

3지교차로에서의 연속좌회전(TPCLT)신호운영에 관한 연구

A Study of TPCLT(Twice Per Cycle Left-Turn) Operation Impact at Three-legged Signalized Intersection

오 지 영* · 김 기 철** · 이 철 기*** · 오 인 섭**** · 조 남 민*****

* 주저자 : 도로교통공단 경기지부 연구원
 ** 교신저자 : 한국도로공사 수도권본부 차장
 *** 공저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수
 **** 공저자 : 한국도로공사 인력처부 부처장
 ***** 공저자 : 한국도로공사 강원지역본부 도로팀장

Jiyeong Oh* · Kicheol Kim** · Choulki Lee*** · Insub Oh**** ·
 Nammin Cho*****

* Dept. of Traffic Safety Eng, Gyeonggi-do Branch of Korea Road Traffic Authority
 ** Dept. of Capital area headquarters, Korea Expressway Corporation
 *** Dept. of Transportation Eng., Univ. of Ajou
 **** Dept. of Human Resources, Korea Expressway Corporation
 ***** Dept. of Road Traffic, Gangwon-do Branch of Korea Expressway Corporation

† Corresponding author : Kicheol Kim, khc98@ex.co.kr

Vol. 16 No.3(2017)
 June, 2017
 pp.50~58

ISSN 1738-0774(Print)
 ISSN 2384-1729(On-line)
<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.3.50>

Received 6 April 2017
 Revised 1 May 2017
 Accepted 11 May 2017

© 2017. The Korea Institute of
 Intelligent Transport Systems. All
 rights reserved.

요 약

TPCLT는 한 신호주기 내에 좌회전을 두 번 주는 신호운영방법으로서, 본 연구에서는 국내에 TPCLT 신호를 시범운영 중인 교차로를 분석대상으로 VISSIM 교통모의분석 프로그램과 SSAM 모형 분석을 통해 그 효과성을 분석하고자 하였다. 분석 대상 교차로에 TPCLT 적용 전·후, 주기를 변화시킨 경우를 교통모의분석 하였으며, 9개의 좌회전교통량 시나리오를 작성하여 효과적으로 선정한 차량 당 평균 제어지체시간과 통행시간을 비교·분석하였다. 연구 결과, 총 지체시간 측면에서 현행~+50% 좌회전교통량 시나리오 구간에서 TPCLT 적용한 경우 가장 효과적인 것으로 도출되었다.

핵심어 : TPCLT, 좌회전신호운영, VISSIM, SSAM

ABSTRACT

TPCLT(Twice Per Cycle Left-turn) operation reduces this left-turn 'spill-over' problem on an as needed basis by servicing the protected left-turn movement as a leading and a lagging left-turn. In this study, to evaluate the effectiveness of TPCLT applied to three-legged signalized intersection in Korea, the analysis was carried out using VISSIM and SSAM model analysis. The study was implemented by three cases which are TPCLT operation, non-TPCLT operation and half-cycle operation using VISSIM program. According to the 9-left-turn volume scenario, total delay and travel times of each case was analyzed by VISSIM program. The study result shows more effective applying TPCLT operation in the present ~ +50% scenario area at the intersection in terms of total delay.

Key words : TPCLT, Left-turn Phasing, Signal Timing, VISSIM, SSAM

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

신호교차로마다 각 교차로에 합리적인 신호운영 방안을 모색하여 적용·운영하는 것은 효율적인 교통운영에 있어 중요한 요소이다. 직진교통량과 좌회전교통량이 모두 많을 경우에 효율적인 신호운영방안으로써 TPCLT(Twice Per Cycle Left-Turn)를 고려해 볼 수 있다. TPCLT는 한 주기 내에 좌회전 현시를 두 번 부여하는 신호운영시스템으로써, 미국의 경우 이미 TPCLT 신호운영에 대한 연구가 진행되어 교차로의 신호운영기법 중 하나로 소개하고 있다. 얼마 전부터 국내에서도 TPCLT 신호의 개념으로 운영 중인 교차로가 있어, 해당 교차로를 바탕으로 국내 3지 교차로에서 TPCLT 신호운영기법 도입 시 그 효과성에 대해 분석하는 기초 연구를 수행하고자 한다.

본 연구에서는 직진 교통량과 좌회전 교통량이 많은 3지 신호교차로에서 TPCLT 신호운영 도입에 따른 효과성을 경기도 광주시 도평리입구교차로의 사례를 이용하여 분석하고자 한다. 이를 위해 대상 교차로에 대한 현장조사를 통해 수집된 자료를 바탕으로 독일의 VISSIM 프로그램을 이용하여 교통모의분석을 수행하며, 현황 교통량 자료를 기준으로 좌회전교통량 변화에 따른 차량 당 평균제어지체시간 및 통행시간을 분석하고, 미국의 FHWA에서 만든 대리안전척도모형(SSAM)을 사용하여 상충횟수를 측정해 안전성을 분석하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 내용

본 연구의 대상 교차로는 경기도 광주시에 위치한 도평리입구교차로로, 직진2개차로, 좌회전대기차로2개의 기하구조를 가진 제한속도 80km/h의 3지 교차로이다. 해당 교차로는 첨두시간대 직진교통량 뿐만 아니라 좌회전 교통량도 많아 좌회전대기차로가 2개 기 설치되어 있으나, 한 신호주기 내에 회전류 소거가 불가하고 좌회전 교통량의 용량 초과로 인해 직진차량의 교통 정체를 유발하는 문제점을 가지고 있었다. 이러한 문제점을 해결하고자 2015년 5월 29일부터 도평리입구교차로에 한 주기 내에 좌회전현시를 두 번 주는 ‘연속 좌회전 신호체계(TPCLT)’를 도입하여 운영 중이다.

본 연구에서는 직진 및 좌회전교통량이 많은 3지 신호교차로에서의 TPCLT 신호운영방법의 효과성을 분석하기 위하여, 현재 TPCLT 신호운영 중인 도평리입구교차로에 교통모의분석 프로그램을 활용하여 TPCLT 운영 시와 TPCLT 운영 전, 주기를 반으로 낮춰 운영할 경우(반주기 운영)를 각각 분석하여 TPCLT 적용에 따른 효과성을 비교·분석하였다. 또한 신호최적화를 적용해 운영할 경우와 TPCLT 운영의 효과성을 비교·분석하기 위해 Synchro 프로그램을 통해 최적화된 현시자료를 도출하여 교통모의분석을 수행하였다. 이를 위해 대상 교차로의 교통량, 신호현시, 일정 지점 간의 통과시간 등을 조사(2016.04.)하여 미시교통시물레이션인 VISSIM 프로그램을 활용하여 네트워크를 구축하였다. 또한 좌회전교통량 변화에 따른 TPCLT 운영 시와 TPCLT 운영 전, 반주기 운영 각각의 경우 효과성의 변화에 대해서도 비교·분석하였다. 더불어 TPCLT 신호운영은 우리나라 운전자들에게 새로운 신호운영방법으로서, 운전자들에게 혼란을 초래할 소지가 있기 때문에 안전성측면의 검토를 위해 SSAM 모형 분석을 실시하여 상충 횟수에 대해서도 분석하였다.

II. 이론적 고찰

1. TPCLT 개요 및 관련 기준 고찰

TPCLT는 한 신호주기 내에 좌회전현시를 두 번 부여하는 신호운영 방식으로, 동일 방향 직진교통량과 좌회전교통량이 모두 많아 좌회전 교통량의 용량 초과로 인한 직진교통류에 미치는 영향을 최소화하고 1주기 내에 직진 및 좌회전교통류 모두를 소거하기 위해 고안된 신호운영기법이다.

국내에 신호운영에 관한 매뉴얼로 「교통신호기 설치·관리 매뉴얼」(Korea Police Administration, 2011)이 있으나, 교통량에 따른 비보호좌회전과 보호좌회전 적용 기준만 명시되어 있어 PPLT(Protected/Permissive Left-Turn, 보호/비보호좌회전)나 TPCLT와 같은 신호운영기법에 대한 소개와 적용 기준 마련이 필요할 것이다.

미국의 FHWA에서 발행한 「Traffic Signal Timing Manual」(U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., June 2008)에서는 좌회전신호운영에 관하여 비보호좌회전, 보호좌회전, 보호-비보호좌회전, split phasing(직·좌동시신호), 좌회전금지로 나누고 있으며, split phasing(직·좌동시신호)에 대해서는 혼용차로(shared lanes)에 적용할 수 있으나, 신호현시가 모두 보행신호에 제공된다면 주기길이를 증가시킬 수 있는 문제가 있다고 명시하였다.

미국 Maryland Department of Transportation의 SHA(State Highway Administration)에서 발간한 「Traffic Signal Phase Sequence Guidance Document」(Final Report, March 2011)의 IV.Guidance for Twice-Per-Cycle Left-Turns(TPCLT)에서는 TPCLT에 대해 좌회전 용량 초과로 인한 문제점을 줄일 수 있는 신호운영 방법이라고 소개하고 있으며, TPCLT 신호기법은 좌회전차로가 2개일 때 더 효과적이며, 손실시간이 증가하는 문제점과 주기가 길어지는 점에 대해서도 언급하였다. 더불어 TPCLT를 교차로에 적용함에 있어, 대기길이, 지체시간, LOS에 대한 분석이 꼭 필요함을 명시하고 있다.

미국의 신호기 업체인 Naztec, Inc. (<http://www.naztec.com/terms.htm>)에서는 긴 신호주기에서 좌회전용량이 초과할 경우 본선 교통류에 정체를 유발하는 문제점이 생기게 되며, TPCLT 신호운영은 좌회전 현시를 두 번 부여함으로써 상기 문제점을 줄여주는 신호운영방법이며, 좌회전용량초과 시 좌회전대기차로가 한 차로 보다는 2개 차로일 때 훨씬 더 효과적으로 TPCLT를 운영할 수 있다고 말하고 있다.

2. 선행 연구 고찰

Hummer et al.(1991)는 Guidelines for Use of Leading and Lagging left-Turn Signal Phasing에서 선행좌회전(leading)과 후행좌회전(lagging) 신호현시 적용을 위한 가이드라인을 제시하면서 좌회전 신호계획에 대한 중요성을 말하고 있다. 좌회전 신호계획을 성공적으로 수행하게 되어 200개의 교차로에서 한 차량 당 1초의 지체만 줄여도 일 년에 대략 백만 시간을 줄일 수 있다고 말하고 있다. 이것은 연료소모와 환경오염을 줄일 수 있는 효과도 있다. 더불어 교통사고측면에서도 좌회전 신호계획이 중요한 변수임을 언급하였다. 또한 ‘lagging sequences’는 보행량이 많은 교차로, 다이아몬드 인터체인지나 one-way pairs, 고정신호교차로에서 사용하는 것을 권장한다. 그러나 lagging sequences는 녹색신호시간이 끝나면서 차량이 교차로 안에 ‘trapped’되는 문제가 생길 수 있으므로 주의를 요한다고 제시하고 있다.

3. 본 연구의 차별성

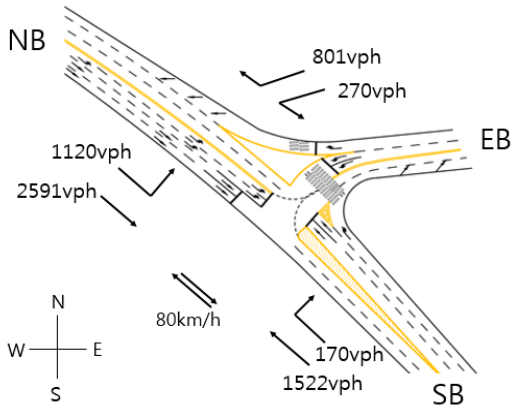
국내의 신호운영에 관한 기준 및 기존 연구에서는 TPCLT 신호운영에 대한 연구가 수행되지 않았고, 새로

운 신호운영방식에 대한 효과성과 안전성 측면 연구의 필요성에 따라, 본 연구에서 국내 3지 신호교차로를 대상으로 TPCLT 신호운영 적용에 대한 VISSIM 교통모의분석 프로그램을 통해 효과성을 분석하고, SSAM 모형 분석을 바탕으로 안전성 측면을 검토하고자 한다.

III. 현황조사 및 교통모의분석

1. 현황조사

본 연구를 위해 2016년 4월 8일 조사대상 교차로로 선정한 경기도 광주시에 위치한 도평리입구교차로의 오전 첨두시(07:30~08:30) 1시간 방향별 교통량과 기하구조 및 신호현시 조사를 실시하였다. 신호현시는 경기도 광주경찰서의 협조를 받아 신호D/B를 제공받았으며, 기하구조는 현장조사와 위성지도를 통해 세부사항을 조사하였다. <Fig. 1>은 대상 교차로의 기하구조와 교통량을 나타낸 것이다.



<Fig. 1> Traffic Condition of Test Intersection

<Fig. 2> VISSIM Network of Test Intersection

2. 교통모의분석

국내에서 많이 사용되고 있는 미시교통시물레이션인 VISSIM은 통행시간, 지체시간, 지체량, 녹색주기비율, 신호변화, 가로구간분석, 교차로지점분석 및 교통안전성 평가를 위한 자료 생성이 가능한 장점을 가지고 있다. 본 연구는 교통모의분석 프로그램으로 VISSIM ver.5.0을 사용하였으며, 교통시물레이션 모형이 현실 교통상황을 충분히 반영하도록 분석 대상교차로와 신호연동 구간인 인접한 교차로를 포함하여 네트워크를 구축하였다. 교통류의 구성은 방향별 교통량 조사를 실시(2016년 4월)한 결과를 기초로 하여 적용하였고, 분석 대상구간 내 신호교차로의 신호운영조건은 조사 당시 운영 중인 신호 Database 값을 적용하였다.¹⁾

교차로의 기하구조는 현장에서 실측한 자료와 위성사진을 기초로 작성하였으며, 주행조사를 통해 측정한

1) 주: TPCLT 운영 전의 경우, 이전 신호D/B 값을 적용. 도평리입구교차로는 신호연동구간으로, vissim분석의 정확도를 높이기 위해 분석대상 교차로와 인접한 소방파출소앞교차로의 네트워크도 함께 구축하여 분석함.

특정 지점 통과시간 값을 이용하여 네트워크 정산(Calibration) 및 reduced area, desired speed를 조정하는 등 현실 교통상황을 반영하도록 하였다. VISSIM에서 구축된 네트워크는 <Fig. 2>와 같다. 교통모의분석은 TPCLT 운영, TPCLT 운영 전(protected-only), 주기를 반으로 낮춰 운영할 경우(반주기 운영), Synchro 프로그램을 통해 도출된 최적화된 현시자료를 적용한 경우 총 4가지 신호운영방식을 모의 분석하여 각 운영방식의 효과성에 대해서 비교·분석하였다. <Table 1>은 4가지 경우의 신호 database를 나타낸 것이다.

<Table 1> Signal Phasing Sequence of Test Site

Signal Timing Table							
AM	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 5	off-set(s)	Cycle(s)
TPCLT						117	220
	50	49	50	48	23		
protected-only						58	110
	67	130	23				
half-cycle						0	150
	34	65	11				
Optimization						0	150
	54	81	15				

3. 교통모의분석 결과

<Table 2>는 교통모의분석 결과를 나타낸 표이며, Approach Delay(s)는 각 방향별 접근로 movement의 총 지체 값을 표기하였다.

<Table 2> VISSIM Simulation Analysis results

Types	Approach	Approach Delay(s)	Travel Times(s)	Total Delay(s)	Total Los
TPCLT	SB	71.7	180	69	D
	NB	40.3	105.4		
	EB	120.6	46.1		
protected-only	SB	129.2	208.9	91.1	E
	NB	38.5	101		
	EB	115.8	59.8		
half-cycle	SB	86.3	191.4	71.4	E
	NB	18.3	80.4		
	EB	168.5	51.9		
Optimization	SB	88.5	185.1	73.8	E
	NB	27.7	89.9		
	EB	138.4	54.4		

TPCLT 운영 교차로 전체 LOS는 차량당 평균제어지체 값 69초로 “D”로 분석되었으며, TPCLT 운영 전(protected-only) 신호체계에서는 교차로 전체 LOS가 차량당 평균제어지체 값 91.1초로 “E”로 분석되어 TPCLT 운영 전(protected-only) 대비 TPCLT 운영 시 서비스 수준이 한 단계 상승하였다. 남향 접근로(SB approach) 평균 통행시간은 208.9초로 TPCLT 운영 결과(180초) 대비 직진차량의 통행시간이 약13.8% 늘어났으며 북향 접근로(NB approach) 평균 통행시간은 101초로 TPCLT 운영 결과 보다 4.4초 줄어들었는데, 이는 TPCLT 운영 시 신호 현시수의 증가(3현시→5현시)로 인한 손실시간의 증가를 초래하여 나타난 결과로 판단된다. 동향 접근로(EB approach) 평균 통행시간은 59.8초로 TPCLT 운영 결과(46.1초) 대비 약22.9% 통행시간이 늘어난 것으로 분석되었다. 신호주기를 반으로 줄여 운영한 교차로 전체 LOS는 차량당 평균제어지체 값 71.4초로 “E”로 분석되어 TPCLT 운영 결과에 비해 서비스 수준이 한 단계 하락하였고, Synchro 프로그램을 활용하여 도출된 최적화된 신호현시자료를 반영한 교차로의 전체 LOS는 차량당 평균제어지체 값 73.8초로 “E”로 분석되어 TPCLT 운영 결과에 비해 서비스 수준이 한 단계 하락한 결과를 얻었다.

4. 좌회전교통량 변화에 따른 교통모의분석

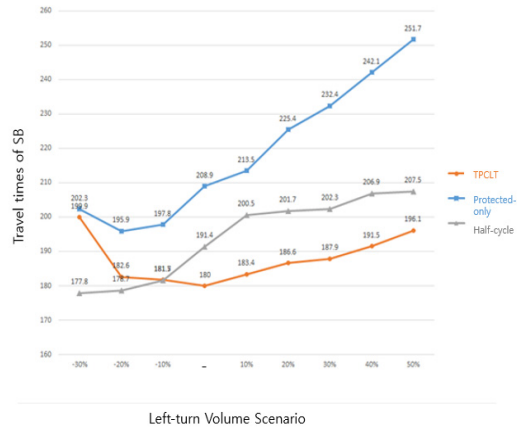
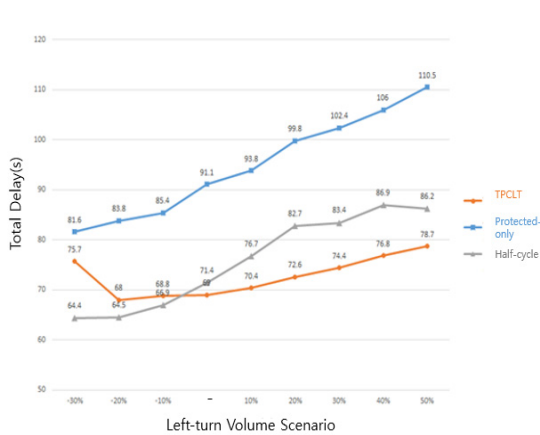
대상 교차로의 현황 교통모의분석 자료를 바탕으로 좌회전교통량의 변화가 차량당 평균제어지체 값과 통행시간에 어떤 영향을 미치는지 분석하기 위하여 현황 교통량 자료에 -30%~+50%까지 10%단위로 좌회전 교통량 변화폭을 주었으며, 그에 따른 좌회전교통량 설정 값은 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Left-Turn Volume Scenarios(veh/hour)

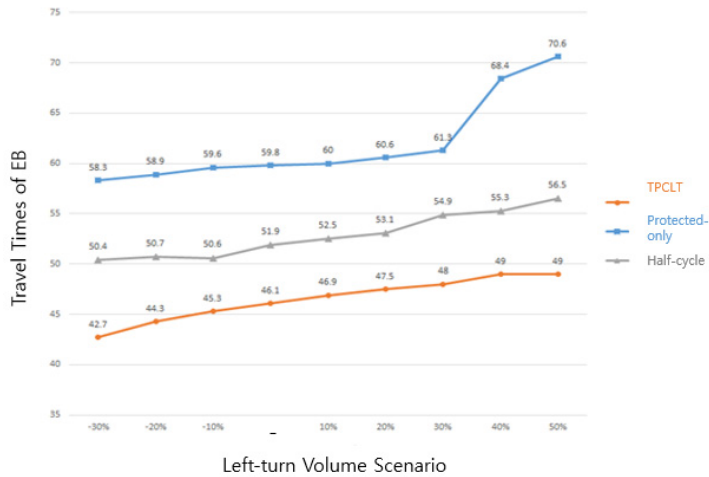
Scenario	-30%	-20%	-10%	-	+10%	+20%	+30%	+40%	+50%
volume (veh/hour)	784	896	1008	1120	1232	1344	1456	1568	1680

대상 교차로에 3가지 신호운영(TPCLT 운영 전·후, 반주기 운영)에 각각 9개의 좌회전교통량 시나리오를 적용한 후 분석의 정확도를 높이기 위해 시뮬레이션을 5번 반복 수행하였으며, 효과적도(MOE)로써 차량 당 평균제어지체 값과 평균 통행시간을 척도로 선정하였다. 시나리오별 시뮬레이션 수행결과 <Fig. 3>을 보면, 총 지체시간 측면에서 좌회전교통량 -30%~-10% 시나리오에서는 반주기 신호운영이 유리한 것으로 나타났으며, 현황 좌회전교통량부터 +50%구간까지는 TPCLT 신호운영 방법이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 좌회전교통량이 현황 교통량에서 증가할수록 TPCLT 신호운영방법이 차량 당 평균제어지체시간이 가장 적은 결과 값으로 도출됨에 따라, 현황에서 좌회전교통량이 증가할수록 TPCLT 신호운영이 해당 교차로에서는 가장 효율적인 신호운영방법인 것으로 나타났다. 산출된 교차로 총 지체시간 값의 변화는 <Fig. 3>과 같다.

시나리오별 직진(북→남) 통행시간 측면에서는 <Fig. 4>에서 볼 수 있듯이 -30% 시나리오 구간에서 현황 좌회전교통량 시나리오까지는 반주기 운영이 유리하고, 현황부터 +50% 좌회전교통량 시나리오까지는 TPCLT 신호운영이 유리한 것으로 나타났다. 이것은 다른 신호운영방법에 비하여 TPCLT 신호운영 적용 시 1주기 내에 좌회전신호를 두 번 부여하여 좌회전교통량 소거가 원활히 됨에 따라 직진교통류 또한 통행이 원활하게 된 것으로 판단되며, 좌회전교통량이 현황에서 2배까지 증가할수록 그 효과가 큰 것을 볼 수 있다. 시나리오별 좌회전통행시간(Travel Times of EB)은 <Fig. 5>와 같이 좌회전교통량 시나리오 모든 구간에서 TPCLT 신호운영방법이 가장 적게 걸리는 것으로 나타났다.



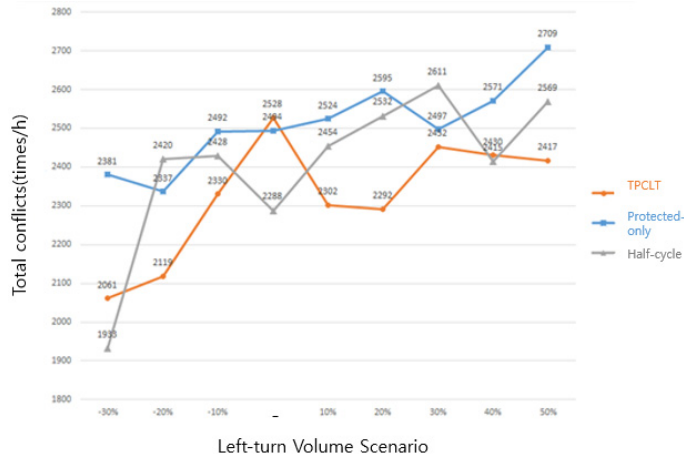
〈Fig. 3〉 Total Delay per Vehicles by Scenarios 〈Fig. 4〉 Travel Times of SB approach per Vehicles by Scenarios



〈Fig. 5〉 Travel Times of EB approach per Vehicles by Scenarios

IV. SSAM모형을 활용한 교통안전성 평가

본 연구에서는 앞서 분석한 VISSIM 교통시뮬레이션에 의해 생성된 데이터와 미국 연방도로관리청(FHWA)에서 개발한 교통사고를 예측하는 프로그램인 SSAM 모형을 활용하여 교통량 시나리오별 교통안전성을 평가하였다. 좌회전교통량 시나리오별 VISSIM 교통모의분석 데이터를 통해 SSAM 모형 분석을 수행하였으며, 도출된 상충횟수는 VISSIM에서 구축한 네트워크 전체의 상충횟수이며, <Fig. 6>은 측정된 결과이다.



(Fig. 6) Total Conflicts by Scenarios(times/h)

상충 횟수 측정 결과, -30% 교통량 시나리오에서는 반주기 신호운영이 상충 횟수가 가장 적은 것으로 나타났으나, 이후 상충 횟수가 큰 폭으로 증가하여 -20% 교통량 시나리오에서는 반주기운영의 상충 횟수가 가장 높은 것으로 나타났다. TPCLT 신호운영 또한 -10% 교통량 시나리오에서 큰 폭으로 상충 횟수가 증가하여, 현황 교통량 시나리오에서는 상충 횟수가 가장 높은 것으로 나타났다. -30%, 현황, +40% 교통량 시나리오 구간을 제외한 모든 구간에서는 3가지 신호운영방안 중 TPCLT 운영의 상충 횟수가 가장 낮은 것으로 분석되었다.

V. 결론 및 향후 연구과제

국내에 시범적으로 TPCLT 신호운영을 적용한 3지 교차로에 대하여 VISSIM 교통모의분석 프로그램과 SSAM 모형 분석을 통해 효과분석과 안전성 측면을 분석하였다. 교통모의 분석은 TPCLT 운영, TPCLT 운영 전, 반주기 신호운영, 최적화된 신호현시적용으로 구분하여 효과적으로 선정된 차량 당 평균 제어지체시간(Delay)과 통행시간(Travel times)을 각각 비교·분석하였다. 그 결과, 현황 교통량에서 총 지체시간은 4가지 신호운영 중에서 TPCLT 신호운영의 총 지체시간이 가장 적어 TPCLT 신호운영 시 서비스수준(LOS)이 가장 높은 것으로 분석되었다. 방향별 총 지체시간 및 좌회전 통행시간 측면에서도 TPCLT 신호운영이 가장 효과적인 것으로 도출되었다. 9개의 좌회전교통량 시나리오를 작성하여 교통모의분석을 수행한 결과 또한 대상 교차로에 TPCLT 신호운영을 도입하는 것이 효율적이라는 결론을 얻었다.

다만, SSAM 모형 분석에 의한 총 상충 횟수는 현황 교통량에서 TPCLT 신호운영이 가장 많이 측정되어 안전성 측면이 우려되나, -30%, 현황, +40% 좌회전교통량 시나리오를 제외한 전 구간에서는 TPCLT 신호운영의 상충 횟수가 가장 적게 나왔으며, 경기 광주경찰서에서 제공한 교통사고 데이터(2016.10.)에 따르면 신호위반으로 인한 교통사고 건수는 TPCLT를 적용한 시점(2015.5.29.)이 포함된 2015년 5월3일~9월31일까지는 1건, 2014년도 1건으로 신호위반으로 인한 사고건수의 변화는 없었다. 또한 2016년 5월3일~9월31일까지 신호위반으로 인한 교통사고는 일어나지 않은 것으로 조사되었다.

TPCLT 신호운영은 좌회전대기차로가 설치된 본 연구의 대상 교차로와 같이 특정 기하구조와 신호주기에

서, 직진 및 좌회전교통량이 많아 좌회전용량초과로 인해 본선 교통류에 영향을 미칠 때 고려할 수 있는 신호운영방법으로서, 국내 다른 교차로에 도입 시 교차로의 좌회전 대기길이, 지체, LOS 등에 대한 분석과 함께 신호주기, 횡단보도 보행시간 고려 등 신중히 검토해야 할 것이다. 또한 TPCLT 신호운영은 보호좌회전신호를 받아 한 주기 내에 좌회전이 두 번 운영되는 신호운영 방식으로, PPLT와 병행하여 적용하게 되면 yellow-trap 등 안전성 문제가 우려되므로 함께 적용하는 것은 지양하여야 한다.

더불어 본 연구에서 수행하지 못한 4지교차로를 비롯하여 좌회전대기차로가 1개일 때 등 다양한 기하구조와 교통량에 TPCLT 신호운영을 적용하여 효과분석을 수행하고 안전성을 검토하는 등 향후 더 많은 연구가 필요하다. TPCLT 신호운영은 우리나라에서는 아직 생소한 신호운영방법으로서, 충분한 홍보와 함께 운전면허 취득 전 교육 뿐 아니라 운전면허시험에 출제하는 등 TPCLT 신호에 대한 인식률을 높이고, 표준화된 교통안내표지 형태 및 TPCLT 운영 설치기준을 마련하는 등 정책적 측면의 검토도 필요할 것이다.

REFERENCES

- FHWA(2008), Surrogate Safety Assessment Model(SSAM) SOFTWARE USER MAUAL.
- Hummer et al.(1991), Guidelines for Use of Leading and Lagging Left-Turn Signal Phasing, *Transportation Research Record*, No. 1324, TRB, National Research Council, Washington, D.C. pp.11-19.
- Korea Police Administration(2011), Traffic Signal Management Manual.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2013), Traffic Volume.
- Naztec Inc, <http://www.naztec.com/terms.htm>, 2016.08.30.
- PTV(Planung Transport Verkehr AG)(2007), VISSIM 5.0 User Manual.
- SHA(March 2011), Traffic Signal Phase Sequence Guidance Document, Final Report, p.27.
- Trafficware, Ltd(2011), Synchro Studio 8 User Guide.
- U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.(June 2008), Traffic Signal Timing Manual, pp.4-7, pp.4-8.