0.38m² 보다는 2.21배, HCM 보다는 1.14배 크게 산정되었다.

Table 13은 KHCM(MLIT, 2013), HCM(TRB,

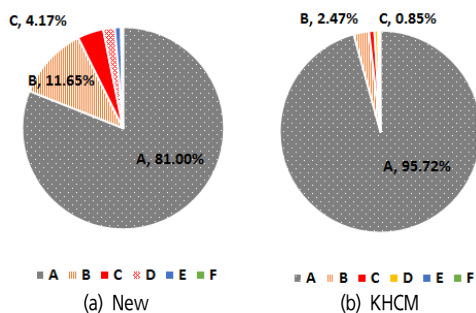


Figure 5. Proportion of level of services

Table 14. Determined sidewalk LOS by new criteria

LOS	A	B	C	D	E	F	SUM
Weekday Morning	8,209	1,083	366	214	105	23	10,000
Weekday Afternoon	8,100	1,165	417	187	96	35	10,000
Weekend Morning	9,096	618	172	74	36	4	10,000
Weekend Afternoon	8,858	737	226	108	55	16	10,000

2010) 그리고 본 연구에서 개발한 새로운 서비스 수준 평가 기준의 값을 나타낸 표이다. 서비스 수준에 따른 점유면적은 서비스 수준이 높을수록 HCM과 KHCM의 기준이 상대적으로 작은 것을 알 수 있다. 기존의 KHCM의 점유면적 기준이 대부분의 보도를 서비스 수준 A로 분석하도록 했던 부분이 개선될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 개선된 서비스 수준 분석 기준의 검증 및 적용

본 연구에서 제시한 점유면적에 대한 서비스 수준 분석 기준이 KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)의 기준을 적용한 결과와 비교했을 때 어떤 차이를 보이는지를 분석하고 그 결과를 통해 개선된 서비스 수준 분석 기준의 적용성을 판단하고자 한다. 이를 위해 KHCM 및 HCM을 이용하여 서비스 수준을 분석한 지점을 대상으로 새로운 기준을 적용하여 다시 보행자 도로의 서비스 수준을 분석하였다

새로운 서비스 수준 분석 기준을 적용하여 서울시 유동인구조사가 이루어진 10,000개 지점을 재분석한 결과 Table 14에 제시한 바와 같이 주말 오전을 제외하고 모두 A수준은 80% 수준으로 감소하였다. 이는 KHCM(MLIT, 2013)의 점유면적을 기준으로 분석하였을 때(Table 7) A 수준인 지점이 95% 이상인 것으로 나타난 것과 큰 차이가 있다.

또한 Figure 5에 나타난바와 같이 KHCM(MLIT, 2013)에 따라 분석하는 경우 A 편중되는 것과 달리 새로운 기준을 적용하여 분석한 경우 A 수준이 대폭 감소하고 B-F 수준으로 평가되는 구간이 증가하였다.

특히 주중 오후를 기준으로 서비스 수준 E 이하로 나타나는 지점수가 KHCM(MLIT, 2013)의 기준을 적용하는 경우 10,000개 지점 중 37 지점인 것으로 나타나는 반면(Table 7), 새로운 기준을 적용하는 경우 131개

지점으로 분석되었다. 주중 오전에 F수준으로 분석된 지점은 은평, 중구, 종로, 영등포 지역의 주택가 혹은 업무 지역인 것으로 파악되었다. 주중 오후에 F수준을 보이는 곳은 종로, 영등포, 강남, 서초, 강북 등 다양하게 관측되었으며 주로 구 단위의 거점지역이다.

주말에는 종로, 중구, 용산, 신촌, 강남의 지역 보도의 서비스 수준이 주로 F인 것으로 분석되었다. 반면 주중에는 통근통학을 위한 보행자도로, 주말의 경우 쇼핑 및 여가생활을 위한 보행자도로의 서비스 수준이 F로 나타났다. F 수준으로 분석된 지점들은 모두 극심한 혼잡이 발생하는 지역인 것으로 확인되었다.

서울시 유동인구조사자료 10,000개 지점 중 대표적으로 보행량이 많은 강남역 및 명동 중심거리의 조사지점만 30개 이상이다. 따라서 KHCM(MLIT, 2013)의 점유면적기준을 적용하는 경우 주말 저녁시간의 E-F 수준이 전체 조사지점 10,000개 중 17개라는 것은 서비스 수준을 높게 평가하는 경향이 있는 것으로 판단할 수 있다. 이와 달리 새로운 기준을 적용하여 평가하는 경우 기존의 A 수준에만 편중되었던 보행자도로의 서비스 수준이 보다 고르게 분포함으로써 기존 방법보다 보다 현실적인 평가가 가능하게 한다는 사실을 확인할 수 있다.

결론

본 연구의 목적은 보행자도로 서비스 수준 분석 기준의 문제점을 파악하고 개선하여 보행자도로의 실질적인 서비스 수준을 산출하는 것이다. 2009년 조사된 서울시 10,000 지점의 보행량 조사 자료를 바탕으로 기존 한국 KHCM(MLIT, 2013)과 HCM(TRB, 2010)의 방법을 적용하여 서비스 수준을 분석한 결과 분석지점의 대부분이 서비스 수준 A로 판단되어 서비스 수준의 평가 기준이 현실성을 반영하지 못하는 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 기존 연구결과를 바탕으로 보행자도로의 서비스 수준을 평가하기 위한 효과적도와 그 기준을 재조정할 시 보행교통류를 보다 점유공간을 효과적으로 사용하는 것이 보행환경에 대한 정성적인 고려가 가능한 방안이라고 판단하였다. 따라서 보행자도로의 서비스 수준을 평가하기 위한 효과적으로 점유공간의 개념을 적용하였으며 이에 대한 새로운 기준을 제안하였다.

새롭게 제안된 기준은 보행자도로 서비스 수준에 대한 정성적인 정의와 Hall(1966)의 인간 간격에 관한 연구, Fruin(1991)의 보행자관련 행동 특성 연구를 고려하였

다. 개인공간에 대한 심리학적 연구결과를 바탕으로 사회적 거리를 서비스 수준 산정 시 보행자간 이격거리 기준 값을 반영함으로써 보행공간에 대한 보행자의 정성적 평가를 반영하고자 하였다. 또한 1990년대의 표준인체 치수를 최신화하였고, 보행자 점유공간에 여유폭을 적용한 점유공간 개념의 개발에 기초하여 설정하였다.

개선되어진 기준을 적용한 결과 KHCM(MLIT, 2013)에 따라 서비스 수준 A로 분석되던 지점의 비율이 94-98%에서 주말오전을 제외하고 80%수준으로 감소되었으며, 또한 F 수준의 보행자도로 지점은 0-0.12%에서 0.04-0.35%로 증가하였다. F 수준으로 분석된 지점의 보행자도로의 위치 및 토지이용을 확인한 결과 모두 통근통학, 쇼핑 및 여가생활 등 도심의 중심지에 위치한 보행자 도로인 것을 확인하였다.

새롭게 조정된 기준은 개인간 거리에 따른 인간의 심리를 반영한 개념을 도입하여 보행자 도로에서의 점유면적을 바탕으로 기준을 설정하였다. 즉, 보행시 여유공간에 따른 보행자의 심리적 상태를 반영함으로써 기존의 KHCM(MLIT, 2013)의 기준에 비해 보다 현실적인 보행자도로의 서비스 수준을 분석 할 수 있는 것으로 나타났다.

보행자도로의 서비스 수준을 판단하는 것은 설계시에도 중요하지만, 운영중인 곳의 개선사업이 필요한지 여부를 판단하기 위해서도 필요하다. 그러나 분석대상구간의 대부분을 A 수준으로 평가하는 현재 KHCM(MLIT, 2013)의 기준으로는 해당 보행자도로의 서비스 수준을 올바르게 평가하기 힘들다. 이는 기존의 용량편람이 보행자 도로의 용량에 따라 보행자가 느끼는 서비스 수준에 대하여 고려하지 못했기 때문일 것이다.

보행환경을 활성화하기 위해 우선시 되어야 할 것은 보행자가 쾌적하게 느낄 수 있는 보행환경을 제공하는 것이다. 그리고 쾌적한 보행환경의 제공을 위해서는 현재 보행환경을 올바르게 평가하는 것이 우선시 되어야 할 것이다. 이러한 관점에서 본 연구에서 제시한 기준은 보행공간에 대한 보행자의 심리적 거리를 반영하였으므로 보행환경을 보다 현실적으로 평가할 수 있는 기준이 될 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Incheon National University Research Grant in 2013.

REFERENCES

- Fruin J. J. (1991), Pedestrian Planning and Design, Metropolitan Association of Urban Designers and Environment(New York, USA), 21-76.
- Hall E. T. (1966), The Hidden Dimension, Garden City(New York, USA).
- Ji O. S., Koo Y. S., (2008), A Study on Satisfaction for Pedestrian Environment, Gyeonggi Research Institute.
- Kim J. H., Oh Y. T., Son Y. T., Park W. S. (2002), A Study on Estimating Level-of-Service for Pedestrian Facilities, J. Korean Soc. Transp, 20(1), Korean Society of Transportation, 149-156.
- Kim S. H., Kim K. J., Choi K. J. (2006), Research on LOS Estimation Standard in the Mixed Traffic Street, J. Korean Soc. Transp, 24(3), Korean Society of Transportation, 63-71.
- Kim S. M. (2012), The Study on the Level of Service Standard Evaluation With the Walkway Through the Pedestrian Conflicting Analysis, The University of Seoul.
- Kim Y. S., Choi J. S. (2007), Evaluation of Sidewalk Level of Service Considering Land Use Patterns, J. Korean Soc. Transp, 25(2), Korean Society of Transportation, 83-93.
- Lee S. H. (2012), Improvement of Analysis Method for Pedestrian LOS on Sidewalk in Seoul, J. Korean Soc. Transp, 30(3), Korean Society of Transportation, 7-15.
- Lim J. S., Oh Y. T. (2002), Estimation of Pedestrian Capacity for Walkway, J. Korean Soc. Transp, 20(1), Korean Society of Transportation, 91-99.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013), Korea Highway Capacity Manual, 612-626.
- Park Y. C. (2002), The Measurement of Pedestrian Speed, Density, and Travel Volume, Journal of the Institute for Engineering and Technology Jeonju University, 8(1), 189-197.
- Seoul Metropolitan Government (2010), Survey of Movement of Pedestrian in Seoul.
- Size Korea (2010), 6th Size Korea Anthropometric Report.
- Transportation Research Board (2010), Highway Capacity Manual, TRB, Ch4, Ch23.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제69회 학술발표회(2013. 10. 26)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

- ✉ 주 작성자 : 김응철
- ✉ 교신저자 : 최은진
- ✉ 논문투고일 : 2014. 9. 17
- ✉ 논문심사일 : 2014. 10. 23 (1차)
2014. 11. 23 (2차)
2014. 12. 8 (3차)
- ✉ 심사판정일 : 2014. 12. 8
- ✉ 반론접수기한 : 2015. 6. 30
- ✉ 3인 익명 심사필
- ✉ 1인 abstract 교정필