

## 중앙버스전용차로 교차로에서 회전차로 운영시 버스정지선 후퇴거리 산정에 관한 연구

### Study on Calculation of Bus Stop Set-back Distance to Operate Turn lanes at Intersection on Median Exclusive Bus Lanes

임 동 욱\* (Dong-wook Im)  
(Korea Transportation Safety Authority)

이 영 인\*\* (Young-Ihn Lee)  
(Seoul National University)

#### 요 약

중앙버스전용차로제는 버스의 통행속도를 향상시키고, 대중교통의 정시성 확보를 통하여 버스를 이용하는 시민의 만족도를 향상시키는 목적으로 대중교통 활성화 정책의 일환으로 추진하고 있다. 교차로 운영방식은 회전 제약, 좌회전 허용, 회전 제약 후 좌회전·U-Turn 허용으로 구분된다. 그러나, 현재 좌회전·U-Turn 등 회전차로를 적용하기 위한 명확한 기준이나 연구가 미미한 실정으로 본 연구는 중앙버스전용차로 교차로 특성요인을 고려한 버스정지선 후퇴거리를 제시하였다. 그 결과, 운영속도 60km/h에서 좌회전 허용시에는 12m를 후퇴하여야 하며 좌회전·U-Turn 허용시에는 17m를 후퇴하여야 하며, 50km/h에서 좌회전 허용시에는 13m를, 좌회전·U-Turn 허용시에는 17m를 후퇴하는 것으로 분석되었다.

핵심어 : 중앙버스전용차로, 유턴, 신호교차로, 버스정지선, 중앙버스전용차로

#### ABSTRACT

The median exclusive bus lanes with the purpose of improving public transport as part of a public transport promoting policy propel to improve the speed of the bus and guarantee punctuality security of public transportation for citizen satisfaction. In Median Exclusive bus lanes, Intersection operational methods are classified as turn prohibition, left turn, left turn·U-Turn after turn prohibition. However, there are not clear criteria for applying for turn left·U-Turn and related researches. The purpose of this study is to search a method for more safely operation when we operate turn left·U-Turn in median exclusive bus lanes intersection. As a result, Bus stop in median exclusive bus lane should set back 12m for left turn, 17m for left turn·U-turn during 60km/h and set back 13m for left turn, 17m for left turn·U-turn during 50km/h.

Key words : Median exclusive bus lanes, U-Turn, Signalized intersection, Bus stop set-back distance, Accident types

\* 주저자 : 교통안전공단 성과평가처 부교수

\*\* 교신저자 : 서울대학교 환경대학원 환경계획학과 교수

† Corresponding author : Young-Ihn Lee(Seoul National University), E-mail [yilee@snu.ac.kr](mailto:yilee@snu.ac.kr)

† Received 30 September 2016; reviewed 21 October 2016; Accepted 8 November 2016

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

서울시는 교통혼잡을 최소화하기 위해 개인차량의 이용을 억제하고 대중교통이용을 장려하는 대중교통 위주로 체계를 개편하였다. 특히, 중앙버스전용차로제는 버스의 통행속도를 향상시키고, 대중교통의 정시성 확보를 통하여 버스를 이용하는 시민의 만족도를 향상시키는 목적으로 대중교통 활성화 정책의 일환으로 추진하고 있다.

중앙버스전용차로에서의 교차로 운영방식은 <Fig. 1>과 같이 회전 제약, 좌회전 허용, 회전 제약 후 좌회전·U-Turn 허용으로 구분된다. 회전 제약은 직진교통류의 소통을 원활히 하는 장점이 있으나 빗금표시(토지이용 접근 가능)와 같이 접근이 불가능하여 차량을 P-Turn 또는 부도로에서 U-Turn 처리로 우회거리가 과다하게 발생하고, 이로 인하여 연료비 증가, 대기오염비용 등의 사회적 비용이 낭비되어 적절하지 못한 방안이라는 지적도 있으며, 버스

통행이 적은 시간대에 일반차량이 불법 좌회전 또는 U-Turn으로 인한 대형사고가 발생할 수 있는 단점을 가지고 있다[1].

서울시에서는 이러한 문제점을 해소하기 위해 우회거리가 과다하게 발생하는 지점에 대해 좌회전을 허용하고 있는 실정이다. 하지만 좌회전 허용 운영방식은 토지접근이 용이하나, 회전차량이 2차로에서 회전하여 1차로 버스의 흐름에 방해를 줄 뿐만 아니라 회전차량들이 정지한 버스로 인하여 시거 확보가 되지 않아 교통안전상 문제를 가지며, 좌회전 처리를 위한 신호현시 수가 증가하는 등 교통운영상 효율적이지 못한 문제점을 갖는다.

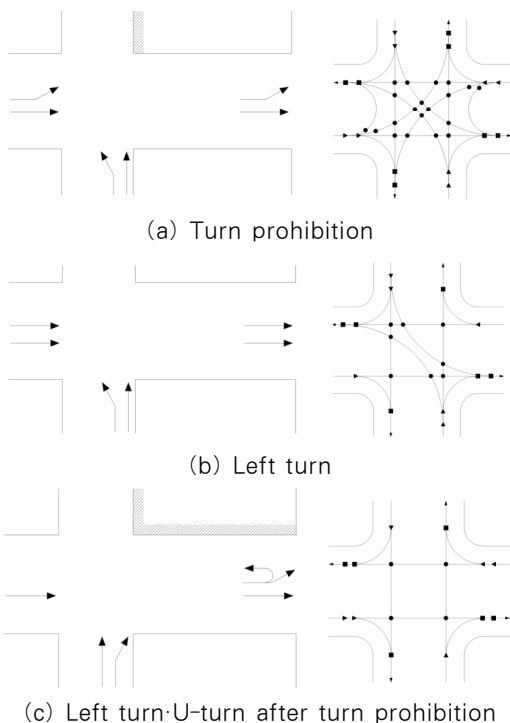
최근에는 P-Turn이나 부도로에서 U-Turn이 불가능한 지역에서 버스중앙차로 교차로에서 U-Turn 허용을 요구하는 지역 주민들의 민원이 증가하는 추세이나 좌회전·U-Turn 등 회전차로를 적용하기 위한 명확한 기준이나 연구가 미미한 실정이다.

본 연구는 중앙버스전용차로의 신호교차로에서 좌회전·U-Turn 허용시 보다 안전하게 진행 할 수 있는 방안을 찾는 것으로, 첫째로는 회전교통 허용시 교통사고 유형을 분석하였으며, 두 번째로는 좌회전·U-Turn시 딜레마존, 정지시거 및 회전차량의 주행궤적을 이용한 중앙버스전용차로 정지선 후퇴거리를 산정하였다.

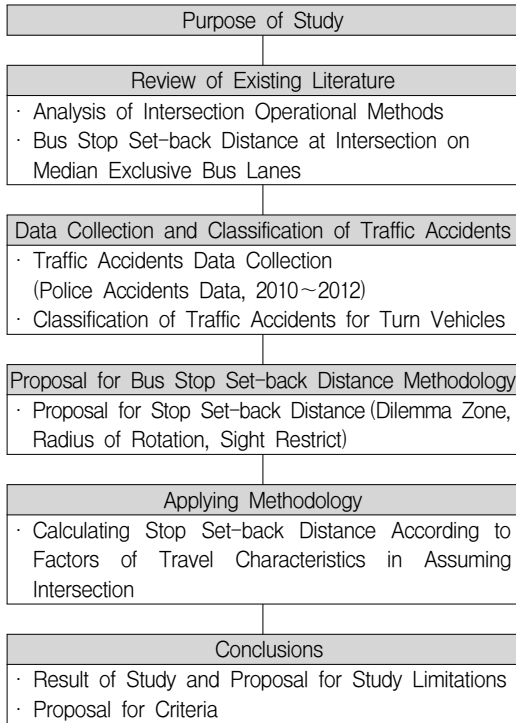
이러한 연구는 현재 기준 없이 무분별하게 시행되는 회전차로(좌회전·U-Turn) 운영에 대해 교통안전성 문제점을 해소하여 교차로의 원활한 소통을 통해 교통사고 감소에 기여할 것으로 기대된다.

## 2. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 중앙버스전용차로에 대한 기존 문헌을 검토하고, 좌회전·U-Turn을 허용하는 교차로에서 발생한 3년간의 사고자료를 분석하여 중앙버스전용차로에서의 교통사고 유형을 분류하고, 회전교통의 안전성 향상을 위해 중앙버스전용차로의 정지선 후퇴거리 산정 방법론을 제시하였다.



(Fig. 1) Turn lane operational methods at Intersection on Median Exclusive Bus Lanes



〈Fig. 2〉 Study process

## II. 기존문헌고찰

### 1. 정지선 후퇴거리 산정방법

Oh et al.(2004)는 중앙버스전용차로의 교차로에서 좌회전에 따른 버스 정지선 후퇴거리를 딜레마 구간과 시거, 선행좌회전 신호시 시거삼각형을 고려하여 정지선 후퇴거리를 산정하였고, 정지선 후퇴로 인한 좌회전 용량을 예측하였다. 그 결과 딜레마 구간과 시거를 고려한 정지선 후퇴거리는 7.2m, 교차로 신호와 시거 삼각형을 고려한 정지선 후퇴거리는 4.27m로 산정하여 최종적으로는 7.2m 후퇴하여야 한다고 밝혔다. 또한, 정지선 후퇴시 좌회전 반경이 1.3m 증가하여 포화교통량은 10~15대 정도 증가할 것으로 예측하였다[2].

University of seoul et al.(2013)는 중앙버스전용차로의 교차로에서 버스정지선은 교통운영측면과 보행자 사고예방측면을 고려하여야 하며, 버스정거장 부근에서의 정지선 후퇴거리는 횡단하는 보행자의 식별을 위해 5m 이격할 것을 제시하였고, 좌회전

교차로에서는 오훈의 연구결과를 인용하여 8.5m로 제시하였다. 또한, 유턴 교차로에서는 유턴구역선 점선길이 12m와 좌회전차로에 따른 정지선 후퇴거리를 합한 21m를 제시하였다[3].

Park(2013)은 중앙버스전용차로의 교차로에서 U-Turn에 따른 버스 정지선 후퇴거리를 인지반응시간과 시거, 딜레마존, 회전차량을 위한 곡선반경, 교차로 내에서 U-Turn 차량의 최소회전반경 등을 이용하여 제시하고 서울시 강남권 일대 4개 교차로에 적용하였다. 그 결과 고속터미널은 10.8m, 강남역은 9.7m, 논현역 6.5m, 뱅뱅사거리는 6.3m로 분석되었다[4].

Yang et al.(2008)은 신호교차로에서 비보호 좌회전시 시거제약에 의한 영향을 분석하였다. 그 결과 임계간격은 간격과 시거에 영향을 받는 것으로 나타났다으며, 시거제약이 없는 경우의 평균추종시간은 2.2초로 시거제약이 있는 경우의 평균추종시간은 2.9초로 나타났다. 간격수락 반응시간은 시거장애가 없는 경우 1.7초, 시거장애가 있는 경우는 3.1초로 시거제약이 부정적인 영향이 있는 것으로 확인되었다[5].

### 3. 착안점

기존의 연구는 교차로내 시거, 딜레마 존, 회전반경을 고려하여 정지선 후퇴거리를 산정하였으나, 다음의 문제점이 있는 것으로 조사되었다. 첫째, 교차로에서 교통사고 유형별 분석이 없어 정지선 후퇴거리 산정에 영향을 미치는 요인을 찾기 어려웠으며, 두 번째로는 U-Turn은 교차로 정지선 후방에서 허용되나 교차로내에서 U-Turn 차량의 최소 회전반경을 반영하는 오류를 범하였고, 마지막으로, 중앙버스전용차로인 1차로에 정차중인 버스로 인한 시거제약을 고려해야 하며, 특히 곡선반경에 따라 달라지는 정지선 후퇴거리를 정립할 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 좌회전 및 U-Turn 차로운영시 교통사고 발생을 최소화하기 위하여 딜레마존, 회전반경, 시거제약구간 등을 반영한 중앙버스전용차로의 정지선 후퇴거리 산정 방법론을 제시하여 중앙버스전용차로에서 회전차로 설치기준을 마련하고자 하였다.

<Table 1> Difference with previous studies and this study

Considerations		Previous Studies	This Study
Assumption		·Non Consideration	·Consideration of Crosswalk
Perception Reaction Time		·2.5s(AASHTO)	·3.0s(Korea Criteria)
Radius of U-Turn		·U-Turn Through Stop Bar	·U-Turn in Front of Stop Bar
		·Minimum Radius	·Consideration for Each Lanes
Sight Restrict	Linear	·Non Consideration	·Consideration for Sight Restrict due to Bus Stop
	Curve	·Non Consideration	·Consideration for Sight Restrict Due to Bus Stop (Sensitivity Analysis)

### III. 방법론 정립

#### 1. 교통사고 발생현황 및 유형분석

중앙버스전용차로에서 회전차로(좌회전·U-Turn)를 운영하는 교차로를 대상으로 교통사고 발생현황과 유형을 분석하였다. 대상지점은 중앙버스전용차로, U-Turn 전용차로, 좌회전 전용차로, 직진차로 순으로 운영중인 경기도 교문사거리와 서울시 홍은사거리이며 정지선 후퇴거리는 각각 18m, 20m이다.



<Fig. 3> Operation case of turn lanes in median exclusive bus lanes

교통사고 자료범위는 U-Turn 허용 이후 시점부터 2~3년간(교문사거리 '10~'12년, 홍은사거리 '13~'14

년)의 경찰청 자료로 물피사고는 제외하여 분석하였다. 조사결과, 전체 교통사고는 54건 발생하였으며, 사망사고는 1건, 중상사고는 24건, 경상사고는 29건으로 나타났다.

사고유형별로는 직각충돌사고 20건, 추돌(주정차중) 11건 등의 순으로 높게 나타났고 범규위반별로는 안전운전불이행 23건, 신호위반이 20건 등으로 나타났다. 회전차량 교통사고 유형은 <Table 2>, <Table 3>과 같이 좌회전 8개 type, U-Turn 5개 type으로 총 13개의 type으로 분류할 수 있으며, 3년간 교문사거리에서 발생한 좌회전 교통류의 교통사고는 9건(중상 5건, 경상 4건), U-Turn 교통류의 교통사고는 2건(중상 1건, 경상 1건)이 발생하였다.

이를 유형별로 분류한 결과 주도로 직진신호가 끝난 직후 무리하게 진입하는 직진차량과 교차로를 진입하는 회전차량간의 사고(Type-1, 4, 9)가 11건으로 가장 많이 발생하였다.

<Table 2> Accident types for left turn

Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
5 cases (31.2%)	-	2 cases (12.5%)	4 cases (25.0%)
Type 5	Type 6	Type 7	Type 8
-	-	-	2 cases (12.5%)

<Table 3> Accident types for U-turn

Type 9	Type 10	Type 11	Type 12	Type 13
2 cases (12.5%)	1 case (6.2%)	-	-	-

교통사고 유형별 원인 및 개선대책을 분석해보면 Type 1, 2, 3, 4, 9, 10, 12는 황색시간에 교차로에 무리하게 진입하여 발생하는 사고이다. 정지선을

후방으로 후퇴시에는 Type 1, 9는 버스가 무리하게 진입하는 것을 방지할 수 있고, Type 3, 11은 교차로 내 시거 확보, Type 4는 정지시거 확보하여 교통사고를 예방할 수 있고, Type 13은 동시에 U-Turn을 시도하여 발생하는 사고로 정지선 후퇴거리가 과도하게 길 경우에 발생된다. 또한, Type 5, 6은 좌회전 차량의 명확한 주행경로 미제공 또는 시거불량으로 교통사고가 발생하므로 좌회전 차량이 회전반경을 확보하여야 한다.

본 논문에서는 Type 1, 4, 9,의 교통사고 유형의 교통사고 예방을 위하여 딜레마존, 회전차량의 주행궤적, 정지시거를 고려한 정지선 후퇴거리를 산정하고자 한다.

<Table 4> Study contents for traffic accident causes

Type	Cause	Study content
Type 1	·Entering of bus forcibly to intersection at red signal time	·Bus Stop Set-back Distance
Type 2, 3	·Entering forcibly to intersection at yellow signal time(sight restrict of left turn vehicle due to stopped bus)	·Assurance sight distance
Type 4	·Entering forcibly to intersection at yellow signal time(sight restrict of through vehicle due to stopped bus)	·Assurance sight distance
Type 5, 6	·Poor sight distance or poor driving path for left turn vehicle	·Assurance radius for left turn
Type 9	·Entering of bus forcibly to intersection at red signal time	·separation distance of stop bar
Type 10	·Confliction between right turn and U-Turn vehicle	·Assurance sight distance(dilemma zone)
Type 11	·U-turn forcibly at yellow signal time(sight restrict of U-turn vehicle due to stopped bus)	·Assurance sight distance
Type 12	·confliction between right turn and U-Turn vehicle	·Assurance sight distance
Type 13	·confliction for multi U-Turn	·U-Turn allowance length

## 2. 중앙전용버스차로에서 정지선 후퇴거리 산정

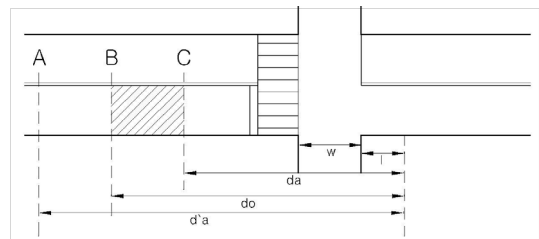
좌회전 운영시에는 딜레마존, 시거제약을 고려하였고, U-Turn 운영시에는 교차로 시거 및 U-Turn 차량의 주행궤적을 고려하여 중앙버스차로 정지선 후

퇴길이를 산정하였다.

### 1) 딜레마존을 고려한 정지선 후퇴거리

딜레마존(Dilemma zone)이란 신호교차로 상에서 운전자가 신호기의 황색신호가 시작되는 것을 보았지만 임계 감속도로 정지선에 정지하기가 불가능하여 계속 진행할 때, 황색시간신호 이내에 교차로를 완전히 통과하지 못하게 되는 경우로 교차로 정지선 이전에 발생하는 구간을 말한다.

황색신호는 경찰청 「교통신호기 설치·관리 매뉴얼」 상의 기준값인 3~5초로 운영하고 있으나 도심부 교차로에서는 일반적으로 3초의 황색시간을 제공한다. 따라서, 부도로상의 맨 우측 직진 차로에 대한 진행여부를 파악하기 위한 시야확보거리를 추가로 고려하여 후퇴거리를 반영하여야 한다.



<Fig. 4> Dilemma Zone for left turn vehicle

좌회전차량에 대한 딜레마존 산정식은 식(3)과 같다.

$$Y = (t_r + \frac{v}{2a} + \frac{w+l}{v}) - T_s \dots\dots\dots (3)$$

여기서, Y : 적정황색시간

$t_r$  : 지각-반응시간(1.0sec)

$v$  : 교차로 진입차량의 접근속도

$a$  : 진입차량의 임계감속도(5m/sec<sup>2</sup>)

$l$  : 차량의 길이(6m)

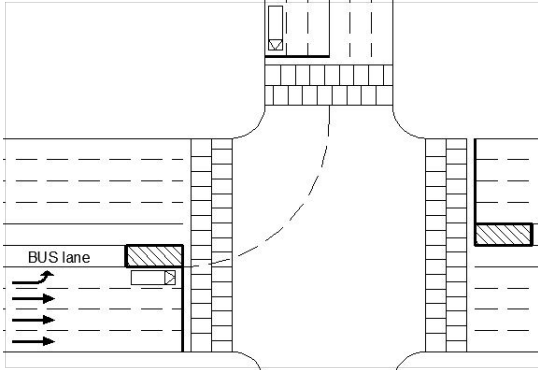
$w$  : 교차로의 폭

$T_s$  : 여유시간(1.5sec)

### 2) 회전반경을 고려한 정지선 후퇴거리

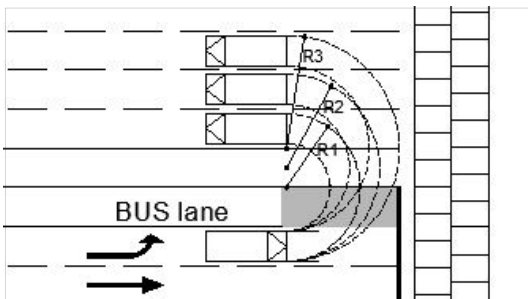
회전차량은 자동차가 원활히 회전할 수 있도록

외측 곡선반경 이상의 값을 가져야 한다. 좌회전 차량의 회전반경은 최소곡선반경  $R=12m$ 와 교차로 평균통행속도  $20km/h$ 를 고려한 최소곡선반경 값을 적용하여 산정하였다.



〈Fig. 5〉 Radius of left turn vehicle

U-Turn은 2차로(1차로는 버스전용차로)에서 반대쪽 차로로 진입하는 행태로 <Fig. 7>과 같이 대향 2차로와 대향 3,4차로로 진입하는 경우가 있으며, 각각 곡선반경의 크기가 다른 것을 알 수 있다. 일반적으로 설계기준 소형자동차의 회전계적을 고려하여 6m를 적용하나 본 논문에서는 운전자가 실제 도로폭을 고려하여 회전하려는 경향을 반영하여 대향 방향 차로폭을 회전반경으로 적용하였다.

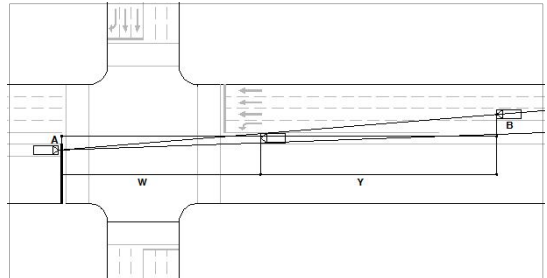


〈Fig. 6〉 Radius of U-Turn vehicle

### 3) 시거제약을 고려한 정지선 후퇴거리

좌회전하는 자동차(B)는 중앙버스전용차로에 버스 정차시 직진하는 자동차의 시야를 가려 직진 신호가 끝나고 황색신호시 교차로를 진입하는 직진 자동차(A)를 인지하지 못하고 교차로를 진입하다

충돌하는 경우가 있다. 즉, 좌회전하는 자동차(B)는 직진하는 자동차(A)를 인지하고 좌회전할 수 있도록 정지시거를 확보하여야 한다[5].



〈Fig. 7〉 Sight restriction for left turn and U-Turn vehicle(linear)

$$SD = W + X + Y = 0.697v + \frac{v^2}{254f} \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{Y}{W+X} = \frac{B}{A} \Rightarrow Y = B \frac{W+X}{A} \dots\dots\dots (5)$$

여기서, SD: 정지시거

X: 정지선 후퇴거리

Y: 대향 버스전용차로 정지선에서 시거 제약이 해소되는 직진차량까지의 거리

W: 버스전용차로 정지선에서 대향 버스전용차로의 정지선까지의 거리

곡선구간에서는 직선구간에 비해 시야제약을 더 받으므로 정지시거의 길이가 길어진다.[6]

$$SD = R_3(\Delta + \delta) \dots\dots\dots (6)$$

$$\Delta = \alpha - \beta \dots\dots\dots (7)$$

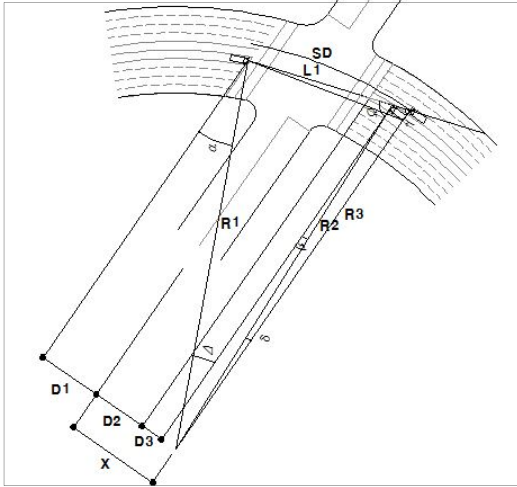
$$\alpha = \arcsin\left(\frac{X + D_1}{R_1}\right) \dots\dots\dots (8)$$

$$\beta = \arcsin\left(\frac{X - D_2 - D_3}{R_2}\right) \dots\dots\dots (9)$$

$$\delta = \Omega - \gamma \dots\dots\dots (10)$$

$$\Omega = \arcsin\left(\frac{R_1 \sin \Delta}{L_1}\right) \dots\dots\dots (11)$$

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{R_1 R_2 \sin \Delta}{L_1 R_3}\right) \dots\dots\dots (12)$$



〈Fig. 8〉 Sight restriction for left turn and U-Turn vehicle(Curve)

#### IV. 방법론 적용

##### 1. 교차로 가정

중앙버스전용차로를 운영하는 도로에서 좌회전 및 U-Turn 차로 허용시 버스전용차로의 정지선 후퇴거리 산정 방법론을 적용하기 위해 <Table 5>와 같이 가정하였다.

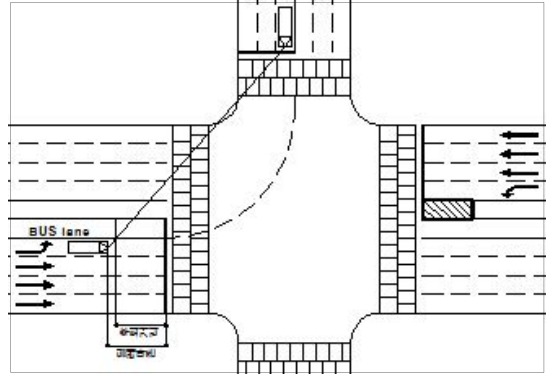
〈Table 5〉 Geometric of intersection

Width of lane(m)	3.25
The number of major road lanes	8
Width of major road(m)	28
The number of minor road lanes	6
Width of minor road(m)	21.5
Width of crosswalk(m)	8

##### 2. 중앙전용버스차로에서 정지선 후퇴거리 산정

###### 1) 딜레마존을 고려한 버스전용차로 정지선 후퇴거리

좌회전 차량의 딜레마존을 고려한 시거확보거리를 산정하였다. 교차로의 황색신호시간이 4.1초 이상인 경우는 딜레마존이 발생하지 않았으나, 일반적인 도심부 교차로의 황색신호시간인 3초로 가정 시에는 정지선 후퇴거리가 11.6m 필요한 것으로 분석되었다.



〈Fig. 9〉 Set-back distance for dilemma zone

〈Table 6〉 Set-back distance for dilemma zone

Fit yellow time	Yellow time	Set-back distance
4.1 sec	3.0 sec	11.6m

###### 2) 회전반경을 고려한 버스전용차로 정지선 후퇴거리

좌회전 및 U-Turn 차량의 회전반경을 고려한 정지선 후퇴거리 산정하였다.

좌회전의 경우 횡단보도를 가진 대규모 교차로여서 별도의 정지선 후퇴거리가 필요하지 않은 것으로 나타났으며, U-Turn의 경우에는 운전자가 실제 도로폭을 고려하여 회전하려는 경향을 반영하여 대향방향 차로폭을 회전반경으로 적용하였다. 대향 2차로로 진입하는 자동차의 경우, 외측곡선반경은 13m (3.25m×4차로), 대향 3차로는 외측곡선반경이 16.25m로 분석되었다.

다중 U-Turn의 경우 버스전용차로의 정지선 후퇴거리가 과다하게 길어지므로 다중 U-Turn을 허용하지 않는 것으로 가정하였다.

〈Table 7〉 Set-back distance for radius of turn vehicle

Turn type		Set-back distance
Left turn		-
U-Turn	2 lane	13m
	3 lane	16.25m

###### 3) 시거제약을 고려한 버스전용차로 정지선 후퇴거리

직진차량은 교차로 반대편 중앙버스전용차로에

서 대기중인 버스로 인하여 좌회전하는 차량의 시거를 제약한다.

본 논문에서는 도로의 기하구조를 직선부와 곡선부로 나누어서 정지시거를 확보하기 위한 버스전용차로 정지선 후퇴거리를 산정하였다.

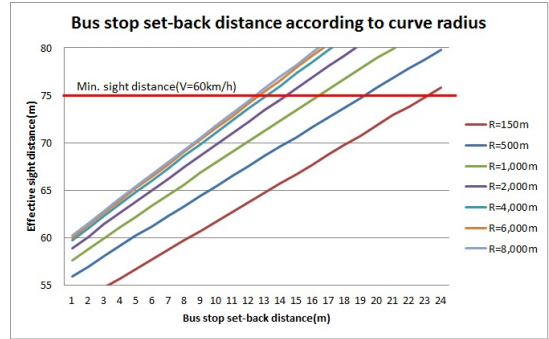
직선부 교차로를 분석한 결과, 중량버스전용차로 정지선이 10.75m 후퇴하여야 시거확보가 가능한 것으로 분석되었다. 곡선부 교차로의 경우에는 R값이 8,000m 이하인 경우에는 <Table 9>과 같이 평면곡선 반경의 크기에 따라 정지선 후퇴거리가 다르게 나타났다. 즉, 평면곡선 반경이 150m일 때 23m의 정지선을 후퇴하여야 하나, 2,000m일 때 14m, 4,000m일 때 13m, 8,000m일 때는 12m로 곡선반경이 클수록 정지선 후퇴거리는 적어진다.

<Table 8> Set-back distance for sight restrict (Linear)

SD	w	Width of road	Set-back distance (X)
75m	56.25m	45.5m	10.75m

<Table 9> Set-back distance for sight restrict (Curve)

Set-back distance	Sight distance according to curve radius						
	150	500	1,000	2,000	4,000	6,000	8,000
9	61.7	65.4	67.9	69.8	71.1	71.6	71.8
10	62.7	66.5	69.0	71.0	72.3	72.8	73.1
11	63.7	67.5	70.1	72.2	73.6	74.1	74.4
12	64.7	68.6	71.2	73.4	74.8	75.4	75.7
13	65.7	69.6	72.3	74.5	76.0	76.6	77.0
14	66.7	70.6	73.4	75.7	77.3	77.9	78.2
15	67.7	71.7	74.5	76.9	78.5	79.2	79.5
16	68.8	72.7	75.6	78.1	79.8	80.4	80.8
17	69.8	73.7	76.7	79.2	81.0	81.7	82.1
18	70.7	74.7	77.8	80.4	82.2	82.9	83.3
19	71.8	75.8	78.9	81.5	83.4	84.2	84.6
20	72.9	76.8	79.9	82.7	84.7	85.5	85.9
21	73.8	77.8	81.0	83.8	85.9	86.7	87.2
22	74.8	78.8	82.1	85.0	87.1	88.0	88.4
23	75.8	79.8	83.2	86.1	88.3	89.2	89.7



<Fig. 10> Set-back distance for sight restrict(Curve)

### 3. 사업효과 분석

중량버스전용차로 교차로에서 좌회전 및 U-turn 허용은 교통안전상의 문제로 서울시 홍은사거리, 경기도 교문사거리에서 제한적으로 운영 중이다. 이에 운영중인 교차로의 사전·사후 효과분석 등은 분석이 어려운 것으로 판단되며, 시뮬레이션 분석의 경우도 교차로 지체도 분석 등은 가능하나 교통안전도 향상의 효과를 분석하는데 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 버스정지선 후퇴거리 도입에 따른 효과평가를 위하여 교통안전진단, 교통영향평가, 교통계획 등의 경력 10년 이상의 분야 전문가 30명을 대상으로 설문조사 실시하였다. 조사내용은 중량버스전용차로 교차로에서 좌회전 및 U-turn 허용의 필요성 등 전반에 대한 평가 및 AHP 분석을 통한 평가항목의 상대적 중요도 평가이다. 평가결과를 종합해보면, 83.3%가 중량버스전용차로 교차로에서 좌회전 및 U-turn 허용이 필요하고 70%가 교통사고 감소 효과가 있을 것으로 판단하였다.

<Table 10> Results of survey

Survey contents	Rate of positive response
Do you think bus stop set-back need for safety at intersection on median exclusive bus lanes	83.3
Do you think bus stop set-back could reduce the number of crash	70



<Table 11> Results of AHP analysis

Item of estimation	Weights	Ranking
Radius of turn	0.42	1
Sight restriction	0.23	4
Triangle sight	0.18	2
Dilemma zone	0.17	3

또한, 좌회전 또는 U-turn 허용시 평가항목의 상대적 가중치(중요도) 조사 결과, U-turn 회전반경(0.42)이 가장 중요한 것으로 분석되었고 시거제약(0.23), 교차로내 시거(0.18), 딜레마존(0.17) 순으로 나타났다.

### V. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 중앙버스전용차로에서 교통안전을 고려한 정지선 후퇴거리를 선정하였다.

첫째, 교차로내 시거를 고려한 버스전용차로 정지선 후퇴거리를 산정하였다.

첫째, 딜레마존을 고려한 버스전용차로 정지선 후퇴거리를 산정하였다. 그 결과 딜레마존을 고려한 정지선 후퇴거리는 6.8m로 제시하였다.

둘째, 회전반경을 고려한 버스전용차로 정지선 후퇴거리를 산정하였다. 좌회전의 경우 주도로의 폭이 넓고 횡단보도가 설치되어 추가 정지선 후퇴거리가 필요하지 않는 것으로 판단되었고, U-Turn의 경우에는 대향방향 진입차로가 2차로인 경우 13m, 3차로 및 4차로인 경우 16.25m, 19.5m로 제시하였다.

셋째, 시거제약을 고려한 정지선 후퇴거리를 산정하였다. 직선부 교차로에서는 정지선 후퇴거리가 10.7m가 필요하였으며, 곡선부 교차로에서는 곡선반경이 1,000m일 때 약 15m, 2,000m일 때 약 13m, 4,000m일 때 약 12m, 8,000m일 때는 11m로 곡선반경이 클수록 정지선 후퇴거리가 적어지는 것으로 나타났다.

세 가지 조건을 종합해보면, 좌회전 허용시에는 딜레마존으로 인하여 정지선 후퇴거리가 가장 많이 필요한 것으로 나타났으나, 기하구조가 곡선인 경우에 곡선반경에 따라 시거제약에 의한 정지선 후퇴거리는 증가하는 것으로 나타났다. U-Turn 허용

시에는 회전차량의 주행궤적으로 인한 정지선 후퇴거리가 가장 큰 것으로 나타났으나 교차로가 1,000m 이하인 경우에는 오히려 시거제약에 의한 정지선 후퇴거리가 더 큰 것으로 나타나서 <Table 9>의 기준을 적용해야 한다.

<Table 12> Criteria for bus stop set-back distance

Design velocity	Factor	Left turn		U-Turn		
		Calc.	App.	Calc.	App.	
60kph	Dilemma zone	11.65		11.65	17	
	Radius of turn	-	12	13~16.3		
	Sight restriction	Linear	10.8			10.8
		1,000<R<8,000m	12~16	12~16		12~16
R<1,000m	17~	17~	17~	17~		
50kph	Dilemma zone	12.83		12.83	17	
	Radius of turn	-	13	13~16.3		
	Sight restriction	-		-		

· if R<1,000m, apply <Table 9>

마지막으로, 좌회전 및 U-turn 허용시 사업효과를 설문조사 및 AHP 분석을 통해 정량적 산정하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 현재 운영중인 중앙버스전용차로 운영도에서 좌회전 및 U-Turn 허용시에는 충분한 검토가 필요할 것이며, 운영시 도로 기하구조 및 교통조건을 반영한 적절한 정지선 후퇴거리를 산정함으로써 좌회전 또는 U-Turn 허용의 판단이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구를 수행하면서 몇 가지 한계점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 제시한 모델들은 현실을 고려하기는 하지만 이상적인 조건을 가정하므로 실제 주행차량의 분석을 통한 연구가 추가로 보완된 모델제시가 필요하다.

둘째, 본 연구에서 산정된 정지선 후퇴거리를 적용함으로써 그로 인한 개선효과를 정량적으로 평가하여야 하나 현 단계에서는 운영중인 교차로가 드물어 향후 이에 대한 연구가 보완되어야 할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- [1] Kentucky Transportation Center(2004), "U-turns at signalized intersections", University of Kentucky, KTC-04-23/SPR 258-03-3F.
- [2] Oh H. et al.(2004), "A study on backing up the bus stop line according to the left turn at intersection on the median bus lane," *Korean Intelligent Transportation System*, vol 3, no 2, pp.75-83.
- [3] University of Seoul et al.(2006), "A development of traffic signal operation strategies and criteria of traffic safety features using bus-only signal on median bus lane," Seoul metropolitan police agency.
- [4] Park J. H.(2013), "Study on backing up the bus stop line to operate u-turn by intersection attributes : focused on median exclusive bus lane in urban area," Seoul national university.
- [5] Yan X., Radwan E. et al.(2008), "Influence of restricted sight distances on permitted left-turn operation at signalized intersections," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 134, no 2, pp.68-76.
- [6] Yan X.(2006), "Geometric models to calculate left-turn sight distance for signalized intersections on horizontal curves," *Journal of Transportation Engineering*, ASCE, vol 132, no. 9, pp.683-690.

## 저자소개



임 동 욱(Im, Dong-Wook)

1999년 : 한양대학교 토목공학과 학사과정 졸업

2001년 : 한양대학교 토목공학과 석사과정 졸업

2015년 : 서울대학교 환경계획학과(교통관리전공) 박사과정 수료

2008년 2월~현재 : 교통안전공단 부교수

e-mail : idw0709@ts2020.kr



이 영 인(Lee, Young-Ihn)

1982년 : 서울대학교 농과대학 농교육학과 졸업(농토목과정)

1986년 : 서울대학교 환경대학원 환경계획학과 석사과정 졸업

1992년 : 미국 Texas A&M대학교 토목공학과(교통공학분야) 박사과정 졸업

2005년 10월~현재 : 서울대학교 환경대학원 환경계획학과(교통전공) 정교수

2002년 6월~현재 : 한국ITS학회 상임이사

1996년 3월~2000년 3월 : 서울시립대학교 도시공학과(교통전공) 부교수

e-mail : yilee@snu.ac.kr