

■ 技術研究 ■

보행자 시설 서비스 수준 산정에 관한 연구

A Study on Estimating Level-of-Service for Pedestrian Facilities

김 정 현

(교통개발연구원 책임연구원)

오 영 태

(아주대학교 환경·도시공학부 교수)

손 영 태

(명지대학교 교통공학과 부교수)

박 우 신

(명지대학교 교통공학과 석사과정)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위
- II. 보행자 시설의 유형
 - 1. 계단(Stairs)
 - 2. 보행자 대기공간(Queuing area)
- III. 기존 문헌 검토
 - 1. 2000년 판 미국도로용량 편람
- 2. 국내연구
- IV. 현장조사방법 및 결과
 - 1. 계단(Stairs)
 - 2. 대기공간(Queuing area)
 - 3. 계단과 대기공간의 조사 방법론
- V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 계단, 대기공간, 최대 보행교통량, 점유면적, 보행군(Platoon)

요 약

본 연구는 보행자 시설 중 계단과 대기공간에 대해 공학적으로 합리적인 분석방법을 제공하고 이를 통해 안전하고 편리한 보행시설의 제공을 도모하는 것을 목적으로 하였다.

본 연구를 위해 계단과 대기공간에 대한 외국의 조사방법과 분석방법을 참조, 비교하여 서비스 수준 결정기준을 정하고 용량 값을 산출하여 우리나라 현실에 맞는 적절한 설계기준을 산출하기 위해 노력하였다. 계단의 경우 효과적으로 보행 교통량을 그리고 대기공간에 있어서는 1인당 점유면적을 사용하였다. 현장 조사 결과 계단에서의 보행량은 보행자가 군을 형성했을 경우와 그렇지 않은 경우 최대 보행량에 차이가 나는 것을 고려하여 보행자 군의 형성 여부에 따라 서비스 수준의 기준을 다르게 제시하였으며, 대기공간의 경우에는 1인당 점유면적을 한국인의 평균체형을 기준으로 하여 서비스 수준의 기준을 제시하였다. 계단과 대기공간에 있어서 이러한 조사와 분석을 통해 산출된 결과는 외국의 경우와 다른 값을 나타내는데, 계단에 있어서는 실질적으로 이용할 수 있는 유효계단 폭에 따라 최대 보행 교통량의 차이가 크게 나타났으며, 대기공간의 경우에는 한사람이 점유할 수 있는 용량상태에서의 공간이 0.2m²/인으로 외국의 경우보다 적게 나타난다.

이 연구는 첨단도로연구센터의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

보행은 인간의 육체능력에 기초를 둔 교통 수단으로 과거에는 가장 중요한 통행 수단이었으나, 기술의 발달로 인해 더 신속하고 편리한 교통 수단들이 나타나게 되면서 다른 교통수단에 비해 불편한 것으로 인식되고 있다. 그러나 보행은 실제로 모든 여행을 위해 사용되는 가장 기초적인 교통수단이라 할 수 있으며, 타 교통 수단에 의한 교통사고나 환경오염 등의 각종 교통문제들을 보완하는 녹색 교통수단으로서 그 중요성이 새롭게 인식되어지는 추세에 있어 보행권 확보를 위한 노력이 지속되고 있다. 최근까지 차량 교통에 관한 연구가 활발히 이루어지는데 반해, 보행 교통에 관한 연구는 모든 면에서 소홀히 되어왔으며, 보행자 시설에 대한 서비스 수준을 측정할 수 있는 기준조차 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 한국인의 보행 특성과 신체특성을 고려하여 서비스 수준에 필요한 기준 값을 제시하고, 서비스 수준을 분석하는 방법론을 제시하고자 한다. 보행시설의 설계기준 또한 우리나라의 연구결과가 아닌 외국 기준을 적용하여 우리나라 보행자의 통행 행태를 고려하지 못한 결과, 환승 또는 기타 목적을 위한 계단이나 대기 장소에서 용량초과 현상이 발생하는 등 보행자 통행에 불편을 가중시키고 사고의 위험을 내재하고 있는 문제점들을 도출하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 한국인 표준체형과 실제 보행교통량을 고려하여 LOS 산정에 필요한 우리나라 실정에 맞는 용량 값과 방법론을 제시하고자 노력하였다.

2. 연구의 범위

보행에 관련된 도로시설에는 여러 가지가 존재하나, 본 연구에서는 지하철의 환승목적으로 주로 이용되는 계단과 대기공간에 대해 문헌 검토 및 현장조사 결과 분석을 통해 LOS산정을 위한 용량 값과 방법론을 제시하고자 한다.

II. 보행자 시설의 유형

보행과 관련된 도로시설의 유형은 다음과 같다.

1. 계단(Stairs)

계단은 입체 횡단 시설로서 지하도, 육교, 주요 터미널의 접근시설 등과 같은 보행자의 통행을 위한 공간이다.

2. 보행자 대기공간(Queuing Area)

횡단보도에서의 대기공간이나 지하철 역사, 대합실, 매표소, 엘리베이터내 등과 같이 보행자가 밀집하여 대기하고 있는 공간이다.

이외에도 미국의 도로용량편람(USHCM, 2000)에는 보행자 도로 유형을 상세히 구분하여 제시하고 있으며 여기에는 보행과 관련된 시설로서 계단(Stair), 보행자의 이동류가 교차되는 구간(Cross Flow), 보행자-자전거 도로, 지하철 역사나 공항 등 터미널(Terminal)시설, 횡단보도가 연속되는 보행공간을 포함하고 있다. 미국 도로용량편람은 특히 횡단보도가 교차로 각각부(Street Corner)에 설치되는 경우에 대해서는 양방향의 보행 이동류와 대기하고 있는 횡단보행자가 각각부의 좁은 공간에서 교차하므로 특별한 관심이 요구되는 시설 유형으로 분석과정을 상세히 제시하고 있다.

III. 기존 문헌 검토

국내의 도로용량편람에는 현재 보행자시설에 관한 부분이 수록되어 있지 않으나, 미국의 도로용량 편람을 대표적으로 하여 다음과 같은 문헌들을 통해서 보행자 도로의 용량 및 서비스 수준 분석과 관련된 기존 방법론들을 검토해 볼 수 있다.

1. 2000년 판 미국 도로용량편람

미국의 2000년 판 도로용량편람의 보행자 분석은 기존에 1인당 평균 제공되는 보행자 공간의 넓이 개념에 해당되는 보행자 점유공간에 의해서만 서비스 수준을 결정하던 방식에 비해 적용되는 보행시설의 종류에 따라 다양한 서비스 수준 결정기준을 제시하고 있다. 즉, 보행자도로, 보도, 대기공간, 계단, 보행류의 교차지점 등에 대해서 별도의 서비스 수준들이 제시되고 있다.

1) 계단(Stairs)

2000년 판 도로용량편람에서는 ITE(Institute of Transportation Engineering)의 계단에 대한 적용치를 이용하여 새로운 LOS 기준을 제시하였다. 제시된 LOS에서 계단에서의 용량 값은 보행군 형성 시 75인/분/m고 그렇지 않은 경우는 49인/분/m으로 제시되어 있다.

2) 대기공간(Queuing area)

대기공간에서 보행자가 이용하는 평균 공간에 대한 개념은 보행자 도로(Walkway)의 효과척도에서 제시된 평균 공간과 같은 개념이 적용된다. 대기공간에서의 LOS는 각 보행자가 이용할 수 있는 평균 공간과 이동의 정도와 관련이 있다. 즉 보행자가 많고 복잡한 지역에서는 거의 움직일 수가 없지만 보행자 1인당 평균 점유 공간이 증가할수록 제한된 움직임이 가능해진다. 2000년 판 도로용량 편람에서 제시한 용량값은 0.3m²/인 이다.

2. 국내연구

현재 국내의 도로용량 편람(1992년 당시 건설부)에는 보행자시설에 대한 용량 및 서비스 수준 분석부분은 제시되지 않아서 국내에는 통일된 보행자도로 분석과정은 없다고 할 수 있다. 그러나 보행의 중요성에 대한 인식이 점점 확산되어져 감에 따라 개별 연구차원에서는 보행과 관련된 연구 결과들이 많이 제시되고 있다. 이 중에서 김경환(1999)은 보행 서비스수준의 결정기준을 단순히 제공되는 보행공간의 크기만으로 비교하는 것이 아니고 안전성, 편리성, 쾌적성, 환경, 보호성, 연결성 등의 다양한 지표를 이용하여 분석하여야 한다는 점을 지적하고 있고, 이외에도 보행속도, 밀도, 횡단보도 운영과 관련된 분석, 도시 내 보행공간의 복잡성 분석 등 많은 연구 결과들을 소개하고 있다. 그러나 이러한 연구성과들은 개별적 연구차원에 머무르고 있으므로 서비스 수준 및 효과척도, 시설의 설계 등 종합적인 면에서 검토하는 것이 필요하다고 할 수 있다.

IV. 현장 조사방법 및 결과

1. 계단(Stairs)

계단은 입체 횡단시설로서, 지하도, 육교, 주요 터미널의 접근시설 등과 같은 보행자의 통행을 위한 공간이다. 계단을 통행하는 보행자의 특징은 보행군(platoon)의 형성 여부와 관련이 있다. 따라서 조사지점은 보행자가 주로 군을 이루어 통행하는 경우와 그렇지 않은 경우를 구분하여 관측하기 위해 각 특성을 나타내는 사당역과 여의도역을 조사지점으로 선정하여 조사하였다. 사당역은 지하철 2호선과 4호선이 만나는 환승역으로서 역의 특성상 조사지점은 환승을 하기 위해 주로 이용되는 장소로서 보행자가 주로 군을 이루어 통행을 한다. 반면 여의도역의 조사지점은 지하철 이용승객과 도로를 횡단하고자 하는 보행인들로 인하여 보행자가 보행군을 이루기보다는 독립적인 통행이 주를 이루는 곳이다. 조사는 각 지점에서 사전 조사를 통해 알게된 침두시간에 시행되었으며 조사 및 분석 방법은 다음과 같다.

1) 조사 및 분석 방법

(1) 조사지역을 선정한다.

본 연구에서는 보행자 통행이 많고, 보행군(platoon)의 형성여부에 따라 구분하여 장소를 선정하였다.

본 연구에서는 사전 조사를 통해 보행군을 형성하는 보행교통량의 조사지점으로 사당역을 선정하였고, 보행군을 형성하지 않는 조사지점으로 여의도역을 선정하였다. 그러나 이 두 지점이 보행자를 관측하는 표준지점이라고 할 수는 없다. 이 두 지점이 선택된 것은 보행자가 군을 이루는 특성을 잘 나타내는 이유를 가진 점 때문이기도 하지만 조사의 편리성 등 여러 가지 이유가 함께 고려되어 선정되었다.

(2) 조사시간을 선정한다.

조사시간은 최대 보행교통량을 관측하기 위해 사전 조사를 통해 통근통행이 많은 오전 침두시를 선정하였다.

(3) 계단의 기하구조 및 교통조건을 조사한다.

서비스 수준 산정에 필요한 계단의 전체 폭 혹은

보행가능 폭과 계단의 수평길이 산정을 위해 계단 수와 계단의 층뒤판과 디딤판의 길이를 조사하였다.

(4) 조사원이 직접 보행교통량을 count 하거나 비디오 카메라로 촬영한 후 비디오 편집기를 이용하여 최대 보행교통량을 관측한다.

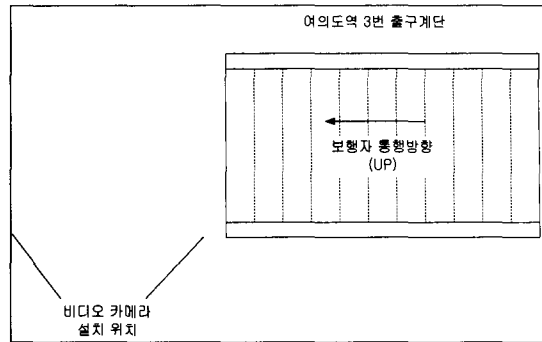
보행자의 통행방향에 따라 상행(UP), 하행(DOWN)으로 구분하여 관측하였다.

(5) 1분 보행교통량을 나열하고 이 중 첨두 15분 보행교통량을 산출한다.

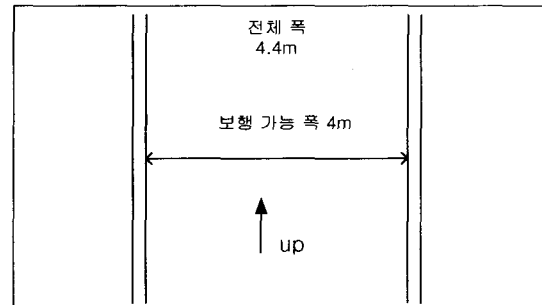
(6) 첨두 15분 보행교통량을 분 당 계단의 전체 폭 또는 보행 가능 폭으로 나누어 교통류율로 환산한다.

상행과 하행에 해당되는 보행 가능 폭은 각각 하행-1.5m, 상행-2.7m 이다.

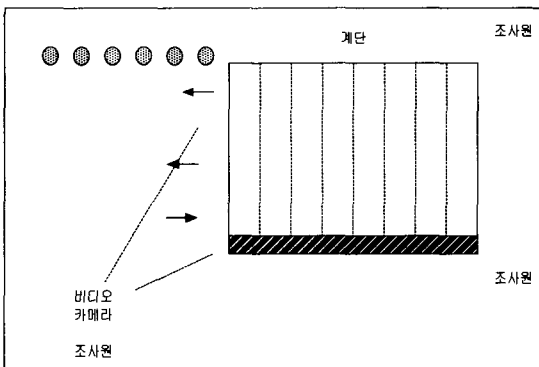
보행 교통량 관측시 보행자의 이동 방향에 따라 Up (아래쪽에서 위쪽으로 통행)과 Down(위쪽에서 아래쪽으로 통행)으로 나눈다. 그 이유는, 일반적으로 보



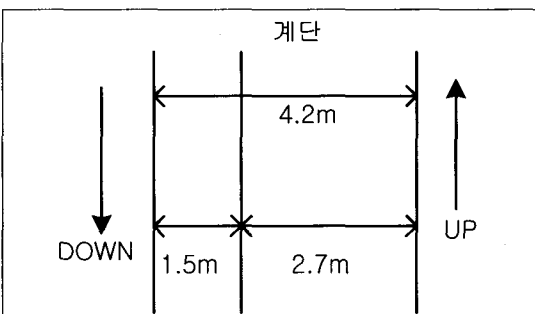
<그림 3> 조사지역2(여의도역)



<그림 4> 계단의 기하구조(여의도역)



<그림 1> 조사지역1(사당역)

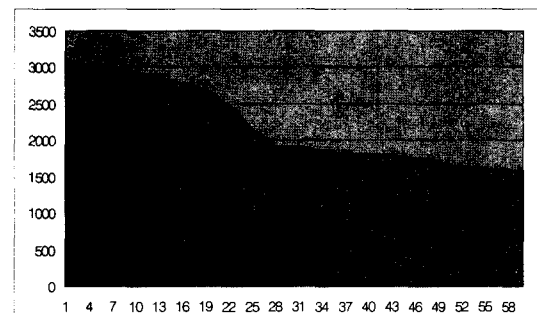


<그림 2> 계단의 기하구조(사당역)

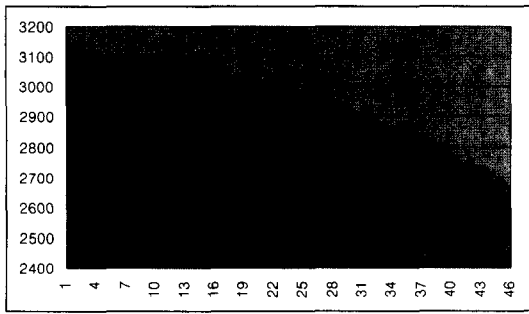
행자가 계단을 내려올 때 자신의 몸무게 때문에 계단을 올라 갈 때 보다 보행속도가 약 10% 더 빨라진다고 조사되었기 때문이다(Geroge E. Gray, 1992). 또한 보행자가 군(Platoon)을 형성하는 경우와 형성하지 않는 경우로 나누어 각각의 최대 관측보행교통량을 조사한다. 이때 보행군 형성여부의 판단은 첨두 보행교통량이 30인/분/m인 경우를 기준으로 한다.

2) 조사결과

<그림 5>와 <그림 6>의 결과에서 보면 사당역에



<그림 5> 여의도역에서의 관측 결과



〈그림 6〉 사당역에서의 관측 결과

〈표 1〉 Non-Platoon 일 경우 관측된 최대 보행교통량(여의도역)

첨두 15분 교통량 순위(인/15분)	
순위	UP
1	3071
2	3068
3	3033
4	3021

〈표 2〉 Platoon 일 경우 관측된 최대 보행교통량(사당역)

첨두 15분 교통량 순위(인/15분)		
순위	UP	DOWN
1	3154	1863
2	3131	1862
3	3124	1843
4	3117	1839

서의 최대 보행교통량은 3154인/15분이고, 여의도역에서의 최대보행 교통량은 3071인/15분이다. 상위 4개의 최대보행교통량을 표로 정리하면 〈표 1〉, 〈표 2〉와 같다.

〈표 1〉은 보행군(Platoon)을 이루지 않는 경우의 최대 관측 보행교통량을 나타낸 것으로 관측 결과, 보행자 통행 방향 별 관측 보행교통량이 거의 비슷한 수준을 나타내어 일방향 보행교통량이 많은 Up의 경우를 나타낸 것이다. 이 때의 계단 유효 폭은 보행 가능폭으로 설정하였다. 〈표 2〉는 보행자가 군(Platoon)을 이룬 경우의 최대 관측 보행교통량을 나타낸 것으로 보행자의 통행 방향에 따라 보행교통량의 차이가 큰 것으로 관측되었다. 또한 첨두 15분 보행 교통량을 보행가능폭으로 나누어 단위 미터 당 교통유율로 환산 시 보행가능폭에 따라 수치가 크게 차이가 나는

것으로 나타났다.

사당역과 여의도역에서의 최대 보행교통량의 차이는 보행군 형성여부와 보행가능폭에 의한 것으로 각각 다른 용량 값을 나타낸다. 보행군을 형성했을 때가 그렇지 않은 경우보다 최대 보행교통량이 더 크게 관측되었는데 이는 계단에서의 LOS 산정 시 보행군의 형성 여부에 따라 각각 다른 LOS의 기준을 적용해야 함을 나타낸다고 볼 수 있다.

2. 대기공간(Queuing Area)

보행자 대기공간(Queuing Area)은 횡단보도에서의 대기공간이나 지하철 역사, 대합실, 매표소, 엘리베이터 내 등과 같이 보행자가 밀집하여 대기하고 있는 공간을 말한다. 보행자 대기공간에서는 보행자의 이동성을 위해 사용할 수 있는 효과적으로 점유 공간을 사용한다.

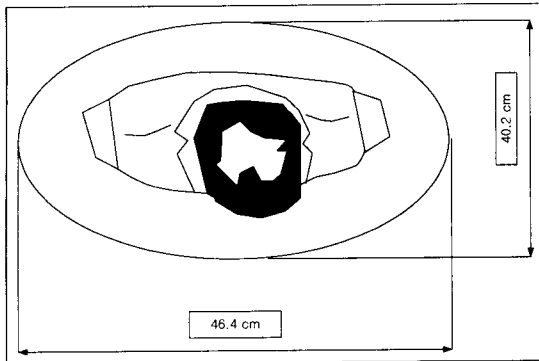
1) 한국인의 표준체형

대기공간에서의 서비스 수준 산정을 하기 위해서는 우선, 한국인의 표준체형에 대한 조사를 통해 한 사람 당 점유면적을 조사해야 한다. 따라서 한국인 표준체형에 맞는 점유면적을 근거로 보행자가 서비스를 받기 위해 일시적으로 대기하는 공간에서의 1인당 점유면적을 산정 한다.

한국인의 평균체형을 남자와 여자로 구분했을 때 가슴 폭×어깨 폭의 95 percentile 값은 남자의 경우 한 사람 당 점유면적이 0.15m²가 되고, 여자의 경우 한 사람 당 점유면적이 0.14m²가 된다. 이 두 가지 값 중 최대 값인 0.15m²를 한국인의 경우 한 사람 당 점유면적으로 산정 한다. 이 값(0.15m²)에 여유 폭을

〈표 3〉 한국표준과학연구원에서 제시한 한국인의표준 체형

	남	여
95%	어깨 폭 : 42.4cm	어깨 폭 : 37.4cm
	가슴 폭 : 36.2cm	가슴 폭 : 38.1cm
90%	어깨 폭 : 41.6cm	어깨 폭 : 37.4cm
	가슴 폭 : 35.5cm	가슴 폭 : 31.4cm
평균	어깨 폭 : 39.2±1.9cm	어깨 폭 : 35.3±1.6cm
	가슴 폭 : 32.6±2.1cm	가슴 폭 : 28.8±1.9cm



〈그림 7〉 한국인의 표준인체 타원

감안하여 가슴 폭과 어깨 폭에 4cm를 추가한다. 여유 폭을 감안했을 때, 한국인 남자 평균체형은 가슴 폭 40.2cm, 어깨 폭 46.4cm가 되어 한 사람 당 점유 면적은 0.19㎡, 약 0.2㎡가 된다. 미국의 경우 한 사람 당 점유면적이 0.3㎡으로 제시되어 있는데, 이 수치는 실제 치수에 그 나라의 사회적 상호작용(social interaction) 때문에 여유 폭을 더 준 것으로 보인다.

2) 조사 및 분석 방법

(1) 조사지역을 선정한다.

대기공간으로 간주 될 수 있는 Escalator, Elevator 등 보행자가 서비스를 받기 위해 일시적으로 대기하는 곳을 선정한다. 본 연구에서는 사전 조사를 통해 가장 많은 보행자가 대기하여 용량상태 관측이 가능할 것으로 판단되는 사당역을 조사지점으로 선택하였다.

(2) 조사시간을 선정한다.

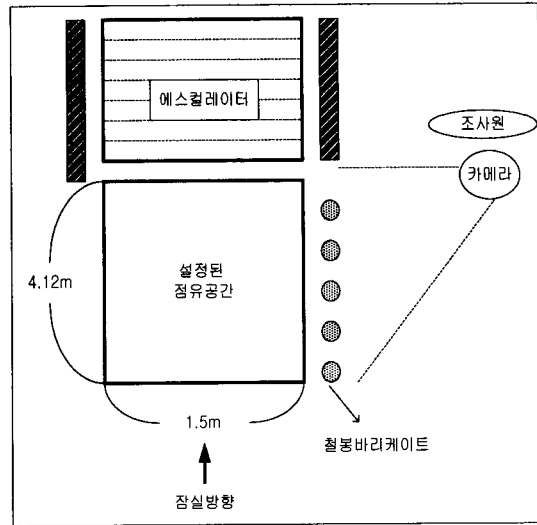
대기 지역에서 최대 사람 수를 측정하기 위해 분석 지역의 첨두시간을 조사한다.

(3) 대기공간에서의 한 사람 당 점유면적을 산정하기 위해 점유공간을 설정한다.

〈그림 8〉과 같이 설정한다.

(4) 설정된 점유공간 안에 들어간 최대 사람 수를 측정한다.

본 연구에서는 점유공간 안에 들어간 최대 사람 수를 비디오 카메라로 촬영한 후, 비디오 편집기를 이용하여 10초 와 20초 frame(간격)으로 분석하여 그 중 최대값을 구하였다.



〈그림 8〉 조사지역(사당역)

〈표 4〉 분석결과(설정된 점유공간에서 관측된 값)

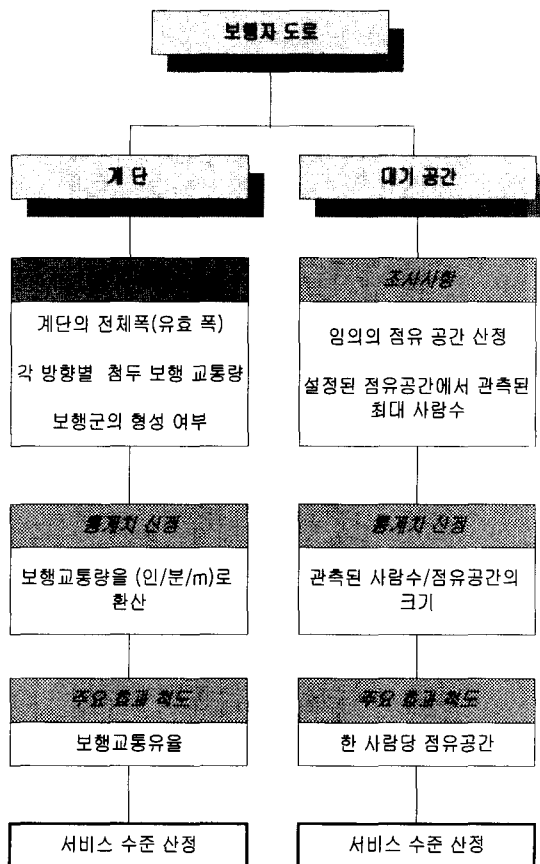
순위	인원(인/6.18㎡)
1	48
2	47
3	46
4	44
5	42
6	40

점유공간을 〈그림 8〉과 같이 6.18㎡로 설정하고, 120회에 걸쳐 관측한 결과, 최대 관측 사람수는 48명으로 조사되었다. 〈표 4〉의 결과와 한국인 표준체형을 근거로 하여 용량값을 산정하였다. 즉 대기공간에서의 서비스 수준이 한 사람당 점유면적 ㎡/인 이기 때문에 설정된 공간 6.18㎡를 최대 관측 사람 수 48명으로 나누어주면, 0.13㎡ 이 된다. 이 값은 한국인 표준체형을 바탕으로 산정된 한 사람당 점유공간을 만족시키지 못할 뿐만 아니라, 보행자가 정상적으로 서있지 못하는 상황에서 관측된 값이다. 따라서 이 값을 갖기 이전에 이미 용량 상태를 초과했다고 볼 수 있다. 따라서 적절한 용량 값은 한국인, 표준체형을 바탕으로 산정된 0.2㎡/인으로 보는 것이 타당할 것으로 생각된다. 또한 수치 표현에 있어서도 미국 HCM에서는 점유공간 단위를 (㎡/인)만으로 제시하고 있지만, 점유공간 단위를 (인/㎡)로 바꾸어 제시하면 보행자 시설물 설계시 설계자들에게 좀 더

알기 쉬운 서비스 수준 산정값을 제시할 수 있을 것이다.

3. 계단과 대기공간의 조사 방법론

앞에서 언급된 계단과 대기공간의 용량 측정과 서비스 수준산정을 위한 방법론을 flow chart 형식으로 정리하면 <그림 9>와 같다.



<그림 9> 조사 방법론 정리

V. 결론 및 향후연구과제

계단의 경우 보행자의 통행 방향과 보행군(Platoon)의 형성 여부에 따라 나누어 조사하였는데 관측 결과 값이 77인/분/m(보행군), 51인/분/m(비보행군)로 미국 도로용량 편람(2000년 판)에서 제시된 값보다 용량 값이 크게 나타났다. 두 관측값의 비교에서 알 수 있듯이 보행군이 형성되었을 때와 형성되지 않을

때의 보행교통량의 차이가 크며, 서비스 수준 산정 시 보행자들이 실질적으로 이용하는 유효 계단 폭에 따라 서비스 수준의 차이가 클 것으로 보인다. 따라서 계단에서의 LOS 산정시 조사지점에 따라 정확한 보행가능폭의 측정이 이루어져야 하고, 보행군의 형성 여부에 따라 각각 다른 기준이 적용되어야 한다. 대기 공간의 경우는 HCM에서 제시된 한 사람당 점유하는 공간은 0.3m²/인으로 이 값은 실제 치수에 그 나라의 상호작용(Social Interaction) 때문에 여유 폭을 더 준 것으로 보인다. 한국인의 체형을 바탕으로 선정된 0.2m²/인으로 서비스 수준을 산정 하면 HCM에서 제시된 대기공간에서의 서비스 수준은 우리나라 실정에는 맞지 않는 것으로 나타났다. 이는 외국 사람의 체형이 우리나라 사람들보다 클 뿐만 아니라 통행 행태에 있어서도 차이가 나기 때문이다.

본 연구에서 제시한 계단과 대기공간의 용량값은 조사지점과 조사회수의 부족으로 정확한 용량값으로 제시할 수는 없으나, 본 연구에서는 외국과의 기준치 비교를 통해 계단과 대기공간에서의 용량 값 측정에 대한 방법론과 기준을 우리나라 실정에 맞게 제시하여, 보행자 시설물 설계시 설계자들에게 좀더 현실에 맞는 값을 제공하고 계단과 대기공간에서의 LOS 산정에 도움이 될 것으로 기대 한다.

향후에는 보다 정확한 용량값의 측정을 위해 좀더 많은 지점에서 좀더 오랜 시간 관측할 필요가 있으며, 계단과 대기공간에서도 일반적인 보행도로에서처럼 차량에 사용되는 교통량, 밀도, 속도 관계식을 수립하여 LOS 산정에 대한 많은 연구가 진행되는 것이 필요하다고 생각된다. 또한 계단의 높이와 폭의 적정 수치를 제시하는 인간공학적인 측면에서의 연구도 필요할 것이다.

참고문헌

1. TRB(2000), Highway capacity manual, national research council Washington, D.C.
2. 양병희(1995), 보행자특성 및 통근·통학자의 보행교통용량산정에 관한 연구, 석사학위논문, 아주대학교.
3. Furin(1971), Pedestrian Planning and Design, Metropolitan association of urban designers and environmental planners.

4. George E. Gray, Lester A. Hoel(1992), Public Transportation, Prentice-Hall Inc.
5. Dennis G. Davis and John P. Braaksma. (1987), Level-of-service standards for platooning pedestrians in transportation terminals, ITE journal pp.31~35.
6. 심대영(2000) 도로교통용량 개선 연구(제2단계) 제7장 보행자 도로 최종보고서, 대한교통학회.
7. 건설부(1992) 도로용량편람.
8. 경찰청, "교통안전시설 실무편람".
9. 한국표준과학연구원(1998), 한국인의 체위분포 변화에 관한 국제 비교연구.

✉ 주 작 성 자 : 김정현

✉ 논문투고일 : 2001. 12. 29

논문심사일 : 2002. 1. 29 (1차)

2002. 1. 30 (2차)

심사판정일 : 2002. 1. 30