Int. J. Highw. Eng. Vol. 16 No. 1 : 91-98 February 2014
http://dx.doi.org/10.7855/IJHE.2014.16.1.091

자전거 이용자의 안전성을 고려한 교차로 자전거 횡단도의 설치 위치에 관한 연구

A Study on the Location of Bicycle Crossing considering Safety of Bicycle Users at Intersection

황 정 훈 Hwang, Junghoon | 정회원 · 영남대학교 도시공학과 겸임교수 (E-mail : hbighead@yu.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : Recently, there are increasing bicycle accidents along with increasing bicycles users. Bicycle accidents occurred frequently by perpendicular collision form at intersection inner. In order to improve safety of bicycle, drivers need to be aware of bicycles on the road and intersection geometric designs need to be designed to reduce risk associated with collisions between bicycles and car. This study aims to review the location of bicycle crossing in the viewpoint of bicycle safety.

METHODS : Four types of bicycle crossing by curve radius and driver's check around the behavior are set to simulate the risk of collisions between bicycles and car turning right. Simulation using fortran programming are conducted on total 60 cases.

RESULTS : Bicycle crossing located behind of crosswalk is lower the risk of collisions with car in all cases. In addition to the larger curve radius of pavement edge at intersection and the more pay attention to the rear by the turn head to the right is too low the risk of collisions with car.

CONCLUSIONS : It is show that the location of bicycle crossing is safer behind than in front of crosswalk in the viewpoint of bicycle safety.

Keywords
bicycle crossing, bicycle safety, risk of collision, stop visibility, intersection

Corresponding Author : Hwang, Junghoon, Adjusted Professor
Department of Urban Planning and Engineering, Yeungnam University.
280, Daehak-Ro, Gyeongsan, Gyeongbuk, 712-749, Korea
Tel : +82.53.810.2430 Fax : +82.53.810.4623
E-mail : hbighead@yu.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www. ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Dec. 2. 2013 Revised Dec. 2. 2013 Accepted Jan. 28. 2014

1. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

최근 자전거는 친환경적인 교통수단으로서 주목을 받아 왔으며 자전거이용 활성화를 위해 관련 시설 및 제도 정비가 이루어져 왔다. 이러한 자전거에 대한 인식의 변화와 자전거 이용환경의 개선으로 자전거 이용자도 증가하였으나 또한 자전거 교통사고도 증가추세에 있다.

최근 3년간 자전거 교통사고의 유형은 차대차 사고가 94.6%를 차지하며, 이 중 측면직각충돌이 60.2%로 가장 많다. 또한 도로형태별로는 교차로 내부가 24.8%로 가장 많은 것으로 나타났다. 교차로에서 발생하는 자전거 교통사고 자료를 이용한 기존 연구에서는 회전차량

이 교차로를 횡단하는 자전거를 인지하는데 어려움이 있어 충돌사고 발생빈도가 높다고 하였다.

이와 같이 회전차량의 운전자가 자전거를 인지하기 어려운 이유로는 직진차량은 전방의 시계가 확보되지만 회전차량은 회전으로 인해 시계에 제약이 있으며, 특히 우회전 차량은 차량의 진행방향과 직각으로 횡단하는 자전거가 우측 후방에서 진입하는 경우 운전자가 자전거를 인지하는데 많은 어려움이 있다. 이는 신호교차로의 경우라도 교차로 진입 후 횡단보도의 경우 보행자의 신호가 녹색등화라도 도로교통법에서는 보행자가 없을 경우 주의하면서 통과할 수 있도록 되어 있어 보행자보다 주행속도가 높은 자전거의 경우 우회전차량의 우측 후방에서 진입할 경우 사고발생의 위험이 높아지게 된다.

운전자가 서행하고 횡단보도나 자전거 횡단도 전방에서 일시 정지하여 차량 우측 전후방을 주의 깊게 확인한다면 상충위험은 현저히 감소하겠지만, 이러한 운전자의 안전운행의 필요성과 더불어 횡단자전거의 안전성을 높일 수 있는 교차로 기하구조에 대해서도 고려할 필요가 있다.

본 연구에서는 교차로 기하구조 중 횡단자전거의 안전성과 관련된 자전거 횡단로의 위치에 착안하였으며, 현행 자전거 횡단도의 설치기준은 횡단보도와 인접하여 설치하되 횡단보도 다음에 설치되는 자전거 횡단도는 횡단보도를 횡단하는 보행자와의 상충이 존재하므로 보행자가 많은 교차로에서는 교차로 다음에 자전거 횡단도, 보행자 횡단도 순으로 설치할 수 있도록 하고 있다(MOLIT, 행정안전부, 2010). 그러나 횡단보도 다음에 자전거 횡단도를 설치하여도 횡단보도의 횡방향 우측에서 자전거가 진입한다면 보행자와의 상충은 피할 수 없다.

즉 자전거 횡단도의 설치 위치가 횡단보행자와의 상충과 직접적으로 관계가 없으므로 오히려 교차로 우회전 회전구간에서는 직선구간과 달리 회전주행으로 인해 운전자의 시계범위가 제약되므로 우회전차량과의 상충위험을 줄일 수 있는 측면에서 자전거 횡단도의 설치 위치를 고려할 필요가 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 교차로에서 우회전차량과 횡단자전거의 상충위험을 최소화할 수 있는 자전거 횡단도의 설치 위치에 대해서 교차로 가각부 곡선반경과 운전자의 주위확인행태를 고려하여 분석하고 이를 통해 자전거의 안전성을 높일 수 있는 교차로 기하구조를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

1.2. 연구방법 및 내용

자전거의 교통사고 특성을 다룬 기존의 연구들은 대부분 교통사고 자료를 이용하였지만, 본 연구와 같이 특정 도로 및 교통조건에서 발생하는 사고의 원인을 파악하기 위해서는 조건에 부합되는 다양한 사고자료가 있어야 하지만 충분하지 않고 또한 사고자료 항목이 제한적이어서 운전자의 주위확인행태와 같이 세부적인 인적요인이 교통사고에 미치는 영향을 파악하는 데는 한계가 있다. 이에 본 연구는 교차로 횡단자전거의 안전성을 저해하는 우회전차량과의 상충위험성을 최소화할 수 있는 자전거 횡단도의 위치를 비교·분석하고자 시뮬레이션 분석을 이용하였다.

즉 차량 및 자전거의 주행속도 및 동선, 교차로의 기하구조 등을 제한하고 단지 교차로 자전거 횡단도의 위치를 변화시켜 우회전차량과의 상충위험성을 비교·분석하였다. 이때 교차로 기하구조 중 교차로 가각부 곡선반경과 우회전차량의 운전자가 주위를 확인하는 행태도 변수로 고려하여 자전거 횡단도의 위치에 따라 상충위험성이 어떻게 달라지는지를 분석하였다.

2. 선행연구 검토

본 연구와 같이 교차로에서 발생하는 자전거 교통사고에 대한 기존 연구는 제한적으로 이루어져 왔다. Oh et al.(2007)는 교통사고자료를 이용하여 도시부 교차로에서 자전거 사고에 영향을 미치는 주요 요인으로 교통량, 진출입구수, 지형, 자전거도로, 학교, 주거지역, 교차로의 크기, 버스정류장 등을 제시하였다. 또한 Kim et al.(2008)은 동일한 자료를 이용하여 자전거 사고유형을 좌·우회전 후, 직전 전·후로 구분하고 유형별 사고모형을 구축하여 각 유형별 영향요인들을 분석하였다.

Yang(2010)는 자전거 교통사고의 유형을 분석하여 가장 많이 발생하는 사고유형과 위험요소를 분석하였다. 도로유형별로는 단일로, 교차로(교차로 내, 교차로 부근), 횡단보도(횡단보도 내, 횡단보도 부근), 교량 위 순으로 사고가 많이 발생하고 사고형태로는 직각충돌이 가장 많다고 하였다.

또한 교차로에서 발생하는 자전거 교통사고에 대한 국외 연구로 Räsänen and Summala(1998)는 자동차 운전자와 자전거 이용자의 충돌사고의 37%는 운전자나 자전거 이용자가 위험성을 인지하지 못했거나 대처할 수 있는 시간이 충분하지 않아 사고가 발생한다고 하였다. 또한 우회전차량과 횡단자전거 간 사고의 대부분은 우회전차량의 운전자가 안전한 우회전을 위해 좌

측의 접근 차량에 집중하고 있을 때 운전자의 우측에서 주행해 오는 자전거를 인지하지 못하여 발생한다고 하였다.

Wang and Nihan(2004)는 도쿄에서 1992년부터 3년간의 115개 신호교차로에서 발생한 차대 자전거의 사고자료를 이용하여 교차로에서 발생하는 차량과 자전거 사고를 직진차량과의 충돌, 좌회전차량과의 충돌, 우회전차량과의 충돌로 분류하고 각 유형별 사고모형을 구축하였다. 사고모형을 이용한 분석 결과, 좌회전차량과 우회전차량은 교차로를 횡단하는 자전거 이용자를 인지하는데 어려움이 많기 때문에 회전차량의 충돌사고 빈도가 높게 나타난다고 언급하였다.

대부분의 선행연구는 사고자료를 이용하여 사고의 형태 및 영향요인에 대하여 분석하였으며, 그 결과로 공통적으로 회전차량과의 충돌사고의 위험성을 지적하고 있다. 또한 그러한 원인 중 하나로 운전자가 자전거를 인지하는데 어려움이 있음을 제시하고 있으나 제한된 사고자료로 인하여 그러한 원인에 대한 세부적인 연구는 미흡한 실정이다. 특히 본 연구에서 다루는 자전거 횡단도의 위치에 대한 연구는 미미한 실정이다.

3. 분석방법론

3.1. 시뮬레이션 전제조건

3.1.1. 교차로 기하구조

Fig. 1은 횡단자전거가 회전구간 종점부(B)에서 자전거 횡단도를 이용하여 횡단하게 되는 교차로 기하구조를 나타낸 것이다. 시뮬레이션을 위해 설정한 교차로의 기하구조는 직각 교차하는 정형적인 4지 교차로의 우회전구간으로 가각부 곡선반경(R)은 6~14m까지 2m 간격으로 설정하여 가각부 곡선반경이 자전거 횡단도의 위치에 따라 상충위험성에 미치는 영향을 파악할 수 있도록 하였다. 보도폭원은 3m이며, 횡단보도 폭원은 4m, 자전거 횡단도는 양방향 통행을 구분하여 폭원 2.4m로 하였다. 또한 지점 A는 회전구간의 시점부, 지점 C는 우회전차량과 횡단자전거의 상충지점을 나타낸다.

자전거 횡단도의 위치는 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 (a)~(d)까지 4가지 유형으로 설정하였으며, (a)는 횡단보도 이전에 자전거 횡단도가 위치하는 경우로 횡단자전거가 회전구간 종점부(B)에서 횡단하는 경우로 위치 값은 0m, (b)는 자전거 횡단도가 회전구간 종점부에 접해 설치된 경우로 위치 값은 1.8m, (c)는 자전거 횡단도가 없어 회전구간의 종점부에 접해 설치된 횡단보도를 이용하는 경우로 (b)와 (d)를 비교하기 위하여 그 중앙값인 3.8m를 위치 값으로 하였으며, (d)는 회전구간의 종점부에 접해 설치된 횡단보도 이후에 자전거 횡단도가 설치되어 횡단하는 경우로 위치 값은 5.8m로 하였다.

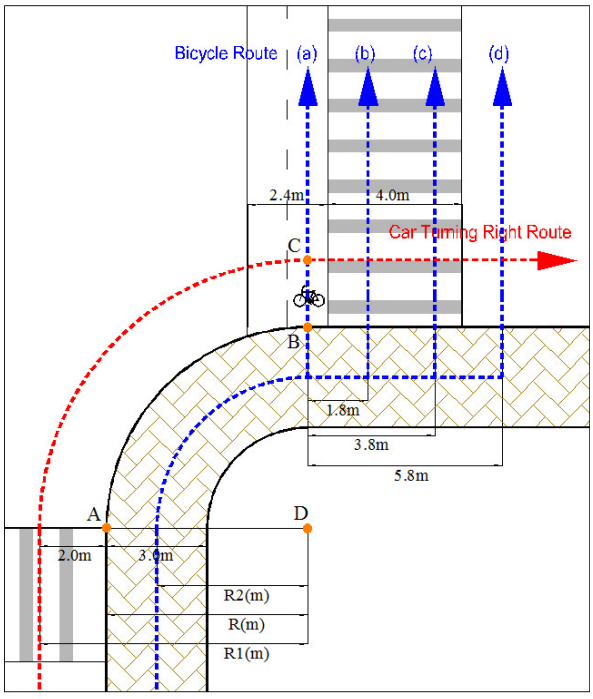


Fig. 1 Intersection Geometric Designs

3.1.2. 차량 및 자전거의 주행행태

교차로를 우회전하는 차량은 회전구간 진입 전에 감속하여 회전구간이 끝나는 지점까지 등속으로 주행하는 것으로 하였다. 운전자의 전방 시계에 횡단보행자나 자전거가 있다면 감속하면서 정지하겠지만, 본 연구에서는 우회전차량의 우측 후방에서 진입하는 횡단자전거와의 상충위험성을 다루기 때문에 회전구간에서 등속 주행하다가 횡단자전거가 인지될 경우 정지하는 것으로 하였다.

이때 운전자의 주위확인행태는 전방만을 주시한 상태와 우측으로 고개를 돌려 확인하는 행태로 구분하였다. 이는 운전자가 우측으로 고개를 돌려 적극적으로 주위를 확인한다면, 전방만을 주시하는 것보다 우측시계가 커져 보행자보다 빠른 속도로 주행하는 자전거를 조기에 인지할 수 있어 상충위험을 줄일 수 있을 것이다. 분석에서는 전방주시, 우측으로 30° 및 45° 고개를 돌리는 세 가지를 가정하여 주위확인행태에 따른 상충위험성을 비교하였다.

이때 운전자의 시계는 운전자가 전방주시인 경우를 기준으로 기존문헌(Doh, 2007)을 참고하여 120°로 하였다. 즉 우회전차량의 운전자의 우측시계는 전방주시

의 경우 최대 60°이며, 고개를 돌려 확인할 경우 고개를 돌리는 각도만큼 차량 우측 후방의 시계가 증가하는 것으로 하였다.

교차로를 횡단하는 자전거의 주행행태는 횡단보도 진입 전 감소하여 횡단, 속도를 유지하여 횡단, 자전거에서 하차 후 끌고 횡단하는 것으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 횡단자전거의 주행행태를 살펴보기 위해 성인 남녀 자전거 이용자 300명을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 그 결과 「속도를 감속해서 건넌다」는 응답이 49%로 가장 높았으며, 「속도를 유지하여 횡단」이 31%, 「자전거 하차 후 끌고 간다」가 16%로 나타나 대부분 자전거 이용자는 횡단보도에서 하차하지 않고 감속하거나 속도를 유지하여 횡단하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 위와 같은 횡단자전거의 주행행태 중 가장 위험성이 높다고 할 수 있는 속도를 유지하여 횡단하는 것으로 가정하였다. 설문조사 결과에서는 감속하여 횡단하는 행태가 과반수를 차지하였으나 이를 고려하지 못한 이유는 횡단자전거의 감속지점이나 감속도 등이 자전거 이용자의 특성이나 상황에 따라 다양하여 본 연구의 시뮬레이션에 적용하기에는 한계가 있었기 때문이다. 또한 앞서 기술한 것과 같이 속도를 유지하여 횡단하는 행태가 가장 위험한 상황이므로 감속하여 횡단하는 경우 위험성은 보다 감소된다고 판단하였기 때문이다.

3.1.3. 차량과 자전거의 주행속도 및 위치

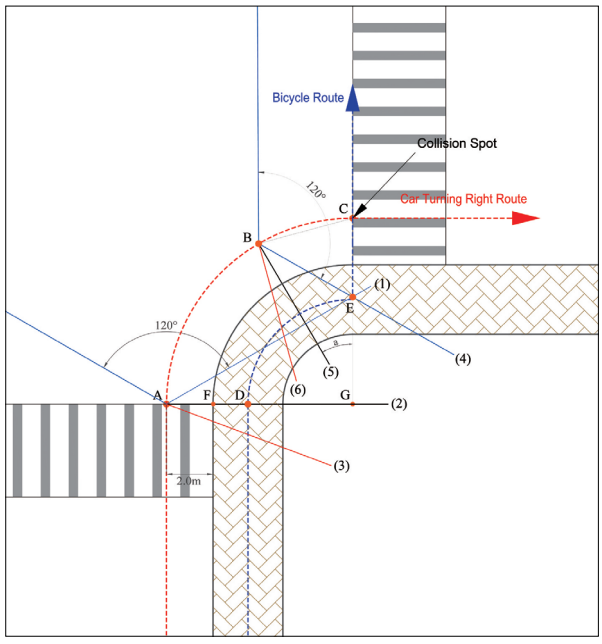
우회전차량의 주행동선은 분석대상이 운전자이므로 측방여유폭과 운전자의 위치를 고려하여 운전자의 가슴 중앙에서 연석까지 2m의 간격을 두고 회전하는 것으로 하였으며, 주행속도는 기존 연구(Traffic Science Institute, 2006)에서 제시하고 있는 5~20km/h를 근거로 본 연구에서는 그 중앙값인 12.5km/h로 설정하였다.

횡단자전거는 보도의 중앙을 주행하다가 앞서 설정한 네 가지 유형의 자전거 횡단도를 이용하여 횡단하는 것으로 하였다. 주행속도는 기존 연구(Son et al, 2007)의 현장조사 결과에서 횡단자전거의 평균속도는 11.6km/h로 제시되고 있어 본 연구에서는 이 값을 수용하여 설정하였다.

또한 교차로를 우회전하는 차량의 위치는 회전구간이 시작되는 지점으로 하였으며, 횡단자전거는 회전구간의 시점으로부터 후방 20m지점까지 10cm 간격으로 위치하는 것으로 가정하였다. 차량과 자전거의 상대적인 위치에 따라 상충가능성은 달라지나 본 연구에서는 자전거 횡단도의 설치 위치에 대해 교차로 가각부 곡선반경과 운전자의 주위확인행태를 고려한 분석이기 때문에 차량은 단일지점, 자전거는 차량 운전자의 시계에서 벗어나는 후방의 복수지점으로 설정하였다.

3.1.4. 차량 운전자의 정지시계

본 연구에서는 차량 운전자가 자전거를 인지하고 정지할 수 있는 최소정지거리 지점에서 운전자의 우측시계 연장선과 자전거의 주행동선과의 교차점으로부터 상충지점까지의 거리를 정지시계라고 정의하였다. 즉 우회전하는 차량의 운전자가 우측 후방의 시계 외의 자전거를 인지하지 못하더라도 최소한 정지시계 시점부에서 자전거를 인지하면 상충위험성을 피할 수 있다는 것이다. 정지시계가 크다는 것은 그만큼 상충위험성이 적다는 것을 의미한다.



$\overline{FG}$: Curve Radius of Pavement Edge
$\overline{AG}$: Curve Radius of Car Turning
$\overline{DG}$: Curve Radius of Bicycle Turning
$\overline{EC}$: Stop Visibility of Car
$\widehat{ABC}$: Car Turning Right Route
$\widehat{DEC}$: Bicycle Route
Point A : Car Turning Right Start Point
Point B : Minimum Stop Distance Point
Point C : Collision Spot
Line (1), (4) : Dirver's Visibility Line in case of Forward-Looking
Line (2), (5) : Dirver's Visibility Line in case of Turn Head 30° to the right
Line (3), (5) : Dirver's Visibility Line in case of Turn Head 45° to the right

Fig. 2 Route of Bicycle and Car Turning Right and Driver's Stop Visibility

Fig. 2는 본 연구에서 설정한 교차로 기하구조를 바탕으로 우회전차량과 횡단자전거의 주행동선과 운전자

의 주위확인행태에 따른 정지시계 관계를 나타낸 것이다. 우회전차량의 회전구간 시점인 지점 A와 상충지점까지 최소정지거리가 확보되는 지점 B에 위치했을 때의 차량운전자의 우측시계 범위를 나타낸 것이다. 이때 직선(4)는 최소정지거리 지점에서 운전자의 우측시계 연장선으로 최소한 그 지점에서 자전거가 인지되어야 정지할 수 있다는 의미에서 최소정지시계로 정의하였다.

교차로에서 우회전차량은 본선구간에서 회전구간으로 진입하기 전 감속하게 되며 감속된 속도로 회전하다 운전자의 시계에 횡단을 위한 보행자 및 자전거를 확인하고 보행자 또는 횡단자전거가 있을 경우 정지하게 된다.

이때 횡단보도 주변에 대기 중인 보행자 및 자전거는 회전구간이 시작되는 지점 A에서 차량의 최소정지거리 지점인 지점 B까지 주행하는 동안 운전자의 시계 내에 위치하고 있어 상충위험성은 낮아진다. 또한 시계 외에 있더라도 보행자의 보행속도는 낮기 때문에 차량과의 상충위험성은 낮다. 반면 자전거는 횡단보도의 녹색등화를 보고 우회전차량의 우측 후방에서 주행하여 오거나 비신호교차로에서 우회전차량을 인지하지 못하거나 정지할 것으로 잘못 판단하여 주행한다면 상충위험성은 매우 커지게 된다.

이는 우회전차량의 운전자가 후방에서 오는 자전거를 인식하지 못하거나, 교차로에서 보행자뿐만 아니라 자전거도 횡단할 수 있다는 인식의 부족, 운전자의 주위확인행태에 있어 전방주시에 의한 시계에만 의존, 횡단보도 녹색등화 시 우회전차량이 통과할 수 있다는 상황에서 그 원인을 생각해 볼 수 있다.

본 연구에서의 상충위험성은 차량과 자전거간의 충돌뿐만 아니라 회피동작을 위한 급정지, 심리적인 불안감 등을 고려한 것이다. 즉 우회전차량과 횡단자전거의 상충지점은 지점 C이나 상충위험을 인지하는 지점은 자전거 이용자의 인터뷰조사와 실험주행을 통해 우회전차량이 지점 C에 도달하였을 때, 횡단자전거의 위치가 상충지점으로부터 전후방 2m로 설정하였다.

3.1.5. 상충위험성 판단기준

우회전차량과 자전거와의 상충위험성 판단여부는 다음과 같은 기준으로 하였다.

첫째, 우회전차량이 운전자의 주위확인행태에 따른 우측시계(Fig. 2의 직선(1)과 (4)) 내에서 횡단자전거를 인지하고, 상충회피지점까지 정지할 수 있는 최소정지거리가 확보되는 지점에서 횡단자전거가 운전자의 우측시계 내에 위치하는 경우이다. 즉 차량의 회전구간 시점인 지점 A에 위치할 경우 자전거가 직선(1)보다 앞에 위치한 경우를 의미한다.

둘째, 횡단자전거가 차량의 최소정지거리 지점(지점 B)에서 우측시계(직선(4)) 내에 위치하지 않고 상충지점에 도달할 때까지 자전거가 인지되지 않을 경우 횡단자전거의 상충지점까지 남은 거리가 2m 이상인 경우이다. 즉 운전자가 우회전 중 자전거가 인지되지 않더라도 자전거와 충분히 이격되어 상충위험성을 느끼지 못하는 경우를 의미한다.

셋째, 횡단자전거가 차량의 최소정지거리 지점에서 우측시계 내에 위치하지 않았으나 상충지점 도달 이전에 자전거가 최소정지거리 지점 이전에 인지되고 차량의 상충회피지점 도달 시 횡단자전거의 위치가 상충지점으로부터 2m 이상인 경우이다.

3.2. 시뮬레이션 방법

시뮬레이션은 4개 유형의 자전거 횡단도와 5개 유형의 교차로 가각부 곡선반경, 3개 유형의 운전자 주위확인행태 총 60개 CASE별로 횡단자전거의 주행시점(200개 지점)을 달리하여 실시하였다.

세부적인 시뮬레이션 과정은 Fig. 3에 나타내었으며,

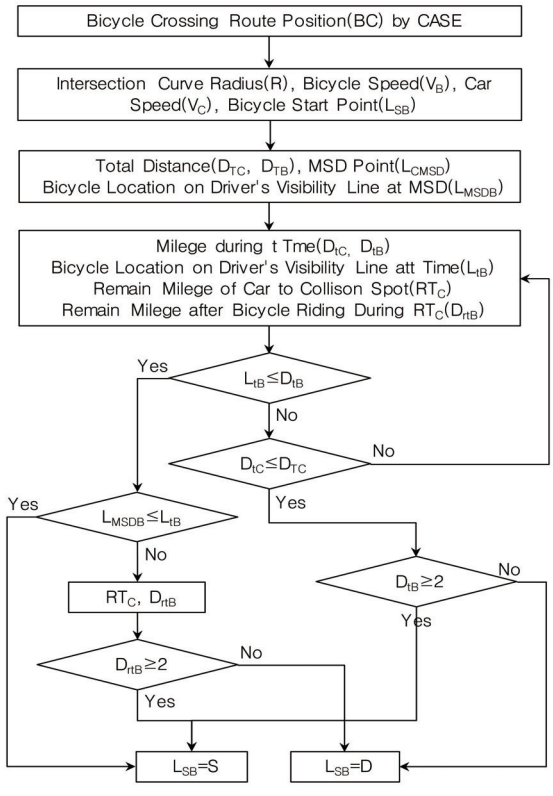


Fig. 3 Simulation Flow

우선 각 CASE별로 자전거 횡단도 위치, 가각부 곡선반경, 운전자 주위확인행태를 설정하고 우회전차량의 최소정지거리가 확보되는 차량 주행동선상의 위치와 그 지점에서 운전자의 우측시계 연장선과 자전거 주행동선이 교차하는 위치를 계산한다.

둘째, 우회전차량의 위치는 회전구간이 시작되는 지점으로 고정하고 횡단자전거의 위치는 회전구간의 시점으로부터 후방 20m에서 0.1m 단위로 달리하여 0.01초 단위로 차량과 자전거가 주행하는 것을 가정하여 단위시간별로 차량과 자전거의 주행동선상의 위치, 차량운전자의 우측시계선과 자전거의 주행동선이 교차하는 자전거 주행동선상의 위치를 계산하고 다음 식을 이용하여 우회전차량의 최소정지시계(SV_C)를 구한다.

$$
\begin{aligned}
&SV_C = D_{TB} - D_{L_{MSDB}} \\
&D_{TB} = D_{rB} + D_{tB} + D_{cB} \\
&SD_{BCR} < 0 \text{이면}, \; D_{rB} = R_B \times ACOS\left(\frac{SD_{BCR}}{R_B}\right) \\
&\qquad\qquad\qquad\quad D_{tB} = 0 \\
&SD_{BCR} \geq 0 \text{이면}, \; D_{rB} = R_B \times RADIANS(90) \\
&\qquad\qquad\qquad\quad D_{tB} = SD_{BCR} \\
&D_{cB} = R_C - R_B \\
&D_{L_{MSDB}} = CU_t \times BU_d + d
\end{aligned}
\tag{1}
$$

D_{TB}: 상충지점까지 자전거의 총 주행거리

$D_{L_{MSDB}}$: 차량의 최소정지거리 지점까지 자전거의 주행거리

D_{rB}: 자전거의 회전구간 주행거리

D_{tB}: 자전거 횡단도의 위치에 따른 회전구간 종점에서 횡단시점까지의 횡방향 직선거리

D_{cB}: 상충지점까지 자전거의 종방향 횡단거리

SD_{BCR}: 회전구간 종점부로부터 자전거 횡단도의 이격거리, 양(+)의 값은 회전구간 이후 위치하는 것을 의미한다.

R_C, R_B: 차량 및 자전거 회전반경

CU_t: 차량의 최소정지거리 지점까지의 단위시간수

BU_d: 단위시간당 자전거의 회전구간 이동거리

d : 차량운전자의 우측시계 연장선까지의 거리

셋째, 상충위험성 판단기준에 따라 상충위험성 여부를 판단한다.

끝으로 각 CASE별로 횡단자전거의 주행시점 200개 지점 중 상충위험이 발생하는 경우의 수를 이용하여 상충위험 발생확률을 계산한다.

4. 상충위험성 분석결과

교차로 자전거 횡단도의 위치에 따른 상충위험성을 비교하기 위하여 각 CASE별로 상충위험 발생확률을 계산하였으며 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 여기서 제시된 값은 상충위험성에 대한 절대값을 의미하는 것은 아니며, 제한된 조건 하에서 시행된 시뮬레이션 결과로서 CASE별로 비교를 위한 값의 의미를 가지고 있다.

Table 1. Risk of Collisions by Bicycle Crossing Route Position

Bicycle Crossing Route Position	Curve Radius (m)	Risk of Collisions by Check around the behavior		
		Forward-Looking	Turn Head 30° to the Right	Turn Head 45° to the Right
0.0m	14m	10.0%	0.0%	0.0%
	12m	11.5%	0.0%	0.0%
	10m	12.5%	1.0%	0.0%
	8m	13.5%	2.5%	0.0%
	6m	15.0%	6.5%	1.5%
1.8m	14m	9.0%	0.0%	0.0%
	12m	9.5%	0.0%	0.0%
	10m	11.0%	0.0%	0.0%
	8m	12.5%	0.0%	0.0%
	6m	14.0%	2.5%	0.0%
3.8m	14m	7.0%	0.0%	0.0%
	12m	7.5%	0.0%	0.0%
	10m	8.0%	0.0%	0.0%
	8m	9.0%	0.0%	0.0%
	6m	7.0%	0.0%	0.0%
5.8m	14m	0.0%	0.0%	0.0%
	12m	0.0%	0.0%	0.0%
	10m	0.0%	0.0%	0.0%
	8m	0.0%	0.0%	0.0%
	6m	0.0%	0.0%	0.0%

먼저 교차로 가각부 곡선반경과 운전자의 주위확인행태가 동일한 경우 자전거 횡단도의 위치별로 상충위험 발생확률은 회전구간으로부터 이격될수록 감소하는 것으로 나타났다. 교차로 가각부 곡선반경 14m, 운전자가 전방을 주시하는 경우 자전거 횡단도 위치가 0m인 경우 상충위험 발생확률은 10.0%이지만, 1.8m이면

9.0%, 3.8m이면 7.0%, 5.8m이면 0.0%로 나타났다. 이러한 결과는 교차로의 가각부 곡선반경과 운전자의 주위확인행태에 관계없이 동일한 결과를 나타내었다.

자전거 횡단도의 위치가 회전구간 종점부로부터 5.8m 후방으로 이격되어 있는 경우는 상충위험이 발생하지 않는 것으로 나타났다. 이는 시뮬레이션에서 설정된 차량과 자전거의 주행속도나 위치에서의 결과로 자전거 횡단도의 위치에 따른 상충위험을 비교하기 위한 것으로 모든 상황에서 상충위험이 전혀 발생하지 않는다는 것을 의미하는 것은 아니다.

또한 자전거 횡단도 위치별로 교차로 가각부 곡선반경이 클수록 상충위험 발생확률은 감소하며, 운전자가 우측으로 고개를 적극적으로 돌려 주위를 확인할수록 상충위험 발생확률도 감소하는 것으로 나타났다.

5. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 교차로에서 우회전차량과 횡단자전거의 상충위험을 최소화할 수 있는 자전거 횡단도의 위치에 대해서 교차로 가각부 곡선반경과 운전자의 주위확인행태를 고려하여 분석하였다.

연구결과 교차로 자전거 횡단도는 횡단보도 이전보다 이후에 설치하는 것이 우회전차량과의 상충위험성이 낮아지는 것으로 나타나 현행 설치기준과 같이 보행자와의 상충을 줄이기 위해 횡단보도 이전에 설치하는 것보다 이후에 설치하는 것이 보다 횡단자전거의 안전성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

또한 교차로 가각부 곡선반경이 클수록, 운전자가 고개를 우측으로 적극적으로 돌려 확인할수록 상충위험성이 감소하는 것으로 나타났다. 특히 교차로 가각부 곡선반경이 작을수록 자전거의 횡단위치가 회전구간으로부터 이격되도록 자전거 횡단도를 설치하는 것이 상충위험성을 줄이는데 보다 효과가 있는 것으로 나타났다.

이는 교차로의 가각부 곡선반경이 작은 학교주변이나 주택가 이면도로의 교차로에서 자전거 횡단도를 설치할 경우 가능한 회전구간 종점부로부터 이격되어 설치하는 것이 상충위험을 줄일 수 있음을 나타내며, 운전자가 우측으로 고개를 돌려 적극적으로 주위를 확인할수록 상충위험이 급격히 감소하므로 운전자에 대한 안전교육 및 운전습관이 필요할 것이다.

자전거 이용이 저조했을 때는 교차로에서 우회전하는 차량과의 사고발생률이 낮을 수 있지만, 향후 친환경 교통수단으로 인식되고 있는 자전거의 통행수요가 증가하는 추세를 감안하면 현재와 같은 교통시설환경과 운전자의 의식 하에서는 자전거 교통사고 빈도는 증가할 수 있을 것이다.

이를 개선하기 위해서는 자전거 전용도로와 보관대 확충뿐만 아니라 자전거의 안전성 제고를 위해 교차로 기하구조에 대해서도 개선이 필요할 것이다. 또한 우회전차량의 운전자가 횡단보도에서 부근의 보행자나 자전거뿐만 아니라 차량의 우측 후방에서도 횡단자전거가 진입할 수 있음을 인지하고 일시정지 및 적극적으로 주위를 확인하는 운전행태가 필요할 것이다.

끝으로 본 연구에서는 이론적인 시뮬레이션 분석으로 분석대상 교차로의 기하구조 및 차량과 자전거의 동선이 제약되어 있어 향후 우회전차량과 자전거의 사고자료 및 현장조사를 통해 보다 다양한 변수들을 고려하여 분석할 필요가 있다. 또한 우회전차량의 출발지점이 고정된 조건에서 분석하였기 때문에 우회전차량과 횡단자전거의 상대속도 차이에 따른 상충위험성을 분석하는 데는 한계가 있어 향후 횡단자전거 및 우회전차량의 상대속도에 따른 상충위험성의 증감여부가 파악될 수 있도록 보다 재현성 높은 분석이 필요할 것이다. 나아가 본 연구에서는 자전거의 안전성을 개선하기 위한 관점에서 수행되어 차량운전자나 보행자의 행태가 반영되지 못해 추후 종합적인 측면에서 교차로의 안전성을 제고할 수 있는 방안에 대해서 연구할 필요가 있을 것으로 판단된다.

References

Doh, Techeol Woong, 2007. The Principles of Traffic Engineering-Second Edition, Cheongmoongak Press, Korea.

Kim, D. H., Cho, H. S., Kim, E. C., 2008. A Study on Bicycle Accident Patterns at Urban Intersections, Journal of Korean Society of Road Engineering, Vol.10, No.4, 117-125.

MOLIT and MOSPA 2010. Bicycle Facility and Management Guidelines, Korea.

Oh, J. K., Kim, E. C., Kim, D. H., 2007. A Study on the Bicycle Accident Injury Severity at Urban Intersections, KSCE Journal of Civil Engineering, Vol.27, No.4, 389-395.

Road Traffic Authority, 2010. Factor Analysis for Traffic Accidents - Focusing on Bicycle Accidents, 17-60.

Son, Y. T., Lee, J. K., Lee, S. H., Kim, H. S., 2007. Analysis of Bicycle Crossing Times at Signalized Intersections for Providing Safer Right of Bicycle Users, Journal of Korean Society of Road Engineering, Vol.9, No.3, 83-89.

Traffic Science Institute, 2006. Validity of Auxiliary Right Turn

Signals and Right Turn Traffic Management, Korea.

Wang, Y. and Nihan N. L., 2004. Estimating the risk of collisions between bicycles and motor vehicles at signalized intersections, Accident Analysis and Prevention, Vol.36, No.3, 313-321.

Räsäen, M.and Summala, M., 1998. Attention and expectation problems in bicycle-car collisions : an in-depth study", Accident Analysis and Prevention, Vol.30, No.5. 657-666.

Yang, E. H., 2010. A study on Safety Improvement Strategies by the Analysis of Bicycle Accident Type, Master's thesis, University of Kongju, Kongju, Korea.