

■ 論 文 ■

용도지역 특성을 고려한 보도 설계 서비스수준 평가방안

Evaluation of Sidewalk Level of Service Considering Land Use Patterns

김 용 석

(한국건설기술연구원 선임연구원)

최 재 성

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

목 차

I. 서론	1. 조사목적 및 범위
1. 연구배경 및 목적	2. 자료 분석 및 결과 검토
2. 연구범위 및 방법	IV. 보도 설계 서비스수준 제안
II. 문헌연구	1. 설계 서비스수준 평가방안
1. 유사선행연구	2. 용도지역 특성별 설계 통행조건
2. 국내외 기준 검토	3. 보도 설계 서비스수준 제안
3. 소결론	V. 결론 및 향후 연구
III. 현장조사	참고문헌

Key Words : 보도, 보행자, 도로설계, 도시가로, 서비스수준
Sidewalk, Pedestrians, Road Design, Urban Streets, Level of service

요 약

도시 가로 설계에서 보행자와 자동차는 동등하게 고려되어야 한다. 그러나 현 도로 설계 기준은 자동차의 이동과 접근성에 기반한 도로 기능 분류 체계에 보도 설계를 적용하고 있어 보행자의 관점을 중심으로 둔 설계 방안이 절실히 요구된다. 이런 맥락에서 본 연구는 도시 보도 설계 단계에서 보행자 서비스수준을 고려할 것을 제안하였다. 그러나 현 도로용량편람에 제시된 기준은 보행 속도 등 보행 교통량에 기반하여 보행서비스수준을 평가토록 하고 있으나 도시 도로 설계 실무에서 보행 교통량은 거의 예측하지 않고 있으며, 도시부의 대다수 가로의 보도에서 보행 통행량 기반의 서비스수준 평가는 매우 드물게 경험하고 있어 서비스수준 평가 범위가 매우 제약되었다고 본다. 본 연구는 마주보고 통행하는 보행자들이 상충 시 경험하는 쾌적 수준에 기반한 보행 서비스수준 평가기준을 검토하고, 이를 용도지역별로 조사된 보행 통행 특성과 연계하여 도시 보도의 설계 단계에서 활용 가능한 서비스수준 평가기준을 제안하였다.

Pedestrians and vehicle users should be treated with equal importance in urban street design. However, current street design suggests that the design criteria for sidewalks is based on the functional hierarchy of the vehicles; therefore it is necessary to develop sidewalk design standards that give more weight to pedestrians rather than vehicles. For this, this study suggests that the level of service of pedestrians should be considered in the process of designing sidewalks. Currently, level of service (LOS) criteria for pedestrians in the Korean Highway Capacity Manual are based on pedestrian volume, but the volume of pedestrians is seldomly estimated in practice. So, the current LOS criteria has limitations in terms of practical use. Also, the study assumes that the pedestrian flow rate is hardly the dominant factor that could affect the LOS of pedestrians at most urban sidewalks. In this context, the study considers a new LOS for sidewalk design based on the comfort of pedestrians while passing pedestrians coming from the opposite direction. Then the study attempts to link the new LOS criteria to the land use patterns using data of pedestrian traffic characteristics acquired from the field. In addition to this, the scope in which the suggested criteria can be applied is suggested.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

합리적인 도시 가로를 설계하기 위해서는 자동차 이용자와 보행자가 동시에 고려되고, 이들의 필요를 절충하는 균형적 설계가 요구된다. 그러나 현 가로 설계 기준은 자동차를 위한 공간 확보에 치중되어 보행자를 위한 보도 설계는 획일적으로 적용되거나 막연히 도로 기능별 분류에 따른 최소 폭 중심으로 보도 폭을 정하는 경우가 대부분이다. 따라서 보도 설계에 합리성을 부여하기 위해서는 보행자의 서비스수준이 설계 과정에서 보다 분명하게 정의될 필요가 있으며, 이를 통해 다양한 도로이용자 간에 균형적 설계를 구현할 수 있다.

그러나 현 도로용량편람에 제시된 기준은 보행 속도 등 보행 교통류의 운영 특성에 기반하여 보행서비스수준을 평가토록 하고 있으나 도시부의 대다수 가로의 보도에서 보행 밀도에 따른 보행 속도 감소는 매우 드물게 경험하고 있다. 또한 실무에서 보행 통행량이 추정되지 못하는 현실적인 한계점을 감안 시에 새로운 보도 서비스수준 평가방안의 검토 필요성이 있다. 아울러 현재 자동차 중심의 기능 분류에 보도 최소 폭을 대응하는 불합리성을 극복하는 방안으로, 보행 수요가 가로주변의 토지이용 형태 및 규모에 영향을 크게 받는다고 판단하고 용도지역 특성에 따른 보도 설계 서비스수준을 제안하고자 한다.

2. 연구범위 및 내용

본 연구의 공간적 적용범위는 차도와 보도가 분리되어 있는 도시부 가로를 대상으로 한다.

본 연구의 내용적 범위는 첫째, 보도 계획 및 설계 단계에서 보행자 통행 수요가 고려되지 못하여 현 도로용량편람에 제시된 보행자 서비스수준을 이용한 평가가 어려운 현실적 한계를 감안하고, 비록 보행 교통량이 신뢰성 있게 추정된다 하더라도 극히 제한된 지역(중심업무지역 등)을 제외하고는 보행 교통량을 척도로 보도를 설계 시에 현 기준에 제시된 최소 폭에 근접하게 설계 될 수밖에 없는 구조적 한계를 극복하기 위한 방안으로 보행자의 신체적 한계와 이에 따른 쾌적성을 토대로 가로 설계단계에서 활용 가능한 보도 설계 서비스수준 평가 방안을 검토한다. 둘째, 보도 최소 폭 기준을 자동차의

기능 분류 체계(간선도로, 보조간선도로, 국지도로)에 대응하고 있는 현 기준의 불합리성을 극복하기 위한 방안으로, 용도지역 특성에 따른 보도 설계 서비스수준 평가기준을 제시한다.

II. 문헌 연구

1. 유사선행연구

박영춘과 권용석(2003)은 차량의 통행과 비슷한 경험을 보이는 보행자의 통행 특성이 근본적으로는 상이한 측면이 있음을 제시하고, 보다 현실적인 보행 행태를 설명할 수 있는 모형의 필요성을 언급하였다.

임정실과 오영태(2002)는 보도의 용량을 산정하기 위해 지하철 역내 환승로와 주변 보도에서 보행자 통행 특성을 조사하였다. 보도 용량 범위를 최대 126인/분/m에서 최소 106인/분/m로 제시하였으며 이 값이 현 도로용량편람에 반영되어 있다. 미국의 도로용량편람에 비해 높은 용량은 보행자의 신체적인 특성 차이에 기인한 것임을 언급하였다.

임진경, 신혜숙, 김형철(2004)은 보행자도로를 주거업무지역, 상업지역, 공원지역으로 구분하여 보행 교통류의 특성을 조사하고 유형별 서비스수준에 대한 사전 설문을 시행하였으며, 주거지역이나 업무지역 등 출근이나 통행을 목적으로 하는 경우는 물리적 특성에 따라 서비스수준을 분류하는 기존의 방법이 적합하고, 상업지역이나 공원지역은 서비스수준을 6단계로 구분하는 것이 적합하지 않음을 제시하였다. 보행 교통류특성과 보행자의 설문을 연계함으로써 보다 현실성 있는 보행 서비스수준 평가 방안을 제시하였다.

Flannery(2006)은 용량 편람에 제시된 서비스수준(LOS)은 도로이용자가 실제 체험하는 서비스수준과 가능한 일치되는 것이 중요함을 강조하고, 이를 위해 다양한 분석 방안이 도출될 필요가 있음을 언급하고 있다. 예를 들어, 간선도로에서 평균통행속도가 동일한 경우라도 속도에 편차가 없는 지점과 잦은 감/가속을 수반하는 지점에서 운전자가 느끼는 서비스수준은 차이가 있다는 것이다. 동일한 맥락에서, 비 첨두시간에 신호교차로 앞에서 빈번한 정차로 인해 운전자가 느끼는 서비스수준은 첨두시간에 교차로 간 신호 연동이 잘 이루어져 정차의 빈도가 상대적으로 낮은 경우의 서비스수준에 비해 오히려

려 낮을 수 있음을 언급하였다. 또한 자동차 이용자의 수요를 충족하기 위한 도로 용량 증대가 보행자, 자전거 이용자의 서비스수준에 미치는 영향 등에 대해서도 종합적인 시각에서 검토할 필요가 있음을 언급하였다.

Henson(2000)은 서비스수준은 운전자와 승객들에 의해 인지되는 교통류의 운영 상태를 정성적으로 나타내 주는 것으로 속도, 통행 시간, 행동의 자유도, 편안함, 편리함, 안전 등이 평가척도가 될 수 있음을 언급하였다. 모든 도로 시설에 대해 특정 시설의 운영 상태를 가장 잘 표현할 수 있는 6가지의 구분된 서비스수준이 정의되어 있으나 자료 수집의 제약 등으로 인해 모든 유형의 시설에 대해 운영의 모든 범위에서 시설의 운영 특성을 표현하는 것은 한계가 있음을 언급하였다. 보행자의 통행 특성에 관련하여 도로용량편람(US HCM)에서 언급하고 있는 내용은 상이한 시설별 관측교통량이나 교통류율, 계절/일/시간별 변동, 공간적 분포(방향별 분포, 혼합 [예를 들어 장애인의 비율 등]), 속도(경향, 시간 및 통행목적에 따른 차이), 밀도(속도나 교통량과의 관계)로 구분할 수 있으며, 보행 교통류의 분석 원칙은 자동차 교통류와 유사하지만 약간의 차이가 있음을 설명하였다. 속도, 교통량, 밀도로 설명되는 기본적인 교통류 특성은 유사하지만 보행 밀도가 경계치를 초과하게 되면 통행량과 속도는 급격하게 감소됨을 언급하였다. 보행자 교통류의 정성적인 평가 척도도 자동차 교통류와 유사하게 희망하는 속도를 선택함이나 다른 보행자를 우회함에 있어서의 자유도로 표현될 수 있으며 추가적으로 보행 교통류를 가로 질러 통행할 수 있는 정도, 마주 보고 통행하는 다수의 보행 교통류에 대응하여 통행 시 겪는 통행 자유도, 다른 보행자와 충돌이나 속도에 큰 변화 없이 통행할 수 있는 정도 등이 있다.

Wetmore(2000)는 보행자 LOS를 크게 가로를 따라 걷는 경우와 가로를 횡단하는 경우, 특정 지점에서 다른 지점으로 이동시에 가로의 시스템적인 수행도로 구분하여 정의하였다. 첫 번째 경우는 보도의 연속성(장애물의 유무, 보도의 단절), 용량(보도 폭), 편안함을 평가하고 두 번째 경우는 안전, 편안함, 편리함, 대기 공간의 적정성, 횡단을 위한 통행 지체로 평가함을 세 번째 경우는 보행 노선을 따른 통행 시간이나 횡단육교나 지하도의 부정적인 영향, 교차로의 빈도, 휴게시설의 존재 유무로 평가할 수 있다.

2. 국내외 기준 검토

1) 도로용량편람

현 도로용량편람(2001)은 보행교통류율과 점유공간을 서비스수준 평가척도로 제시하고 있으며 <표 1>과 같다. 서비스수준의 결정은 교통량-속도-밀도 관계를 통해 얻어진 그래프를 토대로 기술기의 변화가 두드러진 점을 기준으로 정하였음을 언급하고 있다.

현 기준은 용량 값이 미국의 기준과 다른 이유로, 인체 타원의 크기를 언급하고 있다. 한국표준과학연구원의 연구결과를 참조하여 여객 폭 및 가슴 폭을 기준으로 약 0.2m²(미국의 경우는 0.3m²)를 제안하고 있으며, 인체 타원의 크기는 나라별로 차이가 있으므로 지역 값에 기초하는 것이 합리적인 것임을 언급하고 있다. 도로용량편람 연구보고서(1999)은 보행자 서비스수준별 보행 특성을 <표 2>와 같이 기술하고 있다. 서비스수준 "E" 상태에서 보행자는 자신의 평소 보행속도로 걸을 수 없고 "F" 상태에서는 보행이 극도로 제한됨을 제시하고 있다.

비록 현 기준은 보행교통류율과 보행자의 통행 상태를 연계하여 정성적으로 설명하고 있으나 정량적값과 정성적 값에 대한 관계를 분명하게 제시하는 배경 연구는 현재 미흡한 상태이다.

<표 1> 보도 서비스수준

서비스 수준	점유공간 (m ² /인)	보행교통류율 (인/분/m)	밀도 (인/m ²)	속도 (m/분)
A	≥ 3.3	≤ 20	≤ 0.3	≥ 75
B	≥ 2.0	≤ 32	≤ 0.5	≥ 72
C	≥ 1.4	≤ 46	≤ 0.7	≥ 69
D	≥ 0.9	≤ 70	≤ 1.1	≥ 62
E	≥ 0.38	≤ 106	≤ 2.6	≥ 40
F	< 0.38	-	> 2.6	< 40

<표 2> 서비스수준에 따른 보행 상태의 정성적 기술

서비스수준	보행 교통류율 (인/분/m)	설명
A	≤ 20	보행속도 자유롭게 선택 가능
B	≤ 32	정상적인 속도로 보행 가능
C	≤ 46	타 보행자 추월 시 약간의 마찰
D	≤ 70	마찰 없이 타 보행자 추월 불가능
E	≤ 106	평소 보행속도로 걸을 수 없음
F	-	보행속도가 극도로 제한됨

2) US HCM 기준 검토

US HCM(2000)은 <표 3>과 같이 보도의 효과적으로 공간(밀도의 역수)을 제안하고 보행교통류율이나 속도는 보조적인 지표로 사용할 것을 권장하고 있다. 미국의 경우, 인체 타원의 면적을 0.3m^2 으로 하고 있으며, 보행 시설을 평가함에 있어 0.75m^2 을 보행자당 완충공간으로 설정하고 있다.

US HCM은 보행교통류율 75인/분/m에서 용량에 도달하며, 보행자의 서비스수준은 주관적인 평가에 의존하고 있으나 점유공간, 교통류율, 속도 등을 이용하여 일정부분 보행 교통류를 평가할 수 있음을 언급하고 있다. 보행속도가 $0.7\text{m}/\text{초}$ 미만이면 보행자들은 상당한 통행 제약(발을 끌며 걷는 상황)을 받게 되며 $0.6\sim 0.7\text{m}^2/\text{인}$ 의 점유공간을 갖게 된다. 점유공간이 $1.5\text{m}^2/\text{인}$ 미만이면 보행군 가운데 가장 속도가 낮은 보행자도 속도를 감속해야 하는 경우로, 속도가 높은 보행자도 $4\text{m}^2/\text{인}$ 의 공간이 형성되기 전에는 선택 속도인 $1.8\text{m}/\text{초}$ 로 통행하지 못하게 된다. 점유공간 $0.6, 1.5, 4\text{m}^2/\text{인}$ 은 용량, 2/3 용량, 1/3 용량에 상응하는 값임을 제시하고 있다.

US HCM은 보행자 교통류의 특성 분석은 일반적으로 보행 그룹의 평균값을 사용하고 있으나 성별, 연령, 토지이용에 따라 교통류 특성에 차이가 있으며 통근과 쇼핑 등 통행 목적에 따라서도 큰 차이가 있음을 언급하였다. 일반적으로 쇼핑 목적인 경우 보행자의 통행속도는 통근 보행자에 비해 낮게 되며, 교통류 분석 시에 이러한 특성에 주의해야 함을 언급하고 있다. 기존 서비스수준 평가척도와 다른 척도로써, 보행자들이 보행 교통류를 횡단 시의 자유도를 제시하고 있다. 점유공간 $3.5\text{m}^2/\text{인}$ 미만의 경우 상충의 가능성이 존재하며, $1.5\text{m}^2/\text{인}$ 의 경우는 대부분의 보행자가 상충을 경험하게 됨을 제시하고 있다. 유사하게 $3.5\text{m}^2/\text{인}$ 이상의 경우 동일방향 보행자를 추월하는데 어려움이 없으나 $1.8\text{m}^2/\text{인}$ 으로 낮아지는 경우 점차 어려움을 경험하게 됨을 언

<표 3> 보도 서비스수준(US HCM)

서비스 수준	점유공간 ($\text{m}^2/\text{인}$)	보행 교통류율 (인/분/m)	속도 ($\text{m}/\text{초}$)	v/c 비
A	> 5.6	≤16	>1.30	≤0.21
B	>3.7~5.6	>16~23	>1.27~1.30	>0.21~0.31
C	>2.2~3.7	>23~33	>1.22~1.27	>0.31~0.44
D	>1.4~2.2	>33~49	>1.14~1.22	>0.44~0.65
E	>0.75~1.4	>49~75	>0.75~1.14	>0.65~1.0
F	<0.75	변동	≤0.75	변동

급하였다. 교통류 특성과 다른 평가척도로써 대항방향의 보행 교통량이 많은 경우에 겪는 어려움을 언급하고 있으며, 양방향 교통량의 비율이 동일한 경우 한 방향 교통류와 크게 차이가 없는 통행 특성을 보이지만, 양방향 통행비율에 차이가 있는 경우는 통행 특성을 유지하기 어려우며, 점유공간 $1.0\text{m}^2/\text{인}$ 에서 양방향 교통량 비율이 "90:10"의 경우에 용량의 15%가 감소하였음을 언급하고 있다.

3. 소결론

보행자의 서비스수준에 대한 선행연구와 국내의 기준을 고찰한 결과, 국내 및 미국 기준이 보행 교통류의 운영 특성에 근거하여 보행 서비스수준을 제시하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 국내외 여러 선행 연구들은 보행자 서비스수준 평가에 있어 다양한 효과척도를 검토할 필요가 있음을 제시하고 있다. 비록 보행 교통류의 운영 특성이 자동차의 교통류 특성과 유사한 측면은 있으나 두 이용자의 행태 측면을 세심하게 살펴보면 차이점이 많이 발생한다. 특히 보행자는 노상 장애물이나 마주 오는 보행자와의 상충을 피하는 과정에서 불편함을 겪는 경우도 많다. 따라서 보도 설계를 위한 보행자의 서비스수준은 실제 보행자가 일상에서 경험하는 소위 체험적 서비스수준의 형태로 제시되는 것이 바람직하다고 본다.

III. 현장조사

1. 조사목적 및 범위

본 조사는 용도지역 특성에 따른 보행자의 통행 특성 조사하고 이를 보도 설계 기준에 반영할 수 있는 방안을 모색하는데 일차적인 목적이 있고, 본 연구의 서두에서 가정한 일반 도시부 가로의 보도에서 보행 밀도의 증가에 따라 보행자의 통행 속도가 영향을 받는 경우는 극히 제한적일 것이라는 판단을 현장조사 자료를 통해 검토하는 것을 부가적인 목적으로 한다.

현장조사지점은 크게 중심상업지역, 주거지역(엄밀한 구분으로 준주거지역), 상업지역으로 구분하고 용도지역별 사전 조사를 통해 보행 교통량이 상대적으로 많은 지점을 선정함으로써 조사목적에 최대한 부합되도록 하였다. 지점별 조사는 오전 7시부터 오후 7시까지 총 12시

〈표 4〉 현장 조사 지점 개요

용도지역	상업지역			주거지역
	중심상업지역	강남역	상업(근린)	
지점 명	강남역	강남역	경기 고양	강변역
조사일시	'06.9.3(일)	'06.9.7(목)	'06.9.8(금)	'06.9.5(화)
조사시간	7시~19시	7시~19시	7시~19시	7시~19시
통행 목적	쇼핑, 업무	쇼핑, 업무	업무, 쇼핑	통근
유효 폭(m)	3.7	3.7	2.0	1.0

간에 걸쳐 보행 통행 자료를 디지털 비디오를 이용하여 수집하였다.

중심상업지역은 보행 통행량이 많은 강남역 부근의 보도를 선정하였고, 주거지역은 주거지역과 상업지역의 복합적 특성을 갖는 준주거지역으로, 출퇴근 통행 특성을 가지고 있는 서울 강변역(동수원 터미널) 부근의 보도에서 조사를 수행하였다. 이 지점은 공동주택단지에서 터미널이나 전철역으로 이동하는 전형적인 출퇴근 통행을 관찰할 수 있는 장소이다. 상업지역은 일반 상가와 사설학원이 밀집되어 있는 경기도 고양시 일산구에 위치한 근린상업지역 내 도시 가로를 대상으로 선정하였다(〈표 4〉 참조).

2. 자료분석 및 결과 검토

1) 용도지역별 보행통행 특성

조사지점별 디지털 캠코더를 이용하여 보행 관련 영상을 녹화하고, 실내에서 컴퓨터에 연결하여 자료를 취득하였다. 보행 교통량은 단위 변환을 감안하여 5분간을 측정의 기본 단위로 하였으며 시간대별, 방향별로 정리하였다. 5분 동안에 4번의 보행속도를 측정하고, 보행밀도는 5분단위의 중간 시점에 프레임을 정지하면서 보행자 수를 측정하는 방법으로 분석하였다. 보행속도는 비디오 영상 내에 임의의 영역을 정의하고 보행자가 영역 경계를 통과 시에 소요되는 시간을 이용하여 산출하였다. 속도, 밀도를 분석하고 결과를 정리하였다. 보행 밀도는 촬영지역을 설정하고 단위면적으로 환산하여 단위면적 내 보행밀도(인/m²) 자료를 수집하고, 점유공간은 이의 역수 값을 적용하였다.

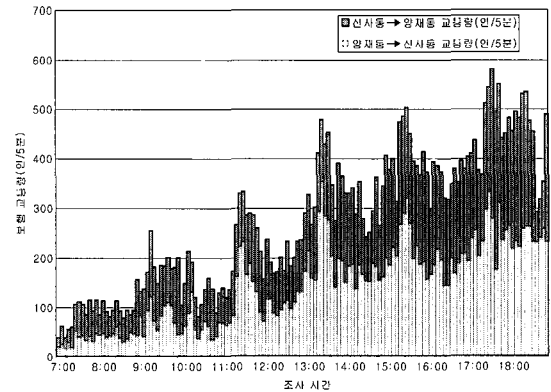
〈그림 1〉은 중심상업지역에서 휴일에 조사한 시간대별, 방향별 교통량 변화를 나타낸 것이다.

〈그림 1〉에 나타난 바와 같이, 중심상업지역의 휴일 통행은 오후 시간대로 진입하면서 점차 증가되는 형태를 보였다. 방향별로는 거의 균등한 통행량이 발생하였다.

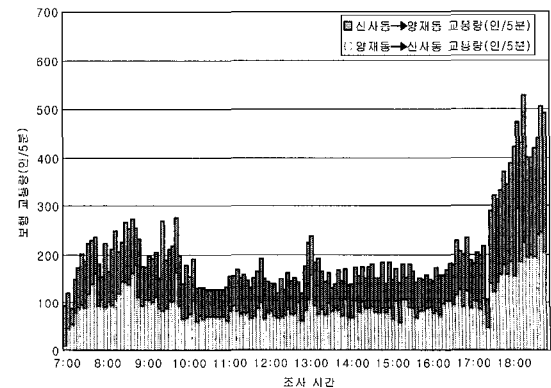
〈그림 2〉는 중심상업지역에서 평일에 조사한 결과로, 시간대별, 방향별 교통량 변화를 나타낸 것이다. 동일 장소의 휴일 총 통행량에 비해 약 1만 명이 줄어들었으며, 오후 침투가 집중되어 나타난 것을 알 수 있다. 방향별 교통량 비율은 휴일과 마찬가지로 균등하게 분포되었다.

〈그림 3〉은 주거지역에서 평일에 조사한 시간대별, 방향별 교통량 변화를 나타낸 것이다. 오전 및 오후 침투가 분명하게 발생하였으며, 침투 시간대인 8시에서 9시 사이에 5분 기준 교통량으로 약 100~200명의 통행이 발생하였다. 방향별 교통량은 매우 불균등하게 조사되었으며, 주거지역(광장동)에서 버스터미널(동서울 터미널) 및 지하철 역(강변역)으로 향하는 방향에서 통행량이 높게 나타났다. 방향별 분군등 통행은 보행 쾌적성에 영향을 줄 것으로 본다.

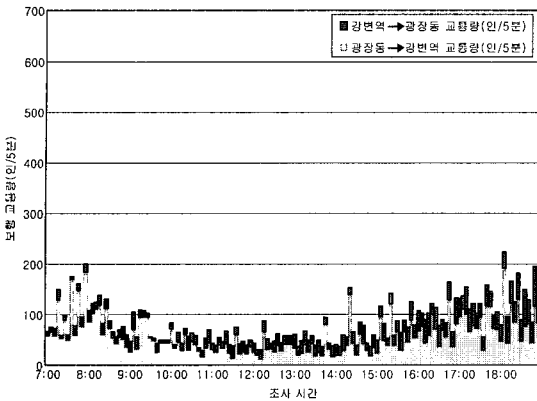
〈그림 4〉는 근린 상업지역에서 평일에 조사한 시간대별, 방향별 교통량 변화를 나타낸 것이다. 비록 본 조사 지점도 사전에 상대적으로 교통량이 많은 지점으로 고려



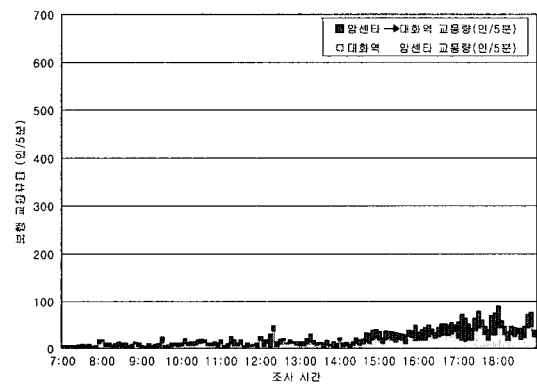
〈그림 1〉 시간대별, 방향별 보행 통행량(중심상업 휴일)



〈그림 2〉 시간대별, 방향별 보행 통행량(중심상업 평일)



〈그림 3〉 시간대별, 방향별 보행 통행량(주거지역)



〈그림 4〉 시간대별, 방향별 보행 통행량(상업지역)

되어 선정되었으나 다른 조사지점들에 비해 관측된 교통량이 매우 낮았다. 방향별로는 균등한 통행량을 나타내었다.

〈표 5〉는 용도지역별 보행 통행량과 방향별 통행 비율을 나타낸 것으로, 중심상업지역의 보행 통행량은 주말 12시간 동안에 약 4만 명이 발생하였고, 평일에는 약 3만 명으로 큰 차이가 있었다. 방향별 통행 비율은 '52:48'로 거의 균등하게 분포하였다. 주거지역의 경우는 약 1만 2천명의 통행이 발생하였고 통행 비율은 "72:28"로 상당한 불균등이 발생하였다. 상업지역은 총 4천명이 통행하였고, 방향별 비율은 균등하게 나타났다.

〈표 6〉은 용도지역별 동행(그룹) 통행 발생비율을 나타낸 것이다. 중심상업지역에서는 '1인' 통행과 '2인 동행' 통행 비율이 주말의 경우 전체의 약 60%, 30%를 각각 나타냈고, 평일의 경우는 '1인' 통행 비율이 역방향에서 더 크게 나타났다. 주거지역의 경우는 '1인' 통행 비율이 전체의 약 90%를 차지하였고 '2인 동행' 통행 비율

〈표 5〉 용도지역별, 전체 통행량 및 방향별 분포

용도지역			전체 통행량 (인)	방향별 통행 분포			
				정 방향		역 방향	
			통행량 (인)	비율 (%)	통행량 (인)	비율 (%)	
상업 지역	중심	주말	39,577	20,882	52.8	18,695	47.2
	상업	평일	28,577	14,667	51.4	13,890	48.6
	근린상업지역		3,642	1,891	51.9	1,751	48.1
주거지역			11,862	8,597	72.5	3,265	27.5

〈표 6〉 용도지역별 그룹 통행 비율

용도지역			방향별 그룹 통행조건(%)							
			정방향 그룹 통행조건				역방향 그룹 통행조건			
			1인	2인	3인	4인	1인	2인	3인	4인
상업 지역	중심	주말	60.2	36.5	3.1	0.3	66.9	30.7	2.2	0.3
	상업	평일	86.4	12.7	0.9	0.1	88.0	11.3	0.6	0.1
	근린상업지역		83.7	13.4	2.2	0.7	79.3	17.1	3.3	0.3
주거지역			85.4	12.3	2.0	0.3	91.2	7.7	0.8	0.2

은 약 10%정도를 나타냈다. 상업지역도 주거지역과 유사하게 나타났다.

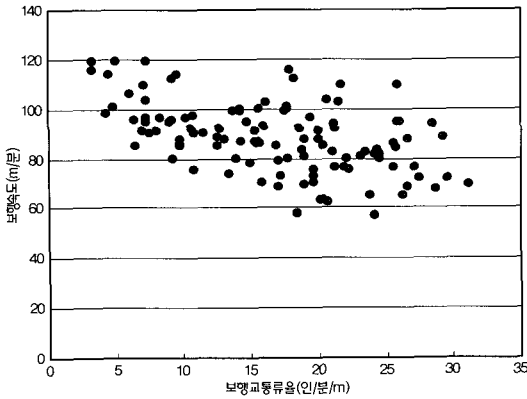
2) 현 기준에 의한 서비스수준 평가 및 검토

지점별 12시간 자료를 5분 단위로 구분하여 보행교통류율, 점유공간, 밀도, 속도를 산출하고 현 기준에 제시된 서비스수준 평가기준에 의해 분석하였다. 분석 결과, 보행교통류율을 기준으로 대부분의 지역에서 서비스수준이 'A'~'B' 사이에 분포하였으며, 주거지역의 경우는 상대적으로 서비스수준이 고르게 분포하였으나 상업지역의 경우는 거의 대부분의 척도가 서비스수준 'A' 상태를 나타내었다.

〈표 7〉은 교통류 운영특성별 백분위 수를 나타낸 것으로, 밀도와 보행교통류율은 85 백분위, 속도와 점유공간은 15 백분위 값을 각각 나타낸 것이다. 보행 교통류 운영 상태를 대표하는 지표인 속도의 15백분위수도 모든 조사지역에서 1.2m/초를 상회하여, 현 기준으로 서비스수준 'A'인 "정상적인 속도로 보행 가능"한 수준을

〈표 7〉 용도지역별 보도 운영 특성

용도지역			점유공간 (m ² /인)	보행교통류율 (인/분/m)	밀도 (인/m ²)	속도 (m/분)(m/s)
상업 지역	중심	주말	2.11	24.48	0.47	72.91[1.2]
	상업	평일	6.06	9.47	0.17	72.96[[1.2]
	상업지역		6.23	6.61	0.16	73.53[1.2]
상업지역			1.34	24.13	0.75	70.91[1.2]



〈그림 5〉 보행교통류율과 속도 관계

나타내었다.

지점별 속도-밀도 관계에 대한 통계적 유의성을 검토 하였으며, 중심상업지역(휴일)만이 유의한 것으로 나타났다. 〈그림 5〉는 중심상업업무지역(휴일)의 보행교통류율-속도 관계를 나타낸 것이다. 보행속도는 대부분 60m/분(1.0m/s)를 초과하게 나타났으며 현 기준의 서비스수준 "D"에 해당한다.

3) 검토

본 연구의 현장조사 결과를 통해 볼 때, 보행자의 통행이 밀집되고 현 기준에서 제시하는 용량 부근의 보행 통행량을 관찰하기 위해서는 전철역이나 터미널의 환승로 등 보행이 집중된 지점에서 가능할 것이나 이러한 장소들로부터 수집된 보행 운영 특성 자료를 토대로 만든 서비스수준 평가기준을 보행자의 방향별 통행 분포 특성이나 주변 환경에 분명한 차이가 있는 일반 가로의 보도 서비스수준 평가로 확대하여 적용하는 것은 무리가 있다고 본다. 따라서 일반가로의 보도에서 보행자의 서비스수준을 보다 분명하게 평가할 수 있는 새로운 서비스수준 평가기준 도출이 필요하다고 본다.

IV. 보도 설계 서비스수준 제한

1. 설계 서비스수준 평가방안

김용석과 최재성(2006)은 기존의 보행 교통류 운영 특성 기반 서비스수준 평가척도에 대한 대안적 평가 척도로서, 마주보고 통행하는 보행자들이 상대방과의 마찰

을 피하는 과정에서 발생하는 물리적 제약 특성과 이로 인한 쾌적성의 변화를 연계하여 평가할 수 있는 방안을 제시하였다. 이 연구에서는 마주보고 통행하는 보행자들이 상대방과의 마찰을 피하는 과정에서 발생하는 물리적

〈표 8〉 보도 폭과 통행 조건별 평가결과

보도 폭 (m)	마주보고 통행하는 보행그룹					
	1:1	1:2	1:3	2:2*	2:3	3:3
1.2	B	C	D	D	D	D
1.5	A	B	D	D	D	D
2.0	A	A	D	C	E	E
2.5	A	A	A	B	C	D
3.0	A	A	A	A	B	C
3.5	A	A	A	A	A	B
4.0	A	A	A	A	A	A
4.5	A	A	A	A	A	A

주 *: 2:2=보행자 2인씩 마주보고 통행

구분	설명	그림
A	마주 오는 보행자가 자신의 경로 선택에 거의 영향을 미치지 않는 상태	
B	마주 오는 보행자를 의식하여 자신의 경로를 수정하지만, 상호간에 마찰을 피하여 통행할 수 있는 충분한 공간이 있는 상태	
C	마주 오는 보행자를 의식하여 자신의 경로를 수정하며, 동시에 경미한 마찰이 발생하여 통행하는 상태	
D	마주 오는 보행자를 의식하여 자신의 경로를 수정하며, 몸을 경미하게 비틀어 통행하는 상태	
E	보행자는 마주 오는 보행자를 의식하여 자신의 경로를 수정하며, 몸을 과도하게 비틀어 통행하는 상태	
F	보행자는 마주 오는 보행자를 의식하여 잠시 정지한 후에 통행하는 상태	

〈그림 6〉 마주보고 통행 시 보행 서비스수준 구분

계약 특성과 이로 인한 쾌적성의 변화를 가능한 정형적인 방법에 의해 평가하기 위해 <그림 6>과 같이 6단계의 서비스수준으로 구분하여 정의하고 있다. 서비스수준별 쾌적성을 설문하여 단계 구분의 타당성을 평가하였다. 실외에서 마주 오는 보행자의 통행조건과 보도 폭을 변화시키면서 서비스수준을 평가하여 <표 8>과 같은 결과를 도출하였다. <표 8>를 부연하면, 보도 폭 1.5m, 마주보고 통행하는 조건 "1:1"(방향별 보행자 1인 통행)에서 보행서비스수준은 "A"이며 이는 마주 오는 보행자가 자신의 경로 선택에 거의 영향을 미치지 않는 상태를 의미한다.

2. 용도지역 특성별 설계 통행조건

본 연구는 자동차 중심의 기능 분류에 보도 최소 폭을 대응하는 불합리성을 극복하는 방안으로 보행 수요가 가로주변의 토지이용 형태 및 규모에 영향을 크게 받는다 고 판단하고 용도지역 특성에 따른 보도 설계 서비스수준을 제안하고자 한다. 이를 위해, 본 연구는 현장 조사된 보행교통량을 방향별 분포와 동행 그룹(같은 방향으로 통행하는 보행자 그룹) 통행 비율을 산출하고, 이러한 특성을 보도 설계 조건(마주 오는 보행자 그룹의 통행 조건)으로 연계하여 보도 설계 서비스수준을 제시하고자 한다. <표 9>는 용도지역 특성별 설계 통행조건을 제안한 것이다.

중심상업지역의 보도 설계 조건은 '3:3'으로 제안하였다. 이 지역은 방향별 통행량이 균등하고 동일 방향 1인 통행과 2인 통행 비율이 약 60%와 30%로, 본 연구에서는 동일 방향 1인과 2인이 나란히 통행하고, 방향별로 동일한 형태 발생을 전제하여 '3:3' 조건을 보도 설계 조건으로 제안한다.

<표 9> 용도지역 특성별 설계 통행조건 제안

용도 지역	보행 목적	방향별 분포	동일방향 그룹 통행비율	설계 통행 조건	
상업 지역	중심 상업 지역	업무/쇼핑	균등 (53:47)	1인:2인=60:30	3:3
	기타 상업 지역		균등 (52:48)	1인:2인=80:20	2:2
주거 지역	지하철역 및 터미널 접근	불균등 (73:27)	1인:2인=85:15	3:3	

주거지역 가운데 지하철역이나 버스 터미널로 직접 접근할 목적으로 통행하는 데 이용되는 보도의 설계 조건은 중심상업지역과 마찬가지로 '3:3'으로 제안한다. 본 연구의 현장조사 지역에서 관찰한 결과는 방향별 통행량에 불균등이 발생하였다. 즉 지하철 역이나 터미널 방향으로 교통량이 집중되는 현상을 관찰하였다. 동일 방향 1인 통행과 2인 통행비율은 약 85%와 15%로 1인 통행 비율이 많았다. 비록 2인 통행 비율은 중심상업지역에 비해 낮지만 방향별 편차가 심하고 이는 부방향(편의 상 통행량이 적은 쪽) 보행자들이 주방향 보행자들과의 상충을 회피하는 과정에서 쾌적감의 손상이 클 것으로 본다. 이러한 현장 조사결과를 토대로 주거지역 가운데 지하철 역이나 터미널 등 대중교통 접근로로 이용되는 기능을 갖는 보도는 중심상업지역과 동등하게 '3:3' 설계 조건을 제안한다. 여타 주거지역의 보도는 방향별 불균등이 크지 않을 것으로 판단하여 보도 설계조건을 기타 상업지역(일반상업, 근린상업지역 등)과 동일하게 '2:2'로 제안한다.

<표 10>은 용도지역의 설계 통행조건별 본 연구에서 검토한 마주오는 보행자간 쾌적성에 기반한 서비스수준에 대응하는 유효 보도 폭을 나타낸 것이다. 본 연구의 실외 실험조건은 실제 보도에서 고려되어야 할 요소 가운데 연석이나 건물에 의하여 보행에 영향을 주는 폭을 고려하지 못하였다. 따라서 현실성을 높이기 위해 연석 등의 영향에 따른 보정 폭인 0.3~0.45m를 고려하여 본 연구에서는 0.5m를 각각 더한 값을 적용하여 <표 11>에 나타내었다.

<표 12>는 용도지역별로 설계 통행조건을 대응하고,

<표 10> 통행조건별, 서비스수준별 유효 보도 폭

(단위: m)

통행조건	서비스수준에 상응하는 유효 보도 폭(m)					
	A	B	C	D	E	F
3:3	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
2:2	3.0	2.5	2.0	1.5	-	-

<표 11> 통행 조건별 서비스수준별 유효 보도 폭(연석 영향 감안)

(단위: m)

통행조건	서비스수준에 상응하는 유효 보도 폭(m)					
	A	B	C	D	E	F
3:3	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
2:2	3.5	3.0	2.5	2.0	-	-

〈표 12〉 용도지역 특성별, 서비스수준별 최소 유효 보도 폭

용도지역 및 보도 기능구분		설계 통행조건	서비스 수준	최소 유효보도폭(m)
상업지역	중심상업 업무기능	3:3	A	4.5
			B	4.0
			C	3.5
			D	3.0
			E	2.5
			F	2.0
	그 외 ¹⁾	2:2	A	3.5
			B	3.0
			C	2.5
			D	2.0
주거지역	지하철역, 버스터미널 접근로	3:3	A	4.5
			B	4.0
			C	3.5
			D	3.0
			E	2.5
			F	2.0

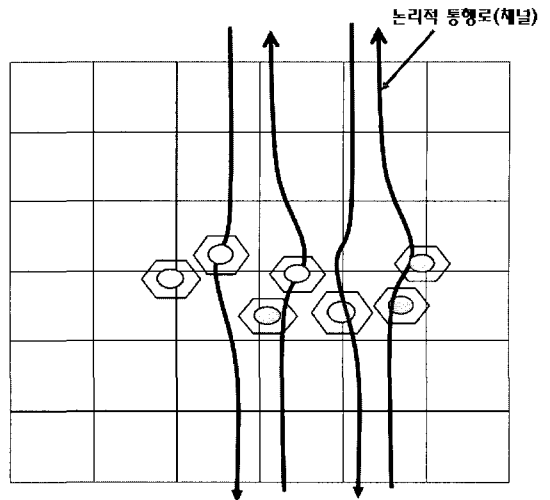
주: 1) 중심상업 업무기능을 갖는 지역을 제외한 곳

통행조건에 따른 서비스수준별 최소 유효보도폭을 나타낸 것이다. 예로, 중심상업지역의 통행조건은 "3:3"으로 전제하고, 이를 각각의 서비스수준과 최소 유효 보도폭을 대응하여 나타낸 것이다.

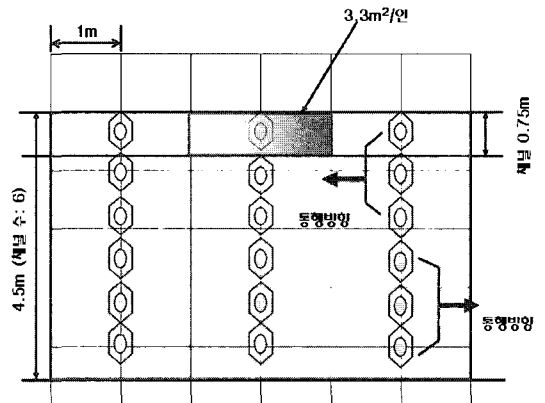
3. 보도 설계 서비스수준 제안

본 연구는 일반 도시부 가로의 보도에서 보행 밀도에 따른 통행 속도 증가는 거의 발생하지 않을 것을 전제하였으며, 이를 현장조사 결과를 통해 간접적으로 입증하였다. 그러나 본 연구에서 수행한 현장조사 범위의 제약으로 완전한 대표성을 갖기 어렵기 때문에 본 연구에서 제시하는 서비스수준 평가기준을 적용할 수 있는 보행교통량 범위를 정의하였다. 이를 위한 이론적인 가정을 다음과 같이 수립하였다.

- 보행자들은 주어진 보도를 통행함에 있어 논리적 통행로(본 연구에서는 채널로 명명함)를 형성하게 됨. 예로, 〈그림 7〉은 네 개의 채널이 형성되는 경우이다.
- 채널의 넓이(옆 사람과의 간격)은 0.75m로 한다. 본 연구의 실외실험에서 통행조건 '1:1'에서 서비스수준 A에 해당하는 1.5m를 이등분한 값을 가정함(〈표 8〉 참조).



〈그림 7〉 논리적 통행로(채널) 개념



〈그림 8〉 통행조건 3:3에서의 이론적 채널 설정

- 채널 내에서 앞 뒤 사람과의 간격은 보행자 1인이 현 용량편람에 제시된 서비스수준 A 조건에서의 점유공간 $3.3m^2$ 을 유지할 수 있는 거리로 함. 따라서 이 공간을 확보하기 위한 앞 뒤 사람과의 거리인 $4.4m(3.3m^2/0.75m)$ 를 용량 편람에 제시된 서비스수준 A에서의 보행 속도인 1.25m/초로 나누어 편의상 "보행 차두시간"으로 정의하고, 3.5초로 가정함.

이상의 가정 조건을 수식화하여 분당 보행량을 제시하면 식(1)과 같고, 가정된 조건하에서 통행 조건별 최대 보행 통행량을 산정하면 〈표 13〉과 같다. 부연하면, 본 연구에서 제안한 통행 조건 '3:3'에서 옆 사람과의 쾌적한 수준의 간격을 유지하면서 생성 가능한 채널의 개

〈표 13〉 이론적 가정 하에서 통행조건별 최대 보행 통행량

설계 통행조건	n	h	λ	V _C	V
3:3	6	3.5초	0.28인/초	17인/채널	102인/분
2:2	4	3.5초	0.28인/초	17인/채널	68인/분

수는 6개이며, 앞·뒤 사람과의 서비스수준 A를 유지할 수 있는 점유공간을 고려한 이상적인 보행 교통량은 102인/분(시간당 6,120명)이 된다.

$$V = (1/h) \times n \times 60 = \lambda \times 60 \times n = V_C \times n \quad (1)$$

- 여기서, V : 분당 보행량(인/분)
- h : 보행자간차두시간(초)
: $[3.3m^2 / (0.75m \cdot 1.25m/초)] = 3.5초$
- λ : $1/h =$ 보행자 평균 도착율(인/초)
- V_C : $\lambda \times 60 =$ 분당, 채널 당 보행자 수(인/분/채널)
- n : 채널 수(개)

따라서 본 연구에서 제안하는 설계 통행조건 3:3 조건에서는 최대 보행 통행량을 102인/분으로, 설계 통행조건 2:2 조건에서는 68인/분으로 각각 제안한다. 참고적으로, 본 연구의 현장조사에서 12시간 관찰된 휴일 중심상업지역(강남역 인근 보도)의 통행량 자료를 통해 볼

〈표 14〉 실무 적용을 위한 보도 설계 서비스수준 제안

용도지역 및 보도 기능 구분		서비스수준 평가	서비스수준에 상응하는 유효 보도 폭 (m)
상업지역	중심상업지역 ¹⁾	양호 ⁵⁾	≥ 4.5
		보통 ⁶⁾	≥ 3.5
		미흡 ⁷⁾	< 3.5
	그 외 ²⁾	양호	≥ 3.5
		보통	≥ 2.5
		미흡	< 2.5
주거지역	지하철 역 및 버스터미널 접근로 ³⁾	양호	≥ 4.5
		보통	≥ 3.5
		미흡	< 3.5
	기타 통학로, 여가, 산책 ⁴⁾	양호	≥ 3.5
		보통	≥ 2.5
		미흡	< 2.5

주: 1), 3) : 설계 통행조건 3:3, 본 기준 적용 최대 보행 교통량: 102인/분
 2), 4) : 설계 통행조건 2:2, 본 기준 적용 최대 보행 교통량: 68인/분
 5) 서비스수준 A 이상에 상응
 6) 서비스수준 C 이상에 상응
 7) 서비스수준 D 이하에 상응

때도, 침두 5분 기준으로 약 500명이며, 이를 분 당 교통량으로 환산하면 약 100명 정도이다. 따라서 일반 도시부 가로에서 분당 100명(시간당 6천명) 이상의 통행이 발생하는 경우는 매우 드물 것으로 본다. 그러나 설계 서비스수준 평가의 일반화를 위해 본 연구에서 제안한 보행 통행량 적용 범위를 초과하는 경우는, 현 도로용량 편람에 제시된 서비스수준 평가기준을 적용할 것을 제안한다.

본 연구는 토지이용 특성과 보도의 기능에 따라 설계 통행조건을 전제하고, 'A'~'E'의 6단계로 구분했던 서비스수준을 양호, 보통, 미흡의 세 등급으로 재 구분하여 최종적으로 〈표 14〉와 같이 보도 설계 서비스수준을 제안한다.

V. 결론 및 향후 연구

본 연구는 자동차를 위한 차도 설계는 서비스수준에 의해 수행되는 반면, 보행자를 위한 보도 설계는 획일적으로 적용되거나 막연히 도로 기능별 분류에 따른 최소 폭 중심으로 보도 폭을 정하는 구조적인 모순을 탈피하는데 초점을 두고 이루어졌다.

현 도로용량편람에 제시된 기준은 보행 속도 등 보행 교통류의 운영 특성에 기반하여 보행서비스수준을 평가토록 하고 있으나 도시부의 대다수 가로의 보도에서 보행 밀도에 따른 보행 속도 감소는 매우 드물게 경험하고 있음을 전제하고, 실제 용도지역 특성별로 보행 통행 자료를 수집하고 분석함으로써 연구 초기에 가정했던 관점을 확인하였다.

설계 실무에서 보행 통행량이 추정되지 못하는 현실적인 한계점과 현 기준이 일반가로의 보도 서비스수준을 완전하게 평가하기 어려운 한계점을 감안하여, 보행자의 신체적 한계와 이를 쾌적감에 연계한 새로운 보도 서비스수준 평가 항목을 정의하고 평가하였다. 도로 기능별 보도 최소 폭을 대응하는 현 설계 기준상의 불합리성을 극복하기 위해 용도지역 특성별로 현장 조사된 보행 특성 자료를 이용하여, 용도지역별 보도 설계 서비스수준을 제시하였다. 아울러, 보행 통행량이 많은 지점까지도 평가 범주에 포함하는 일반화된 설계 서비스수준 평가기준을 제시하기 위해 본 연구에서 제안하는 평가기준의 적용범위를 명시하였으며, 이를 초과하는 보행 통행량 조건에서는 현 용량편람의 평가기준을 적용하는 것을 제안하였다.

향후 연구에서는 용도지역 범위를 보다 포괄하여 기준을 제시할 필요가 있으며, 도시 외곽에 설치되는 보도에 대해서도 추가적인 기준 설정 연구가 필요할 것이다. 기술적인 부분으로는 용도지역별 설계 통행조건에 대해 보다 정량적인 접근이 필요하다고 본다.

참고문헌

1. 건설교통부(2001), 도로용량편람.
2. 박영춘·권용석(2003), "중심지역 보행자의 보행속도에 관한 연구", 한국지역개발학회지, 제15권 제2호, 한국지역개발학회, pp.114~126.
3. 박동주(1993), 보행목적에 따른 보행교통류특성에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문.
4. 임정실·오영태(2002), "보행자 도로의 용량산정", 대한교통학회지, 제20권 제1호, 대한교통학회, pp.91~99.
5. 임진경·신혜숙·김형철(2004), "유형별 보행자도로의 서비스수준 평가기준 설정", 대한토목학회논문집, 제24권, 제5D호, 대한토목학회, pp.723~728.

6. 김용석·최재성(2006), "보행자와 자동차를 동시에 고려한 도시 가로의 균형적 계획 및 설계에 관한 연구", 대한교통학회지, 제24권 제6호, 대한교통학회, pp.55~64.
7. Flannery, Aimee(2006), "Customer-Based Measures of Level of Service?", ITE Journal, pp.17~21.
8. Henson, Colin (2000), "Level of Service for Pedestrians", ITE Journal, pp.26~30.
9. Landis Bruce W., Vattikuti, Venkat R., Ottenberg, Russel M., Mcleod Douglas S., and Guttenplan, Martin(2001), "Modeling the Roadside Walking Environment -Pedestrian Level of Service-", Transportation Research Record 1773, pp.82~88.
10. Zacharias, John (1999), "The Amsterdam Experiment in Mixing Pedestrians, Trams and Bicycles", ITE Journal, pp.22~28.
11. Highway Capacity Manual(2000), Transportation Research Board.

✉ 주 작성자 : 김용석
 ✉ 교신저자 : 김용석
 ✉ 논문투고일 : 2006. 12. 8
 ✉ 논문심사일 : 2007. 2. 8 (1차)
 2007. 2. 28 (2차)
 ✉ 심사판정일 : 2007. 2. 28
 ✉ 반론접수기한 : 2007. 8. 31