

자전거도로의 인프라 데이터 구축을 위한 설계지표 연구

A Study on Bikeway Design Index for Digital Data Survey

전우훈, 양인철

한국건설기술연구원 인프라안전연구본부

Woo Hoon Jeon(cwphoon@kict.re.kr), Inchul Yang(ywinter75@kict.re.kr)

요약

본 연구의 목적은 자전거도로의 인프라 데이터 구축을 위한 지표를 선정하고자 함이며, 이를 위해 기존의 자전거도로와 관련된 설계기준 분석을 통해 지표를 도출하였다. 자전거도로의 설계요소가 제시되어 있는 중앙정부 및 지방정부의 설계기준 및 지침을 바탕으로 자전거도로의 속성데이터를 교통, 기하구조, 포장, 안전시설 및 부대시설 등 4개로 구분하여 분석하였다. 도출된 지표는 도로 및 교통분야 전문가들을 대상으로 FGI(Focus Group Interview)을 통한 브레인스토밍을 진행하였으며, 도출된 지표 이외의 추가적인 지표까지 의견을 수렴하였다. 최종적으로 필수 설계요소는 설계속도 및 도로유형, 포장유형, 교통안전시설 등 총 24개가 선정되었으며, 추가 설계요소는 버스/택시 정류장 및 미끄럼저항성(BPN) 등 6개가 선정되었다. 본 연구에서 제시된 24개의 자전거도로대장 지표는 법 개정이 이루어질 경우 반드시 포함되어야 하는 요소로 판단되며, 향후 도로 및 교통전문가 및 도로관리청 등의 의견수렴을 통해 추가적인 6개 지표의 포함여부를 판단할 수 있을 것으로 기대된다.

■ 중심어 : | 도로관리 | 설계요소 | 인프라 데이터 | 자전거도로 | 통계자료 |

Abstract

The purpose of paper is to find index for building digital database of bike infrastructure statistics by analyzing the existing design standards and manuals. The design standards and guides of both central and local governments which designates the design elements of bikeway were investigated to find the primary index, and then the attribute data of bikeway were grouped into four categories including transportation, geometry, pavement, safety and utility facility, and were analyzed to find the secondary index. A FGI(Focus Group Interview) was conducted with experts in the arena of transportation to collect the opinions on the selected index. It is found that the final twenty four design elements were selected and additional six elements were added. The proposed twenty four index of bikeway design elements are considered to be included when building the digital bikeway register database.

■ keyword : | Bikeway | Design Contents | Infrastructure Data | Road Management | Statistic Data |

1. 서론

지속적인 도로인프라의 확충에 따라 효율적인 도로 관리를 위한 인프라 통계자료의 구축의 중요성이 날로

커지고 있다. 정확한 인프라 통계자료는 새롭게 신설하고자 하는 도로 인프라 계획의 기초데이터가 될 뿐 아니라, 천문학적으로 증가하고 있는 유지관리비용을 효율적으로 집행할 수 있는 근간이 되기 때문이다. 국토

접수일자 : 2020년 10월 30일

수정일자 : 2020년 11월 26일

심사완료일 : 2020년 12월 14일

교신저자 : 양인철, e-mail : ywinter75@kict.re.kr

교통부 도로업무편람[1]에 따르면 2018년 도로관리 예산은 총 16,535억원에 이르고 있으며, 도로포장 및 도로비탈면 낙석 정비, 줄음شط터 설치 및 개선, 도로표지 개선 등 다양한 업무에 예산이 집행되고 있다.

효율적인 국가예산 집행계획을 수립하기 위해서는 무엇보다도 기존 도로인프라에 대한 충분한 데이터가 축적되어야 한다. 차로수와 차로폭, 길어깨폭, 종단 및 횡단경사 등의 세부적인 도로인프라 데이터는 제한된 예산 내에서 도로유지관리의 우선순위 선정 및 신규 도로인프라의 규모결정을 위한 중요한 지표이다. 이를 위해서 국토교통부는 2000년대 중반부터 도로관리시스템(Road Management System)을 구축하였으며, 시스템에는 도로포장, 도로비탈면, 도로교량, 도로터널, 도로표지 등 다양한 시설물에 대한 디지털 데이터를 포함하고 있다. 또한 이렇게 수집된 데이터는 수치지도와 연계하여 종합적인 도로정보를 공간정보 기반으로 하는 도로관리통합시스템(HMS, Highway Management System)를 통해 서비스되고 있다. 이 중에서 도로의 기본적인 설계요소인 차로폭, 횡단경사, 종단경사, 길어깨폭 등에 대해서는 도로법에 의한 '도로대장'에 따라 자동차도로 중심으로 데이터가 구축되고 있다.

이에 반해 자전거도로와 보행자도로 등 자동차도로 이외의 도로인프라에 대한 통계자료는 거의 구축이 되지 않고 있다. 특히 자전거도로의 경우 '자전거이용 활성화에 관한 법률'에 따라 행정안전부장은 자전거이용 활성화를 위해 자전거도로의 노선현황 및 통행량, 교통수단분담률 등을 주기적으로 작성 및 공표하도록 규정하고 있으나, 실제 정확한 통계자료가 구축되지 못하고 있는 실정이다. 또한 동법에 따라 특별자치시장·특별자치도지사 및 시장·군수·구청장은 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 자전거도로대장을 작성·보관하도록 하고 있으나, 자전거도로대장 서식의 작성방법이 구체적이지 않을 뿐 아니라 개략적인 정보형태로 인해 실제 현황파악이 어렵다는 단점이 있다. 특히 자전거도로의 기본 설계요소 중에서 폭(width) 이외에는 조사내용에 포함되어 있지 않아, 횡단 및 종단경사 등 기본적인 설계기준이 없는 데이터형태로 인해 자전거도로 유지관리 및 신규 건설 등의 실제 사용범위가 제

한적이다. 현재 관련 지자체에서는 자전거도로대장을 부정기적으로 작성은 하고 있으나, 작성양식에 대한 이해정도에 따라 작성결과가 상이한 경우가 많다. 예를 들어 편측으로 설치된 자전거도로와 양측으로 설치된 자전거도로의 조사기준이 달라 전체 통계값이 맞지 않는 경우 등 많은 문제점이 제기되고 있다.

터널과 교량, 댐 등 다른 토목분야와 마찬가지로 도로분야에서도 인프라의 정확한 통계는 매우 중요한 요소이다. 1990년에 약 56,000km이던 우리나라의 도로연장이 2018년에는 110,000km로 거의 2배가 증가하였으나, 도로관리청의 인원과 예산은 크게 달라지지 않고 있다. 이에 효율적인 도로관리를 위해서는 도로구간의 시종점, 도로안전시설의 설치현황 등 상세 데이터의 구축이 필요하다. 앞에서도 언급하였듯이 자동차도로에 대해서는 국토교통부의 HMS를 통해 비교적 정확하게 관리되고 있으나, 자전거도로에 대한 통계자료는 파악이 안 되고 있는 실정이며, 개략적인 자전거도로 연장만이 제시되고 있다(한국교통연구원 통계 및 정책자료실).

표 1. 지역별/연도별 자전거도로 연장 (단위:km)

구분	2010	2012	2014	2016	2018
전국	13,037	17,077	19,717	21,176	23,000
서울	845	689	725	869	925
부산	330	414	382	425	441
대구	549	710	829	885	1,039
인천	409	715	653	742	887
광주	511	584	592	638	638
대전	593	627	835	754	766
울산	283	399	454	503	769
세종	-	114	100	207	204
경기	2,905	3,653	4,286	4,675	5,143
강원	1,099	1,370	1,487	1,498	1,534
충북	736	977	1,210	1,259	1,218
충남	679	919	876	928	1,304
전북	691	945	1,290	1,371	1,412
전남	777	1,028	1,109	1,262	1,385
경북	859	1,315	1,869	1,992	2,161
경남	1,093	1,287	1,765	1,844	1,861
제주	679	1,330	1,256	1,324	1,305

특히 2010년 이후 자전거 교통수단에 대한 관심에 맞춰 전국적인 자전거인프라가 구축되고 있으나, 신설에 치우친 정책으로 인해 제대로 된 데이터 통계가 거의 구축되지 못하고 있다. 또한 해당 도로인프라의 관리주체인 국토교통부와 행정안전부 및 지방자치단체에

서는 필요에 따라 조사를 수행한 적이 있으나, 규격화되지 못한 조사방법으로 인해 전국적인 데이터 통계자료가 구축되지 못하였다. 자전거인프라에 대한 규격화된 항목 및 세부내용이 규정되지 못한 상태에서 각 도로관리청별로 해당 인프라의 조사 및 통계데이터 구축이 이루어지게 되면 과도한 비용이 소모될 뿐만 아니라 전국 통합데이터로의 연계가 불가능하게 된다. 2000년대 이후 자전거 등 녹색교통에 대한 필요성이 증대되면서 관련 인프라시설에 대한 확충 및 관리의 중요성은 지속적으로 커져가고 있다. 초기 자동차도로의 횡단구성 정도로 인식되던 자전거도로는 이제 도시계획 단계에서 필수적인 통행시설로 인식되고 있으며, 2009년 이후 전국을 '口'자로 연결하는 자전거도로 네트워크와 4대강 자전거도로, 도시 내·외를 연결하는 자전거도로가 전국을 연결하고 있다. 이러한 자전거도로의 확장에 대비하여 자전거인프라에 대한 체계적인 데이터 통계자료 구축 방법이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 자전거도로 인프라의 통계작성을 위한 데이터 구축방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 기존 문헌고찰을 통해 자동차도로의 데이터 구축방법을 검토하고 자전거도로에 적용방안을 제시하였다. 행정안전부 및 국토교통부 등 중앙정부와 서울시 등 지방정부 등의 설계기준 분석을 통해 자전거도로의 설계지표를 검토하고 분류화 하였다. 최종적으로 전문가 FGI(Focus Group Interview) 분석을 통해 자전거도로의 설계지표를 선정하여 자전거도로대장의 개정에 적용 가능한 지표를 제시하였다.

II. 기존문헌 고찰

본 연구에서 제시하고자 하는 자전거도로의 인프라 데이터 지표 선정을 위한 기존문헌 고찰은 크게 2가지로 작성하였다. 먼저 기존 자동차도로 인프라의 데이터 구축 내용에 대해 조사하였고, 자전거도로 데이터 구축 방법에 대한 적용가능성 및 한계점을 제시하였다. 또한 자전거도로와 관련된 문헌고찰을 통해 본 연구에서 진행하고자 하고 있는 통계자료 지표 선정 연구에 반영하고자 하였다.

자동차도로 인프라 데이터의 통계자료는 지속적인 도로건설에 따른 유지관리의 효율성 증대를 위해 2000년대 중반부터 국토교통부를 중심으로 구축되어 왔다. 국토교통부에서는 도로관리통합시스템을 [그림 1]과 같이 개발하고 각종 도로관련 조사 및 분석자료에 동일한 공간정보체계를 적용하고 디지털 지도와 연계하는 등 도로 인프라의 데이터 구축을 위한 노력을 하고 있다. HMS의 주요 대상은 일반국도이며, 교통량, 포장, 도로비탈면, 도로점용, 표지, 교량 등 도로에 설치되어 있는 인프라 시설의 위치와 상세정보를 수집 및 분석하고 데이터를 제공하고 있다.

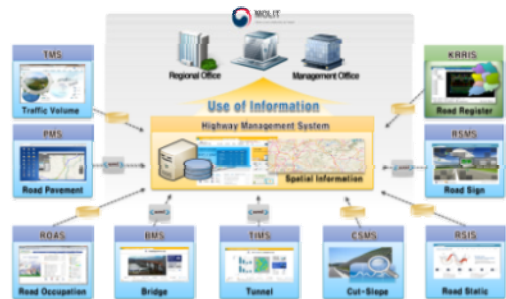


그림 1. 도로관리통합시스템의 구성

HMS의 서비스 제공단위는 도로노선별 관리기관과 구간 및 구조물 도면이며, 터널과 교량, 터널 등 각 도로구간의 통계정보를 구축 및 제공하고 있다. 도로관리청에서는 이러한 데이터를 이용하여 효율적으로 도로상태를 점검하고 재보수 여부 및 우선순위 등에 사용하고 있다. 특히 자동차도로의 상세 인프라 통계자료는 도로법 제56조에 따라 [그림 2]와 같이 도로관리청에서 소관 도로에 대해 도로안전시설과 도로선형, 도로폭, 경사 등이 포함된 도로대장을 작성하도록 하고 있으며, 도로대장의 작성, 기재사항, 보관, 그 밖에 필요한 사항에 대해 시행규칙 별지 22에서 [표 2]와 같이 구체적인 형태를 제시하고 있다.

이 외에도 서울시 등 특별광역시도를 중심으로 도로연장 및 포장상태 등에 대한 통계자료를 수집 및 관리하고 있으나, 대부분의 데이터는 자동차도로에 대한 내용이며, 자전거도로에 대해서는 정확한 데이터의 구축이 이루어지지 못하고 있다. 국토교통부에서 매년 발간하는 도로업무편람에서도 자전거도로에 대한 설치현황

을 제시하고 있으나, 매년 업데이트가 되지 않고 있어 정확한 데이터가 없다.

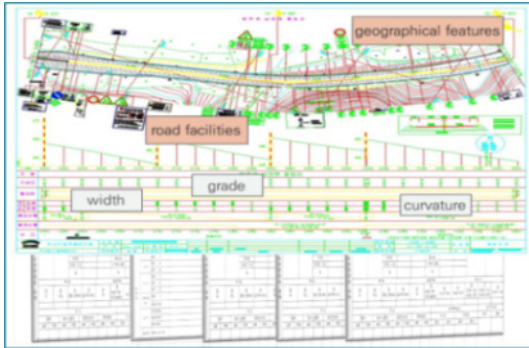


그림 2. 도로대장의 구성

자전거도로의 인프라데이터 구축에 관한 국내의 논문을 살펴보면 김숙희 등[2]은 자전거 이용에 필요한 이용환경과 관련된 지표를 도출하고, 수원시 자전거 이용환경을 평가할 수 있는 평가지표를 개발하였다. 최종적으로는 자전거안전성, 자전거 이용편리성, 자전거정책의 3개 상위계층과 19개의 하위항목을 도출하여 평가지표를 개발하였다. 주요 평가지표는 자전거교통표지, 노면표시, 전용신호등, 안전시설, 횡단도, 주차시설, 휴게시설 등으로 비교적 상위적 개념의 지표가 제시되었다. 정경욱 등[3]은 각 지자체별 자전거정책과 시설현황 등에 대한 조사 및 평가를 위한 평가항목과 절차 등을 제시하였다. 기존의 평가체계에서는 지자체의 인구와 예산 등이 고려되지 않고 지표간의 중복성이 문제점으로 제기되었으며, 이를 해결하기 위해 상대적 평가체계 도입 및 지표간 중복성을 배제하였다. 최종적으로 자전거이용시설 확충과 유지관리, 안전 및 편의증진 등 5개 분야에 대해 자전거도로 확충 및 정비실적, 자전거안전표지 등 설치, 자전거 수리센터 운영 등의 세부 20개 항목을 제시하였다.

정창욱[4]은 자전거도로의 일관성 있는 평가기법 개발을 위해 총 5개의 상위요인(안전성, 접근성, 경제성, 정보성, 기타요인)과 각 요인별로 6개에서 4개의 하위요인을 구성하였다. 총 22개의 요인 중 정량화가 가능하다고 판단된 12가지의 항목을 활용하여 최종 평가지표를 개발하고 10개 지점에 대한 현장평가를 수행하였다. 전우훈 등[5]은 지방부의 생활형 자전거도로 사업의 효율적인 투자를 위한 우선순위를 결정할 수 있는 평가기법을 개발하였다. 평가지표는 자전거도로의 특성을 반영할 수 있고 정량화가 가능하여 객관적으로 평가할 수 있는 지표를 선정하였으며, 일반국도 총 23개 구간에 적용하였다. 정태화 등[6]은 자전거도로의 시민 이용형태와 지리 환경적인 요인 등을 반영한 투자우선순위 평가방법을 제시하였다. 안전성과 접근성 등 총 4가지의 평가분류와 도로망의 연속성, 적절한 폭원, 목적지와 연결, 휴게시설 및 편의시설 수 등의 12개의 세부 평가항목을 제시하였으며, 전문가 설문을 통해 적정성을 검토하였다. Ipek N. Sensor 등[7]은 자전거이용자 관점에서 주행노선을 선택하는 지표를 제시하였다. 지표 평가항목은 자전거이용자의 특성(Characteristics), 노상주차, 자전거도로 시설 등을 선정하였으며, 세부지표에 따른 현장결과(Empirical Result)에서 통행시간과 자동차교통량이 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 제시하였다.

선행연구 검토결과 본 연구에서 제시하고자 하는 자전거도로의 데이터구축과 관련된 연구는 다양하지 않다. 대부분의 연구는 자전거도로의 노선평가 및 노선선정 등과 관련된 내용이 다수이며, 이는 국내뿐만 아니라 국외에서도 데이터 구축에 대한 연구는 많지 않다. 앞서 검토한 국내의 자전거도로 데이터 구축현황과 마찬가지로 현재 자전거도로에 대한 인프라 데이터 구축에 대한 시스템 및 연구가 활성화되지 못하고 있다.

자전거도로에 대한 인프라 통계자료가 구축되지 못

표 2. 도로대장 조사항목 예시

①관리번호				②관리기관			
③도로의 종류		④노선명		⑤노선번호		⑥구간	
⑦노선지점(인정)일				⑧도로구역결정(변경)일			
⑨접도구역 지정일				⑩지적 고시일			
위치	⑪시점			⑬주요 통과지			
	⑫종점						
⑭노선 연장		⑮전용 연장		⑯중용 연장		⑰통행 불능 연장	

하고 있는 이유는 다음과 같다. 첫째 자동차도로 및 관련 인프라시설에 대한 통계자료 구축에 집중되어 자전거도로에 대한 조사가 제대로 이루어지지 못하고 있으며, 둘째 비교적 사업비가 적은 사업으로 인해 수시사업으로 진행되어 데이터 축적이 어렵고, 셋째 자동차도로와 같이 시점과 종점이 연속되지 않고 위치가 명확하지 않아 조사 자체가 어렵다는 점이다. 따라서 본 연구에서는 자전거도로의 설계기준에 따른 지표를 검토 및 분류하고, 전문가 FGI분석을 통한 최종적인 자전거도로의 통계 지표를 제시하고자 한다.

III. 데이터 구축 지표 도출

1. 설계기준 분석을 통한 1차 지표 도출

자전거도로는 기존 자동차도로와 달리 도로관리청 중심의 데이터 구축 지표를 제시한 바가 없으며, 정부 및 지자체별로 구축하고 있는 데이터 구축 역시 정형화되어 있지 않다. 도로의 적절한 정보관리는 신규 도로 계획 수립뿐만 아니라 유지관리, 수명주기 관리 및 예측분석 등을 가능하게 하는 중요한 요소임을 감안할 때 인프라 데이터 구축은 반드시 필요하다. 일반적으로 도로 유지관리를 위한 데이터는 크게 4가지로 구분하며, 세부 데이터는 다음과 같다.

- 교통 데이터 : 용량, 서비스수준 등
- 기하구조 데이터 : 종단곡선, 횡단곡선, 시거 등
- 포장 데이터 : 포장 형태, 종단경사, 횡단경사 등

- 안전시설 및 부대시설 데이터 : 시선유도시설, 표지 등

이러한 데이터는 도로 설계와 시공단계에서 다양한 형태로 생성 및 저장되고 있으나, 연속적이고 체계적인 데이터 구축방법이 없어 시공 이후 대부분의 데이터가 소실되는 경우가 많다. 서론에서도 언급되었듯이 자동차도로는 2000년대 이후 비교적 설계 및 시공관련 데이터가 비교적 잘 구축되어 왔으나, 자전거도로의 설계 및 시공 데이터는 아예 구축이 되지 않거나 정형화된 데이터 구축방법이 없어 제대로 구축되지 못하고 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 전체 설계요소를 대표하는 지표를 1차 지표로 도출하고 그 중에서 자전거 도로대장에 포함되어야 하는 지표를 최종적으로 선정하고자 한다.

도로분야에서 설계를 위한 기본 요소(element)는 도로설계기준, 도로설계편람, 도로의 구조 및 시설기준에 관한 규칙 등에서 제시되고 있으며, 세부적인 사항은 자전거이용시설 설치 및 관리지침과 보도설치 및 관리지침 등에서 규정하고 있다.

먼저 도로설계기준[6]에서는 자전거도로의 설계속도, 폭원, 평면곡선반지름, 종단경사, 시설한계에 대해 규정하고 있다. 도로설계기준은 자동차 중심의 설계기준에 치우쳐 있고 도로선형 등 가장 중요하고 기본적인 설계 기준을 제시하고 있어 자전거도로의 설계요소를 대표하는 지표는 제한적으로 제시되고 있다.

도로설계편람[7]은 도로설계기준과 달리 자전거도로의 형태, 자전거도로 폭원, 측방여유 폭원, 교차로 교차

표 3. 설계기준에 따른 1차 지표

법·지침	설계요소	담당
도로설계기준	설계속도, 도로폭, 곡선반지름, 종단경사, 시설한계	국토교통부
도로설계편람	도로유형, 도로폭, 측방여유폭, 교차로 교차, 준비구간 길이, 교통안전시설, 노면표시, 버스정류장 설계, 육교 및 지하차도의 폭, 자전거 경사로, 자전거연결로, 자전거 주차시설	국토교통부
자전거이용시설 설치 및 관리지침	도로유형, 용량, 서비스수준(LOS), 설계속도, 시설한계, 정지시거, 곡선반지름, 종단경사별 제한길이, 도로폭, 측방여유폭, 분리대폭, 교차로 교차, 준비구간 길이, 분리공간폭, 자전거경사로 이격거리/폭/단차, 자전거연결로 형태, 포장유형, 미끄럼저항성(BPN), 포장두께, 포장색상, 횡단경사, 조명시설, 도로안전시설(시선유도시설, 진입방지시설 등), 교통안전시설(교통안전표지, 노면표시, 신호기 등), 안내표지, 자전거횡단도, 터널/교량자전거도로, 자전거주차시설, 휴게시설, 배수시설,	행정안전부 국토교통부
서울형 자전거도로 설치 및 유지관리 매뉴얼	도로유형, 시설한계, 설계속도, 도로폭, 정지시거, 곡선반경, 종단경사별 제한길이, 측방여유폭, 분리시설 유형(연석, 펜스 등), 우회전 처리유형, U턴구간 처리, 버스/택시/조업주차 처리, 터널/교량 자전거도로, 교차로 교차, 준비구간 길이, 조명시설, 자전거경사로 이격거리/폭/단차, 자전거연결로 형태, 포장유형, 포장색상, 배수시설, 도로안전시설(시선유도시설, 진입방지시설 등), 보도턱낮춤, 교통안전시설, 안내표지, 자전거주차시설, 수리센터, 휴게시설	서울시
자전거도로 설계 및 시공 매뉴얼	도로유형, 설계속도, 정지시거, 곡선반지름, 설계기준자전거, 시설한계, 도로폭, 측방여유폭, 분리대폭, 분리공간폭, 도로안전시설(시선유도시설, 진입방지시설 등), 교통안전시설(교통안전표지, 노면표시, 신호기 등), 택시 및 버스정류장 설계, 포장유형, 미끄럼저항성(BPN), 포장두께, 포장색상, 터널/교량자전거도로, 안내표지, 자전거주차시설, 휴게시설	한국토지주택공사

각, 준비구간 길이, 교통안전시설, 노면표시, 버스정류장 설계방법, 육교 및 지하차도의 폭/평면구간 길이, 자전거 경사로와 펜스 간 이격거리, 계단과 경사로의 높이 차이, 자전거경사로의 흠 폭, 자전거연결로 형태, 자전거연결로의 폭/난간높이, 자전거 주차시설 등 비교적 세부적인 사항에 대해 설계기준을 제시하고 있다.

자전거이용시설 설치 및 관리지침[8]에서 제시하고 있는 설계요소는 자동차도로 중심의 설계기준을 제시하고 있는 도로설계기준이나 도로설계편람보다는 조금 더 세부적이다. 도로폭과 측방여유폭 등 기본적인 기하구조 설계요소와 교통안전시설 등 안전시설 설계요소 이외에 용량과 서비스수준(LOS, Level of Service) 등 교통 설계요소와 미끄럼저항성(BPN, British Pendulum Number) 및 포장유형, 포장두께 등 포장 설계요소까지 포함되어 있어 국내의 자전거도로 설계 기준 중 가장 세부적인 내용을 포함하고 있다.

서울시의 자전거도로 설계기준인 서울형 자전거도로 설치 및 유지관리 매뉴얼[9]과 국토교통부에서 제시하고 있는 설계기준의 차이점은 도시부 자전거도로에 특화된 설계요소를 포함하고 있다는 점이다. 도시부 자전거도로는 끊임없이 자동차도로와 도로공간을 공유할 수밖에 없으며, 이로 인해 2개 교통류를 분리할 수 있는 분리시설 유형과 우회전 처리, U턴구간, 버스와 택시, 조업주차 차량과의 분리 등에 대한 설계요소가 제시되어 있다. 또한 자전거 수리센터의 위치 등에 대한 내용 역시 도시부 자전거도로에 포함되어 있는 요소이며, 행정안전부 및 국토교통부의 설계기준과 다른 점이다.

마지막으로 한국토지주택공사의 자전거도로 설계 및 시공 매뉴얼[10]은 기존 도로를 개선하는 내용보다는 신도시 건설 시에 신규 설치하는 자전거도로의 설계요소임으로 인해 국토교통부나 서울시의 설계기준에 비해 버스정류장 설계 등 실제 설계사례를 중심으로 제시되어 있다.

2. 데이터 구분에 따른 2차 지표 구분

정부 및 지자체에서 제시하고 있는 자전거도로의 설계기준 및 설계요소 분석을 바탕으로, 앞에서 제시한 세부 데이터 형태로 설계요소 지표를 분류하였다. 자전

거도로 설계와 유지관리에 중요하다고 판단되는 설계요소는 대부분 포함하였으며, 준비구간 길이와 같이 현장여건에 따라 조사가 어려운 설계요소는 배제하였다. 또한 버스와 택시 등 대중교통의 조업 및 주차처리는 자전거도로의 설계요소라기보다는 대중교통과의 환승 처리 개념으로 제외하였다. 설계기준 분석을 통한 1차 지표에서 데이터 속성에 따른 2차 지표는 [표 4]와 같다.

표 4. 데이터속성에 따른 2차 지표

구분	설계요소
교통	용량, 서비스수준(LOS), 설계속도
기하구조	도로유형, 도로폭, 측방여유폭, 곡선반지름, 정지시거, 시설한계, 종단경사, 횡단경사, 분리대폭, 우회전 처리, U턴구간 처리, 버스/택시정류장, 보도턱높춤, 교차로 교차, 육교 및 지하차도의 폭, 자전거경사로, 자전거연결로, 터널/교량 자전거도로
포장	포장유형, 미끄럼저항성(BPN), 포장두께, 포장색상
안전시설 부대시설	교통안전시설, 노면표시, 자전거주차시설, 조명시설, 도로안전시설, 안내표지, 자전거횡단도, 휴게시설, 배수시설, 수리센터

3. 전문가 FGI을 통한 3차 지표 분석

기존 국내의 설계기준 검토를 통한 1차 지표와 데이터 속성에 따른 2차 지표 분석을 통해 제시된 내용을 바탕으로, 자전거도로의 최종 설계요소 지표를 결정하기 위해 도로 및 교통분야 전문가들을 통한 브레인스토밍(Brainstorming)을 진행하였다. 브레인스토밍 대상은 국내의 도로 및 교통분야에 종사하고 자전거도로의 연구경험이 있는 전문가 7명을 관련 기관별로 배분하여 선정하였다. 브레인스토밍은 도로관리기관(서울시 마포구청), 전문연구기관(한국교통연구원, 서울기술연구원), 공공기관(도로교통공단, 한국교통안전공단), 기타 도로설계 업무에 종사하는 민간전문가로 구성하였다. 브레인스토밍은 2020년 9월3일부터 1주일간 진행하였으며, FGI분석의 이해를 돕기 위해 사전에 본 FGI의 목적 및 내용을 설명하고 작성단계에서 지표의 정의 및 범위 등에 대해 지속적으로 정보를 공유하였다. 또한 본 연구의 2차 지표 선정 단계에서 제시한 지표 이외의 추가적인 지표에 대한 의견을 수집하여 최종적인 디지털 자전거도로대장 작성을 위한 지표선정 범위에 추가 및 검토하였다. 전문가 FGI 설문에 따른 본 연구의 적용방법은 다음과 같다. 먼저 전체 또는 6명 이상(80% 이상)의 포함 의견을 받은 평가항목의 경우에는 반영여부를 '포함'으로 하며, 4명 또는 5명인 경우(50%

이상)에는 ‘제외’로 하되, 향후 추가설계요소로 제시한다. 3명 이하 또는 전체에서 제외하여야 한다는 의견을 받은 평가항목은 ‘제외’로 하였으며, FGI 설문조사 항목에 포함되지 않았으나 과반수 이상에서 동일한 항목이 제시된 경우에는 추가설계요소로 제시하였다.

세부데이터 구분으로 전문가 FGI 결과를 분석하면, 먼저 교통분야에서 용량과 서비스수준은 현장조사 및 산정의 어려움으로 인해 제외되었다. 실제로 용량과 서비스수준은 목표연도의 교통수요를 바탕으로 하므로 자전거도로대장에 포함될 필요는 없는 것으로 판단되었고 설계속도는 제한속도와 관련이 있으므로 포함되었다.

기하구조 분야에서는 도로유형과 도로폭, 측방여유폭과 같은 교통류의 주행안전성에 영향을 미치는 요소는 모두 포함되었다. 곡선반지름은 설계에서 가장 중요한 요소이나, 기존 자전거도로의 경우 설계도면이 부재할 경우 현장조사 등으로는 조사가 어려우며, 특히 기존

차도와 병행하는 자전거도로의 경우에는 곡선반지름이 큰 의미가 없으므로 제외되었고 정지시거 역시 같은 이유로 제외되었다. 시설한계는 4.5m의 필수요소이므로 제외되었으며, 종단경사와 횡단경사, 분리대폭은 포함되었다. 우회전처리와 U턴구간 처리는 자동차와 달리 주행을 위한 공간선택이 비교적 자유로운 자전거통행의 특성을 고려하여 제외되었으며, 버스/택시정류장과 보도턱낮춤은 자전거의 주행안전성을 위해서는 필요하나 위치정보 정도의 낮은 데이터 수준과 개수가 지나치게 많아 데이터의 유효성이 떨어지는 점이 지적되었다. 교차로 교차는 포함되었으며, 육교와 지하차도 폭은 자전거가 통행하는 공간이긴 하나, 대부분 보행자를 위한 통행공간으로 데이터 구축 필요성이 떨어진다는 의견이 많았다. 자전거경사로와 자전거연결로, 터널/교량 자전거도로는 자전거이용자의 안전성 및 경로선택에 필수적인 요소이므로 포함되었다.

포장분야에서는 포장유형과 포장색상은 포장의 주행

표 5. 2차 지표 도출에 따른 3차 전문가 FGI 분석 결과

구분	설계요소	FGI 의견	반영여부	구분	설계요소	FGI 의견	반영여부
교통	용량	산정 어려움	제외	기하구조	자전거 경사로	경사로 요소	포함
	서비스수준	현장조사 어려움 장소에 따라 다름	제외		자전거 연결로	통행 경로	포함
	설계속도	사고분석 필수	포함		터널/교량 자전거도로	필수 요소	포함
기하구조	도로유형	통행특성 분석	포함	포장	포장유형	유형 파악 필요	포함
	도로폭	필수요소 분리/겸용 결정	포함		미끄럼저항성 (BPN)	안전 표준적 요소 측정 어려움	제외(△)
	측방여유폭	이용자 주행안전성	포함		포장두께	유지보수 기준 측정가능여부	제외(△)
	곡선반지름	설계도면 필요 (현장 측정 어려움) 일반도로 종속 일반도로 종속	제외	안전시설 부대시설	포장색상	이용자 주행안전	포함
	정지시거	설계속도, 종단경사 조사 시 불필요	제외		교통안전시설	교통시설 인지	포함
	시설한계	필수요소로 불필요	제외		노면표시	주행 안전성	포함
	종단경사	도로위험도 점검	포함		자전거 주차시설	별도관리됨	제외(△)
	횡단경사	도로위험도 점검	포함		조명시설	안전 필수	포함
	분리대폭	자전거도로 명확	포함		도로안전시설	레저형자전거도로	포함
	우회전 처리	자전거주행특성상 정해진 루트이의 주행 가능	제외		안내표지	경로 정보	포함
	U턴구간 처리	자전거주행특성상 정해진 루트이의 주행 가능	제외		자전거횡단도	교차로 안전	포함
	버스/택시정류장	위치정보 외 불필요	제외(△)		휴게시설	중요도 낮음 레저용에만 필요	제외
	보도턱 낮춤	자전거안전 큰 영향 기본적 시설	제외(△)		배수시설	정마찰 침수관리	횡단경사에 포함
	교차로 교차	필수 조사	포함	수리센터	중요도 낮음 별도관리	제외	
	육교/지하차도 폭	별도 시설	제외(△)	추가의견	경용도로 위치표시 전체도로 폭 차로수, 양방/일방 시종점	전체도로폭 양방/일방	

성과 안전성 측면에서 포함되었으나, 미끄럼저항성과 포장두께는 중요한 요소이나 측정의 어려움과 유지보수 기준으로 인한 문제점이 지적되었다.

마지막으로 안전시설과 부대시설에서 교통안전시설과 노면표시, 조명시설, 도로안전시설 등은 필수요소로 포함되었으나 자전거 주차시설은 별도로 관리된다는 측면에서 포함여부에 대한 이견이 있었다. 안내표지와 자전거횡단도는 경로정보와 교차로 통행 안전성 확보를 위한 중요한 요소로 판단되었다. 휴게시설은 편의시설이며, 배수시설은 횡단경사에 포함되는 시설이므로 별도의 데이터 구축이 필요없고 수리센터는 직접적인 관련이 없어 제외되었다. 공통적으로 제기된 추가 설계요소는 자전거겸용도로의 위치표시, 전체도로 폭, 차로수, 양방/일방, 시종점이다. 자전거겸용도로의 분리형은 자전거와 보행자의 통행방법을 결정하는 중요한 데이터지만 자전거도로의 유형변경이 자주 발생하므로 제외되었다. 전체도로폭은 전용차로와 우선도로의 경우 차도와 공유하는 방식으로 전체도로의 폭에 따라 자전거 통행안전성이 연계되므로 포함되었다. 일방/양방 데이터가 추가적으로 요구되었으며, 시종점 데이터도 중요한 요소로 제기되었으나, 기존 자전거도로대장에 포함되어 있어 제외되었다.

4. 설계요소 및 전문가 FGI를 통한 자전거도로대장 지표 제시

자전거도로의 설계 및 유지관리를 위한 데이터 구분 및 정부 및 지자체에서 제시하고 있는 자전거도로 설계기준에 포함되어 있는 설계요소를 대상으로 설계기준에 의한 1, 2차 지표 도출과 전문가 FGI분석을 통한 3차 지표 검토를 통해 최종적으로 자전거도로대장에 포함 가능한 지표를 선정하였다.

최종적인 자전거도로대장에 포함되어야 하는 설계요소는 [표 6]과 같다. 1차 지표와 2차 지표 검토를 거쳐 전문가 FGI를 이용한 3차 지표검토에서 최종 선정된 설계요소는 필수 설계요소로 제시하였으며, 추가적으로 제시한 2개의 설계요소 역시 포함하였다. 마지막 3차 FGI 지표 검토단계에서 전문가들의 의견이 나뉘어진 설계요소는 추가 설계요소로 제시하였으며, 이는 향후 추가적인 논의를 거쳐 검토가 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시된 24개 지표는 자전거도로의 설계 및 유지관리를 위한 최소한의 설계요소로 판단되며, 향후 '자전거이용 활성화에 관한 법률' 개정시 자전거도로대장의 필수 조사요소로 포함되어 할 것으로 판단된다. 추가적인 6개 지표는 본 연구의 검토 및 전문가 FGI에서도 의견이 엇갈리는 부분이며, 자전거도로대장의 포함여부는 신중히 결정되어야 한다. 그 이유는 신규 자전거도로의 경우에는 설계도면의 확보가 가능하므로 추가적인 지표 역시 쉽게 데이터 수집이 가능하나, 기존 자전거도로의 경우 조사량이 방대하여 자칫 부실한 데이터 수집이 될 수 있기 때문이다. 따라서 자전거도로대장의 항목 추가시에는 필수 설계요소 중심으로 진행하는 것이 바람직하며, 전문가 등의 충분한 논의를 거쳐 추가 설계요소의 포함여부가 결정되어야 할 것이다.

표 6. 최종 자전거도로대장 지표

구분	필수 설계요소	추가 설계요소
교통	설계속도	-
기하구조	도로유형, 도로폭, 측방여유폭, 종단경사, 횡단경사, 분리대폭, 교차로 교차, 자전거경사로, 자전거연결로, 터널/교량 자전거도로	버스/택시정류장, 보도턱낮춤, 육교 및 지하차도의 폭
포장	포장유형, 포장색상	미끄럼저항성(BPN), 포장두께
안전시설 부대시설	교통안전시설, 노면표시, 조명시설, 도로안전시설, 안내표지, 자전거횡단도, 휴게시설, 배수시설, 수리센터	자전거주차시설
추가 설계요소	전체도로폭, 양방/일방	-

IV. 결론

본 연구에서는 자전거도로의 인프라 데이터 구축을 위한 지표를 선정하고자 하였으며, 이를 위해 기존의 자전거도로와 관련된 설계기준 분석을 통해 지표를 도출하였다. 자전거도로의 전반적인 설치 및 운영을 담당하고 있는 행정안전부와 국토교통부의 도로설계기준과 도로설계편람을 검토하였으며, 세부적인 사항을 제시하고 있는 자전거이용시설 설치 및 관리지침을 추가적으로 검토하였다. 자전거도로의 속성데이터를 교통, 기하구조, 포장, 안전시설 및 부대시설 등 4개로 구분하여 정리하였으며, 각 구분별로 설계기준 및 지침의 지표를 정리하였다. 도출된 지표는 도로 및 교통분야 전문가들

을 대상으로 FGI을 통한 브레인스토밍을 진행하였으며, 도출된 지표 이외의 추가적인 지표까지 의견을 수렴하였다. 최종적으로 필수 설계요소는 설계속도 및 도로유형, 포장유형, 교통안전시설 등 총 24개가 선정되었으며, 추가 설계요소는 버스/택시 정류장 및 미끄럼저항성(BPN) 등 6개가 선정되었다. 필수 설계요소는 자전거도로대장 작성시에 필수적으로 포함되어야 하는 요소이며, 추가 설계요소는 도로관리자 등 자전거도로 인프라 데이터의 사용자 측면에서 추가적으로 검토가 가능한 항목이다.

본 연구에서 제시한 자전거도로대장의 설계요소는 향후 '자전거이용 활성화에 관한 법률'의 자전거도로대장 작성 항목에 반영이 가능할 것으로 판단된다. 지금까지 자전거도로는 기존의 자동차도로의 기하구조 단면의 일환으로 인지되어 데이터 구축이 제대로 되지 못한 것이 사실이다. 최근 자전거나 PM(Personal Mobility)와 같은 개인형 이동수단의 관심이 증가하고, 특히 올해 말부터 최고 속도가 시속 25km 미만이고 총 중량 30kg 미만인 개인형 이동수단이 자전거도로의 통행이 가능해짐에 따라 자전거도로의 이용률은 더욱 높아질 것으로 예상되며 자전거도로 인프라의 데이터 관리 중요성 역시 커질 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서 제시된 24개의 자전거도로대장 지표는 법 개정이 이루어질 경우 반드시 포함되어야 하는 요소로 판단되며, 향후 도로 및 교통전문가 및 도로관리청 등의 의견 수렴을 통해 추가적인 6개 지표의 포함여부를 판단할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서의 지표는 각 지표별 가중치를 도출할 수 있는 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 통해 각 지표별 가중치를 도출하고, 실제 자전거도로 등의 지표 속성데이터를 적용하는 등의 기법은 보 연구에서 적용하지 못하였으며, 향후 연구가 필요하다. 최종적으로는 일정구간의 자전거도로에 대한 안전성 평가 등에 적용가능 할 것으로 기대된다.

발 및 적용방안 연구,” 대한교통학회 학술대회 논문집, pp.315-320, 2019.

- [3] 정경옥, 이재용, “자전거인프라 평가체계,” 대한교통학회 학술대회 논문집, pp.80-93, 2011.
- [4] 정창욱, *자전거도로 이용요인 분석 및 평가지표 개발*, 명지대학교, 석사학위논문, 2013.
- [5] 전우훈, 이향미, 백남철, “지방부 자전거도로 사업우선순위 선정 방법론에 관한 연구,” 한국도로학회논문집, No.14, No.3, pp.111-120, 2012.
- [6] 정태화, 조용상, 강경우, “자전거도로 투자 우선순위 평가방안: 오산시 사례를 중심으로,” GRI 연구논총, 제13권, 제1호, pp.235-252, 2011.
- [7] Ipek N. Sener, Naveen Eluru, and Chandra Bhat, “An analysis of bicycle route choice preferences in Texas, US,” *Transportation*, Vol.36, No.5, pp.511-539, 2009.
- [8] 국토교통부, *도로설계기준*, 2016.
- [9] 국토교통부, *도로설계편람*, 2012.
- [10] 행정안전부, 국토교통부, *자전거이용시설 설치 및 관리 지침*, 2019.
- [11] 서울시, *서울형 자전거도로 설치 및 유지관리 매뉴얼*, 2012.
- [12] 한국토지주택공사, *자전거도로 설계 및 시공 매뉴얼*, 2015.

저 자 소 개

전 우 훈(Woo Hoon Jeon)

정희원



- 1999년 2월 : 한양대학교 교통공학(공학사)
- 2001년 2월 : 한양대학교 교통공학(공학석사)
- 2016년 8월 : 서울대학교 환경계획학과(도시계획학박사)
- 2001년 8월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

술연구원 연구위원

〈관심분야〉 : 도로안전, 무동력 교통수단, 도로시설

참 고 문 헌

- [1] 국토교통부, *도로업무편람*, 2018.
- [2] 김숙희, 심태일, “수원시 자전거 이용환경 평가지표 개

양 인 철(Inchul Yang)

정회원



- 1998년 2월 : 연세대학교 도시공학
학과(공학사)
- 2000년 2월 : 연세대학교 도시공
학과(공학석사)
- 2011년 6월 : Ph.D. in Civil
Engineering at Univ. of
California, Irvine
- 2011년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원
〈관심분야〉 : 자율주행, C-ITS, 도로안전, 도로시설