

2차로 자전거도로의 앞지르기 차로 설계방안 연구

A Study on the Design of Passing Lane on a Two-way Bikeway

전우훈¹, 김진국^{2*}

Woo Hoon Jeon¹, Jinguik, Kim^{2*}

요약

본 연구에서는 국내 하천변 자전거도로에서 앞지르기 차로 설계방안을 제시하였다. 이를 위해 하천변 자전거도로 시뮬레이션 네트워크를 구축하였으며, 도로구간 길이와 교통량 등을 반복 시뮬레이션을 통해 적정 앞지르기 차로 길이를 도출하고자 하였다. 분석 결과 자전거 차량군 백분율 감소에 따른 적정 앞지르기 차로의 길이는 전반적으로 유사한 경향을 보이고 있으나, 비교적 짧은 구간인 도로구간 1km~3km에서는 특정한 임계치가 나타나지 않는 것으로 분석되었다. 또한 앞지르기 차로의 길이가 100m 미만인 경우에도 자전거교통류의 안정에는 큰 역할을 하지 못하는 것으로 분석되었다. 국내 하천변 자전거도로의 효율적인 앞지르기 차로 설치는 도로구간의 길이가 5km 이상인 경우 시간당 교통량이 400대일 때 100m~200m이고, 600대/시 일 때는 300m~400m가 적절한 것으로 제시되었다. 또한 자전거 교통량이 800대/시~1,000대/시 일 때는 앞지르기 차로의 길이가 500m~600m가 적정하며, 교통량이 1,200대/시~2,000대/시 인 경우에는 600m~700m가 적절한 것으로 제시되었다.

핵심어 : 자전거도로, 앞지르기 차로, 자전거교통류, 자전거교통사고, 차량군 백분율

Abstract

In this study, a design plan for a passing lane on a bicycle road along a river in Korea was proposed. A simulation network of bicycle paths along a river was established, and the length of the appropriate passing lane was derived through simulations of the length of the road section and traffic volume. As a result of the analysis, it was analyzed that the length of the appropriate passing lane according to the decrease in the percentage of the bicycle group showed a similar trend overall, but no specific threshold appeared in the relatively short section of 1km to 3km of the road section. In addition, it was analyzed that even if the length of the passing lane is less than 100m, it does not show a significant role in the stability of bicycle traffic. It was suggested that 100m-200m is appropriate for the installation of an efficient passing lane on a bicycle road along a river in Korea when the length of the road section is more than 5km, and 300m-400m is appropriate for 600cars/hour. In addition, it was suggested that 500m-600m is appropriate for the passing lane when bicycle traffic is 800 cars/hour to 1,000 cars/hour, and 600m-700m is appropriate for 1,200 cars/hour to 2,000 cars/hour.

Keyword : Bicycle Road, Passing Lane, Bicycle Flow, Bicycle Accident, Percentage of the bicycle group

1 Department of Highway & Transportation Research, KICT, Gyeonggi-do, Korea [Research Fellow]
e-mail: cwsoon@kict.re.kr

2 Department of Highway & Transportation Research, KICT, Gyeonggi-do, Korea [Researcher]
e-mail: jingukkim@kict.re.kr (Corresponding author)

Received(October 14, 2024), Review Result(1st: November 1, 2024), Accepted(December 11, 2024), Published(December 31, 2024)



© 2024 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

1. 서론

우리나라의 교통정책은 급격한 경제성장에 따른 개인 자동차의 보유 증가가 시작된 1970년대에 이르러 자동차 중심으로 변화하게 된다. 전국 단위의 교통정책은 1972년부터 시작된 제3차 경제개발 5개년 계획에 따라 호남·영동 및 남해안 고속국도 완공을 포함한 고속국도 1,000km를 새로 건설하였으며, 1977년부터 시작된 제4차 경제개발 5개년에는 기존 고속국도와 주요 산업입지를 연결하여 간선 도로망의 효율을 제고하고 특히 교통량이 많은 구간의 혼잡해소와 교통소통의 원활을 위해 일반도로를 4차로 확장하는 등 교통정체 해소와 원활한 소통이 가장 큰 목적이었다. 또한 1980년대 후반부터 기존의 도심뿐만 아니라 중동, 평촌, 산본, 분당, 일산 등 신도시를 건설하면서 서울도심부와 신도시 및 신도시 내(內) 교통 역시 도시고속화 도로와 도심부를 관통하는 4차로 이상의 도로를 통해 지속적으로 증가하는 교통량을 해소하는 데 역점을 두었다 [1]. 이러한 자동차 중심의 인프라 공급 위주의 교통정책은 초기에는 일부 지·정체가 해소되는 등 효과가 있었으나, 계속적으로 증가하는 교통수요를 해결하는 것은 사실상 불가능하였다. 특히 주거지역 주변의 생활 중심도로 및 이면도로에서 자동차의 증가에 따른 교통혼잡과 교통사고, 도로소음, 주차문제 등은 심각한 사회문제로 대두되게 되었으며, 이를 해결하기 위해 교통정온화(Traffic Calming) 기법이 1990년대부터 조금씩 적용되기 시작하였다 [2]. 교통정온화는 자동차의 주행속도를 낮추고 보행자 및 자전거이용자 등의 이동성과 안전성을 높일 수 있는 기법이며, 이를 통해 점차적으로 보행과 자전거 교통의 활성화에 대한 필요성이 대두되었다.

2010년대에 이르러 정부의 4대강사업 등 대규모 국책사업에 자전거이용시설 및 관련 인프라의 확대가 포함되면서 자전거인프라는 대폭 증가하게 되었다. 특히 4대강 자전거도로 등 하천 중심의 자전거도로는 국가 자전거 정책 마스터 플랜의 일환으로 건설되어 레저스포츠로서 자전거 이용 활성화에 큰 기여를 하고 있다 [3]. 이에 따라 한강 자전거도로, 안양천 자전거도로 등 서울과 수도권을 연결하는 하천에는 폭원 3m 이상의 자전거도로가 전 구간에 건설되어 많은 자전거이용자들이 이용하고 있다. 하천변 자전거도로에는 가족 중심의 비교적 저속으로 주행하는 생활형 자전거 이용자와 자전거 동호회 중심의 고속 레저형 자전거이용자가 혼재되어 있다. 이로 인해 속도가 높은 자전거동호회와 비교적 저속인 가족 중심의 자전거이용자는 주행속도의 편차로 인해 끊임없이 추월이 발생하게 된다 [4]. 특히 자전거이용이 가장 많은 봄·가을과 주말 및 공휴일에는 구간별로 교통 용량(Capacity)상태가 발생하며, 제한된 자전거도로 폭 내부에서 고속 주행하는 자전거이용자가 저속 자전거이용자를 추월하게 되어 자전거교통류 전체가 불안정하게 된다. 이를 방지하기 위해 고속으로 주행하는 자전거이용자들의 주행속도를 낮추어 전체 교통류를 안정화시키기 위해 자전거도로 본선에 고원식 횡단보도를 설치하는 등 대책이 강구되고 있다 [5]. 하지만 이러한 물리적

인 도로시설물은 어린이 및 노약자 등의 자전거이용자들에게 위험할 수 있으며, 야간 등 시인성이 확보되지 않는 곳에서는 대형 교통사고로 연결될 수 있다.

국토교통부의 ‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설’에 따르면 차도의 경우 양방향 2차로 도로에서 저속자동차로 인해 동일 진행방향 후속 자동차의 속도감소가 유발되고 반대차로를 이용한 앞지르기가 불가능한 경우에 앞지르기 차로로 설치하도록 규정하고 있다 [6]. 이러한 앞지르기 차로는 비교적 적은 공사비를 투입하여 도로의 용량을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 교통사고의 위험성을 현저히 감소시킬 수 있는 설계방법이다. 반면 자전거도로에서는 아직까지 앞지르기 차로의 설계기준은 없는 상태이다. 따라서 본 연구에서는 국내 하천변의 자전거도로 혼잡을 줄이고 고속 자전거이용자와 저속 자전거이용자의 추돌사고를 방지하기 위해 2차로 자전거도로에서의 앞지르기 차로 설계방안을 제시하고자 한다. 앞지르기 차로의 운영효율을 분석하기 위해 미시적 교통시뮬레이션 프로그램인 VISSIM을 활용하였으며, 앞지르기 차로의 효율성을 판단하기 위한 효과척도(Measure of Effectiveness, MOE)는 전체 관측 자전거교통량에서 차두시간이 일정시간 이하인 교통량의 비율인 자전거 차량군 백분율(%)으로 산정하였다.

2. 선행연구 고찰

본 연구는 하천변 2차로 자전거도로의 교통혼잡 완화 및 교통사고 감소를 위해 앞지르기 차로의 설계방안을 제시하는 데 목적이 있다. 본 장에서는 주로 자동차도로의 양보차로 및 오르막차로 설계 및 교통류 분석과 관련된 연구를 중심으로 선행연구를 고찰하고자 한다.

최병국 [7]은 국내 양보차로 설치에 따른 효과분석을 위해 TWOPAS 시뮬레이션 모델을 이용하였다. 효과척도는 도로용량편람에서 2차로 도로의 서비스수준 평가에 사용되는 차량군 백분율을 이용하였으며, 양보차로 길이와 교통량 등의 변수를 조합하여 시뮬레이션 분석하였다. 분석 결과 양보차로 길이는 양방향 교통량이 400대/시~1,000대/시 일 때 800m~1,200m가 적정하였고, 교통량이 1,000대/시~2,000대/시일때는 1,200m~2,000m가 적정하며, 교통량이 2,000대/시 이상인 경우에는 효과가 적어 4차로 확장이 추천되는 것으로 제시하였다.

박현진 등 [8]은 오르막차로의 안전성 측면을 고려한 운영기준 수립 및 운영 알고리즘을 개발하고자 하였다. 교통량과 중차량 비율에 따라 시나리오를 설정하였으며, 미시적 교통류 시뮬레이션 분석을 통해 안전성을 평가하였다. 평가지표는 교통상충건수와 상충 심각도를 사용하였으며, 서비스 수준이 낮고 중차량 비율이 증가할수록 교통상충건수는 증가하며 서비스수준이 높고 중차량 비율이 증가할수록 상충 심각도는 증가하는 것으로 제시하였다.

고한검 등 [9]은 오르막 구간에서의 동적차로 운영기준 필요성을 제시하고 교통특성에 맞는 기준을 수립하고자 하였다. 이를 위해 낙동분기점 마산방향의 오르막구간을 선정하여 교통량비(v/c),

중차량 구성비 등을 교통류 시뮬레이션인 VISSIM 분석을 시행하였다. 시뮬레이션 분석 결과 오르막구간의 평균통행속도가 50kph일 때 오르막차로의 개방과 폐쇄를 결정하는 임계통행속도로 적용이 가능한 것으로 나타났다. 또한 해당 구간의 오르막차로 동적운영에 따른 효과분석에서는 일반적인 개방 및 폐쇄보다는 편익이 높은 것으로 나타났다.

본 연구에서 고찰한 최병국 [7]은 2차로 자동차도로에서 양보차로의 설치길이를 판단하기 위해 시뮬레이션을 통해 분석하였으며, 특히 2차로 도로의 서비스수준 평가를 위한 MOE를 관측 교통량의 차두시간이 일정시간 이하인 교통량 비율로 정의한 차량군 백분율(%)를 사용한 것은 본 연구에서 적용이 가능한 것으로 판단된다. 차도와 마찬가지로 본 연구에서 분석하고자 하는 자전거교통류 역시 앞지르기 차로의 설치에 따른 효과평가를 위해서는 자전거교통류의 수준을 판단해야 하며, 이를 위해서는 자전거 차량군 백분율(%)의 분석이 필요할 것으로 판단된다. 박현진 등 [8]의 연구와 고한검 등 [9]의 연구에서는 자동차도로의 오르막차로 설치에 대한 분석을 시행하였으며, 본 연구에서 분석하고자 하는 앞지르기 차로와는 교통행태가 상이하나, 서비스수준과 오르막차로의 개방과 폐쇄를 결정하는 방법론 등의 적용이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 기존 문헌고찰에서 제시된 평가척도(MOE)와 시뮬레이션 방법론 등을 참고하여 국내 하천변 자전거도로의 앞지르기 차로 설치방안에 대해 제시하고자 한다.

3. 시나리오 분석 방법론

본 연구에서는 국내 하천변에 설치되어 있는 연속류 자전거도로의 특성을 잘 반영할 수 있도록 시나리오를 구축하였다. 시뮬레이션 프로그램은 VISSIM을 이용하였으며, 자전거 교통류의 차두시간이 3.5초 이하인 경우를 자전거 차량군으로 가정하였다. 여기서 자전거 차량군 백분율과 차두시간은 다음 식(1), 식(2)와 같이 산정될 수 있다.

$$\text{자전거 차량군 백분율(\%)} = \frac{\text{차두시간이 3.5초 이하인 교통량(대)}}{\text{관측교통량(대)}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{차두시간}(s) = \frac{\text{차두거리}(m)}{\text{자전거속도}(m/s)} \quad (2)$$

시뮬레이션을 위한 자전거 교통류는 생활형 자전거와 레저형 자전거로 구분하였으며, 각 유형별 비율과 주행속도는 [표 1]과 같이 구분하였다 [10].

[표 1] 자전거교통류 비율 및 속도

[Table 1] Proportion and Speed of Bicycle Flow

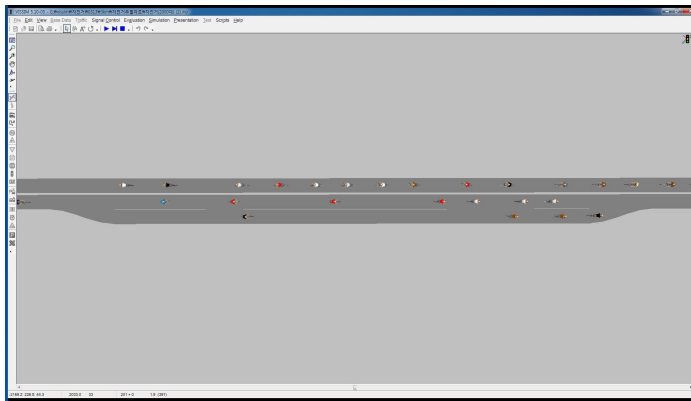
구분	비율			속도	
	측정치*	환산	적용	자유속도*	표준편차
생활형 자전거	40.9%	58.8%	60.0%	16km/h	±1km/h
레저형 자전거	28.7%	41.2%	40.0%	23km/h	
기타통행	30.4%	-	-	-	-
합계	100.0%	100.0%	100.0%	-	-

시나리오는 도로 및 교통조건을 기준으로 설정하였다. 도로구간 길이는 1km~5km까지로 하고 앞지르기 차로 길이는 0m에서 최대 700m까지로 설정하였다. 교통량은 400대/시부터 2,000대/시까지로 하였으며, 3회 시뮬레이션을 통해 총 1,092개의 조합으로 분석하였다.

[표 2] 시나리오 분석

[Table 2] Analysis of Scenario

구분	시나리오	비고
도로구간 길이	1km, 2km, 3km, 5km	4개
앞지르기 차로 길이	0m, 10m, 20m, 30m, 50m, 70m, 100m, 200m, 300m, 400m, 500m, 600m, 700m	13개
일방향 교통량	400대/시, 600대/시, 800대/시, 1,000대/시, 1,200대/시, 1,400대/시, 2,000대/시	7개
시나리오 패턴	난수 3회 시뮬레이션	3개
-	-	1,092개 조합



[그림 1] 시뮬레이션 네트워크 구축

[Fig. 1] Establishment of Simulation Network

4. 앞지르기 차로 길이 분석

시나리오 조건별로 도로구간 길이와 일방향교통량, 앞지르기 차로 길이에 따른 자전거 차량군 백분율(%)을 [표 3]과 같이 분석하였다. 자전거 차량군 백분율이 자전거간 차두시간이 짧아 불안정한 교통류를 나타냄을 감안할 때 앞지르기 차로의 길이가 길어질수록 자전거 교통류는 안정적인 상태가 됨을 알 수 있다. 도로구간이 길어질수록, 교통량이 증가할수록 자전거 차량군 백분율 역시 증가하게 되며, 이는 앞지르기 기회의 증감에 따른 당연한 결과로 판단된다.

[표 3] 앞지르기 차로의 길이에 따른 자전거 차량군 백분율

[Table 3] Percentage of the bicycle group according to the length of passing lane

도로구간 길이 (km)	자전거 차량군 백분율(%)												
	앞지르기 차로 길이(m)												
	0	10	20	30	50	70	100	200	300	400	500	600	700
일방향 교통량 = 400대/시													
1	39.8	36.9	36.9	36.7	36.5	35.7	34.5	31.4	28.9	26.3	23.5	20.7	18.9
2	43.4	41.2	41.2	41.3	41.2	41.2	40.3	38.6	37.5	36.1	34.7	32.9	31.6
3	45.2	43.5	43.8	43.9	44.0	44.1	43.5	42.3	41.4	40.6	39.7	38.7	37.8
5	47.2	46.5	46.5	46.6	46.6	46.7	46.4	45.7	45.2	44.7	44.5	43.7	43.3
일방향 교통량 = 600대/시													
1	48.1	46.3	46.3	46.6	46.5	46.1	44.6	41.8	38.7	35.8	33.1	30.2	27.4
2	49.6	48.6	48.8	49.0	48.9	48.9	47.9	46.9	45.4	44.3	43.0	41.5	40.1
3	50.6	49.9	50.3	50.3	50.4	50.5	49.7	48.9	48.0	47.3	46.4	45.6	44.7
5	52.1	51.7	52.1	52.1	52.2	52.0	51.6	51.2	50.6	50.1	50.0	49.3	48.7
일방향 교통량 = 800대/시													
1	54.0	53.2	53.6	53.5	53.5	53.2	51.8	49.4	46.6	43.5	40.8	37.5	34.4
2	54.6	54.4	54.6	54.6	54.5	54.4	53.7	52.5	51.4	50.1	48.6	47.4	45.9
3	55.3	55.2	55.5	55.4	55.4	55.4	54.8	54.2	53.4	52.5	51.4	50.8	49.8
5	56.1	56.2	56.6	56.7	56.6	56.6	56.3	56.0	55.4	55.0	54.3	53.8	53.1
일방향 교통량 = 1,000대/시													
1	60.2	60.0	60.3	60.2	60.0	59.5	58.3	56.0	53.6	50.8	47.8	44.8	41.4
2	60.7	60.6	60.9	60.9	60.9	60.9	59.9	58.9	57.9	56.6	55.3	53.8	52.6
3	61.0	61.0	61.3	61.4	61.4	61.4	60.9	60.0	59.3	58.7	57.6	56.8	56.0
5	61.3	61.4	61.6	61.7	61.8	61.8	61.3	61.0	60.6	60.0	59.4	59.1	58.4
일방향 교통량 = 1,200대/시													
1	66.1	66.0	66.4	66.3	66.0	65.5	64.4	62.0	59.6	57.0	54.5	51.1	48.0
2	66.2	66.3	66.5	66.4	66.5	66.1	65.7	64.5	63.5	62.3	61.0	59.7	58.3
3	66.4	66.3	66.8	66.9	66.8	66.6	66.2	65.3	64.9	64.2	63.2	62.2	61.5

5	66.6	66.7	67.0	66.9	67.0	67.0	66.6	66.1	65.9	65.3	65.0	64.2	63.8
일방향 교통량 = 1,400대/시													
1	71.6	71.6	72.2	71.6	71.4	70.8	69.9	67.6	65.2	62.7	59.8	56.9	53.8
2	71.4	71.4	71.6	71.6	71.5	71.2	70.5	69.7	68.5	67.2	66.0	64.9	63.4
3	71.3	71.6	71.8	71.8	71.7	71.5	71.1	70.5	69.6	68.9	68.1	67.3	66.3
5	71.2	71.5	71.8	71.9	71.8	71.8	71.3	70.9	70.5	70.0	69.6	69.0	68.5
일방향 교통량 = 2,000대/시													
1	74.2	74.6	74.8	74.6	74.1	73.3	72.5	70.3	67.9	65.2	62.3	59.7	56.5
2	74.2	74.1	74.6	74.3	74.3	73.9	73.4	72.3	71.3	70.0	68.8	67.5	66.1
3	74.0	74.2	74.4	74.4	74.4	74.1	73.7	72.9	72.4	71.6	70.7	70.0	69.0
5	73.9	74.0	74.5	74.4	74.6	74.2	74.0	73.4	73.0	72.7	72.2	71.6	71.2

[표 3]은 앞지르기 차로의 길이와 도로구간 길이, 교통량에 따라 자전거 교통류의 상태를 나타내는 자전거 차량군 백분율을 제시하였다. 자전거 앞지르기 차로의 설치에 따라 분석된 자전거 차량군 백분율의 효과를 분석하기 위해서는 자전거 차량군 백분율보다는 앞지르기 차로가 없었을 때와 설치하였을 때의 차이가 필요하다. 또한 자전거도로의 앞지르기 차로가 설치되었을 때 앞지르기 차로가 길어질수록 자전거 차량군 백분율의 감소가 증가함을 고려할 때, 앞지르기 차로의 길이를 반영하여 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서 제시하고자 하는 앞지르기 차로의 설치효과 및 적정 앞지르기 차로의 길이 산정을 위해 다음과 같이 추가분석을 시행하였다. 첫째 각 도로구간 길이별, 교통량별로 자전거 차량군 백분율의 감소길이를 계산하여 기존 앞지르기 차로가 없었을 때와 설치되었을 때의 차이로 각 설치효과를 분석하였다. 둘째로 적정 길이산정을 위해 차량군 백분율 감소길이를 단위 앞지르기 차로 길이별로 분석하였으며, 앞지르기 차로의 설계에 필요한 변속 차로의 테이퍼(Taper) 길이를 추가적으로 고려하였다.

- 1st Method : 자전거 차량군 백분율 감소(%)
= 앞지르기 차로 없는 경우의 차량군 백분율 - 앞지르기 차로 있는 경우의 차량군 백분율
- 2nd Method : 단위 앞지르기 차로 길이당 자전거 차량군 백분율의 감소(%)
= 자전거 차량군 백분율 감소 / (앞지르기 차로 길이 + 16m(테이퍼 길이))

[표 4] 차로 길이당 백분율 감소_도로구간 길이(1km)

[Table 4] Percentage reduction per lane length_the length of a road section(1km)

일방향 교통량 (대/시)	자전거 차량군 백분율 감소(%)												
	앞지르기 차로 길이(m)												
	10	20	30	50	70	100	200	300	400	500	600	700	
400	0.110	0.081	0.067	0.050	0.048	0.045	0.039	0.034	0.032	0.032	0.031	0.029	
600	0.067	0.049	0.032	0.024	0.023	0.030	0.029	0.030	0.030	0.029	0.029	0.029	

800	0.028	0.010	0.010	0.007	0.009	0.019	0.021	0.023	0.025	0.026	0.027	0.027
1,000	0.010	-0.001	0.001	0.004	0.008	0.016	0.020	0.021	0.023	0.024	0.025	0.026
1,200	0.001	-0.008	-0.005	0.001	0.006	0.014	0.019	0.020	0.022	0.022	0.024	0.025
1,400	-0.002	-0.017	-0.001	0.002	0.008	0.014	0.018	0.020	0.021	0.023	0.024	0.025
2,000	-0.012	-0.016	-0.007	0.003	0.011	0.015	0.018	0.020	0.022	0.023	0.024	0.025

[표 5] 차로 길이당 백분율 감소_도로구간 길이(2km)

[Table 5] Percentage reduction per lane length_the length of a road section(2km)

일방향 교통량 (대/시)	자전거 차량군 백분율 감소(%)											
	앞지르기 차로 길이(m)											
	10	20	30	50	70	100	200	300	400	500	600	700
400	0.088	0.062	0.046	0.034	0.027	0.027	0.023	0.019	0.018	0.017	0.017	0.017
600	0.038	0.021	0.014	0.010	0.008	0.015	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
800	0.010	0.002	0.001	0.002	0.002	0.009	0.010	0.010	0.011	0.012	0.012	0.012
1,000	0.002	-0.007	-0.005	-0.003	-0.002	0.007	0.008	0.009	0.010	0.010	0.011	0.011
1,200	-0.001	-0.007	-0.004	-0.004	0.002	0.005	0.008	0.009	0.009	0.010	0.011	0.011
1,400	-0.003	-0.007	-0.005	-0.003	0.002	0.007	0.008	0.009	0.010	0.010	0.011	0.011
2,000	0.004	-0.010	-0.003	-0.001	0.004	0.007	0.009	0.009	0.010	0.010	0.011	0.011

[표 6] 차로 길이당 백분율 감소_도로구간 길이(3km)

[Table 6] Percentage reduction per lane length_the length of a road section(3km)

일방향 교통량 (대/시)	자전거 차량군 백분율 감소(%)											
	앞지르기 차로 길이(m)											
	10	20	30	50	70	100	200	300	400	500	600	700
400	0.065	0.038	0.029	0.018	0.013	0.014	0.013	0.012	0.011	0.011	0.011	0.010
600	0.027	0.008	0.007	0.003	0.002	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
800	0.004	-0.005	-0.003	-0.001	-0.002	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.007	0.008
1,000	0.001	-0.007	-0.008	-0.005	-0.004	0.001	0.005	0.005	0.006	0.007	0.007	0.007
1,200	0.003	-0.010	-0.011	-0.005	-0.002	0.002	0.005	0.005	0.005	0.006	0.007	0.007
1,400	-0.014	-0.015	-0.011	-0.006	-0.003	0.001	0.004	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007
2,000	-0.005	-0.010	-0.008	-0.006	0.000	0.003	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007

[표 7] 차로 길이당 백분율 감소_도로구간 길이(5km)

[Table 7] Percentage reduction per lane length_the length of a road section(5km)

일방향 교통량 (대/시)	자전거 차량군 백분율 감소(%)											
	앞지르기 차로 길이(m)											
	10	20	30	50	70	100	200	300	400	500	600	700
400	0.028	0.020	0.014	0.009	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005
600	0.015	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005

800	-0.005	-0.014	-0.014	-0.008	-0.006	-0.002	0.000	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004
1,000	-0.007	-0.010	-0.009	-0.008	-0.006	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.003	0.004
1,200	-0.007	-0.013	-0.008	-0.006	-0.005	0.000	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004
1,400	-0.012	-0.016	-0.015	-0.009	-0.006	-0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004
2,000	-0.004	-0.017	-0.011	-0.010	-0.004	0.000	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004

[표 4]에서 [표 7]의 분석에서는 각 도로구간의 길이별로 앞지르기 차로 길이의 변곡점이 제시되었다. 먼저 자전거교통량이 400대/시 일때는 모든 조건에서 최적의 앞지르기 차로 길이는 100m 이었으며, 자전거 교통량 600대/시일 때 도로구간 길이 1~3km 일때의 최적의 앞지르기 차로 길이는 100m이었다. 도로구간 길이 5km 일 때 최적의 앞지르기 차로 길이는 300m로 분석되었으며, 자전거 교통량 800대/시일 때 도로구간 길이 1km 일 때의 최적의 앞지르기 차로 길이는 600m이었다. 도로구간 길이 2~5km 일 때의 최적의 앞지르기 차로 길이는 500m로 분석되었으며, 자전거 교통량 1,000대/시일 때 도로구간 길이 1km 일 때의 최적의 앞지르기 차로 길이는 700m로 분석되었으며, 이를 종합적으로 정리하면 [표 8]과 같다.

[표 8] 임계치를 고려한 앞지르기 차로 길이

[Table 8] The Length of Passing Lane considering threshold

일방향 교통량 (대/시)	앞지르기 차로 길이(m)			
	도로구간 길이(km)			
	1	2	3	5
400	100	100	100	100
600	100	100	100	300
800	600	500	500	500
1,000	700	600	500	500
1,200	700	600	600	600
1,400	700	600	600	600
2,000	700	500	600	600

분석결과를 종합할 때 자전거 차량군 백분율 감소에 따른 적정 앞지르기 차로의 길이는 전반적으로 유사한 경향을 보이고 있으나, 도로구간 길이별 분석에서는 1km~3km 구간과 앞지르기 차로의 길이 100m 미만에서는 특정한 임계치가 특정되지 않은 것으로 나타났다. 다만 도로구간 길이가 5km인 경우에는 비교적 교통량별 앞지르기 차로의 길이 임계치가 일정한 패턴을 보이는 것으로 나타났다. 이는 양방향 2차로 자전거도로에서 교통량이 적고 3km 이하의 비교적 단구간에서는 앞지르기 차로의 길이에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다. 앞지르기 차로는 자전거 교통량이 용량(capacity) 상태에 접근하고 자전거 주행속도가 16kph에서 23kph에 이르므로 3km 이상의 길

구간에서 속도의 차이로 인한 지체가 발생하여 앞지르기 차로의 효과가 발생할 수 있는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 분석한 결과에 따라 국내 하천변 자전거도로의 효율적인 앞지르기 차로 설치는 구간길이가 5km 이상이고 앞지르기 차로의 길이가 100m 이상의 설치가 가능한 구간으로 정의할 수 있다. 이를 분석하여 [표 8]에 따라 도로구간 5km 이상 구간에서 앞지르기 차로 설치가 100m 이상인 경우의 설계기준을 제시하면 [표 9]와 같다.

[표 9] 적정 앞지르기 차로 길이

[Table 9] The Length of Proper Passing Lane

일방향 교통량(대/시)	앞지르기 차로 길이(m)
400	100m ~ 200m
600	300m ~ 400m
800	500m ~ 600m
1,000	
1,200	600m ~ 700m
1,400	
2,000	

5. 결론

2000년대까지 지속된 자동차 중심의 교통정책에서 벗어나 최근에는 자전거와 보행자 중심의 정책 및 시설설치가 확대되고 있다. 특히 2010년 이후 중앙정부의 강력한 자전거이용 확대 정책 및 관련 인프라 시설 설치에 따라 자전거 이용자수는 대폭 증가하여 현재는 1,400만명에 달하고 있다. 이에 많은 자전거이용자들은 통근 및 통학수단으로 주거지역에서 직장 또는 학교 접근을 위해 자전거를 이용하고 있으며, 주말이나 공휴일에는 한강과 안양천 등 하천변에 설치된 자전거도로를 이용하여 가족 등과 라이딩을 즐기고 있다. 특히 봄철과 가을철의 자전거 이용이 가장 많은 시기에는 1.5m~2m의 폭으로 구성된 하천변 자전거도로에 비교적 저속으로 주행하는 생활형 자전거이용자와 고속주행을 원하는 레저형 자전거이용자가 혼재되어 일시적으로 교통류가 불안정해지고 이는 교통사고로 이어지고 있다. 동호회 중심의 레저형 자전거이용자들은 주행속도 유지를 위해 생활형 자전거이용자들의 주행 여유폭을 이용하여 위험한 앞지르기를 할 수 밖에 없으며, 이는 이질적인 2개 교통류 모두에게 위험을 야기하고 있다. 본 연구에서는 국내 하천변 자전거도로에서 속도차이에 따른 앞지르기를 허용할 수 있는 자전거도로 앞지르기 차로 설계방안을 분석하였다. 이를 위해 하천변 자전거도로를 바탕으로 시뮬레이션을 구축하였으며, 도로구간 길이와 교통량 등을 반복 시뮬레이션을 통해 적정 앞지르기 차로 길이를 도출하고자 하였다. 분석 결과 자전거 차량군 백분율 감소에 따른 적정 앞지르기 차로의 길이는 전반적으로 유사한 경향을 보이고 있으나, 비교

적 짧은 구간인 도로구간 1km~3km에서는 특정한 임계치가 나타나지 않는 것으로 분석되었다. 또한 앞지르기 차로의 길이가 100m 미만인 경우에도 자전거교통류의 안정에는 큰 역할을 하지 못하는 것으로 분석되었다. 따라서 국내 하천변 자전거도로의 효율적인 앞지르기 차로 설치는 도로구간의 길이가 5km 이상인 경우 시간당 교통량이 400대일 때 100m~200이고, 600대/시 일 때는 300~400m가 적정한 것으로 제시되었다. 또한 자전거 교통량이 800대/시~1,000대/시 일 때는 앞지르기 차로의 길이가 500m~600m가 적정하며, 교통량이 1,200대/시~2,000대/시 인 경우에는 600m~700m가 적정한 것으로 제시되었다. 본 연구에서 제시한 결과는 현재 한강과 안양천 등 국내 하천변 자전거도로에서 첨두시간에 자전거 상층이 많은 구간에 일부 적용이 가능할 것으로 판단되며, 향후 자전거도로 폭과 자전거 주행속도의 다양한 시나리오를 통한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] Ministry of Land Infrastructure and Transport, National Road Operations Manual, 2022.
- [2] W. Y. Park, J. M. Won, "A Development of an Evaluation System for Traffic Calming Schemes", Journal of Civil and Environmental Engineering Research, vol. 32, no. 4D, July 2012, pp. 335-343, doi: 10.12652/KSCE.2012.32.4D.335.
- [3] B. H. Yun, S. I. Kim, "A Proposal for User Experience Design for Domestic Bicycle Rider Whom going Long Distance Trip", Journal of Digital Convergence, vol. 16, no. 4, January 2018, pp. 299-306, doi: 10.14400/JDC.2018.16.4.299.
- [4] W. H. Jeon, Y. I. Lee, I. Yang, "Study on Capacity Analysis Methodology for Riverside Bike-Exclusive Road", International Journal of Highway Engineering, vol. 18, no. 6, January 2016, pp. 69-76, doi: 10.7855/ijhe.2016.18.6.069.
- [5] Daily Economy, "Hangang Park Makes 10cm Raised Crosswalk", mk.co.kr, <https://www.mk.co.kr/news/society/10109106>, (accessed October 20 2024).
- [6] Ministry of Land Infrastructure and Transport, Explanatory Guide to the Regulations on Road Structure and Facility Standards, 2020.
- [7] B. K. Choi, "The Design Guideline of Passing Lanes on Two-Lane Highways", Journal of Korean Society of Transportation, vol. 16, no. 3, September 1998, pp. 73-79.
- [8] H. Park, S. Youn, C. Oh, "Development of an Algorithm for Dynamic Traffic Operations of Freeway Climbing Lane Toward Traffic Safety", Journal of Korean Society of Transportation, vol. 34, no. 1, February 2016, pp. 68-80, doi: 10.7470/jkst.2016.34.1.068.
- [9] H. G. Ko, Y. H. Choi, Y. T. Oh, J. G. Kang, "Evaluation of Dynamic Lane Allocation Method of Climbing Lane Section", Journal of Korean Society of Transportation, vol. 30, no. 1, February 2012, pp. 59-72, doi: 10.7470/jkst.2012.30.1.059.
- [10] hankookilbo, "Who is the Han gnag bike path for", hankookilbo.com, <https://www.hankookilbo.com/News/Read/201803290452574521>, (accessed October 20 2024).