

중앙버스전용차로에서의 효과적인 좌회전 처리 방안에 관한 연구

A Study of Effective Left Turn Operation
on Median Exclusive Bus Lanes

김도훈
(인천대학교,
토목환경시스템공학과,
석사과정,
dhkim1120@incheon.ac.kr)

조한선
(한국교통연구원,
도로교통연구실,
책임연구원,
h-cho@koti.re.kr)

김응철
(인천대학교,
토목환경시스템공학과,
조교수,
eckim@incheon.ac.kr)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위 및 방법
 - II. 문헌고찰
 - 1. 기존 연구 고찰
 - 2. 좌회전 교통류의 이론적 고찰
 - III. 현장조사 및 효과측도
 - IV. 시뮬레이션 및 결과분석
 - 1. 뱅뱅사거리에서의 P-Turn 시행시의 효과 분석
 - 2. P-Turn 시행을 위한 정량적 기준 정립
 - V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

교차로에서의 좌회전 이동류의 제어는 도로 기하구조 조건, 교통상황 등에 따라 달라지는데 서울시의 가로망은 양방향 6차로 이상의 간선 도로 위주로 구성되어 있으며, 각 링크에는 필요이상의 접근로가 허용되고 있다. 이러한 가로망 체계는 교통운영 측면에서 상당한 애로사항으로 작용하여, 교차로 신호계획시 보행자의 안전한 도로횡단을 위해 각 현시별 최소녹색시간의 증가와 교차로마다 많은 교통량을 처리하기 위해 좌회전 현시와 긴 현시시간을 요구하며,

단일로상에서도 가로변 인접지구와의 접근성 허용은 교차로 전체의 용량감소를 가져와 교통 혼잡도를 증가시키는 요인의 하나가 되고 있다. 서울시는 수도권지역 승용차의 급격한 증가와 함께 시계 유출입 통행량의 증대로 인한 교통 정체 및 버스정시성의 저하 등 날로 어려워지고 있는 교통문제해소를 위해 버스중심의 대중교통활성화의 중요성을 인식하고 중앙버스 전용차로제를 도입하였다. 그러나 서울시의 주요 간선도로는 과포화상태에 이르러 용량의 한계 문제를 야기하고 있는 실정이다. 특히 주요간선 도로와 연계된 교차로의 교통혼잡은 도시교통 흐름의 와해와 정체의 주된 원인이 되고 있다. 최근들어 이러한 문제점들의 해결방안으로 교

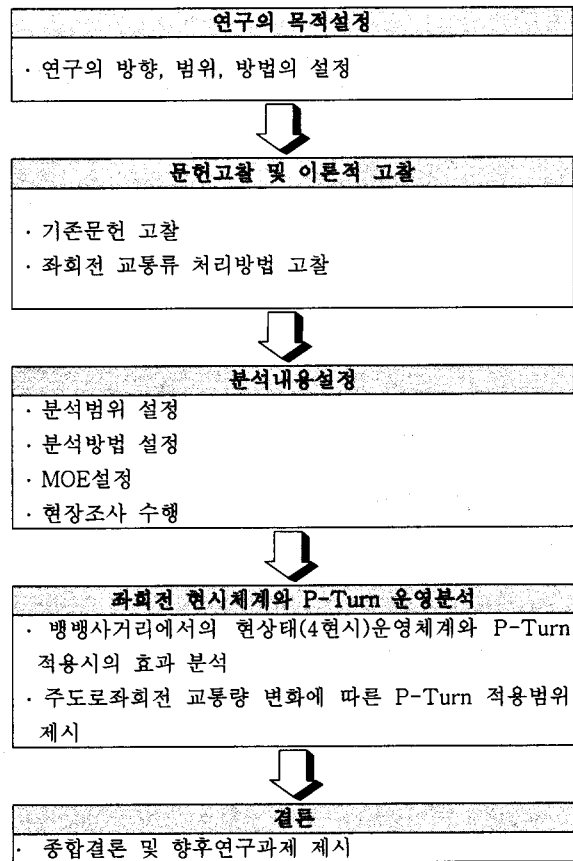
차로에서의 좌회전을 금지시키고 P-Turn, L-Turn 등의 기법으로 주도로의 좌회전을 우회 시킴으로서 직진 현시율을 높여, 교차로에서의 교통혼잡을 완화시키려는 시도가 중앙버스전용 차로가 설치되어 있는 서울시 및 고양시를 중심으로 확산되고 있다.

따라서 본 연구는 서울시의 좌회전 교통류 관리상의 운영적 측면에서의 문제점을 분석하여 교차로에서 P-Turn 기법을 적용하여 좌회전 교통류를 효율적으로 처리할 수 있는 방안을 제시함으로써 도로용량 증대를 유도하고 교통 혼잡을 완화시키는 것을 목적으로 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구 수행을 위해 뱅뱅사거리의 현장조사를 통해 도로 및 교통조건에 관련된 변수를 수집하였으며, 좌회전 교통류 처리상의 교차로 운영적 측면에서의 문제점을 분석하여 좌회전 교통류를 효율적으로 처리할 수 있는 방안으로 P-Turn 기법을 적용함으로써 도로용량 증대 및 버스의 정시성을 유도하고 P-Turn 기법 적용을 위한 정량적 기준을 제시하고자 한다. 뱅뱅사거리의 현장자료를 바탕으로 P-Turn 운영 및 평가가 가능한 미시적 시뮬레이터인 VIS-SIM을 통해 효과분석을 실시하였다.

P-Turn 운영의 효율성 평가는 중앙버스전용 차로에서의 교차로 총지체도를 효과적으로 분석하여 좌회전 교통량에 따른 P-Turn 운영의 적용범위를 도출하는 과정으로 진행되며, 본 연구의 흐름도는 <그림1>와 같다.



<그림1> 연구 흐름도

II. 문헌고찰

1. 기존 연구 고찰

교차로에서 좌회전처리에 따른 원인분석 및 개선사항을 제시한 연구가 다양하게 수행되고 있다.

변상철 등(2002)의 연구에서는 단독교차로 및 교통축에서의 좌회전 금지에 따른 효율성을 평가하고, 좌회전 금지에 대한 의사결정시 고려되어야 할 요소들과 관련 모형들을 제시하였고, 그 결과 좌회전 금지는 단독교차로일 경우 신호주기를 평균 33초, 차량당 지체시간을 36초 감소시키며 교통축의 경우 신호현시를 평균 31초, 차량당 지체시간을 43초 감소시키는 것으로 나타났으며, 또한 박용진 등(2000)의 연구에서는 주도로가 5차선인 간선도로에서 좌회전 이동류 처리를 위한 효율적인 U-Turn 운영방안을 제시하기 위해서 보행자 횡단보도가 없는 경우 간선도로상에 위치한 인접교차로 U-Turn 전용 차선에서 U-Turn을 허용하는 대안과 보행자 횡단보도가 있는 경우 보행자 횡단보도 앞

U-Turn 전용차선에서 U-Turn을 허용하는 대안에 대하여 분석한 결과 좌회전 이동류가 인접교차로에서 U-Turn을 하는 경우에는 주도로 좌회전 교통량이 400대/시까지는 U-Turn을 이용하는 것이 효율적으로 분석되었으며, 좌회전 교통량이 400대/시 이상에서는 주도로와 부도로의 좌회전 교통량과 주도로의 직진 교통량 변수들과의 조합으로 U-Turn운영방의 기준을 제시하였으며, 보행자 횡단보도가 있어 주도로 혹은 부도로의 좌회전 이동류가 보행자 횡단보도에서 전용 U-Turn차선을 이용하여 U-Turn하는 방안은 기존의 방식보다 효율적인 것으로 규명하였으며, 김정래(1998)는 교통섬을 이용한 P-Turn체계운영방안을 제시하기 위해 기존의 4현시체계를 비보호 P-Turn, 보호 P-Turn 체계로 구분하고, 교차로 운영방법별 분석결과에서 지체시간을 이용한 P-Turn운영의 효율성을 비교하였으며, 교통섬 크기에 따른 차량대기공간길이에 대한 민감도 분석을 실시하여 P-Turn 운영의 적용 범위를 제시하였다. 그 결과 직진교통량이 1,500~2,000대/시인 경우 직진대 좌회전 차로운영을 3:2로 하고 비보호 P-Turn을 적용하는 것이 효과적이며, 교통섬 크기변화에 따른 민감도 분석결과 P-Turn 체계 운영이 기존 4현시 체계운영에 비해 5%~70%의 효율이 있는 것으로 나타났다. 또한 도로교통안전협회(1993)는 좌회전 금지전의 좌회전 이동류의 지체와 금지후의 우회 이동류의 평균정지지체의 차이를 좌회전금지 교차로 총 진입교통량, 우회교통량, 인접교차로 총 진입교통량과 인접교차로 좌회전 교통량의 교통변수들의 다중회귀분석을 통하여 도출된 모형에 우회주행에 의한 지체시간요소를 반영하여 좌회전 금지에 따른 최종모형을 도출하였다. 손한철(1996)은 좌회전 금지 전후의 우회 이동류의 평균정지지체뿐만 아니라 각 교차로 전체 평균정지지체 차이 값에 대해 주도로 및 부도로의 좌회전이 허용되는 기준상태(I)와 주도로의 좌회전을 금지하고 인접 보행자횡단보도의 U-Turn 전용차로에서 U-Turn을 하는 안(II), 주도로의 좌회전을 금지하고 인접보행자 횡단보도의 U-Turn 전용차로에서 U-Turn을 하는 안(III), 주도로의 좌회전을 금지하고 인접 교차로의 U-Turn 전용차로에서 U-Turn을 하는 안(IV)

및 좌회전을 허용하는 인접교차로에서 좌회전 차로에서 U-Turn하는 안(V)에 대해서 비교분석에 관한 선행연구들이 진행되었다.

본 연구에서 시행하고자 하는 중앙버스전용차로에서의 좌회전 처리방안으로서의 이면도로를 활용한 P-Turn 체계의 적용과 관련된 선행연구를 살펴본 결과, 대부분의 좌회전 금지에 대한 방편으로 U-Turn에 관련된 연구는 활발히 수행되고 있으나 이면도로를 적용한 P-Turn 시행에 관련된 연구는 활발하지 않은 것으로 판단된다.

2. 좌회전 교통류 처리방법

교차로는 접근로별 또는 방향별 교통류로 인해 많은 상충이 발생하는 지점으로서 도시부 도로나 지방부 도로의 서비스 수준에 결정적 영향을 미친다. 다음은 교차로에서 교통혼잡을 일으키는 경우는 다음과 같다.

- 접근로 전체의 교통량이 많은 경우
- 좌회전 교통량이 많아 좌회전 차로상 대기공간이 부족하여 직진차로까지 좌회전 대기행렬이 연장되어 직진신호시 직진차량의 진행을 방해
- 직진차량이 많아 좌회전 또는 우회전 차량의 진행을 방해
- 직진·우회전 공용차로상에서 우회전 차량이 많아 직진차량의 진행을 방해(횡단보도 신호시 우회전 차량 정지 등)

우리나라에서는 좌회전 금지에 대한 기준은 구체적으로 제시된 내용은 없으며 단지 미국의 예를 소개하고 있다.

- 총 접근교통량 중에서 좌회전 교통량이 전체의 20% 이상일 때
- 교차로 전체 교통량 중에서 좌회전 교통량이 차로 수에 관계없이 하루 15,000대 이상일 때
- 좌회전한 직후 만나는 횡단보도를 이용하는 횡단 보행자의 수가 시간당 2,000명 이상일 때
- 시간당 600대 이상의 차량이 횡단 보행자와 상충되며 보행자의 수가 1,000명 이상일 때
- 좌회전 교통량이 한 주기당 평균 7대 이상

일 때

- 좌회전으로 인한 연간 교통사고 건수가 3건 이상일 때

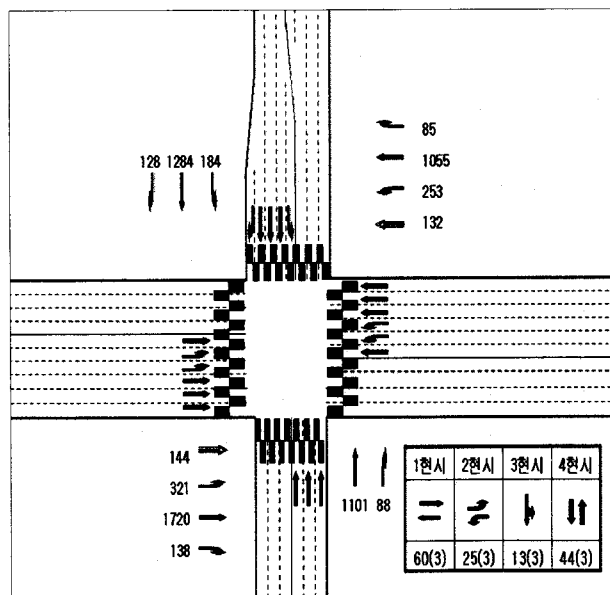
앞에서 제시한 외국의 좌회전 금지기준에 관한 사례를 보면 우리나라의 가로망 구조가 외국의 경우처럼 체계적이고 계획된 격자형 구조보다는 방사형 구조가 많아 일방통행 등의 시행으로 회전교통량 처리를 단순화 할 수 없다. 일반적으로 국내에서 좌회전 교통류를 처리하기 위한 대표적인 방법으로는 보호좌회전(protective left-turn), 비보호좌회전(permissive left-turn) 그리고 좌회전금지 등이 사용되고 있다. 좌회전 처리방안 중 우리나라 도심지에서 가장 많이 적용되고 있는 보호좌회전은 좌회전 차선과 좌회전신호가 있어 신호교차로에서의 차량 간의 사고와 상충을 피할 수 있는 반면에 현시수로 인한 손실시간의 증대로 신호교차로에서의 효율성을 저하시키는 요인이 될 수 있다. 비보호좌회전은 좌회전 전용현시가 없어 대향방향의 직진교통류의 차두간격을 이용하여 통과하는 방식으로 대향방향 직진 이동류의 교통량이 포화가 된 상태에서는 좌회전을 할 수 있는 기회가 줄어들어 지체시간이 증가하며, 중앙버스전용차로가 포함되어 있는 4차로 이상의 교통량이 많은 우리나라 도심지에서는 적용되지 못하고 있다. 비보호좌회전은 반대방향의 교통량이 적고 좌회전교통량이 적으며, 차로수가 적은 경우 효율적인 교차로 운영방법이 될 수 있다. 따라서 우리나라에서 가장 능동적이 좌회전 교통류 처리방안은 좌회전 금지이다. 좌회전 금지는 우회교통량 발행으로 인한 좌회전 교통량의 감소, 현시수의 감소로 인한 직진 이동류의 용량증대 및 지체시간 감소, 상충해소로 인한 교통사고 감소 등 교차로의 교통량과 우회 교통처리방법에 따라 효율적일 수 있지만 인접 교차로의 교통량 증대, 통행거리 증가로 인한 경제적인 손실, 교통사고 증대 등 우회교통이 인접교통류에 미치는 영향으로 상반되는 여러 가지 문제점을 발생시킬 수 있다. 그러나 대중 교통활성화의 일환으로서 서울시는 중앙버스전용차로를 도입하여 버스의 속도 개선으로 인한 정시성 확보에 주안점을 두고 있으며, 이는 승용차 이용에 Penalty를 적용하여 버스전용차로

가 포함된 주도로의 교통량을 감소하는데 그 목적이 있다. 따라서 본 연구는 주도로의 좌회전을 금지시키고 좌회전 교통류를 우회시킴으로서 현시수 감소와 직진교통류의 용량 증대를 위한 방안으로 P-Turn 체계를 적용하고자 한다.

III. 현장조사 및 효과척도

1. 현장조사

대상교차로의 선정을 위해 중앙버스전용차로가 존재하며, 현시체계 변화로 인한 극심한 교통혼잡이 해결될 수 없다고 판단되는 사지교차로로 선정하였다. 이러한 기준을 바탕으로 중앙버스전용차로가 있는 강남대로의 뱅뱅사거리를 선정하였으며, 현장조사는 2007년 8월 13일 오전 09:00~10:00에 실시하였다. 또한 교차로 기하구조 및 노면이용현황 자료구축을 위한 현장조사를 수행하였고, 교통량조사는 조사용지에 조사시간대별로 교차로 각 방향 교통량(직진, 좌회전, 우회전, 중앙버스전용차로에서의 버스 교통량)을 15분 단위로 연속해서 조사하였으며, 차종의 구분은 트럭(1.5톤이상), 버스, 승용차(승합차 포함)로 구분하여 입력하였다. 아울러 신호운영현황자료는 현장조사시간대의 현시를 적용하였다. 다음 <그림2>은 뱅뱅사거리의 교통 조건현황을 나타낸 것이다.



<그림2> 뱅뱅사거리 교통조건현황

2. 효과척도

일반적으로 어떤 기법을 시행하여 그 효과를 평가하기 위해서는 그 목적과 목표가 달성되는 정도를 파악 할 수 있는 효과척도를 선택하여 비교한다. 좌회전 금지의 일환으로 P-Turn을 시행하면 현시수의 감소로 인해 주도로의 직진 및 우회전 교통류의 용량이 증대되고 또한 지체시간도 감소되어 주도로에는 효과적이지만 좌회전 교통류의 우회로 인한 통행시간 증대 및 지체시간이 부도로에 전이되어 부도로의 혼잡이 증가되는 것은 당연한 결과이다. 따라서 본 연구의 효과척도로서 교차로의 총지체도를 통해 보호좌회전 적용시와 P-Turn 적용시의 효과 분석을 수행하였다.

3. 시나리오 설정

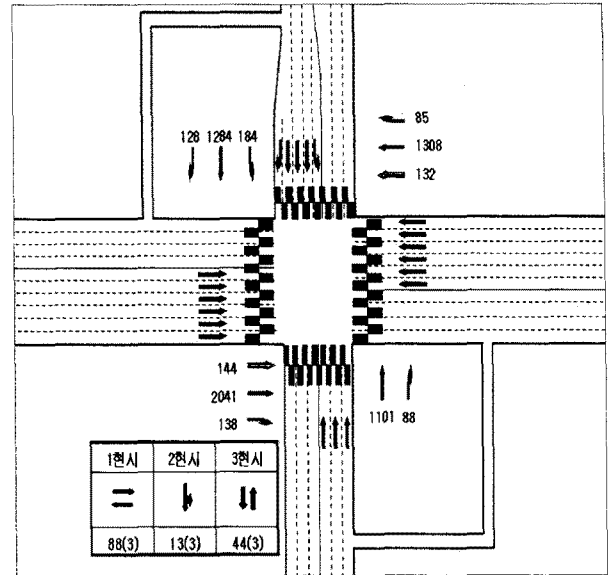
본 연구에서는 보호좌회전 시행시와 P-Turn 시행시의 효과분석을 위해 VISSIM을 이용하여 뱅뱅사거리의 기존의 4현시체계와 P-Turn체계 적용시의 운영방법에 따른 효과를 분석하였으며, P-Turn적용에 있어 기존에 마련되지 않았던 정량적인 기준 제시를 위해 중앙버스전용차로가 설치되어 있는 주도로의 양방향 좌회전 교통량의 범위를 시간당 210대부터 20대씩 증가하여 790대까지 탄력적으로 적용하여 분석하였다. 또한 본 연구의 모형인 VISSIM에서 사용되는 분석변수를 선정하기 위해 도로용량편람에서 제시하고 있는 값을 설정하였으며, <표1>와 같다.

<표1> 시뮬레이션에 적용된 분석변수 값

| 변수 | 적용 값 |
|-----------|--------------|
| 출발손실시간 | 2.3초 |
| 차로당 용량 | 2,200pcphgpl |
| 차량유출 차두시간 | 1.6초 |
| 자유속도 | 60km |

주 : 도로용량편람, 건설교통부, 2001

또한, 주도로의 좌회전 교통량 수준에 따라서 보호좌회전현시와 비교하여 효과 분석을 위한 P-Turn 시행시의 교통조건현황은 다음<그림 3>과 같다.



<그림3> P-Turn 시행시의 교통조건현황

본 연구 수행에 있어 교차로주변의 유출입과 버스 및 주정차에 의한 용량제한 조건은 없는 것으로 가정하여 분석하였다.

IV. 시뮬레이션 및 결과분석

본 분석교차로의 현행 보호좌회전 시행시와 P-Turn에 대한 효과 분석을 위해 교차로 총지체도를 효과척도(MOE)로 사용하였다.

1. 뱅뱅사거리에서의 P-Turn 시행시의 효과분석

좌회전금지시 좌회전 이동류에 대한 효율성은 좌회전 금지 전의 지체시간과 좌회전 금지 후의 우회교통의 지체시간의 차이로서 평가한다. 즉, 회전 이동류 효율성의 경우 그 결과 양수(+)이면 좌회전을 그대로 허용하는 것이 더욱 효과적이며, 음수(-)이면 좌회전을 금지시키는 것이 더욱 효과적이라고 볼 수 있다. 따라서 현재 뱅뱅사거리에서의 보호좌회전 적용시와 P-Turn 적용시의 효율성 분석결과 현행 보호좌회전을 적용하였을 경우 지체시간은 <표2>와 같으며, 뱅뱅사거리의 경우에는 보호좌회전처리 방식 보다 P-Turn을 적용하면 효과적인 것으로 분석되었다.

<표2> 뱅뱅사거리의 총지체도 비교

| 구분 | 교차로 총지체(대·초) |
|-----------|--------------|
| left-turn | 294,406.9 |
| P-Turn | 276,890.7 |
| 효율성 | (-) |

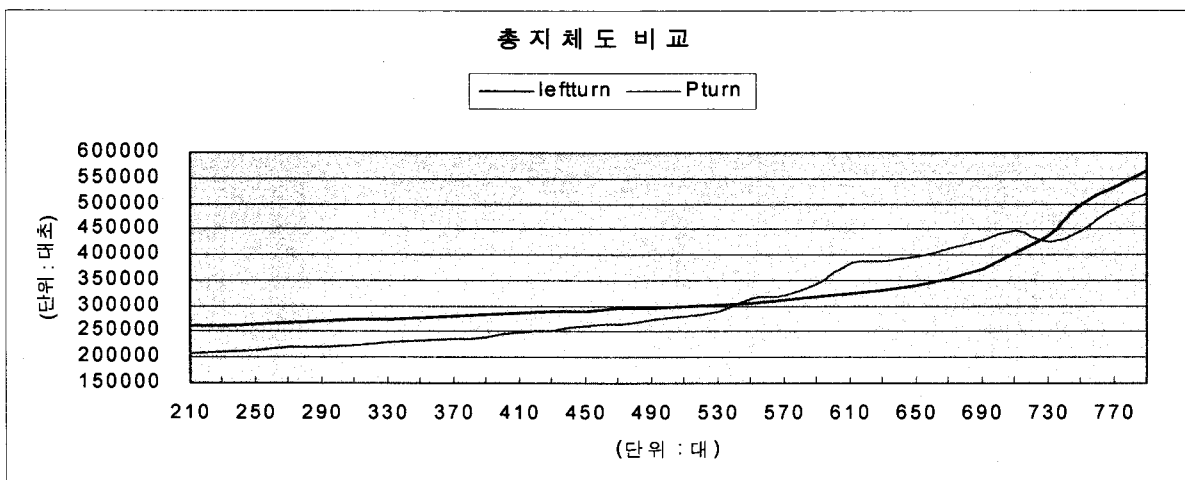
2. P-Turn 시행을 위한 정량적 기준 정립

본 연구는 좌회전 교통류의 우회처리방안을 위해 P-Turn 을 적용한 결과 주도로의 좌회전 교통량이 시간당 530대 이하인 경우는 보호좌회전 처리를 하였을 경우의 총지체도 보다 P-Turn을 적용하였을 경우의 총지체가 낮게 나타났다. 또한 좌회전 교통량이 시간당 550대에서 710대의 범위인 경우는 좌회전 신호를 적용하는 것이 더욱 효율적인 것으로 분석되었다. 이는 좌회전 교통량이 시간당 730대를 초과하는 경우에는 P-턴을 적용하는 것이 교차로 전체에 효과적인 것으로 나타났으나 이는 P-턴에 해당되는 교통량이 시나리오에서의 좌회전 교통량에 해당되므로 좌회전 교통량을 점차 증가시키면 오히려 P-턴을 하려는 차량들에 의한 지체로 인해 교차로에 역효과를 초래하는 결과(Spillback 현상)를 나타내는 것으로 분석되어 시뮬레이션 과정에서 분석시간 내에 통과하지 못하는 차량은 생략되었기 때문에 총지체도 계산에는 포함되지 않은 것으로 분석되었다.

<표3> 좌회전/P-Turn 의 효과분석

| 시나리오 | 구분 총지체(대·초) | | 효율성 |
|------|-------------|---------|-----|
| | LT | PT | |
| 210 | 260,199 | 206,718 | (+) |
| 230 | 262,043 | 210,927 | (+) |
| 250 | 264,370 | 214,221 | (+) |
| 270 | 267,044 | 218,202 | (+) |
| 290 | 269,588 | 221,076 | (+) |
| 310 | 272,415 | 223,911 | (+) |
| 330 | 274,388 | 229,112 | (+) |
| 350 | 276,975 | 232,957 | (+) |
| 370 | 279,631 | 236,435 | (+) |
| 390 | 282,428 | 239,139 | (+) |
| 410 | 285,271 | 248,094 | (+) |
| 430 | 288,157 | 252,274 | (+) |
| 450 | 290,723 | 260,537 | (+) |
| 470 | 294,243 | 265,379 | (+) |
| 490 | 296,745 | 275,057 | (+) |
| 510 | 299,915 | 280,812 | (+) |
| 530 | 303,257 | 290,716 | (+) |
| 550 | 306,492 | 316,005 | (-) |
| 570 | 311,728 | 320,087 | (-) |
| 590 | 316,575 | 344,828 | (-) |
| 610 | 322,893 | 382,964 | (-) |
| 630 | 330,534 | 387,964 | (-) |
| 650 | 341,685 | 398,549 | (-) |
| 670 | 352,311 | 413,597 | (-) |
| 690 | 373,354 | 429,647 | (-) |
| 710 | 402,116 | 447,883 | (-) |
| 730 | 437,588 | 425,000 | (+) |
| 750 | 497,343 | 448,288 | (+) |
| 770 | 534,678 | 491,168 | (+) |
| 790 | 565,914 | 519,716 | (+) |

주 : LT는 Left-Turn, PT는 P-Turn을 말함



<그림4>좌회전 적용시와 P-Turn적용시의 총지체도 비교

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 서울시의 중앙버스전용차로가 설치되어있는 강남대로의 뱅뱅사거리의 좌회전 처리에 대한 교통신호 운영적 측면에 대해 조명하여 개선안을 살펴봄으로서 좌회전 교통류를 보다 과학적으로 접근하여 교통안전과 교통소통 증진을 목적으로 시도되었다. 접근방법으로는 먼저 좌회전을 금지시키고 좌회전 교통류를 우회시키는 방안에 대한 문헌분석을 통해 최근 좌회전 금지 도입의 증가추세에 맞춰 우회를 위한 방법으로 뱅뱅사거리에서 부도로의 이면도로를 이용한 P-Turn 기법 적용시의 사례를 통해 현황분석을 실시하였고, 주도로의 좌회전 교통량에 따른 P-Turn 적용상의 정량적 기준을 제시하였다.

우선, 뱅뱅사거리에서의 좌회전 처리문제를 효율적으로 해결하기 위해 현재 운영 중인 신호현시 및 수집된 교통조건을 적용하였을 경우와 주도로의 좌회전 교통량을 P-Turn으로 우회시켜 총지체도를 분석한 결과 현재의 교통상황에서는 P-Turn을 적용하는 것이 효율적인 것으로 나타났다. 또한 주도로의 좌회전 교통량을 일정하게 증가시켜 좌회전 현시를 적용하였을 경우와 P-Turn을 적용하였을 경우에 따른 총지체도를 전략적으로 분석하였다. 그 결과 주도로의 좌회전 교통량이 530대 이하일 경우에는 P-Turn을 적용하는 것이 효율적이며, 주도로의 좌회전 교통량이 530대를 초과한 경우에는 전용좌회전 현시를 적용하는 것이 효율적인 것으로 분석되어 좌회전 금지 및 이면도로를 이용한 P-Turn 처리방안은 본 연구에서 의도하는 효율적인 서울시 교차로의 운영과 교차로 혼잡완화에 타당성 있게 적용할 수 있는 좌회전 교통류의 처리방안으로 제시할 수 있다.

따라서 본 연구 결과는 P-Turn을 적용하는데 있어 실무자들의 좌회전을 금지할 수 있는 교통혼잡수준, 금지에 따른 새로운 문제점 분석 그리고 기대되는 효과들에 대한 확신이 없어 무리한 좌회전 금지나 불필요한 좌회전 허용으

로 교차로 운영 효율성의 최적화를 기여하지 못하는 경우에 반영하므로써 정량적인 기준을 제시할 수 있으며, 좌회전 금지에 따른 자가용 이용자들의 민원야기시 설득력 있는 기준체시를 위한 연구의 기본이 될 수 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부, "도로용량편람", 2001
2. 경찰청(2000), "도로교통안전시설실무편람", 도로교통안전협회
3. 도로교통안전협회(1993), "신호교차로에서 좌회전 금지 효율성평가 모형결정"
4. 장덕명의 (1993), "신호교차로에서 좌회전금지 효율성 평가모형 개발" 도로교통안전협회
5. 임강원(1994), "서울시 주요 간선도로의 정체요인 분석 및 교통류관리에 관한 연구", 교통안전연구론집
6. 변상철, 박병호(1996), "5현시 신호체계 4지교차로의 좌회전 금지에 따른 효율성 분석", 대한교통학회지, 제14권 제4호, 대한교통학회, pp. 91-106.
7. 손한철(1996), "좌회전금지시 도시간선도로의 운영방안", 계명대학교 대학원 석사학위논문
8. 김정래(1998), "교통섬을 이용한 P-Turn 운영의 효율성 개선 방안", 계명대학교 석사학위 논문
9. 박용진, 손한철(2000), "U-Turn을 이용한 간선도로 운영방안", 대한교통학회지, 제18권 제1호, 대한교통학회, pp. 17-26.
10. AGENT, K.R(1987), "Guidelines for the use of Protected/Permissive Left-turn Passing", Institute of Transportation Engineering, ITE Journal, Volume 57, Number 7, July
11. NCHRP(1996), "Left-Turn Treatments at Intersection", National Cooperative Highway Research Program, Synthesis of Highway Practice 225, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Prss, Washinton, D.C.