

자전거정책 사례 및 자전거 고속도로 도입 방안

2023.10.11.

이재영

I . 연구의 배경 및 목적

- 연구 필요성 및 목적
- 연구방법 및 흐름



I. 문제의 제기

문 제 제 기	<ul style="list-style-type: none">• 국내 자전거 분담률은 2009년 1.2%에서 2021년까지 1.2%로 제자리 수준• 동기간 자전거도로 2배 증가• 자전거도로건설 정책의 관성 탈피 필요• 자전거도로의 질적 수준을 높일 필요성 있음
----------------------	--

전국	자전거도로 총연장		자전거보행자 겸용도로 비율(%)	자전거 분담률(%)
	2010년	2022년		
전국	13,000	26,225	74.8	1.20
대전	586.9	774.7	83.5	1.57

주) 자전거분담률 : 전국은 국가교통조사 자료, 대전시는 '인구주택총조사' 기준 자료임.

자료 : 행정안전부(2023), 2022년 기준 자전거이용 현황

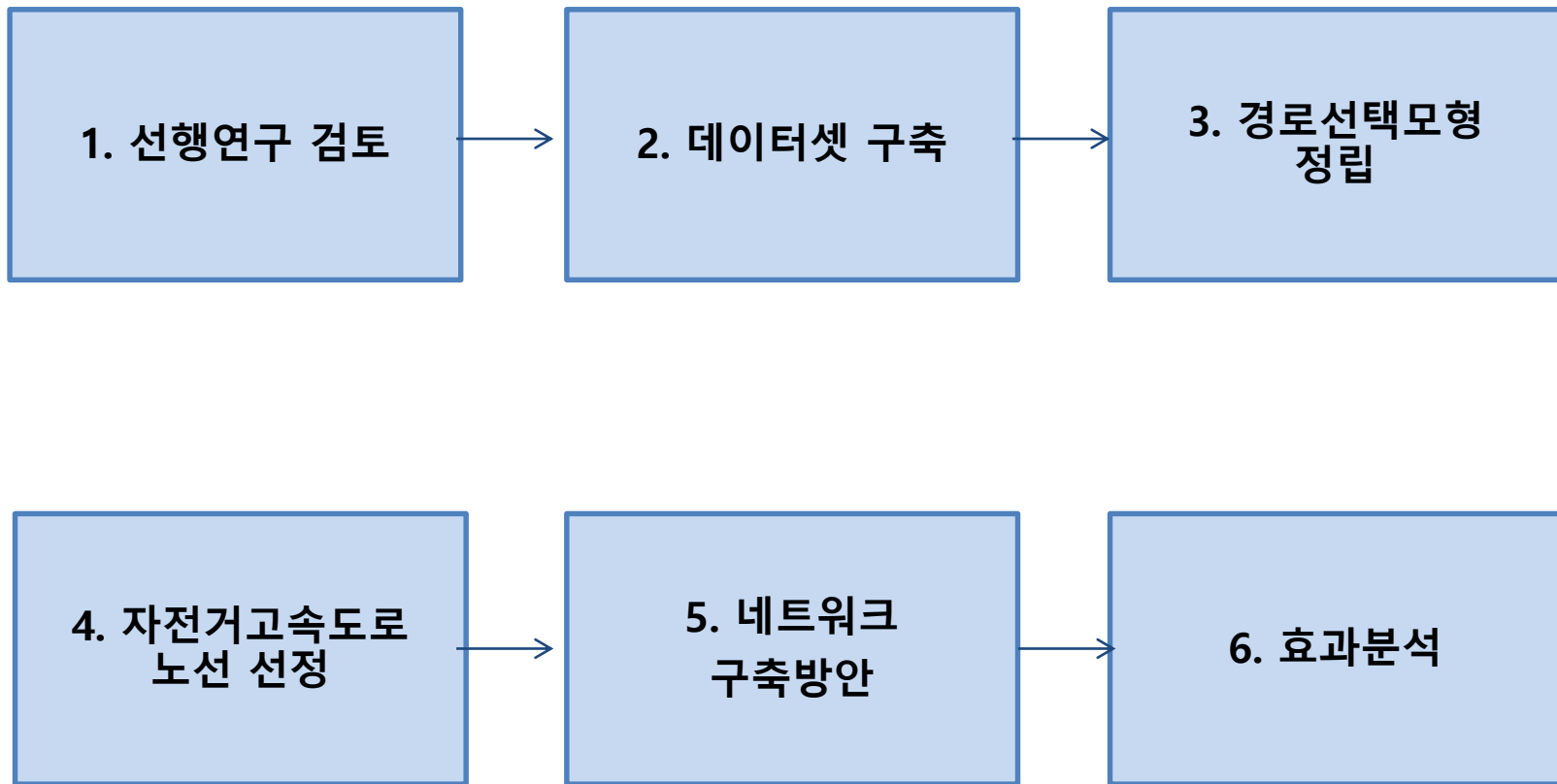
대전시(각년도), 도시교통정비 기본계획, 자전거이용활성화 기본계획

➔ 자전거고속도로의 도입 및 이를 위한 노선 선정방법론 개발 필요



자전거고속도로 노선 선정방법

■ 연구의 흐름



II . 자전거인프라 및 인식수준

- 자전거 이용 수준
- 자전거도로 인프라 및 단절 실태
- 자전거도로 수준에 대한 인식



Ⅱ. 자전거인프라 및 인식수준

2.1 자전거 이용 수준

■ 시도별 통근통학 인구 이용교통수단별 분담률(단위: %)

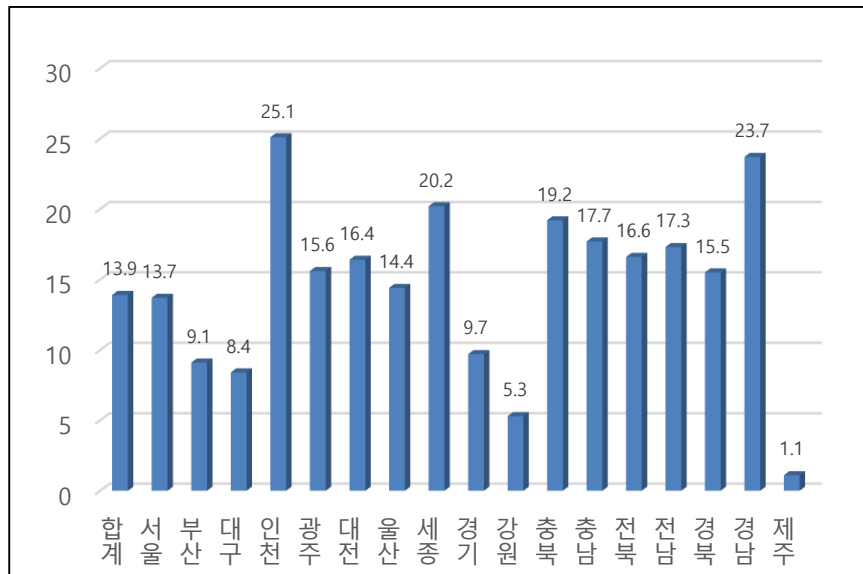
구분	자전거				
	'00	'05	'10	'15	'20
전국	1.37	1.24	1.66	1.43	1.41
서울	0.73	0.93	1.75	1.51	1.79
부산	0.35	0.49	0.68	0.61	0.73
대구	1.3	1.52	2.02	1.85	1.67
인천	0.93	0.78	1.2	1.33	1.31
광주	1.22	1.04	1.12	1.01	0.94
대전	1.16	1.04	1.63	1.69	1.57
울산	1.3	1.9	1.98	2.16	2.09
세종	-	-	-	2.25	2.43
경기	0.84	0.73	1.18	1.18	1.14
강원	1.25	0.96	1.45	1.21	1.11
충북	2.19	1.66	2.17	1.41	1.31
충남	2.27	1.48	1.82	1.09	1.06
전북	3.56	2.83	2.75	2.01	1.71
전남	2.13	1.94	1.79	1.48	1.38
경북	3.26	2.59	2.96	1.93	1.79
경남	2.01	2.04	2.45	2.12	1.86
제주	0.88	0.81	0.81	0.57	0.63

※ 통근/통학 자전거 수단분담률은 인구주택총조사 자료를 이용하여 산출
(5년 주기)



Ⅱ. 자전거인프라 및 인식수준

■ 자전거도로 현황(단위: km)



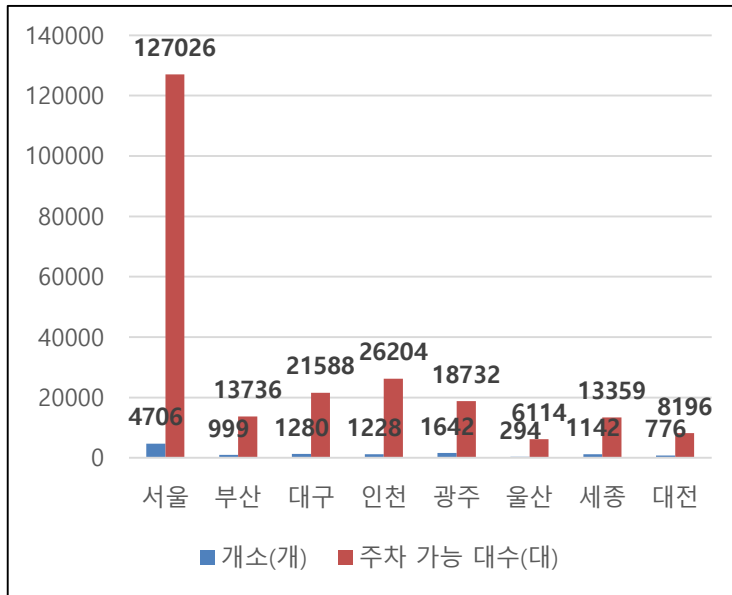
시도	자전거도로 연장(km)				자전거전용도로 비율(%)
	총 자전거도로 연장		자전거 전용도로		
	노선 수	연장	노선 수	연장	
합계	17,275	26,225.39	1,720	3,647.53	13.9
서울	1,315	1,315.99	225	179.77	13.7
부산	252	491.31	26	44.62	9.1
대구	292	1,113.12	4	93.20	8.4
인천	1,114	1,065.63	221	267.10	25.1
광주	374	667.62	24	103.88	15.6
대전	308	774.70	65	126.70	16.4
울산	639	878.71	30	126.33	14.4
세종	216	247.13	15	49.96	20.2
경기	5,516	5,829.26	430	564.68	9.7
강원	796	1,677.47	32	88.34	5.3
충북	780	1,311.36	105	251.56	19.2
충남	1,011	1,606.61	114	283.57	17.7
전북	951	1,842.03	76	305.99	16.6
전남	654	1,437.15	78	248.92	17.3
경북	1,684	2,376.39	144	367.58	15.5
경남	985	2,236.41	128	529.93	23.7
제주	388	1,354.50	3	15.40	1.1



Ⅱ. 자전거인프라 및 인식수준

2.1 자전거 이용 수준

■ 자전거주차장 설치 현황(단위: 대수)



자전거 주차장 현황

시도	계	
	개소	주차 가능 대 수
합 계	39,062	774,809
서울	4,706	127,026
부산	999	13,736
대구	1,280	21,588
인천	1,228	26,204
광주	1,642	18,732
대전	776	8,196
울산	294	6,114
세종	1,142	13,359
경기	8,657	222,378
강원	1,790	22,879
충북	1,047	13,147
충남	3,136	51,427
전북	995	30,304
전남	2,426	31,728
경북	1,250	17,570
경남	6,452	135,101
제주	1,242	15,320

※ 지방자치단체에서 관리하는 자전거 주차장에 대한 현황

※ (연도별 개소/주차대수) '20. 35,599 / 680,938 → '21. 34,938 / 667,560 → '22. 39,062 / 774,809



Ⅱ. 자전거인프라 및 인식수준

2.2 자전거도로 단절 실태

■ 자전거도로 유형

- 자전거도로는 자전거전용도로, 자전거전용차로, 자전거보행자겸용도로, 자전거우선도로로 구분
- 자전거보행자겸용도로 83.5%, 자전거전용도로 16.5%, 자전거전용차로, 자전거우선도로는 전무

자전거도로 종류	연장(km)	비율(%)
자전거전용도로	126.7	16.5
자전거전용차로	-	-
자전거보행자겸용도로	647	83.5
자전거우선도로	-	-
합계	774.7	100.0

자료 : 행정안전부(2023) 2022년 기준 자전거이용현황, p.3.

대전시 자전거도로 현황

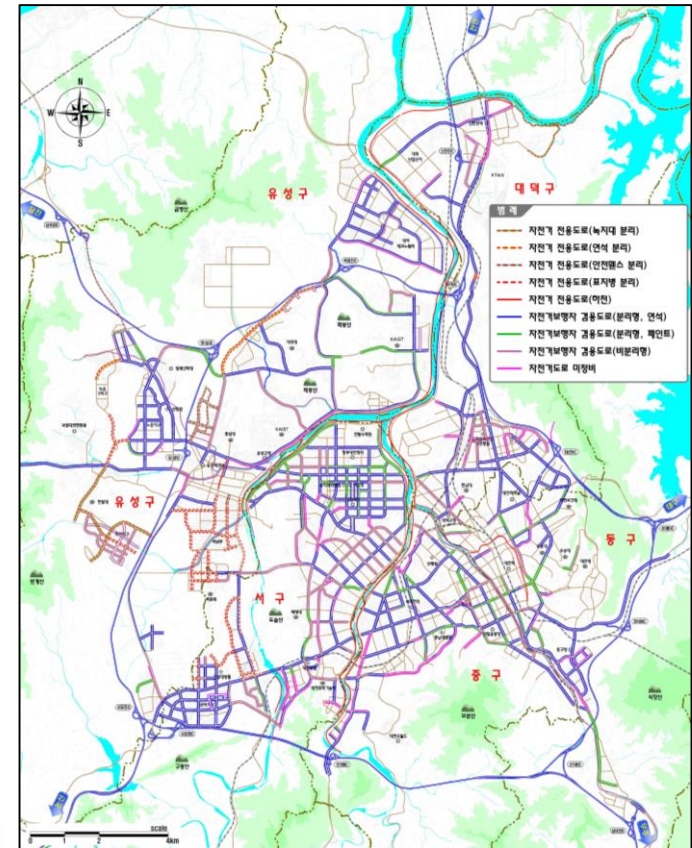


Ⅱ. 자전거인프라 및 인식수준

■ 실제 자전거도로 유형

유형	설치현황	유형	설치현황
자전거 전용도로	<p>· 녹지대 분리(등서대목)</p> <p>· 차도와 자전거도로 사이 화단을 설치한 형태</p>	자전거 보행자 겸용도로	<p>· 연석 분리(엑스포로)</p> <p>· 보도와 자전거도로 사이 연석(높이차이를) 설치하여 분리한 형태</p>
	<p>· 연석 분리(유성대목)</p> <p>· 차도와 자전거도로 사이 콘크리트 경계석을 설치한 형태</p>		<p>· 페인트 분리(가정로)</p> <p>· 동일한 포장의 보도와 자전거도로를 흰색 마킹으로 분리한 형태</p>
	<p>· 안전휰스 분리(죽동로)</p> <p>· 차도와 자전거도로 사이 안전휰스(모양)를 설치한 형태</p>		<p>· 비분리(유성대목)</p> <p>· 동일한 포장의 보도와 자전거도로를 구분없이 사용하는 형태</p>
	<p>· 표지병 분리(원신로북로)</p> <p>· 차도와 자전거도로 사이 표지병을 설치한 형태</p>		<p>· 보도중리서로</p> <p>· 보도를 이용하여 자전거가 통행하는 형태</p>
	<p>· 하천(갈천)</p> <p>· 하천변으로 도로와 분리된 자전거전용도로 형태</p>		
미정비			

본 연구에서는 연석, 녹지대, 안전휰스, 표지병 등 차도 또는 보도와의 분리대 형태에 따라 세분



자전거도로 현황도

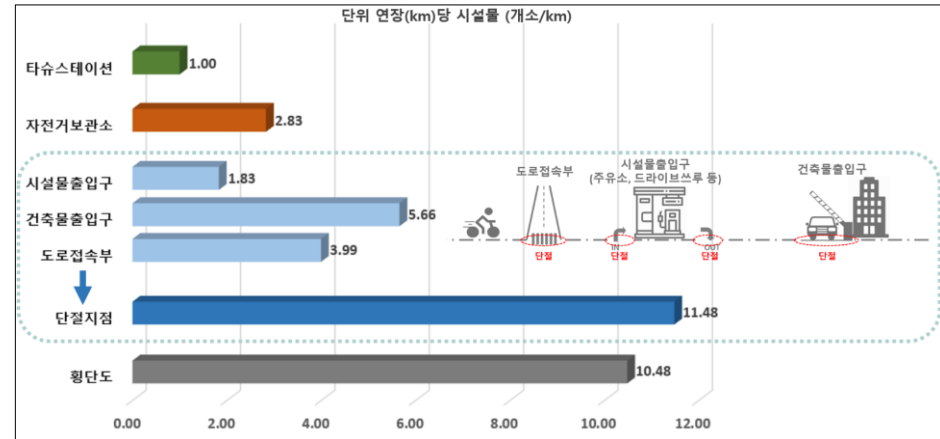


Ⅱ. 자전거인프라 및 인식수준

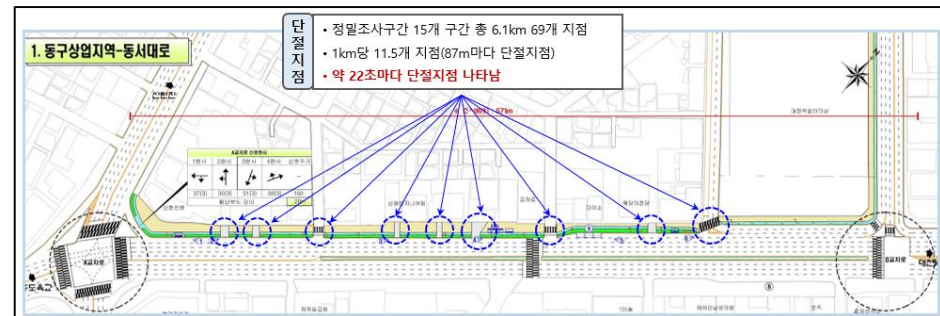
2.2 자전거도로 단절 실태

■ 자전거도로 단절 실태-대전시 조사결과

- 도로접속부 24개소, 시설물 출입구 11개소, 건축물 출입구 34개소의 단절지점(총 6km 구간)
- 즉, 시속 14km로 주행 시 22초마다 1개의 단절 발생
- '자전거보행자겸용도로' 특성 상 보도부에 설치되기 때문



자전거도로 상 주요 단절지점 수(개/km)



자전거도로 내 주요 단절구간

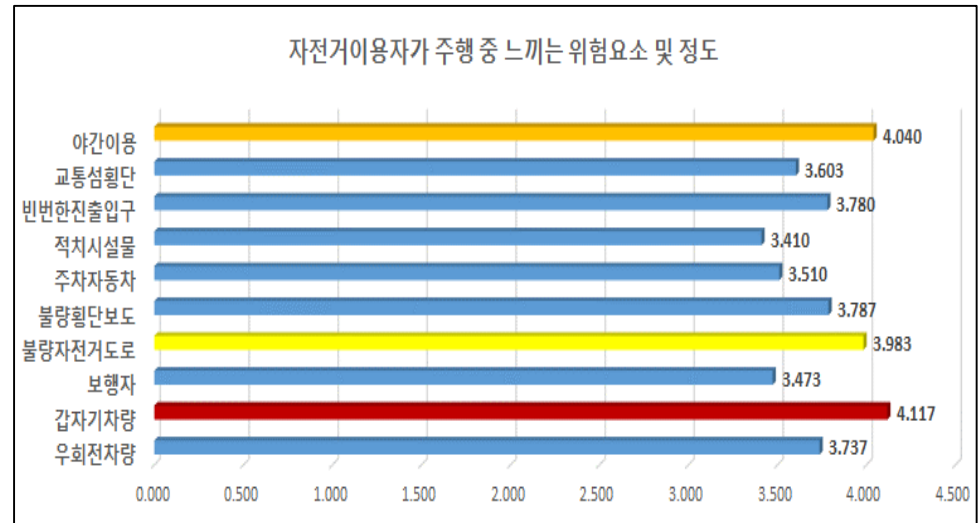


Ⅱ. 자전거인프라 및 인식수준

2.3 자전거도로 수준에 대한 인식

■ 자전거 주행 중 느끼는 위험 요소 및 정도

- 조사 결과 ‘이면도로 등에서 갑자기 나타난 차량’이 가장 위험하다고 인식
- 이면도로의 단절지점은 자전거 이용자에게 민감한 요소 중 하나
- 이외에 ‘빈번한 진출입구, 불량한 자전거도로’ 등이 이어서 순위



자전거 주행 중 느끼는 위험 요소 및 정도

III . 자전거고속도로 해외사례

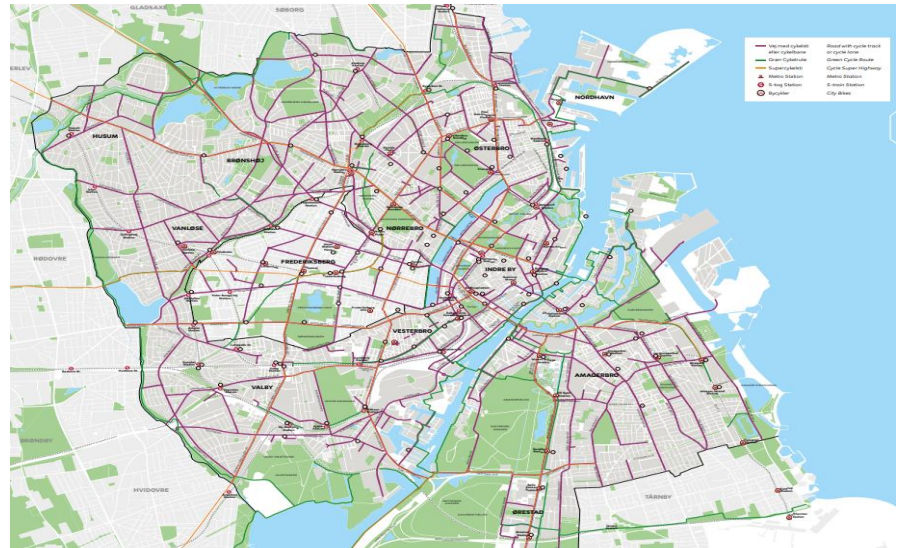
- 최고의 자전거 모범도시, 덴마크 코펜하겐
- 차별 없는 도시, 영국 런던
- 혁신의 중심에 선 자전거, 프랑스 파리
- 두바이, 2040년까지 최고의 자전거 도시

Ⅲ. 자전거고속도로 해외사례

3.1 최고의 자전거 모범도시, 코펜하겐

■ 자전거고속도로(Cycle Superhighway)의 시작

- 덴마크 코펜하겐은 전세계적으로 자전거 인프라가 잘 갖춰진 모범도시
- 1970년대 초 중동 석유 위기 이후 자전거가 주요교통수단으로 자리잡으며 정책과 인프라 등이 발전
- 그 중 세계 최초의 자전거고속도로인 ‘사이클 슈퍼하이웨이 (Cycle Superhighway)’ 구축



코펜하겐 자전거도로망 (2022)



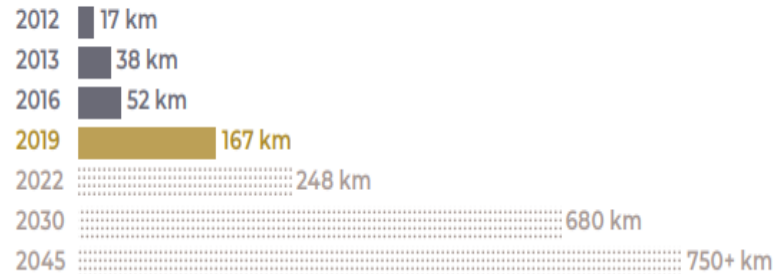
Ⅲ. 자전거고속도로 해외사례

3.1 최고의 자전거 모범도시, 코펜하겐

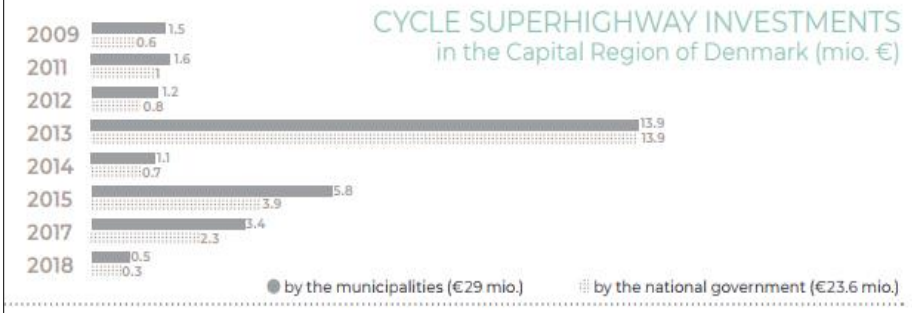
■ 자전거고속도로(Cycle Superhighway)의 구상

- 접근성이 높은 고품질의 자전거 경로를 제공하며 주거, 교육 등의 구역을 연결
- 2009년부터 10년 동안 8개의 사이클 슈퍼하이웨이 건설
- 2045년까지 총 45개 노선과 750km가 넘는 고품질 노선을 구축하는 비전 제시

THE EVOLUTION OF CYCLE SUPERHIGHWAYS



사이클 슈퍼하이웨이의 건설

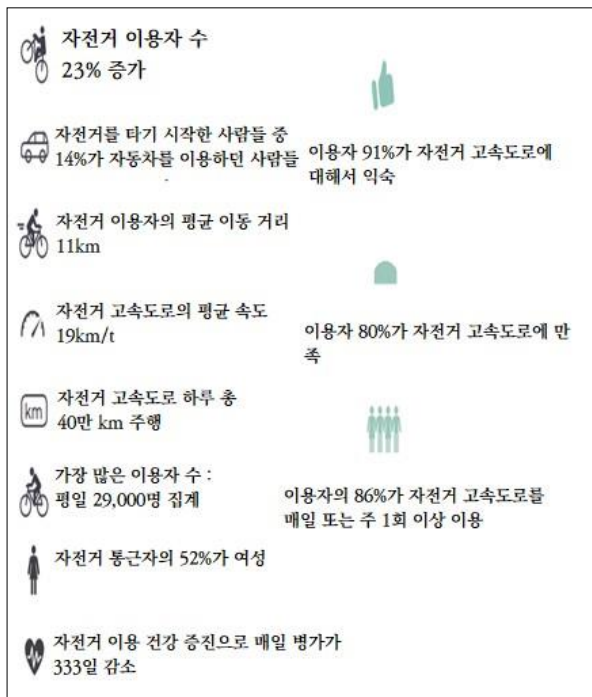


사이클 슈퍼하이웨이 투자 추이

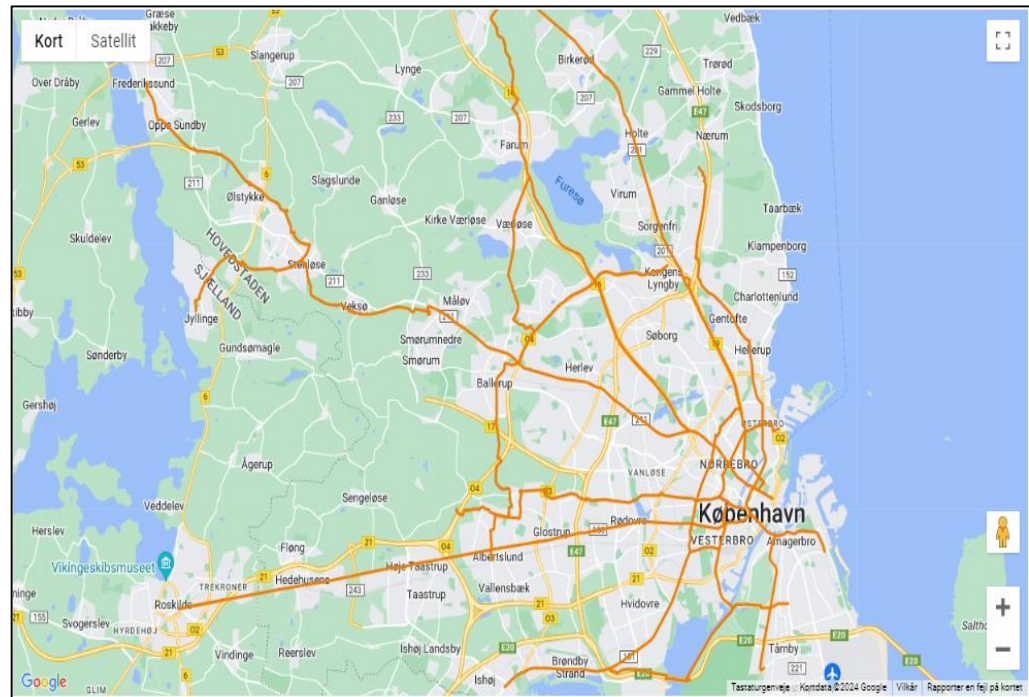
Ⅲ. 자전거고속도로 해외사례

3.1 최고의 자전거 모범도시, 코펜하겐

■ 자전거고속도로(Cycle Superhighway)도입 효과



사이클 슈퍼하이웨이 결과 및 효과



사이클 슈퍼하이웨이 네트워크

Ⅲ. 자전거고속도로 해외사례

3.2 차별 없는 도시, 영국 런던

■ 자전거고속도로(Cycle Superhighway)의 구상

- 2010년대에 들어서면서 Cycle Superhighways와 Quietways 도입
- 2018년 이후에는 Cycleways라는 기존의 자전거고속도로를 활용해 새로운 자전거도로 시스템 구축
- 그 중 세계 최초의 자전거고속도로인 ‘사이클 슈퍼하이웨이 (Cycle Superhighway)’ 구축



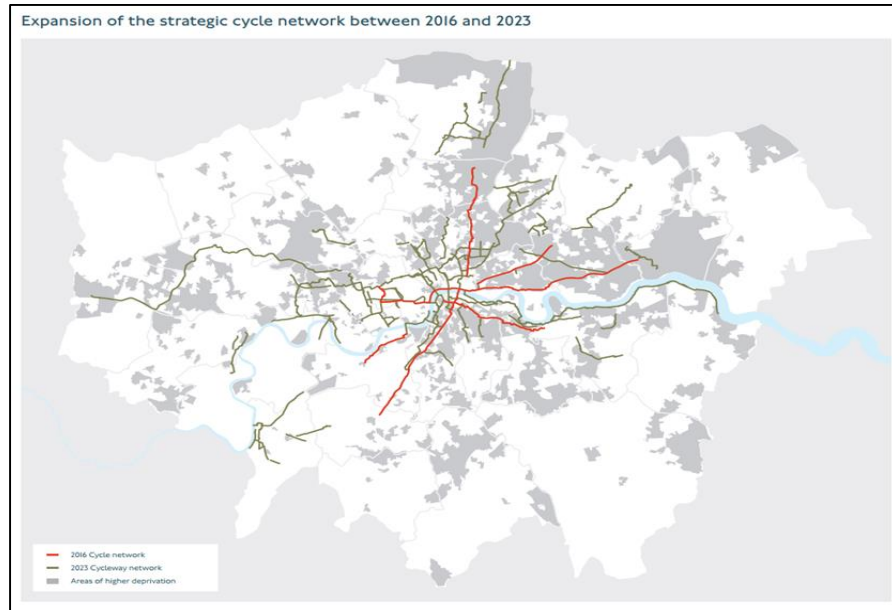
Cycle Superhighways(CS)와 Quietways(Q)

Ⅲ. 자전거고속도로 해외사례

3.2 차별 없는 도시, 영국 런던

■ Cycle Superhighways와 Quietways

- 2016년 런던의 자전거 네트워크는 90km의 Cyclehighways와 Quietways로 구성
- 팝업 자전거 차선, 안전한 도로 등 2018년 이후로는 Cycleway 네트워크 두 배 증가
- 2019년도에 새로운 품질 기준 및 자전거 설계 표준 발표



2016-2023 전략적인 자전거 네트워크의 확장

1. 자전거 이용자를 위한 분리 : 차량 교통량에 따라 자전거와 자동차 간의 분리 수준 설정
2. 차량 속도 : 자전거 이용자의 안전을 위한 적절한 차량 속도 유지
3. 자전거도로의 적절한 폭 : 지역 상황에 맞는 자전거도로의 폭 제공
4. 교차로에서 자전거와 자동차 간의 충돌 가능성 최소화
5. 도로 옆 주차나 기타 활동이 자전거 이용자에게 미치는 영향 최소화
6. 대형 차량과 자전거 간의 접촉 가능성 최소화

Ⅲ. 자전거고속도로 해외사례

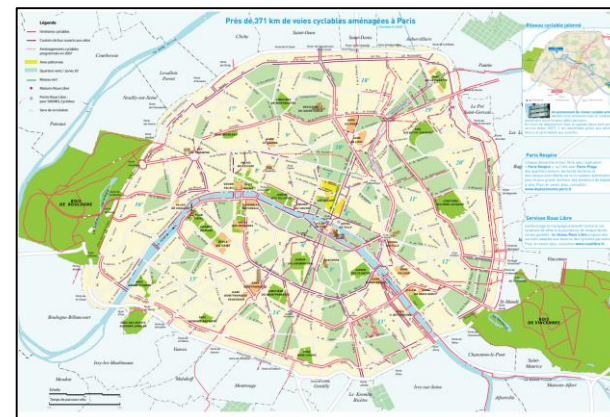
3.3 혁신의 중심에 선 자전거, 프랑스 파리

■ 프랑스 파리의 자전거 인프라

- PlanVelo:Act 2(2021-2026)
계획에서 파리를 100% 자전거
친화도시로 만드는 것을 목표
- 파리의 자전거도로와 인접 도시들의
자전거도로를 연결하는 연속성 보장
- Velopolitain 네트워크는 RER 자전거
경로를 통합하여 지역 차원의 네트워크를
형성하고, 외곽까지 연결



2021-2026년 사이클링 계획 지도



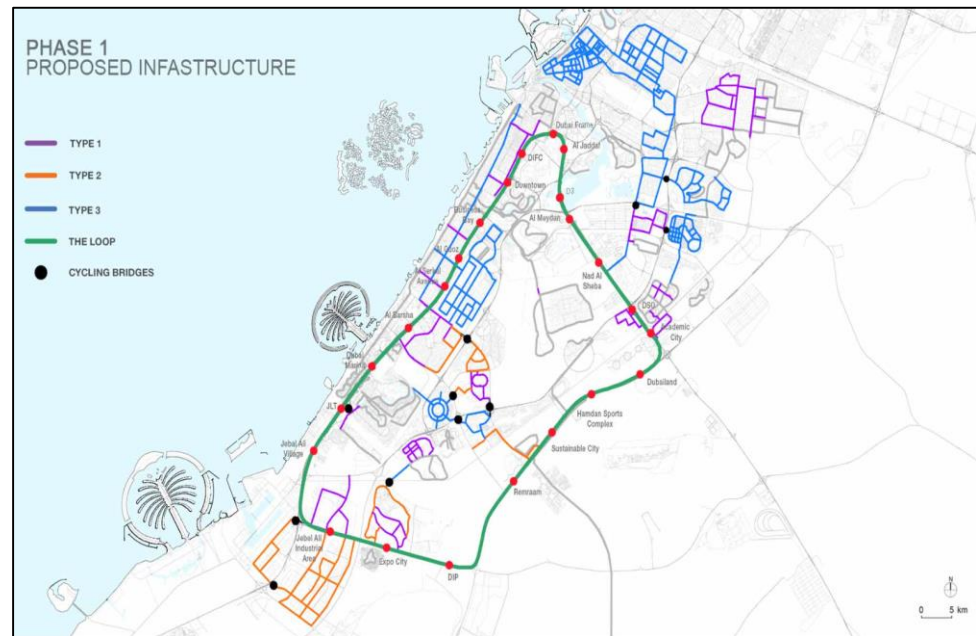
프랑스 파리 자전거 도로 경로

Ⅲ. 자전거고속도로 해외사례

3.4 두바이, 2040년까지 최고의 자전거 도시

■ 두바이 사이클 시티 2040

- 두바이는 2040년까지 세계 최고의 자전거 친화적 도시를 만들기 위해 ‘두바이 사이클 시티 2040’을 발표
- 현재 세계 최고 수준의 자전거 도시인 코펜하겐 등보다 2배 가량 긴 약 1,000km 연장의 자전거도로 계획
- 총 4가지 형태의 자전거도로로 계획



두바이 사이클 시티 2040 계획도

Ⅲ. 자전거고속도로 해외사례

3.4 두바이, 2040년까지 최고의 자전거 도시

■ 두바이 사이클 시티 2040



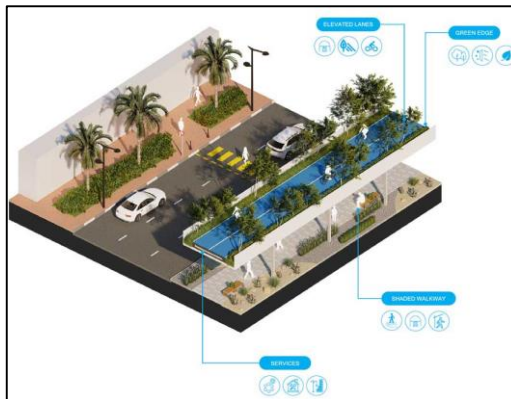
사이클 시티 타입 1

편리한 환승을 위해
대중교통과 연결



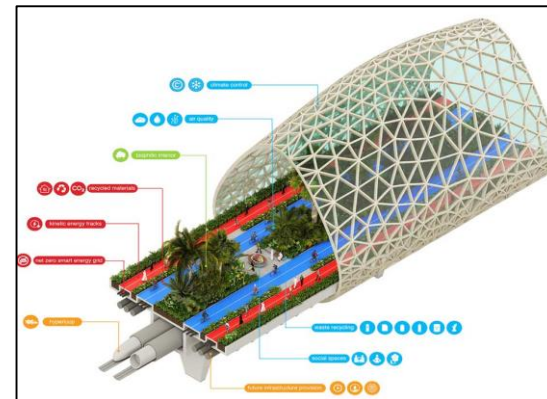
사이클 시티 타입 3

거리 최소화 위해
자전거 도로 간에 연결



사이클 시티 타입 2

차선이 부족한 도로에
고가 자전거도로 연결



사이클 시티 타입 4

튜브형태로 제작, 기상
조건에 관계없이 통행

Ⅲ. 자전거고속도로 해외사례

3.4 두바이, 2040년까지 최고의 자전거 도시

■ The Loop 프로젝트

- 두바이 도시 계획 및 개발 회사인 URB가 '그린 스파인 프로젝트' 발표
- 그 중 'The Loop' 프로젝트는 보행과 자전거에 중점을 둔 자전거 고속도로 사업
- 이 프로젝트의 첫 번째 단계는 2024년 내로 완료될 예정



The Loop 경로



The Loop 조감도

- 93km의 총 연장
- 이산화탄소 제로 배출 운송 시스템
- 에너지 전환을 통한 100% 에너지 재생
- 관개용 100% 재활용수
- 이용객을 위한 추가 편의시설
- 식량을 위한 친환경 농장

IV . 자전거루트 경로선택 모형의 정립

- 확률선택이론과 자전거도로 경로선택
- 경로선택 모형의 정립 및 분석



어떤 요소가 경로선택에 영향을 미칠까요?

영향요소	변수	가정
통행시간	time_m	통행시간이 길수록 간섭이 적은 경로를 선호
통행속도	speed_kmh	통행속도가 빠를수록 간섭이 적은 경로를 선호
통행거리	dist_km	통행거리가 멀수록 간섭이 적은 경로를 선호
단절지점 수	seam(N)	자전거 경로상 단절지점이 많을수록 그 경로를 회피
버스정류장 수	Stop-bus(N)	자전거 경로상 버스정류장이 많을수록 그 경로를 회피
보행자 수	-	자전거 경로상 보행자가 많을수록 그 경로를 회피 - 간접변수로 조사 필요
보행자 겸용도로	sharedRoad(m) Shared Ratio_%	자전거 경로상 보행자겸용도로의 비율이 높을수록 그 경로를 회피
경사	min-alt_m	경사요소는 어떠한 형태로든 영향을 미친다. 가장 관련성이 높은 변수 형태를 찾아야 한다.
	max-alt_m	
	gap_altitude	
	avg_slope_%	
	uphill slope_m	
	ratio_uphillslope_%	
2차로 연접도로	2laneRoad(m)	자전거도로 경로상 2차로 이상 차로와 연접하는 경우, 연장
	2lane Ratio_%	
상업지역	C-length(m)	보행자 수 대체 변수
연접 연장	C-ratio_%	경로상 상업지역 연장

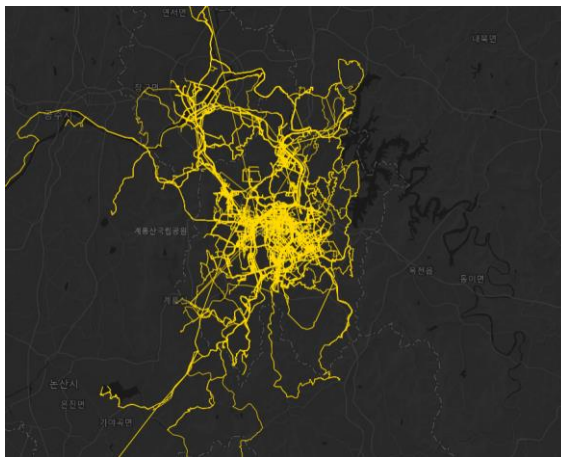
영향변수 적용



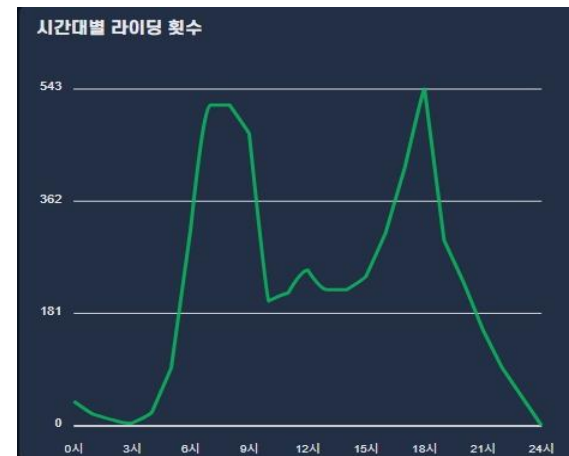
■ 데이터 수집

활용 자료 : 어플리케이션 ‘벨로가사이클’ 이용자를 활용한 현시(RP자료)
대상 통행 : 총 5,747 통행
분석 기간 : 2024.05.13~2024.08.20

① 이상치 제거	<ul style="list-style-type: none">· 연장 : 1km 미만 통행, 13km 이상 통행거리 제외· 요일 : 토요일, 일요일 통행 제외· 경로 : 출발지점으로 돌아오는 회귀 경로 통행 제외
② 중복통행 제외	<ul style="list-style-type: none">· 통행자, 경로 등 중복 통행 제외
③ 데이터셋 구축	<ul style="list-style-type: none">· 선택 경로 : 실제 통행 경로· 선택되지 않은 경로 : 다음 지도에서 선택 경로의 실제 기종점과 동일한 지점을 선정하고 다음에서 제시한 추천경로, 최단경로, 편안한 경로 등 선택



이용자 경로 선택도



시간대별 자전거 이용 특성



■ 모형 요약

단계	-2 로그 우도	Cox 및 Snell R 제곱	Nagelkerke R 제곱
1	154.637a	.358	.478

a. 모수 추정값이 .001 미만으로 변경되었으므로 반복 번호 6에서 추정 종료

■ 본 연구 결과의 자전거고속도로 적용 방안

본 연구 검증	자전거고속도로 네트워크 적용
자전거도로가 자주 끊기는 것을 선호하지 않는다.	경로상 단절지점 최소화 - 단절지점 최소 경로 - 단절지점 보완/개선
자전거도로 끊김, 인접 차도의 교통량, 자전거도로 내 보행자 등이 스트레스 요인이다.	단절지점 최소화 경로, 보행자상충 최소화 - 버스정류장 우회 - 상업지역; 이면도로 이용 경로 최적화
자전거도로의 주행편의성에 따라 우회할 수 있다. 오르막 길이가 긴 루트는 피한다.	오르막 길이는 자전거이용자에게 민감 - 최소구간 선정 - 기하구조 개선 통한 오르막 완화
자전거보행자겸용도로를 좋아하지 않는다. 교통량이 많거나 혼잡한 도로를 선호하지 않는다.	보행자상충 최소화 - 버스정류장 우회 - 차로 교통량, 통행속도 저감 - 상업지역; 이면도로 이용 경로 및 인접 차로 교통량/속도 영향 최소화
자전거이용자의 속성보다는 자전거도로 자체의 특성에 영향을 받는다.	고퀄리티 자전거도로 제공 승용차, 버스, 전철 등과 비교우위 확보

V . 자전거고속도로 구축방안

- 자전거고속도로의 개념 정리
- 자전거고속도로의 네트워크 구상
- 효과분석



V. 자전거고속도로 구축방안

5.1 자전거고속도로의 개념 정리

■ 자전거고속도로 개념

‘자전거를 자동차 및 대중교통과 동등한 매력적인 교통수단으로 만들기 위해 고품질의 자전거 경로를 제공하여 주거, 업무, 교육 기능을 연결하는 최상위 자전거도로 네트워크’

■ 자전거고속도로 요구조건

1. 자전거 이용자를 위한 분리 : 차량 교통량에 따라 자전거와 자동차 간의 분리 수준 설정
2. 차량 속도 : 자전거 이용자의 안전을 위한 적절한 차량 속도 유지
3. 자전거도로의 적절한 폭 : 지역 상황에 맞는 자전거도로의 폭 제공
4. 교차로에서 자전거와 자동차 간의 충돌 가능성 최소화
5. 도로 옆 주차나 기타 활동이 자전거 이용자에게 미치는 영향 최소화
6. 대형 차량과 자전거 간의 접촉 가능성 최소화

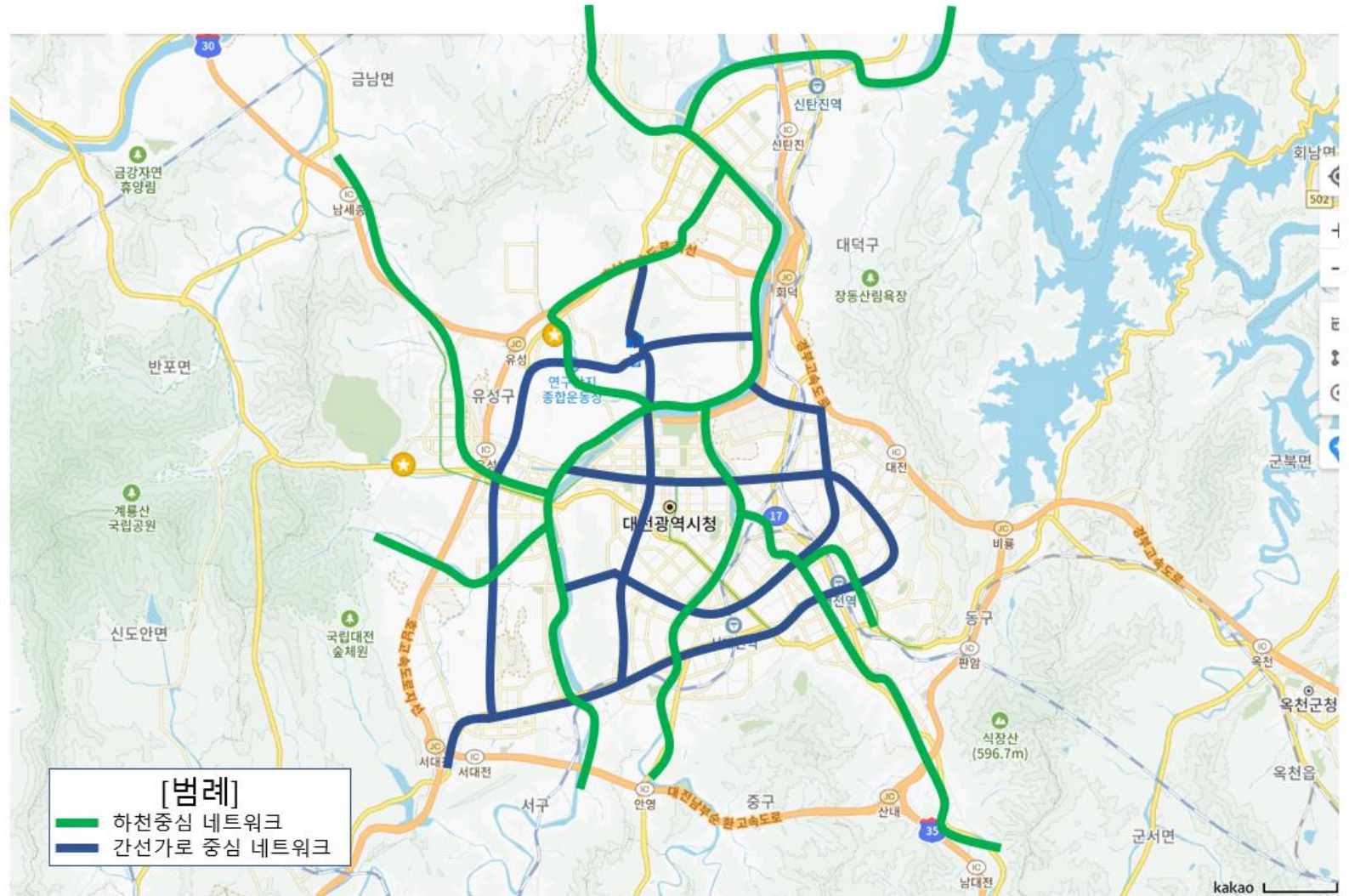
■ 사업 시행 순서

1. 경로선택 모형 이용 변수 도출 (이용자 중심 네트워크 구축)	변수별 영향력 활용	본 연구결과 활용	단절지점 수
	버스정류장 수	보행자 수(상업지역 연결 길이)	인접 차로 교통량/속도
2. 주요 자전거고속도로노선의 속성자료 구축	전체 후보 노선에 대한 속성자료 구축		
3. 고속도로 노선에 대한 경로선택확률 산출	고속도로 네트워크 대상 경로 우선순위 설정		
4. 우선순위에 따라 자전거고속도로 세부 현장조사	현장 여건 검토	자전거전용도로	
	차로수/폭 축소/자전거전용차로	분리형 자전거도로 등	
5. 교통운영 변화	교통운영 변경	자전거전용신호체계	
	교통류 연동	보행교통과 분리	
6. 시범운영	1. 노선; 하천도로망+기종점 연계 간선가로망		
	2. 운영; 신호연동		
	3. 기종점; 자전거보관체계 구축(주차장)		



V. 자전거고속도로 구축방안

자전거고속도로망 예시



■ 효과분석

비교분석을 위한 효과척도는 **통행시간**이다.

- 자전거고속도로의 통행속도는 28km/h → 덴마크 코펜하겐 같은 해외사례를 참고하여 25~30km/h 사이인 28km/h로 설정
- 기존 일반 도로의 통행속도는 20km/h로 설정 → 카카오맵 자전거 통행속도의 기준 값인 20km/h로 설정

■ 분석방법

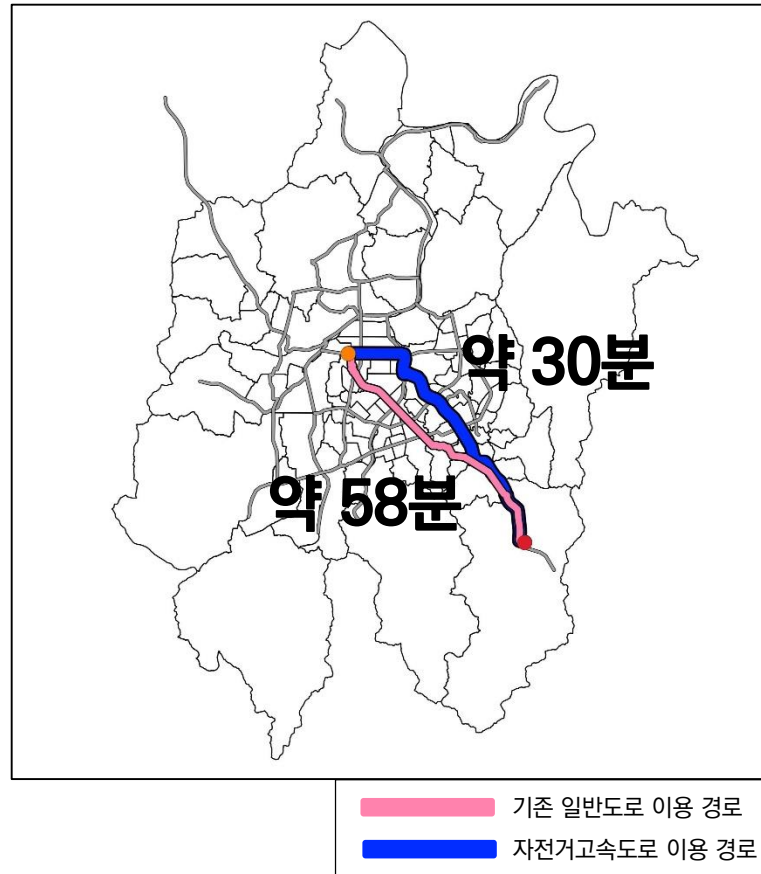
분석방법은 총 2가지로,

첫번째 방법은 자전거고속도로 노선과 동일한 기종점을 갖는 일반 자전거도로의 통행시간(카카오맵 기준)을 비교

두번째 방법은 각 행정구역의 중심점을 기점으로 대전광역시청을 종점으로 설정하고 그 통행시간을 비교

■ 첫 번째 방법

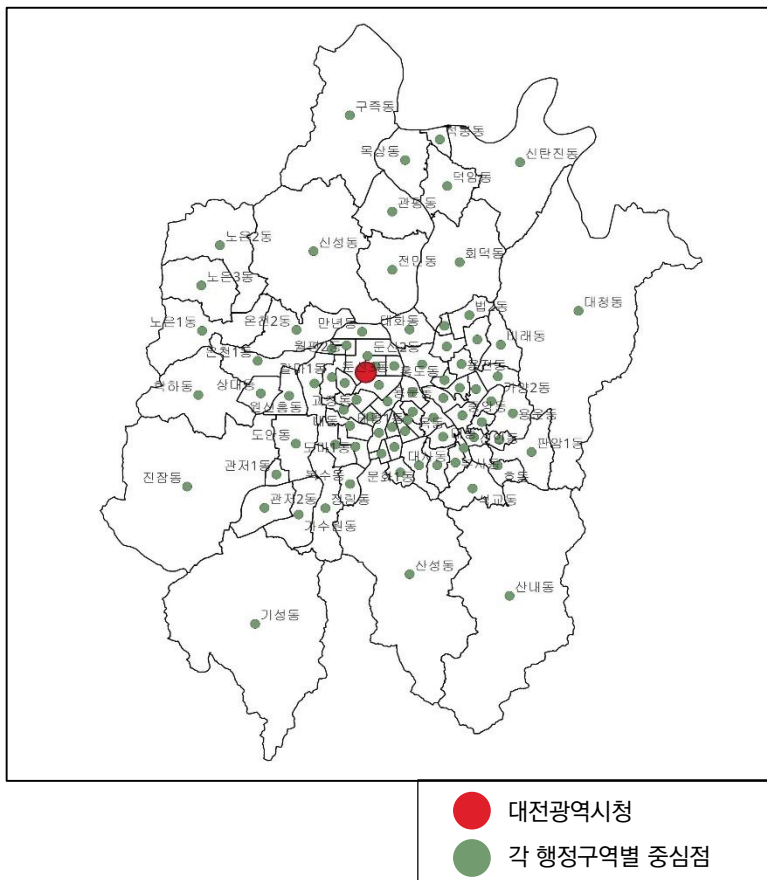
자전거고속도로 노선과 동일한 기종점을 갖는 일반 자전거도로의 통행시간을 비교하여 총 10개의 경로를 선정



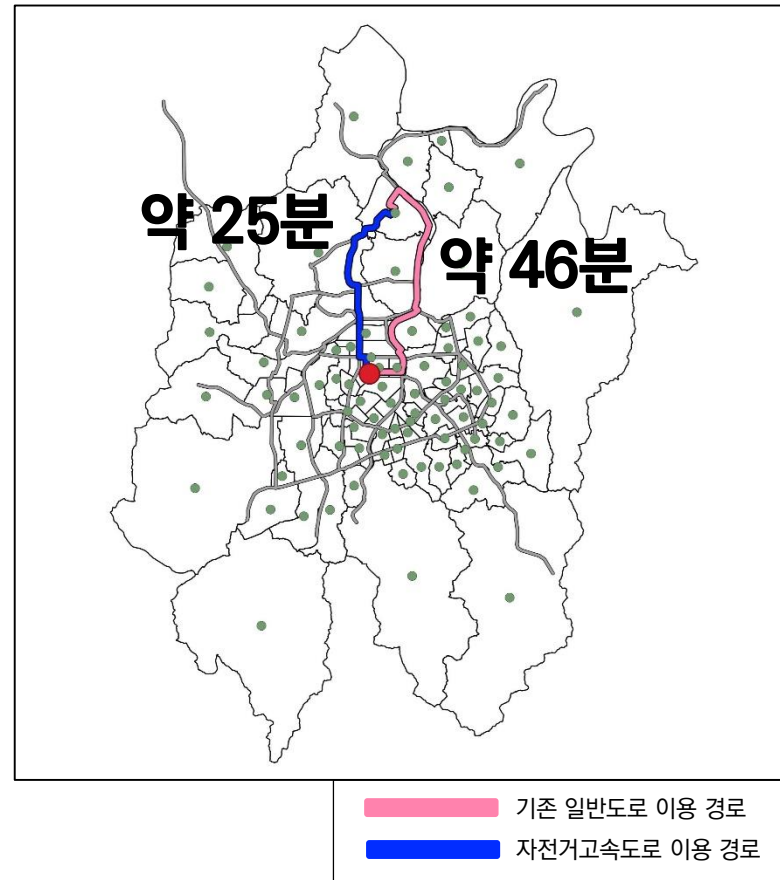
첫 번째 방법 분석 예시(갈마역~산내동행정복지센터)

■ 두 번째 방법

각 행정구역의 중심점을 기점으로, 대전광역시청을 종점으로 설정하여 자전거고속도로와 일반 자전거도로를 비교



대전광역시청과 각 행정구역별 중심점



두 번째 분석 방법 예시(관평동~대전광역시청)



■ 효과분석 요약

방법	통행시간 감소(%)
1. <루트 통행시간 비교> 자전거고속도로 노선 vs 동일한 기종점을 갖는 일반자전거도로	44%
2. <각동 중심점에서 시청까지 통행시간 비교> 자전거고속도로망 완성 vs 자전거도로망 미완성	34%

VI. 결론

결론적으로,

**자전거고속도로의 개념을 정립하고
방법론을 개발하여
자전거도로의 질적 수준 높일 필요가 있음.**

**자전거는 교통수단.
교통수단은 다른 경쟁수단(자가용승용차, 전철, 택시 등)이 있음.
타수단과의 경쟁에서 비교우위가 있어야 자전거를 선택함.**

**비교우위는 효용으로 나타나며
효용에 크게 영향을 주는 것은 단절임.
단절을 최소화하여 연속적인 통행경험을 통해 경쟁력 제고 가능.**

**자전거고속도로.
자전거고속도로는 단일 루르보다는 네트워크를 형성할 때 효과 큼.**

THANK YOU