

# 중앙버스전용차로제 운영시 일반 차량 좌회전에 따른 교차로 시거 확보 방안에 관한 연구

-버스 정지선 후퇴를 중심으로-

A Study on Ensuring the Distance of Sight at the Crossroads Corresponding to the Left  
Turn of General Vehicles When Using the Median Bus Lane

오 훈

(서울대학교 환경대학원 석사과정)

이 영 인

(서울대학교 환경대학원 교수)

Key Words : 중앙버스전용차로, 좌회전, 정지선

## 목 차

### I. 서론

1. 연구배경 및 목적
2. 연구범위 및 방법

### II. 관련 연구 및 문헌 고찰

1. 서울시 버스전용차로 고찰
2. 정지선 위치 및 형태
3. 운전자 인지·반응 시간
4. 교차로 내의 시거
5. 딜레마 구간
6. 좌회전 신호 순서

### 7. 교차로 좌회전 현황(강남대로)

### III. 버스 정지선 후퇴 길이 산정 방법론 정립

1. 교차로 좌회전의 문제점
2. 버스 정지선 후퇴를 위한 방법론 정립

### IV. 버스 정지선 후퇴 기준에 따른 현장 적용

1. 대상 교차로 선정 및 기본 조건
2. 강남역 사거리 버스 정지선 후퇴 길이 산정
3. 결과 요약

### V. 결론

### 참고문헌

## I. 서론

### 1. 연구 배경 및 목적

2004.7.1.부터 서울시는 대중교통체계 개편의 하나로 서울시 주요 간선도로인 강남대로, 성산·수색로, 도봉·미아로에 중앙버스전용차로제를 확대 시행하고 있다.<sup>1)</sup> 확대 시행 초에는 일반 차량들의 지체, 외곽 통행 광역 버스들의 정류장 정차로 인한 버스 정체, 노선 조정 홍보 미흡 등으로 많은 혼란과 비판이 있었으나, 현재는 이와 같은 문제점을 개선하여 성공적으로 정착된 것으로 보인다.

그런데, 중앙버스전용차로제를 실시하게 되면 기존 1차로를 버스가 전용으로 사용하게 되어 교차로에서의 일반 차량 좌회전을 허용치 않는 것이 원칙이다.<sup>2)</sup> 좌회전을 허용하게 되면 교차로 정지선에서 버스는 정지하고 일반 차량들이 2차로에서 좌회전을 하여 버스의 흐름에 방해를 줄 뿐만 아니라, 좌회전 차량과 대향 직진 차량이 정지한 버스로 인하여 시야 확보가

되지 않아 안전상 많은 문제점을 갖게 된다.

하지만 현재 시행하고 있는 중앙버스전용차로제의 교차로에서는 기존의 좌회전을 최대한 허용하고 있는 실정이다. 좌회전 불허용시 지역 주민들의 반발, 우회로 확보의 어려움 등으로 좌회전을 기존 2차로에서 허용하는 것이다. 교차로에서의 좌회전을 허용하면 보다 안전하게 좌회전 할 수 있는 방안을 찾아야 하는 데 현행 중앙버스전용차로제의 교차로에서는 버스와 일반 차량의 정지선이 같이 놓여 있거나, 버스 정지선을 후퇴<sup>3)</sup> 시켜도 일정한 기준이 없어 좌회전시 운전자들이 위험을 느끼게 된다. 특히, 교차로에서 버스와 일반 차량 정지선이 같이 놓인 채 좌회전을 하게 되면 대향 하위 차로에 있는 직진 차량이 좌회전 교통량을 미리 파악치 못하여 교차로 내에서의 충돌 위험이 매우 높은 실정이다.

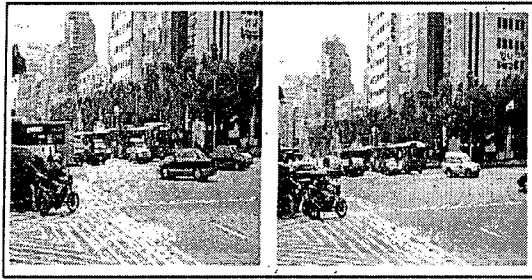
<그림 1-1>은 중앙버스전용차로제를 시행하고 있는 강남대로 중 강남역 사거리 교차로에서 일반 차량들의 좌회전을 보여주고 있다. 버스가 1차로에 정지한 상태에서 일반 차량이 2차로에서 좌회전 하여 운전자가 좌측 도로 상황을 미리 파

1) 서울시는 1996년 천호대로에 중앙버스전용차로제를 처음으로 도입 하였고, 2005.7. 경인-마포로, 망우-왕산로에 추가 시행하고 있다.

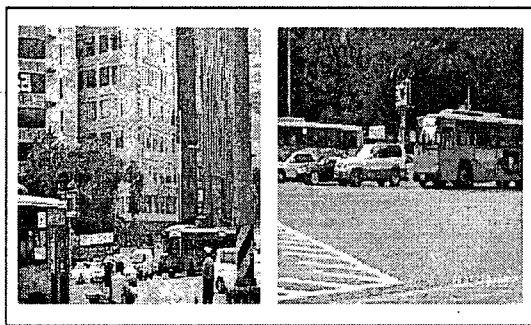
2) 천호대로상의 교차로에는 좌회전을 허용치 않고 있다.

3) 2004.7.1 중앙버스전용차로제를 확대 시행시 좌회전 차로와 전용 차로의 정지선을 분리 시키지 않았으나, 모니터링을 통한 점검 등으로 현재는 6m를 후퇴 시키고 있다. 구체적 기준은 마련되어 있지 않다.

약치 못한 채 좌회전 한다. <그림 1-2>는 대항 하위 차로와 부도로 하위 차로 차량들이 좌회전 교통량 전체를 파악치 못하고 있음을 보여 주고 있다.



<그림 1-1> 중앙버스전용차로의 교차로 내 좌회전



<그림 1-2>대항 하위 차로와 부도로 하위차로에서의 시거 미확보

본 연구의 목적은 중앙버스전용차로제에서 교차로 좌회전 허용시 보다 안전하게 좌회전 할 수 있는 방안을 찾는 것으로 특히 교차로의 버스 정지선을 얼마나 후퇴시켜야 적절한가를 시거 삼각형, 인지·반응 시간, 딜레마 구간, 좌회전 현시 순서 변경 등을 이용하여 제시하는 것이다.

## 2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 2004.7.1. 시행된 중앙버스전용차로 중 강남대로의 강남역 사거리를 대상으로 중앙버스전용차로의 대항 하위 차로와 부도로 하위 차로에서의 시거 확보 여부를 현장 조사(사진 촬영)하고, AASHTO에서 제시하고 있는 신호 교차로에서의 운전자 인지·반응 시간(1초), 시거 삼각형 등을 이용하여 이를 만족하는 버스 정지선 후퇴 길이를 구한다.

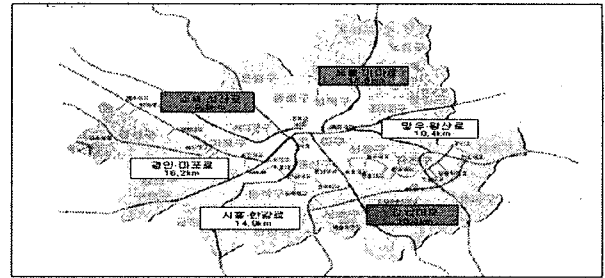
다음으로는 좌회전 현시 순서의 변경을 통하여 직전 이동류의 딜레마 구간을 볼 수 있는지를 척도로 선행·후행 좌회전 중 어떤 현시가 나은지를 밝혀 본다.

## II. 관련 연구 및 문헌 고찰

### 1. 서울시 버스전용차로 고찰

서울시는 1993년 2월부터 한강로 등 4개 구간을 시작으로 현재 60여개 구간 약 220km의 버스 전용차로를 운영하고 있다.

현재의 버스 전용차로는 대부분이 가로변 전용차로이며, 중앙 전용차로는 1996년에 천호대로 구간(구의동 교차로~답십리 교차로) 4.5km, 2003년에 하정로 구간(답십리 교차로~신설동 교차로) 3.1km를 설치·운영 중이며 2004.7.1.부터 강남대로 (10.4km), 성산·수색로(9.9km), 도봉·미아로(15.8km)에 확대 실시하고 있고, 2005.7.부터 경인-마포로(6.8km), 망우-왕산로(4.3km)에 설치 운영 중이다. (<그림 2-1>참조).



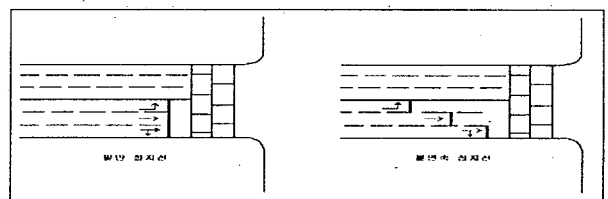
<그림 2-1> 서울시 추진 중앙 버스 전용차로 설치 도로

### 2. 정지선 위치 및 형태

정지선은 차량의 어떤 부분이라도 그 선을 넘어서 정지해서는 안 된다는 것을 나타내는 표시로서 신호 교차로의 유입부, 횡단보도 직전, 일시정지 규제를 하는 경우 등에 설치한다. 정지선은 교차로의 좌·우회전 차량이 주행하는 데 지장을 주지 않는 위치에 설치하되, 원칙적으로 차로 중심선에 대하여 직각으로 설치한다.

교차로와 그 부근에 전신주, 광고물과 같은 도로 점용물, 도로 표지나 조명 시설과 같은 도로 부속시설이 많으면 운전자 입장에서는 정보 과다가 되기 쉽다. 이러한 도로 점용물은 가능한 설치를 억제하여야 하며, 교차로 부근의 표지 또한 시거 확보의 측면에서 바람직하지 않으므로 난립을 피하고 합리적으로 간소화 하여야 한다. 현지의 제약 조건으로 인하여 도로 형태를 개선하기 어려워 시거 확보가 곤란한 경우에는 시거 부족을 보완하기 위하여 표지나 반사경과 같은 제반 보조 시설의 설치 등을 검토해야 한다.

현행 중앙버스전용차로제의 교차로에서도 좌회전시 버스로 인한 시거 확보가 안 되는 실정이다. 이에 대한 방안으로 버스 정지선의 후퇴를 고려해 보는 것이다. 정지선은 차로와 직각으로 일직선의 형태로 설치하는 것이 원칙이나, 시거 확보 등을 위하여 불가피하게 불연속적으로 설치하는 것도 허용된다.



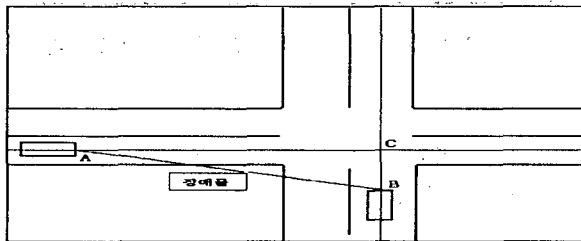
<그림 2-2> 정지선 형태

### 3. 운전자 인지·반응 시간

운전자가 도로상의 위험요소나 신호기의 황색 등화를 보고 진행 방향에 대해 정지 해야겠다고 깨닫는 데 걸리는 시간을 인지·반응 시간이라 한다. AASHTO에서는 안전 정지시거를 계산하기 위해 이 값을 2.5초로 사용하나, 신호 교차로에서는 운전자의 식별 및 행동 판단 시간이 단축 되므로 1.0초, 비신호 교차로에서는 2.0초를 사용할 것을 권장하고 있다. 신호 교차로에서는 대략 500-600m 전방에서부터 신호 교차로가 있다는 것을 알 수 있거나 또 알 수 있도록 해야 하므로(신호 교차로의 인지거리) 1초라는 시간은 단지 신호 등화를 보고 반응하는 시간으로 매우 짧고, 비신호 교차로에 접근할 때는 신호 교차로 여부, 양보 또는 정지표지 통제 여부를 확인해야 하는 시간이 있으므로 1초보다 긴 2초를 사용하고, 연속 교통류 시설에서는 운전자가 주행중에 갑자기 정지해야 할 어떤 요인이 전방에 있을 것이라고 예상하며 운전하는 경우가 없으며 또 그렇게 도로를 설계해서는 안 되므로 더 긴 시간이 필요하다.

#### 4. 교차로 내의 시거

교차로에서는 사고 방지를 위하여 시거를 충분히 확보하는 것이 매우 중요하다. 교차로 및 그 부근에서 시거 확보를 방해하는 것으로는 식재, 가로수, 도로 점용물, 도로 부속시설 등이 있다. 시거를 충분히 확보하지 못하면 대형 차량, 보행자, 신호 등 및 표지가 잘 보이지 않아 교통사고 발생의 원인이 된다. 특히 교차로는 여러 방향의 차량들이 접근하는 곳으로 충돌없이 교차로를 통과하기 위해서는 모든 차량의 운전자가 타 차량의 위치 및 속도를 파악 할 수 있도록 충분한 시거가 확보되어야 한다. 즉, <그림 2-3>에서와 같이 삼각형 ABC 안에는 장애물이 없어야 한다. 하지만 현행 중앙버스 전용차로의 교차로에서는 <그림 1-1>, <그림 1-2>에서 보는 바와 같이 버스가 장애물이 되어 충분한 시거를 확보하지 못하는 실정이다.



<그림 2-3> 시거 삼각형

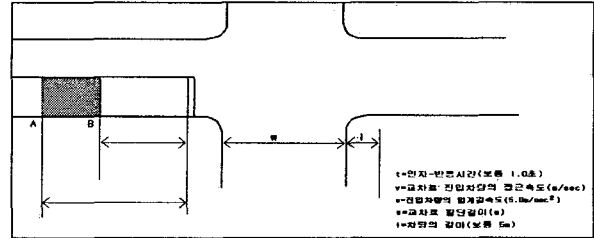
#### 5. 딜레마 구간

딜레마 구간이란 황색 신호가 시작되는 것을 보았으나 임계 감속도로 인하여 정지선에 정지하기가 불가능하여 계속 진행 할 때 황색 신호 이내에 교차로를 완전히 통과하지 못하게 되는 구간을 말한다. <그림 2-4>에서 어두운 부분 AB구간이 딜레마 구간이다.<sup>4)</sup>

딜레마 구간 시작점(A) : 정지선에서부터 후방으로 ;

$$(t + \frac{v}{2a}) * v$$

딜레마 구간 끝점(B) : 정지선에서부터 후방으로 ;  
(실제 황색시간)\*v - (w+l)



<그림 2-4> 딜레마 구간

#### 6. 좌회전 신호 순서

신호기의 신호 순서는 도로교통법에서 규정하고 있다. 동법 시행규칙 제6조 제2항, 별표 6에 따르면 신호기 4색등의 신호 순서는 '적색 및 녹색화살표 등화 → 황색등화 → 녹색등화 → 황색등화 → 적색등화의 순서로 한다.'라고 규정되어 있다. 즉, 우리나라의 좌회전 신호는 원칙적으로 선행 좌회전이다. 그러나, 1997.12.6. 도로교통법 시행규칙을 개정하면서 '교차로와 교통 여건상 특별히 필요하다고 인정되는 장소는 신호의 순서를 달리하거나 녹색화살표 및 녹색등화를 동시에 표시할 수 있다.'라고 예외 규정을 두어 교통 변화에 탄력적으로 대응토록 하고 있다.

#### 7. 중앙버스 전용차로(강남대로)의 교차로 좌회전 현황

앞에서도 언급한 바와 같이 중앙버스전용차로제에서는 교차로 좌회전을 허용치 않는 것이 효율적이나, 불허용시 지역 주민들의 반발, 우회로 확보의 어려움 등으로 기존 교차로 좌회전을 대부분 허용하고 있는 실정이다.

<표 2-1>은 2004.7.1.부터 중앙전용차로를 시행한 강남대로 교차로 좌회전 현황이다.<sup>5)</sup>

<표 2-1> 강남대로 좌회전 허용 교차로(9개소)

순번	교차로명	순번	교차로명
1	신사역	6	뽕뽕R
2	논현역	7	양재역
3	교보타워4거리	8	교육개발원입구
4	강남역	9	영동1교
5	우성APT		

### III. 버스 정지선 후퇴 길이 산정 방법론 정립

#### 1. 교차로 좌회전의 문제점

현행 중앙버스전용차로제의 교차로에서는 기존에 좌회전을 허용하는 곳이면 모두 좌회전을 허용하고 있는 실정이다. 좌회

4) 도철웅, 교통공학원론, 청문각, 2004, p.440

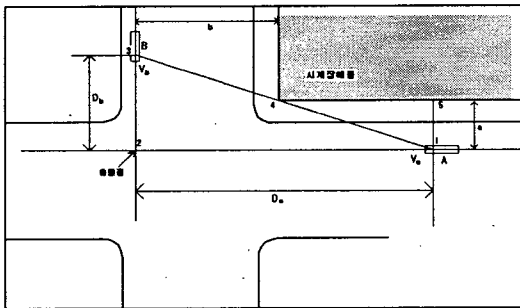
5) 서울지방경찰청 교통관리과 신호운영실 자료

전 차량들은 기존 2차로에서 좌회전을 하여 중앙차로에 정지한 버스로 인해 시야가 가릴 뿐 아니라, 대향 차로와 부도로에서도 시거 확보가 되지 않아 문제가 있다.(<그림 1-1>, <그림 1-2> 참조) 시거 확보를 위한 방안으로 중앙차로의 교차로에 고가도로 설치, 지하도 설치, 버스 정지선 후퇴 등을 고려해 볼 수 있으나, 가장 현실적인 방안은 버스 정지선 후퇴이다.6)

## 2. 버스 정지선 후퇴를 위한 방법론 정립

### 1) 교차로 시거 산정 방법

<그림 3-1>은 교차로에 교차하는 차량의 시계에 장애가 없는 시거 삼각형을 나타낸다. 이 삼각형 안에는 어떤 장애물도 있어서는 안 된다. 그림에서 Da, Db의 길이는 삼각형의 닦은꼴을 이용한다.



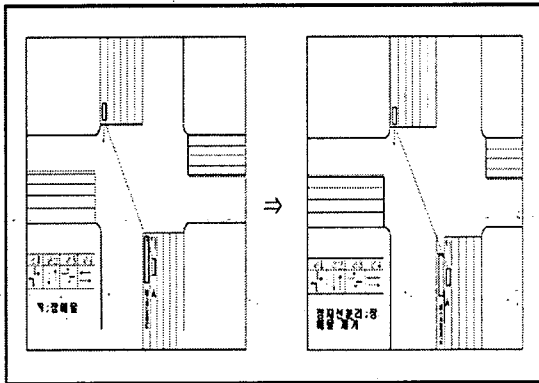
<그림 3-1> 시거 산정 방법

삼각형 1,2,3과 삼각형 4,5,1은 닦은꼴이므로,

$$\frac{Db}{Da} = \frac{a}{Da - b}, \quad Db = \frac{a Da}{Da - b}$$

### 2) 인지·반응 시간을 고려한 버스 정지선 후퇴 방법

중앙버스전용차로제 운영시 좌회전 차로의 대향 하위 차로에서 대기하는 차량은 정지해 있는 버스로 인해 좌회전 교통량을 정확히 알지 못한다.(<그림 3-2> 참조)



<그림 3-2> 버스 정지선 후퇴로 인한 시거 확보

6) 일반 차량 정지선을 앞으로 이동시키는 것도 고려해 볼 수 있으나, 부도로 폭이 좁아지는 문제 등이 있다.

대향 하위 차로의 대기 차량이 좌회전 차량을 최소 몇 대나 보아야 안전인가(즉, 정지선에서 얼마만큼 떨어져 있는 차량을 보아야 하는지)를 운전자 인지·반응 시간을 고려하여 밝히고, 이를 이용하여 버스 정지선 후퇴 길이를 산정한다.

<그림 3-2>에서와 같이 중앙차로 대향 하위 직진 대기 차량이 A차로에서 교차로로 접근하는 차량이 감속하는지 혹은 그대로 진행하는지 판단하는 데 걸리는 시간은 신호 교차로에서의 운전자 인지·반응 시간(1초)으로 한다.

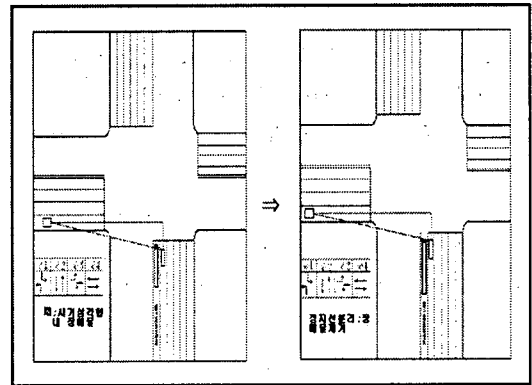
여기서 대향 하위 차로 대기 차량이 A차로의 정지선에서 최소 얼마나 떨어진 차량을 보아야 하는지 그 거리를 S라 하고 A차로에서 교차로로 접근하는 차량의 속도를 V라 하면,

$$S = 1 * V$$

정지선에서 S만큼 떨어진 차량을 보기 위해 버스 정지선이 기존 정지선에서 얼마나 후퇴 하여야 하는지를 교차로의 시거 산정 방법을 이용하여 구한다.

### 3) 시거 삼각형을 고려한 버스 정지선 후퇴 방법

교차하는 도로의 충돌을 피하기 위해서는 주도로와 부도로 간의 시거 삼각형에 장애물이 없어야 한다.(<그림 3-3> 참조)



<그림 3-3> 버스 정지선 후퇴로 인한 교차로 내의 시거 확보

교차로에서 좌회전 차량의 이동 거리(S)는 좌회전 반경을 r 이라고 할 때 다음과 같다.

$$\text{즉, } S = 2\pi r / 4 \quad (r \text{는 좌회전 반경}) \quad (1)$$

또한 좌회전 차로에서 정지했던 차량(초기속도 Vb0)이 좌회전을 마치는 데 이동한 거리(S)는,

$$S = Vb0 * t + \frac{1}{2} * a * t^2 \quad (a \text{는 가속도, } t \text{는 이동시간}) \quad (2)$$

식 (1),(2)을 이용하여 가속도 a를 구하고, 인지·반응시간과 속도조절 시간 동안 이동한 거리를 구하면 이를 이용하여 버스 정지선 후퇴 길이를 산정할 수 있다.

### 4) 딜레마 구간과 좌회전 현시 순서 변경을 고려한 버스 정지선 후퇴 길이 산정 idea

- (1) 버스 정지선과 기존 정지선과의 이격 거리는 짧을수록 좋다. 버스 정지선을 후퇴 시키면 버스의 교차로 횡단폭이 그만큼 길어져 교차로 통과 시간이 많아지는 데 이를 최소화 시키기 위하여 후퇴 길이는 최소화 하도록 한다.
- (2) 각 접근로에서는 직전 이동류의 딜레마 구간을 볼 수 있어야 한다. 딜레마 구간은 교차로 접근 차량이 황색 신호가 켜질 때 정지선 앞에 정지하기 어렵고, 신호 시간내에 교차로를 통과하기도 어려운 곳으로 사고 발생 요인이 되는 구간이다. 따라서, 교차로 접근로의 모든 차량들은 직전 이동류의 딜레마 구간을 볼 수 있어야 한다.

#### IV. 버스 정지선 후퇴 기준에 따른 현장 적용

##### 1. 대상 교차로 선정 및 기본 조건

III장에서 방법론을 실제 현장에 적용키 위하여 대상 교차로를 강남대로의 좌회전 교차로 중 강남역 사거리를 임의로 선정 하였다. 이 곳은 2004.7.1. 중앙버스 전용차로제를 처음 운영시 좌회전을 주면서 버스 정지선을 후퇴 시키지 않았으나, 현재는 약 6m를 후퇴 시켰다.

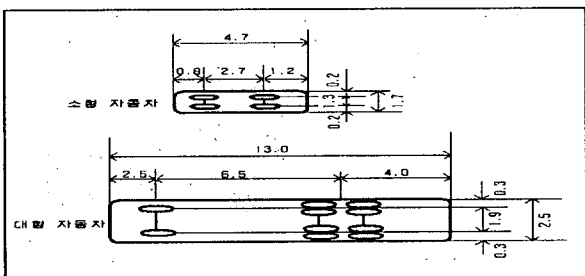
버스 정지선 후퇴 길이를 산정하기 위하여 기본적으로 주어져야 하는 조건들은 일반 차량의 교차로 접근 속도, 회전 반경, 대상 차량의 제원 등이 있다. 각각을 살펴 보기로 한다.

##### 1) 일반 차량의 교차로 접근 속도

<표 4-1>은 2005. 6. 23. 서울시에서 발표한<sup>7)</sup> 중앙버스전용차로 구간의 속도이다.

<표 4-1> 중앙버스전용차로구간 속도비교(오전 첨두시)  
(단위 : km/h)

구 분	시행전 속도('04.6)		시행후 속도('04.12)		개선율(%)	
	승용차	버스	승용차	버스	승용차	버스
도봉·미아로	18.5	11.0	21.6	22.0	16.8	100.0
수색·성산로	20.3	13.1	22.3	21.5	9.9	64.1
강남대로	18.0	13.0	18.6	17.3	3.3	33.1



<그림 4-3> 대상 차량의 제원

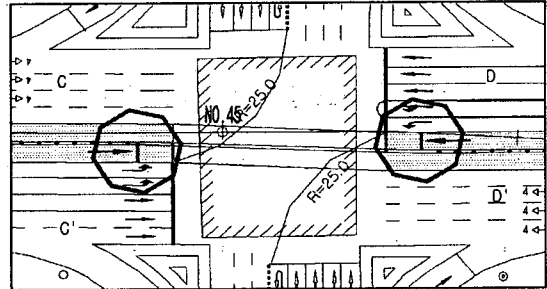
본 연구에서 일반 차량(승용차)의 교차로 접근 속도를 위 표와 같이 사용하면 현실성이 떨어져 현장에서 직접 측정한다

7) 서울시 홈페이지(www.seoul.go.kr), '대중교통개혁 1년간 회고와 향후계획', 교통국

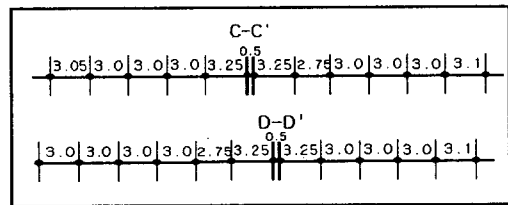
값<sup>8)</sup>(40km/h)을 사용하기로 한다.

##### 2) 교차로 기하구조 및 회전 반경

대상 교차로의 차로 수, 차로 폭, 회전 반경 등은 <그림 4-1>, <그림 4-2>와 같다.



<그림 4-1> 강남역 교차로 차로수, 회전 반경



<그림 4-2> 강남역 교차로 차로폭(버스전용차로)

##### 3) 대상 차량의 제원

본 연구에서의 대상 차량은 중앙차로를 통행하는 버스의 일반 차량은 건설교통부에서 제정한 '도로의 구조·시설기준에 관한 규칙'에서 제시하는 설계 기준 자동차 중 소형 자동차로 하고, 버스는 대형 자동차로 한다. 그 제원은 <그림 4-3>과 같다.

본 연구에서 제시하고자 하는 버스 정지선 후퇴 길이를 산정하기 위해서는 차량 내의 운전자 위치를 알아야 한다. 이진각(2000)은 시거 산정을 위한 차량내 운전자 위치 값으로 설계 기준 차량별로 <표 4-2>와 같이 제시하고 있다. 본 연구에서는 이 값을 사용하기로 한다.

<표 4-2> 설계 기준 차량별 차량내 운전자 위치

설계기준 차량 \ 설정값	차량 우측 끝단-운전자 눈위치	차량길이	차량 앞범퍼-운전자 눈위치
소형 자동차	1.3	4.7	2.35
대형 자동차	1.85	13.0	1.20
세미 트레일러	1.85	16.7	1.15

8) 대상 교차로에 대한 접근 속도 자료가 없어 강남역 사거리를 대상으로 신사역에서 양재역 방향으로 진행하는 직진 대기 8번째 차량의 교차로 통과 시간(정지선에서 다음 정지선까지)을 20회에 걸쳐 측정하였다.(측정 일시:2005. 9.16. 10:00-12:00, 맑음) 각각의 값은 4.30, 4.08, 3.55, 3.46, 3.64, 4.41, 4.40, 4.75, 4.54, 3.94, 3.76, 3.73, 4.51, 4.57, 4.09, 5.42, 3.38, 3.32, 4.13, 4.42이고, 정지선 간 거리는 45m이다. 평균 속도를 계산하면 39.3km/h가 된다.

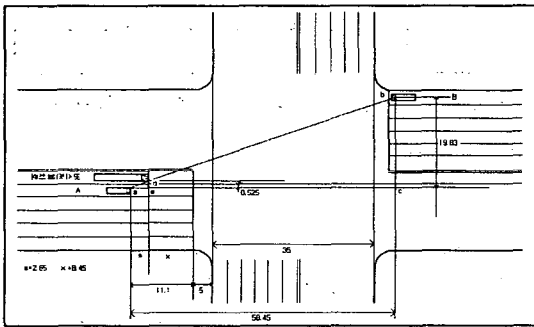
4) 기타 가정

- 대상 교차로의 교차각은 직각이다.
- 정지선과 차량의 앞범퍼는 일치한다.
- 모든 차량은 차로의 중심에 위치한다.
- 버스 정지선의 후퇴 길이는 대형 자동차의 전장(13m) 이 내이어야 한다.<sup>9)</sup>

2. 강남역 사거리 버스 정지선 후퇴 길이 산정

1) 인지·반응 시간을 고려한 버스 정지선 후퇴 길이 산정

좌회전 차로와 대향 하위 차로 차량이 좌회전 차량을 최소 몇 대나 보아야 하는지를 인지·반응시간(1초)을 이용하여 구한다고 정립 하였다. 교차로 접근 차량의 속도(V)를 40km/h라고 하면 대향 하위 차로의 차량은 정지선에서 최소 11.1m 떨어진 차량을 보아야 한다. 이에 따라 삼각형 abc와 삼각형 ade의 닮은 비를 이용하여 버스 정지선 후퇴 길이를 산출하면 8.45m가 된다.<sup>10)</sup> (<그림 4-4> 참조)



<그림 4-4> 인지·반응 시간을 고려한 버스정지선 후퇴 길이 산정

2) 시거 삼각형을 고려한 버스 정지선 후퇴 길이 산정

<그림 4-5>와 같은 교차로에서 차로 E에서 직진하는 차량의 속도를  $V_e$ , 차로 B에서 좌회전하려는 차량의 초기 속도  $V_{b0} = 0$ , 차로 B에서 차로 D에 진입하는 데 걸리는 시간을  $t$ 라 하고,

교차로의 좌회전 반경을  $r$ , 차량의 가속도를  $a$ , 인지·반응 시간 2초<sup>12)</sup>, 속도조절 시간 1초, 총 3초라고 하면 차로 B에서 차로 D로 진입한 거리 S는 다음과 같다.

$$S = V_{b0} * t + \frac{1}{2} * a * t^2$$

이 때 S는 호의 길이(1)와 같다

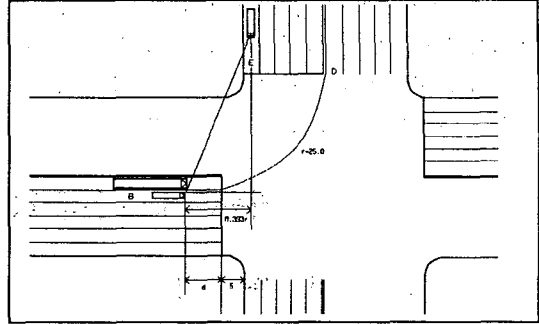
$$l = \frac{2\pi r}{4}, \frac{2\pi r}{4} = \frac{1}{2} * a * t^2,$$

$a$ 는  $0.0873r(m/s^2)$ 이 된다.

이 가속도  $a$ 로 3초간 진행한 거리 S를 계산 하면

$$S = 0.393r(m)$$

이를 강남역 사거리에 적용하면 버스 정지선 후퇴 길이는 4.83m가 된다.(<그림 4-5> 참조)

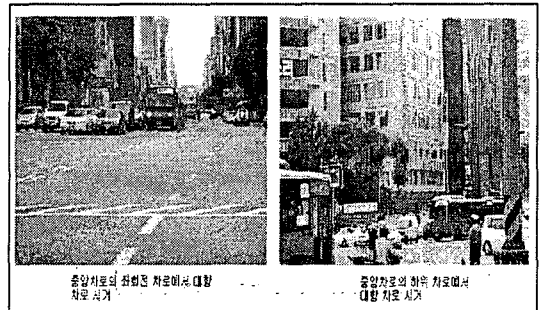


<그림 4-5> 시거 삼각형을 이용한 버스 정지선 후퇴 길이 산정

3) 딜레마 구간과 좌회전 현시 순서 변경을 고려한 버스 정지선 후퇴 길이 산정

(1) 후행 좌회전을 고려한 버스 정지선 후퇴 길이 산정

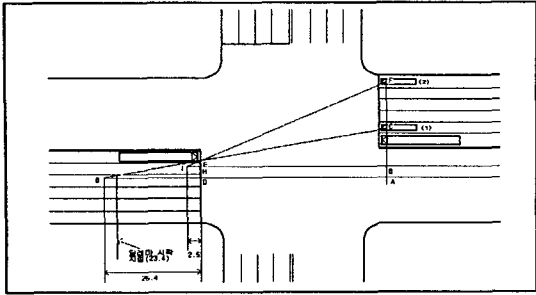
대상 교차로에서 중앙버스전용차로제 운영시 교차로의 주도로13)에서 좌회전 대기 차량<sup>14)</sup>과 직진 대기 차량<sup>15)</sup>이 대향 차로 딜레마 구간을 볼 수 있는지를 검토해 보았을 때 좌회전 대기 차량은 대향 차로의 25.4m까지, 직진 대기 차량은 2.5m까지 볼 수 있다.<sup>16)</sup> 차량의 교차로 접근 속도가 11.1m/s 일 때 딜레마 구간은 23.4m이다. 따라서, 좌회전 대기 차량은 대향 차로의 딜레마 구간을 전부 볼 수 있으나 직진 대기 차량은 딜레마 구간을 볼 수 없다. <그림 4-7>에서 (2)차량은 대향 좌회전 차로의 딜레마 구간을 볼 수 없다. 따라서, 주도로에서 정지한 차량들이 처음 출발할 때에는 직진 차량이 먼저 출발하는 것이 안전하다. 즉, 후행 좌회전을 운영하는 것이 타당하다고 볼 수 있다.



<그림 4-6> 좌회전 차로와 하위 차로에서의 대향 차로 시거

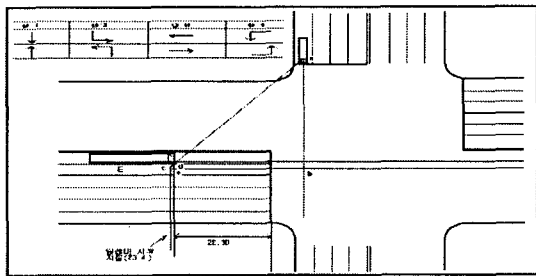
9) 일반 차량 정지선과 버스 정지선과의 거리가 13m 이상이 되면 버스 1대가 들어갈 수 있어 정지선 준수를 기대하기가 어렵다.  
 10) 현행 후퇴 길이 6m에서는 인지·반응 시간으로 1초를 확보치 못하고, 0.78초를 확보한다.  
 11) 본 연구에서는 좌회전 차로에서 좌회전을 마치는 데 걸리는 시간을 포화교통류 일 때 반경 25m인 경우 6초를 사용한다.  
 12) 인지·반응 시간을 1초로 하면 후퇴치 않아도 되나 안전을 위하여 2초를 사용키로 한다.

13) 중앙버스전용차로가 설치된 도로.  
 14) 좌회전 대기 차량 중 맨 앞 차량을 말한다. 이하 같다.  
 15) 직진 대기 차량 중 맨 앞 차량을 말한다. 이하 같다.  
 16) <그림 4-7>에서 삼각형 ABC와 삼각형 DBE의 닮은꼴, 삼각형 GIF와 삼각형 HIE의 닮은꼴을 이용하여 구한다.



<그림 4-7> 좌회전 차로와 직진 차로에서의 대향 차로 딜레마 구간 시거 확보 여부

하지만, 후행 좌회전을 운영시 부도로와의 관계를 고려해야 한다. 주도로의 좌회전 후 부도로에서는 직진 신호가 켜진다.(<그림 4-8>, Ø2→Ø3) 이 때, 부도로의 하위 직진 차량이 주도로의 딜레마 구간을 볼 수 있어야 한다. 삼각형 abc와 삼각형 dec의 닳은꼴을 이용하여 버스 정지선 후퇴 길이를 구하면 22.39m가 된다. ⇒대안 I

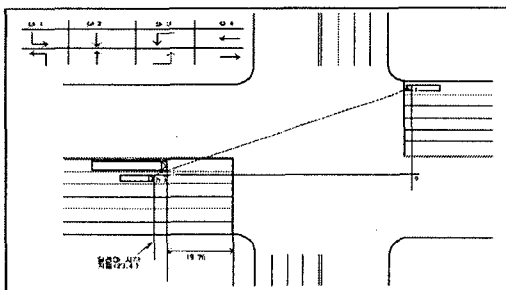


<그림 4-8> 후행 좌회전시 버스 정지선 후퇴 길이

**(2) 선행 좌회전을 고려한 버스 정지선 후퇴 길이 산정**

선행 좌회전시 주도로의 직진 대기 차량이 대향 좌회전 차로의 딜레마 구간을 보기 위해서는 버스 정지선을 얼마나 후퇴 시켜야 하는지 밝혀 보기로 한다.

<그림 4-9>에서 삼각형 fgh와 삼각형 ijh의 닳은꼴을 이용하여 버스 정지선 후퇴 길이를 구하면 19.76m가 된다. ⇒대안 II



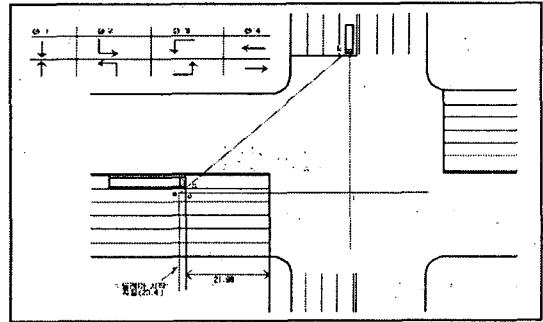
<그림 4-9> 선행 좌회전시 버스 정지선 후퇴 길이

**(3) 주도로 후행 좌회전, 부도로 선행 좌회전시 버스 정지선 후퇴 길이 산정**

주도로만을 고려하면 후행 좌회전시 버스 정지선을 후퇴 시키지 않아도 되므로 주도로는 후행 좌회전, 부도로에는 선행

좌회전을 적용해 본다.(<그림 4-10>)

이 때에는 부도로에서의 좌회전 대기 차량이 주도로의 좌회전 차로 딜레마 구간을 보아야만 한다. 삼각형 klm과 삼각형 nom의 닳은꼴을 이용하여 이를 만족하는 값을 구하면 21.98m가 된다. ⇒대안 III



<그림 4-10> 선행·후행 좌회전시 버스 정지선 후퇴 길이

**(4) 대안별 비교**

각 대안을 비교하면 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> 대안별 비교

	대안 I	대안 II	대안 III
좌회전 신호 순서	후행 좌회전	선행 좌회전	주도로(전용차로): 후행 부도로: 선행
버스 정지선 후퇴 길이	22.39m	19.76m	21.98m
대향차로 딜레마 구간 가시 여부	○	○	○

각 대안은 직진 이동류의 딜레마 구간을 볼 수 있어야 한다는 idea III.2.4.(2)를 만족하고 있다. 이 중 버스 정지선 이격 거리가 짧아야 한다는 idea III.2.4.(1)을 만족하는 대안은 II이나, 후퇴 길이가 13m를 넘지 않아야 한다는 기본 가정을 만족시키지 못하고 있어 채택이 어렵다. 다만, 중앙버스전용차로제 운영시 신호체계는 선행 좌회전을 유지하는 것이 바람직하다는 것을 보여 준다.

**3. 결과 요약**

- 1) 대향 차로에서의 인지·반응 시간(1초)를 이용한 버스 정지선 후퇴 길이는 8.45m,
- 2) 교차로 내 시거 삼각형을 이용한 버스 정지선 후퇴 길이는 4.83m,
- 3) 좌회전 현시 순서 변경과 딜레마 구간을 고려한 후퇴 길이는 19.76m(선행 좌회전)

이 중 후퇴 상한선인 13m를 충족하고, 1),2),3)을 만족하는 후퇴 길이는 8.45m이고, 좌회전 현시 순서는 선행 좌회전이다.

## V. 결론

본 연구에서는 중앙버스전용차로의 교차로 좌회전 허용시 좌회전 차로와 대향 하위 차로, 부도로에서의 시거 확보를 위한 방안으로 버스 정지선 후퇴를 제시하였고, 구체적인 방법으로 인지·반응시간, 시거 삼각형, 딜레마 구간, 좌회전 현시 순서 변경 등을 이용하여 후퇴 길이를 산정 하였다. 본 연구에서 제시한 방안이 중앙버스전용차로제를 운영하는 교차로에 실제 적용 되어 보다 안전한 소통이 되기를 바란다.

## 참고문헌

1. 도철웅, 교통공학원론, 청문각, 2004
2. 경찰청, 교통안전시설설치무편람, 2000
3. 건설교통부, 도로용량편람, 대학교통학회, 2001
4. 건설교통부, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000
5. 이진각, 운전자 시야를 고려한 차종별 사각 교차로의 시거 산정방법 연구, 명지대 석사학위 논문, 2000.12.
6. 서영욱, 도심지역 가로변 버스전용차로 설치기준 설정방안 연구, 서울시립대학교 석사학위 논문, 2003.
7. 박종욱, 교차로 교통사고 감소방안에 관한 연구, 홍익대 석사학위 논문, 2004.2.
8. 김균조, 중앙버스전용차로제 실시에 따른 신호운영 방안 연구, 서울시립대 석사학위 논문, 2004.6.
9. 김민석, 버스전용차로의 합리적 시행기준에 관한 연구, 경일대 석사학위논문, 2004.2.
10. 서울시 도심교통개발실, '2004 중앙버스전용차로 설치 계획', 2004.4.
11. American Association of State Highway and Transportation Officials, "A Policy on Geometric Design of Highway and Streets", Washington. D.C. 1994.
12. Traffic Control Devices Handbook, ITE, 2001
13. H.Douglas Robertson, "Manual of Transportation Engineering Studies", Institute of Transportation Engineers