

■ 論 文 ■

보차혼용도로에서의 LOS 평가기준 마련에 관한 연구

Research on LOS Estimation Standard in the Mixed Traffic Street

김 숙 희

(아주대학교 수원발전연구센터
책임연구원)

김 관 중

(아주대학교 건축학과 박사과정)

최 기 주

(아주대학교 교통시스템공학전공 교수)

목 차

- | | |
|--|--|
| <p>I. 서론</p> <p>1. 연구배경 및 목적</p> <p>2. 연구범위 및 방법</p> <p>II. 이론적 고찰</p> <p>1. 국외의 연구사례</p> <p>2. 국내의 연구사례</p> <p>3. 시공간 점유량의 개념</p> <p>III. 자료수집 및 분석방법</p> | <p>1. 자료수집 방법</p> <p>2. 분석방법 및 모델제시</p> <p>IV. 분석결과</p> <p>1. 시공간인덱스</p> <p>2. 1인당 시공간점유량</p> <p>3. 보행자 LOS산정</p> <p>V. 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|--|--|

Key Words : 보차공존도로, 시공간인덱스, 시공간 점유량, 주택가 이면도로, 주택가이면도로 LOS평가, 보행환경

요 약

모든 교통수단이 혼재되어있는 보차혼용도로에서의 안전성을 평가하기위한 지표와 계획을 반영하는 지표들이 몇 논문에서 제시되어진바 있다. 본 논문에서는 이들 지표중 시공간점유 인덱스를 적용하여 수원시 주택가 이면도로를 분석하였다. 분석을 위해 공동주택이 집합되어 있는 3곳을 조사대상지로 하였고, 이 대상지를 비디오로 1시간이상 촬영하였으며, 3곳의 길이는 각각 76m, 55m, 34m 이며, 각 지구별 주요가로로써 보행량과 통과차량이 다른 곳에 비해 상대적으로 많은 곳으로 선정하였다.

비디오 분석을 통해 시공간 점유인덱스와 1인당 시공간점유량 지표를 산출하기위한 기초자료를 획득하였고, 즉 보행자, 차량, 오토바이, 자전거의 평균속도, 평균통과시간 등과 주차대수 등의 파라미터를 얻었다. 현재 보행자 전용도로가 아닌 모든 교통수단이 혼재되어있는 보차혼용도로의 LOS를 분석하는데는 한계가 있다. 이에 본 논문에서는 LOS 평가 기준을 제시하였다. 결론적으로 이 연구는 모든 교통수단이 혼재되어 있는 보차혼용도로에서의 보행자 LOS를 평가하기 위한 가이드라인을 제시하는 모델을 개발하는 것으로, 이는 향후 주택가 이면도로의 보행환경을 개선하거나 보차공존도로를 계획할 때 반영할 수 있는 지표가 될 것으로 사료된다.

There were many theories to suggest the indicators that evaluate stability and reflect the plan in mixed traffic street in all traffic modes. This paper analyzed residential street of Suwon City adopting time-space occupancy index among these indicates. Three survey street, congregated into apartment house, were selected to analyze this and pictured by video camera over one hour, and the length of these street were 76m, 55m, and 34m each, and major street by each region, comparably high in pedestrians and pass vehicles, were selected. Basic datum to calculate time-space occupancy index and time-space occupancy index per person was gathered through video analysis, i.e parameters for pedestrians, cars, bicycles, average speed of bicycles, and parking car. There are some limitation to analyze LOS of mixed traffic street in all traffic modes, not pedestrian mall. Therefore this paper presented evaluation standard of LOS.

In conclusion, the aim of this paper is to suggest modeling based on guidelines for evaluating LOS of mixed traffic street in all traffic modes. It is estimated that this will be influencing indicates for improving pedestrian environment, and planning mixed traffic street in future.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

산업이 발전함에 따라 도시는 경제적 풍요와 기능적 편리함이라는 두 가지 측면에서 의미를 지닌다. 그러나 도시는 효율성을 중시한 나머지 차량중심의 도시체계를 구성하게 되어, 보행행위가 점차 줄어들게 되었다. 차량에 의한 편리성의 증가는 일상생활에서 이루어지는 사회적 관계를 단절시키고, 안전에 대한 위협요소로 작용하여 궁극적으로는 보행환경을 위협하는 악순환의 결과를 가져오게 되었다.

최근 몇 년 사이에 보행환경에 대한 문제를 인식하고 이를 개선하려고 하는 노력은 매우 고무적이다. 신규로 개발되는 대규모 단지에서도 점차 보행위주의 공간개념이 확산되어 일상생활에서 보행이 가지는 의미는 커져가고 있다.

그럼에도 불구하고, 다수의 사람들이 생활을 영위하고 있는 주택단지의 이면도로는 보행환경에 대한 제대로 된 평가조차 이루어지지 않고 있는 실정이다. 특히 차량과 보행자, 주차차량 등이 혼재되어 있는 상황에서는 기본적으로 보행환경에 대한 기준이 설정되어 있지 않아, 보행환경을 위한 평가기준의 설정이 시급하다.

따라서 본 연구에서는 보차가 혼재되어 있는 주택가 이면도로를 대상으로 하여 보행 서비스 수준을 평가하기 위한 모델을 개발하고, 실제 이면도로에 적용해 봄으로써 향후 보행환경을 개선하기 위한 기초자료로 활용하고, 보차공존도로의 효율적인 계획방향에 도움을 주는 것을 연구목적으로 한다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구는 주택가 이면도로를 대상으로 하여 보차가 혼재되어 있는 상황에서 보행환경을 평가하기 위해 보행자, 차량, 오토바이 및 자전거 별로 각각의 평균속도(average speed), 밀도(density), 교통류율(flow rate), 시공간 점유량(time-space occupancy) 등을 기초자료로 하여 결과값으로는 1인당 시공간점유량(Ap), 시공간인덱스(Time-space occupancy index)를 제시함으로써 주택가 이면도로의 LOS를 평가할 수 있는 기준 모델을 제시하는 것이다.

본 연구를 위한 수행절차는 주택가에서 생활이 이루

어지는 가로를 선택하여 비디오 촬영을 실시하였고, 비디오 분석은 초당 30프레임으로 분석을 실시하여 시중점을 표시, 순방향과 역방향으로 이루어지는 모든 교통흐름에 대해 분석하여, 모델에 필요한 모든 기초자료를 얻었고, 이를 바탕으로 보행환경 평가를 위한 기준모델을 개발하였다.

II. 이론적 고찰

1. 국외의 연구사례

Fruin(1971)은 'Pedestrian Planning and Design'에서 보행점유공간($m^2/인$), 보행교통류율($인/분/m$) 등의 척도를 사용하여 보행자 공간의 서비스수준에 대해 처음으로 언급하였다.

Pushkarev와 Zupan은 현장조사를 통해 보행교통이 차량과 유사한 특성이 있음을 밝혀내고 교통류-속도-밀도에 대한 분석결과를 제시하였다. 이들 연구는 1985년에 발간된 미국 '고속도로 편람(HCM)'에 반영되어 보행자교통에 대한 가이드라인을 제시하고 있다.

그러나 이들의 연구는 보차가 분리된 상태에서 side-walk에서의 LOS(Level of Service)의 기준을 제시하고 있다. 보차가 혼합된 상태에서 LOS를 분석한 논문으로는 권영인(1998)의 논문이 있다. 이 논문에서는 보차혼용도로에서 side-walk의 폭이 충분히 넓지 않으면 보행자 도로로서의 의미가 없기 때문에, side-walk가 충분하지 않은 대부분의 보차혼용도로에서는 새로운 기준이 필요하다는 것을 제안하였다. 또한, 시공간 점유량(Time-Space Occupancy Volume, TSOV)를 활용하여 보행자가 차량이나 오토바이에 의해 간섭하는 정도를 측정, 새로운 보행자 서비스 수준을 제시하고 있다. 그에 따르면 보행자 서비스 수준은 각 수단의 방향과 수단별 도로공유정도에 따라 다른 서비스수준을 적용해야 한다고 주장하고 있다.

2. 국내의 연구사례

보행자 서비스 수준에 관하여 국내에서 논의되기 시작한 것은 1990년대 후반에 들어서부터이다. 이에 대해 양경희(1995)는 수원역 환승로에 대한 용량산정 연구를 실시하여 수원역 내의 환승로의 용량상태 한계 값 일 때의 보행밀도와 보행교통량을 제시하고 있다. 김정

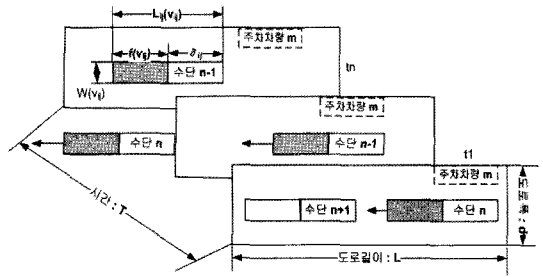
환(1999)는 미국의 도로교통편람인 USHCM의 기준과 실제 보행자들이 느끼는 서비스 수준을 비교하여 타당성을 검토하였다. 여기서 그는 단순히 도로의 폭이나 용량 이외에도 편리성, 안전성, 쾌적성, 환경요소, 연결성, 보호성이라는 분류체계를 도입하여 각각에 대한 서비스 수준을 제시, 도로의 보행환경 평가시 가중치를 적용하여 좀 더 종합적인 시각에서의 보행자 환경평가를 제시하였다.

진장원(1999)은 보차혼용도로에서의 보행환경평가를 위해 시공간 노출량(Time-Space Occupancy Exposure)이라는 지표를 활용하여 차량의 속도를 감안한 보행자 안전지표를 개발하였다. 진장원은 현장설문을 통해 각 위험의식과 도로를 구성하는 요인을 상관계수를 구하여 위험도와 도로의 물리적인 구조가 상관관계가 있음을 밝혀내었다.

3. 시공간 점유량의 개념

시공간 점유량의 개념이 처음 등장한 것은 1959년 개최된 국제대중교통학회(The Union International des Transport Publics: UITP)였다. 그 후 이 개념은 유럽과 미국에서 각각 다른 분야에서 개별적으로 발전해왔다. 미국에서는 이 개념을 보행자공간의 설계와 관리에 적용을 하였다. 1980년 TRB에서 발행된 Circular 212에서 Fruin과 Benz는 보행자도로를 설계하는데 이 개념을 사용하여 종래의 방법과 비교하여 보았다. Benz(1986) 등은 마찬가지로 이 개념을 가지고 철도역사의 계단과 복도에서의 서비스수준을 산정하는데 적용하여 보았고, 최근에 Bruun(1992)은 이 개념의 정식화를 시도하였다. Tsukaguchi(1987) 등은 주거지역의 보행환경 정비를 위해 시간점유와 공간점유도라는 개념을 적용하여 지표를 개발하였다. 그러나 이러한 연구들은 개념적인 제안에 머무르고 있으며, 단순히 시공간점유량이라는 절대량을 이용하여 주거지 또는 특정공간의 정비에 필요한 지표로 사용하여 왔을 뿐이다. 시공간점유량의 기본적인 개념을 그림으로 나타내면 다음과 같다.

먼저 도로의 폭 d , 연장 L 을 갖는 공간이 시간 T 동안 주어져 있다고 가정을 하면, 특정 교통수단 i 의 j 번째 차량은 주어진 구간을 이동할 때 수단 자체의 연장 δ_{ij} 와 안전하게 주행하기 위해 어느 것도 들어올 수 없는 배타적인 영역 거리 $f(v_{ij})$ 및 $W(v_{ij})$ 로 이루어진 안전그림자 영역을 유지해야만 한다. 이것은 곧 배타적인 공간점유를 의미하며 이들 변수들은 모든 이동속도의 함수라고



〈그림 1〉 시공간점유량의 개념도

볼 수 있다. 또한 주어진 시간내에서 이동한다고 가정할 경우 이들 교통수단은 공간뿐만 아니라 t_1 에서 t_2 까지의 시간의 영역도 점유하고 있음을 알 수 있다. 일정 단위의 시간 T 동안에 주어진 공간상에서 움직이거나 정지되어 있는 물체가 이와 같이 시공간을 점유하고 있는 것을 알 수 있고 본 연구에서는 이와 같이 시공간을 점유하고 있는 것을 시공간점유량(Time-Space Occupancy Volume: TSOV)라고 정의했다. 이러한 개념을 이용하여 각각의 교통수단의 시공간점유량은 식(1)에 나타낸 바와 같이 어떤 차량이 안전하게 달릴 수 있기 위한 배타적인 영역(안전거리)에 대해 시간 t_1 부터 t_2 까지 적분한 것과 같다.

$$Q_{tsopp} = \sum_j \int_{t_1}^{t_2} A_{ij}(V_{ij}) dt \tag{1}$$

여기서,

- Q_{tsopp} : 움직이는 교통수단 i 의 TSOV(m^2 -초)
- $A_{ij}(V_{ij})$: 교통수단 i 의 j 번째가 안전하게 달릴 수 있기 위한 영역(안전그림자)(m^2)
- V_{ij} : 교통수단 i 의 j 번째 속도(km/초)

만일 안전그림자 $A_{ij}(V_{ij})$ 를 안전그림자의 길이와 폭에 관한 함수 ($L_{ij}(V_{ij}) \times W_{ij}(V_{ij})$)로 치환하면 식(1)은 식(2)와 같이 된다.

$$Q_{tsopp} = \sum_j \int_{t_1}^{t_2} L_{ij}(V_{ij}) \times W_{ij}(V_{ij}) dt \tag{2}$$

여기서,

- $L_{ij}(V_{ij})$: 교통수단 i 의 j 번째가 안전하게 달릴 수 있기 위한 안전거리(m)
- $W_{ij}(V_{ij})$: 교통수단 i 의 j 번째가 안전하게 달릴 수 있기 위한 폭(m)

마찬가지로 식(2)에서 $L_{ij}(V_{ij})$ 는 차량자체의 길이와 안전거리($\delta_{ij} + f(V_{ij})$)로 나누어질 수 있고 식(3)으로 표현이 가능하다.

$$Q_{tsopp} = \sum_j \int_{t1}^{t2} (\delta_{ij} + f(V_{ij})) X W_{ij}(V_{ij}) dt \quad (3)$$

여기서,

- δ_{ij} : 교통수단 i의 j 번째의 자체길이(m)
- $f(V_{ij})$: 교통수단 i의 j 번째가 안전하게 달릴 수 있기 위한 안전거리(m)

한편 주차차량의 TSO를 정의하면 식(4)와 같이 표현할 수 있다.

$$Q_{tspark} = \sum_j \int_{t1}^{t2} A_{ij} dt \quad (4)$$

여기서,

- Q_{tspark} : 교통수단 i의 TSO(m²-초)

여기서도 식(4)에서 A_{ij} 는 차량자체의 길이와 주차 폭 ($\delta_{ij} X W_{ij}$)로 나뉘어질 수 있고 식(5)로 표현될 수 있다.

$$Q_{tspark} = \sum_j \int_{t1}^{t2} \delta_{ij} X W_{ij} dt \quad (5)$$

위의 식에서 나타난 시공간점유량(m²-초)이라는 단위는 종래 시간점유량으로서 교통량(대/시)을 공간점유량으로서 교통밀도(대/km)로 나타내는 개념을 통합한 것으로서 이동 중이거나 정지하고 있는 물체뿐만 아니라 크기가 다른 교통수단의 량도 통합할 수 있는 유효한 개념이 된다.

III. 자료수집 및 분석모델 제시

1. 자료수집 방법

본 연구는 이상적인 조건이 아닌 일상생활이 이루어지는 보차혼용 공간에서 보행자의 서비스 수준을 평가하기 위해서, 자료수집 대상은 일반 단독주택지의 기성

시가지에서 한 블록 내에서 생활의 중심이 되고 있는 근린상가가 밀집해 있는 가로를 대상으로 하였다. 양방향 통행이 원활한 폭원 8m이상의 동일 조건의 도로를 수원시에서 조사한 결과 우만동과 연무동 두 개의 대상지가 선정되었다.

<표 1> 연구대상지점 및 자료조사시간

일시	지점	측정거리	폭원
10월 31일	우만동 우만4길 서측	76m	10m
11월 4일	우만동 우만4길 동측	-	10m
11월 11일	연무동 연무5길 서측	52m	10m
11월 15일	연무동 연무5길 동측	34m	10m

이들 대상지는 통과교통보다 주부들의 일상적인 생활이 이루어지는 1시부터 5시 사이에 5층 높이의 건물 옥상에서 2시간 동안 비디오 카메라를 이용하여 촬영을 하였으며, 촬영위치에서 간판에 가려 보이지 않은 우만동을 제외한 세 개의 샘플을 대상으로 분석을 실시하였다.

촬영 후 보행자가 가장 많이 움직이는 시간대를 정하여 1시간 동안 순방향과 역방향으로 움직이는 보행자, 자동차, 오토바이 등의 움직이는 모습과 주차차량의 대수까지 상세히 기록하였다. 그리고 시야가 허락하는 범위에서 구간에 줄을 그어 시종점을 표시, 촬영지역의 진입시간과 진출시간을 기록하여 각 수단의 속도를 알 수 있도록 하였다.

2. 분석방법 및 모델제시

보행자 서비스 수준 산정을 위한 기존의 연구방법은 보차가 분리되어 있거나 보행자 전용도로에서 보행자의 속도 및 밀도를 이용하여 서비스 수준을 정하고 있다. 이는 미국의 도로설계 매뉴얼인 HCM에서도 마찬가지이다. 그러나 도시주택지에서 일상적으로 생활이 이루어지는 도로에서는 대부분 보차가 혼재되어 이러한 기준을 적용할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 교통류율, 시공간 점유량, 시공간 점유율 등의 개념을 이용하여 보차혼용도로 내에서 보행환경의 질을 평가할 수 있는 분석모델을 개발하였다.

보행자서비스수준의 경우, 밀도의 개념을 도입하여 서비스수준을 정하고 있는데, 본 연구에서는 조사대상 구간에서 차량과 오토바이의 시공간 점유면적을 제외한 나머지 면적을 보행자 1명이 얼마만큼 점유할 수 있는

가를 분석하는 것이 기본 개념이다.

각 교통수단별 교통량과 속도, 밀도의 관계는 다음의 식을 기본으로 하고 있다.

$$V_i = S_i \times D_i \quad (6)$$

여기서,

V_i : 교통류율(대/분/m 또는 인/분/m)

S_i : 속도(m/분)

D_i : 밀도(대/m² 또는 인/m²)

즉, 보행교통류율과 보행자의 속도를 알면 특정 공간 내에서 해당 교통수단이 어느 정도의 밀도를 가지고 있는 지 알 수 있고, 여기에 조사면적을 곱하면 평균적으로 존재하는 교통수단의 양을 알 수 있다.

$$Q_i = D_i \times A \quad (7)$$

여기서,

Q_i : 평균대수 또는 평균명수

A : 조사구간의 면적

한편, 진장원(1999)은 보차가 혼합된 도로에서 보행자 교통량에 차량교통량을 곱하여 구하는 보차교차도는 보행자의 안전감과 밀접한 관련이 있지만, 속도의 개념이 고려되지 않았기 때문에, 속도개념을 고려한 시공간점유량이라는 개념이 필요함을 주장하였다.

시공간점유량은 일정 단위시간동안 주어질 공간상에서 이동하거나 정지하고 있는 물체가 점유하고 있는 면적을 시공간점유량이라고 정의할 수 있다. 이러한 개념에 근거할 때, 특정 시간동안 차량 한 대가 점유하고 있는 시공간 면적은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$TSOV = V_C \times w \times (l + l_T) \quad (8)$$

여기서,

$TSOV$: 시공간점유량

V_C : 차량속도

w : 차량폭원

l : 차량길이

l_T : 시간 T동안 차량이 이동한 거리

그러나, 위와 같은 식에서는 '특정시간 T동안'이라는 개념이 전체적인 틀에서 볼 때 개념이 모호하고, 차량의 속도에 따라 차량의 영향폭원 또한 변화하기 때문에 w 값을 규정지을 수 없다는 문제가 발생한다. 진장원(1999)은 시간의 추이에 따라 안전그림자의 면적을 추정하였지만, 각각의 보행자가 각각의 차량에 대해 노출되는 양을 측정하기는 분석의 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 안전그림자를 차량의 안전제동거리로 보고, 권영인(1998)이 제시한 시공간점유량의 개념을 사용하였다. 즉, 사람이 위험을 인지하는 시간을 평균적으로 1초로 하고, 그 동안 이동한 거리와 정지할 수 있는 안전거리를 더한 값을 시공간점유량으로 정의한다.

$$TSOV = w_s \times (l_c + l_a + l_s) \quad (9)$$

$$l_s = \frac{V_C^2}{2g\mu} \quad (10)$$

여기서,

V_C : 차량속도

w_s : 속도를 고려한 차량폭원

l_c : 차량길이

l_a : 반응시간동안 이동거리(= $V_C \times t$)

l_s : 안전제동거리

g : 중력가속도(9.8m/s²)

μ : 차량의 운동마찰계수

권영인(1998)은 보행자 1인당 단위점유면적을 조사 구간면적에서 차량과 자전거/오토바이가 차지하는 면적을 제외하여 구할 수 있음을 보여주었다. 본 연구에서는 그 개념을 확장하여 노상주차와 보행지장물까지 고려한 모델을 제시하였다. 권영인의 경우 각 교통수단별 개수가 조사시간 동안 조사구간을 지나는 수로 제시하였는데, 이럴 경우 조사시간이 길어지면 길어질수록 차량 및 자전거/오토바이의 점유면적이 늘어나 어떠한 경우에도 결국 조사구간면적은 음수가 나오게 된다. 이럴 경우, 조사시간의 기준이 모호해지는데, 따라서 본 모델에서는 밀도에 의한 면적을 기준으로 차량, 자전거/오토바이, 보행자의 수를 추정하였다. 밀도를 기준으로 환산한 보행자 1인당 점유면적은 조사구간의 면적에서 차량, 오토바이, 주차된 차량, 그리고 다른 보행지장물의 면적을 제외한 나머지 면적을 환산보행자수로 나누어 주면 구할 수 있다.

$$A_p = \{l \times w - (\Sigma TSOV_c \times N_c + \Sigma TSOV_b \times N_b + \Sigma TSOV_p \times N_p + \Sigma H_A)\} / N_w \quad (11)$$

$$\Sigma TSOV_i = w_{is} \times (VA_i + l_i + l_{is}) \quad (12)$$

$$VA_i = \frac{N \Delta x}{\sum_{j=1}^N \Delta t_j} = \frac{1}{\frac{1}{N} (\sum_{j=1}^N \frac{1}{V_j})} \quad (13)$$

여기서,

- A_p : 1인당 단위점유면적
- $TSOV_i$: 각 수단별 시공간 점유량
- $TSOV_c / TSOV_b / TSOV_p$: 각각 차량, 자전거/오토바이, 주차차량의 시공간점유량
- N_i : 각 수단별 환산대수
- $N_c / N_b / N_p / N_w$: 각각 차량, 자전거/오토바이, 주차차량, 보행자의 환산계수
- l_i : 각 수단별 안전제동거리
- l_{is} : 각 수단별 안전제동거리
- w_{is} : 각 수단별 안전폭원
- VA_i : 각 수단별 공간평균속도
- Δt_j : 각 개체의 구간내 이동시간
- Δx : 각 개체의 이동거리
- V_j : 각 개체의 속도
- N : 대수, 명수
- H_A : 보행 지장물

Tsukaguchi와 Mori(1987)가 제시한 시공간인덱스의 개념은 도로의 혼잡도를 측정하는 기준이 될 수 있다. 본 연구에서는 각각의 수단이 차지하는 공간의 양과 각 수단이 점유했던 평균시간의 양을 곱하여 시공간점유량을 구하였고, 이를 시간과 구간면적으로 나누어 인덱스를 구성하였다. 특히 노상주차에 의한 영향을 알아보기 위해 실제 적용할 때에는 구간면적에서 노상주차면적을 제거하여 기존의 연구와 비교해 보았다.

$$Q_{t-si} = \frac{\Sigma(y_i \times w_i \times t'_i)}{(T_b - T_a) \times (Y_b - Y_a) \times w} \quad (14)$$

여기서,

- y_i : 수단별 점유길이
- w_i : 수단별 점유폭

- t'_i : 수단별 평균점유시간
- T_a / T_b : 조사시간 시작/끝
- Y_a / Y_b : 조사구간 시작/끝
- w : 조사구간의 폭원

N. 분석결과

위에서 제시한 모델의 유용성을 평가하기 위해 우만동과 연무동의 이면도로를 대상으로 모델을 적용해 보았다. 혼잡도는 시공간 인덱스를 보행서비스 수준은 1인당 시공간점유량을 기준으로 계산하여, 기존의 보행자 LOS 기준을 활용하여 도로를 평가하였다.

1. 시공간인덱스

식(14)를 이용하여 구한 시공간인덱스의 값은 <표 2>와 같다. 편의상 인덱스 값을 100배하여 값을 비교해보았다. 시공간인덱스를 통해 도로의 혼잡 정도를 알 수 있는데, 대상지 중에서 [연무동1]이 가장 혼잡한 것으로 나왔다.

<표 2>를 보면 시공간인덱스 산정시 조사구간의 면적을 노상주차를 포함시킨 것과 포함시키지 않은 값을 비교하여 적용해 보았다. 그 결과 처음에는 [우만동1]이 [연무동2]에 비해 혼잡도가 상당부분 덜한 것으로 나오지만, 노상주차면적을 제외한 면적으로 산정할 경우에는 비슷한 인덱스 값을 구할 수 있다. 실제로 [우만동1]은 양측으로 노상 주차된 차량 때문에 도로가 좁혀들어 이용할 수 있는 폭은 중앙부의 5m정도 되는 구간밖에 없다. 육안으로 관찰시 보행의 흐름은 오히려 [연무동2]가 끊기지 않는 것을 볼 수 있는데, [우만동1]은 밀도가 상당히 낮음에도 불구하고, 평균속도가 높지 않은 것은 병목현상으로 인해 교통의 흐름이 자주 끊기는 것으로 해석할 수 있다. 즉, 밀도는 차이가 나지만, 혼잡도는 큰 차이를 보이지 않는 것이다.

이와 같이 시공간인덱스에 노상주차요인을 고려하면 혼잡정도에 대한 좀 더 실질적인 정보를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

<표 2> 노상주차고려 전후의 시공간인덱스

조사대상	Qt-si (노상주차고려 전)	Qt-si (노상주차고려 후)
우만동1	1.246	1.552
연무동1	1.598	1.757
연무동2	1.461	1.568

2. 1인당 시공간점유량

시공간인덱스는 도로와 도로의 혼잡정도를 비교할 수 있는 장점이 있지만, 모든 수단을 동시에 고려하기 때문에 실질적인 서비스수준을 정하기는 어렵다. 반면 식(11)의 1인당 시공간점유량을 구하면 기존의 LOS 기준에 따라 서비스수준을 결정하는 것이 가능하다.

각 조사대상구간에서의 시공간점유량을 구하기 위해 필요한 변수들을 구하였고, 이를 이용하여 1인당 시공간점유량을 계산하였다.

〈표 3〉 교통류율 및 공간평균속도

조사대상	수단	대수 (명수)	교통류율 (대/분/m)	공간평균속도 (m/min)
우만동1	사람	111	2.434	68.096
	차량	186	4.079	208.496
	오토바이	24	0.526	259.952
연무동1	사람	270	8.654	57.451
	차량	278	8.910	252.948
	오토바이	28	0.897	285.490
연무동2	사람	233	10.787	65.150
	차량	303	14.028	298.577
	오토바이	39	1.806	217.674

식(11)과 〈표 3〉, 〈표 5〉를 이용하여 1인당 시공간 점유면적을 계산하였다. 시공간 점유면적 산정시 일반적인 소형차에 대한 설계기준은 4.7m×1.7m를 사용하고 있지만, 보행자는 자동차의 백미러에 대해서도 영향을 받기 때문에 움직이는 차량의 점유면적은 4.7m×2.0m으로 계산하였고, 오토바이의 경우 주로 배달용을 사용하므로 1.7m×0.66m를 사용하였다. 여기서 속도에 따른 점유폭원의 증가는 고려하지 않았다. 식(10)을 이용한 안전제동거리의 사람은 반응속도를 1초, 노면의 마찰계수를 0.8, 중력가속도는 9.8%를 기준으로 계산하였다. 계산된 결과값은 다음과 같다.

〈표 4〉 수단별 안전제동거리

조사대상	보행자	차량	오토바이/자전거
우만동1	1.20	4.25	5.53
연무동1	1.00	5.35	6.20
연무동2	1.15	6.56	4.47

노상주차는 보통 1m폭의 노면에 붙여 평행주차를 하므로, 차량폭원을 2.7m로 계산하였고, 오토바이의 경우 1.66m를 적용하였다.

〈표 5〉 밀도 및 시공간면적

조사대상	수단	구간 면적	밀도	환산대수 (명수)	시공간 면적(m ²)
우만동1	사람	760	0.036	27.167	-
	차량		0.020	14.868	17.890
	오토바이		0.002	1.539	4.772
연무동1	사람	520	0.115	59.906	-
	차량		0.029	15.019	23.055
	오토바이		0.002	0.853	10.644
연무동2	사람	340	0.166	59.606	-
	차량		0.047	16.914	22.5111
	오토바이		0.008	2.986	4.070

1인당 시공간 점유면적을 〈표 6〉과 같이 구하였다. 최종적으로 구한 1인당 시공간 면적은 [우만동1]이 점유면적이 가장 많았고, [연무동2]의 경우에는 음수가 나왔다. 음수가 나온 이유는 차량의 통행량이 과도하게 많아 보행자에게 부여된 공간이 전혀 없다는 것을 의미한다.

〈표 6〉 1인당 시공간 점유면적

조사대상	1인당 시공간 점유량(m ²)
우만동1	12.383
연무동1	2.273
연무동2	-0.247

사실 도로공간에서 차량이 도로에 아무리 많아도 차량이 점유하는 공간은 도로공간을 넘어서지 못하는 것이 논리적으로 타당하다. 즉, 시공간 점유량은 음수가 나오지 않는 것이 정상이지만, 음수가 나오는 현상은 차량의 그림자 면적이 공유되는 부분을 계산하지 않았기 때문이다. 그러나 공유되는 그림자 면적까지 산정하면 모델이 복잡해지는 현상이 발생하여, 본 논문에서는 그 부분을 제거하고 계산을 수행하였다. 식(15)에서 수정된 모델을 제시하였다.

$$A_p = \{ l \times w - (\Sigma TSOV_c \times N_c + \Sigma TSOV_b \times N_b + \Sigma TSOV_o \times N_o + \Sigma H_A) + SSA \} / N_w \quad (15)$$

여기서,

SSA : 공유그림자 면적

3. 보행자 LOS 산정

본 연구를 통해 구한 결과를 이용하여 각 조사대상

구역의 LOS를 산정해 보았다. 본 모델에서는 보차혼용도로에서 보행자만을 따로 고려하였기 때문에, 기존의 LOS기준을 그대로 사용할 수 있다. LOS는 2004년 도로용량편람에서 제시한 기준을 사용하였다.

〈표 7〉 보행자 서비스 수준

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

자료 : 대한교통학회(2004), 도로교통편람

그 결과 도로의 서비스 수준은 〈표 8〉과 같이 구할 수 있다. 〈표 8〉를 보면 보차혼용도로에서는 평균보행속도와 보행점유면적, 보행교통류율이 서비스 수준에 따라 반드시 일치하는 것이 아님을 알 수 있다.

〈표 8〉 조사구간별 보행자 LOS 평가

조사대상	보행 점유면적	보행 교통류율	평균 보행속도	밀도
우만동1	A	A	D	A
연무동1	B	A	E	A
연무동2	F	A	D	A

도로자체의 넓이만을 고려했을 때 보행교통류율은 모두 A가 나왔다. 이것은 기존의 평가방법을 보차혼용도로에 그대로 적용할 수 없음을 나타낸다. 따라서 보행점유면적과 평균보행속도가 서비스수준을 결정할 수 있는 기준이 된다. 그런데, 보행점유면적과 평균보행속도 역시 일치된 결과를 보이지 않는데, 이것은 보차혼용도로의 다양한 도로여건이 반영된 것으로 보인다.

각 조사대상에 대한 서비스 수준은 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

첫째, [우만동1]은 보행점유면적이 충분히 넓음에도 불구하고 평균보행속도는 그다지 빠르지 않다. 여기서 구한 값들은 유아도 포함한 수치지만, 어른만의 속도를 구해도 큰 차이는 없다. 이러한 평균보행속도는 양측의 노상주차로 야기된 병목현상이 발생하는 것으로 보이며, 이는 노상주차로 인한 시공간인덱스의 값과 동일한 결과를 보이고 있다.

둘째, [연무동2]는 [연무동1]에 비해 통과차량이 압도적으로 많음에도 불구하고 평균보행속도는 오히려 더 빠른 것으로 나타났다. 조사시간동안 평균 주차대수는 [연무동1]이 3.33대, [연무동2]가 1.5대 였다. 조사구간에 대한 길이의 차이도 있지만, [연무동2]는 조사구간을 벗어난 장소에도 노상주차 수가 많지 않았고, 일시적인 주차차량만이 존재하고 있을 뿐이었다. 노상주차로 인해 도로의 정체가 유발되면, 일시적인 병목현상이 벌어져 보행자는 통행에 방해받게 되고, 보행속도가 저하된다.

셋째, 구미에서 사용하고 있는 일반적인 보차공존도로의 속도규정은 30km/h이다. 조사대상구간의 경우 모두 차량의 속도는 대체로 30km/h를 넘지 않는 안전속도를 유지하고 있다. 그러나 이러한 차량속도와는 별도로 차량이 도로를 점유하여 보행자 공간이 줄어들어 보행자에게 위협이 되고 있다. 즉, '30km/h 존'에 의한 속도규제 이외에도 보행자를 위한 계획적 수단이 필요함을 시사하고 있다.

V. 결론

보차혼용도로에서 보행자와 차량, 오토바이는 서로 간섭하여 영향을 준다. 이러한 생각에 기초하여 선행연구자들은 시공간점유량을 활용하여 간섭요인을 제거한 상태에서의 보행자 LOS수준을 제안하였고, 본 연구 역시 이를 출발점으로 삼는다.

본 연구는 보차혼용도로에서 보행자 LOS 기준을 설정하는 기존의 연구를 실질적으로 적용하기 위해 시공간점유량 모델을 수정하고, 확장된 모델을 제시하였다. 그리고 실제 주택지 이면도로를 대상으로 모델의 유용성을 시험하여 의미있는 평가결과를 얻어내었다. 이를 통해서 보차혼용도로에서 보행자 LOS를 측정하고, 시공간 인덱스를 이용하여 각 도로의 혼잡도를 비교평가할 수 있었다.

본 연구결과 실제로 보차혼용도로에서는 단일수단이 점유하는 도로공간에 비해 다양한 현상이 일어나는 것을 알 수 있었고, 보행점유면적과 평균보행속도의 서비스 수준의 결과가 너무 상이하게 나타났는데 그 이유는 우선 양측의 노상주차로 야기된 병목현상이 발생하는 것으로 보여지고, 또한, 기타주변의 물리적인 현상이나 통과차량 및 가상의 갯길이 형성되어 있는 경우 차가 발생하는 것으로 판단된다.

그래서 보차혼용도로에서의 보행자 LOS는 한 가지 요인으로 측정이 불가능하며 차량의 수, 노상주차요인에 대한 종합적인 고려가 필요함을 알 수 있었다. 이러한 다각적인 서비스수준의 평가를 통하여 보차공존도로 설계시 쾌적한 보행환경조성을 위한 설계기준을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

차후 보차혼용도로에서 방해폭원, 보차교착요인, 노상주차에 따른 병목현상의 영향, 각 교통수단의 공유그림자면적 등에 대한 좀 더 실제적인 연구를 통해 보행환경에 대한 종합적인 기준을 마련할 필요가 있다.

본 연구는 무엇보다도 기존에 이론적으로 제시되었던 시공간 점유량을 활용한 보차혼용도로 평가모델을 현실 세계에 적용하기위해 모델을 수정 및 확장하였고, 이를 실제 대상지에 적용하여 평가하였는데 그 의의가 있다.

참고문헌

1. 김경환(1999), "국내 보행 서비스수준의 평가기준", 대한교통학회지, 제17권 제3호, 대한교통학회, pp.31~46.
2. 도로용량편람(2004), 사단법인 대한교통학회.
3. 도철웅(1995), 교통공학원론(상), 청문각.
4. 양경희(1995), "보행자 특성 및 통근 통학자의 보행용량산정에 관한 연구".
5. 임정실·오영태(2002), "보행자 도로의 용량산정", 대한교통학회지, 제20권 제1호, 대한교통학회, pp.91~99
6. 진장원(1999), "보차혼용도로에서 시공간노출량 지

- 표에 관한 연구", 대한교통학회지, 제17권 제2호, 대한교통학회, pp.105~114.
7. 조현세 외 4인(2003), 가로환경계획매뉴얼, 청문각.
8. Bruun, E., Vukan V.(1994), "Time-Area Concept: Development Meaning, and Applications", TRR 1499, National Research Council Washington, D.C., pp.95~104.
9. Dixon, L.B.(1996), "Bicycle and Pedestrian Level of Service Performance Measures and Standards for Congestion management Systems", 75th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
10. Kwon et al(1998), "Analysis of Pedestrian Behavior and Planning Guidelines with Mixed Traffic for Narrow Urban Streets", TRR 1636, National Research Council Washington, D.C. pp.116~123.
11. Lee, Jodie Y S et al(2005), "New Level-of-Service Standard for Signalized Crosswalks with Bi-Directional Pedestrian Flows", Transportation Engineering, Vol :131, Issue:12, pp.957~960.
12. Masamitsu Mori, Tsukaguchi, H(1987), "A New Method for Evaluation of Level of Service in Pedestrian Facilities", Transportation Research Part A, Vol:21, Issue:3, pp.223~234.
13. Transportation Research Board(2000), "Highway Capacity Manual", Special Report.

✉ 주 작 성 자 : 김숙희
 ✉ 교 신 저 자 : 김숙희
 ✉ 논문투고일 : 2006. 2. 25
 ✉ 논문심사일 : 2006. 4. 21 (1차)
 2006. 4. 24 (2차)
 2006. 4. 25 (3차)
 ✉ 심사판정일 : 2006. 4. 25
 ✉ 반론접수기한 : 2006. 9. 30