

토지이용을 고려한 자전거도로 설계대안의 개발

Developing Bike Road Design Alternatives Considering Land Use Characteristics

강 경 미 Kang, Kyeong Mi
김 응 철 Kim, Eung Cheol

한국교통연구원 교통투자분석센터 연구원 (E-mail : kkangderella@naver.com)
정희원 · 인천대학교 도시환경공학부 건설환경공학과 부교수 · 교신저자 (E-mail : eckim@incheon.ac.kr)

ABSTRACT

The Korean government recently has focused on variety of policies to promote the use of bikes to control the emission of carbon. However, bike facilities with no regard to the safety and comfort of bike drivers has made inefficient bike roads. Also, the accidents related to bikes have increased rapidly. This study proposes the proper types of the bike roads considering land use and bike driver characteristics. The elements classifying the bike driver characteristics are driven through oneway ANOVA and cluster analysis. It is found that the types of the bike roads can be classified by the ratio of child and elderly bikers and the ratio of heavy trucks. Also, the each type is characterized by the land use types such as residential, commercial and industrial areas through cluster analysis. According to the results of the cluster analysis, installation of bike roads in residential area needs to consider convenience and safety simultaneously. It is also found that convenience should be the most considerable factor in commercial area. Lastly, safety should be considered in industrial area. Recommended methodology and bike road type based on the land use and bike driver's characteristics can be useful to develop bike-friendly environments and increase mode share of bikes.

KEYWORDS

bike, bike roads, land use, cluster analysis

요지

교통부문의 탄소배출량을 감소하기 위하여 지난 몇 년간 정부는 선진국과 함께 자전거 이용 활성화를 위한 다양한 정책을 펼쳐왔다. 그러나 주변 환경에 대한 분석은 실시되지 않은 채 물리적인 조건만을 고려한 자전거도로의 설치에 미비한 자전거 이용률의 증가뿐만 아니라 무리한 자전거전용도로의 확장으로 자동차 운전자와의 마찰을 발생시켰다. 또한 자전거 이용자의 안전성 또한 보장하고 있지 않아 관련 교통사고는 급격히 증가하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이를 개선하고자 주변 토지이용 및 자전거 운전자를 고려하여 해당 지역에 적절한 자전거도로가 설치될 수 있도록 하는 대안을 제시하고자 한다. 이를 위하여 토지이용(주거/상업/공업 지역)에 따라 다르게 나타나는 요소를 일원배치 분산분석을 통하여 도출하였으며, 군집 분석으로 그 특성을 그룹화하고 각 유형의 특성에 적합한 자전거도로의 형태를 가로와 교차도로로 구분하여 제안하였다. 분석결과, 토지이용의 특성은 어린이/노인 비율 및 화물차종구성비에 따라 구분되었으며, 이들 특성에 의하여 주거지역은 편의성과 안전성이 동시에 고려된 자전거도로를, 상업지역은 편의성을, 공업지역은 무엇보다 안전성을 고려한 자전거도로의 형태를 제시하였다. 이는 향후 자전거도로의 안전성을 높이고 효율적인 자전거 이용 환경을 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어

자전거, 자전거도로, 토지이용, 군집분석

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

지속적인 화석연료의 사용은 에너지 고갈의 문제뿐만 아니라 지구 내 이산화탄소의 농도를 높임으로써 잦은 기상이변, 북극의 이상고온현상, 대륙의 사막화현상을

가속화 시켰다. 이는 생태계를 교란시킬 뿐만 아니라 인간의 건강까지 위협하고 있어 선진국은 물론 우리나라에서도 지구 온난화 현상을 완화하기 위한 다양한 시도를 모색하고 있다.

교통부문의 온실가스 총 배출량의 약 17%를 차지하고

있으며, 즉각적 감축효과가 발생하기 때문에 온실가스 배출 저감을 위한 중요한 역할을 맡고 있다. 이에 선진국에서는 일찍이 녹색교통수단인 자전거 이용의 활성화를 위하여 적극적인 노력을 기울이고 있다. 우리나라도 '저탄소 녹색성장'이라는 기조 아래 자전거 이용 문화 확산을 위하여 지난 몇 년간 자전거도로, 자전거 주차장, 공유자전거 등 자전거관련 시설의 설치를 확대해 왔다. 이에 따라 자전거의 이용자가 증가하고는 있으나 자전거 교통사고 또한 2005년 기준, 929건에서 2009년 기준, 2,639건으로 지난 4년간 약 2.9배 급증하면서 관련 문제점이 대두되고 있다. 이는 현재 국내 자전거 이용 환경이 자전거 운전자에 대한 안전성을 보장하고 있지 않음을 시사한다. 특히, 교차로에서의 자전거 관련 교통사고의 비중이 높은 만큼 안전한 자전거 횡단도의 설치가 중요하다. 그러나 현재 자전거 횡단도는 설치되어 있지 않거나 이용할 수 없도록 설치되어 있어 보행자와의 상충을 야기하고 연속성을 떨어뜨리고 있다. 그러나 현재 자전거 이용 시설의 설치 지침은 관련 내용을 포함하고 있지 않아 각 지자체에서는 개별적 자전거도로 설치 지침을 가지고 시설정비에 나서고 있어 그 문제점이 가중되고 있는 실정이다. 그 뿐만 아니라 제한속도가 높거나 화물차량의 통행이 빈번한 곳임에도 불구하고 자전거와 차량 간의 충분한 안전거리를 확보하지 못하는 자전거도로 또는 교통사고 발생 시 부상 및 사망에 취약한 어린이 및 노인의 통행을 고려하지 못한 자전거도로의 설치 등 주변 환경을 고려하지 않은 자전거도로의 설치가 빈번히 발생하고 있다. 이러한 문제점이 해결되지 않는다면 1.2%에 불과한 현재의 자전거수단분담률을 20%까지 (2020년 기준) 끌어올리고자하는 정부의 목표는 달성하기 어려울 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 주변환경을 고려하지 못하고 현실 적용이 어려운 현재의 자전거도로의 설치 기준을 개선하고자 주거지역, 상업지역 및 공업지역과 같은 토지용도에 따라 다르게 나타나는 특성을 구분하고 이에 근거하여 적합한 자전거도로의 형태를 제시하고자 한다. 이는 향후 안전하고 효율적인 자전거도로가 설치되도록 유도하고 궁극적으로는 자전거 이용률을 향상시킬 것으로 기대된다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

현재 국내에 설치되고 있는 자전거도로는 자전거전용도로, 자전거보행자겸용도로, 자전거전용차로로 구분되며, 자전거 선진국인 네덜란드, 독일, 일본 등과 같은 경

우에는 자동차 규제를 통하여 자전거노선, 자전거우선가로 등과 같은 다양한 형태를 운영하고 있다. 그러나 우리나라는 선진국과는 다른 도로 및 교통조건을 가지고 있을 뿐만 아니라 자전거이용에 대한 인식이 낮아 선진국과 같이 자동차규제를 통한 자전거 이용을 장려하기에는 아직까지 많은 제약이 따른다. 따라서 본 연구에서는 이러한 국내 현실을 고려하여 현재 적용가능한 자전거도로의 형태를 제안하는 것으로 범위를 두었다.

토지용도에 따라 적합한 자전거도로의 형태를 제시하고자 현재의 자전거도로 설치 기준에 대한 분석을 실시하였으며, 자전거도로 형태 결정시 고려해야할 요소를 도출하기 위하여 일원배치 분산분석을 실시하였다. 이때, 인천시를 공간적 범위로 하여 가로 및 교차로에 대하여 교통량, 화물차종구성비, 차로수, 제한속도, 어린이/노인 비율 등에 대한 자료를 수집하여 이용하였다. 이러한 일원배치 분산분석 결과를 기초로 군집분석을 실시하였으며, 그룹화된 각 군집의 특성을 고려하여 적합한 자전거도로의 형태를 제시하였다.

2. 설치기준 및 선행연구 고찰

2.1. 설치기준 분석

자전거 이용활성화를 위하여 정부는 1995년 「자전거 이용 활성화에 관한 법률」을 제정하였다. 이에 의하면 '자전거'는 사람의 힘으로 페달 또는 손페달을 사용하여 움직이는 구동장치와 조향장치, 제동장치가 있는 두 바퀴 이상의 차로 규정되어있으며, '자전거도로'는 「도로교통법」에 의하여 안전표지, 위험방지용 울타리나 그와 비슷한 공작물로써 경계를 표시하여 자전거의 이동시 사용하도록 한 도로이며, '자전거횡단도'는 자전거가 일반도로를 횡단할 수 있도록 안전표시로써 표시된 도로의 부분으로 정의되고 있다.

자전거도로는 2009년 12월 개정된 「자전거이용 활성화에 관한 법률」에 의하면 자전거전용도로, 자전거보행자겸용도로, 자전거전용차로로 그 유형이 구분되고 있다. 각 자전거도로의 정의는 다음과 같으며, 그림 1은 상주시의 자전거전용도로, 그림 2는 대전시의 자전거보행자겸용도로, 그림 3은 창원시의 자전거전용차로, 그림 4는 인천시의 자전거횡단도로 각 설치 사례를 나타내고 있다.

- 자전거전용도로: 자전거만이 통행할 수 있도록 분리대, 연석, 기타 유사시설물에 의하여 차도 및 보도와 구분하여 설치된 자전거도로

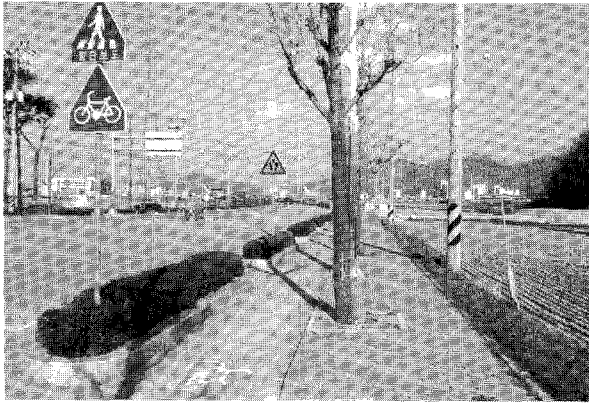


그림 1. 자전거전용도로



그림 2. 자전거보행자겸용도로

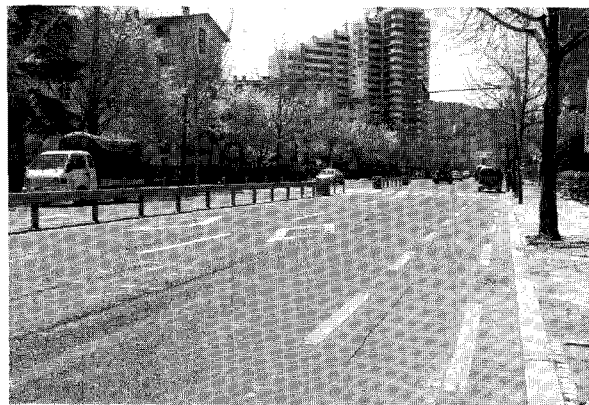


그림 3. 자전거전용차로



그림 4. 자전거횡단도

- 자전거보행자겸용도로: 자전거 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분리대, 연석, 기타 이와 유사한 시설물에 의하여 차도와 구분하거나 별도로 설치된 자전거도로
- 자전거전용차로: 다른 차와 도로를 공유하면서 안전표지나 노면표시 등으로 자전거 통행구간을 구분한 차로

「자전거 이용시설의 구조·시설기준에 관한 규칙」은 「자전거이용 활성화에 관한 법률」과 함께 제정되어 자전거도로 설치 시 적용하도록 하였다. 그러나 본 규칙은 설계속도, 폭, 포장 및 배수 등의 단순한 내용으로 구성되어 있어 실제 적용하기에는 곤란한 문제점을 가지고 있다. 그 결과, 각 지자체는 개별적 자전거도로 설계기준을 만들어 이를 적용하였다. 이로 인하여 각 도시마다 다양한 자전거도로의 유형, 포장색상, 표지판 등이 나타나기 시작하였다. 이러한 문제점을 해결하고 국가적 차원의 통일된 설계기준을 제시하고자 행정안전부 및 국토해양부는 2010년 7월 「자전거이용시설 설치 및 관리지침」을 새롭게 발표하여 세부적 설치 기준을 제시하였다. 특히, 자전거도로의 폭은 종전 1.1m(일방향)인 것을 1.5m(일방향)로 확보하도록 하였으며, 자전거도로의 유형에 따라 도시지역, 지방지역, 공원 및 하천으로 지역을 세분화하여 각 횡단구성을 나타내었다. 또한 자전거전용도로 및 자전거전용차로 계획 시 제한속도에 따라 분리공간을 다음 표 1과 같이 최초 제시하였다. 자전거 횡단도는 보행자가 많은 교차로에서는 보행자와의 상충을 피하기 위하여 교차로 다음에 자전거횡단도, 보행자 횡단도 순으로 설치하도록 권고하고 있으나 구체적인 설치기준은 명시되어 있지 않다.

표 1. 자전거도로 유형에 따른 분리공간 설치기준

구분	제한속도	분리공간
자전거전용도로 분리대	60km/h 이하	0.5m
	60km/h 초과	1.0m
자전거전용차로 분리공간	50km/h 이하	0.2m
	60km/h 이하	0.5m

2.2. 선행연구 고찰

현재 국내 자전거도로는 자전거보행자겸용도로가 대부분이나 자전거의 이용 증진을 위해서는 자전거전용도로 확충의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 자전거전용도로의 필요성은 자전거 이용에 관한 실태조사를 실시

한 김영주(2009)의 연구에 잘 나타나 있다. '자전거도로가 위험하다'의 응답비율이 45.2%, '자전거도로의 연결성이 필요하다'의 응답비율이 87.3%로 나타나 자전거 운전자들이 안전성과 주행성이 결여된 자전거 이용 환경에 대한 문제점을 인식하고 있으며, 이러한 문제점의 해결방안으로는 자전거전용도로의 설치를 들고 있다. 환경부·한국환경정책평가연구원·한국교통연구원(2007)의 연구에서도 이와 유사한 결과를 찾아볼 수 있다. 자전거 이용자의 49%가 자전거전용도로의 부족(32.7%), 자전거도로의 단절(21.0%), 좁은 자전거도로 폭(11.4%) 등으로 인하여 자전거 이용 환경에 '약간 불만족스럽다'고 답하였다. 또한 보행자와의 충돌(34.3%), 자전거도로의 단절(18.2%) 등의 이유로 자전거 이용이 위험하다고 느끼고 있음을 나타내고 있다. 마찬가지로 자전거도로의 사고 예방 방안에 대하여 68.3%의 응답자가 자전거전용도로의 확대 설치에 답하였다. 이렇듯 자전거 이용자 및 비이용자는 친 자전거환경 구축을 위해서는 무엇보다 안전성과 주행성이 보장된 자전거전용도로 설치의 필요성을 제기하고 있다.

이와 같이 국내의 자전거이용활성화를 위하여 무엇보다 안전성이 보장된 자전거도로의 정비 및 관련 인프라의 구축이 절실히 되고 있다. 그러나 단기간에 걸친 각 지자체의 시설 공급은 안전성, 연결성, 주행성 등을 저해하는 자전거도로를 구축하였고, 관련 교통사고는 오히려 증가하였다. 또한 교차로에서는 자전거횡단도의 미설치로 전체 자전거도로의 연속성을 떨어뜨리고 보행자와의 상충을 유발하였다.

몇몇의 연구에서는 이러한 자전거횡단도 설치의 중요성을 상기시키고 있다. 그 중 박병호(1997)는 일찍이 자전거도로의 유형과 설치 여건을 분석하여 유형별 설계방법 및 적용방안을 제시하였다. 이때, 교차로의 진출입시 가장 많은 교통사고가 발생하고 있음을 고려하여 무엇보다 교차로를 보다 안전하게 하는 대책과 병행하여 자전거도로를 설계해야 할 것을 강조하였다. 또한 자전거전용도로 네트 탐색 및 설계지침 연구(2005)에서는 교차로에서의 자전거도로 설치의 자전거 이용자의 안전성 확보를 위해 시인성뿐만 아니라 자동차 이용공간 및 보행자 공간으로부터 명확하게 분리될 필요가 있음을 밝혔다.

오수보(2006)는 자전거횡단도는 자전거 이용자 편의 및 안전을 확보하기 위한 중요한 시설임을 주장하였다. 그러나 특정 노선에 집중적으로 설치되어 있거나 연석에 의해 막혀 있는 경우, 노면표시가 없는 경우 등 그 관

리조차 제대로 되어 있지 않고 있음을 지적하였다.

이처럼 자전거횡단도는 중요한 시설물 중 하나임을 인지하고 있음에도 불구하고 구체적 설치 방안에 대한 논의는 활발히 이루어 지지 않고 있다. 반면 가로상의 자전거도로의 유형결정, 설계안 등에 대한 논의는 꾸준히 진행되어 왔다.

건설교통부(2006)는 구축된 자전거도로의 문제점을 개선하기 위하여 자전거 이용 실태조사 및 환경조사를 실시하였다. 이를 통하여 다각도로 문제점을 지적하고 제도적, 시설적 측면의 개선방안을 도출하였다. 시설적 측면의 개선방안에서는 자전거 도로망을 구축하는데 있어서 유기적 연결이 되도록 설치함을 원칙으로 세우고 교통현황, 토지이용현황, 지형형태, 관련시설의 상황, 계획교통량 등을 감안한 계획이 이루어지도록 설계할 것을 권고하였다.

크게 기존도로에서의 보도폭별 정비 방안과 도시계획시 자전거도로 계획 방안으로 구분하여 단면도로 나타내었다. 또한 문제점을 개선한 자전거 도로 구조·시설 기준에 따른 정비기준을 항목별로 정리 및 제시하였다. 자전거전용도로 네트 탐색 및 설계지침 연구(2005)에서는 도시 내 다양한 구조물이 존재함에도 불구하고 동일한 설계기준을 적용하여 설치중인 자전거전용도로의 문제점을 지적하고 있으며, 현장조사 및 외국의 설계기준을 참조하여 자전거도로 설계기준을 정립하였다. 이때, 다음 표 2와 같은 자전거도로의 통행방식과 기능을 고려하여 적합한 설계유형을 제시하였다.

표 2. 용도지역별 분석대상 선정 결과

구분	설명	
결정 기준	교통	자동차 운행속도, 교통량 등
	토지	모든 토지이용 요구를 고려할 때 차도 및 차도변의 토지활용 가능성
평가 기준	교차로	교차로 형태와 교통량 그리고 인접대지의 진입가능성
	주변환경	주변 토지이용 유형과 밀도
기타 기준	자전거통행량	자전거 이용자 특성
	애로구간선형	도로상 지상물, 지하로 주행구간 또는 교량, 건물, 버스정류장, 교차로 진입표지판 등
	도로경사	경사도에 따른 상이한 통행방식 적용
	버스운행구간	버스전용차로의 자전거통행 여부
지역특성 및 사고	해당 통행권역 규모, 자전거 통행량 비율 등	

과거에는 앞서 언급한 연구들과 같이 공간적 여건을 주로 고려한 자전거전용도로 설치에 관한 연구가 주를 이루었다면 최근에 들어서는 다음 연구와 같은 자동차

교통량 및 속도, 도로 및 교차로 환경을 고려하여 자전거도로 유형이 결정될 수 있도록 하려는 움직임을 보이고 있다.

신희철(2009)은 인프라 구축 관점에서 자전거 교통량이 많거나 자동차 속도가 높은 경우 자전거전용도로를 만들어야 하며, 그 기준은 자동차 교통량이 8,000대/일 이상이거나 자동차의 누적 통행속도의 85%가 70km/h 이상이면 입체분리형 자전거전용도로 설치하며, 자동차 교통량이 8,000대/일 이하이며, 자동차 누적 주행속도의 85%가 70km/h 이하인 경우 자전거전용차로를 설치할 수 있다고 제시하였고 각 해당 유형별 설치 방안을 나타내었다.

또한 지역이용을 고려한 자전거도로의 유형을 결정한 변완희(2010)의 연구도 있다. 이 연구에서는 초등학교, 고등학교, 대학교, 단독/연립, 아파트, 상업시설, 근린생활시설 등 6개의 토지이용 시설에 대하여 연령대, 보행자군, 통행목적, 임시 주정차수를 조사하여 토지이용 시설에 따라 그 특성이 다름을 밝혔다. 이는 연령층, 목적, 보행군, 행동특성이 다르게 나타나는 토지이용에 따라 자전거도로의 유형을 결정함으로써 획일화된 자전거전용도로 적용의 문제점을 해결하고자 하였다.

3. 자료의 수집 및 분석

3.1. 자료 수집

용도지역별 가로 및 교차로의 자료 수집을 위하여 본 연구에서는 인천광역시를 공간적 범위로 가로 74개, 교차로 50개를 선정하였다. 선정된 각 대상은 도시관리계획 총괄도에 의하여 다음 표 3과 같이 주거지역, 상업지역 및 공업지역으로 구분하였다.

이때, 자료 수집 항목은 가로의 경우에는 일교통량(대), 차로 수, 제한속도(km/h), 어린이/노인 비율(%), 화물차종구성비(%)의 자료를, 교차로에 대해서는 주도로의

표 3. 용도지역별 분석대상 선정 결과

구 분		가로 (개)	교차로 (개)	
합 계		74	50	
주거지역		13	11	
상업지역		14	7	
공업지역		10	5	
용도 지역	복합 지역	주거/상업	30	20
		주거/공업	5	2
		상업/공업	2	3
		주거/상업/공업	0	2

왕복차로 수 및 제한속도(km/h), 어린이/노인 비율(%), 화물차종구성비(%)로 자료를 구성하였다. 이는 현장조사와 더불어 인천시통계연보(2010), 도시교통기초조사(2010) 등에 기초하여 데이터를 구축하였다. 이때, 화물차종은 중형화물차 이상의 차종으로 정의하였으며, 어린이는 14세 이하, 노인은 65세 이상으로 구분하였다.

수집된 자료를 이용하여 용도지역별 특성을 구분하는 요인을 도출하기 위한 일원배치 분산분석을 수행하였으며, 그 결과를 토대로 군집분석을 실시하였다.

3.2. 일원배치 분산분석 수행 및 결과

교차로 및 가로의 수집된 각 데이터가 주변 토지용도에 따라 다른 특성을 가지는 것을 증명하기 위하여 통계 패키지 프로그램인 SPSS 18.0을 이용하여 일원배치 분산분석을 실시하였다. 이때 복합지역을 제외한 순수 주거지역, 상업지역, 공업지역을 대상으로 가로 및 교차로에 대해 분석하였다.

분석결과는 표 4 및 표 5에 나타내었으며, 95% 유의수준에서 가로의 경우에는 어린이/노인 비율과 화물차종구성비의 유의확률이 0.05보다 작게 나타나 이 두 항목에 대해서 용도지역별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 반면 일교통량, 차로 수, 차로당 교통량, 제한속도 등은 용도지역별로 차이가 없는 것으로 나타났다. 교차로에서도 가로와 마찬가지로 어린이/노인 비율과 화물

표 4. 가로의 일원배치 분산분석 결과

구 분	제곱합	df	평균 제곱	거짓	유의확률	
일 교통량 (대)	집단간	610151932.248	2	305075966.124	1.558	0.225
	집단내	6656661178.02	34	195784152.295		
	합계	7266813110.27	36			
차로수	집단간	6.376	2	3.188	1.481	0.242
	집단내	73.191	34	2.153		
	합계	79.568	36			
차로당 교통량 (대/차로)	집단간	5062383.499	2	2531191.750	0.611	0.548
	집단내	140753063.798	34	4139795.994		
	합계	145815447.297	36			
제한 속도 (km/h)	집단간	83.671	2	41.835	0.443	0.646
	집단내	3213.626	34	94.518		
	합계	3297.297	36			
어린이/노인 비율 (%)	집단간	1257.036	2	628.518	224.201	0.000
	집단내	95.315	34	2.803		
	합계	1352.351	36			
화물차종구성비 (%)	집단간	333.100	2	166.550	41.921	0.000
	집단내	135.079	34	3.973		
	합계	468.179	36			

표 5. 교차로의 일원배치 분산분석 결과

구 분		제곱합	df	평균 제곱	거짓	유의 확률
주도로 왕복차로수	집단간	3.961	2	1.981	0.828	0.452
	집단내	47.865	20	2.393		
	합계	51.826	22			
주도로 제한속도 (km/h)	집단간	56.201	2	28.101	0.265	0.770
	집단내	2121.538	20	106.077		
	합계	2177.739	22			
어린이/노인비율 (%)	집단간	901.341	2	450.670	154.948	0.000
	집단내	58.171	20	2.909		
	합계	959.511	22			
화물차종 구성비 (%)	집단간	60.775	2	30.387	9.184	0.001
	집단내	66.172	20	3.309		
	합계	126.947	22			

차종구성비의 유의확률은 0.05보다 작게 나타나 용도 지역별로 차이가 있음을 알 수 있었다.

3.3. 군집분석 수행 및 결과

앞서 일원배치 분산분석을 통하여 용도지역에 따라 화물차종구성비 및 어린이/노인 비율에 의하여 다른 특성을 가지는 것을 밝혔다. 이를 토대로 비슷한 특성을 가진 그룹을 형성하는 군집분석을 실시하였다. 군집분석은 계층적 군집분석법을 이용하였으며, 모든 가로 및 교차로를 대상으로 하였다. 군집 수가 3개일 때, 가로에 대한 군집분석 결과는 다음 표 6과 같이 나타났다. 군집 1은 화물차종구성비가 5% 미만, 어린이/노인 비율이 20% 이상으로 대부분의 주거지역이 포함되어있다. 일부 공업지역이 포함되고 있기는 하나 군집 1에 포함된 공업지역의 화물차종구성비는 5% 이상으로 높다. 군집 2는 화물차종구성비가 2% 정도로 낮고 어린이/노인 비율 역시 다른 군집에 비해 낮은 지역으로 상업지역이 여기에 포함된다. 군집 3의 경우에는 화물차종구성비가 10% 정도로 높고, 어린이/노인 비율도 20% 이상인 지역인 공업지역으로 구성되어있다.

교차로에 대한 군집분석결과는 표 7과 같이 나타났다. 군집 1은 화물차종구성비가 5% 미만, 어린이/노인 비율이 20% 미만인 상업지역, 군집 2는 공업지역이 대부분 포함되어 화물차종구성비는 5% 이상, 어린이/노인 비율은 26.0%로 높은 특성을 가진다. 군집 3은 주거지역이 대부분 포함되었으며 화물차종구성비는 5% 미만으로 낮으나 어린이/노인 비율이 20% 이상으로 높은 특성을 가진다. 복합지역의 가로 및 교차로는 조금 더 큰 특성을 가진 지역 쪽으로 군집이 형성되었다.

표 6. 가로의 군집분석 결과

구 분	군집 1		군집 2		군집 3		
	화물차종 구성비	어린이/노인비율	화물차종 구성비	어린이/노인비율	화물차종 구성비	어린이/노인비율	
합계	N	19	19	48	48	7	7
	평균	3.2353	24.6289	1.9856	14.0735	10.2257	21.3700
주거	N	12	12			1	1
	평균	2.8392	25.2650			8.7800	25.0200
상업	N			14	14		
	평균			1.0186	11.9464		
공업	N	3	3	1	1	6	6
	평균	6.1967	23.5067	3.6800	18.1900	10.4667	20.7617
주거 상업	N			30	30		
	평균			2.2830	14.6017		
주거 공업	N	4	4	1	1		
	평균	2.2025	23.5625	2.1400	21.0900		
상업 공업	N			2	2		
	평균			3.3700	15.4750		

표 7. 교차로의 군집분석 결과

구 분	군집 1		군집 2		군집 3		
	화물차종 구성비	어린이/노인비율	화물차종 구성비	어린이/노인비율	화물차종 구성비	어린이/노인비율	
합계	N	32	32	5	5	13	13
	평균	2.1816	15.2491	6.9760	23.4000	2.7177	24.6115
주거	N			2	2	9	9
	평균			6.1650	25.9700	2.5456	25.2644
상업	N	7	7				
	평균	1.4329	10.9471				
공업	N	1	1	3	3	1	1
	평균	4.1600	18.1900	7.5167	21.6867	3.2600	23.0700
주거 상업	N	18	18			1	1
	평균	2.1706	16.5489			4.2500	21.4000
주거 공업	N	1	1			2	2
	평균	1.6600	11.4900			2.4550	24.0500
주거 상업 공업	N	3	3				
	평균	3.6400	15.9767				

용도지역에 따라 다르게 나타나는 화물차종구성비 및 어린이/노인비율을 군집분석 결과를 통하여 표 8과 같이 유형 I, 유형 II, 유형 III으로 구분할 수 있었다. 각각

표 8. 용도지역별 유형구분 결과

구 분	특 징		토지용도	비 고
	화물차종 구성비	어린이/노인 비율		
유형 I	5% 미만	20% 이상	주거지역	복합지역은 유형 I/II/III 중 선택
유형 II	5% 미만	20% 미만	상업지역	
유형 III	5% 이상	20% 이상	공업지역	



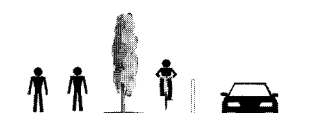
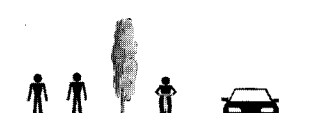
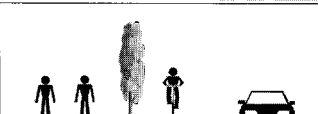
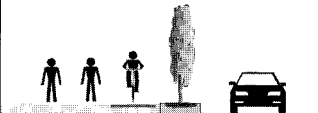


의 특징에 근거하여 토지용도 역시 구분되었으며, 복합 용도지역의 경우에는 대표적 성격을 지니는 토지용도에 해당되는 유형을 선택하도록 한다.

4. 자전거도로 설계대안 개발

4.1. 가로에서의 자전거도로

가로상에 설치 가능한 자전거도로의 유형은 앞서 언급하였듯이 자전거전용도로, 자전거보행자겸용도로, 자전거전용차도로 구분된다. 이 때, 자전거전용도로는 설치위치(보도 위/차도 위)와 분리형태(화단/펜스/연석/입체)에 따라 구분되며, 자전거보행자겸용도로는 분리형과 비분리형이 있다. 이러한 자전거도로의 형태와 특징은 표 9와 같으며, 군집분석 결과에 의하여 구분된 주거지역, 상업지역 및 공업지역에 적절한 자전거도로의 설

표 9. 자전거도로의 유형 및 특징

구분		단면도	비고	
자전거 전용도로	보도 위		구도시에는 설치 어려움	
	차도 위	화단		안전거리 확보
		펜스		연석·입체 분리에 비해 위험감 적음
		연석		자전거전용도로로서의 기능 수행 가능
		입체		
자전거 보행자 겸용도로	분리형		자전거의 주행공간 구분	
	비분리형		주행공간 구분하지 않음	
자전거전용차로			교통량이 많거나 제한속도가 높은 경우 설치 피함	

계안을 제시하였다.

첫 번째 유형은 주거지역으로 군집분석 결과에 의하면 주거지역은 화물차종구성비가 5% 미만으로 낮고 어린이/노인 비율은 20% 이상으로 높은 특징을 가진다. 어린이 및 노인은 교통사고에 취약한 계층으로 자동차 및 보행자와 완전히 분리할 수 있는 자전거 전용도로의 설치가 적합하다. 그러나 기존의 도로에 자전거전용도로를 설치하는 경우에는 공간의 확보가 어려운 보도 위 자전거전용도로의 설치보다는 주로 도로다이얼트를 통하여 차도 위에 설치하게 된다. 이때 분리형태는 화단, 펜스, 연석, 입체 분리가 있으며, 이 중 가장 넓은 분리공간을 가지는 화단 분리가 가장 이상적인 방법이다. 그러나 5% 미만의 화물차종구성비를 가지고 있기 때문에 무조건적인 화단분리보다는 펜스, 연석, 입체분리도 적합한 것으로 판단된다. 그 중에서도 어린이/노인의 통행이 비중이 높은 것을 고려하여 자전거이용자에게 상대적으로 안전감을 줄 수 있는 펜스 분리가 가장 타당하다. 그러나 자전거전용도로의 설치가 불가능하고, 자동차의 통행량이 적은 경우에는 자전거전용차로도 고려해볼 수 있으며, 이때 도로의 제한속도는 60km/h 이하로 낮아야 한다. 표 10은 주거지역의 특징을 나타내는 유형 I의 자전거도로의 형태 및 조건을 나타내고 있다.

표 10. 유형 I (주거지역)의 자전거도로 형태

구분	특징		유형	설 명
	화물차종 구성비	어린이/노인 비율		
주거 지역	5% 미만	20% 이상	자전거 전용도로	• 보도 위 설치 • 차도 위 설치(펜스분리)
			자전거 전용차로	• 전용도로 설치 불가능한 경우 • 자동차 통행량이 적은 경우 • 제한속도 60km/h 이하

상업지역은 화물차종구성비가 5% 미만이며, 어린이/노인 구성비가 20% 미만으로 두 번째 유형으로 구분된다. 사실상 상업지역은 유동인구가 많기 때문에 보도 위에 설치하는 자전거전용도로 또는 자전거보행자겸용도로의 설치 사실상 불가능할 것으로 판단된다. 따라서 차도 위 자전거전용도로의 설치가 가능하며, 낮은 화물차종구성비와 어린이/노인 구성비를 가지는 특성을 가지기 때문에 연석, 펜스, 입체분리가 타당할 것으로 보인다. 이 중에서도 연석 또는 입체분리가 합리적이다. 또한 자전거전용도로의 공간이 충분히 확보되지 못하는 경우에는 자전거전용차로를 고려해 볼 수 있다. 단, 자동차의 통행이 적거나 제한속도가 60km/h인 도로가 유리하다. 다음 표 11은 상업지역의 특징을 나타

내는 유형 II의 자전거도로의 형태 및 조건을 나타내고 있다.

표 11. 유형 II(상업지역)의 자전거도로 형태

구분	특징		유형	설명
	화물차종 구성비	어린이/노인 비율		
주거지역	5% 미만	20% 이상	자전거 전용도로	<ul style="list-style-type: none"> • 보도 위 설치 • 차도 위 설치(연석·입체 분리)
			자전거 전용차로	<ul style="list-style-type: none"> • 전용도로 설치 불가능한 경우 • 자동차 통행량이 적은 경우 • 제한속도 60km/h 이하

유형 III은 공업지역의 특성을 가지는 경우에 해당된다. 화물차종구성비는 5% 이상으로 높고, 어린이/노인 비율이 20% 이상으로 나타나 가장 자전거 운전자의 안전성을 고려해야 한다. 따라서 자전거전용차로는 설치하지 않으며, 자전거전용도로를 설치하여야 한다. 이때 연석분리 및 입체 분리도 설치가 가능하겠지만 가급적이면 자전거 운전자가 화물차로부터 위협감을 적게 느낄 수 있도록 화단분리 또는 펜스분리를 통한 자전거전용도로를 설치하는 것을 권장한다. 이러한 전용도로 설치가 불가능한 경우에는 표 12와 같이 자전거보행자겸용도로를 고려할 수 있다.

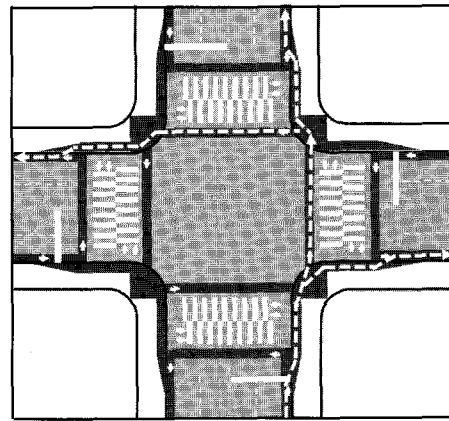
표 12. 유형 III(공업지역)의 자전거도로 형태

구분	특징		유형	설명
	화물차종 구성비	어린이/노인 비율		
주거지역	5% 미만	20% 이상	자전거 전용도로	<ul style="list-style-type: none"> • 보도 위 설치 • 차도 위 설치(화단·펜스 분리)
			자전거 보행자 겸용도로	<ul style="list-style-type: none"> • 전용도로 설치 불가능한 경우

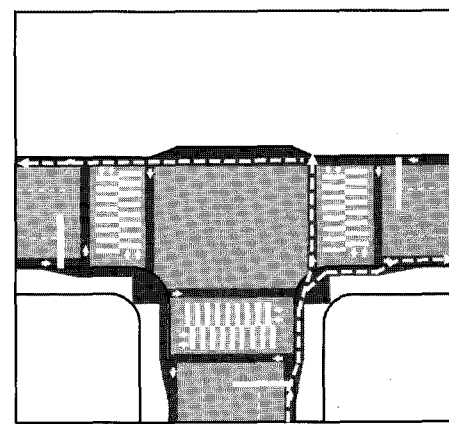
4.2. 교차로에서의 자전거도로

주거지역이 해당되는 유형 I의 자전거횡단도는 다음 그림 5와 같이 도출된다. 어린이/노인 비율이 20% 이상으로 높으나 화물차종구성비가 5% 미만으로 낮기 때문에 자전거횡단도는 자전거 내부에 설치하되 분리형으로 설치하여 자전거가 도로를 횡단할 시 보도 쪽에서 보행자와 같이 통행할 수 있도록 설치하는 것이 타당하다. 이때, 우리나라에서는 아직까지 자전거전용신호등이 활성화되어 있지 않기 때문에 간접좌회전을 할 수 있도록 설계하였으며, 보행자와의 충돌을 최대한 피할 수 있도록 하는 설계가 이루어졌다. 3지 교차로에는 그림 5(b)와 같이 좌회전을 위한 대기공간을 따로 설계하여 직진

하는 자전거와의 상충을 줄일 수 있도록 한다.



(a) 4지 교차로(유형 I)

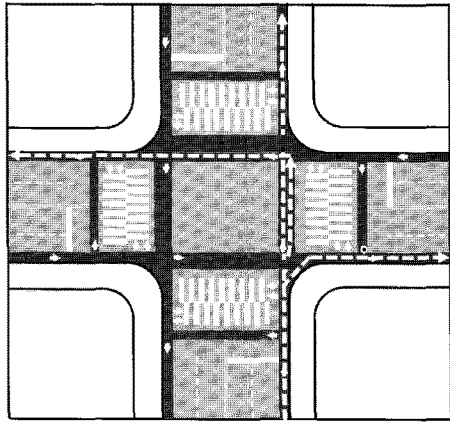


(b) 3지 교차로(유형 I)

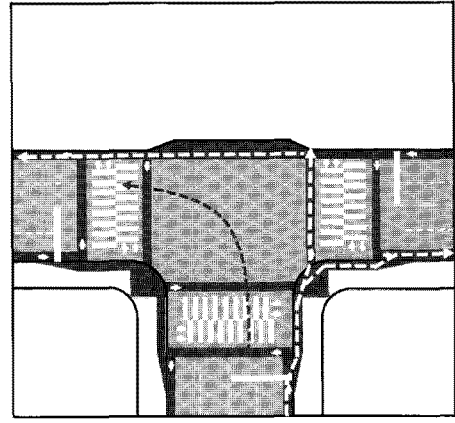
그림 5. 유형 I(주거지역)의 자전거 횡단도

유형 II의 경우에는 그림 6과 같이 제안할 수 있다. 상업지역이 해당되는 곳으로 화물차종의 구성비와 어린이/노인의 비율이 모두 낮기 때문에 교차로 내부에 설치하되 연결형으로 설치한다. 좌회전 하려는 자전거의 동선과 대기공간을 위하여, 4지 교차로에서는 그림 6(a)와 같이 내부에 있는 횡단도는 2대가 나란히 이용할 수 있는 폭을 확보하도록 한다. 3지교차로에서는 4지 교차로에서와는 다르게 좌회전이 2번 밖에 발생하지 않기 때문에 그림 6(b)와 같이 좌회전이 이루어지는 곳에서는 유형 I과 마찬가지로 회전을 위한 공간은 따로 확보하되 4지 교차로에서와 같이 횡단도의 폭을 넓게 확보할 필요는 없다.

유형 III은 화물차종의 구성비와 어린이/노인 비율이 모두 높게 나타나는 공업지역이 해당된다. 이때, 4지 교차로에서는 그림 7(a)와 같이 교차로 내부보다는 외부에 설치함으로써 자전거 운전자의 이동의 편의성보다는 안전성을 우선적으로 고려하여 설계한다. 이 경우에는

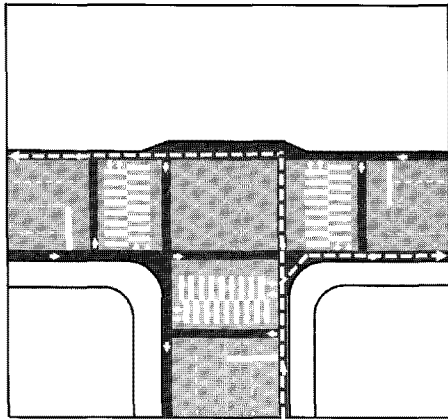


(a) 4지 교차로(유형 II)



(b) 3지 교차로(유형 III)

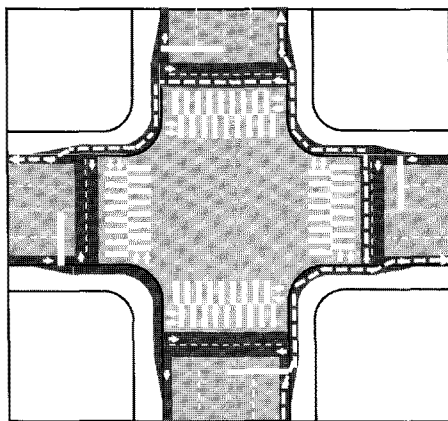
그림 7. 유형 III(공업지역)의 자전거 횡단도



(b) 3지 교차로(유형 II)

그림 6. 유형 II(상업지역)의 자전거 횡단도

자전거가 보도를 이용하여 회전하기 때문에 무엇보다 자전거도로의 시인성을 높일 수 있는 도로포장을 해야 한다. 3지 교차로에서는 그림 7(b)와 같이 주거지역에서 설치되는 형태와 같은 형태를 적용한다. 이는 3지 교차로에서는 그림과 같이 자전거가 좌회전하는 경로와 차량이 좌회전하는 경로가 다르기 때문에 굳이 교차로 외부에 설치할 필요가 없다.



(a) 4지 교차로(유형 III)

5. 결론

최근 정부 주도의 자전거이용활성화 정책에 따라 자전거 관련 시설이 확대 설치되어왔다. 그러나 시설투자에 초점을 맞춘 정부의 정책은 자전거 이용자를 소폭 증가시킬 수는 있었으나 자전거 관련 교통사고가 급격히 증가하면서 관련 문제점이 대두되었다. 이는 아직까지 자전거를 하나의 교통수단으로 인식하지 못하는 우리나라의 자전거 문화 수준 때문이기도 하나 현재 자전거보행자겸용도로가 주를 이루고 있는 우리나라의 자전거 이용 환경과도 관련이 있다. 이에 각 지자체에서는 안전성, 쾌적성, 주행성 등을 제공하는 자전거전용도로를 설치하기 위한 노력을 기울여 왔다. 그러나 무리한 도로다이어트를 통하여 설치된 자전거전용도로는 오히려 차량 운전자와 자전거 운전자간의 마찰을 불러일으키기도 하였다. 이렇듯 다양한 환경적 조건을 고려하지 못하고 설치되는 자전거도로의 설치는 다소 불합리하고 효율적이지 못한 결과를 낳았다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하고자 일원배치 분산분석을 통하여 토지이용별 요소인 화물차종구성비와 어린이/노인 비율을 도출하였으며, 이를 근거로 가로와 교차로를 대상으로 군집분석을 실시하여 그 유형을 구분하였다. 이는 자전거도로 주변의 토지용도(주거/상업/공업)에 따라 그룹화 되었고 각 그룹별 특성에 따라 합리적이고 적합한 자전거도로의 형태를 결정하였다. 우선 가로상의 자전거도로의 경우, 자전거전용도로의 설치를 가장 먼저 고려하며 물리적 여건이 가능하다면 보도위에 자전거전용도로를 설치하는 것이 가장 이상적이라고 할 수 있다. 그러나 물리적 여건이 불가능한 대부분의 경우에는 도로다이어트를 통하여 차도 위에

화단분리, 펜스 분리, 연석분리, 입체분리 형태로 자전거전용도로를 설치할 수 있다. 이 중에서도 자전거 운전자에게 안전성, 주행성, 쾌적성 등을 모두 제공할 수 있는 화단분리 형태의 자전거전용도로가 가장 우선시 되나 설치 공간을 많이 필요로 하기 때문에 비효율적이다. 따라서 유형에 따른 화물차종구성비와 어린이/노인 비율 특성을 고려하여 유형 I에서는 펜스분리 자전거전용도로, 유형 II에서는 연석 분리 및 입체 분리 자전거전용도로, 유형 III에서는 화단분리 및 펜스분리 자전거전용도로가 가장 적합한 것으로 판단된다. 또한 제시된 조건에 따라 자전거전용차로 또는 자전거보행자겸용도로의 설치 또한 고려할 수 있다.

교차로에서의 자전거도로 역시 각 유형에 적합한 형태를 결정하였다. 유형 I의 경우에는 자전거 운전자의 안전성과 편의성을 고려하여 교차로 내부에 설치하되 분리형으로 보행자 횡단보도 양쪽에 설치하도록 한다. 유형 II는 화물차종구성비가 낮은 특성을 가지고 있으므로 교차로 내부에 집중형으로 설치한다. 이 때, 교차로 안쪽에 설치되는 자전거도로는 직진하는 자전거와 좌회전하는 자전거가 나란히 주행할 수 있도록 도로 폭을 넓게 확보하도록 한다. 유형 III은 화물차종구성비 뿐만 아니라 어린이/노인의 비율 역시 높기 때문에 무엇보다도 운전자의 안전성을 고려하여 교차로 외부에 횡단도를 설치하도록 한다. 용도지역별로 도출된 이러한 자전거도로의 설치 형태는 현재의 일률적인 형태의 자전거도로가 아닌 자전거 운전자의 안전성 및 편의성 측면에 중점을 둔 합리적인 대안이라고 할 수 있다. 또한 이로 인하여 국내의 자전거 이용률이 증가할 것으로 기대된다. 그러나 이렇게 설치된 자전거도로는 자전거 관련 교통사고 모니터링을 통하여 안전성 평가가 이루어져야 할 것으로 판단되며, 이를 위하여 향후 연령층, 차종별, 발생지점별 등 종합적인 자전거관련 교통사고의 정보가 체계적으로 수집되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0004232).

참고 문헌

- 건설교통부(2006) "자전거 이용 활성화 방안 마련을 위한 연구", pp.128-145.
- 김경철·최창호(1994) "일본의 자전거도로 설계기준", 건설기술연구원, pp.9-15.
- 김영주(2009). "자전거 이동환경 개선을 위한 교통정책 및 프로모션 방안에 관한 연구-바이크 시티 서울(Bike city seoul)을 중심으로-", 석사학위논문, 홍익대학교 산업미술대학원, pp.8-12.
- 대전발전연구원(2005), "자전거전용도로 네트 탐색 및 설계 지침 연구", pp.117-124.
- 박병호(1997) "자전거도로의 유형개발과 적용방안", 충북개발연구, 제8권 제2호, 충북개발연구원, pp.195-219.
- 변완희(2010) "토지이용시설과 자전거도로 유형의 관계 분석 연구", 대한교통학회지, 제28권 제3호, 대한교통학회, pp.19-28.
- 서울특별시·서울지방경찰청(2009), "자전거도로 설치 지침 (안)", pp.25-37.
- 신희철(2009), "국가자전거 정책의 방향 - 자전거도로의 설계를 중심으로-", 자전거정책, pp.105-131.
- 오수보(2006), "자전거 관련 법규·제도·시설상 문제점과 개선방향", 교통, 한국교통연구원, pp.14-28.
- 행정안전부·국토해양부(2010), "자전거 이용시설 설치 및 관리 지침", pp.28-45.
- 환경부·한국환경정책평가연구원·한국교통연구원(2007), "환경친화적 자전거문화정착 연구", pp.37-123.

접 수 일 : 2011. 1. 10

심 사 일 : 2011. 1. 12

심사완료일 : 2011. 7. 6