

부산시 통학 보행자 특성 분석

Analyzing Commuting Students' Walking Characteristics in the City of Busan

신강원* · 최윤석** · 김미연*** · 이문홍****

Shin, Kangwon · Choi, Yoonseok · Kim, Miyeon · Lee, Moonhong

1. 서 론

보행특성을 결정하는 여러 변수들 중 보행속도, 보행밀도 및 점유공간은 보행자도로의 운영상태 분석 및 설계·계획을 하기 위한 기초자료로 활용되며, 특히 용량상태에서의 보행속도 및 보행밀도 값은 보행교통류 분석을 위해 중요한 비교값으로 사용된다. 그러나 한국도로용량편람 (KHCM) 에서 제시된 보행자도로의 용량과 관련변수들의 값은 수도권 보행자 교통류 특성을 이용하여 산정된 바 지방 대도시권 보행 교통류 특성에 대한 고려가 미비한 실정이다. 한편 임진경 외 2인 (2004)은 보행자의 통행목적에 따른 보행속도-보행밀도 관계식을 제시하였으나, 지방 대도시권 보행교통류에 대한 특성이 반영되지 않아 통행목적별 보행속도-보행밀도 관계식의 지역적 전이가능성 여부는 추가연구가 필요하다. 이에 본 연구는 부산광역시 경성대·부경대역내 보행로의 통학시간대 보행자 교통특성을 분석하여 현 KHCM의 보행자 도로의 용량과 서비스 수준 결정기준의 지역적 전이 가능성을 분석하였다. 이를 위해 조사지점의 보행속도와 보행밀도를 관측하여 보행속도-보행밀도함수, 보행교통량-보행밀도함수, 보행교통량-보행속도함수를 추정하였으며, 추정된 함수를 이용하여 부산시의 통학보행자의 특성을 분석하였다. 2장에서는 본 연구에서 다룬 보행교통류의 일반적인 특성과 보행교통류이론을 요약 제시하였으며, 분석방법 및 분석결과는 3장에 제시되었다.

2. 보행교통류 특성

2.1 보행교통류 이론

보행교통류의 특성은 자동차 교통류 특성과 마찬가지로 보행교통류율, 보행속도, 보행밀도와 같은 파라미터로 설명할 수 있으며, 이들 파라미터간 관계는 식 1과 같다.

$$q = u \times k, \quad \text{식 1}$$

여기서 q 는 보행교통류율 (인/분/m), u 는 보행속도 (m/분), k 는 보행밀도 (인/m²)를 나타내며, 일반적으로 보행속도와 보행밀도의 관계는 식 2과 같이 음의 기울기를 갖는 직선식 (i.e. 보행밀도가 증가할수록 보행속도는 일정한 변화율로 감소)으로 설명된다.

$$u = \alpha + \beta k, \quad \text{식 2}$$

식 2에서 α 는 자유보행속도 (m/분), β 는 음의 값을 갖는 회귀계수이며 그 외 변수의 정의는 식 1과 같다. 식 2를 식 1에 대입하여 식 3과 교통교통류율과 보행밀도의 관계식을 얻을 수 있으며, 보행자도로의 용량 (q_m)은 식 3을 보행밀도 k 에 대해 미분하여 미분계수가 0일 때의 k 일 때의 임계밀도 (k_m)를 식 3에 대입하여 얻을 수 있다.

* 정회원 · 경성대학교 도시공학과 전임강사 · 공학박사(E-mail : kangwon@ks.ac.kr)
** 경성대학교 도시공학과 학사과정(E-mail : cysasdn@naver.com)-발표자
*** 경성대학교 도시공학과 학사과정(E-mail : 88miyeon@hanmail.net)
**** 경성대학교 도시공학과 학사과정(E-mail : korlmh123@hanmail.net)

$$q = \alpha k + \beta k^2.$$

한편 임계속도 (u_m)은 식 1에 용량 (q_m)과 임계밀도 (k_m)을 대입하여 산출할 수 있으며, 보행자 점유공간 ($m^2/인$)은 보행자 밀도의 역수와 같은 개념이다.

2.2 보행자도로 LOS

보행자도로의 서비스수준 (LOS: level of service) 분석은 조사구간의 유효보도폭 (장애물로 인해 보행을 방해받는 공간)을 전체 보도폭에서 감한 후 조사된 첨두 15분 보행교통량을 보행교통류율 (인/분/m)로 환산한 후 환산된 보행교통류율 또는 보행밀도, 보행속도, 점유공간의 효과척도를 이용하여 수행된다. (전반적인 절차는 대한교통학회, 2005 참조). 표 1은 보행자도로의 서비스 수준을 나누기 위해 사용되고 있는 효과척도의 경계값들을 나타내며, 현행 보행자도로 서비스 수준 분석표는 2001년 서울 강남역 보도에서 출근시간대에 실측된 값을 이용하여 산출되었다 (임정실 외 1인, 2002).

표 1. 보행자도로 서비스 수준 (출처: 대한교통학회, 2005)

서비스수준	보행교통류율 (인/분/m)	점유공간 ($m^2/인$)	밀도 (인/ m^2)	속도 (m/분)
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

임진경 외 2인 (2004)은 보행특성이 통행목적, 도로기능, 토지이용에 따라 다를 수 있다는 가정 하에 보행 특성을 표 2와 같이 세가지 유형으로 나눈 후 보행자의 특성을 분석하고 보행자 용량을 산정하였다. 분석결과 보행특성은 각 유형별로 달리 나타났으며, 이동기능의 보행자도로의 용량은 접근기능 및 공간기능의 보행자도로의 용량에 비해 크게 나타났다. 한편 국외 연구 (TRB, 2000) 또한 고속보행보행류 (fast moving pedestrian)와 저속보행교통류 (slow moving pedestrian)의 보행특성이 매우 상이하다는 사실을 나타내는데, 그림 1에서 제시된 바와 같이 고속보행 교통류의 보행속도는 점유공간이 매우 좁다할지라도 저속보행교통류의 보행속도에 비해 항상 높다.

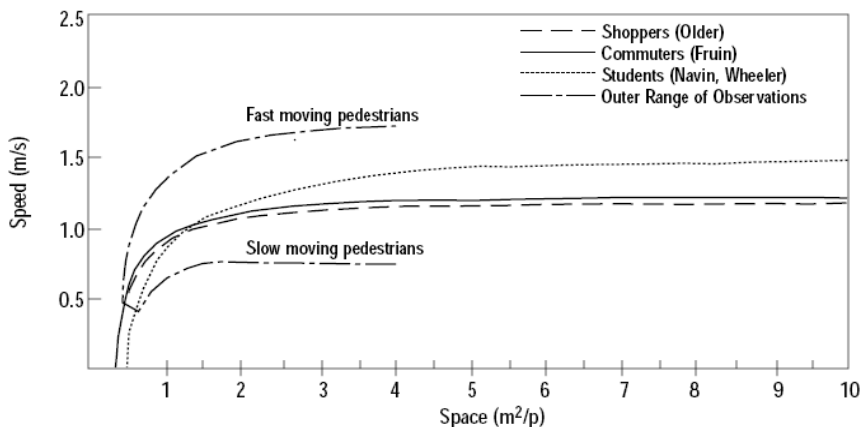


그림 1. 보행속도와 점유공간의 관계 (출처: TRB, 2000)

표 2. 보행자도로 유형분류 (출처: 임진경 외 2인, 2004)

구분	유형 1	유형 2	유형 3
도로기능	이동기능	접근기능	공간기능
토지이용	주거, 업무지역	상업지역	공원, 하천변
보행목적	통근, 통학	쇼핑, 위락	산책, 운동, 여가

3. 자료 및 분석결과

3.1 자료수집방법

본 연구에서는 통학시간대 보행자의 교통특성을 분석하기 위한 공간적 범위로 부산지하철 경성대·부경대역내 보행로를 선정하였다. 통학특성을 고려하기 위해 자료 수집은 평일오전시간 (월요일 8:30-9:30 AM)에 수행되었으며 자료수집구역은 2.3m×3.2m의 면적으로 장애물에 영향을 받는 않는 구역으로 선정하였다. 자료 수집은 선행연구와 마찬가지로 같은 화면을 보행교통류의 단절 없이 파악할 수 있는 비디오촬영 (그림 2 참조)을 통해 수행되었으며, 촬영화면을 30초단위로 구분하여 보행밀도(인/m²)와 평균보행시간 (초)을 집계하였다. 자료 집계는 일방향 보행교통류 (통학목적)를 대상으로 수행되었고 비정상적인 보행행태를 가지는 보행자 (경로변환 보행자, 노약자 등)의 자료는 수집대상에서 제외하였다.



그림 2. 비디오 촬영화면 예시

3.2 보행속도-보행밀도 관계식

수집된 자료는 평균보행속도 (초)를 평균보행속도 (m/분)로 환산한 후 전장에서 논의한 바와 같이 평균보행속도를 종속변수, 보행밀도를 독립변수로 하여 그림 3와 같은 선형회귀식을 산출하였다. 추정결과 보행밀도에 대한 회귀계수는 음의 값을 가져 보행밀도가 증가할수록 보행속도가 감소하는 보행교통류의 특성을 반영하며,하고 있으며, 자유보행속도는 89m/분으로 추정되었다. 모형의 적합도를 나타내는 R²값은 0.551로 추정되었으나 ANOVA분석결과 보행밀도는 추정 회귀식에서 보행속도를 추정하는데 유의한 것으로 분석되었다 (p-value<0.001).

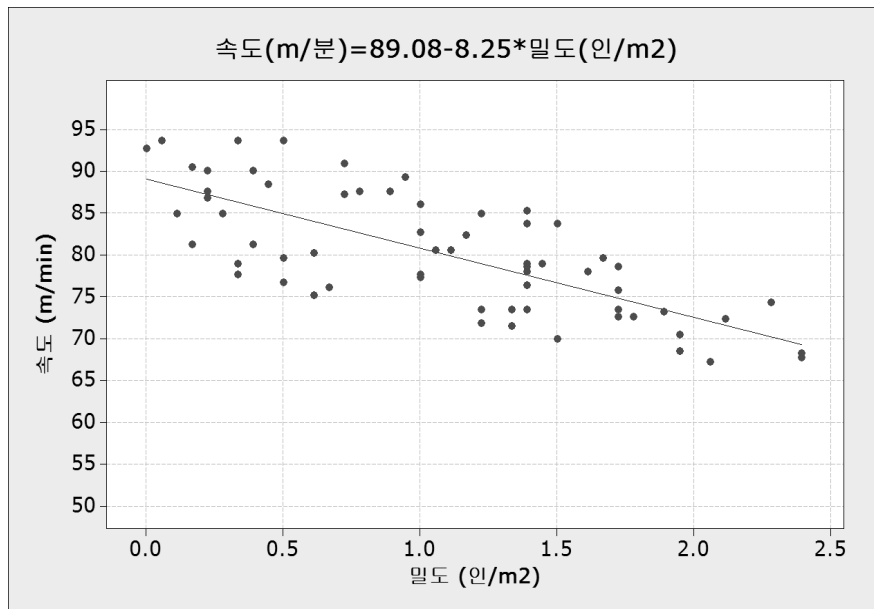


그림 3. 조사지점의 보행속도-보행밀도 분포 및 관계식

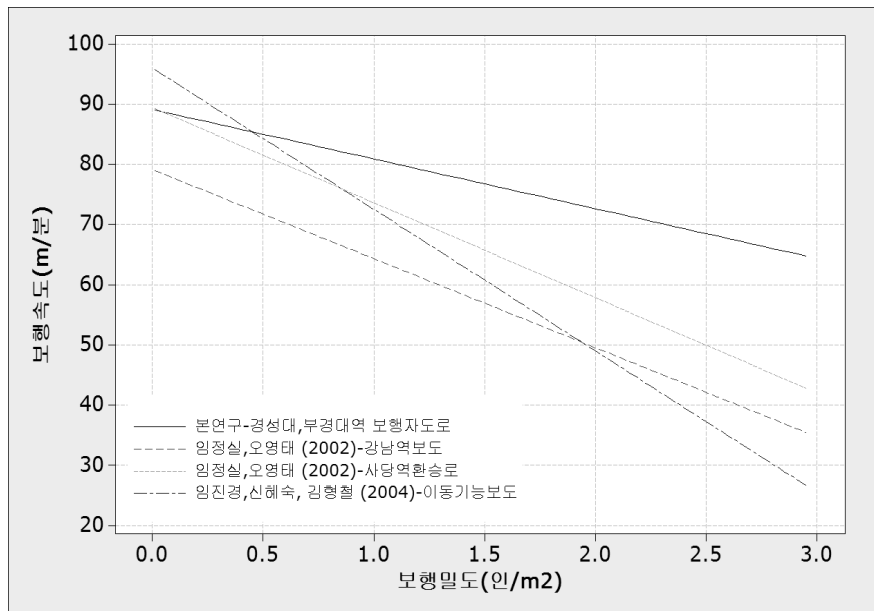


그림 4. 보행속도-보행밀도 관계식 비교

통학보행교통류의 특성을 분석하기 위해 본 연구에서 추정된 보행속도-보행밀도 관계식과 선행연구 (임정실 외 1인, 2002; 임진경 외 2인 2004)에서 산출된 관계식을 비교하였다. 선행연구결과 중 통학특성과 가장 유사한 특성을 분석한 데이터로 추정된 관계식을 본 연구결과와 비교하기 위해 임정실 외 1인(2002)의 연구에서는 강남역보도와 사당역 환승로에서 관측된 자료로 추정된 식을, 임진경 외 2인 (2004)의 연구에서는 이

동기능보도 (서울시청역, 녹번역, 여의도역)에서 관측된 자료로 추정된 식을 이용하였다. 그림 4는 선행연구에서 도출된 보행속도-보행밀도 관계식과 본 연구를 통해 도출된 보행속도-보행밀도 관계식을 나타내며, 본 연구에서 도출된 보행속도-보행밀도 관계식의 기울기는 선행연구에서 도출된 보행속도-보행밀도 관계식의 기울기에 비해 작은 것을 보였다. 이는 본 연구대상인 통학보행자의 보행속도는 보행밀도에 영향을 받지만 그 영향정도가 선행연구에서 조사된 다른 보행자들에 비해 작음을 나타낸다.

이러한 현상은 본 연구에서 관측된 보행자들의 주요 통행목적이 통학 (i.e. 정해진 시간 내에 등교라는 통행 목적을 달성해야 함) 이라는 특성을 반영하는 것으로 판단된다. 본 연구의 추정식을 살펴보면 보행밀도가 한 단위 증가할 때 보행속도는 8.25m/분 (0.14m/초) 감소하는데 반해 보행밀도가 한 단위 증가할 때 사당역 자료에서는 15.82m/분 (0.26m/초), 강남역 보도 자료에서는 14.82m/분 (0.25m/초), 이동기능보도 (서울시청역, 녹번역, 여의도역)에서는 23.52m/분 (0.40m/초)씩 감소하였다. 즉 본 연구의 결과는 통학목적의 보행자의 보행밀도의 보행속도에 대한 한계효과가 선행연구에서 조사된 보행자들의 한계효과에 비해 작음을 나타낸다. 또한 조사대상자의 연령대가 상대적으로 낮아 보행속도가 빠른 것도 본 연구결과에 반영된 것으로 판단된다.

3.3 보행속도-점유공간 관계식

그림 5는 본 연구와 전술한 선행연구에서 각각 추정된 보행속도-보행밀도 관계식을 보행속도-점유공간 관계식으로 변환시켰을 때 점유공간의 변화에 따른 보행속도의 변화를 나타낸다. 모든 연구에서 점유공간이 커질수록 보행속도는 점차 증가하는 경향을 보이며, 점유공간이 약 2m²/인 이상일 때 보행자들은 자유보행속도로 보행한다.

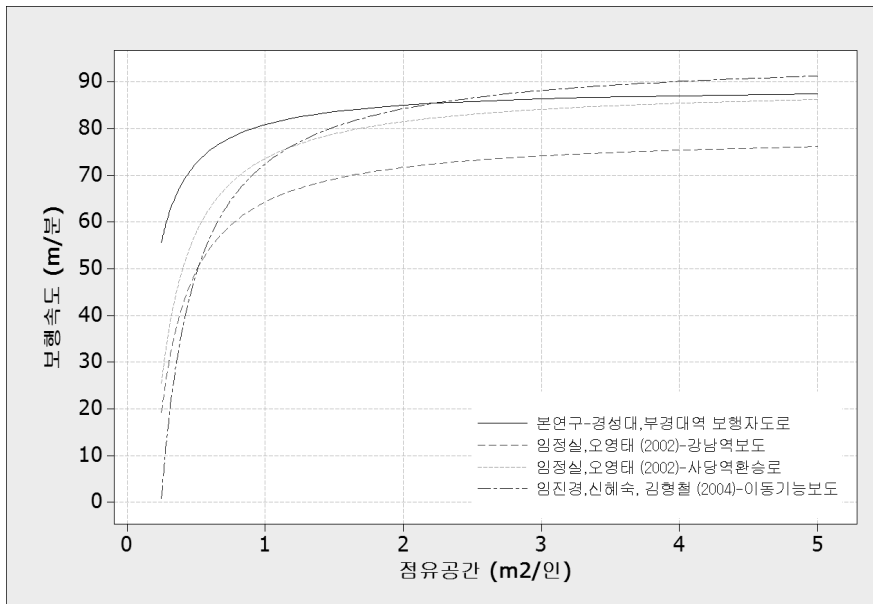


그림 5. 보행속도-점유공간 관계식 비교

그러나 각 연구별 자유보행속도 (u_f)를 살펴보면 본 연구는 89.08m/분 (1.48m/초), 사당역 자료에서는 89.36m/분 (1.49m/초), 강남역 보도 자료에서는 79.15m/분 (1.32m/초), 이동기능보도 (서울시청역, 녹번역, 여의도역)에서는 96.00m/분 (1.60m/초)로 나타났다. 한편 용량상태에서의 속도 (u_m)를 살펴보면, 본 연구는 44m/분 (0.74m/초), 사당역 자료에서는 45m/분 (0.75m/초), 강남역 보도 자료에서는 40m/분 (0.67m/초), 이동기능보도 (서울시청역, 녹번역, 여의도역)에서는 48m/분 (0.8m/초)로 나타났다. 구체적으로 사당역 환승로에서 자유보행속도와 임계속도는 본 연구에서 산출된 자유보행속도와 임계속도와 유사한 값을 가지는데 반해,

강남역 보도와 이동기능보도에서 추정된 자유보행속도와 임계속도는 본 연구에서 산출된 자유보행속도보다 각각 낮거나 높게 나타났다.

따라서 강남역 보도 외에 5개 관측지점 (i.e. 경성대·부경대역, 녹번역, 사당역, 서울시청역, 여의도역)에서의 보행자들은 현행 도로용량 편람의 기준치를 제공하고 있는 강남역 보도의 보행자들보다 다소 높은 속도로 보행하는 교통류로 분류할 수 있다. 그러나 해당 5개 지점의 보행교통류의 특성은 각기 다른데, 특히 경성대·부경대역의 통학보행자는 점유공간이 작아진다 할지라도 보행속도의 감소율이 타 고속보행교통류에 비해 더 작다. 예를 들면 점유공간이 “1m²/인”에서 “0.5m²/인”으로 감소했을 때 각 연구별 평균 보행속도 변화율을 살펴보면 본 연구는 10%감소, 사당역 자료에서는 22%감소, 이동기능보도 자료에서는 32%감소로 나타났다. 이는 점유공간이 작다할지라도 통학보행자들은 균을 이루어 비교적 빠른 속도로 통학목적을 달성하기 위해 이동하기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 통학목적을 가진 보행자의 보행특성을 부산광역시 경성대·부경대역내 보행자 도로의 통학시간 대 보행자들의 보행속도, 보행밀도, 점유공간 데이터를 이용하여 분석하였다. 분석결과 보행속도-보행밀도함수는 선행연구에서 제시된 바와 같이 일차선형회귀식이 적합한 것으로 나타났으며, 점유공간 (m²/인)의 크기가 커짐에 따라 보행속도가 증가하였다. 그러나 본 연구에서 추정된 보행속도-보행밀도함수는 보행속도가 상대적으로 빠른 대학생의 통학목적의 보행 특성을 반영했다는 점에서 기존 모델과 다소 다른 결과를 보였다. 구체적으로 본 연구에서 도출된 보행속도-보행밀도 관계식의 기울기는 선행연구에서 도출된 보행속도-보행밀도 관계식의 기울기에 비해 상대적으로 작는데, 이는 통학보행자의 보행속도는 보행밀도에 영향을 받지만 그 관계효과가 타목적의 보행자에 비해 작음을 반영한 결과로 판단된다. 보행속도-점유공간 관계식 분석결과 점유공간에 따른 보행속도의 감소율이 선행연구에 비해 더 작게 나타나는 특성을 보이는데, 이는 점유공간이 작다할지라도 균을 이루어 비교적 빠른 속도로 이동하는 통학보행자들의 특성을 반영하는 것으로 판단된다. 본 연구는 통학목적의 보행자 특성은 타목적의 보행자의 특성과 상이할 수 있음을 보였으며, 이는 궁극적으로 향후 보행자 시설 운영상태 분석 및 계획을 위한 KHCM 보완 시 통행목적별 보행교통류 특성을 반영할 수 있는 모형이 필요함을 시사한다.

참고 문헌

1. 대한교통학회. 도로용량편람. 국진기획. 2005.
2. 임정실, 오영태. 보행자 도로의 용량산정. 대한교통학회지 제20권 제1호. 대한교통학회. 2002.
3. 임진경, 신혜숙, 김형철. 유형별 보행자도로의 서비스수준 평가기준 설정. 대한토목학회논문집 제24권 제5D호. 대한토목학회. 2004.
4. TRB. Highway Capacity Manual, National Research Council. 2000.