

회전교차로의 접근로 신호최적화를 통한 도입효과 분석

Measurement of Effectiveness of Signal Optimized Roundabout

엄정은	Eom, Jeong Eun	부경대학교 공간정보시스템공학과 석사과정 (E-mail : luckyeoms@gmail.com)
정희진	Jung, Hee Jin	정회원 · 부경대학교 공간정보연구소 연구원 (E-mail : hjjung1974@gmail.com)
배상훈	Bae, Sang Hoon	부경대학교 공간정보시스템공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : sbae@pknu.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : Although signalized intersections have been considered the best way to control traffic volume in urban areas for several decades, roundabouts are currently being discussed as an alternative way to control traffic volume, especially when traffic is light. Because a roundabout's efficiency depends on the load geometry as well as the traffic volume, design guidelines for roundabouts are recommended only if the incoming traffic volume is very low. It is rare to substitute a roundabout for an existing signalized intersection in urban areas. This study aims to estimate the benefits from the transformation of an existing signalized intersection into a roundabout in an urban area. When there is a more moderate volume of traffic, roundabouts can be effectively used by optimizing signals located at an approaching roadway.

METHODS : The methodologies of this paper are as follows: First, a signalized intersection was analyzed to determine the traffic characteristics. Second, the signalized intersection was transformed into a roundabout using VISSIM microscopic traffic simulation. Then, we estimated and analyzed the effects and the performance of the roundabout. In addition, we adjusted a method to improve the benefits of the transformation via the optimization of signals located at an approaching road to control the incoming traffic volume.

RESULTS : The results of this research are as follows: The signal-optimized roundabout improved delays compared with the signalized intersection during the morning peak hour, non-peak hour, and evening peak hour by 1.78%, 12.45%, and 12.72%, respectively.

CONCLUSIONS : According to the simulation results of each scenarios, the signal-optimized roundabout had less delay time than the signalized intersection. If optimized signal control algorithms are installed in roundabouts in the future, this will lead to more efficient traffic management.

Keywords

roundabout, signal optimization, intersection validation, vehicle delay time

Corresponding Author : Bae, Sang Hoon, Professor
Department of Spatial Information Engineering,
Pukyong National University, Daeyeon Campus 45, Yongso-ro,
Nam-gu, Busan, 608-737, Korea
Tel : +82.10.9060.0824 Fax : +82.51.629.6653
E-mail : sbae@pknu.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received May, 16, 2014 Revised May, 20, 2014 Accepted Jan, 30, 2015

1. 서론

1.1. 연구 배경 및 목적

경찰청은 2009년부터 교통운영체계선진화방안을 도입하여 시행하고 있다. 이는 우리나라의 높은 교통사고율, 만성정체에 따른 과도한 혼잡비용 및 온실가스 배

출, 국제 표준에 부합하지 않는 교통신호체계, 불편하고 현실에 맞지 않는 교통규제를 대폭 개선하는데 중점을 두고 있다. 그 중에서도 신호기에 의한 통제로 오히려 정체되고 운전자들의 신호위반을 유발하는 신호교차로를 회전교차로로 전환하는 회전교차로 활성화가 추진되

고 있다. 부산광역시에서도 2014년 현재 17개의 회전교차로가 설치되었으며, 4개의 회전교차로가 추후 더 설치될 계획이다.

회전교차로는 회전차로 내 차량에게 통행우선권을 부여하기 때문에 회전차로 내에서 교통혼잡이 발생하지 않고, 기존의 신호교차로에서 보다 차량 간 상충횟수를 줄여주는 장점을 가지고 있다.

현재 운영되고 있는 신호교차로는 교통량 변화에 따라 신호가 적절히 대응하지 못해 불필요한 지체가 발생한다는 문제가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 신호교차로에 대한 안전하고 효율적인 대안으로써 회전교차로의 적용이 긍정적으로 고려되고 있다.

따라서, 본 연구는 기존 신호교차로의 대안으로서 회전교차로 도입 시 기대되는 편익을 예측하였다. 또한, 기존 운영방식보다 효율성과 편리성을 도모하고자 접근로에 위치한 신호기의 신호최적화를 수행하였다.

1.2. 연구내용 및 수행과정

부산광역시에서 실제 운영되고 있는 신호교차로 중 회전교차로로 전환이 가능한 대상지를 선정하였다. 먼저, 선정된 신호교차로는 현장조사를 통해 시간대별 교통량과 신호현시 등을 조사하였다. 그 다음 통행특성을 분석한 후 미시적 교통류 시뮬레이터인 VISSIM으로 회전교차로의 도입효과와 성능을 평가하였다. 또한, 제안한 회전교차로 각 진입로 상류부에 위치한 신호기의 오프셋(Offset)을 조절하여 시뮬레이션을 수행한 다음

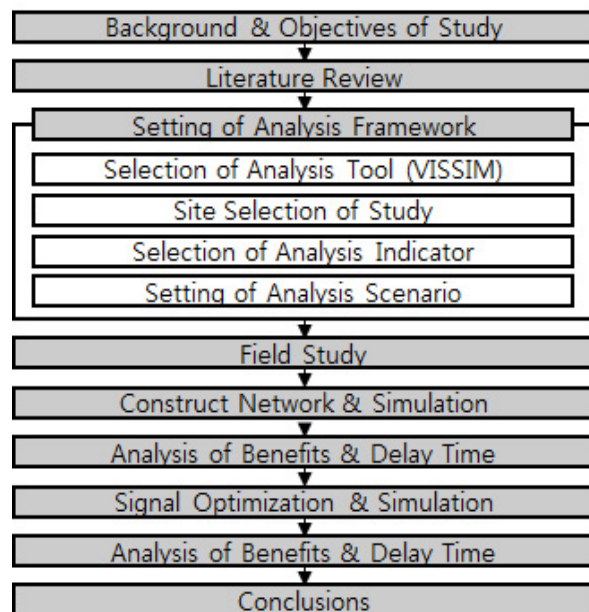


Fig. 1 Study Flow

회전교차로의 성능이 최대가 되는 신호현시를 찾아보았다.

그 후, 각 시나리오들의 성능을 비교하여 편익을 예측했다. 성능평가를 위한 평가척도(Measure of Effectiveness)로는 차량 지체시간(Vehicle Delay)을 사용했으며, 편익은 기존 신호교차로의 성능을 기준으로 평가하였다. 각 시나리오별 편익은 각 시간대별(오전첨두, 비첨두, 오후첨두)로 나누어 산정하였다. 본 연구의 전체적인 흐름은 Fig. 1과 같다.

2. 선행연구 고찰

회전교차로에 대한 기존의 연구는 크게 안전성측면과 운영측면으로 나뉘어져 이루어졌다.

김태영 등(2012)은 임계간격을 추정하여 회전교차로의 안전한 운영에 대해 연구하였다. 연구방법은 동영상 프레임분석을 통해 얻어진 자료로 로지트(Logit) 모형을 이용해 수락·거절간격 모형을 개발하고 이를 통해 회전교차로의 임계간격을 추정하였다. 국내회전교차로 임계간격은 2.584초, 도시지역은 2.744초, 지방지역은 2.416초로 분석하였고, 국내의 임계간격이 Feng Xu 등(2008)의 미국 캘리포니아 회전교차로의 임계간격인 4.5초에서 5.3초, Ceng Jie 등(2008)의 중국 도시부 회전교차로 임계간격인 4.1초에서 5.4초 인것에 비해 1.5초에서 2.5초 정도 적은 것으로 제시하였다.

이동민 등(2013)은 시계열적으로 회전교차로의 도입효과를 교통 운영측면과 교통 안전측면으로 분석하였다. 교통 운영측면에서는 신호교차로에서 회전교차로로 전환 시 12.1%의 통행속도가 증가하였고, 비 신호교차로에서 회전교차로로 전환 시 통행속도가 6.2% 증가했다. 이를 통해 신호교차로에서 회전교차로의 전환이 시간에 따른 순응도가 높은 것을 알 수 있었다. 또한, 교통 안전측면에서 전체 상충수가 회전교차로로 전환할 때, 신호교차로에서 전환하였을 때는 29.3% 감소하였고, 비 신호교차로에서 전환하였을 때는 40% 감소한 것을 알 수 있었다.

김희경 등(2014)은 Connected Vehicle 기술을 이용하여 안전성을 개선한 Smart Roundabout을 제시하였다. 교통량이 증가할수록 임계간격의 영향이 점점 커지는 것을 알 수 있었다. 회전교차로가 설치된 지역의 환경에 맞도록 임계간격을 선정하고, 첨단교통정보시스템을 적용할 경우 최소한의 지체로 보다 안전하고, 효율

적인 운영이 가능하다고 분석하였다.

이동원 등(2012)은 다지교차로를 회전교차로로 전환함으로써 운영 및 경제적 효과를 분석하였다. 회전교차로로 전환예정인 사거리 다지교차로를 회전교차로로 전환하였을 경우 지체시간은 78.55%, 총 통행시간은 18.64% 개선되고, 평균운행속도는 10.48% 향상되며, 59.85%의 경제적 절감효과가 있는 것으로 조사하였다.

박병호 등(2012)은 로터리와 회전교차로의 운영방식별 지체를 비교·분석하였다. 로터리의 평균지체시간은 회전교차로에서의 평균지체시간보다 1.56~8.74배 높은 것으로 분석되었다. 또한 4지교차로에서의 평균지체시간이 3지교차로에서 보다 1.77~11.70배 높았고, 2차로(3지, 4지)교차로가 1차로(3지, 4지)교차로에서 보다 2.02~2.23배 많은 교통량을 수용할 수 있는 것으로 분석하였다.

임진강 등(2011)은 평균지체를 바탕으로 기존에 운영되고 있는 20개의 로터리를 회전교차로로 전환하였을 때 운영효과를 분석했다. 교통량이 적을 때에는 로터리가 회전교차로보다 운영효율이 더 좋은 것을 알 수 있었다. 임진강 등(2011)은 3차로 로터리를 3차로 회전교차로로 전환했을 때 평균지체를 바탕으로 운영효과를 분석하였다. 내접원 직경이 증가할수록 3차로 로터리와 3차로 회전교차로의 운영효율은 증가했다. 3차로 회전교차로는 3차로 로터리에 비해 1.8~2.0배 운영효율이 좋은 것을 알 수 있었다.

선행연구 고찰결과 회전교차로의 전환 및 도입효과에 대한 연구가 대다수이다. 선행연구는 크게 신호교차로를 회전교차로로, 비신호교차로를 회전교차로로, 로터리를 회전교차로로 전환하였을 때의 편익을 지체시간이나 통행속도로 비교·분석하였다. 하지만, 이러한 회전교차로 전환 및 도입효과는 회전교차로 설계지침에 따라 적정교통량을 만족하는 곳을 대상으로 이루어졌다.

또한, 교차로 상류부의 각 접근로의 신호현시 등을 고려한 회전교차로 도입 및 운영방안 연구는 미비한 실정이다. 다시 말해, 선행연구에서는 기하구조를 변경하여, 회전교차로의 운영원리에 따라 회전차로 내 차량에게 우선권을 주어 운영하였을 때의 편익을 비교·분석하였다. 하지만 실질적인 회전교차로의 도입을 위해서는 시간대별, 각 진입로 상류부 신호최적화를 통한 효율적인 운영이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 부산광역시의 현재 운영 중인

신호교차로를 대상으로 실제 교통량 데이터를 수집하여 회전교차로로 전환 시 편익을 예측하고, 접근로의 신호를 최적화 하여 회전교차로의 운영효율을 높이고자 하였다.

3. 신호교차로 도입방안

3.1. 대상지 선정

기존에 비효율적으로 운영되고 있는 신호교차로를 회전교차로로 전환하기 위해서는 국토교통부에서 발표한 회전교차로 설계지침에 부합하여야 한다. 즉, 편도 1차로 혹은 편도 2차로이며, 회전부 설계속도에 따른 내접원 지름에 맞는 중앙교통섬을 설치할 수 있어야 한다.

따라서 본 연구에서는 현재 부산시에서 운영되고 있는 신호교차로 중에서 이와 같은 조건을 만족하며, 하나 이상의 접근로에 회전 교통량이 많아 회전교차로의 전환이 필요하다고 판단되는 덕포교차로(부산시 사상구 덕포동)를 대상지로 선정하였다. 덕포교차로는 Fig. 2와 같이 4개의 접근로가 있고, 각 접근로별 개별 신호로 운영되고 있다.



Fig. 2 Deokpo Intersection

3.2. 대상지 통행특성

3.2.1. 도로구조 분석

덕포교차로의 제원과 각 방향 접근로에 설치된 신호기까지의 거리는 Table 1과 같다.

Table 1. Geometry Element of Deokpo Intersection

Geometry element	①	②	③	④
Intersection diameter(m)	41			
Lane width(m)	3	3.5	3	3
Lane-number	2	2	2	2
Distance of traffic signal on approaching roadway(m)	66	198	181	123
Distance of traffic signal on approaching roadway(ft)	217	650	597	404

3.2.2. 현시 분석

덕포교차로에서 현재 운영되고 있는 현시는 Fig. 3과 같이 5현시로 이루어져 있다. 신호주기는 129초이며, 황색시간은 모두 3초로 동일하다.

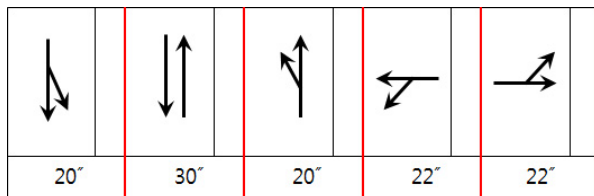


Fig. 3 Current Signal Phasing Plan for Deokpo Intersection

덕포교차로의 각 접근로에 있는 신호기의 현시는 Table 2와 같다.

Table 2. Signal Phases of Four Approaching Roadways to Deokpo Intersection

Location		Green time (sec)	Yellow time (sec)	All red time (sec)	Cycle (sec)
Samdeok-ro	①	116	4	18	138
	②	90	3	23	116
Sasang-ro	③	116	4	18	138
	④	105	3	22	130

3.2.3. 교통량 분석

덕포교차로의 현장조사는 2013년 5월 14일에 실시하였다. 교통량 조사는 오전첨두(7:00~9:00), 비첨두(1:50~3:50), 오후첨두(17:30~19:30)시에 수행하였다. 연구대상지 교차로의 시간대별 교통량은 2500대/시 내외로 크게 차이가 없는 것으로 파악되었다.

시간대별 차종별 교통량, 포화도(Degree of saturation)는 Table 3과 같다. 이때, 차종은 승용차

(Car), 버스(Bus), 대형트럭(HGV, Heavy Goods Vehicle)으로 분류한다. 포화도는 각 차로별 교통량과 용량의 비를 의미하며, Eq. (1)에 의해 산정하였다.

Table 3. Hourly Volume of Entry Traffic

Period	Vehicle type	①	②	③	④
AM peak hour	Car(veh/h)	209	598	581	438
	Bus(veh/h)	13	67	101	37
	HGV(veh/h)	65	160	144	150
	Total(veh/h)	287	825	826	625
	V/c	0.38	1.1	0.48	0.37
Non peak hour	Car(veh/h)	292	287	582	493
	Bus(veh/h)	9	71	91	34
	HGV(veh/h)	149	133	171	235
	Total(veh/h)	450	491	844	762
	V/c	0.6	0.65	0.29	0.45
PM peak hour	Car(veh/h)	483	328	657	577
	Bus(veh/h)	15	72	95	34
	HGV(veh/h)	123	69	110	117
	Total(veh/h)	621	469	862	728
	V/c	0.83	0.63	0.28	0.43

$$\text{포화도} = X_i = \left(\frac{V}{c}\right)_i = \frac{V_i}{S_i \left(\frac{g_i}{C}\right)} = \frac{V_i C}{S_i g_i} \quad (1)$$

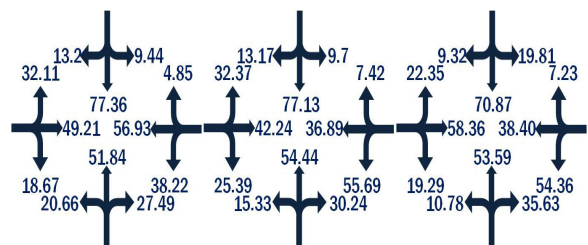
여기서, $X_i = (V/c)_i = i$ 차로군의 포화도

$V_i = i$ 차로군의 교통량(vph)

$S_i = i$ 차로군의 포화교통류율

$g_i/C = i$ 차로군의 유효 녹색시간 비

시간대별 방향별 교통량은 Fig. 4와 같다.



(a) AM peak hour (b) Non peak hour (c) PM peak hour

Fig. 4 Traffic Volume by Time Period (%)

4. 회전교차로 도입방안

4.1. 회전교차로 운영원리

회전교차로는 교통류가 신호등 없이 교차로 중앙의 원형교통섬을 중심으로 회전하여 교차부를 통과하도록 하는 평면교차로의 일종이다. 회전교차로에 진입하는 자동차는 교차로 내부의 회전차로에서 주행하는 자동차에게 양보하는 것을 기본원리로 하므로, 회전차로 내부에서 주행 중인 자동차를 방해하며 무리하게 진입하지 않고 회전차로 내에 여유공간이 있을 때까지 양보선에서 대기하여야 한다. 또한 회전교차로 진입 시에는 충분히 속도를 줄인 후 진입하도록 유도하고 회전교차로 통과 시에는 모든 자동차가 중앙교통섬을 중심으로 반시계방향으로 회전하여 통행하도록 한다.

4.2. 회전교차로 설계

회전교차로는 크게 진입차로수에 따라 소형 회전교차로, 1차로형 회전교차로, 2차로형 회전교차로로 구분된다.

선정된 대상지인 덕포교차로의 진입차로 수에 따라 2차로형 회전교차로를 설치하게 된다. 2차로형 회전교차로는 회전차로 수 뿐 아니라 진입차로 수 역시 2차로로 구성되고 이는 국토교통부의 2차로형 회전교차로 설계지침에 따라 설계기준 자동차는 대형자동차로 Table 4와 같이 회전교차로를 설치한다. 덕포교차로의 중앙 지름이 41m이므로 2차로형 회전교차로 중에서도 내접원이 40m인 회전교차로를 설치한다.

Table 4. 2-Lane Roundabouts Design Element

Design vehicle	Circulation roadway design speed (km/h)	Inscribed circle diameter(m)	Traffic island diameter(m)	Circulating roadway width (internal+outer)(m)
Heavy vehicle	20	40.0	18.0	5.5+5.5
		42.0	20.0	5.5+5.5
	30	60.0	38.0	5.5+5.5

5. 신호최적화 회전교차로 도입방안

5.1. 신호최적화 방법

본 연구에서는 회전교차로에서의 효율성 극대화를 위하여 신호최적화를 시행한다. 신호최적화 방법은 다양하나 본 연구에서는 교차로의 각 접근로별 근접한 신호기의 오프셋을 조절함으로써 최적화한다. 오프셋은 연속된

교차로에서 어떤 기준시간으로부터 첫 신호등의 녹색신호시작시간과 다음 신호등의 녹색신호시작시간의 시간차이다.

오프셋을 조절하게 되면, 각 접근로별 차량들이 회전교차로 진입부에서 곧바로 회전차로로 진입가능성이 증가하고, 지체시간의 감소효과 뿐만 아니라 회전교차로의 교통용량도 증가하게 된다. 따라서, 동-서방향, 남-북방향 2개의 방향에 대해 오프셋을 조절한다. 주기는 120초이며, 녹색시간은 20초부터 50초까지 2초씩 증가시키며 오프셋은 (녹색시간+황색시간)초가 된다. 이때, 황색시간은 3초로 고정시키며, 적색시간은 주기-(녹색시간+황색시간)초로 한다.

6. 효과분석

독일 PTV사에서 개발한 VISSIM은 미시적인 교통시뮬레이터로써 시간의 변화와 특성에 따른 도시교통 및 대중교통 운영 시뮬레이션 모형의 개발에 기초하고 있다. 또한, 교통공학 및 계획의 효과척도를 교통운영상의 여러 가지 대안들을 평가하기에 편리하다.

VISSIM은 운전자 행태를 기초로 하여 만들어졌기 때문에 도시부 및 지방부 도로의 다양한 형태의 교통특성을 사실적으로 분석할 수 있다.

또한 회전교차로를 구현할 때 회전교차로의 기본원리인 통행우선권을 설정할 수 있으며, 회전차로 내에서는 설계속도로 주행할 수 있는 환경을 만들어 줌으로써 더욱 더 현실적인 분석을 할 수 있다고 판단하였기 때문에 본 연구에서는 VISSIM을 이용하여 시나리오에 따른 편익을 분석하였다.

6.1. 분석 시나리오

본 연구는 총 세 가지 시나리오로 구성된다.

기존 시나리오는 기존의 신호교차로를 운영하였을 경우이다. 대안 1 시나리오는 기존 신호교차로를 회전교차로로 전환한 경우이다. 대안 2 시나리오는 Fig. 2의 ①, ②, ③, ④의 신호를 최적화한 회전교차로이다.

시뮬레이션을 통해 대기행렬의 길이, 차량 당 평균지체시간, 평균 정지 지체시간, 총 통행거리 등의 결과 값을 도출할 수 있다. 본 연구에서의 편익분석에 사용된 MOE는 차량 당 평균지체시간이다.

시뮬레이션에 적용할 교통량은 Table 3과 같이 현장 조사를 통해 수집된 시간대별 교통량이며, 차종을 Car,

Bus, HGV로 구분하였다. 방향별 교통량은 Fig. 4와 같이 시간대별로 입력하였다. 보다 현실적인 시뮬레이션 구동을 위해서 차종별로 속도를 Car는 60km/h, Bus는 40km/h, HGV는 50km/h로 다르게 입력하였다. 접근로에 위치한 상류부 신호 역시 현장조사를 통해 수집하였으며 Table 2와 같다. 또한, 연구 대상지인 덕포교차로의 기하구조를 재현하기 위해 포털사이트의 위성 지도를 바탕으로 축척을 설정하여 도로의 길이, 도로의 폭, 정지선의 위치, 신호기의 위치를 보다 정밀하게 설정하였다.

시뮬레이션 시간은 오전첨두, 비첨두, 오후첨두 모두 4800초로 설정하였다. 시작시간 직후와 종료시간 직전에 분석이 시작되고 종료된다면 현실에 맞지 않는 결과를 도출할 수 있기 때문에 분석에 사용된 시뮬레이션 시간은 시뮬레이션 시작 후 600초와 종료 전 600초를 적용한 시간인 600초부터 4200초이다. 그리고 시뮬레이션을 30번 수행한 평균값을 결과 값으로 도출했다. 이와 같은 방법을 통해 시뮬레이션 안정화를 수행하였다.

네트워크 분석 범위는 교차로 접근로에 위치한 상류부 신호기로부터 10m 떨어진 곳으로 지정하여, 결과로 도출되는 지체시간에 접근로 신호로 인한 지체까지 포함될 수 있도록 하였다.

6.2. 기존 시나리오

분석 시나리오별 시뮬레이션 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Delay Time of Each Scenario

Scenarios		Average delay time(sec)	Improvement (%)
Base scenario	AM peak	150.612	-
	Non peak	222.66	-
	PM peak	230.998	-
Alternative1 scenario	AM peak	151.7	-0.722
	Non peak	229.151	-2.915
	PM peak	237.508	-2.818
Alternative2 scenario	AM peak	147.931	1.78
	Non peak	194.933	12.453
	PM peak	201.616	12.72

신호교차로 시뮬레이션 결과 오전첨두, 비첨두, 오후첨두의 평균지체시간은 각각 150.612초, 222.66초, 230.998초로 분석되었다. 오전첨두 시 지체시간이 가장 짧게 발생하였으며, 오후첨두 시 지체시간이 가장 길게 발생한 것을 알 수 있다.

VISSIM을 통해 기존 시나리오인 신호교차로(덕포교차로)를 구현한 모습은 Fig. 5와 같다.



Fig. 5 VISSIM Network for Deokpo Intersection

6.3. 대안 1 시나리오

기존 시나리오와 같은 조건에서 교차로 부분을 회전교차로로 전환하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이때, 회전교차로 운영지침에 따른 분석을 수행하기 위해, VISSIM 네트워크에서 회전차로를 주행하는 차량에 통행우선권을 부여하였으며, 회전교차로 임계간격은 3초, 최소 차두거리는 5m를 적용하였다.

시뮬레이션 결과 오전첨두, 비첨두, 오후첨두의 평균지체시간은 각각 151.7초, 229.151초, 237.508초가 나왔다.

VISSIM을 이용하여 회전교차로를 구현한 모습은 Fig. 6과 같다.



Fig. 6 VISSIM Network for Roundabout

6.4. 대안 2 시나리오

각 접근로에 위치한 첫 번째 신호기의 오프셋을 조절하여 시뮬레이션을 수행한 결과, 오전첨두 시 신호최적화 시뮬레이션 결과는 녹색시간은 44초, 오프셋 47초일 때 평균지체시간 147.931초로 분석되었다. 비첨두 시 녹색시간 26초, 오프셋 29초일 때 평균지체시간 194.933초이다. 오후첨두 시 녹색시간 24초, 오프셋 27초일 때 평균지체시간 201.616초이다.

7. 결론 및 향후연구과제

본 연구는 신호로 인한 불필요한 지체가 발생하는 신호교차로의 대안으로 제시되고 있는 회전교차로를 실제 신호교차로에 적용시킴으로써 전환하였을 때의 편익을 지체시간을 기반으로 예측하고, 회전교차로의 편익을 극대화시키기 위한 방안으로 접근로의 신호를 최적화하였다.

예측 결과 도심부 신호교차로를 회전교차로로 변경할 경우 교통량이 일정수준 이상인 경우 편익이 감소하는 사례가 있으며, 회전교차로 적용과 더불어 접근로에 위치한 신호기의 신호최적화를 통해 진입교통량을 배분해 본 결과 편익이 증대하였다. 이는 회전교차로로 변경 시 적절한 신호최적화를 병행하여야 회전교차로 효율의 극대화가 가능하다는 것을 시사한다.

기존 시나리오가 대안 1 시나리오에 비해 편익이 평균 2.15% 낮게 나타나는 이유는 시간대별로 전체교통량의 차이가 별로 없으며, 설계 교통량보다 높은 교통량으로 인한 결과라 판단된다. 회전교차로의 운영효율을 높이기 위해 접근로에 위치한 신호기의 오프셋을 조절하여 신호최적화를 적용한 대안 2 시나리오의 결과 기존 시나리오에 비해 편익이 평균 8.98% 증가했다. 또한, 편익은 오전첨두 시인 1.78%보다 비첨두 시와 오후첨두 시에 12.453%, 12.72%로 더 크게 나타나는데 이는 비첨두 시와 오후첨두 시의 전체교통량 뿐 아니라 특정 방향에서 회전교통량이 증가하는 것과 같이 비슷한 통행패턴을 보이기 때문인 것으로 분석된다.

본 연구를 통해 회전교차로의 운영효율과 이동성을 향상시키기 위해서는 접근로의 신호를 최적화하여 운영하는 것이 좋은 대안이 될 것이라는 결론을 얻을 수 있었다. 다시 말해, 신호교차로를 회전교차로로 전환 시 각 접근로의 상류부 신호의 최적화를 통해 진입교통량을 적절하게 배분하여 운영한다면 기존의 운영방식보다 뛰어난 효율을 기대할 수 있다.

또한, 본 연구에서 제안한 신호최적화 회전교차로를 설치·운영한다면 높은 교통량을 보이는 신호교차로에서도 편익을 기대할 수 있으며, 다양한 지역에 적용 가능하다.

본 연구는 실질적인 신호교차로 상황을 반영하기 위해 현장조사를 바탕으로 얻어진 데이터와 실제 기하구조를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그러나, 보다 더 현실적인 모사를 위해서는 실제 신호교차로와 시뮬레이션의 각 방향별 접근로 차량들의 평균지체시간 비교 등의 연구가 향후 필요할 것으로 사료된다. 또한, 지체시간만을 사용하여 신호최적화 회전교차로의 운영효과를 평가하였다는 점에서 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 다양한 지표를 사용하여 신호교차로에서 회전교차로로 전환 시 편익을 비교·분석할 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2014년)에 의하여 연구되었음

BIBLIOGRAPHY

- Jie, C., Xinmiao, Y., Wei, D. and Xin H., 2008, Driver's Critical Gap Calibration at Urban Roundabouts: A Case Study in China, *Tsinghua Science & Technology*, Vol. 13, No.2, 237-242
- Kim, Hoe Kyoung, Lee, Young Bin, Yoon, Chil Yong, Oh, Yun Pyo, 2014, Development and Evaluation of Smart Roundabout Using Connected Vehicle, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Korean Society of Civil Engineers, Vol. 34, No. 1, 243-250
- (김희경, 이영빈, 윤철용, 오윤표, 2014, Connected Vehicle을 이용한 Smart Roundabout의 개발과 평가, 대한토목학회논문집 제34권 제1호 243-250)
- Kim, Tae Young, Park, Min Kyu, Park, Byung Ho, 2012, A Critical Gap Model for Roundabouts in Korea, *Journal of the Korean Society of Transportation*, Korean Society of Transportation, Vol. 30, No. 2, 93-100
- (김태영, 박민규, 박병호, 2012, 국내 회전교차로의 임계간격 모형, 대한교통학회지 제30권 제2호 93-100)
- Lee, Dong Min, You, Jung Ho, Cho, Han Sun, 2013, A Change of Roundabout Application Effects by Driver Experience and Educations, *The 68th Conference of Korean Society of Transportation*, 101-105
- (이동민, 유정호, 조한선, 2013, 운전자 학습 및 경험에 의한 회전교차로 도입효과 변화분석 연구, 대한교통학회 제 68회 학술발표회 101-105)
- Lee, Dong Won, Ko, Sang Ick, Lee, Dong Wook, 2012, Effectiveness Analysis of Transforming Many-Legs Type Intersection into Roundabout in Jeju, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 32, No. 6D, 623-636

- (이동원, 고상익, 이동욱, 2012, 제주지역 다지교차로의 회전교차로 교통시스템 변환에 따른 효과분석, 대한토목학회논문집 제 32권 제 6D호 623-636)
- Lim, Jin Kang, Kim, Kyung Hwan, Park, Byung Ho, 2011a, Comparative Analysis of Operational Effectiveness Related to the Conversion of Rotary to Roundabout in Korea, Journal of the Korean Society of Road Engineers Vol. 13, No. 2, 77-83
- (임진강, 김경환, 박병호, 2011a, 국내로터리의 회전교차로 전환에 따른 운영효과 비교분석, 한국도로학회 논문집 제13권 제2호 77-83)
- Lim, Jin Kang, Kim, Kyung Hwan, Park, Byung Ho, 2011b, Effectiveness Analysis of 3-lane Roundabout by Scenario, Journal of the Korea Planners Association, Vol. 46, No. 5, 223-232
- (임진강, 김경환, 박병호, 2011b, 3차로 회전교차로의 시나리오별 효과 분석, 대한국토 도시계획학회지 제 46권 제5호 223-231)
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2010, Design Guidelines of Roundabout. (국토교통부, 2010, 회전교차로 설계지침)
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013, Korea Highway Capacity Manual. (국토교통부, 2013, 도로용량편람)
- National Police Agency, 2009, A Plan for Improving Traffic Operation System. (경찰청, 2009, 교통운영체계 선진화방안)
- Park, Byung Ho, Kim, Kyung Hwan, 2012, Comparative Analysis on the Delay of Rotary and Roundabout by Operational Type, Journal of the Korean Society of Road Engineers, Korean Society of Road Engineers, Vol. 14, No. 2, 83-91
- (박병호, 김경환, 2012, 로터리와 회전교차로 운영방식별 지체 비교분석 한국도로학회 논문집 제 14권 제2호 83-91)
- Xu, Feng and Tian, Zong Z., 2008, Driver Behavior and Gap Acceptance Characteristics at Roundabout in California, TRB 2008 Annual Meeting, 08-1154