

국내 교통여건을 고려한 자전거전용신호 도입방안 연구

A Study on Introduction of Bike Exclusive Signal Focused on Traffic Condition

한 원 섭* 황 상 호** 현 철 승*** 이 호 원*** 오 영 태**** 이 철 기*****
(Won-Sub Han) (Sang-Ho Whang) (Cheol-Seung Hyun) (Ho-Won Lee) (Yong-Tae Oh) (Choul-Ki Lee)

요 약

자전거도로가 설치된 교차로 및 횡단도로에서 자전거, 차량 및 보행자 간에 상충이 발생하게 된다. 이와 같이 자전거 도로와 여타 교통류가 교차되는 구간에서 자전거와 자동차, 자전거와 보행자와의 상충을 분리해주어야 하는데, 이런 방법 중 하나가 자전거전용신호라고 할 수 있다. 자전거도로 시설 및 이용자 특성조사에 따르면 자전거도로가 횡단보도와 연계하여 설치되어 있고, 자전거이용자 대부분이 횡단보도신호를 이용하고 있으며, 횡단보도시간 내에 횡단을 종료하는 것으로 조사되었다. 따라서 횡단보도와 자전거도로가 인접한 자전거횡단도로에서는 보행신호와 연계한 운영방안 즉, 영국의 TOUCAN Crossing 형태의 적용이 제안된다. 이와 같은 자전거전용신호 운영체계는 현재 자전거횡단도로의 위치가 횡단보도와 인접하여 설치되어 있고, 대부분의 자전거이용자들이 보행신호에 따라 도로를 횡단하고 있으며, 보행신호시간동안 횡단할 수 있기 때문이다. 반면에 자전거횡단도로가 보행도로와 이격되어 설치된 경우 및 자전거의 통행속도 등을 고려하여 전용도로 형태로 자전거도로가 설치된 경우에는 차량신호와 연계한 자전거신호등 형태(3색 등화체계)가 제안된다. 이와 같은 자전거신호등의 운영형태는 기존 자전거도로 시설과 자전거이용자의 도로횡단특성을 수용하고, 교통신호제어기의 기능변경 없이 신호시간의 조정만으로 적용이 가능한 이점이 있다.

Abstract

The bikes are conflicted with the cars and the pedestrian at the intersection and the road with the bike crossing. To establish the bike signal at this section is one method to solve this conflict. According to the survey for the bike road status and the biker's characters which are crossing the road at the intersection, the bike crossing are established with beside the pedestrian crossing and most of the bikers are crossing the street by the pedestrian signal. Also, the bike queue which is waiting the signal change at the stop line was cleared before the closing the pedestrian signal. Considering the result of this survey, TOUCAN crossing signal type in England for bike signal at the place where the bike crossing are established with beside the pedestrian crossing, in which bike rider and pedestrian can cross by the pedestrian signal operation, is suggested. However, at the place where the bike crossing is apart from the pedestrian crossing, the bike signal which is connected to the vehicle signal is suggested. All these types of bike signals can be accepted for the present bike crossing equipments and the biker's characters and be adapted to the police standard traffic signal controller by adjusting the signal time only without any function change.

Key words: TOUCAN crossing, bikeway, bike signal, pedestrian signal

* 주저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 수석연구원

** 공저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 수석연구원

*** 공저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 선임연구원

**** 공저자 : 아주대학교 건설교통공학부 교수

***** 공저자 : 아주대학교 ITS대학원 교수

† 논문접수일 : 2008년 9월 2일

‡ 논문심사일 : 2008년 9월 29일

† 게재확정일 : 2008년 10월 6일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

유류비 증가에 따른 에너지 절감, 교통혼잡 및 환경오염 증가 문제의 해결과 국민건강 증진 등의 목적으로 최근 우리나라에서는 자전거 이용을 장려하고 있고, 또한 지방도시에서 자전거 전용도로를 확충하고 있다. 그러나 자전거 전용도로가 설치되어 운영될 경우 교차로 및 횡단보도에서 차량 및 보행자와 상충이 발생하게 된다. 이와 같이 자전거 도로와 여타 교통류가 교차되는 구간에서 자전거와 자동차, 자전거와 보행자의 상충을 분리해주어야 하는데, 이런 방법 중 하나가 자전거전용신호라고 할 수 있다 [1]. 자전거전용신호에 의한 통행권 확보는 자전거 이용자의 안전과 편의성을 높여줌으로 자전거생활을 활성화하는데 매우 필요하다.

우리나라에서는 자전거이용 활성화에 관한 법률이 제정되어 있고 [2], 자전거 이용에 관한 시설 규정 및 설치에 관한 지침만을 제시하고 있지만, 자전거 전용신호 관련 규정이 마련되지 않고 있다. 특히 도로교통법 상 자전거를 차량으로 구분하고 있어 횡단보도 등에서 자전거사고가 발생할 때 자전거 이용자에게 과중하게 책임을 묻는 사례가 증가되고 있는 실정이다. 현재 경찰에서 규격을 제정하여 운영하고 있는 “교통신호제어시스템 표준규격” 및 “교통신호제어기 설치·관리 가이드라인”에서도 자전거전용신호에 대한 규정을 마련하고 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 실정에 맞는 자전거전용신호 운영 방안을 마련하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구는 교차로 및 횡단도로에서 자전거 이용자의 교통안전을 위하여, 여타 상충 교통류와 분리하여 도로 횡단 기회를 부여하는 자전거신호 운영 체계에 대한 연구를 대상으로 한다. 횡단도로에서 자전거도로 시설형태와 자전거 이용자들의 횡단특성 등 우리나라 실정에 맞는 자전거전용신호체계

도입을 위하여, 자전거도로 설치형태와 자전거도로가 설치된 횡단도로에서 자전거 통행특성을 현장조사하고 분석한다. 또한 자전거 통행속도 향상과 횡단보도가 없는 경우 등을 고려하여 우리나라의 실정에 맞는 자전거신호운영체계를 제안한다.

II. 관련 법률 검토 및 해외 현황

1. 자전거도로 및 통행 관련규정

1) 자전거 도로의 구분

도로교통법상에 정의된 자전거도로는 안전표지, 위험방지용 울타리나 그와 비슷한 공작물으로써 경계를 표시하여 자전거 교통에 사용하도록 된 도로의 부분을 말한다 [3]. 자전거이용 활성화에 관한 법률에서 “자전거이용시설”이라 함은 ‘자전거도로·자전거주차장 기타 자전거의 이용과 관련되는 시설로서 대통령이 정하는 것’이라 정의하고 있다. 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙에서는 ‘폭 1.1미터(길이가 100미터 미만인 터널 및 교량의 경우에는 0.9미터)이상의 도로로서 자전거의 통행을 위하여 설치하는 도로’라 정의하고 있다.

현재 설치·운영되고 있는 자전거도로의 유형을 보면, 일반도로 교통류와의 분리정도 및 도로의 보행자 이용 여부에 따라 자전거 전용도로, 자전거·보행자 겸용도로, 차로 상에 자전거 도로로 구분된다. 자전거 전용도로는 일반적으로 차량교통으로부터 자전거를 분리하여 통행하도록 설치되어 있어 자전거 교통의 흐름을 통제하는 외부영향이 없는 흐름으로 자전거간의 상호작용하는 것이 특성이다. 자전거·보행자 겸용도로는 차량교통으로부터 분리 설치되어 있어 교통의 흐름을 통제하는 외부영향이 없으나, 보행자와 상호작용을 하게 된다 [1]. 보도를 이용한 자전거전용도로나 자전거·보행자 겸용도로는 보행자의 동선과 같이 움직이므로 도로를 횡단하는 경우에도 보행교통류와 같이 움직이는 경우가 많다. 차로 상의 자전거도로는 차량이 통행하는 도로에서 차량 교통류와 구분하여 설치 운영하는 형태이다. 차로 상에 설치된 자전거전용도로

는 차량 교통류와 함께 이동하므로 교차로 등에서 도로를 횡단하는 경우에 속도 차가 큰 두 교통류를 동일한 방법으로 관리하기는 어렵다.

2) 자전거 통행 규정

도로교통법규나 교통안전시설 설치 및 운영 매뉴얼 등에서는 자전거전용신호에 대하여 규정하고 있지 않다. 도로교통법 상 자전거는 “차마”에 해당하여 차량과 같은 운행에 대한 규제를 받는다고 할 수 있다. 이와 같은 의미에서 신호등이 설치되어 있는 횡단도로 및 교차로에서 자전거는 차량신호에 따라 횡단하는 것이 도로교통법규에 부합될 것이다. 그러나 자전거는 동력이 없는 차마로 운행특성이나 위험에 대한 노출도 등이 동력을 갖고 있는 차량과는 큰 차이를 갖는다. 따라서 동력을 갖고 일정속도 이상의 속력을 갖는 차량을 대상으로 운영되는 차량신호등으로 자전거 교통류를 동시에 관리하는 것은 자전거 이용자의 사고위험을 높이는 원인이 될 수 있다.

자전거통행에 대해 도로교통법에서는 자전거도로가 있는 곳에서는 자전거는 자전거도로를 통행하여야한다는 규정은 있으나, 하부 관련법규(시행령, 시행규칙)에서 횡단도로 및 교차로 등 신호등이 있는 곳에서 운행방법에 대하여 구체적인 내용이 명시되어 있지 못하여 자전거통행의 연속성 및 안전성 등의 문제를 안고 있다(<표 1> 참조). 따라서 자전거전용신호의 도입이 필요한 시점이다.

2. 해외 현황

1) 미국

미국 캘리포니아주 DAVIS시에 적용되고 있는 자전거전용신호 운영규정의 자전거전용신호는 교차로에서 직진하는 자전거 교통에 독립적 신호를 제공한다. 기본적으로 원형의 적색과 황색, 녹색등에 부가적으로 화살표가 설치된다. DAVIS시에서



<그림 1> 최초 자전거 전용신호등(미국)
<Fig. 1> First bike exclusive signal (America)

<표 1> 자전거전용신호운영 도입과 관련된 법규 및 규정
<Table 1> Regulations of bike signal operation

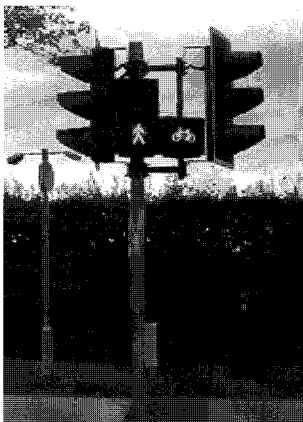
관련규정	현황 및 문제점
도로교통법, 시행령 및 시행규칙	<ul style="list-style-type: none"> - 도로교통법에서 자전거는 “차”로 구분되어 있어 횡단도로 및 교차로에서 자전거의 통행은 차량신호에 따르는 것이 법규 해석에 부합 - 도로교통법에서는 자전거통행에 관해서 자전거도로가 있는 곳에서는 자전거는 자전거도로를 통행하여야한다는 규정은 있으나, - 시행령 및 시행규칙에서 구체적인 내용이 명시되어 있지 못하여 자전거통행의 연속성과 안전성 등에 문제를 안고 있음
교통안전시설설치 및 운영매뉴얼	<ul style="list-style-type: none"> - 경찰 교통안전표지 설치·관리 매뉴얼에는 차량과 보행신호등의 설치 운영에 대한 규정만 명시 - 그러나 자전거신호등 설치와 운영에 대한 별도규정이 없음(설치위치, 신호등 형식, 신호운영 체계 등에 대한 추가 규정의 마련 필요)

적용되고 있는 자전거 신호현시는 12초의 최소 자전거 녹색시간에서 25초의 최대 녹색시간을 부여한다. 또한 현시 마지막에 적용되는 1초의 전적색(All Red)을 2초로 늘여 적용하고 있다. 보행자 신호시간은 5초의 Walk와 18초의 보행점멸시간이 주어진다.

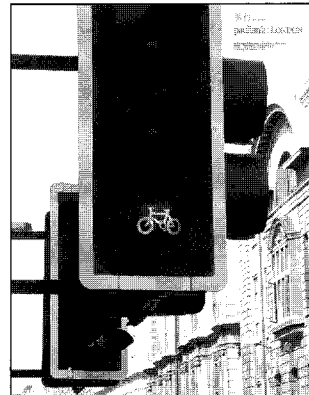
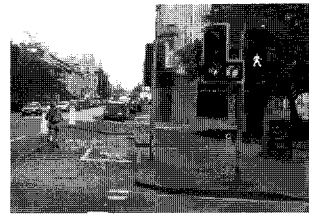
또한 자전거 신호등 설치는 “앞 교차로에 자전거 신호가 사용 중이니, 적색시간에 우회전 금지”라고 명시하여 자전거전용신호현시 동안 차량이 보행교통류, 자전거들과 상충을 방지하는 가변적인 경고 표지를 설치하고 있다 [1].

2) 영국

국에서는 교차지점에 자전거에 우선 통행권을 부여하는 신호시스템 도입 등이 검토 중에 있다. 영국의 자전거 전용신호체계는 TOUCAN Crossing 즉, 보행자와 자전거가 같이 건널 수 있다는 뜻에서 만들어진 신호체계로, 보행자 신호가 켜지면 별도의 자전거 신호도 같이 켜지도록 되어 있다. 또한 보행자 횡단보도 옆에 다른 색의 보도가 바닥에 자전거그림과



<그림 2> TOUCAN crossing 자전거 신호
<Fig. 2> TOUCAN crossing bike signal

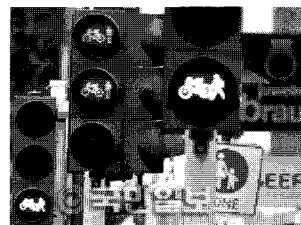


<그림 3> 교차로 자전거 전용신호 [4]
<Fig. 3> Bike signal at the intersection [4]

함께 그려져 있다. 대부분 횡단보도를 지나는 자전거 운전자는 자전거에서 내려 건너야 하지만 별도의 자전거 도로에서는 타고 지나갈 수 있다 [1].

3) 독일

독일은 자전거전용신호등을 설치하여 교통혼잡



<그림 4> 독일 자전거 전용신호등 [6]
<Fig. 4> Bike signal (Germany) [6]

을 막는 것은 물론 자전거를 차보다 먼저 출발하도록 하여 안전을 유도하는 자전거 우선 출발제도를 도입하고 있다. 원형의 2색등 및 3색등의 자전거신호등을 설치하고, 교차로에서 자동차의 사각지대로 인한 자전거 사고를 방지하기 위하여 자전거 정지선을 차량정지선보다 앞쪽에 위치하게 하고 있다. 또한, 1차선이었던 자전거도로가 교차로에서는 2차선으로 넓어지는데, 이는 좌우회전 시 충돌사고를 예방하고 복잡한 교차로 회전 시 자전거를 보호하기 위한 안전장치라 할 수 있다 [5].

3. 국가별 현황 비교

우리나라의 경우는 지자체별로 자전거도로의 시설 확장은 추진하고 있으나 자전거신호에 대한 규정은 마련되어 있지 않아, 교차로 및 횡단도로에서 자전거신호가 운영되고 있지 않은 실정이다. 반면에 미국을 비롯하여 유럽에 영국 및 독일 등에서는 자전거신호등을 별도로 설치하여 교차로 및 횡단도로에서 자전거의 안전한 통행을 확보하고 있다(<표 2> 참조). 미국에서는 적색과 황색, 녹색등에 부가적으로 화살표가 있는 자전거신호등을 운영하고, 이에 부합한 신호시간을 설정하여 운영하고 있다. 영국에서는 보행자와 자전거가 같이 건널 수 있는 TOUCAN Crossing 자전거신호를 도입하여 운영하고 있으며, 교차지점에 자전거에 우선 통행권을 부

여하는 신호시스템 도입 등이 검토 중이다. 보행자 횡단보도 옆에 다른 색의 별도의 자전거횡단도로 설치하여, 자전거 도로에서 자전거를 타고 지나갈 수 있도록 하고 있다. 독일의 경우는 2색등 및 3색등의 자전거전용신호등을 설치하고, 자전거를 차보다 먼저 출발하도록 하는 자전거 우선 출발제도를 도입하여 운영하고 있다. 교차로에서 자전거 정지선을 차량정지선보다 앞쪽에 위치하게 하여 사각지대를 해소하고, 정지선에서 자전거도로를 2차로로 확장하여 좌우회전 시 충돌사고를 예방할 수 있도록 하고 있다.

Ⅲ. 자전거 도로 및 이용특성 조사

1. 현황

1) 자전거 도로 현황

<그림 5>는 송파구의 경우로서 국내 일반적인 자전거 전용도로 형태로 보도와 자전거도로를 함께 설치하여 운영하고 있다. 특징은 자전거도로를 차로 쪽에 위치시키는 경우와 보도안쪽으로 위치시키는 경우로 구분된다.

대전시 유성지구의 경우, 도로 갓길 1차로에 양방의 자전거전용도로를 설치하여 자전거도로의 통행에 우선권을 부여하고, 연속성이 확보될 수 있도록 하였다. 버스정류장을 차로 쪽으로 위치시키고,

<표 2> 미국 및 유럽 국가별 자전거신호 운영 현황
<Table 2> Bike signal operation status of USA and EU's country

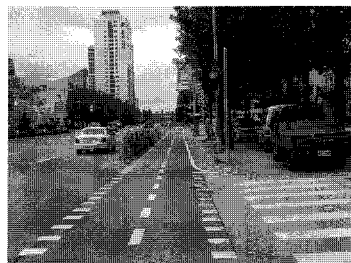
구분	특성	
	신호	운영
미국	- 원형의 적색과 황색, 녹색등에 부가적으로 화살표가 설치된 자전거신호 설치	- 적정 자전거 신호현시시간 적용 - 자전거전용신호현시 동안 차량이 보행교통류, 자전거들과 상충을 방지하는 가변적인 경고 표지 설치 운영
영국	- TOUCAN Crossing 즉, 보행자와 자전거가 같이 건널 수 있는 신호체계 도입 - 교차지점에 자전거에 우선 통행권을 부여하는 신호시스템 도입 등이 검토 중	- 보행자 횡단보도 옆에 다른 색의 별도의 자전거횡단도로 설치 - 별도의 자전거 도로에서는 타고 지나갈 수 있음
독일	- 자전거전용신호등을 설치하고, 자전거를 차보다 먼저 출발하도록 하는 자전거 우선 출발제도를 도입 - 원형의 2색등 및 3색등의 자전거신호등 설치 운영	- 교차로에서 자전거 정지선을 차량정지선보다 앞쪽에 위치하게 하여 사각지대 해소 및 정지선에서 자전거 도로를 2차로로 확장하여 좌우회전 시 충돌사고 예방



<그림 5> 서울시 송파구 자전거도로 현황
<Fig. 5> Bike way (Seoul Songpa)



(a) 버스정류소위치



(b) 진출입부 점멸신호



(c) 자전거전용신호등



(d) 4각 3색등화 구성

<그림 6> 대전시 유성구 자전거도로로 현황
<Fig. 6> Bike way (Deajeon) (a) Bus stop area, (b) Flasher at the entry, (c) Bike exclusive signal, (d) Square 3-color light

자전거도로는 버스정류장 뒤로 돌아서 연결시켰다. 또한 차량의 진·출입도로와 교차되는 횡단지점에는 점멸신호를 설치하여 자전거도로의 연속성을 확보하였다. 관련규정의 미비로 현재 운영되고 있지 않으나, 교차로 횡단부에 자전거전용신호를 설치하여 자전거 통행의 연속성과 안전성을 확보하기 위하여 노력하고 있다(<그림 6> 참조).

2) 교차로에서 자전거도로 설치 위치

현재 교차로에 자전거도로가 설치된 위치를 보

면 크게 두 가지 형태로 구분된다. <그림 7>과 같이 자전거도로가 횡단보도 기준으로 교차로 내측으로 설치되어 있는 경우와 횡단보도를 중심으로 밖으로 설치된 경우이다. 두 가지유형 모두 자전거 이용자가 차량신호를 이용하여 도로를 횡단하는 것을 기준으로 설치되었다고 보기는 어렵다. 특히 교차로에 설치된 자전거횡단도로 시설이 좌회전을 유도하는 형태는 없고, 직선으로 보도와 연결되거나 교차로 가장자리와 연결 되도록 설치되어있다. 이와 같이 교차로에서 자전거도로가 보행자 횡단보도와 연계하여 설치



(a) 교차로 내측



(b) 교차로 외측

<그림 7> 교차로로 자전거 도로 설치 유형

<Fig. 7> Bike way on-street road marking (a) Inside crossing, (b) Outside crossing

된 형태는 교차로에서 자전거 교통류 제어를 보행자 신호에 따르도록 유도하는 것으로 검토된다.

2. 자전거 도로횡단 특성 조사

자전거도로가 설치된 교차로에서 자전거 이용자들의 도로횡단 특성은 자전거신호등 운영형태를 결정하는 데 영향을 미칠 수 있다. 따라서 서울(둔촌동 4거리, 체육고 입구, 석촌역 등)과 경상북도 상주시(중앙사거리)에서 자전거도로가 설치된 교차로에서 자전거 이용자들의 도로횡단 특성 즉, 횡단부분, 좌회전통행, 신호변환 시 횡단 시작시간과 횡단 속도 등을 조사하였다. 현장조사 방법은 교차로 횡단지점에 비디오카메라를 설치하여 신호주기별로 촬영을 하였고, 비디오 프레임 분석기를 통하여 속도 및 소요시간 등을 분석하였다.

1) 도로횡단 특성

자전거전용신호가 없는 우리나라에서 현재 횡단

도로 또는 교차로에서 자전거 이용자는 차량 또는 보행신호등을 이용하게 된다. 도로교통법상으로 자전거는 차마의 범위에 속하므로 차도를 이용하는 자전거는 차량의 신호에 따르는 것이 법적인 해석으로는 적합하나, 현장조사에 의하면 대부분의 자전거 이용자들이 보행자신호에 따라 횡단하는 특징을 갖고 있다.

<표 3>은 자전거도로가 설치된 횡단도로에서 자전거를 이용하는 사람들의 신호등 이용행태를 조사한 것이다. 조사결과, 자전거 이용자 대부분이 도로를 횡단하기 전에 횡단보도 대기지점에 정지하고, 보행신호와 함께 횡단하는 것으로 나타났다. 또한 자전거 전용도가 설치되지 않은 구간에서도 자전거 이용자 대부분은 보행자신호를 이용하여 도로를 횡단하는 것으로 조사되었다.

2) 자전거의 좌회전 교통

현재 교차로 상에서 자전거횡단도로는 도로의

<표 3> 횡단도로에서 자전거 이용자 신호등 이용행태 조사
<Table 3> The characters of bike rider at pedestrian crossing

구분	자전거 통행대수	보행신호 이용 대수	차량신호 이용 대수	기타 (신호무시)
둔촌사거리 A방향	109	106(97%)	1	2
둔촌사거리 B방향	36	35(97%)	0	1
석촌역	12	12(100%)	0	0
잠실주공APT교차로	8	8(100%)	0	0
상주시 중앙사거리	69	64(93%)	2	3



<그림 8> 자전거 도로횡단 특성
<Fig. 8> Crossing characteristics on bike way

횡단 즉, 직진만을 유도하고, 좌회전을 유도하는 자전거도로가 설치된 예가 없다. 자전거 이용자의 대부분은 도로의 가장자리 또는 보도를 이용하여 도로를 횡단하고 있어, 좌회전신호에 도로중앙에 위치한 좌회전 교통류와 함께 이동하는 것이 물리적으로 어렵고, 안전도 보장할 수 없다.

또한, 자전거 이용자들이 차량신호 보다 보행자 신호등을 이용하여 도로를 횡단하고 있어, 좌회전 자전거 교통이 발생되지 않고 있다. 따라서 교차로

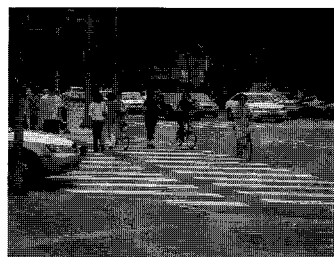
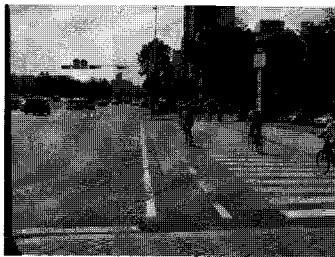
에서 좌회전이 가능하도록 자전거도로가 설치되지 않는 상황에서 자전거전용신호에 좌회전 신호현시를 부여하는 것은 물리적으로나 안전문제 상 어려운 것으로 판단된다.

3) 자전거 전용도로 이용 특성

<표 4>는 자전거 전용 횡단도로가 설치된 지점 (서울 둔촌동 교차로, 경북 상주)에서 자전거 이용

<표 4> 자전거 통행자 중 횡단보도 이용 횡단현황 조사
<Table 4> Survey of bike used pedestrian crossing

구분	자전거 통행대수	자전거도로 이용		횡단보도 이용	
		대	비율 (%)	대	비율 (%)
둔촌사거리 A방향	106	21	20	85	80
둔촌사거리 B방향	35	2	6	33	94
석촌역	12	8	67	8	67
잠실주공3단지입구	3	2	67	2	67
잠실주공APT교차로	8	8	100	8	100
상주시 중앙사거리	62	9	15	47	85



<그림 9> 자전거 전용도로 이용 특성
<Fig. 9> Crossing characteristics on bike way

자가 도로를 횡단할 때 횡단보도를 이용하는 비율을 조사(비디오 촬영/ 프레임 분석)한 것이다. 조사 결과 자전거전용도로 보다는 횡단보도를 이용하는 경우가 대부분인 것으로 조사되었다. 이와 같은 현상은 자전거도로가 위치한 지점에 도로경계석 턱 낮춤이 정비되어 있지 않고, 자전거 대기지점이 정비되어 있지 않아 신호대기 시 보행자 대기공간에서 보행자와 함께 위치하는 데에서 기인한다. 도로 횡단 시 자전거이용자가 보행자와 함께 횡단보도를 이용하는 경향은 자전거 통행자가 보행신호에 의존하고 있음을 시사한다.

4) 교차로 진입 소요시간

횡단보도 대기지점에서 보행자 대기군이 형성되는 것과 같이 자전거전용도로가 설치된 자전거횡단도로 대기지점에서도 자전거 교통량이 많을 경우 자전거 대기군이 형성될 수 있다. 따라서 자전거전용신호를 운영하기 위해서는 신호변경 시 신호대기행렬이 도로로 진입하는 데 소요되는 시간과 대기열의 해소시간 분석이 요구된다.

진입순서는 자전거 진입행렬 순서를 조사한 것

<표 5> 녹색신호 시작 시 자전거 출발 소요시간 조사결과 (단위:초)

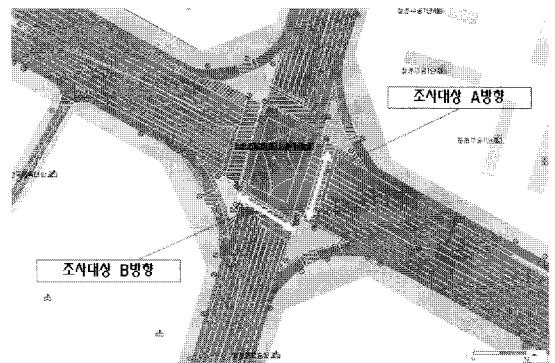
<Table 5> The results of bike start time in green time

진입순서	1차	2차	3차	4차	5차	평균
서울둔촌A	6.47	8.60	8.98	14.10	19.53	11.54
경북상주	2.15	3.05	4.07	5.34	17.97	6.52
평균	4.31	5.83	6.52	9.72	18.75	-

으로, 현장조사에 따르면 보행신호시간 시작 시 자전거 신호대기행렬에서 첫 번째 행렬(1차)이 도로로 진입하는 데 소요되는 평균시간이 4.3초로 조사되었다(<표 5> 참조). 또한 신호대기 자전거 수가 가장 많았을 경우(대기자전거 이후에 일부 추가로 도착되는 자전거 포함) 신호변경 후 자전거가 횡단도로에 진입 완료하는 데 소요되는 시간이 약 17~19초 조사되었다. 따라서 대기보행자 해소시간(교차로진입시간)으로 설정된 녹색시간동안 신호대기 자전거가 모두 교차로로 진입할 수 없었다.

5) 도로횡단속도

차량신호등의 녹색 및 황색운영이나 보행자도로의 녹색점멸시간 운영과 같이 자전거횡단도로 상에서 자전거의 횡단속도 즉, 통행속도는 자전거전용



<그림 10> 자전거 통행속도 조사 교차로(서울 둔촌교차로) 현황

<Fig. 10> Survey of bike speed at dunchon intersection

<표 6> 자전거횡단도로에서 자전거 통행속도 조사 분석

<Table 6> Survey of bike way crossing speed

지점	대기행렬 길이 (열)	보행신호 시간 (초)	횡단거리 (m)	자전거횡단소요시간 (초)		자전거횡단속도 (m/sec) 평균
				최소	최대	
서울 둔촌교차로 A방향	3~5	52	50	3	8	4.95
서울 둔촌교차로 B방향	2~3	46	40	3	6	4.64
상주시 중앙사거리	2~3		15	3	11	6.43
평균						5.34

신호시간 운영 체계에 중요한 변수이다. 자전거횡단도로 상에서 자전거 통행속도를 조사한 결과 <표 6>과 같이 평균 5.3m/초 인 것으로 조사되었다. 서울시에서 보행자 횡단보행속도의 평균이 1.3m/초로 횡단도로 상에서 자전거통행속도가 보행자통행속도보다 약 4배 이상 빠른 것으로 분석된다 [7]. 이와 같은 결과는 자전거의 신호운영체계를 보행자신호와 연동으로 운영할 경우 보행신호시간동안 자전거 횡단이 완료될 수 있음을 알 수 있다. <그림 10>은 자전거 횡단속도 조사를 위한 교차로 현황을 나타낸 것이다.

IV. 자전거전용신호 운영방안

자전거전용신호의 운영체계는 크게 차량신호 연계 방안, 보행자신호 연계 방안과 자전거전용신호 운영방안으로 구분된다. 앞에서 검토된 자전거도로 시설 및 횡단특성을 고려하여, 적절한 운영체계 결정하기 위해서 세 가지 방안의 장단점을 비교하면 다음과 같다.

1. 차량신호 연계 방안

자전거전용신호를 차량신호와 연계하여 운영하는 방안은 차량등과 같이 3색동화의 운영체계를 따르는 것이다. 이와 같은 운영체계는 대전시에서와 같이 보행자와 분리된 자전거전용도로가 설치된 환경에서 효과적인 운영체계로 횡단가능시간 즉, 녹색시간이 길어지고, 자전거 통행속도가 높아져 이동성을 높인다. 보행자 통행속도보다 높은 자전거 교통군을 보행자와 분리시킬 수 있어 보행자의 안전에 유리하다. 또한 좌회전신호를 운영할 수 있어 필요시 좌회전 자전거 교통류의 제어가 가능할 것으로 검토된다.

문제점으로는 차량과 자전거의 통행속도가 현저하게 차이가 나므로 신호변경 시 상충해소를 위한 황색시간과 최소녹색시간 등 신호시간 설정방안에 대하여 전반적으로 재검토 되어져야한다. 신호운영체계가 직·좌 동시신호로 운영되는 경우에는 갓길에 위치한 자전거가 좌회전하는 것이 불가능하며,

적신호시 우회전이 허용되는 신호체계(RTOR)에서 갓길에 위치한 자전거의 좌회전 교통류와 우회전 차량과의 상충도 문제가 될 수 있다. 또한 신호등의 시인성 등을 위하여, 기존에 횡단보도와 인접하여 설치된 자전거횡단도로의 위치를 변경하여야 한다.

2. 보행자신호 연계 방안

자전거신호를 보행자 신호와 연동하여 운영하는 방안(TOUCAN Crossing)은 신호현시체계 및 신호시간을 보행자신호에 따르도록 하는 것이다. 이와 같은 운영방안은 앞에서 검토된 바와 같이 교차로에 자전거도로가 횡단보도와 연계하여 설치되어 있고, 자전거 이용자의 도로횡단특성이 횡단보도신호를 따르고 있는 데에서 비롯된다.

보행자신호현시 체계와 연계하여 운영할 경우에는 기존에 보행자도로와 연계하여 설치된 자전거횡단도로 시설을 변경 없이 사용할 수 있고, 보행등 시설에 자전거전용신호등면만 추가로 설치하고 기존에 신호제어기의 물리적 구성이나 기능변경 없이 등화기의 추가 설치만으로 현장에 적용할 수 있는 것이 특징이다. 기존에 자전거 이용자들이 보행신호에 따르고 있어, 보행자신호와 연계한 자전거전용신호체계의 적용은 혼란을 줄일 수 있을 것으로 검토된다. 문제점으로는 자전거 대기행렬이 길어 보행자 진입시간 내에 모두 진입할 수 없는 경우에는 보행녹색시간 길이를 늘려야 하고 이럴 경우 횡단보도신호시간이 길어지는 문제점이 있다. 녹색시간이 짧아 자전거대기행렬이 교차로 진입이 늦어져 녹색점멸시간 동안 횡단도로로 진입하는 경우, 녹색점멸시간에 교차로 진입을 허용하게 되는 것으로 보행신호등의 녹색점멸시간의 운영에 대한 법규에 정해진 해석을 와해시킬 수 있는 문제점이 존재한다. 또한 보행녹색시간 동안만 교차로로 진입하는 것을 허용하므로 횡단가능시간이 줄어든다.

3. 자전거전용신호 운영방안

자전거전용신호 현시의 운영은 보행등과 같이 2색동화로 구성하거나 차량등과 같이 3색등으로 구

성하여 신호시간을 별도로 운영하는 방안이다. 자전거 통행량이 많아 자전거 횡단도로에서 대기하는 자전거의 대기길이가 길어 보행자 신호와 동시에 운영할 때의 문제점을 해소할 수 있다. 차량과 속도 차에 의한 상충해소시간(황색시간)을 적정히 설정하여 운영할 수 있는 이점이 있다. 그러나 자전거전용신호 현시를 설정하여 운용될 경우 보행자신호시간 설정 시의 산출방식과 같이 대기 자전거 해소시간(출발손실 및 차두시간간격) 및 자전거 횡단속도 등의 교통변수에 대한 연구와 병행하여 기존 교통신호제어기의 구성 및 프로그램 변경에 대한 사전 연구가 요구된다. 또한 차량, 보행자 및 자전거전용신호가 각각 운영될 경우 이용자의 혼란이 가중될 수 있다.

4. 신호운영 체계 제안

신호운영 체계를 결정하는 데 고려되어야 할 요인으로 기존 자전거도로 및 횡단도로 시설의 설치위치, 자전거 이용자 횡단특성에 부합성과 기술

적 실현 용이성 등을 들 수 있다.

횡단보도와 자전거도로가 인접된 자전거횡단도로에서는 보행신호등과 연계한 운영방안 즉, 영국의 TOUCAN Crossing 형태의 적용이 제안된다(<표 7> 참조). 이와 같은 자전거전용신호 운영체계는 현재 자전거횡단도로의 위치가 횡단보도와 인접하여 설치되어 있고, 대부분의 자전거이용자들이 보행신호에 따라 도로를 횡단하고 있으며, 보행신호시간 동안 횡단할 수 있기 때문이다. 자전거 통행량이 많지 않아 대기행렬이 적은 경우에는 기존 횡단보도시간을 변경 없이 적용할 수 있다. 그러나 자전거 대기행렬이 길어 보행녹색시간(Solid green)동안 교차로진입이 어려운 경우에는 교차로진입을 위한 충분한 시간확보를 위하여 녹색시간의 확장 등에 대한 고려가 필요하고, 이에 따라 횡단보도신호시간 조정이 요구된다.

반면에 자전거횡단도로가 보행도로와 이격되어 설치된 경우 및 자전거의 통행속도 등을 고려하여 전용도로 형태로 자전거도로가 설치된 경우에는 보행신호와 구분하여 차량신호와 연계한 자전거신호

<표 7> 자전거 신호체계 운영방안 비교
<Table 7> Comparison of bike signal merits and demerits

	장점	단점
차량신호 연계운영방안	<ul style="list-style-type: none"> - 횡단가능시간 증대 및 자전거 통행속도 높아져 이동성 향상 - 보행자 통행속도보다 높은 자전거 교통균을 보행자와 분리시킬 수 있어 보행자의 안전에 효과적 - 좌회전신호를 운영할 수 있어 필요 시 좌회전 자전거 교통류 제어가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 차량과 자전거 통행속도 차로 황색 및 최소녹색시간 등 전반적인 신호시간 재검토 필요 - 직·좌 동시신호의 경우와 적신호시 우회전 허용(RTOR)으로 갖길에 위치한 자전거의 좌회전 교통류와 우회전 차량과 상충에 의한 사고위험 - 신호등 및 제어기의 물리적 구성과 기능의 전반적 수정 필요 - 기존 자전거횡단도로 시설 전면 수정 필요
보행자 신호 연계 운영방안	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 자전거횡단로시설 변경 없이 이용가능 - 기존 교통신호등 및 제어기의 물리적 기능적 변경 없이 적용 가능 - 시스템 설치에 대한 비용 적어 경제적 - 기존 자전거이용자의 신호이용 특성에 준하는 운영체제로 혼란 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> - 자전거 대기행렬이 길어 녹색시간 내에 진입할 수 없는 경우, 보행신호시간 증대 및 녹색점멸시간 동안 횡단도로로 진입 시 녹색점멸시간에 대한 법규의미 와해 - 좌회전신호 운영 제약 - 녹색점멸 시 교차로 진입 불가로 횡단가능시간 축소
자전거 전용신호 운영방안	<ul style="list-style-type: none"> - 자전거 대기행렬 및 속도에 부합한 신호운영 가능 - 자전거 횡단시간 증대 	<ul style="list-style-type: none"> - 자전거, 차량 및 보행신호등이 각기 다르게 운영될 경우 혼란 가중 - 자전거전용 신호시간 설정과 기존에 신호제어기에 적용을 위하여 프로그램 등 변경 필요 - 기존 자전거도로 시설변경 필요

등 형태(3색 등화체계)가 제안된다. 이와 같은 형태의 자전거신호 적용 시에는 신호변경 시 충분한 횡단시간 확보를 위하여 황색시간 및 전적색신호시간 등에 대한 신호시간 조정이 요구된다.

보행신호 및 차량신호와 연계한 자전거신호 운영형태는 기존 자전거도로 시설 및 도로횡단특성을 수용할 수 있고, 교통신호제어기의 기능변경 없이 신호시간의 조정만으로 적용이 가능하다. 단, 자전거 통행량 및 통행특성에 따라 지점별로 신호시간 조정에 대한 연구가 향후 추진되어야 할 것으로 검토된다.

V. 결론 및 향후 연구과제

1. 결 론

자전거전용도로가 설치되어 운영될 경우 교차로 및 횡단보도에서 차량 및 보행자와 상충이 발생하게 된다. 이와 같이 자전거도로와 여타 교통류가 교차되는 구간에서 자전거와 자동차, 자전거와 보행자와의 상충을 분리해주어야 하는데, 이런 방법 중 하나가 자전거전용신호라고 할 수 있다. 자전거전용신호 운영체계를 결정하는 데 고려되어야 할 가장 현실적인 요인은 자전거도로의 설치위치, 자전거 이용자들의 행동특성에 부합성과 기술적인 실현 용이성 등으로 요약된다.

현장조사에 따르면 자전거도로가 횡단보도와 연계하여 설치되어 있고, 자전거 이용자 대부분이 횡단보도신호를 이용하고, 횡단보도시간 내에 횡단을 종료하는 것으로 조사되었다. 따라서 횡단보도와 자전거도로가 인접된 자전거횡단도로에서는 보행신호등과 연계한 운영방안 즉, 영국의 TOUCAN Crossing 형태의 적용이 제안된다. 반면에 자전거횡

단도로가 보행도로와 이격되어 설치된 경우 및 자전거의 통행속도 등을 고려하여 전용도로 형태로 자전거도로가 설치된 경우에는 차량신호와 연계한 자전거신호등 형태(3색 등화체계)가 제안된다.

보행신호 및 차량신호와 연계한 자전거신호 운영형태는 기존 자전거도로 시설 및 도로횡단특성을 수용할 수 있고, 교통신호제어기의 기능변경 없이 신호시간 조정만으로 적용이 가능한 장점이 있다.

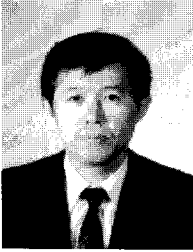
2. 향후 연구과제

본 연구는 자전거도로시설과 자전거이용자들의 횡단도로 이용특성에 부합된 자전거전용신호의 운영형태에 대하여 제안을 연구범위로 한다. 따라서 이와 같은 제도가 정착되고 현장에 적용되기 위해서는 도로교통법 등 관련법규에 반영하고, 현장에 설치운영을 위한 매뉴얼 작업 등의 연구가 요구된다. 또한 자전거신호가 설치되는 지점별로 자전거 통행량 및 속도 등을 고려하여 적정 신호시간 산출방안에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

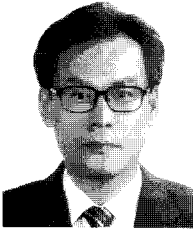
- [1] 변은아, “자전거전용 신호운영방안 연구,” *대한교통학회 제56회 학술발표회*, pp. 206-212, 2007. 10.
- [2] 행정자치부, *자전거 이용활성화에 관한법률(법률 제 7907호)*
- [3] 경찰청, 도로교통법
- [4] <http://blog.naver.com.mc2jw3>
- [5] <http://blog.daum.net/ic2bq/14724908>
- [6] <http://www.ukinews.com>
- [7] 안계형, 김은정, *횡단보도 보행시간 산정 및 운영에 관한 연구*, 도로교통공단, 2004. 12.

저자소개



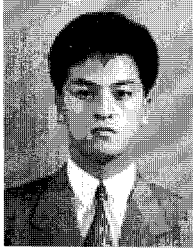
한 원 섭 (Han, Won-Sub)

1984년 3월~현재 : 도로교통공단 수석연구원
 1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사 졸업
 1985년 3월~1987년 2월 : 연세대학교 산업대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1978년 3월~1980년 2월 : 숭실대학교 전자공학과 졸업(공학학사)



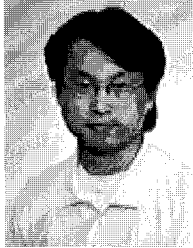
황 상 호 (Hwang, Sang-Ho)

1984년 3월~현재 : 도로교통공단 수석연구원
 2007년 10월~현재 : 한국도로공사 설계자문위원회
 2005년 1월~현재 : 서울지방국토관리청 설계자문위원회
 2005년 1월~현재 : 건설교통부 중앙교통영향평가 심의위원회
 2001년 8월~현재 : 서울경찰청, 교통규제심의 자문위원회
 1979년 3월~1981년 2월 : 한양대학교 광과대학 석사 졸업
 1975년 3월~1979년 2월 : 한양대학교 공과대학 산업공학과 학사 졸업



현 철 승 (Hyun, Cheol-Seung)

1995년 6월~현재 : 도로교통공단 선임연구원
 2003년 2월 : 성균관대학교 기계설계과 박사 졸업
 1994년 2월 : 성균관대학교 기계설계과 석사 졸업
 1992년 2월 : 성균관대학교 기계설계과 학사 졸업



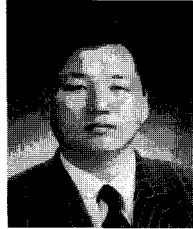
이 호 원 (Lee, Ho-won)

2005년 아주대학교 박사과정 수료(건설교통공학부)
 1995년 6월~현재 : 도로교통안전관리공단 선임연구원
 1994년 7월~1994년 12월 : 교통개발연구원 위촉연구원
 1993년 3월~1995년 2월 : 아주대학교 일반대학원 석사(교통공학 전공)
 1985년 3월~1993년 2월 : 아주대학교 공과대학 학사(산업공학 전공)



오 영 태 (Oh, Yong-Tae)

2005년~현재 : 대한교통학회 제 1부회장
 2004년~2005 : 아주대학교 교무처장
 2004년~현재 : 건교부 중앙도시교통정책 심의위원
 1993년~현재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수



이 철 기 (Lee, Choul-Ki)

1991년 : 아주대학교 대학원(석사)
 1998년 : 아주대학교 대학원(교통공학박사)
 2000년 : 미국 Texas A&M University TTI(Texas Transportation Institute) Visiting Scholar 과정
 2004년 : 서울지방경찰청 교통개선 기획실장 및 COSMOS 추진 기획단장
 현 재 : 아주대학교 교통연구센터 부센터장
 현 재 : 아주대학교 ITS 대학원 교수