

■ 論 文 ■

# 복합환승센터 인근 보행자도로의 시간대별 보행특성을 고려한 서비스수준에 관한 연구

A Study of Walkway Level of service reckon with Pedestrian Characteristic on Complex-transit center

이 광 선

(명지대학교 교통공학과 박사과정)

최 병 무

((주)유신 교통계획1부 부사장)

금 기 정

(명지대학교 교통공학과 교수)

## 목 차

- I. 서론
    - 1. 연구의 배경 및 목적
    - 2. 연구의 범위 및 방법
  - II. 기존문헌고찰
    - 1. 국외 연구사례
    - 2. 국내 연구사례
  - III. 자료수집 및 분석방법
    - 1. 자료수집 방법
    - 2. 분석 방법
  - IV. 분석결과
    - 1. 표본집단의 그룹화 및 통계적 분석
    - 2. 모형식 구축 및 통계적 검증
  - V. 결론 및 향후연구과제
- 참고문헌

Key Words : 보행자시설, 서비스수준, 용량, 보행자도로, 복합환승센터  
Pedestrian Facility, Level of Service, Capacity, Walkway, Complex-Transit Center

## 요 약

보행자도로의 서비스수준은 보행교통류율, 보행속도, 보행밀도의 보행특성으로 정의되고 있으며, 우리나라에서는 “도로용량편람”에서 이를 제시하고 있다. 그러나, 도로용량편람에서 제시한 서비스수준은 침두시 출퇴근통행자를 대상으로 분석한 자료를 기반으로 하고 있어, 다양한 통행목적과 보다 쾌적한 보행환경을 고려한 서비스수준의 재정립이 요구되며, 이에 따라 본 연구에서는 시간대별 보행자의 특성을 조사 및 분석하고, 이를 통계적으로 검증하여 보행자도로의 평가기준을 제시하고자 한다.

보행자의 통행목적이 다양한 복합환승센터 인근도로를 대상으로 침두시 및 비침두시의 시간대별 보행속도 및 교통류율을 조사하고, 그룹간 통행특성이 차이를 통계적으로 검증하도록 한다. 이를 기반으로 보행밀도를 추정하는 모형식을 구축하여 서비스수준 E에 해당하는 용량(67.3인/분/m)을 산출하였고, 기존 방법론에 따라 HCM의 서비스수준 단계별 범위를 적용하여 보행자도로의 서비스수준을 수립하며, 향후 보행자도로의 설계기준으로 활용할 수 있도록 제시하고자 한다.

The walkway level of service (LOS) is conceptualized using pedestrian flow rate, speed, and density according to the Korean Highway Capacity Manual (KHCM). However, as it is based on the data of commuters at peak hours, it needs to be reevaluated considering various trip purposes and a pleasant pedestrian environment. Thus, the authors aimed to investigate and analyze the characteristics of each group: pedestrians during the peak hour and those during the non-peak hour. Then they were verified statistically for the walkway evaluation criteria.

In this study, the authors investigated pedestrian speed and flow in a complex transit center walkway with diverse trip purposes by peak and non-peak hour. Then the authors statistically verified the differences between the groups. A model was built for estimating pedestrian density by speed and flow; it was used to calculate the walkway capacity (67.3p/m/m) corresponding to LOS E. The authors established new criteria for LOS, applying the LOS from the HCM. These standards can then be used as the design standards for pedestrian walkways.

본 연구는 국토해양기술연구개발사업 교통체계효율화사업(과제번호 : 06교통핵심 A02 “교통연계 및 환승시스템 기술개발”)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 지금까지 경제성장 중심의 발전을 위해 자동차 또는 철도 중심의 교통정책을 수립하여 보행자들은 어느 정도의 손해를 감수하여야만 했다. 교통의 정의가 사람과 재화의 이동이라고 볼 때, 교통의 기본단위인 사람, 즉 보행자들을 위한 통행여건의 개선과 보행시설의 설계기준에 대한 연구의 필요성은 당연함에도 불구하고 자동차 및 철도와 같은 교통수단에 비해 연구내용은 상대적으로 부족한 것이 사실이다. 최근 지속가능한 친환경 녹색성장을 국가 발전의 패러다임으로 제시함에 따라, 보행자 중심의 교통정책에 대한 중요성이 대두되고 있으며, 국민소득 증대와 교육수준의 향상 등 시민의식의 개선으로 보행권리를 확충하고 효율성보다 안전성이나 쾌적성과 같은 질적 개선을 추구하고자 하는 노력이 증가하고 있는 실정이다. 이러한 보행여건개선을 고려할 때, 교통계획 및 설계 단계에서도 보행시설의 설치에 있어 적절한 설계기준과 서비스수준의 제시를 통해 이용자의 요구에 부응할 필요가 있으나, 지금 우리나라에서 마련된 보행시설과 관련된 설계기준은 제한적인 여건하에서 마련되었다는 점에서 문제점을 내포하고 있다.

보행자들은 다양한 목적을 가지고 보행군을 형성하여 움직이게 되며, 이러한 목적에 따라 보행군은 다양한 행태의 특성을 반영하게 된다. 보행군은 시간대별, 장소별로 그 목적이 달라지게 되며, 이러한 행태는 보행밀도, 보행속도, 보행교통류율과 같은 효과적도를 통해 관측이 가능하다. 예를 들어, 도시부의 오전 및 오후첨두시에는 주로 통근 및 통학을 주목적으로 하는 보행군이 형성되어 보행교통량이 많고, 통행속도가 빠르며, 밀도가 높은 특성을 가진다. 반대로 비첨두시에는 쇼핑이나 여가통행을 주목적으로 하는 보행자군이 형성됨에 따라, 통근·통학 보행군에 비해 상대적으로 보행속도와 밀도가 낮은 특성을 보이게 된다. 이렇듯, 통행목적이 다른 보행군에 대해 동일한 설계기준과 서비스수준으로 보행도로와 같은 시설물을 설계하는 것은 적합하지 않음에도 불구하고, 현재 우리나라 도로용량편람(2005)에서 제시하는 서비스수준은 출퇴근통행자들만을 대상으로 한 연구를 근거로 수립되어 있는 실정이다. 본 연구에서는 출퇴근 통행 이외에 쇼핑 및 여가, 오락통행을 목적으로 하는 보

행군을 대상으로 보행특성을 분석하고, 이를 기초로 보행자시설의 용량과 설계기준을 제시함으로써 보다 쾌적한 보행환경을 도모하여 국민생활의 질적 향상을 추구하고 연구 목적을 두도록 한다.

### 2. 연구의 범위 및 방법

보행과 관련된 보행시설에는 보행자도로, 계단, 대기공간 및 횡단보도가 있으며, 이중 본 연구에서는 보행자도로를 주 대상으로 하되, 출퇴근 통행의 비율이 현저적이고, 다양한 통행패턴이 복합적인 보행군을 형성하는 보행자군의 특성을 대상으로 조사 및 분석을 실시하고자 하였으며, 이를 위하여 복합환승센터로 접근하는 보행자도로를 조사지점으로 선정하였다.

복합환승센터 접근 보행자도로를 조사대상으로 선정 한 이유로는, 다양한 통행목적(쇼핑, 여가, 통학, 업무 등)을 가진 보행자들이 존재하고 있으며, 비첨두시간대에도 보행교통량이 많아 용량상태에 근접한 보행특성의 조사 및 분석이 가능하기 때문이며, 첨두시간대와 비첨두시간대의 보행특성의 차이여부를 검증하기 위하여 오전 및 오후첨두시와 비첨두시를 각기 조사하여 시간대별 보행특성치를 추정하고, 통계적으로 검증하여 본 연구의 기초자료로 활용하였다.

수집된 조사자료는 시간대별로 분류하고 통계적으로 통행특성에 차별성이 있음을 분석하였고, 조사지점간 보행특성은 유사성이 있음을 통계적으로 검증하여 이를 기반으로 보행속도와 밀도에 관한 관계식을 도출하였다. 도출된 관계식을 이용하여 비첨두시 보행자군의 용량을 산정하였으며, 도로용량편람에서 보행자도로 단계별 서비스수준을 정의한 방법론에 따라, HCM의 서비스수준 단계별 범위를 적용해 용량값(LOS E)을 기준으로 나머지 A~E까지의 서비스수준을 정의하여 제시하였다.

## II. 기존문헌고찰

### 1. 국외 연구사례

보행자시설의 용량 및 서비스수준에 관한 연구 중 우리나라 도로용량편람의 근간이 되는 내용으로, 미국의 도로용량편람(HCM, 2000)에서 제시하는 보행자시설의 용량 및 서비스수준 결정을 위한 연구(Ch.11 p.11-1)와

<표 1> TCQSM 보행자도로 서비스수준

서비스수준	점유공간 (m <sup>2</sup> /인)	보행교통류율 (인/m-분)
A	≥ 3.3	0~23
B	2.3~3.3	23~33
C	1.4~2.3	33~49
D	0.9~1.4	49~66
E	0.5~0.9	66~82
F	< 0.5	-

<표 2> HCM 보행자도로 서비스수준

서비스수준	점유공간 (m <sup>2</sup> /인)	보행교통류율 (인/m-분)
A	≥ 5.6	< 16
B	3.7~5.6	16~23
C	2.2~3.7	23~33
D	1.4~2.2	33~49
E	0.75~1.4	49~75
F	< 0.75	-

Transit Capacity and Quality of Service Manual(TCQSM, 2003)에서 연구한 Passenger Circulation and Level of Service(Ch.3, P.7-7) 결과를 참고하고 있으며, 이를 위한 기초연구는 Fruin, John. J의 Pedestrian Planing and Design(1987)에서 제시한 연구결과를 기초로 하고 있다.

TCQSM에서 제시한 연구에서는 보행자군을 통근자(Commuter), 쇼핑통행자(Shoppers)로 구분하여 통행특성을 분석하였으며, 이중 양방향 통근자의 통행특성을 기준으로 서비스수준 “E”를 정의하고 보행자도로의 용량(82명/m-분)으로 제시하였다.

HCM 2000에서는 TCQSM의 연구결과에 학생(Students)과 보행군을 형성하지 않는 관측치(Fast moving)의 보행패턴에 대한 연구를 추가로 반영하여 분석을 실시하였으며, 이를 감안한 분석결과를 서비스수준 “E”와 용량(75명/m-분)으로 제시하고 있다.

2. 국내 연구사례

우리나라 보행자시설의 서비스수준 및 용량산정에 관해 진행된 연구 중 김경환(1999)은 “국내 보행 서비스수준의 평가기준” 연구에서 보행시설의 서비스수준을 판

단하기 위해 다양한 척도(안정성, 편리성, 쾌적성, 환경, 보호성, 연결성 등)의 반영이 필요하다고 제시한 바 있으며, 김정현(2002)의 “보행자 시설 서비스 수준 산정에 관한 연구”에서는 계단과 보행자 대기공간의 서비스수준 및 용량을 산정하기 위해, 현장조사 결과를 바탕으로 분석을 실시하여 우리나라에 맞는 보행시설의 용량 기준을 연구한 바 있다.

도로용량편람(KHCM 2005)에서 제시하는 보행자도로의 서비스수준 및 용량 산정에 관한 기준은 임정실(2002)의 “보행자 도로의 용량산정”(2002.2, 아주대학교)에서 제시된 연구결과를 근거로 하고 있으며, 해당 연구는 사당역 내 환승통로, 수원역 내 환승통로, 강남역 보도, 수원역 보도를 이용하는 보행자군을 대상으로 조사를 실시하고, 보행속도와 보행밀도 자료를 수집하여 회귀분석을 통해 추정식을 도출하였고, 도출된 추정식에 따라 각 지점별 용량을 산출하였으며, 이중 최소값으로 산출된 강남역 보도의 보행교통류율(106인/분/m)을 기준으로 서비스수준 효과척도를 제시하고 있다. 이 연구는 출퇴근 통행패턴을 가진 보행자도로를 대상으로 연구가 진행되었다고 언급하고 있으며, 이에 따라 쇼핑 및 여가·오락통행 등 다양한 보행 행태를 반영한 연구의 필요성이 제기되었다.

III. 자료수집 및 분석방법

1. 자료수집 방법

본 연구의 조사대상은 기존 연구의 조사대상 보행자군(출퇴근통행)에서 제외된 쇼핑, 오락, 여가통행의 패턴을 반영한 보행자군을 대상으로 하고 있으며, 다양한 통행패턴이 혼재되어 있는 보행자군의 특성에 대한 조사·분석을 통해, 보편적인 설계 기준으로 제시하고자 한다. 이를 위해서 보행자군의 통행특성에 쇼핑, 오락, 여가의 기능이 혼재된 통행이 빈번한 보행자도로를 대상으로 밀도, 속도, 보행교통량 등의 통행특성을 분석하고, 기존 연구방법에 따른 보행자도로의 용량을 산출하도록 방법론을 수립하였다.

조사지점은 유효한 자료수집이 용이하도록 보행자 수요가 높고 다양한 통행특성을 가진 통행이 발생하는 복합환승센터를 중심으로 조사지점을 선정하였으며, 조사 방법은 분석의 용이성을 위하여 현장 비디오 촬영으로 조사를 실시하고, 연구실에서 비디오판독을 통해 사전에

설정된 영역을 지나는 보행자군의 단위시간(분)에 대한 보행밀도 및 보행속도 자료를 수집하였다.

본 연구의 자료수집을 위한 조사시간은 오전첨두시(07:00~09:00) 및 오후첨두시(18:00~20:00)와 비첨두시(11:00~13:00)의 보행자 패턴이 다르다는 가정 하에 실시한 조사결과를 바탕으로 분석을 실시하였으며, 이중 비첨두시의 보행자군은 조사지점의 여건을 고려하여 주된 통행목적이 쇼핑, 오락 및 여가통행으로 판단하였다.

<표 3> 보행밀도 및 속도 조사지점

항목	기존 연구 <sup>1)</sup>	금번 연구과제
조사지점	사당역 내 환승통로 수원역 내 환승통로 강남역 보도 수원역 보도	용산역 보도 남부버스터미널 보도 의정부역 보도



<그림 1> 자료수집의 예(강남역 보도)



<그림 2> 자료수집의 예(남부버스터미널 보도)

## 2. 분석방법

수집된 조사자료는 조사여건에 의해 전수조사가 이루어지지 못한 표본집단으로서, 모집단을 대표할 수 있는지를 판별하기 자료의 정규성과 이상치를 제하는 통계적 분석과정을 거쳐 분석의 기초자료를 구축하도록 하고, 이를 시간대별, 조사지점별로 그룹화하여 분석의 시나리오를 설정하도록 한다.

보행자군의 특성을 반영하는 보행교통량-보행속도-보행밀도 간에는 기본적으로 다음의 관계식을 따르는 것으로 연구된 바 있다.<sup>2)</sup>

$$V = S \times D \tag{1}$$

여기서, V : 보행교통류율(인/m-분)

S : 보행속도(m/분)

D : 보행밀도(인/m<sup>2</sup>)

위 식은 연속류도로의 교통류에서 기본 관계식과 동일한 것으로, 보행밀도가 증가하면 보행속도는 감소하는 반비례관계에 있음을 알 수 있다. 보행교통류율 값이 나타나지 않는 시점은 두 가지 경우로, 보행속도와 보행밀도가 0인 경우와 보행밀도가 너무 높아 보행속도가 0이 되는 경우에 발생하게 된다. 한편, 보행점유공간은 앞에서 정의한 바와 같이 보행밀도의 역수관계에 해당되는 개념으로 다음의 관계식을 따르게 된다.

$$V = \frac{S}{M} \tag{2}$$

여기서, V : 보행교통류율(인/m-분)

S : 보행속도(m/분)

M : 보행점유공간(m<sup>2</sup>/인)

보행교통류에 관한 식(1)과 식(2)의 관계식을 본 연구의 보행자도로 분석을 위한 기본적인 관계식으로 이용하게 되며, 식(1)에 수집된 조사자료를 적용하여 보행용량 산정을 위한 관계식을 도출하도록 한다.

1) 임정실(2002), "보행자 도로의 용량산정"

2) TRB(2000), "Highway Capacity Manual", p.11-2. 식11-1

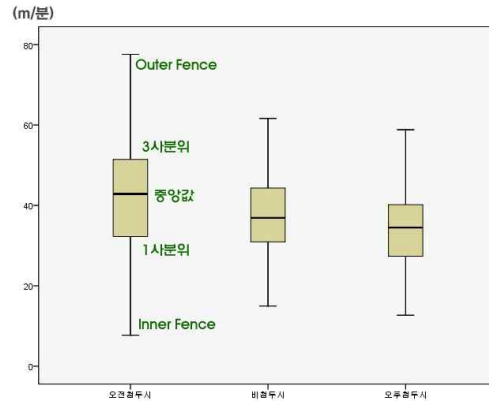
#### IV. 분석결과

##### 1. 표본집단 그룹화 및 통계적 분석

6개 조사지점을 대상으로 수집된 자료가 연구에 적합한 표본인지 판단하기 위해서는 가장 먼저 수집된 자료들이 정규성을 가지는지 확인할 필요성이 있으며, 이를 위한 분석과정으로 상자그림(Box Plot)을 작성하여 표본들이 정규분포를 따르는 모집단으로부터 얻어진 것인지 검토하였다.

<표 4>의 통계치에 따라 사분위수, Inner Fence, Outer Fence 등으로부터 각기 인접값을 구하고, 이를 바탕으로 <그림 3>과 같이 Box Plot이 그려지며, 분석의 주요 변수가 되는 통행속도에 대한 분석결과, 시간대별 보행속도의 표본들은 각각의 사분위수 범위가 비슷하

고, 이상점이 없으며 대칭성도 크게 벗어나지 않아 수집된 자료들이 정규분포를 따른다고 가정하여도 무방한 것으로 판단하였다.



<그림 3> 시간대별 보행속도 BOX PLOT 분석

<표 4> 시간대별 보행자군 통행특성의 통계치 분석결과

No.	오전침두(07시~09시)			비침두 (11시~13시)			오후침두(18시~20시)		
	밀도 (인/㎡)	점유면적 (㎡/인)	속도 (m/분)	밀도 (인/㎡)	점유면적 (㎡/인)	속도 (m/분)	밀도 (인/㎡)	점유면적 (㎡/인)	속도 (m/분)
표본수	417			487			560		
평균	0.481	3.312	42.852	0.474	3.605	39.856	0.657	2.479	38.005
분산	0.139	5.050	166.737	0.132	7.225	122.591	0.192	4.121	133.145
표준편차	0.373	2.247	12.913	0.363	2.688	11.072	0.439	2.030	11.539
최소값	0.093	0.450	7.705	0.093	0.488	14.975	0.093	0.386	12.694
1사분위	0.247	1.620	32.258	0.208	1.600	32.143	0.370	1.157	29.900
중앙값	0.370	2.700	42.857	0.370	2.700	38.961	0.556	1.800	36.810
3사분위	0.617	4.050	51.429	0.625	4.800	46.036	0.864	2.700	44.889
최대값	2.222	10.800	80.357	2.051	10.800	85.714	2.593	10.800	73.770
IQR (사분위수 범위)	0.370	2.430	19.171	0.417	3.200	13.893	0.494	1.543	14.988
R(표본 범위)	2.130	10.350	72.652	1.959	10.313	70.739	2.500	10.414	61.077
중앙값 순위	209.0			244.0			280.5		
사분위수 순위	105.0			122.5			140.8		
단위척도	0.556	3.645	28.756	0.625	4.800	20.840	0.741	2.314	22.482
Ineer Fence (f)	-0.309	-2.025	3.502	-0.417	-3.200	11.303	-0.370	-1.157	7.418
	1.173	7.695	80.184	1.250	9.600	66.876	1.605	5.014	67.371
Outer Fence (F1)	-0.864	-5.670	-25.253	-1.042	-8.000	-9.537	-1.111	-3.471	-15.065
	1.728	11.340	108.940	1.875	14.400	87.716	2.346	7.329	89.853
인접값			7.705			14.975			12.694
			77.586			64.286			66.667

임의의 보행자군을 대상으로 출퇴근통행과 쇼핑 및 여가·오락통행을 분리하는 것은 사실상 불가능하여, 침두시의 보행교통류는 출퇴근 통행패턴을 반영하고, 비침두시의 보행교통류는 쇼핑 및 여가통행패턴을 반영한다는 가정하에, 조사대상을 그룹화하였으며, 이를 통계적으로 확인하기 위해 모집단에 대한 독립표본의 검정방법을 이용하기로 하고, 아래의 귀무가설 및 대립가설을 설정하여 두 보행교통류가 속도의 차이를 가질 것이라는 가설을 수립하였다.

$H_0$  : 침두시와 비침두시의 보행교통류 속도는 동일하다  
 $H_1$  : 침두시와 비침두시의 보행교통류 속도는 차이가 있다

침두시 및 비침두시의 표본이 30개 이상으로 크므로, 두 표본집단이 모두 근사적으로  $N(0,1)$ 의 분포를 따른다고 볼 수 있으며, 이에 따라 두 모집단의 분산( $\sigma_1, \sigma_2$ )가 동일하다는 등분산에 대한 가정은 필요하지 않아 생략하고 분석을 실시하였다.

유의수준 1%( $Z=2.58$ )에서 99%에 해당되는 오전침두시와 비침두시, 오후침두시와 비침두시 보행속도에 대한 근사신뢰구간과 검정통계량은 다음과 같이 분석되었으며, 유의수준 1%의 기각역은  $|Z| > 2.58$ 이고, 오전침두와 비침두시의 검정통계량 3.712, 오후침두와 비침두시의 검정통계량 2.646은 모두 기각역보다 크므로 귀무가설  $H_0$ 를 기각하는 것으로 나타났다. 즉, 침두시와 비침두시 보행교통류의 속도에는 차이가 있다고 판단할 수 있다.

<표 5> 침두시-비침두시 보행속도 검정

구분	오전침두-비침두	오후침두-비침두
기각역	$ Z_{0.005}  > 2.58$	
검정통계량	3.712	2.646

## 2. 모형식 구축 및 통계적 검증

위 분석결과에 따라, 비침두시의 보행자군은 쇼핑·오락 및 여가통행의 보행자 특성분석이라는 본 연구의 목적에 맞춰, 비침두시 보행자군 통행속도 및 밀도자료를 기초로 한 보행자도로 용량 산정 척도인 “보행교통류율(인/분/m)” 모형식 추정을 위한 분석 방법론을 수립하기 위해, HCM 2000 및 TCQSM에서 보행서비스수

준 수립을 위해 적용한 연구를 참고하였다. Pushkarev와 Zupan은 보행자도로에 대해 많은 현장조사를 실시하고, 보행교통량, 보행속도, 보행밀도, 보행점유공간에 대해 연속류 교통특성(교통류-속도-밀도)과 유사한 관계들을 도출한바 있으며, 용량의 기준으로 삼는 보행교통류율( $V$ )은 단위시간당 단위폭을 통과하는 보행교통량으로 정의하고, 보행속도 및 보행밀도와 다음의 관계식을 가지는 것으로 제시한 바 있다. 이 연구결과는 우리나라 도로용량편람에서도 수용하였으며, 본 연구에서도 이 관계식에 따라 연구를 진행하였다.

$$V(\text{보행교통류율}) = S(\text{보행속도}) \times D(\text{보행밀도})^3$$

수집된 자료로부터 보행속도와 보행밀도를 각기 종속변수와 독립변수로 삼아, 단순회귀분석을 통해 보행속도와 보행밀도간 추정식 도출하도록 하며, 회귀분석의 수행은 다음 과정에 따라 진행하였다.

- ① 보행속도(S)와 보행밀도(D)간의 산점도 작성
- ② 산점도로부터 적절한 회귀모형 선택

각 조사지점별 조사결과로부터, 조사지점의 기하구조, 보행여건 등이 통행에 미치는 영향을 배제하기 위해 비침두시 보행속도 자료가 동질성을 가지는 조사지점끼리 그룹화하기 위해, 보행속도 특성의 차이유무에 대해 아래의 귀무가설과 대립가설을 설정하고 통계적 유의성에 대한 검증을 실시하였으며, 침두시 및 비침두시의 표본이 30개 이상으로 크므로, 두 표본집단이 모두 근사적으로  $N(0,1)$ 의 분포를 따른다고 볼 수 있고, 이에 따라 등분산에 대한 가정은 불필요하여 제외시켰다.

$H_0$  : 조사지점 A와 조사지점 B의 보행교통류 속도는 동일하다  
 $H_1$  : 조사지점 A와 조사지점 B의 보행교통류 속도는 차이가 있다.

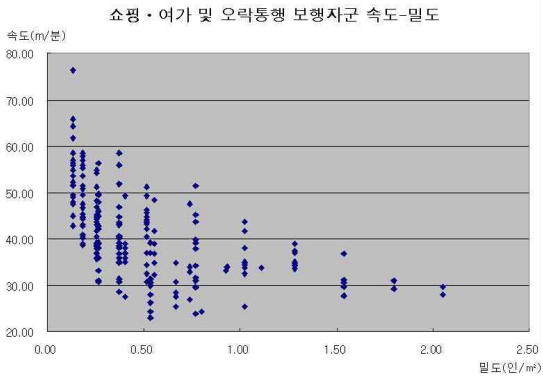
유의수준 5%( $Z=1.96$ )에서 95%에 해당되는 조사지점간 검정통계량은 다음과 같으며, 분석결과로부터의 정부역-용산역-남부터미널역의 비침두시 보행교통류 속도의 검정통계량은 모두 유의수준 5%의 기각역 범위  $|Z| > 1.96$  내에 존재하므로, 조사지점간 보행속도에 차이가 있다고 볼 수 없는 것으로 판단되었다. 따라서 이 세 조사지점의 보행자군은 보행여건이 동일하다고 판단하고, 세 조사지점의 자료를 그룹화하였다.

3) 국토해양부(2005), “도로용량편람 2001”, p.472. 식12-1

<표 6> 조사지점별 표본그룹의 동질성 검증결과

구분	의정부역 -용산역	용산역 -남부터미널역	의정부역 -남부터미널역
기각역	$ Z_{0.025}  > 1.96$		
검정통계량	1.632	-1.413	-0.094

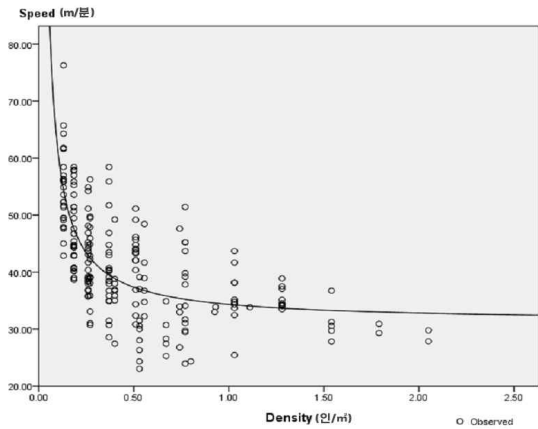
위 분석결과로부터 의정부역, 용산역, 남부터미널역을 그룹화하여 비침두시 보행자군 속도-밀도 산점도로부터 추정식을 작성하였으며, 변수변환법에 따른 회귀분석 결과, Inverse 모형식에 의한 적합도가 가장 양호한 것으로 나타났다.



<그림 4> 비침두시 보행자군 밀도-속도 산점도

변수변환법에 따른 회귀분석 결과, 보행속도(S)와 보행밀도(D)간의 Inverse 모형식과 이를 그래프로 표현한 결과는 다음과 같이 나타났다.

$$S = 31.316 + \frac{3.016}{D}$$



<그림 5> 비침두시 보행자군 밀도-속도 Inverse 모형식 Plot

본 연구에서 분석에 따라 도출된 모형식의 유의성 검정을 위해 모형식은 다음 과정에 따라 통계적 유의성 및 적합성을 판단하며, 다음과 같이 귀무가설( $H_0$ )과 대립가설( $H_1$ )을 설정하였다.

- ① 분산분석표(ANOVA table)에 의한 유의성 검증
- ② 결정계수( $R^2$ )에 의한 적합성 검증

$H_0 : \beta = 0$ (회귀직선식은 유의하지 않다)
$H_1 : \beta \neq 0$ (회귀직선식은 유의하다)

검정통계량은 회귀평균제곱(MSR)과 잔차평균제곱(MSE)의 비율을  $F(1, n-2)$ 에 따라 판단하고, 기각역은  $F \geq F(1, n-2 : \alpha)$ 로 주어지며, 분석결과  $F=218.186$ 은  $F(1, 214 : 0.05)=0.000$ 보다 매우 크므로  $H_0$ 를 기각하여 회귀직선식이 유의하다고 판단할 수 있으며, 모형식의 적합도를 설명하는 결정계수( $R^2$ )=0.50368로, 이 모형식은 쇼핑·여가 및 오락통행 보행군의 통행특성을 설명하는데 적합한 것으로 볼 수 있다.

<표 7> Inverse 모형식의 분산분석표

	자유도	제곱합	제곱 평균	F 비	유의한 F
회귀	1	9434.5943	9434.5943	218.18595	0.0000
잔차	215	9296.8303	43.2411		
계	216	18731.4246			

<표 7>의 분석을 통해 도출된 모형식을 이용하여 쇼핑 및 여가·오락통행 보행자군의 보행시설에 대한 용량을 산정하기 위해, 보행교통류율과 보행속도, 밀도간의 관계식에 분석으로부터 구해진 모형식을 대입하여 보행 밀도 변수에 대한 보행교통류율 산정식을 유도하였다.

$$V(\text{보행교통류율}) = S(\text{보행속도}) \times D(\text{보행밀도})$$

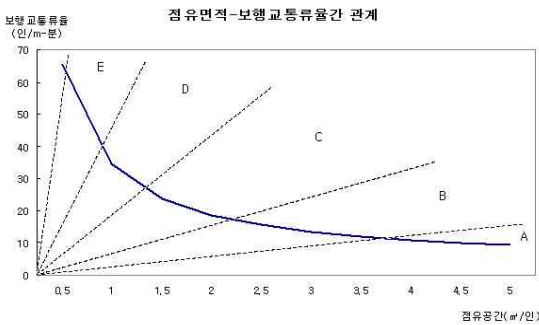
$$V = (31.316 + 3.016 / D) \times D$$

$$= 31.316 \times D + 3.016$$

수집된 자료의 조사결과로부터 비침두시 보행군의 최대임계 보행밀도 값인  $2.051 \text{인}/\text{m}^2$ 를 위 산정식에 대입하여 비침두시 보행자군의 최대 보행교통류율을 산출하고, 이를 쇼핑·여가 및 오락통행에 대한 보행자시설의 용량으로 설정하며, 서비스수준 "E"로 제시하였으며, 이를 기준으로 HCM과 도로용량편람에서 설정한 보행자도로

<표 8> 쇼핑, 여가 및 오락통행 보행자시설 용량

서비스 수준	보행교통류율 (인/분/m)	점유공간 (m <sup>2</sup> /인)	밀도 (인/m <sup>2</sup> )
A	≤ 14.3	≥ 3.64	≤ 0.27
B	≤ 21.6	≥ 2.41	≤ 0.42
C	≤ 30.6	≥ 1.43	≤ 0.70
D	≤ 43.9	≥ 0.91	≤ 1.10
E	≤ 67.3	≥ 0.49	≤ 2.05
F	-	< 0.49	>2.05



<그림 6> 점유면적-보행교통류율간 그래프

서비스수준 A-E까지 단계별 비율 값에 따른 범위를 적용해 다음과 같이 보행밀도와 보행교통류율, 보행속도의 단계별 서비스수준을 산출하여 제시하고자 한다.

분석결과 도출된 모형식에 따라 점유면적-보행교통류율간 그래프를 작성한 결과는 <그림 6>과 같으며, 최대 교통류율은 65 인/m-분 정도로 나타나 조사결과에서 나타나는 최대 교통류율과 유사한 것으로 분석된다.

V. 결론 및 향후 연구과제

분석결과, 도로용량편람에서 보행자도로 또는 환승도로와 같은 보행자시설의 설계기준으로 제시한 서비스수준 “E”의 용량값은 106인/m-분에 비해 쇼핑 및 여가·오락 통행을 위한 보행자시설의 용량값은 67.3인/m-분으로 추정되어, 보다 여유로운 서비스수준을 요구하는 것으로 나타났다. 이는 출퇴근 보행자군보다 쇼핑이나 여가를 목적으로 하는 보행자군이 보다 쾌적한 보행환경을 요구하는 성향을 반영하는 것으로, 보행자가 감내할 수 있는 서비스수준이 출퇴근통행 보행자군과 달리 적용되어야 한다는 점을 시사하고 있다.

본 연구에서 제시된 서비스수준은 보행자도로의 설계 시 유효횡단폭의 기준값으로 적용할 수 있을 것으로 판단한다. 교통시설 중 복합환승센터와 같은 시설물의 경우, 환승통행뿐 아니라 상업 및 업무시설 등 환승편의시설을 이용하고자 하는 보행군이 혼재된 통행특성을 가지고 있으며 보행자도로를 이용하는 출퇴근통행 보행자의 이용시간이 오전과 오후첨두시의 일부에 국한되고, 쇼핑 및 여가·오락 통행 보행자의 이용시간이 상대적으로 더 많다는 점을 감안한다면, 출퇴근통행 보행자군을 위한 설계기준보다는 보행편의를 도모한 쇼핑 및 여가·오락 통행 설계기준에 따라 보행자도로 및 환승통로를 설계하는 것이 타당하다고 판단한다. 더불어, 쇼핑 및 여가·오락 통행을 위한 용량에 따라 보행자시설을 설계할 경우, 출퇴근통행을 위한 용량은 자연스럽게 되므로, 보행자시설의 입지연건과 주로 이용하게 되는 보행자군의 통행특성을 감안하여 차별화된 용량과 설계기준을 적용하기 위하여 본 연구결과에서 제안하는 서비스수준을 활용하는 것이 가능하다.

그러나, 본 연구는 자료의 원활한 수집을 위하여 보행자 통행이 빈번한 서울시 내 주요 역사를 대상으로 조사를 시행하였으며, 지방 중·소도시의 통행여건에 대한 반영이 부족하였다. 또한 미국의 도로용량편람에서와 같이 학생집단 또는 연령대별로 차별화된 보행특성을 반영한 연구에 대해 미흡한 부분이 있으며, 이를 보완하기 위해 추가적인 조사를 통해 연구범위를 확대하고, 유효폭 원이나 대향방향 보행자 비율 등 보행특성에 영향을 미치는 요소에 대해 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

또한 제시된 서비스수준은 HCM에서 제시한 보행자도로의 서비스수준 단계별 범위를 적용하여 수립한 바, 우리나라 실정을 감안한 서비스수준 단계별 기준에 대한 추가적인 연구가 요구되며, 이를 위해서는 보행밀도, 보행교통류율과 같은 특성 뿐 아니라 유효통행면적 또는 경관적 요소 등의 다양한 척도를 반영한 서비스수준의 마련이 함께 연구되어야 할 것으로 생각한다.

참고문헌

1. 임정실(2002), 보행자 도로의 용량산정.
2. 김경환(1999), 국내 보행 서비스수준의 평가기준.
3. 김정현(2002), 보행자 시설 서비스 수준 산정에 관한 연구.



4. 국토해양부(2005), 도로용량편람.  
 5. Fruin(1971), Pedestrian Planing and Design, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners. INC.  
 6. Transportation Research Board(2000), Highway Capacity Manual, Special Report.  
 7. Transportation Research Board(2003), Transit Capacity and Quality of Service

Manual.  
 8. Institute of Transportation Engineers(2009), Traffic Engineering Handbook.  
 9. Land Transport New Zealand(2007), Pedestrian Planning and Design.  
 10. 서울대학교 자연과학대학 통계학과(2009), 제4차 개정판 현대통계학.

✉ 주 작 성 자 : 이광선  
 ✉ 교 신 저 자 : 이광선  
 ✉ 논문투고일 : 2010. 3. 9  
 ✉ 논문심사일 : 2010. 4. 5 (1차)  
                   2010. 5. 7 (2차)  
                   2010. 8. 28 (3차)  
 ✉ 심사판정일 : 2010. 8. 28  
 ✉ 반론접수기한 : 2011. 2. 28  
 ✉ 3인 익명 심사필  
 ✉ 1인 abstract 교정필