

■ 論 文 ■

# 자전거 교통류의 기본 특성에 관한 실험 연구

An Experimental Study on Fundamental Characteristics of Bicycle Flows

**손 영 태**

(명지대학교 교통공학과 부교수)

**김 정 현**

(교통개발연구원 책임연구원)

**오 영 태**

(아주대학교 환경·도시공학부 교수)

**김 흥 상**

(명지대학교 교통공학과 부교수)

**박 우 신**

(명지대학교 교통공학과 석사과정)

## 목 차

I. 서론

- 1. 연구의 배경 및 목적
- 2. 연구의 내용 및 범위

II. 기존연구

- 1. 국내연구
- 2. 국외연구
- 3. 도로용량편람

III. 자전거 교통류의 기본특성조사 및 분석

- 1. 자전거 교통류 특성
- 2. 곡선반경에 따른 자전거 속도변화
- 3. 자전거 포화교통용량
- 4. 자전거 운전자의 주행 영역 조사

IV. 결론 및 향후 연구 과제

참고문헌

Key Words : 자전거, 포화교통량, 용량, 주행영역, 속도

## 요 약

본 연구는 자전거 교통시설의 설계 및 운영을 적절히 수행하기 위해서 반드시 필요한 자전거 교통류의 기본 특성에 대한 기초자료를 실험과 현장조사를 통하여 수집하고, 제시된 값의 교통시설 설계 및 운영에 대한 활용 방안을 제안하는 것을 목적으로 하였다. 본 연구는 자전거 교통류의 가장 기본이 되는 연속류 상태를 대상으로 속도-밀도-교통량의 관계와 용량값, 단속류 상태에서의 포화교통류율에 대한 결과값과 방법론을 제시하였으며, 곡선 반경에 따른 속도의 변화에 대한 조사와 자전거의 주행영역에 대한 조사도 실시하였다. 조사결과 연속류 시설의 경우 실험조건하에서의 교통용량은 약 5000대/시/차로이며, 단속류 시설의 경우 포화교통류율은 실험조건하에서 약 3000대/시/차로의 값을 보이는 것으로 나타났다. 곡선을 주행하는 자전거의 경우 반경이 증가할수록 속도의 증가가 발생하나 반경이 20m를 기준으로 반경의 증가여부에 상관없이 자전거의 속도는 더 이상 증가하지 않음을 보였다. 자전거가 통행시 자전거 당 차지할 수 있는 면적에 따른 주행의 용이성을 자전거 운전자의 주행 영역으로 표시하였는데 점유면적이 0.96m×2.47m 이하일 경우 자전거 운전자는 충돌의 위험을 느끼게 되며, 2.21m×4.1m 이상일 경우에는 쾌적한 상태에서의 통행이 가능한 것으로 조사되었다.

본 연구는 첨단도로연구센터의 연구비지원으로 수행되었음.

## 1. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

자전거 도로는 도로 교통류로부터 자전거 교통류를 분리대, 연석 등의 시설물이나 노면표지로 분리하여 설치된 도로이다. 자전거 도로는 녹색 교통의 주요 수단으로 그 중요성이 부각되고, 특히 최근 신도시를 중심으로 건설이 활발히 진행되고 있어 활용도가 증가할 전망이다. 이와 같은 자전거 도로의 적절한 설계와 효율적인 운영을 위해서는 선행되어야 하는 것은 자전거도로를 주행하는 자전거 교통류가 갖는 기본적인 특성을 분석하는 것이 선행되어야 하나 현재까지 우리나라에는 최근까지 자전거 교통류의 기본적인 특성에 대한 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 자전거교통류의 특성을 파악하기 위한 조사 분석을 시행하였다.

### 2. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 자전거 교통시설의 설계 및 운영을 적절히 수행하기 위해서 반드시 필요한 자전거 교통류의 기본특성에 대한 기초자료를 실험과 현장조사를 통하여 수집 분석하여 제시하였다. 본 연구의 조사대상으로는 자전거 교통류의 가장 기본이 되는 연속류 상태에서의 속도-밀도-교통량의 관계와 용량값, 단속류 상태에서의 포화교통류율을 제시하였으며, 곡선 반경에 따른 속도의 변화에 대한 조사와 자전거의 주행영역에 대한 조사를 실시하였다. 또한 제시된 값의 교통시설 설계 및 운영에 대한 활용방안을 제안하였다.

## II. 기존연구

### 1. 국내연구

국내의 자전거교통류의 기본특성에 관한 연구는 매우 제한적이다. 송창용(1994)은 성인과 어린이에 대한 오르막구간의 주행특성을 이용하여 오르막 구간의 기준을 제시한 바 있으며, 과천시(1994)에서는 자전거 도로 기본계획을 위한 자전거도로연구 및 기본계획에서 자전거도로의 현황과 도로망체계 등을 연구한 바 있다. 그리고 기타 자전거 교통시설에 대한 계획과

설계 등을 위한 기하구조적측면의 연구가 진행된 바 있다. 그러나 국내에서는 자전거 교통류의 기본특성에 대한 조사는 극히 드물다.

### 2. 국외연구

외국의 경우에도 자전거 교통류의 기본특성에 대한 조사는 그리 많지 않은 편이다. 외국의 경우 Botma와 Papendrecht(1991)는 네덜란드의 한 자전거도로를 대상으로 현장조사를 실시한 바 있는데 조사결과 2.5m 폭의 자전거도로의 용량은 대략 10,000bic/h로 추정되었다. 그러나 대상 자전거도로가 차선제약이 없는 도로였기 때문에 교통량과 속도의 관계를 정립할 수 없었다. 용량값에 대한 조사는 다수의 연구자에 의해 수행되었는데, Xu(1992) Lui(1991)은 중국의 상하이와 북경에서 용량을 조사하였는데 조사결과 용량은 2.5m 자전거도로에서 약 5200bic/h이며 이때의 자전거 속도는 15km/h이다. 이외에도 Navin과 Heys(1969)는 9000bic/h의 용량값을 제시하였으며, FHWA는 6500bic/h를 제시한 바 있다. 이와 같이 국외에서의 조사결과와는 그 조사값에 많은 차이를 보임을 알 수 있다.

### 3. 도로용량편람

자전거 도로와 관련된 1997년까지의 USHCM은 자전거 도로 중심의 분석보다는 자전거 교통량에 의한 차로의 서비스 수준 영향 분석 위주로 구성되어 있다. 또한 USHCM에서는 정립된 분석과정을 제시하기보다는 개략적으로 자전거교통량이 차량의 흐름에 얼마나 영향을 미치는가를 소개하고 있다.

2000년판 미국의 도로용량 편람은 이전까지의 차도위주의 분석과정에서 탈피하여 자전거 중심의 방법론을 제시하였고, 분석을 위해 자전거 이용시설을 연속류, 단속류로 나누어 구분하여 분석하였다.

단속류의 경우에는 차량교통류와 유사하게 자전거 교통류의 지체를 위주로 하여 서비스수준을 분석하고 있으며 이를 위해 기본 포화교통류율을 3600대/시로 제시하고 있다. 연속류의 경우 미국 도로용량편람은 용량 등의 자전거 교통류의 기본특성보다는 자전거가 주행시 겪게되는 상충회수를 기준으로 서비스 수준분석을 한다.

### III. 자전거 교통류의 기본특성조사 및 분석

#### 1. 자전거 교통류 특성

자전거 교통류의 경우, 차량교통류와 마찬가지로 기본적인 교통량-속도-밀도(점유공간)의 관계가 성립된다. 3가지 교통류특성의 관계를 정립하기 위해서는 실제 자전거도로상에서의 관찰을 통한 조사가 수반되어야 하나, 현재 설치 운영되어 있는 국내의 자전거도로는 자전거 이용자의 부족으로 다양한 자전거 교통량 조건을 관찰하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 기본적인 교통류특성의 관계는 test track을 이용하여 조사하였다.

##### 1) 실험설계

test track으로는 자전거 전용도로를 선정하였으며, 평탄한 직선 구간을 대상으로 test track으로 설정하였으며 안전한 실험주행조건을 구비하도록 비교적 자전거 이용자가 적은 시간대에 실험을 수행하였다. test track에서의 실험은 다음과 같이 진행된다.

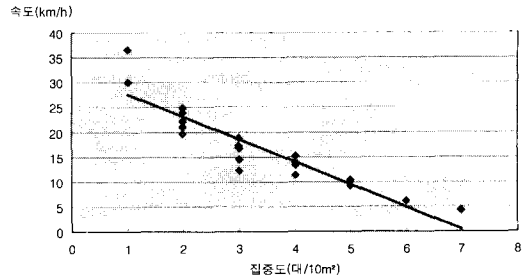
- ① 실험시작시 설정된 test track의 시작점에 자전거 운전자를 일렬로 정렬하여 대기한다.
- ② 실험이 시작되면, 자전거운전자 중 선행자는 실험설계에 의해 배정된 test speed 로 정속 주행한다.
- ③ 선행자를 뒤따르는 후행 주자들은 test speed를 인식하지 못한 채 출발하게 되며, 선행주자 뒤를 따라 선행주자의 속도를 유지하며, 안전하고 편안한 거리를 두고 주행하도록 한다.
- ④ 2분 정도의 주행을 하도록 하여 교통류를 안정화 시킨다.
- ⑤ 안정된 상태에서의 차두시간, 속도, 밀도를 기록한다.

실험을 위해 선행주자의 주행속도의 범위는 5km/h ~25km/h까지 5km/h 간격으로 증가하여 실시하였고 추가적으로 선두주자의 최고속도를 이용 실험하였다. test track의 자전거도로 폭은 1m~2.5m까지 50cm 간격으로 증가하여 실시하였다.

##### 2) 실험결과

###### ① 속도-밀도 관계

<그림 1>은 자전거 실험결과 속도-밀도 관계를 나타낸 것이다.



<그림 1> 자전거 속도-밀도 실험결과

그래프의 형태를 보면 밀도를 면적 당(10m<sup>2</sup>) 자전거 수로 표현했을 때, 속도가 증가함에 따라 밀도가 감소하는 것으로 나타나 속도가 약 30km/h일때부터는, 밀도가 1대/10m<sup>2</sup>에 이르러 자전거가 자유속도 또는 희망속도를 운행할 수 있는 밀도는 1대/10m<sup>2</sup>이며, 밀도가 7대/10m<sup>2</sup>일때는 자전거 속도가 4km/h 이하로 임계밀도에 가까워진다. 식(1)은 <그림 1>의 속도-밀도 관계를 나타낸 실험식이다.

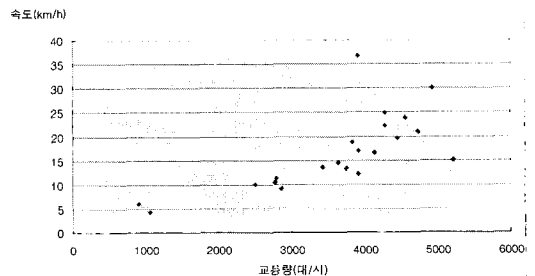
$$V = -3.72K + 28.47 \quad (1)$$

여기서 V : 속도(km/h)

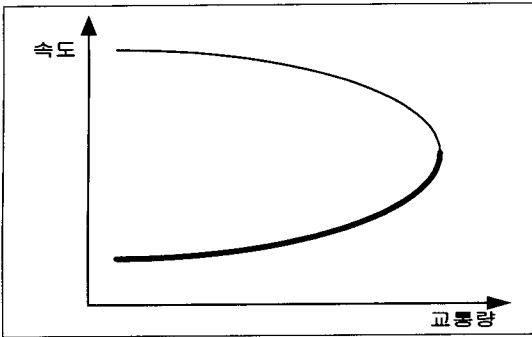
K : 밀도(대/10m<sup>2</sup>)

###### ② 교통량-속도 관계

<그림 2>에 의하면 자전거 속도는 교통량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여준다. 이와 같은 결과는 실험조건에 의한 것인데, 실험조건이 선행주자의 속도대로 후행주자들이 선행주자를 따라 주행하기 때문에 자전거 교통류는 자유로운 주행이 제약된 상태에서 주행하게 된다. 따라서, 실험에서 관측된 자전거 교통량-속도관계는 일반적인 차량의 교통량-속도



<그림 2> 자전거 교통량-속도 실험결과



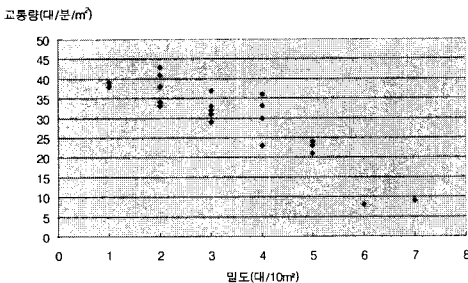
〈그림 3〉 차량교통류의 일반적인 교통량-속도 관계

관계에서 교통량이 혼잡 교통류상태의 범위를 관측한 것이 된다. 〈그림 2〉의 형태는 일반적인 차량의 교통량-속도 모형에서는 〈그림 3〉의 아래부분(굵은 선)만을 관측한 것이다. 이 부분은 차량교통류에서는 비안정류로 구분되고 명확하게 포물선의 형태를 관측하기 어려우나 실험 조사에서 자전거 교통류를 안정화시킨 후(일정 차두시간유지) 관측한 것이기 때문에 비교적 명확한 포물선의 형태를 유지한다. 〈그림 2〉에 의하면, 최대 관측 교통량은 약 5000 대/시가 되며 이때의 자전거속도는 약 23km/hr가 된다.

③ 교통량-밀도 관계

〈그림 4〉는 실험결과로 나타난 교통량-밀도 관계이다.

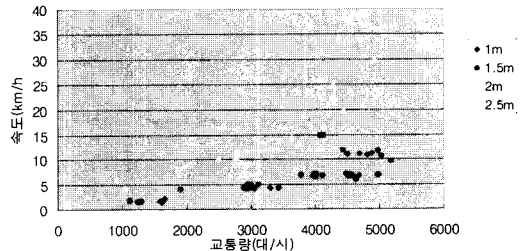
밀도가 증가할수록 교통량이 감소하는 경향을 나타내고 있는데 이것은 앞서 기술한 실험조건에 의해 차량이 자유류가 아닌 선행주자를 추종하는 형태의 강제 교통류상태임을 알수 있다. 실험 조건 하에서의 교통용량이 5000대/시에 이르는 것을 알수 있다.



〈그림 4〉 자전거 교통량-밀도 실험결과

④ 도로변화폭에 따른 속도-교통량 관계

〈그림 5〉에 나타난 바와 같이 도로폭 변화에 따른 속도-교통량 관계를 살펴보면 동일한 교통량에 대한 속도가 도로폭이 증가할수록 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히, 도로폭을 1.5m에서 2m로 증가시켰을 때의 속도변화가 가장 큰 것을 보인다. 따라서 1.5m에서 폭의 50cm 증가는 주행의 편리성을 크게 증가시키는 것으로 보이며, 도로폭이 1m에서 1.5m로 증가할 때와 2m에서 2.5m로 증가할 때의 속도 변화가 크지 않은데, 이는 폭 1m나 2m에서 50cm의 증가폭이 주행에 편리성을 크게 증가시키지 않기 때문인 것으로 판단된다. 또한 실험결과에 따르면 4가지 도로폭에 따른 최대 관측 교통량값은 차이를 나타내지 않고 다만 속도의 변화가 있는데, 그 이유는 실험조사에서 자전거 거간에 추월을 금지하였고, 단지 선두 자전거를 나머지 자전거들이 추종하는 형태를 가졌기 때문으로 판단된다.



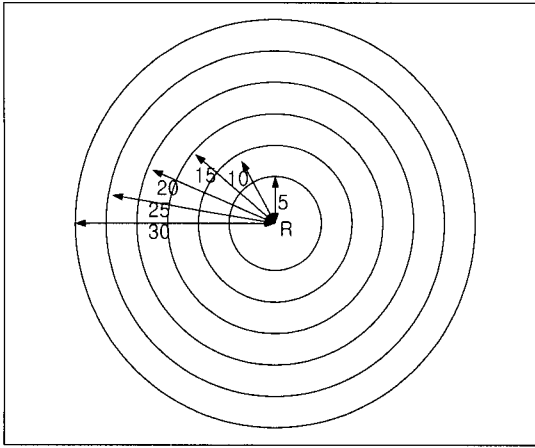
〈그림 5〉 도로폭 변화에 따른 속도-교통량관계

2. 곡선반경에 따른 자전거 속도변화

곡선반경에 따른 자전거 속도의 변화 정도를 관측하기 위해 test track을 설치하고 실험을 위한 곡선반경의 범위를 5m~30m까지 5m 간격으로 변화하여 실시하였다. 실험 대상자는 브레이크를 사용하지 않은 상태에서 곡선을 안전하고 편안한 상태에서 가장 빠른 속도로 주행토록 하여 곡선반경에 따른 속도의 변화를 측정하였다.

1) 실험방법

〈그림 6〉과 같은 동심원 모양의 주행차로를 설치하였으며, 도로폭 1m의 차로에 회전반경을 30m~5m까지 50cm 간격으로 설치하여 총 6가지 경우에 대한 자전거 속도의 변화를 측정하였다.

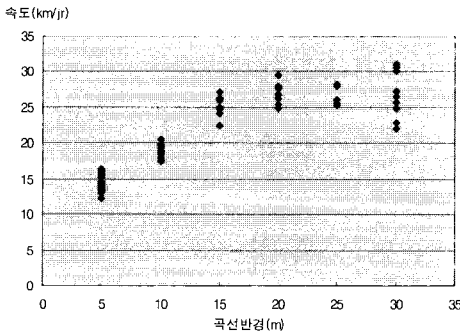


〈그림 6〉 곡선반경에 따른 속도변화 측정을 위한 test track R(m)=30,25,20,15,10,5

2) 실험결과

〈그림 7〉과 〈표 1〉은 곡선반경에 따른 주행속도변화의 실험결과이다.

〈표 1〉에서 보듯이 평균주행속도는 곡선반경이 증가할수록 증가하는 경향을 보인다. 평균 주행속도는 곡선반경 5m일 때, 14.15km/h에서 곡선반경 15m의 24.96km/h까지 증가하는데, 곡선반경이 20m~



〈그림 7〉 곡선반경과 주행속도 실험결과

〈표 1〉 곡선반경과 주행속도(평균 값)

곡선반경 (m)	평균주행속도(km/h)
5	14.45
10	18.72
15	24.96
20	26.81
25	26.82
30	26.76

〈표 2〉 자전거도로의 최소곡선반경

설계속도(km/hr)	최소곡선반경(m)
10	10
20	17
30	24

자전거 이용시설의 구조·설계기준에 관한 규칙

30m인 경우에는 평균 주행속도가 26.8km/h로 속도의 증가가 이루어지지 않음을 관찰할 수 있다.

자전거 이용시설의 구조·설계기준에 관한 규칙에 의한 자전거 도로의 최소곡선 반경은 〈표 2〉와 같은데 실험결과와 비교하면, 곡선반경이 10m인 경우 주행속도가 18.72km/hr, 15m에서 24.96km/hr이고 곡선반경이 20m이상인 경우 최대 곡선 주행속도에 이르므로 설계속도에 따른 최소곡선반경에 대한 현 기준은 적절한 것으로 보인다.

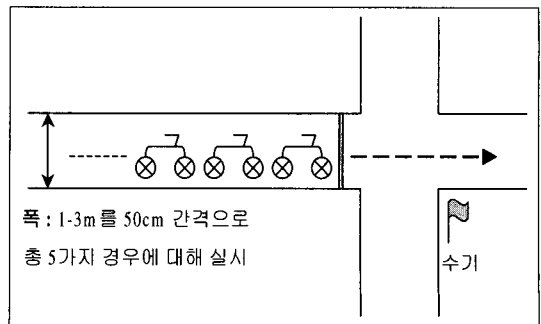
3. 자전거 포화교통용량

1) 실험방법

자전거 포화교통용량은 단속류상의 자전거도로의 서비스수준을 산정할 때 필요한 자료이며 현장 조사 시 발생할 수 있는 위험성을 고려하여 test track에서 실험하였다.

test track에 〈그림 8〉와 같이 가상의 교차로를 설치하고, 실험자를 교차로 정지선 뒤로 일렬로 정렬시킨후 수기의 신호를 실제 신호교차로에서의 녹색 신호등의 등화로 가정하여 수기 신호에 따라 정지선을 통과하는 자전거간 차두시간을 측정하였다.

자전거도로폭은 1m~3m의 범위를 가지면서 50cm 간격으로 증가시켜 총 5가지 폭에 대해, 도로폭에 따른 포화교통류를 산정하였다.

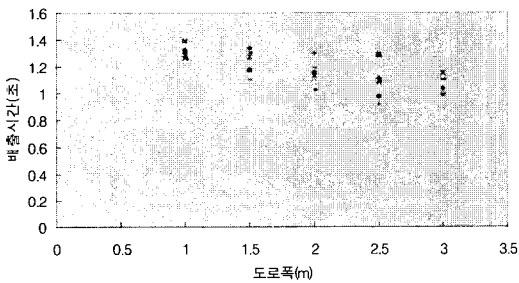


〈그림 8〉 실험을 위한 가상교차로

2) 분석결과

〈그림 9〉에서 평균 배출차두시간은 도로폭1m 일 때 1.31초로 가장 높은 값을 가지며, 폭이1.5m일 때, 1.21초, 폭이 2.0m일 때 1.14초, 폭이 2.5m 일 때 1.06초로 도로폭이 증가함에 따라 평균배출차두시간이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 폭이 3m인 경우에는 평균배출차두시간이 1.07초로 폭이2.5초인 경우와 유사한 값을 보인다. 이는 도로폭이 2.5m 이상인 경우에는 차로 내에서의 추월이 금지된 조건에서는 더 이상의 차두시간의 감소, 즉, 포화교통류율의 증가에 한계가 있는 것으로 판단되며, 따라서 최대의 포화교통류율은 도로폭이 2.5m인 경우에 3396대/시의 값을 갖는다.

관측자료가 아닌 실험을 감안하여 최고 포화교통류율의 90% 수준인 3000대/시로 포화교통류율을 제시하기로 하며 이에 따른 포화교통류율의 폭에 따른 보정계수를 산정하면 〈표 3〉과 같다.



〈그림 9〉 도로폭에 따른 배출차두시간

〈표 3〉 폭에 따른 평균 배출차두시간

도로폭(m)	평균배출차두 시간(초)	포화교통류율 (대/시)
1.0m	1.31	2,748
1.5m	1.21	2,975
2.0m	1.14	3,157
2.5m	1.06	3,396
3.0m	1.07	3,364

〈표 4〉 폭에 따른 포화교통류율 및 보정계수 제시값

도로폭(m)	포화교통류율 (대/시)	보정계수
1.0m	2400	0.80
1.5m	2610	0.87
2.0m	2760	0.92
2.5m	3000	1.0
3.0m	3000	1.0

미국 HCM(1980)의 경우에는 포화교통류율을 2600대/시로 이는 실험결과가 약 15% 큰 결과를 보인다.

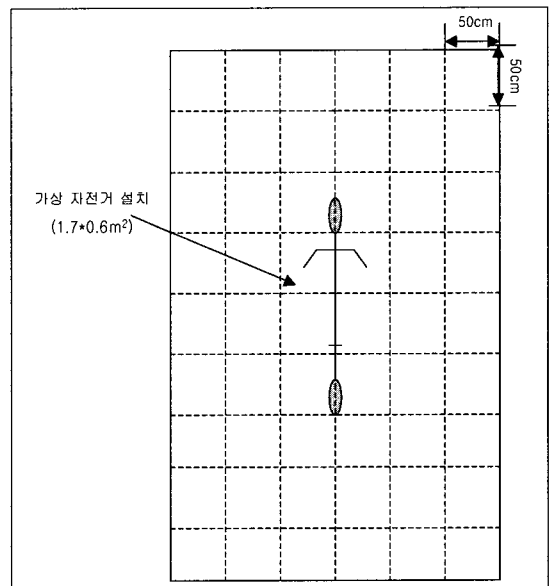
4. 자전거 운전자의 주행영역 조사

자전거가 주행 시 점유 할 수 있는 공간에 따라 자전거의 주행특성이 변하게 된다. 충분한 공간이 있는 경우 자전거는 자기의 희망속도를 유지하면서 주행계획적 급격한 변화 없이 원활히 주행하게 되며, 자전거의 점유공간이 적어 충돌에 가까운 상황이 되면 속도변화가 심하게 되거나 주행계획에 급격한 변화를 보이게 된다. 주행에 큰 변화 없이 원활하게 주행 할 수 있는 점유공간의 영역을 circulation zone, 충돌의 위험을 가지면서 급격한 변화를 보이는 점유공간의 영역을 collision zone이라고 한다. collision zone과 circulation zone 의 중간범위를 comfort zone이라 정의할 수 있다.

주행의 변화를 보이는 자전거 점유공간의 범위를 다음과 같은 실험을 통해 조사하였다.

1) 실험방법

공간이 충분한 도로에 〈그림 10〉와 같이 가상의 자전거를 설치한 후, 가상의 자전거 주변에 분석을 용이하도록 50cm×50cm 간격으로 색깔이 있는 테이프를 격자형으로 설치하여 자전거의 주행 궤적으로



〈그림 10〉 가상 자전거 설치 및 구분표시

관찰하기 용이하도록 하였으며 비디오 카메라를 높은 지역에 설치하여 가상자전거로 접근하는 자전거의 접근속도와 자전거 주변영역을 주행하는 자전거 궤적을 관측하였다.

자전거는 총 4가지(5,10,15,20km/h)의 주행속도로 주행시키고, 각각의 주행속도에 따라 2가지 경우로 가상 자전거를 주변을 통과하게 하였다.

- 첫번째 경우: 브레이크를 작동하지 않은 상태로 통과하는 경우
- 두번째 경우: 가상 자전거 앞에서 브레이크작동을 하며 통과하는 경우

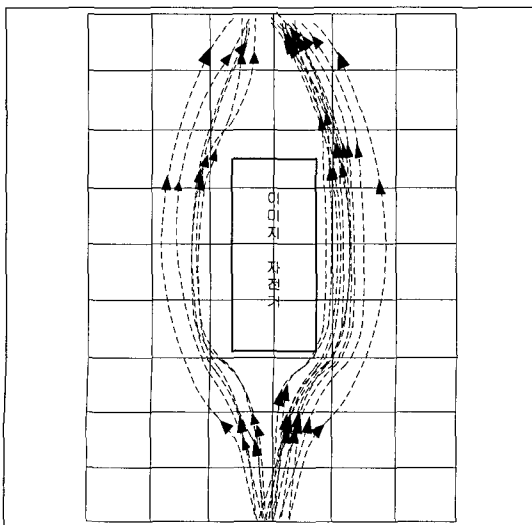
자전거 운전자는 가상 자전거 설치 지점에서 충분히 먼 거리(가상자전거 전방 100m 지점)에서 대기하고 있다가 출발함으로써 각 주행속도를 충분히 발휘할 수 있도록 한다.

또한, 각각의 자전거 주행궤적을 측정하기 위해서 각각의 자전거는 충분한 시간간격을 두고 출발시킨다.

2) 분석결과

다음 <그림 11>는 조사를 통해 나타난 자전거의 주행궤적을 도시한 것이다.

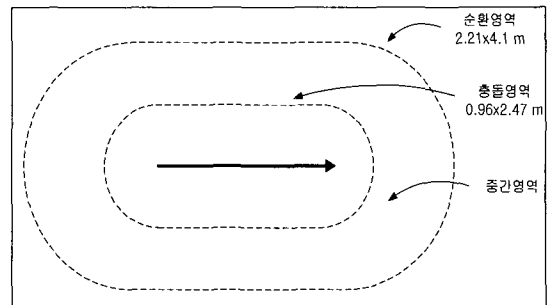
실험에 조사결과로 자전거 운전자들은 속도 및 주행궤적에 급격한 변화가 없이 원활히 가상자전거를 피해가는 경우와 가상자전거를 피하기위해 급격한 주



<그림 11> 자전거의 주행궤적

행궤적을 변화를 일으키거나 급격한 속도변화를 필요로 하는 두 가지 경우가 발생한다. 첫 번째의 경우, 급격한 변화없이 원활한 주행을 위해 자전거이용자가 필요한 면적은  $2.21m \times 4.1m (9.06m^2)$  이상이며, 주행 시 급격한 속도변화나 주행궤적의 변화가 필요한 면적은  $0.96m \times 2.47m (2.37m^2)$  이하이다. 위의 두 개의 영역을 순환영역, 상충영역으로 그 중간범위를 중간영역으로 분류 할 수 있다.

따라서 점유공간을 기준으로 볼 때, 자전거 운전자들은 자전거 당  $9.06m^2$  이상의 면적을 차지 할 때 가장 편안한 상태에서 주행이 가능하며,  $2.37m^2$  이하일 때, 충돌의 위험을 느끼는 가장 불안한 상태로 운전하게 된다.



<그림 12> 자전거 주행영역

IV. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 다양한 실험 조사와 실제 자전거 이용도가 높은 지역에서의 현장 조사를 통해 자전거 교통류의 기본특성에 대해서 알아보았다.

본 연구의 조사대상으로는 자전거 교통류의 가장 기본이 되는 연속류 상태에서의 속도-밀도-교통량의 관계와 용량값, 단속류 상태에서의 포화교통류율을 제시하고자 하였으며, 곡선 반경에 따른 속도의 변화에 대한 조사와 자전거의 주행영역에 대한 조사도 실시하였다. 조사결과 연속류 시설의 경우 실험조건하에서의 교통용량은 약 5000대/시/차로로 나타났으며, 단속류 시설의 경우 포화교통류율은 실험조건하에서 약 3000대/시/차로의 값을 보였다. 곡선을 주행하는 자전거의 경우 반경이 증가할수록 속도의 증가가 발생하나 반경이 20m를 기준으로 반경의 증가 여부에 상관없이 자전거의 속도는 더 이상 증가하지 않음을 보여주었다. 자전거 운전자의 주행 영역은 자

전거가 통행시 자전거 당 차지할 수 있는 면적에 따른 주행의 용이성을 표시한 것으로 점유면적이 0.96m×2.47m 이하일 경우 자전거 운전자는 충돌의 위험을 느끼게 되며, 2.21m×4.1m 이상일 경우에는 쾌적한 상태에서의 통행이 가능한 것으로 조사되었다. 본 연구의 조사 결과를 이용하여 현재 자전거도로의 최소 곡선반경에 대한 적정성을 검토하였고, 차로폭에 따른 포화교통류의 보정값을 제시하고자 하였다. 또한 주행영역조사를 통해 자전거의 평균 점유면적별 주행성을 제시하였다.

본 연구는 자전거도로에 대한 실험조건하에서의 자전거 교통류의 특성을 파악함으로써 현장조사에서 발생할 수 있는 교통류특성을 포함하지 못하는 한계점을 가지고 있다. 따라서 향후에는 현장조사를 통해 자전거도로의 교통특성을 분석함으로써 실험조건하에서의 결과를 보완하도록 해야 한다. 또한 본 연구에서 실시한 실험조건이외에 양방향통행 및 보행자 겸용도로 등의 다양한 조건에서의 조사가 보완되어야 한다.

## 참고문헌

1. 건설부(1992), 도로용량편람.
2. 파천시(1994), 자전거도로 연구 및 기본계획.
3. 서울시정개발연구원(1994), 일본의 자전거도로 설계기준.
4. 서울시정개발연구원(1994), 독일의 자전거 도로 설계기준.
5. 건설교통부(1995), 자전거 이용시설의 구조·설계 기준에 관한 규칙.
6. 송창용·장명순·하동익(1994), "자전거도로의 구배설계기준에 관한 연구", 대한교통학회지, 제12권 제4호, 대한교통학회, pp.21~33.
7. TRB(1997), Highway Capacity Manual, Special Report.
8. FHWA(1997), Bike Criteria.
9. Hein Botma(1995), Method to Determine Level of Service for Bicycle Paths and Pedestrian-Bicycle Paths, Transportation Research Record 1502.
10. D. Patrick Allen, Nagui Roupail, Joseph E. Hummer, And Joseph S. Milazzo II(1998), Operational Analysis of Uninterrupted Bicycle Facilities, Transportation Research Record 1636.
11. Botma, H. and H. Papendrecht(1991), Traffic Operation of Bicycle Traffic. Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C.
12. Navin, F.P.D. and R. Heyes(1976), Geometric Designs of Bicycle Pathways. Transportation Series No.10. Vancouver, B.C.
13. Federal Highway Administration(1974), Bikeways - State of the Art.
14. Xu, K-M(1992), Non-Motorized transport in Shanghai. Washington, D.C. ASTIN, The World Bank.
15. Lui, Y.(1991), The Capacity of Highway with Mixture of Bicycle Interchanges on Beijing, China, Transportation Research Board, Washington.

✉ 주 작 성 자 : 손영태

✉ 논문투고일 : 2002. 12. 31

논문심사일 : 2002. 3. 4 (1차)

2002. 8. 1 (2차)

2002. 8. 2 (3차)

심사판정일 : 2002. 8. 2

✉ 반론접수기간 : 2002. 12. 31