

# GPS 활용 보도 서비스수준의 정량적 평가

Quantitative Evaluation of the Level of Service of Sidewalk Using GPS

김 용 석

(한국건설기술연구원 수석연구원)

최 재 성

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

## 목 차

### I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법

### II. 선행연구 고찰

1. 보행 서비스수준
2. 보도 서비스수준
3. 보도 폭

### III. 옥외실험

1. 실험목적
2. 실험방법
3. 실험결과
4. 결과검토 및 토의

### IV. 결론 및 향후연구과제 참고문헌

Key Words : 보도 폭, 보행 서비스수준, 보행 궤적, 도시 가로, 상충

Sidewalk Width, Pedestrian Level of Service, Foot Path Trajectory, Urban Streets, Conflict

## 요 약

보도 폭은 보행자들의 쾌적한 통행 환경 조성에 중요한 요인 중 하나이다. 보도 폭을 결정하는 절차는 도로용량 편람에 제시된 서비스수준을 이용하여 정하는 방법이 제시되어 있다. 그러나 편람은 도시 가로상 보도와 지하철역내 보행자도로를 구분하지 않고 서비스수준을 제시하고 있어, 두 환경에서 보행자 이동 특성의 차이를 반영하기 어렵다. 지하철 역내 통로에서는 자동차 교통류와 유사하게 종방향으로 보행자 군을 형성하는 경우가 빈번하지만 도시 가로에서는 매우 드물게 관찰되는 특수한 상황이기 때문이다. 따라서 도시 가로상 보도의 고유 특성을 반영하기 위해서는 보도 서비스수준에 방법상의 변화가 필요하다. 본고는 새로운 보도 서비스수준 평가방안을 검토하고, 보도 폭 설계에 활용될 수 있는 근거를 마련하기 위해 옥외실험을 실시하였다. 특히 본 논문에서는 새로운 서비스수준 척도를 정량적으로 평가하기 위해 GPS를 이용하였고, 정량적 평가와 정성적인 평가결과를 비교적으로 분석하였다.

The width of sidewalk is one of the important factors constructing a pleasant pedestrian environment. The procedure for sidewalk width design based on the Level of Service is suggested in Korea Highway Capacity Manual. However, this manual does not give a difference between the sidewalk on the street with the passage of the subway, therefore, the different flow characteristic of these places is not appropriately reflected. Though the pedestrian flow in the subway encounters a frequent stop and go situation as like the platoon of vehicles, the similar condition is rarely observed at the urban streets. The new measure of LOS for sidewalk is in need. The study reviewed the prominent measure of LOS and carried out the outdoor experiment to evaluate the new measure. Particularity, GPS was used to collect the pedestrian foot path trajectory for the quantitative evaluation and the results from quantitative and qualitative are compared.

## 1. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

양호한 보행환경 제공은 보행을 활성화시켜 개인 건강 유지에 큰 도움이 된다. 우수한 보행환경을 조성하기 위한 여러 가지 노력들이 있으며 대표적인 대책으로는 보도에 방치된 여러 가지 불법 장애물에 대한 행정적인 규제가 이루어져야 하며 동시에 보도를 처음 시공할 때도 보행자들의 통행여건을 감안해서 보다 여유롭게 보도 폭을 계획하는 것도 필요할 것이다.

본 연구는 현 도로용량편람에 제시된 보도 서비스수준 결정방법이 지하철 등 보행 용량이 빈번하게 관찰되는 조건에서는 타당하지만, 일반 도시가로의 보도와 같이 용량 수준에서 운영되는 경우가 매우 드문 환경에도 적용하는 것은 도시가로 보도의 특성을 충분히 반영하기 어렵다고 보았다. 이런 관점에서 선행연구(김용석과 최재성, 2006)에서 제시한 보도 서비스수준 평가 방법이 일반 도시가로의 보도 서비스수준 평가에는 보다 적합하다고 보았다. 본 논문에서는 한 단계 나아가 선행연구에서 정성적으로 제시한 보도 서비스수준별 보행행태에 대해 GPS를 이용하여 정량적으로 조사된 자료와 연계하여 검토하고 현 도로용량편람과 비교적으로 검토한 결과를 제시한 것이다.

### 2. 연구의 범위 및 방법

보도의 폭을 정하는 방법은 도로용량편람(2001)에 제시되어 있으나 자동차를 위한 도로시설의 서비스수준 산정에 적용되는 척도들을 보행자 시설인 보도에도 적용하는 데는 한계가 있다. 왜냐하면 보행자는 단순히 목적지까지 이동하는 것만이 목적이 아니라 그 자체로도 목적이 될뿐더러 심지어는 통행의 목적에 따라 불편하지 않을 수준의 마찰이라면 보행자들이 오히려 도시가로의 생동감을 느낄 수 있어 보행자가 체험하는 서비스수준이 다른 목적의 통행에 비해 높을 수 있다는 점 때문이다. 또한 용량편람은 보행자들의 이동을 자동차와 유사한 종방향의 행렬로 간주하고 있으나 이는 지하철 역사 등 특수한 상황에서 매우 드물게 관찰되는 행태로 이를 보도까지 일반화하여 평가하는 것은 한계가 있다는 것이 본 논문의 개념적 관점이다. 본 논문은 보도 폭을 결정하기 위한 척도로 보행자들의 이동을 자동차

들의 행렬처럼 종방향으로 늘어선 것으로 보지 않고 양쪽에서 마주 오는 보행자들이 간헐적으로 교행 하는 상황에서 불편을 초래하지 않을 수준을 고려해 본 것이다. 예를 들어 보도 폭은 1.2m 정도 되는데 양쪽에서 두 명씩 마주해서 통행 해 온다면 두 그룹이 만나는 지점에서는 부득이하게 상충이 발생되고 이로 인해 불편감이 생길 수 있다는 것이다. 이런 불편감을 줄일 수 있도록 보도 폭을 설계하는 것이 우리가 일상 겪는 도로 상 보도의 서비스수준을 더 잘 표현해줄 수 있다고 본 것이다. 구체적인 연구내용으로, 보행자들이 교행하는 상황을 보도 폭과 관련지어 몇 개의 서비스수준으로 나누어보고 옥외 공간에서 실험을 하였다. 각각의 실험조건에서 위성측위시스템(이하 GPS)를 이용해서 보행자 궤적 자료들을 수집하고 분석하여 정성적인 불편감과 정량적 자료를 연계하여 검토해 본 것이다. 도로 설계자가 새로이 보도를 계획할 때 토지이용 특성 등이 유사한 지역에서 양방향으로 보행자들의 통행방식을 관찰하고 논문에서 제시하는 양방향 보행자 통행조건과 보도 폭과의 관계 표를 이용하면 현재에 비해 실효성 있는 보도 설계가 가능할 것으로 기대한다.

## II. 선행연구 고찰

### 1. 보행 서비스수준

보행자의 서비스수준은 자동차에 적용하는 것과 일정 부분 유사하지만 분명하게 차이가 나는 것도 있다. 예로, 보행자도 목적지까지 최단 거리로 빨리 도착하고자 하지만 보행의 목적이 산책이나 휴식을 위해 보도를 거니는 것이라면 빨리 가는 것보다는 주변 상점을 둘러보거나 지나쳐가는 사람들을 보는 것도 보행에 즐거움을 더하는 것이므로 서비스수준에 영향을 미치는 인자로 볼 수 있는 것이다. 비록 많은 연구에서 보행 서비스수준이 자동차와 동일한 잣대로 취급되는 것에 대해 경계하고 있지만 도로 설계 프로젝트를 시행하는 과정에서는 여전히 도로용량편람에 나와 있는 방법론이 그대로 적용되는 것이 현실이다.

도로용량편람에는 도시 가로상 보도와 지하철 역내 보행자 도로를 포괄해서 보행자 도로로 분류하고 있는 점이 보도 서비스수준을 현실감 있게 표현해내지 못하는 이유 중 하나라고 본다. 물론 보도든 지하철 역내 통로든지 신체적으로 다른 보행자가 통행하는 것은 아

하지만 통행 행태에 있어서는 분명한 차이점이 있다. 지하철 역사에서 보행 목적이 산책이나 휴식이 될 수 없기 때문이며 보도에서 출근통행 시간대나 대형 이벤트(문화행사)가 있는 경우 등 특수한 상황을 제외하고 자동차 행렬처럼 종방향의 군(platoon)을 만들어 보행자들이 통행하는 경우는 매우 드물다. 특수한 상황을 제외하고 종방향의 군이 형성되는 경우는 보도 위에 각종 불법 장애물이 방치되어 있거나 보도 폭이 보행수요에 비해 지나치게 작은 경우가 대부분이라고 본다. 따라서 도로용량편람에 지나치게 얽매어 보도 시설을 평가하거나 설계할 때 과연 보행자가 피부에 느끼는 서비스수준에 얼마만큼 근접해 있을 지에 대해서는 의문이 생긴다. 기술적인 관점에서는, 통행행태가 다름에도 불구하고 지하철 역사에서 조사된 보행 특성자료마저 보행 서비스수준 척도를 산출하는데 이용했다면 현 서비스수준이 일반 도로상 보도의 서비스수준과는 괴리감 있는 지표라고 말할 수 있다.

비단 보행 서비스수준에 한정되지 않고 현 도로용량편람에서 제시되는 서비스수준 척도들이 도로이용자들이 피부로 겪는 통행의 질을 잘 표현해주는 가에 대해서는 논란이 많다. Flannery(2006)도 도로용량편람에 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, 비 침투시간에 신호교차로 앞에서 빈번한 정차로 인해 운전자가 느끼는 서비스수준은 침투시간에 교차로 간 신호 연동이 잘 이루어져 정차의 빈도가 상대적으로 낮은 경우의 서비스수준에 비해 오히려 낮을 수 있음을 언급하였다. Henson(2000)도 서비스수준은 운전자와 승객들에 의해 인지되는 교통류의 운영 상태를 정성적으로 나타내 주는 것으로 속도, 통행 시간, 행동의 자유도, 편안함, 편리함, 안전 등 다양한 평가척도가 이용될 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 언급한 것이다. Wetmore(2000)는 보행자 서비스수준의 공간적 분류를 가로로 따라 걷는 경우와 가로로 횡단하는 경우, 특정 지점에서 다른 지점으로 이동시에 가로의 시스템적인 수행도로 구분하는 방안을 제시했다. 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 있다는 것이다.

US HCM(2000)에도 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 척도로서, 보행자들이 보행 교통류를 횡단 시의 자유도를 제시하고 있다. 점유공간 3.5m<sup>2</sup>/인 미만의 경우 상충의 가능성이 존재하며, 1.5m<sup>2</sup>/인의 경우는 대부분의 보행자가 상충을 경험하게 됨을 제시하고 있다. 유사하게 3.5m<sup>2</sup>/인 이상의 경우 동일방향 보행자를 추월하는데 어려움이 없으나 1.8m<sup>2</sup>/인으로 낮아지는 경우 점차 어려움을 경험하게 됨을 언급하였다. 교통류 특성과 다른 평가척도로서 대향방향의 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 1.0m<sup>2</sup>/인에서 양방향 교통량 비율이 "90:10"의 경우에 용량의 15%가 감소하였음을 언급하고 있다.

박영춘과 권용석(2003)은 자동차의 통행과 비슷한 경향을 보이는 보행자의 통행 특성이 근본적으로는 상이한 측면이 있음을 제시하고, 보다 현실적인 보행 행태를 설명할 수 있는 모형의 필요성을 언급하였다. 조사된 자료의 분석결과로서, 보행량과 보행속도의 관계에 있어 경향을 찾기 어렵고 이는 밀도, 보행량, 보행속도의 관계를 극소적인 상황에서 극대적인 상황까지의 개념을 일반화하는 것으로 이해할 수 있으며, 이런 상황은 현실적인 보행 행태에서 찾기 어렵고 쇼핑물내부, 극장내부의 통행로 등에서 나타나는 일시적인 현상을 설명하는데 보다 적합함을 제시하였다.

임정실과 오영태(2002)는 보도의 용량을 산정하기 위해 지하철 역내 환승로와 주변 보도에서 보행자 통행 특성을 조사하였으며, 보도 용량 범위를 최대 126인/

분/m에서 최소 106인/분/m로 제시하였으며 이 값이 편람에 반영되어 있다. 미국의 도로용량편람에 비해 높은 용량은 보행자의 신체적인 특성 차이에 기인한 것임을 언급하였다.

임진경, 신혜숙, 김형철(2004)은 보도를 주거업무지역, 상업지역, 공원지역으로 구분하여 보행 교통류의 특성을 조사하고 유형별 서비스수준에 대한 사진 설문을 시행하였다. 연구 결과로, 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 교통류 특성과 보행자의 설문을 연계함으로써 보다 현실성 있는 보행 서비스수준 평가 방안을 제시하고 있다.

2. 보도 서비스수준

도로용량편람(2001)은 보행자 시설로서 보행자도로, 신호횡단보도 계단, 대기공간으로 구분하여 제시하고 있으며 보행자 도로(지하철역내 보행자도로, 보도, 쇼핑몰 등)에 대해서는 <표 1>과 같이 서비스수준을 제시하고 있다. 비록 도로용량편람 연구보고서(2001)은 보행자 서비스수준별 보행 특성을 <표 2>와 같이 기술하고 있으나, 도로용량편람(2001)에 서비스수준의 구분은 교통량-속도-밀도 관계를 통해 얻어진 그래프를 토대로 기울기의 변화가 두드러진 점을 기준으로 정하였음을 언급하고 있어 서비스수준에 대한 정성적 기술과 현 편람에 제시된 서비스수준별 기준간의 상관관계는 사실상 모호한 실정이다.

<표 3>은 서비스수준을 이용해서 보도 폭을 설계하는 절차를 제시하고 있다. 예를 들어, 100인/분의 보행교통류율에서 서비스수준 C를 만족하기 위한 보도 폭은 2.17m(설계 값: 2m)로 산정된다. 예시로 든 보행통행량은 선행연구(김용석과 최재성, 2007)에서 휴일 중심상업지역(강남역)에서 조사된 보행량이다. 대부분의 도시 가로에서 조사되는 보행통행량은 이 수준에 크게 미치지 못하며 현 도로설계기준(국토해양부, 2009)에 제시된 보도 최소 폭 2.0m는 대부분의 보도에서 서비스수준이 A 또는 B로 산출될 수밖에 없다. 이 점이 용량기반 서비스수준을 이용한 보도 폭 선정의 한계로 볼 수 있다.

김용석과 최재성(2006)은 현 도로용량편람이 갖는

<표 1> 보도 서비스수준

서비스 수준	점유공간 (m <sup>2</sup> /인)	보행교통류율 (인/분/m)	밀도 (인/m <sup>2</sup> )	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> 서비스수준별 보행 상태

서비스수준	설명
A	보행속도 자유롭게 선택 가능
B	정상적인 속도로 보행 가능
C	타 보행자 추월 시 약간의 마찰
D	마찰 없이 타 보행자 추월 불가능
E	평소 보행속도로 걸을 수 없음
F	보행속도가 극도로 제한됨

<표 3> 보도 유효 폭 결정절차(서비스수준)

절차	수행 내용
1	목표 연도 보행자도로의 보행자 교통량 추정
2	분당 보행자 교통량(인/분)으로 환산
3	서비스 보행교통류율(SVi) 산정
4	보행자도로의 유효 보도 폭 계산 $W_E = \frac{V}{SV_i} \quad (1)$ WE : 유효 보도 폭 (m) V : 장래의 보행수요(인/분) SVi : 서비스수준 i에서의 서비스 보행교통류율(인/분/m)

<표 4> 보도 서비스수준별 보행상태

서비스 수준	설명
A	마주 오는 보행자가 자신의 경로에 거의 영향을 미치지 않는 상태
B	마주 오는 보행자가 자신의 경로에 경미한 수준의 영향을 미치기 시작하는 상태
C	마주 오는 보행자가 자신의 경로에 상당한 수준의 영향을 미치는 상태
D	마주 오는 보행자가 자신의 경로에 상당한 수준의 영향을 미치며 상호 합류 거동이 시작하는 상태
E	마주 오는 보행자가 자신의 경로에 상당한 수준의 영향을 미치며 상호 합류 거동이 발생하는 상태
F	마주 오는 보행자가 자신의 경로에 상당한 수준의 영향을 미치며 상호 합류로 "가다-서다" 상황이 발생하는 상태

한계점으로 첫째 지하철 역사까지 포함하여 얻어진 통행량 자료에 유추해 제시된 서비스수준이 상대적으로

보행통행량이 많지 않은 보도에 적용하기 곤란한 점, 둘째 특정상황(대형이벤트 등)을 제외하고 보도에서 보행자들이 종방향으로 군을 형성하여 통행하는 경우는 매우 희박한 점을 들어, 보도 설계를 위한 새로운 보도 서비스수준을 제시하였다. 이는 보도 폭과 마주오는 보행자 통행조건에 기반하여 보도 설계 폭을 결정할 수 있도록 하는 것이다(본고는 이를 “보행자 상충기반 보도 서비스수준”으로 명명하겠음). 이는 마주오는 보행자들이 교행 시 폭이 좁아서 느끼는 불편감을 반영하는 것이 오히려 일상에서 관찰되는 보도 상 보행자의 통행 특성을 현실성 있게 반영할 수 있다는 것이다. <표 4>는 보행자 상충기반 보도 서비스수준에 대해 6 단계로 구분하여 기술한 것이다.

### 3. 보도 폭

도시 가로의 계획 기준인 “도시관리계획수립지침(2003)”은 보도 폭을 도로의 기능, 주변 토지이용, 지형 여건, 보행 목적 등 주변 지역 특성을 고려하여 결정토록 규정하고 있으며, 유관기준인 “도로의구조·시설기준에관한규칙(2009)”은 보도 유효 폭의 최소 기준

으로 2.0m를 부득이한 상황에서는 1.5m까지 적용할 수 있음을 제시하고 있다. <표 5>는 국내 및 외국에서 적용하는 최소 및 최대기준의 범위를 제시한 것이다. 표에 제시된 바와 최소 및 최대 기준은 보행 용량에 의해 결정되기 보다는 보행자의 신체적 한계(최소의 경우)와 보행밀도에 비해 지나치게 공간이 넓은 경우에 느끼는 소위 공허감이 최대 폭과 연계되어 있다고 본다.

<그림 1>은 캐나다의 설계사례(Ottawa Carleton, 2006)로써 토지이용 및 가로의 교통기능에 따라 횡단면을 제시한 것이다. 특히 가로의 시설한계에 따라 표준 단면, 여유로운 단면, 제한적인 단면들을 제공함으로써 설계자가 지역 상황에 부합되는 설계 단면을 선택할 수 있도록 유도하고 있다. 비록 국외기준이 최소값 중심의 국내 보도 설계에 비해 우수한 측면이 있으나 표준적인 보도 폭 기준의 설정 근거에 대해서는 충분한 설명이 없어 설계자의 임의성이 작용될 소지를 여전히 한계로 가지고 있다고 할 수 있다.

## III. 옥외실험

### 1. 실험목적

본 옥외실험의 목적은 “보행자 상충기반 보도 서비스수준”을 실무적용 수준으로 발전시키기 위해 보도 폭과 통행조건별로 피실험자를 이용한 서비스수준 평가를 정성적, 정량적인 방법으로 수행하는데 있다. 서비스수준에 대한 정성적 평가는 피실험자가 마주오는 보행자들로 인해 자신의 보행상태가 <표 4>에 제시된 단계와 연계하여 응답하는 방식으로 하고 정량적 평가는 마주오는 보행자를 의식해서 속도를 줄이거나 마찰을 피하기 위해 경로를 조정(횡방향 변이)하는 정도를 GPS로 측정하는 방식으로 평가를 수행하였다.

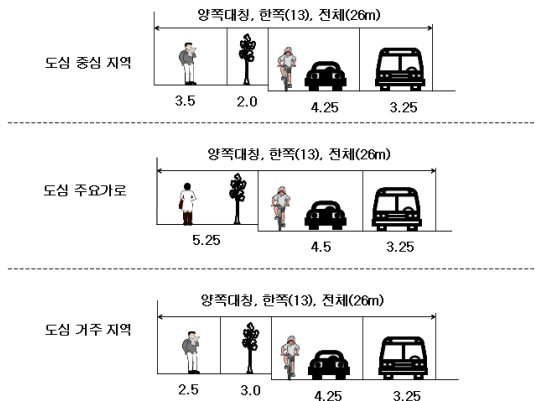
### 2. 실험방법

옥외 실험조건은 <표 6>과 같이 국내의 설계기준 및 실무적용 범위를 토대로 정하고, 마주 보는 통행 조건은 1:1(양방향 한명씩)에서 3:3(양방향 3명씩)까지의 범주로 정했다.

<그림 2>는 옥외실험 환경으로 통행거리는 23m로 하였고 양방향 보행그룹 중 각 1인이 GPS를 장착하고 자유롭게 통행하도록 하였다. 피실험자가 들고 있는

<표 5> 보도 최소 폭 및 실무 적용 범위

구분	최소 폭(m)	실무 적용 폭(m)
국내	2.0(1.5)	1.5~4.5
캐나다	1.5	2.0~3.0
독일	1.5	4.0(상업지역) 5.0(주요쇼핑지역)
미국	1.2	1.8~4.8
일본	2.0	2.0 이상



<그림 1> 캐나다 도시 가로 횡단면 사례

〈표 6〉 옥외 실험 조건

실험 조건	
보도 폭(m)	통행 조건
1.2	1:1, 1:2, 1:3 2:2*, 2:3, 3:3
1.5	1:1, 1:2, 1:3 2:2, 2:3, 3:3
2.0	1:1, 1:2, 1:3 2:2, 2:3, 3:3
2.5	1:1, 1:2, 1:3 2:2, 2:3, 3:3
3.0	1:1, 1:2, 1:3 2:2, 2:3, 3:3
3.5	1:1, 1:2, 1:3 2:2, 2:3, 3:3
4.0	1:1, 1:2, 1:3 2:2, 2:3, 3:3
4.5	1:1, 1:2, 1:3 2:2, 2:3, 3:3
5.0	1:1, 1:2, 1:3 2:2, 2:3, 3:3

주) 2:2=보행자 2인씩 마주보고 통행



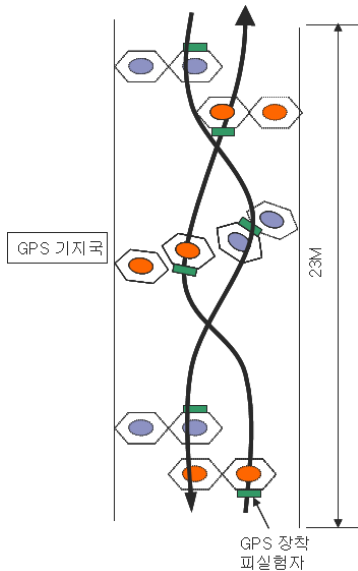
〈그림 3〉 옥외실험 전경

도는 0.75mm이며, RS-232를 이용하여 자료를 컴퓨터로 전송하게 된다. 피 실험자의 몸에 부착된 GPS 장치로부터 수신된 자료는 실내에서 좌표 변환을 통해 실험 시 보행자의 위치 변화를 분석할 수 있다.

### 3. 실험결과

〈표 7〉은 통행조건별 실험이 완료된 시점에서 피실험자들로 하여금 실험 시 경험한 상황을 〈표 4〉에 제시된 여섯 단계의 서비스수준과 연계하여 응답을 받고 이를 정리한 것이다. 예로, 보도 폭 1.2m 조건에서 방향별 보행자가 3:3인 경우 정성적으로 평가된 서비스수준은 〈표 4〉의 F 수준이고 동일 보행통행조건에서 보도 폭이 4.5m인 경우는 서비스수준이 A로 나타났다. 단, 본 연구는 피실험자의 응답을 통해 〈표 4〉와 〈표 7〉을 연계한 한계가 있으므로 추후 보행자의 정성적인 응답을 정량적 자료에 의해 검증·보완할 수 있는 방안이 모색될 필요가 있다.

실험조건별로 GPS를 이용해서 보행자의 위치 정보를 취득하고 실내에서 좌표변화 과정을 거쳐 실험자별 보행 궤적을 정량적으로 분석하였다. 〈그림 4〉는 시공 도로써 보도 폭 1.2m, 방향별 보행자 3:3 조건에 대



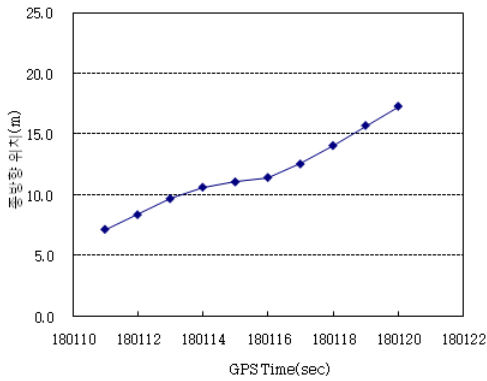
〈그림 2〉 옥외실험 환경

GPS 장비를 이용해서 1초 간격으로 보행자의 위치 정보를 수집하였다. 〈그림 3〉은 2:2 통행조건을 실험하는 전경을 보인 것이다.

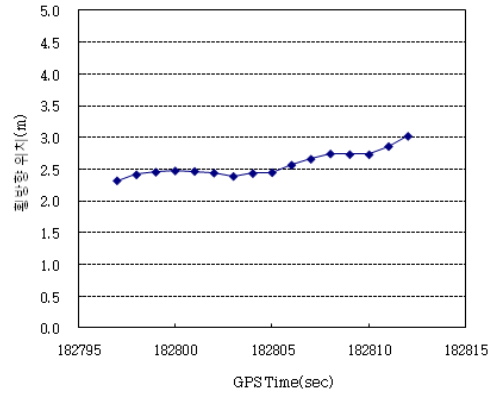
GPS는 Novatel(주)에서 개발한 모델 DL-4를 사용하였으며, 12채널 방식으로 구성되어 있고 L1/L2(반송파)를 수신할 수 있다. 정지 상태에서 측정 정밀

〈표 7〉 정성적 평가결과

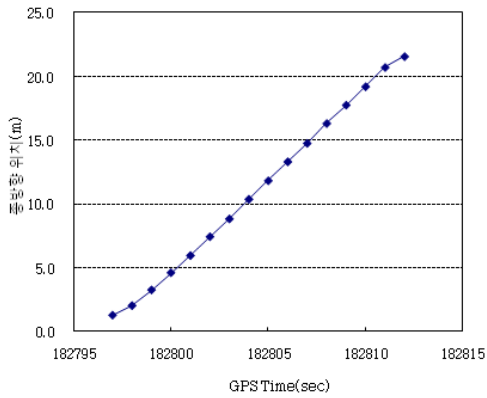
보도폭(m)	1:1	1:2	1:3	2:2	2:3	3:3
1.2	B	C	E	E	F	F
1.5	A	B	D	E	F	F
2.0	A	A	D	C	E	E
2.5	A	A	A	B	C	D
3.0	A	A	A	A	B	C
3.5	A	A	A	A	A	B
4.0	A	A	A	A	A	A
4.5	A	A	A	A	A	A



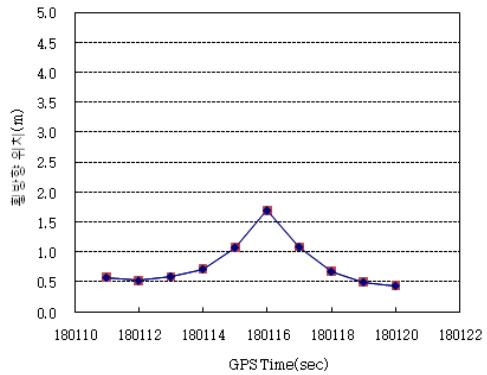
〈그림 4〉 보행 중방향 궤적(1.2m, 3:3)



〈그림 7〉 보행 횡방향 궤적(4.5m, 3:3)



〈그림 5〉 보행 중방향 궤적(4.5m, 3:3)



〈그림 6〉 보행 횡방향 궤적(1.2m, 3:3)

〈표 8〉 정량적 평가결과 -속도(m/초)-

보도 폭(m)	교행 조건					
	1:1	1:2	1:3	2:2	2:3	3:3
1.2	1.6 (B)	1.5 (C)	0.2 (E)	0.8 (E)	0.0 (F)	0.4 (F)
1.5	1.6 (A)	1.5 (B)	0.5 (D)	1.1 (E)	0.6 (F)	0.3 (F)
2.0	1.5 (A)	1.5 (A)	1.5 (D)	1.4 (C)	0.8 (E)	0.6 (E)
2.5	1.6 (A)	1.6 (A)	1.2 (A)	1.4 (B)	1.3 (C)	0.5 (D)
3.0	1.6 (A)	1.5 (A)	1.5 (A)	1.5 (A)	1.5 (B)	1.1 (C)
3.5	1.6 (A)	1.6 (A)	1.4 (A)	1.5 (A)	1.5 (A)	1.2 (B)
4.0	1.6 (A)	1.7 (A)	1.4 (A)	1.5 (A)	1.5 (A)	1.4 (B)
4.5	1.6 (A)	1.6 (A)	1.6 (A)	1.5 (A)	1.6 (A)	1.5 (A)

〈표 8〉은 실험조건별로 마주 오는 보행자간에 상충 지점에서 관찰된 속도를 정성적 평가결과와 같이 나타낸 것이다. 서비스수준 A에서 속도는 1.4~1.6m/초로 분포했으며 서비스수준이 E나 F에서는 0.2~1.1m/초 수준으로 산포되어 나타났다.

〈표 9〉는 실험조건별로 마주 오는 보행자간에 상충 지점에서 관찰된 횡방향 변위를 정성적 평가결과와 같이 나타낸 것이다. 서비스수준 A에서 횡방향변위는 0.1m로 서비스수준이 E나 F에서는 0.7~1.1m 범위에서 산포되어 나타났다. 전반적인 통행조건에서 정성적인 평가와 정량적인 평가는 일치되는 결과를 나타냈다. 여하튼 보도 폭이 1.5m 이하에서 서비스수준이 E

해 시간(1초 단위)별 중방향 위치를 나타낸 것이며, 〈그림 5〉는 동일 보행자 통행조건에서 폭 4.5m인 경우이다.

〈그림 6〉과 〈그림 7〉은 동일 실험조건에서 시간에 따른 횡방향의 위치를 각각 나타낸 것이다.

〈표 9〉 정량적 평가결과 -횡방향 변위(m)-

보도 폭(m)	교행 조건					
	1:1	1:2	1:3	2:2	2:3	3:3
1.2	0.1 (B)	0.1 (C)	0.1 (E)	1.0 (E)	1.1 (F)	1.2 (F)
1.5	0.1 (A)	0.1 (B)	0.1 (D)	0.7 (E)	1.1 (F)	0.2 (F)
2.0	0.1 (A)	0.1 (A)	0.4 (D)	0.3 (C)	0.8 (E)	0.7 (E)
2.5	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.3 (B)	0.6 (C)	0.6 (D)
3.0	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (B)	0.1 (C)
3.5	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (B)
4.0	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (B)
4.5	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)	0.1 (A)

또는 F인 경우에 속도와 횡방향 변위에 변화폭이 큰 것을 알 수 있었다. 보도 폭 1.2m와 보행 통행조건 1:3에서는 횡방향 변위는 0.1로 나타났으나(타 조건에서 서비스수준 A 상당), 속도가 크게 줄어 서비스수준이 낮아진 것으로, 보도 폭 1.2m와 보행 통행조건 2:2에서는 속도는 크게 줄지 않았으나(0.8m/초), 횡방향 변위가 큰 것이 서비스수준을 낮게 한 것으로 볼 수 있다. 이는 보도 폭이 좁은 상황에서 방향별 보행자 비율이 다른 경우는 균형이 있는 경우에 비해 서비스수준 산정에 있어 추가적인 검토가 필요함을 보여준다. 이는 방향별 보행통행량의 불균형이 발생하는 경우에 있어 균형 조건에 비해 용량 감소가 발생함을 제시한 선행연구의 결과와도 유사한 맥락에서 검토가 필요한 사항이다.

#### 4. 결과검토 및 토의

〈표 10〉은 정량적 평가결과를 토대로 속도를 우선하고 횡방향 변위를 이차적으로 검토하여 서비스수준을 대응해 제시하고 도로용량편람 기준과 비교한 것이다. 서비스수준과 정량적 평가의 대응에 있어 서비스수준 D 이하의 경우는 속도와 횡방향 변위가 동시에 변화되기 때문에 분명한 경계를 찾기에 어려움이 있어 자료 상호간의 관계를 살펴 경계 값을 제시하였다. 도로용량편람과 비교 시 서비스수준 A~C의 범위에서는

〈표 10〉 보도 서비스수준 -정량적 평가-

구분	속도(m/초)		횡방향 이격거리(m)
	본 연구	KHCM	
A	≥1.50	≥1.25	<0.3
B	≥1.40	≥1.20	≤0.3
C	≥1.30	≥1.15	≤0.4
D	≥1.10	≥1.03	≤0.6
E	≥0.80	≥0.67	≤0.8
F	<0.80	<0.67	≥0.8

본 연구에서 제시한 값이 다소 높게 나타났다. 이는 보도 서비스수준 산정과정에서 편람에 정의된 용량 값이 다소 높게 산정된데 부분적으로 원인이 있다고 본다.

본 연구는 〈표 4〉에 정성적으로 기술된 보도 서비스수준별 보행상태를 GPS를 통해 수집된 보행 속도와 횡방향 궤적이라는 정량적 자료를 상호 연계하였으나 이들 두 가지 정량 지표로는 마주 오는 보행자 간의 합류거동을 완전하게 표현하기에 한계가 있어 추후 이 부분에 대한 보완 연구가 필요하다고 본다. 아울러, 본 연구는 현 도로용량편람에서 일반 도시가로 보도와 지하철 역사 내 보행통로를 동일한 서비스수준 기준으로 평가하면 용량 상태에 빈번하게 도달하는 지하철 역사 내 보행환경과 일반적으로 용량에 도달하는 경우가 매우 드문 일반 도시가로 보도 내 보행환경 사이의 차이점을 충분히 반영하지 못한다는 논점에서 출발한 것이다. 따라서 본 연구는 도시가로 보도에 있어 용량편람에서 제시한 접근과 달리 도시 가로 보도의 서비스수준을 평가하는데 초점을 둔 것이다. 다만 본 연구는 옥외실험을 통해 서비스수준 평가기준을 제시한 것으로 피실험자 표본 수가 제한적인 한계 등을 가지고 있어 추후 표본 수를 확대하여 실험을 수행함으로써 보다 통계적인 신뢰성이 확보될 수 있는 서비스수준 평가기준이 마련될 것으로 본다.

#### IV. 결론 및 향후 연구

보행을 활성화시키는 방법에는 보행 시 쾌적감을 느끼게 할 정도의 보도 폭을 제공하거나 노약자들이 쉬어갈 수 있도록 스트리트 퍼니처를 많이 설치하는 등 여러 가지가 있다. 본고는 보도 폭이라는 시설 설계 관점에서 현 도로용량편람에 제시된 용량 개념의 접근에 대한 실무 적용상의 한계점을 설명하고 이를 극복하기 위한 방안을 선행검토 및 실험연구를 통해 제시해보았다. 자동차 중심의 문화와 이를 뒷받침하기 위한 시설 투자



과정에서 보행이나 자전거 서비스수준 산정에 대해 큰 의미를 두지 않은 것이 사실이며 보도를 단순히 차도에 붙여 설치하는 요소정도로 가볍게 다룬 것이 사실이다. 그러나 보행에 대한 사회관심이 급증하고 녹색성장과 맞물려 자동차를 위한 시설 평가에 적용되었던 서비스수준 산정방법에도 큰 변화가 필요하며 본고는 마주오는 보행자간 상충과 이 과정에서 발생하는 불편감을 이용한 서비스수준 산정방법에 대한 정성적, 정량적 평가를 시도한 것이다. 본 연구에서 얻어진 결과는 보도를 신설하거나 정비할 때 예상되거나 관찰되는 보행자 통행조건을 이용하여 보다 쾌적한 보행환경 조성을 위한 보도 폭 결정에 활용될 수 있다. 실험으로 얻은 결과로는 현 도로용량편람의 서비스수준 A~C 단계에 대응하는 속도 기준이 상대적으로 낮게 설정된 것으로 나타났다. 이는 보도 서비스수준 산정과정에서 용량 값이 다소 높게 산정된데 부분적으로 원인이 있다고 본다. 물론 본 연구가 옥외실험 조건에서 실제 도로에서 자주 발생하는 장애물 등이 없는 상황에서 얻어진 값이라는 한계는 있으나 순수하게 일반 가로의 보도라는 공간을 모사하여 실험을 한 만큼 개념적으로는 현 용량편람에 비해 우수한 것으로 판단한다. 향후 연구로는 휠체어 장애인 등을 포함하여 보다 배리어프리(barrier free)한 보행환경 조성을 위한 서비스수준이 만들어질 필요가 있으며 자전거이용자와 공동으로 이용되는 환경 등을 모사해서 실험 범위를 넓혀가는 것이 필요할 것이다.

## 참고문헌

1. 건설교통부(2001), “도로용량편람”.
2. Flannery, Aimee(2006), “Customer-Based Measures of Level of Service”, ITE Journal, pp.17~21.
2. Henson, Colin (2000), “Level of Service for Pedestrians”, ITE Journal, pp.26~30.
3. Transportation Research Board(2000), “Highway Capacity Manual”.
4. 박영춘·권용석(2003), “중심지역 보행자의 보행 속도에 관한 연구”, 한국지역개발학회지, 제15권 제2호, 한국지역개발학회, pp.114~126.
5. 임정실·오영태(2002), “보행자 도로의 용량산정”, 대한교통학회지, 제20권 제1호, 대한교통학회, pp.91~99.
6. 임진경·신혜숙·김형철(2004), “유형별 보행자도로의 서비스수준 평가기준 설정”, 대한토목학회 논문집, 제24권 제5D호, 대한토목학회, pp.723~728.
7. 건설교통부(2001), “도로용량편람 개선(제3단계)”, 최종보고서.
8. 국토해양부(2009), “도로의구조·시설기준에관한규칙 해설”.
9. Ottawa-Carleton(2006), “Regional Road Corridor Design Guideline”.
10. Reinhold Baier(2005), “New German Guidelines for Urban Streets”, 3rd International Symposium on Geometric Design.
11. Ohio Department of Transportation(1994), “Location and Design Manual”.
12. 日本道路協會(2004), “道路構造令の解説と運用”.
13. 김용석·최재성(2006), “보행자와 자동차를 동시에 고려한 도시 가로의 균형적 계획 및 설계에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제24권 제6호, 대한교통학회, pp.55~64.
14. 김용석·최재성(2007), “용도지역 특성을 고려한 보도 설계 서비스수준 평가방안”, 대한교통학회지, 제25권 제2호, 대한교통학회, pp.83~93.

- ✉ 주 작성자 : 김용석
- ✉ 교신저자 : 김용석
- ✉ 논문투고일 : 2011. 8. 12
- ✉ 논문심사일 : 2011. 10. 27 (1차)  
2011. 12. 1 (2차)  
2011. 12. 7 (3차)
- ✉ 심사판정일 : 2011. 12. 7
- ✉ 반론접수기한 : 2012. 4. 30
- ✉ 3인 익명 심사필
- ✉ 1인 abstract 교정필