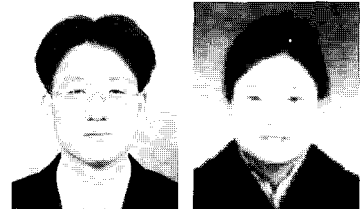


외국의 사례로 본 우리나라의 바람직한 자전거도로 설계 방향



신 희 철 | 한국교통연구원 책임연구원
이 지 영 | 한국교통연구원 연구원 연구원

1. 서 론

1992년 유엔환경개발회의(리우회의) 이후 선진국을 중심으로 지속가능한 교통체계를 구축하기 위한 정책논의 및 제도정비가 본격화되고 있다.

현재 우리나라에서도 지속가능한 교통체계 구축의 일환으로 다양한 자전거관련 정책을 진행하고 있으나 여전히 교통문제 해소 등 효과를 나타내야 할 부분에 있어서는 기대에 미치지 못하고 있다.

이는 자전거 이용이 적은 것이 근본적인 원인이라 할 수 있다. 자전거 이용이 적은 이유는 자전거 인프라 시설이 부족하고, 기존 자전거도로가 안전성 및 연계성의 질이 낮아서 이용하기에 불편하기 때문이다.

따라서 본 고에서는 쾌적성, 안전성, 연계성을 높일 수 있는 자전거도로를 위한 설계의 방향을 제시하고자 한다.

2. 자전거도로의 정의 및 유형

자전거도로의 정의를 살펴보면 크게 자전거도로 및 자전거 이용시설의 정의로 구분할 수 있다.

「자전거이용 활성화에 관한 법률」에서는 “자전거 이용시설”이라 함은 자전거도로·자전거주차장 기타 자전거(원동기를 장치한 것 및 장애자용 의자차를 제외함. 이하 같음)의 이용과 관련되는 시설로서 대통령령이 정하는 것으로 규정되었다. 「도로교통법」에서 “자전거도로”라 함은 안전표지, 위험방지용 울타리나 그와 비슷한 공작물로써 경계를 표시하여 자전거의 교통에 사용하도록 된 도로를 말한다. 그리고 「도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」에서의 자전거도로는 폭 1.1미터(길이가 100미터 미만인 터널 및 교량의 경우에는 0.9미터) 이상의 도로로서 자전거의 통행을 위하여 설치하는 도로를 말한다.

자전거도로의 정의는 「도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」에는 자전거도로 제원에 관한 내용에 한정되어 있으며, 이를 제외한 도로교통법, 자전거이용활성화에 관한 법률 종합하여 다음과 같이 정의한다.

“자전거도로는 안전표지, 위험방지용 울타리나 그와 비슷한 공작물로써 경계를 표시하여 보행자, 차량과 함께 또는 독립적으로 자전거의 통행을 위해 설치하는 도로이다.”

「자전거이용 활성화에 관한 법률(1995)」에서 제시된 자전거도로를 유형별로 살펴보면 다음과 같다.

- 자전거 전용도로
 - 자전거만이 통행할 수 있도록 분리대, 연석, 기타 이와 유사한 시설물에 의하여 차도 및 보도와 구분하여 설치된 자전거도로
- 자전거 보행자 겸용도로
 - 자전거 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분리대, 연석, 기타 이와 유사한 시설물에 의하여 차도와 구분하거나 별도로 설치된 자전거도로
- 자전거 자동차 겸용도로
 - 자전거 외에 자동차도 일시 통행할 수 있도록 차도에 노면표시로 구분하여 설치된 자전거도로

이 중에서 자전거 전용도로를 좀 더 세부적으로 나눌 필요가 있는데, 여기에서는 이를 입체분리형 자전거도로, 평면분리형 자전거도로, 자전거 전용차로로 나누어 연구를 수행하였다.

- 입체분리형 자전거도로
 - 입체분리형 자전거도로는 일반도로 옆에 위치하나 자전거통행만을 위해 일반도로와 구조적으로 분리된 입체분리형 자전거도로이다.
- 평면분리형 자전거도로
 - 평면분리형 자전거도로는 일반차도와 연석 등으로 완전 분리되었으나 동일 평면상의 차로를 이용하는 자전거 전용도로이다.
- 자전거 전용차로
 - 자전거 전용차로는 자전거의 통행용으로만 제공하기 위해서 노면마킹으로 구분해서 설치하는 도로의 부분인 자전거 전용의 차로이다.

3. 우리나라의 자전거도로 설계 방향

자전거도로의 설계시 고려해야 되는 항목으로는

설계기준제원, 용량, 설계속도, 시설한계, 자전거도로의 분리, 폭원, 정지시거, 곡선반경, 오르막차로, 교차로, 포장 등이 있다.

여기에서는 자전거 주행에 영향을 미치는 중요한 자전거도로의 설계 요소 몇 가지를 서술하고자 한다.

3.1 설계기준제원

자전거도로를 설계함에 있어서 자전거운전자가 안전하고 원활하게 통행할 수 있도록 하여야 하므로 본 연구에서는 자전거의 종류 중 일반자전거를 설계기준 자전거로 해서 자전거도로를 설계하고자 한다. 그러나 현재 우리나라 자전거관련법에는 자전거도로 설계기준제원에 대한 아무런 규정이 없다. 국내외 연구를 비교해 보면 자전거도로 설계기준은 다음과 같다.

일본과 독일에서 제시된 자전거도로 설계기준제원은 표 1과 같다.

표 1. 일본, 독일의 자전거도로 설계기준제원

구분	길이(m)	핸들폭(m)	전장(m)
일본	1.9	0.6	1.86
독일	1.85 2인 : 2.5m 수레: 3.2	0.6~0.7	-

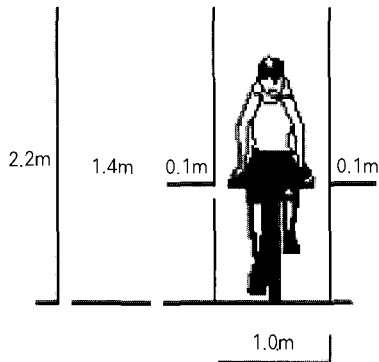
자료 : 박병호, 자전거도로의 설계와 이해, 1995

또한 「Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice(1999)」은 호주의 자전거도로 설계기준제원으로 표 2, 그림 1과 같이 제시하고 있다.

표 2. 호주의 자전거도로 설계기준제원

구분	길이(m)	핸들폭(m)	최소회전반경(m)	전장(m)
호주	-	1.0	-	2.2

자료 : Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice, 1999



자료 : Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice, 1999

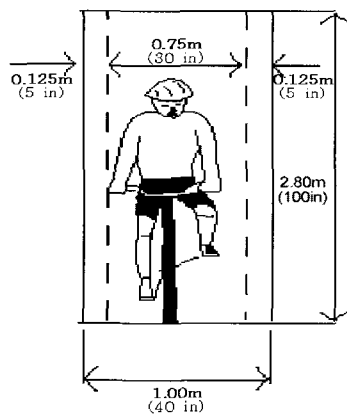
그림 1. 호주의 자전거도로 설계기준제원

미국의 경우, 「American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities(1999)」은 미국의 기준을 표 3, 그림 2와 같이 제시하였다.

표 3. 미국의 자전거도로의 설계기준제원

구분	길이(m)	핸들폭(m)	최소회전반경(m)	전장(m)
미국	-	0.75~1.0	-	2.5

자료 : American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities, 1999



자료 : American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities, 1999

그림 2. 미국의 자전거도로 설계기준제원

국내에서도 박병호는 「박병호, 자전거도로의 설계와 이해 (1995)」에서는 설계기준자전거의 제원을 표4, 그림 3과 같이 제시하였다.

표 4. 「박병호, 자전거도로의 설계와 이해 (1995)」 자전거도로의 설계기준제원

길이(m)	핸들폭(m)	측방여유폭(m)
2.25	0.6	0.4

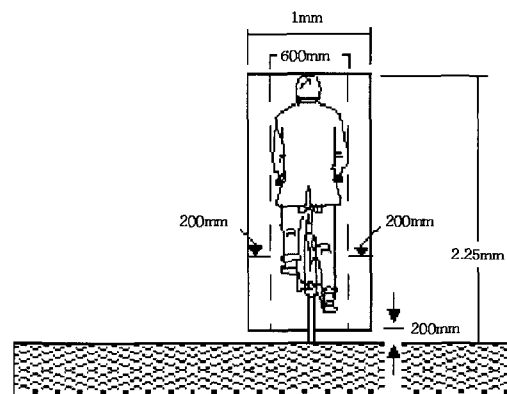


그림 3. 「박병호, 자전거도로의 설계와 이해 (1995)」 자전거도로의 설계기준제원

우리나라에서 최초로 자전거에 대해 본격적인 연구를 수행한 「과천시 자전거도로 연구 및 기본계획 (1994)」은 설계기준자전거의 제원을 표 5와 같이 제시하였다.

표 5. 「과천시 자전거 도로 연구 및 기본계획 (1994)」 자전거도로의 설계기준제원

중량(kg)	길이(m)	핸들폭(m)	최소회전반경(m)
24	1.9	0.7	3

자료 : 교통개발연구원, 과천시 자전거도로 연구 및 기본계획, 1994

위의 연구결과를 종합해 본 결과 자전거도로폭을 산정하는데 자전거의 핸들 폭은 매우 중요한 요소이

므로 핸들 폭을 검토하여 적합한 규격을 제정하는 것이 필요함을 알 수 있다.

현재 우리나라의 산업자원부 기술표준원 국가표준 종합센터에서는 일반 자전거의 규격을 길이 1.9m 이하, 폭 0.35m~0.7m로 규정하고 있다.

따라서 국내외의 설계기준 자전거 제원을 검토한 후 우리나라 기술표준원의 기준 등을 고려하였을 때 자전거도로의 설계기준제원(안)은 0.7m로 규정하는 것이 바람직하며, 합리적인 자전거도로의 폭 산정을 위해서는 다른 요소보다 먼저 핸들 폭을 규정하여야 한다.

3. 2 설계속도

설계속도는 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(2000)」에서 차량의 주행에 영향을 미치는 도로의 물리적 형상을 상호 관련시키기 위해 정해진 속도라고 규정하고 있다.

자전거의 설계속도는 「자전거 이용시설의 구조·시설기준에 관한 규칙(1995)」에 정의되어 있다. 이를 국내·외 사례를 통하여 검토해 보았다.

「자전거 이용시설의 구조·시설기준에 관한 규칙(1995)」에 정의된 설계속도는 자전거도로의 구분에 따라 표 6의 속도 이상으로 한다. 다만, 지역상황 등에 따라 부득이 하다고 인정되는 경우에는 표 6의 속도에서 10km를 뺀 속도 이상을 설계속도로 할 수 있다.

표 6. 자전거 이용시설의 구조 시설 기준에서의 설계속도

구 분	설계속도(km/h)
자전거전용도로	30 이상
자전거 보행자겸용도로	20 이상
자전거 자동차겸용도로	20 이상

자료 : 내무부, 자전거 이용시설의 구조·시설기준에 대한 규칙, 1995

일본, 독일, 미국에서 제시된 설계속도는 표 7과 같다.

표 7. 일본, 독일, 미국의 자전거도로 설계속도

국가	종류별 구분	설계속도(km/h)	
		일반도로	특수여건도로
일본	일상생활용	15	10
	레크리에이션용	30	10
독일	자유주행	12~25	
	경주용	30~40	
미국	최소(비포장구간)	25	
	일반적인경우	30	
	최대	40	

자료: 박병호, 자전거도로의 설계와 이해, 1995

또는 「Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice(1999)」에서의 호주의 설계속도는 표 8과 같다.

표 8. 호주의 자전거도로 설계속도

국가	종류별 구분	설계속도(km/h)	
		일반도로	특수여건도로
호주	일반적인경우	35	
	최대	50	

자료: Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice, 1999

미국의 경우 「American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities(1999)」에서의 설계속도는 표 9와 같다.

표 9. 미국의 자전거도로 설계속도

국가	종류별 구분	설계속도(km/h)	
		일반도로	특수여건도로
미국	일반적인경우	30~35	
	최대	50	

자료: American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities, 1999

「과천시 자전거 도로 연구 및 기본계획 (1994)」에서는 자전거의 속도는 자전거의 종류, 여행목적, 자전거도로의 조건과 위치, 바람의 방향 및 속도, 자전거운전자 등에 따라서 달라질 수 있다고 제시하였다. 그러므로 1급 자전거전용도의 경우는 자전거가 차량 및 보행자로부터 완전히 분리되어 쾌적한 주행이 가능하므로 설계속도를 30km/h로 하고, 2~3급 자전거전용도의 경우는 차량과 보행자와의 측방여유를 유지해야 되기 때문에 그 속도가 제한을 받게 됨으로 설계속도를 20km/h로 한다. 단, 지형등 기타 부득이한 경우는 10km/h로 축소할 수 있다고 제시하였다.

자전거 설계속도의 국내·외 연구를 검토한 결과 호주 및 미국에서 최대 설계속도가 다른 나라들에 비해서 높게 설계되었음을 알 수 있다. 호주와 미국은 자전거 도로 폭이 넓고 기반시설이 우수하여 자전거 이용자들이 고속으로 자전거를 주행하기 때문에 설계속도가 높은 것으로 판단된다.

반면 우리나라에서는 호주나 미국에 비해 주행여건이 좋지 않아 이보다 하향 조정된 설계속도가 필요할 것으로 사료된다.

따라서 자전거전용도로는 미국과 호주보다는 비교적 낮은 30km/h 정하되 자전거 보행자 겸용도로 및 자전거 자동차 겸용도로는 설계속도를 규정하지 않는 것이 바람직하다.

단, 도시지역은 지방지역에 비해 자전거, 자동차, 보행자 등 통행이 더 많은 것을 고려하여 설계속도를 20km/h 이상으로 할 수 있다.

3. 3 폭원

도로의 횡단면이란 자전거의 진행방향에 직각이 되도록 절단했을 때 나타나는 절단면으로서 기하구조에서 고려해야 할 요소로 차로, 길어깨 및 중앙분리대 등 다양한 요소가 포함된다.

그 중에서도 차로폭은 자전거 주행성과 안전성에 영향을 미친다. 자전거도로의 횡단면 구성요소 중 자

전거 차로폭이 가장 중요한 부문으로 해외사례 및 기존 연구사례를 중심으로 검토 보완하였다.

「자전거 이용시설의 구조·시설기준에 관한 규칙 (1995)」에서 자전거 도로의 폭은 1.1m 이상으로 한다고 규정되어있다. 다만, 연장 100m 미만의 터널·교량 등의 경우에는 0.9m 이상으로 할 수 있다. 이는 후술하겠으나 물리적 공간 및 제원상의 제약이라는 현실적 고려에 의한 것으로 그리 바람직하다고는 할 수 없다.

일본, 독일, 미국에서 제시한 자전거도로 폭원은 표 10과 같다.

표 10. 일본, 독일, 미국의 자전거도로 폭

구 분	일본	독일	미국
자전거도로 폭(m)	0.6	0.6	0.9
측방여유폭(양측, m)	0.4	0.4	0.6
도로폭 (m)	1차선	1.0	1.5
	2차선	2.0	3.0
부득이한 경우 자전거도로 폭	0.75	1.0	1.2

자료: 경기도, 경기도 그린웨이 기본계획, 2005

독일 자전거도로의 폭원은 자전거도로의 유형별로 다음과 같이 매우 다양하게 구분하고 있다.

자전거 이용자 한 사람에게 필요한 운동공간은 각 측면에서 0.2m로 위쪽과 양 측면의 0.25m 안전공간은 고정적인 장애물로부터 영향을 받지 않아야 하며, 자전거 변 바로 옆의 측면 경계는 높이가 0.05m(페달을 밟는 공간)를 넘지 않아야 한다.

교통표지판과 교통시설은 통행공간을 침범하지 않고, 자전거 교통시설에 필요한 최소폭은 자전거 이용자에게 필요한 통행공간에서 산출되며 관습적 의미에서 연석자전거도로는 1.3m의 최소폭은 보유해야 한다(표 11 참조).

「American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities(1999)」에서 미

국의 자전거도로 폭은 1.5m로 규정되며, 최소폭원은 1.2m로 규정되어 있다.

표 11. 독일 자전거도로의 폭원

자전거도로의 종류	도로 폭(m)
일반도로와 독립해서 설치된 자전거도로	3.0
분리선으로 분리된 일반도로와 독립해서 설치된 자전거도로	4.0
차도변 자전거도로	
① 일방통행	2.0
② 도로 양쪽에 있는 자전거도로에서의 양방통행	2.0
③ 도로 한쪽에만 있는 자전거도로에서의 양방통행	2.5
④ 벨로루트에서의 양방통행	4.0
자전거차로	1.6
자전거건널목	2.0
길이15m이하의 지하차도(보행자 공용)	5.0
길이15m이상의 지하차도(보행자 공용)	6.0

자료 : 교통개발연구원, 과천시 자전거 도로 연구 및 기본계획, 1994

표 12. 호주 자전거도로의 폭원

구 분			폭 원(허용범위)	
자 전 거 차 로	자 전 거 차 로	60km/h	1.5m(1.2~2.5)	
		80km/h	2.0m(1.8~2.7)	
		100km/h	2.5m(2.0~3.0)	
	노 상 주 차 장 이 있 는 경 우	평 행	60km/h	4.0m(3.7~4.5)
			80km/h	4.5m(4.0~4.7)
		각 도	45도	7.3m(7.1~7.8)
			60도	7.6m(7.4~8.1)
			90도	8.0m(7.8~8.5)
		연 석 이 있 는 경 우	60km/h	4.2m(3.7~4.5)
	80km/h		4.5m(4.3~4.5)	
전 용	시내	2.5m(2.0~2.5)		
	교외	3.0m(2.0~3.5)		
	레저용	3.5m(3.0~4.0)		
결 용	일방	1.5m(1.2~2.0)		
	양방	2.5m(2.0~3.0)		

자료 : Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice, 1999

주 : 폭원에서의 가로안의 범위는 허용범위의 최소와 최대를 의미함.

또한, 「Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice(1999)」에서 호주의 자전거도로 폭원은 표 12와 같다.

「과천시 자전거도로 연구 및 기본계획 (1994)」에서 자전거전용도로의 경우, 편도 일차로에서는 핸들 폭 0.7m 와 좌우 여유폭 0.4m를 더해 최소 도로 폭을 1.1m로 하고, 편도 2차선은 항상 자전거가 나란히 주행하는 것이 아니므로 2.0m를 최소 도로폭으로 한다.

자전거 차도의 경우는 편도 일차선만 가능한 도로이고, 차량과 함께 주행해야 하므로 충분한 도로 폭을 확보해야 한다.

그러므로 좌우 여유폭을 자전거전용도로 보다 많은 0.8m로 하여 자전거차도의 최소 도로폭은 1.5m로 한다고 제시하였다(표 13 참조).

표 13. 자전거도로의 유형별 최소 폭원

구 분	자전거전용도로		자전거차도
	1차선	2차선	
최소폭원(m)	1.1	2.0	1.5

자료 : 교통개발연구원, 과천시 자전거도로 연구 및 기본계획, 1994

1997년 내무부에서 발표한 「자전거 이용시설 정비기준」에서는 다음과 같은 현실적인 문제로 도로폭을 축소시켜야 함을 주장하였다.

- 현실적으로 차도에서 3m이상을 자전거도로에 제공할 공간이 없다.
- 보도에 설치시에는 식수대폭 1m, 건축물 유효공간 0.5m, 2인기준 보행자폭 1.5m를 고려시 원칙적으로 6m 이상의 보도에만 설치 가능하여 사실상 보도에는 자전거도로를 설치 할 수 없다.
- 자전거도로를 3m 이상으로 설치시에는 차도와 물리적으로 분리되지 않는 경우 주차공간으로 쉽게 변형 이용된다.
- 시종점에는 차량의 진입을 예방할 수 있는 진입장애물 시설을 설치해야하는 문제점을 갖고 있다.

따라서 「자전거 이용시설 정비기준 (1997)」에서는 이러한 현실적인 문제를 극복하기 위해서 일본의 경우에는 1차선 자전거도로의 폭은 1m로 하되 지형의 상황이나 기타 이유로 인해 부득이한 경우에는 0.75m까지 축소할 수 있도록 하고 있다.

다만 자전거도로는 2차로로 구성하도록 하였으며 차도에 자전거도로를 공작물의 분리 없이 설치하는 경우에는 자전거의 안전성을 확보하기도 어려운 관계로 보도에 자전거도로를 설치하는 방향에서 자전거의 최소폭이 재검토 되었다.

표 14. 자전거도로의 유형별 최소폭원(안)

유형	세부유형	도로폭 (허용범위) m	
자 전 거 전 용 도 로	① 입체분리형	시내	2.5 (2.0~2.5)
		교외	3.0 (2.0~3.5)
		레저용	3.5 (3.0~4.0)
	② 평면분리형	시내	2.5 (2.0~2.5)
		교외	3.0 (2.0~3.5)
		레저용	3.5 (3.0~4.0)
	③ 자전거전용차로	자동차 평균속도 60km/h 미만	1.5 (1.1~2.5)
		자동차 평균속도 80km/h 미만	2.0 (1.8~2.7)
		자동차 평균속도 100km/h 미만	2.5 (2.0~3.0)
자전거보행자겸용보도	일방	1.5 (1.1~2.0)	
	양방	2.5 (2.0~3.0)	
자전거자동차겸용차도	자동차 평균속도 60km/h 미만	1.5 (1.1~2.5)	
	자동차 평균속도 80km/h 미만	2.0 (1.8~2.7)	
	자동차 평균속도 100km/h 미만	2.5 (2.0~3.0)	

즉, 「자전거 이용시설 정비기준 (1997)」에서는 현실적으로 자전거 최소폭을 기존법에서 제시된 1.1m에서 1m로 수정 되어야 함을 제안하였으나, 국내·외 연구자료 검토결과, 자전거도로 폭을 줄이는 것은 자전거 이용자들의 안전과 편리를 악화시키므로 자전거도로의 폭을 줄여서 설계하는 것은 권장하지 않는다.

현실적으로 보도의 폭이 좁아서 자전거도로 폭이 확보되지 않는 경우의 자전거도로 설치의 불가한 것은 사실이나 이의 해결책은 자전거도로 폭의 축소가 아닌 향후 도로의 보수시에 도로의 폭을 줄여서 자전거 도로를 확보하도록 하는 것이 바람직하다.

자전거도로 폭의 국내·외 연구를 검토한 결과, 현재의 자전거 폭은 이용자가 불안감을 조성하며 주행성을 떨어지게 하므로 안전성과 편리성을 줄 수 있는 자전거 도로폭을 표 14와 같이 제안하며 도로폭원의 허용범위는 여건에 따라 선택하도록 하는 것이 좋다.

3.4 정지시거

정지시거는 자전거도로의 중심선상 1m 높이에서 당해 자전거도로의 중심선상에 있는 높이 0.15m의 물체 정점을 볼 수 있는 거리를 말한다.

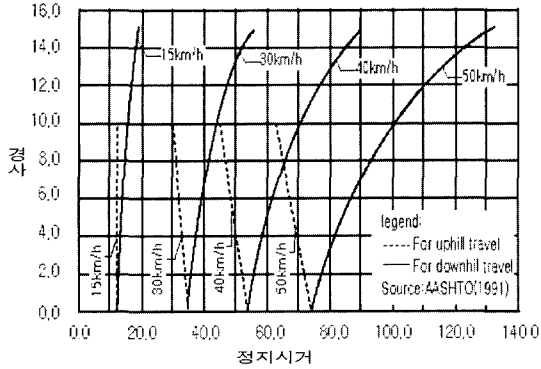
정지시거는 자전거 이용자가 예기치 않은 상황에서 장애물을 인지한 경우에 제동을 걸어서 정지하기 위해 필요한 길이이며, 그 길이 이상의 시거를 확보해야 하는 최소 값이다. 자전거도로에는 당해 자전거도로의 설계속도에 따라 정지시거가 확보되도록 하여야 한다. 「자전거 이용시설의 구조·시설기준에 관한 규칙(1995)」은 정지시거를 표 15와 같이 제시하였다.

표 15. 정지시거

설계속도(km/h)	정지시거(m)
30 이상	30 이상
20 이상	20 이상
10 이상	10 이상

자료: 전교부, 「자전거 이용시설의 구조시설 기준에 관한 규칙」, 1995

「Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice, 1999」에서는 호주의 정지시거는 그림 4와 같다.



자료 : Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice, 1999

그림 4. 호주의 정지시거

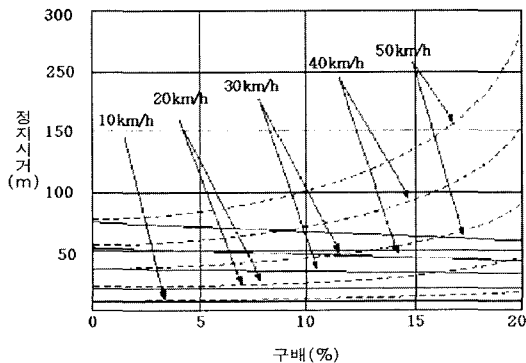
「American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities(1999)」에서는 미국의 정지시거를 그림 5 및 표 16이 나타내고 있다.

$$s = \frac{v^2}{254(f + g)} + \frac{v}{1.4} \quad (\text{식 1})$$

s = 정지시거(m), v = 속도(km/h)

f = 종방향 미끄럼 마찰계수

g = 종단경사(%)



자료 : American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities, 1999

그림 5. 미국의 정지시거

표 16. 미국의 정지시거

경사	설계속도			
	10km/h	20km/h	30km/h	40km/h
5%	8	20	33	50
10%	8	19	32	47
15%	8	18	30	44
20%	8	18	29	43

자료: American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities, 1999

3. 5 곡선반경

자전거도로의 곡선반경은 설계속도에 따라 산정되며 표 17에서 제시한 거리 이상으로 하여야 한다고 「자전거 이용시설의 구조·시설기준에 관한 규칙(1995)」에 명시되어 있다.

이는 국내 연구사례 「과천시 자전거도로 연구 및 기본계획(1994)」에서 제시한 실험값을 이용하여 산정되었다.

자전거운전자들은 속도변화에 특히 민감하고 경사구간의 커브길에서는 넘어질 위험이 커지기 때문에 교차로 이외의 도로에서는 최소반경이 10m를 밑돌지 않도록 해야 한다.

횡단경사의 경우는 배수를 위하여 최소 2%가 요구되며 속도가 낮은 자전거가 주행할 것을 대비해서 5%를 초과하지 않도록 제시하였다.

곡선부의 경우 설계속도가 30km/h인 구간에서는 자전거운전자의 안전을 고려해서 0.3m 이상의 여유폭을 더하고 그 이외의 경우는 (식 2)에서 구할 수 있다.

$$R = 0.78 \times V + 0.43(m) \quad (\text{식 2})$$

여기서, R : 곡선반경(m), V : 설계속도(km/h)

그러나 위 실험식(식 2)은 설계속도만을 반영하였

고 마찰과 편경사 등 자전거 주행에 미치는 다른 요소들의 반영이 미흡하다.

표 17. 곡선반경

설계속도(km/h)	정지시거(m)
30 이상	24 이상
20 이상	17 이상
10 이상	10 이상

자료:건교부, 자전거 이용 시설의 구조 시설 기준에 관한 규칙, 1995

독일의 경우 자전거 이용자들이 속도변화에 특히 민감하고 경사구간의 커브 길에는 넘어질 위험이 커지기 때문에 특히 도로와 상관없이 독립적으로 설치되어있는 자전거도로에는 가능한 반경을 크게 잡고 최소반경이 10m를 밑돌지 않도록 해야 한다고 표 18과 같이 제시되었다.

표 18. 독일의 곡선부 속도에 따른 곡선반경

곡선반경 (km)	2.5	5	10	15	20	25
속도 (km/h)	10	16	24	28	32	40

자료:교통개발연구원, 과천시 자전거도로 연구 및 기본계획, 1994

미국의 경우에는 「American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities(1999)」에서 제시된 곡선반경은 설계속도, 경사도, 타이어와 도로의 마찰계수에 의해서 영향을 받는다.

제시된 값을 (식 3), (식 4)에 의해 최소설계곡선반경을 표 19, 표 20과 같이 구하였다. (식 3), (식 4)는 기존도로의 곡선반경 식과 동일하다.

$$R = \frac{V^2}{127(i + f)} \quad (\text{식 3})$$

$$R = \frac{0.0079V^2}{\tan \theta} \quad (\text{식 4})$$

$$i = \text{편경사}(\%/100) = \tan \theta$$

$$f = \text{횡방향 미끄럼 마찰계수}$$

$$V = \text{자전거의 속도 (km/h)}$$

$$R = \text{곡선반경 (m)}$$

표 19. 미국의 최소곡선반경(편경사 15°)

설계속도(km)	최소곡선반경(m)
20	12
30	27
40	47
50	74

자료:American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities, 1999

표 20. 미국의 최소곡선반경(편경사 20°)

설계속도(km)	최소곡선반경(m)
20	0.31
30	0.28
40	0.25
50	0.21

자료:American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities, 1999

주 : Superlevation 2%일 때

따라서 미국은 시거에 따른 평면곡선의 길이를 표 21과 같이 제시하였다.

또한, 호주의 경우 「Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice(1999)」에서는 제시된 평면곡선반경은 그림 6과 표 22와 같으며, 편경사는 표 23과 같다. 국내·외의 사례를 검토한 결과 정지시거는 (식 5) (식 6)을 이용하여 산정하였을 때 기존도로와 호환될 것으로 판단되어 (식 2)보다는 더 바람직하다고 판단된다.

표 21. 시거에 따른 평면곡선반경

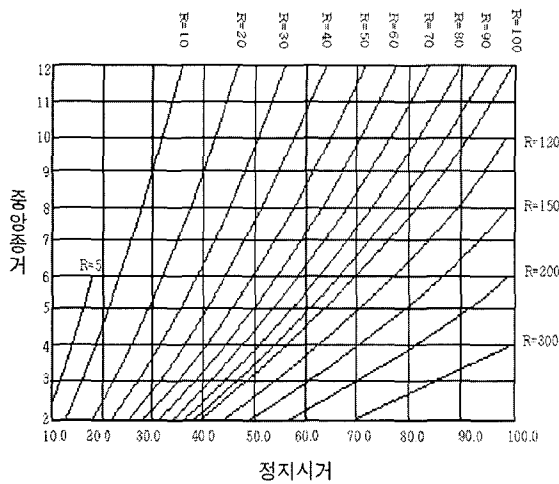
구분	정지시거(m)																		
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
10	1.2	2.7	4.6	6.8	9.3														
15	0.8	1.8	3.2	4.9	6.9	9.1	11	14											
20	0.6	1.4	2.4	3.8	5.4	7.2	9.2	11	14	16	19								
25	0.5	1.1	2	3.1	4.4	5.9	7.6	9.5	11	14	16	18	21	23					
50	0.3	0.6	1	1.6	2.2	3	3.9	5	6.1	7.4	8.7	10	12	13	15	17	19	21	23
75	0.1	0.4	0.7	1	1.5	2	2.7	3.4	4.1	5	5.9	6.9	8	9.2	10	12	13	15	16
100	0.1	0.3	0.5	0.8	1.1	1.5	2	2.5	3.1	3.8	4.5	5.2	6.1	7	7.9	8.9	10	11	12
125	0.1	0.2	0.4	0.6	0.9	1.2	1.6	2	2.5	3	3.6	4.2	4.9	5.6	6.3	7.2	8	8.9	9.9
150		0.2	0.3	0.5	0.7	1	1.3	1.7	2.1	2.5	3	3.5	4.1	4.7	5.3	6	6.7	7.5	8.3
175		0.2	0.3	0.4	0.6	0.9	1.1	1.4	1.8	2.2	2.6	3	3.5	4	4.6	5.1	5.8	6.4	7.1
200		0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	3.1	3.5	4	4.5	5	5.6	6.2
225		0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2	2.3	2.7	3.1	3.5	4	4.5	5	5.5
250		0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8	3.2	3.6	4	4.5	5
275		0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5
300			0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1	1.3	1.5	1.8	2	2.3	2.7	3	3.4	3.8	4.2

자료: American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities, 1999

표 22. 호주의 곡선반경

설계속도(km)	최소곡선반경(m)
20	10
30	25
40	50
50	94

자료: Austroads, Guide to traffic engineering practice, 1999



자료: Austroads, Guide to traffic engineering practice, 1999

그림 6. 호주의 평면곡선

표 23. 호주의 편경사

구분	편경사(%)				
	2	3	4	5	6
speed (km/h)	곡선반경(m)				
20	10	9	9	9	9
30	24	23	22	21	21
40	47	45	43	42	41
50	82	82	79	76	79

자료: Austroads, Guide to traffic engineering practice, 1999

$$R = \frac{V^2}{127(i + f)} \quad (\text{식 5})$$

$$R = \frac{0.0079V^2}{\tan \theta} \quad (\text{식 6})$$

- i = 편경사(%/100) = $\tan \theta$
- f = 횡방향 미끄럼 마찰계수 (m)
- V = 자전거의 속도 (km/h)
- R = 곡선반경 (m)

「도로구조 시설기준(2000)」에 의하면 설계속도 20~40km/h 일 때 횡방향 미끄럼 마찰계수는 0.16 이므로 이를 적용하여서 표 24과 같이 곡선반경과 편경사를 정하였다.

표 24. 곡선반경(안)

구 분	편경사(%)				
	2	3	4	5	6
자전거속도	곡선반경(m)				
	20 km/h	17	17	16	15
30 km/h	39	37	35	34	32
부득이한 경우	3				

4. 결 론

현재 우리나라에서는 자전거이용시설의 규정은 「자전거이용활성화에 관한 법률」에 제시되어 있으나

이를 다양한 사례에 현실적으로 적용이 가능하도록 하는 시행령과 규칙의 제·개정이 필요한 것으로 보인다.

본 연구에서는 국내·외 사례를 검토함으로써 자전거 이용자들이 쾌적하고 안전하게 자전거를 탈 수 있는 자전거도로 설계방향을 제시하였다.

그리고 향후 자전거 시설 인프라를 형성함에 있어 우리나라 현실에 적합한 좀 더 체계적인 자전거도로의 설계지침이 필요 할 것으로 예상된다. 이를 위해서는 자전거도로 설계와 관련된 실험이 필요한 것으로 보인다.

참고문헌

박병호, 자전거도로의 설계와 이해, 1997
 교통개발연구원, 과천시 자전거 도로 연구 및 기본계획, 1994.
 경기도, 그린웨이 기본계획, 2005.
 내무부, 자전거 이용 시설 정비 기준, 1997년
 건교부, 자전거 이용 시설의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 1995.
 건교부, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 2000
 Austroads, Guide to Traffic Engineering Practice, 1999
 American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for the Development of Bicycle Facilities, 1999