

## 국내 로터리의 회전교차로 전환에 따른 통행비용 분석

### Analysis of Travel Cost According to Transferring from Rotary to Roundabout in Korea

임진강 Lim, Jin Kang | 정회원 · 충북대학교 도시공학과 박사과정 (E-mail : plue@nate.com)  
박병호 Park, Byung Ho | 정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** The goal of this study is to analyze the travel cost according to transferring from rotary to roundabout in Korea.

**METHODS :** This study gives particular attentions to investigating the existing 48 rotaries in Korea and building the networks of before and after improvements using VISSIM, and analyzing their travel costs.

**RESULTS :** The main results are as follows. First, from the field survey, the domestic rotaries were analyzed to need many improvements of geometric structure for the effective operation. Second, the difference of travel cost at 3-legged rotaries were evaluated to be less than other types of rotaries due to low traffic volume. Finally, the travel cost of 4-legged and multi-legged rotaries were analyzed to rapidly increase by increasing volume.

**CONCLUSIONS :** This study analyzes the effects using both real and simulation data unlike the existing studies. Also, this study suggests the future research topics which compare and evaluate the relations between real data and simulation outputs.

#### Keywords

rotary, roundabout, VISSIM, travel cost, average delay time per vehicle, Priority rule

Corresponding Author : Park, Byung Ho, Professor  
Department of Urban Engineering, Chungbuk National University,  
52 Naesundong-ro, Heungdeok-gu, Chungju-si, Chungbuk 361-463, Korea  
Tel : +82.43.261.2496 Fax : +82.43.264.2496  
E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ksre.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received May, 7, 2014 Revised May, 7, 2014 Accepted Aug, 1, 2014

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

정부는 교통운영체계 선진화 방안(2009)의 정책과제를 통해 교차로의 용량을 증대시키고, 안전성을 확립하고자 많은 노력을 기울이고 있다. 이 중 회전교차로의 도입 및 개선은 많은 연구에서 알려진 바와 같이 여러 가지 장점이 부각되어 선진화 방안 2단계 사업으로 장려되고 있다.

하지만 여러 가지 시행착오를 통해 점진적으로 발전되어온 유럽 및 미국과 달리, 회전교차로의 국내 도입은 최

근에 이루어졌기 때문에 운영방식이 국내 운전자들에게는 다소 생소하며, 로터리와 회전교차로의 차이점조차 제대로 인식하지 못하고 있는 실정이다.

가장 주목해야 할 점은 국내 회전교차로의 설계지침은 2010년 12월에 발간되어, 이 전의 많은 회전교차로는 잠정지침이나 혹은 일정한 기준 없이 설계되었다는 것이다. 따라서 교차로의 통일성이 결여되어 있으며, 많은 문제점들을 가진 채 로터리 형태로 운영되고 있다.

회전교차로는 안전성의 증진과 낮은 교통량에서의 지체, 연료소모 및 대기오염의 감소효과 등 그 우수성이 이미 세계적으로 인정되었으며, 국내·외 많은 연구 결과들

도 이를 뒷받침하고 있다. 그러나 기존 국내 연구들은 대부분 운영지체에 따른 회전교차로 효과분석이 주를 이루고 있다. 이는 회전교차로의 효과를 증명하기 위해 다각적인 측면에서 접근하여야 할 필요성이 있음을 시사한다.

이 연구는 로터리 형식으로 운영되고 있는 교차로를 회전교차로 형식으로 운영하였을 경우의 효과를 경제적 측면에서 분석한다. 이를 위해 유류비, 시간가치 등 현실적인 가치뿐만 아니라, CO<sub>2</sub> 등의 온실가스 배출에 따른 환경적 가치도 모두 포함한 하나의 통합적인 통행비용을 제시하고, 이를 통해 로터리와 회전교차로의 차이를 입증하고자 한다. 즉, 이 연구는 경제적 측면에서 회전교차로와 로터리를 비교하여 보다 나은 운영방식을 찾는 데 그 목적을 두고 있다.

따라서 이 연구는 교통운영체계 선진화 정책방안으로 회전교차로의 도입이 이루어지고 있는 지금 시점에서 반드시 필요한 연구라고 판단되며, 연구의 결과는 회전교차로의 전환 및 도입에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

## 1.2. 연구의 내용 및 방법

이 연구는 실제 국내에서 운영되고 있는 로터리 48개 지점을 선정하여 조사한 후, 교통공학 시뮬레이션 프로그램인 VISSIM을 활용하여 로터리에서 회전교차로로 전환할 경우 예상되는 효과를 분석한다. 이를 위한 연구의 과정은 다음과 같다.

첫째, 국·내외의 연구와 기존 문헌을 검토하여 통행비용을 산정하기 위한 과정을 검토한다. 둘째, 조사된 국내 48개 로터리의 문제점을 분석하고, 국내 로터리의 회전교차로로 전환하기 위한 개선기준을 마련한다. 셋째, 마련된 기준에 따라 VISSIM을 이용하여 국내 로터

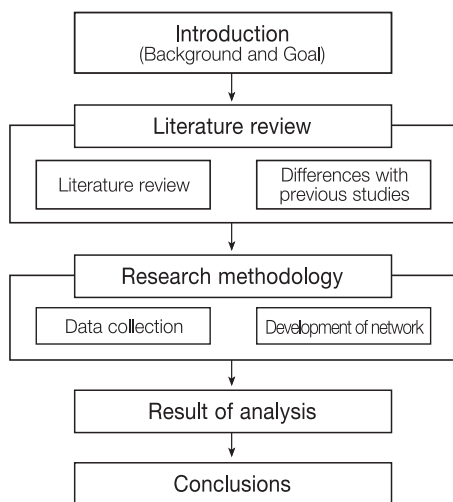


Fig. 1 Research Flow

리의 개선 전·후 네트워크를 작성한다. 넷째, 실제 조사된 교통량과 그 변화에 따른 다양한 시나리오를 분석하며, 마지막으로 모형을 통한 통행비용을 환산하여 연구의 결론을 제시한다.

## 2. 기존 문헌 고찰

### 2.1. 로터리와 회전교차로

일반적으로 알려진 회전교차로와 로터리의 가장 큰 차이점은 통행우선권에 있다. 회전교차로의 경우 회전차량이 진입차량보다 통행우선권을 가지며, 로터리의 경우 진입차량이 우선한다. 이는 교차로의 지체와 안전성에 직접적인 영향을 준다. 로터리의 경우 진입차량이 우선이기 때문에 일정 교통량 이상에서는 잠김 현상으로 높은 지체가 발생한다. 또한 감속이 없이 교차로를 통과하기 때문에 비신호로 운영할 경우엔 보행자 안전의 위험성을 높인다. 따라서 감속하여 접근로에 진입해야 하는 회전교차로가 안전성과 교통흐름에 있어 로터리보다 우수하다 할 수 있다. 이는 박병호 등(2012)의 연구 “로터리와 회전교차로 운영방식별 지체 비교분석”에서 찾아볼 수 있다.

국내에는 아직 회전교차로와 로터리가 혼용되어 있다고 할 수 있다. 아직 많은 운전자들이 회전교차로에 대한 이해가 낮기 때문에 비록 기하구조가 회전교차로의 설계지침을 충족할지라도 일부 로터리의 “끼어들기” 방식으로 운영되고 있다. 따라서 국내 회전교차로의 정착을 위해 많은 연구가 진행되어야 한다.

### 2.2. 통행비용

차량의 속도는 운전자 혹은 승객의 통행시간에 영향을 미친다. 속도의 향상은 인접지역에 투자할 수 있는 기회가 제공되기 때문에 매우 중요하다 할 수 있다. 「국토해

Table 1. Time Value of a Vehicle (standard 2009)

Classification		Occupancy	Time value per person	Time value	Average time value
Car	business	0.44	20,144	8,863	16,153
	non-business	1.11	6,567	7,289	
Bus	driver	1.00	15,032	15,032	63,590
	business	1.35	20,144	27,194	
	non-business	7.63	2,800	21,364	
Truck	driver	1.00	14,574	14,574	14,574

Source: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Evaluation guidelines of transportation facility investment, 2011.

Table 2. Models of Fuel Consumption

Vehicle type	Models
Car	$1/(-0.00325338V^2+0.47782761V+2.28593762)$
Small sized bus	$1/(-0.00250760V^2+0.36443089V+1.54330901)$
Large sized bus	$1/(-0.00073162V^2+0.10371089V+1.06854641)$
Small sized truck	$1/(-0.00205073V^2+0.25711696V+2.90910340)$
Middle sized truck	$1/(-0.00136819V^2+0.16318950V+1.06722744)$
Large sized truck	$1/(-0.00042379V^2+0.05886221V+0.88966832)$

Source:Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Evaluation guidelines of transportation facility investment, 2011.

Note: V = Travel speed

양부, 교통시설 투자평가지침 개정안, 2011」에서는 이러한 통행시간을 비용으로 환산할 수 있는 원단위를 제시하고 있다. 이 연구에서는 2009년 기준자료에 2010년 소비자물가 보정지수 1.108을 적용하여 분석한다.

유류비는 통행비용에 가장 큰 비율을 차지하며 실질적으로 운전자에게 크게 체감할 수 있는 비용이라 할 수 있다. 「국토해양부, 교통시설 투자평가지침 개정안, 2011」에서는 유류비와 속도와의 관계식을 제시하고 있으며, 이 관계식에는 두 가지 문제점을 안고 있다.

이 관계식은 평균속도를 이용하여 유류소모량을 환산하지만, 실질적으로 유류소모에 가장 큰 영향은 가속도에 있다. 원민수 등(2011)이 이를 보완하기 위해 차량속도패턴에 따른 연료소모량 관계식을 개발하였다.

Table 3. Fuel Consumption of Idling

Vehicle type	Fuel consumption	
Car	13cc/min	0.000216667ℓ /sec
Small sized bus	13cc/min	0.00021667ℓ /sec
Large sized bus	33cc/min	0.00055ℓ /sec
Small(Middle) sized truck	13cc/min	0.00021667ℓ /sec
Large sized truck	30cc/min	0.0005ℓ /sec

Source:Korea Energy Management Corporation (www.kemco.or.kr)

또한 제시된 관계식은 연속류와 관련한 모형식이기 때문에 교차로에서의 분석에 적용하기에는 한계가 있다. 교차로에서는 차량이 통과하기 위한 대기시간이 존재하기 때문이다. 이를 정지지체라 하며 변은아 등(2009)은 교차로에서의 통행비용 산정 시 관계식에 이를 추가 분석하였다. 즉, 공회전 시 소모되는 연료소모량과 대기에서 소모되는 연료소모량을 같다고 가정하여 교차로에서의 통행비용을 산정하였다. 연구에서도 이를 참고하여 정지지체에 따른 추가 연료소모량을 분석한다. 유류비

는 2010년 실질적인 휘발유 가격을 적용한다.

Table 4. Emission Coefficients by Vehicle Type

(Unit: g/km)

Classification		Emission coefficient models
Car		$1327.480269V^{-0.582211}$ (Less than 65km/h)
Van	Small sized	$2088.680541V^{-0.582211}$ (Less than 65km/h)
	Middle sized	$2807.689014(1.26009186+0.13705931V-0.00102907V^2)$
	Large sized	$2807.689014(0.8192729+0.0095835V-0.00034767V^2)$
Truck	Small sized	$1299.200185V^{-0.413665}$ (Less than 65km/h)
	Middle sized	$2807.689014(1.06722744+0.16318950V-0.00136819V^2)$
	Large sized	$2807.689014(0.88566832+0.05886221V-0.00042379V^2)$

Source:Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Evaluation guidelines of transportation facility investment, 2011

Note:The emission coefficient models more than 65km/h were omitted.

「국토해양부, 교통시설 투자평가지침 개정안, 2011」에서는 차종별 CO<sub>2</sub> 배출계수를 제시하고 있다. 이산화탄소 잠재가격 평균치, 이산화탄소 포집·제거비용 및 흡수원 비용 등을 고려하여 톤당 161,400원을 제시하였으며, 연구에서는 이를 적용하여 교차로 통과에서 배출되는 CO<sub>2</sub>를 비용으로 환산하였다.

Table 5. Emission Cost

Classification		Cost(Won/kg)
CO		10,426
HC		12,117
NOx		12,546
PM	Urban	842,436
	Rural	77,789
CO <sub>2</sub>		161.4

Source:Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Evaluation guidelines of Transportation facility investment, 2011

### 2.3. 국내·외 연구

기존연구와의 차별성을 제시하기 위한 과정으로 회전 교차로와 관련하여 그동안 진행되어 왔던 국내·외 연구를 고찰하였다. 검토된 연구의 내용은 다음과 같다.

정용일 등(2005)은 aaSIDRA 패키지 프로그램을 활용하여 4지 1차로 교차로를 유형별로 분석하였다. 신호 교차로, 회전교차로 및 비신호교차로를 대상으로 평균

지체와 V/C비를 분석지표로 활용하여 분석한 결과, 1,800대/시 이하의 진입교통량에서 회전교차로의 운영 효과가 가장 뛰어난 것으로 분석되었다.

심관보 등(2007)은 미시적 시뮬레이션 프로그램인 VISSIM을 활용하여 Y형 3지 교차로를 회전교차로로 도입에 따른 효과를 분석하였다. 실제 Y형 교차로를 대상으로 네트워크를 구축하여 분석하였으며, 분석결과 Y형 비신호 교차로를 회전교차로로 전환 시 용량의 증대와 안전성이 개선됨을 확인하였다.

박제진 등(2008)은 “지체와 사고를 고려한 평면교차로 적용기준에 관한 연구”에서 기존에 제시된 교통사고 예측모형을 통해 신호교차로, 비신호교차로 및 회전교차로의 사고를 도로 및 교통조건별로 예측하였다. 교통시뮬레이션 프로그램인 TSIS를 활용하여 지체를 산정하였으며, 이를 바탕으로 교차로 유형별 적용기준을 제시하였다.

인병철 등(2010)은 보행교통량을 고려하여 3지 신호교차로와 회전교차로를 VISSIM을 통해 분석하였다. 분석결과 보행자의 증가에 따라 회전교차로의 운영효율이 낮아지는 것으로 분석되었다. 또한 그들은 최적화된 4지 신호교차로와 회전교차로에 대한 분석도 수행하였으며 기존 연구결과와 부합되는 결론을 도출하였다.

Evbokia Vlahos(2008)는 SIDRA를 활용하여 매릴랜드 주와 델라웨어 주의 비신호교차로를 회전교차로 혹은 신호교차로로 도입 효과를 분석하였다. 분석결과 회전교차로와 신호교차로로 전환 시 운영효율이 증가하는 것으로 분석되었다.

Marilyn Valdez 등(2011)은 VISSIM 프로그램을 통하여 불균형 접근교통량에 따른 회전교차로의 운영효율을 평가하였다. 분석을 위해 캔사스시티의 세리던가도와 로저스도로의 회전교차로를 대상으로 선택하여 Calibration 작업을 수행하였고, 총 507개의 시나리오를 분석하여 결론을 도출하였다.

Federco Cicu 등(2011)은 “VISSIM Calibration of Roundabouts Traffic Performance”에서 VISSIM을 이용한 회전교차로 네트워크 작업 시 적용하는 매개변수를 추정하였다. 실제 운영되고 있는 회전교차로를 조사하여 자료를 수집하였고, 이를 통해 임계간격과 속도 및 차량추종모형을 제시하였다.

E.O.Fajimi 등(2001)은 회전교차로의 운영성과를 비교·평가하기 위해 캐나다 온타리오주 오타와에 설치되어 있는 신호교차로와 회전교차로를 조사 및 분석하였다. 동영상 분석을 통해 속도, 지체 및 운전자 행태를 분

석하여 회전교차로의 운영효율을 제시하였다.

## 2.4. 기존연구와의 차이점

이 연구는 국내에서 운영 중인 로터리를 회전교차로로 전환 시 예상되는 효과를 통행비용 측면에서 분석하였으며, 기존연구와의 차이점은 다음과 같다.

Table 6. Summary of Differences with Previous Studies

Author	Year	Analysis tool	Evaluation criteria
B.H. Park Y.I. Jung	2005	AASIDRA	Average delay time per vehicle
K.B. Sim P.N. Lim	2007	VISSIM	Average delay time per vehicle
J.J. Park H.M. Jung T.J. Ha	2008	TSIS, accident models	Accident cost, fuel consumption cost
E. Vlahos A. Polus D. Lacombe P. Ranjittkar A. Faghri B. R. Fortunato III	2008	AASIDRA	Average delay time per vehicle
B.C. In K.H. Kim B.H. Park	2010	VISSIM	Average delay time per vehicle
M. Valdez R.L. Cheu C. Duran	2011	VISSIM	Average delay time per vehicle
E.O. Fajimi Y. Hassan	2011	Video	Speed, driver behavior
F. Gross C. Lyon B. Persaud R. Srinivasan	2012	VISSIM, video	Gap acceptance, Speed
This study	2014	VISSIM	Time value cost fuel consumption cost emission cost

첫째, 기존에 진행되어온 연구는 Table 6과 같이 차량당 평균제어지체를 분석지표로 한 연구가 주를 이루었다. 박제진 등(2008)은 통행비용과 사고비용을 분석지표로 사용하였지만, TSIS 프로그램을 활용하였으며 이상적인 형태의 교차로에 국한되어 있다.

둘째, 현재 국내에서 운영 중인 로터리의 문제점을 종합하여 제시한다. 기존 선행연구들은 이상적 형태의 교차로 분석이 대부분이다. 심관보 등(2007)은 VISSIM을 통해 실제 비신호교차로를 회전교차로로 전환 시 운영효과를 분석하였으나, 해당 교차로가 가지는 문제점을 간과한 채 단순 비교·분석만을 수행하였다.

셋째, 전국에서 운영되는 로터리를 대상으로 설정하

여 분석을 수행한다. 실제 운영되고 있는 로터리를 네트워크로 구현하여 분석을 수행하며, 실제 조사된 자료를 기반으로 분석을 수행하기 때문에 로터리와 회전교차로의 운영효과를 현실에 가깝게 분석을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

### 3. 분석의 틀 설정

#### 3.1. 자료수집 및 문제점 분석

2010년 전국에서 운영 중인 48개의 로터리를 대상으로 기하구조 및 운영현황 조사와 함께 동영상 자료를 수집하였으며, 이를 통해 로터리의 문제점을 분석하였다.

조사된 자료를 근거로 국내 로터리는 분리교통섬, 회전부, 속도저감시설, 횡단보도, 주차장 운영, 기하구조 형태 및 통행우선권 등 많은 설계요소 및 운영에서 문제점을 지니고 있는 것으로 분석되었다. 보행자의 안전을 위해 필수 설치요소인 분리교통섬, 횡단보도, 속도저감시설 등이 없을 경우가 많이 발견되었으며, 노상주차장 운영으로 차량의 원활한 흐름을 저해하였다. 또한 회전부의 비원형화, 삼각형 형태의 기하구조 등 부적절한 설계형태로 안전성을 위협하는 상황이 발견되었다.



Fig. 2 Problems of Rotary in Korea

Table 7. Criteria for Improvements in Rotary

Criteria	Contents
Splitter island	Splitter island(Yes/No), optimal size of splitter island
Speed control facilities	Speed hump(Yes/No), Size of Entry angle
Lane	Number of lane and width of lane according to roundabout guideline
Crosswalk	Crosswalk(Yes/No), Safety area(Yes/No), Distance from intersection
Parking lot	Parking lot(Yes/No)
Right-turn bypass lane	Right-turn bypass lane(Yes/No)
Circulation point	Circular central island(Yes/No), appearance of Circulation point(Circular/Non circular)
Priority rule	Priority rule(Entering vehicle/Circulating vehicle)

이 연구에서는 조사된 3지 10개, 4지 18개 그리고 다지 20개 총 48개 로터리의 문제점과 「2010 회전교차로 설계지침」을 참고하여 총 8가지 측면의 회전교차로 전환을 위한 개선 기준을 마련하였다.

#### 3.2. 네트워크 구축 및 파라메타 설정

분석을 위해 VISSIM 네트워크에 다음과 같은 파라메타를 가정하여 적용하였다. 첫째, 속도는 40km/h로 교차로를 진입하여 회전차로에서 25km의 속도로 회전하는 것으로 가정하였다. 둘째, 과속방지턱을 설치한 경우 진입부에서 20~25km/h로 감속하는 것으로 가정하였다. 셋째, 보행교통량을 가정하였으며 접근로별로 1시간당 50명이 통행하는 것으로 적용하였다. 넷째, 분석의 현실적 모사를 위해 김태영 등(2012)의 연구를 참고하여 국내 운전자의 행태가 반영된 2.58초의 임계간격을 적용하였다.

전술한 교차로별 개선사항을 기하구조와 운영 측면으로 VISSIM Network에 적용하였다. 기하구조 측면의 경우, 현재의 기하구조를 최대한 실제 교차로의 면적 이내에서 개선하였다. 또한 통행우선권 설정을 통해 운영 측면을 개선하였으며, 개선 전은 진입차량에 개선 후는 회전차량에 우선권을 부여하였다. 다음은 대표적인 기하구조 측면과 운영 측면에서의 개선사항을 네트워크에 적용한 예이다.

A는 회전부의 개선 전·후를 나타낸 것으로, 불규칙한 회전차로 폭을 개선하고 중앙교통섬을 원형화한 것이다. B는 분리교통섬의 적용을 나타낸 것으로 횡단보도



와 연계하여 안전지대를 확보한 것이다. C는 회전부 내에 주차장이 운영되고 있는 교차로를 대상으로 주차장의 폐쇄를 가정하고, 남은 공간을 우회전 별도차로로 활용한 것이다. D는 횡단보도의 위치를 변경시킨 것이다. 안전지대 확보가 되지 않은 교차로를 대상으로 하였으며, 개선을 통해 보행자의 안전지대가 확보되도록 하였다. E는 운영 측면의 개선으로 Priority Rule 기능을 활용하여 차량에 통행우선권을 부여한 것이다.

Priority Rule은 1개의 정지선(점선)에 1개 이상의 상충메이커(실선)를 적용할 수 있다. 상충메이커의 주요 파라미터는 Gap Time과 Headway 값이며, 이 값들을 통해 차량의 우선권을 적용할 수 있다.

이 외에도 과속방지턱의 설치, 접근로의 굴곡화, 회전차로 수 및 진출입차로 수 변경, 분리교통섬 크기 변경 등 “2010 회전교차로 설계지침”을 참고하여 변경하였다.

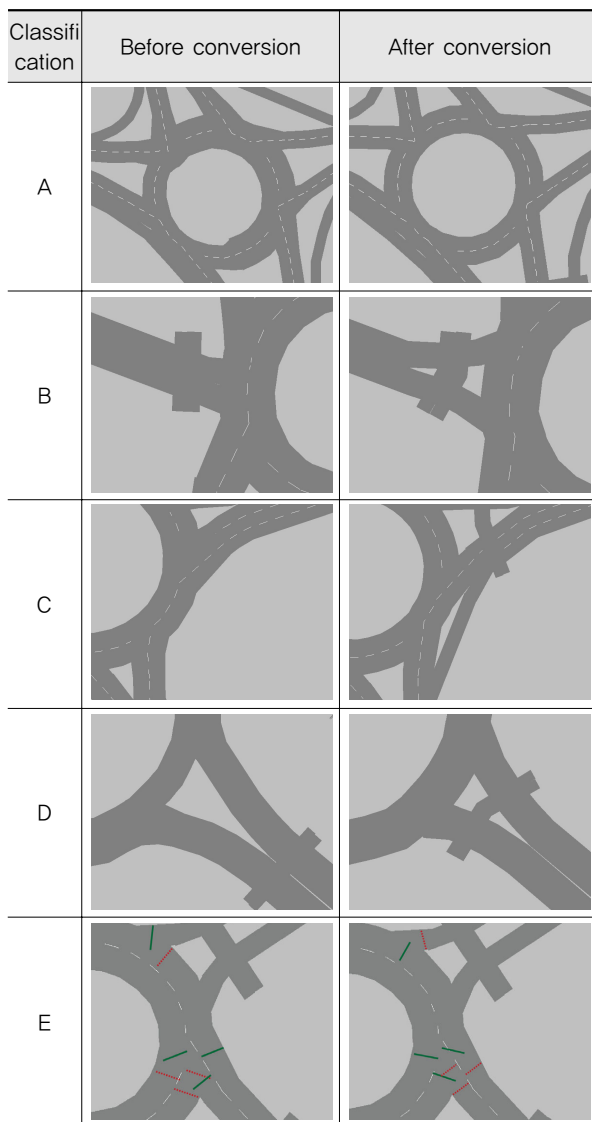


Fig. 3 Examples of Applied Improvements in VISSIM

## 4. 분석결과

### 4.1. 3지 로터리

3지 로터리의 개선 전·후에 따른 통행비용의 분석결과는 다음과 같다. 우선 현재 교통량(100%)을 적용할 경우 통행비용의 차이는 평균 456원으로 개선 전·후의 차이가 거의 없는 것으로 분석되었다. 이는 운영 측면 분석결과와 흐름과 부합되는 결과로 평가되었다. 둘째, 현재 교통량의 150%를 적용할 경우 안양로터리를 제외한 모든 교차로에서 개선 전·후의 차이가 없는 것으로 분석되었으며, 전체평균 1.5%의 절감률을 보였다. 셋째, 현재 교통량의 200%를 적용할 경우 안양로터리 및 오산리교차로에서 개선 후 통행비용의 절감효과가 있는 것으로 분석되었으며, 전체평균 5.5%의 절감률이 있는 것으로 평가되었다.

Table. 8 Travel Cost Analysis in 3-Legged Rotaries

Intersection Name	Volume ratio(%)	Before improvement (Won)	After improvement (Won)
Songdo Rotary (volume: 1,364 veh.)	100	119,959	119,852
	150	195,803	196,086
	200	258,177	246,058
Anyang Rotary (volume: 1,572 veh.)	100	33,557	34,947
	150	222,035	203,980
	200	345,130	300,162
Seonyu Rotary (volume: 772 veh.)	100	68,901	69,568
	150	105,087	106,002
	200	141,202	142,739
Oasan-ri Rotary (volume: 816 veh.)	100	72,513	73,978
	150	107,770	110,942
	200	146,462	137,873
Rail Station 3-leg Intersection (Volume: 280 veh.)	100	23,964	24,264
	150	35,049	35,486
	200	46,848	47,300
Namgwang Intersection (Volume: 256 veh.)	100	22,766	22,427
	150	32,466	32,723
	200	43,051	43,368
Rajetongmun 3-leg Intersection (Volume: 143 veh.)	100	15,629	15,772
	150	22,585	22,845
	200	31,126	31,475
Jeoksang 3-leg Intersection (Volume: 77 veh.)	100	6,553	6,655
	150	11,188	11,370
	200	14,210	14,408
Wolgok Intersection (Volume: 418 veh.)	100	36,934	37,356
	150	54,242	54,705
	200	74,232	75,203
Geumak 3-leg Intersection (Volume: 232 veh.)	100	21,236	21,752
	150	32,260	31,767
	200	43,142	42,502

Note: The shaded cells mean that the difference is more than 5%.

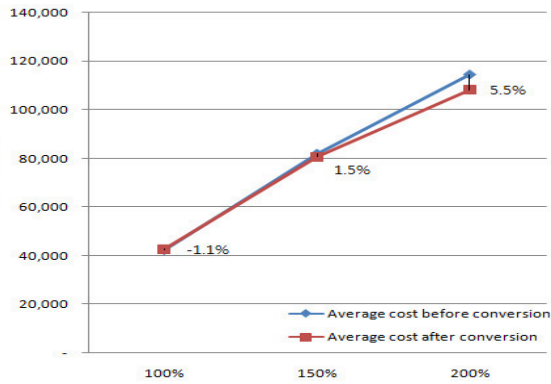


Fig. 4 Comparison of Before and After Improvement in 3-Legged Rotaries

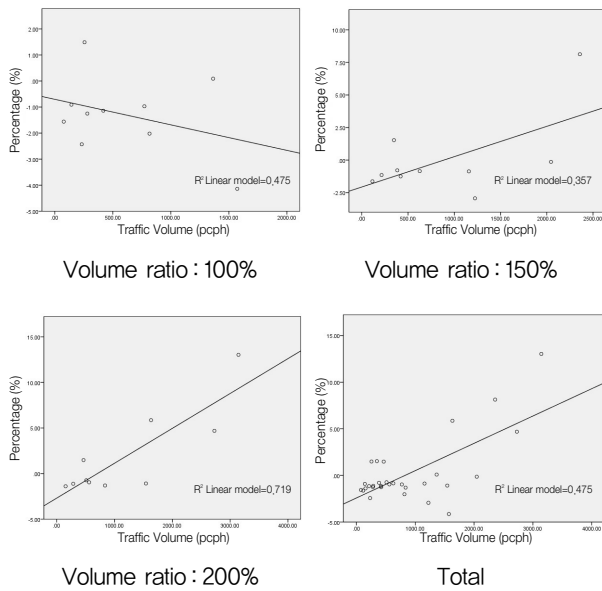


Fig. 5 Differences of Travel Cost by Traffic Volume in 3-Legged Intersections

Fig. 5는 교통량에 따른 통행비용 절감율을 그룹별로 나타낸 것이다. 3지 교차로의 경우 현재교통량이 적용된 그룹은 교통량이 높을수록 절감율이 다소 감소하는 경향을 확인할 수 있다. 그러나 150% 및 200%의 교통량 그룹에서는 교통량이 높을수록 절감율도 증가하는 경향을 보이는 것으로 분석되었다. 또한 모든 교통량에 따른 절감율을 살펴보면, 교통량이 높을수록 절감율이 증가하는 것으로 평가되었다.

#### 4.2. 4지 로터리

분석된 4지 로터리의 개선 전·후에 따른 통행비용의 결과 값은 다음과 같다. 우선 현재 교통량(100%)을 적용할 경우 영선로터리를 제외한 모든 교차로에서 통행비용의 차이가 적은 것으로 분석되었다. 둘째, 현재

Table 9. Travel Cost Analysis in 4-Legged Rotaries

Intersection Name	Volume ratio(%)	Before improvement (Won)	After improvement (Won)
Dapsimni Rotary (volume: 1,332 veh.)	100	117,266	118,719
	150	746,632	200,665
	200	1,094,128	378,593
Hyochang Park Hyochang Park (volume: 668 veh.)	100	57,506	58,085
	150	88,060	88,873
	200	118,008	118,913
Yeongseon upper Rotary (volume: 1,628 veh.)	100	311,452	164,269
	150	1,067,134	415,919
	200	1,434,494	570,125
Everland 4-leg Intersection (volume: 584 veh.)	100	49,925	49,984
	150	76,507	76,822
	200	101,590	102,188
Pogok Middle School Intersection (volume: 624 veh.)	100	55,463	55,894
	150	82,350	83,128
	200	111,844	112,804
Eunhaengnamu Rotary (volume: 556 veh.)	100	47,302	47,593
	150	72,310	73,293
	200	95,023	96,018
Taepyeong Intersection (volume: 1,216 veh.)	100	87,369	87,773
	150	288,427	153,668
	200	866,566	307,114
Donghae City Hall Rotary (volume: 1,504 veh.)	100	110,640	109,241
	150	169,681	168,996
	200	237,877	235,296
Wondong Intersection (volume: 801 veh.)	100	56,183	57,329
	150	89,142	90,571
	200	127,890	136,108
Dongsan Intersection (volume: 1,149 veh.)	100	85,723	87,458
	150	137,829	141,085
	200	620,249	227,153
Fire Station Rotary (volume: 1,200 veh.)	100	110,585	110,514
	150	166,627	164,846
	200	303,515	237,850
Buyeo County Office Rotary (volume: 1,274 veh.)	100	112,209	113,319
	150	179,131	181,248
	200	818,629	309,818
Gangjin Terminal Intersection (volume: 1,112 veh.)	100	89,004	88,994
	150	1,279,496	224,760
	200	2,087,207	464,915
Gyo-ri 4-leg Intersection (volume: 515 veh.)	100	44,354	44,548
	150	68,248	68,597
	200	91,850	92,545
Andong Fountain 4-leg Intersection (volume: 1,460 veh.)	100	125,841	126,312
	150	204,126	205,100
	200	806,494	354,510
Geochang Rotary (volume: 1,332 veh.)	100	125,781	123,985
	150	671,717	260,976
	200	1,086,998	423,545
Bonggok Plaza 4-leg Intersection (volume: 1,905 veh.)	100	150,927	147,139
	150	267,221	236,396
	200	832,102	564,110
Ojuk Plaza 4-leg Intersection (volume: 1,329 veh.)	100	93,313	93,599
	150	145,778	147,346
	200	245,078	216,848

Note: The shaded cells mean that the difference is more than 5%.

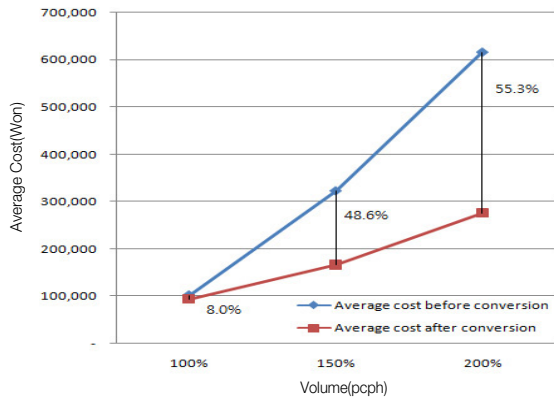


Fig. 6 Comparison of Before and After Improvement in 4-Legged Rotaries

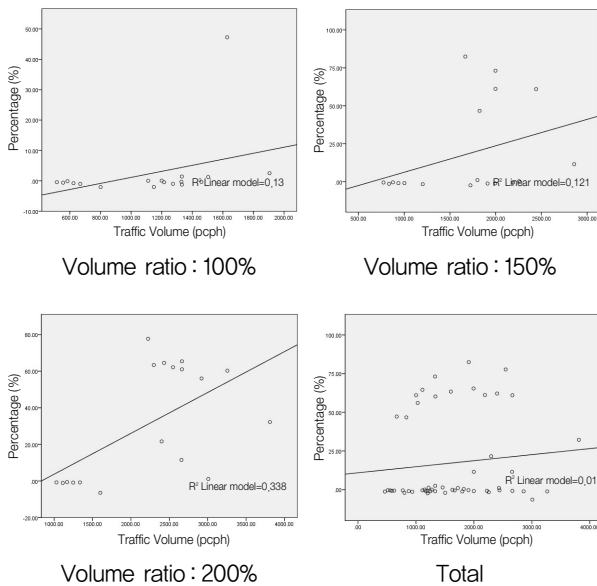


Fig. 7 Differences of Travel Cost by Traffic Volume in 4-Legged Intersections

교통량의 150%를 적용할 경우 답십리로터리, 영선윙로터리, 태평교차로, 강진터미널교차로, 거창로터리 및 봉곡광장사거리에서 개선 후 통행비용 절감효과가 있는 것으로 평가되었다. 셋째, 현재 교통량의 200%를 적용할 경우 총 11개의 교차로에서 통행비용의 절감효과가 있는 것으로 분석되었다.

전반적으로 교통량의 증가에 따라 감소효과가 있는 것으로 나타났으며 150% 교통량에서 전체 평균 48.6%, 그리고 200% 교통량에서 55.3%의 절감효과가 있는 것으로 분석되었다. 현재 교통량을 적용할 경우 대부분의 교차로에서 통행비용의 절감효과를 얻지 못했지만, 교통량의 증가에 따라 통행비용 절감효과는 급격히 증가하는 것으로 평가되었다.

Fig. 7은 4지 교차로의 교통량에 따른 통행비용 절감

를 그룹별로 나타낸 것이다. 현재 교통량이 적용된 그룹은 교통량이 높을수록 절감율이 소폭 증가하는 경향을 확인할 수 있으며, 150% 및 200%의 교통량 그룹에서는 교통량이 높을수록 절감율도 급격히 증가하는 것으로 평가되었다.

### 4.3. 다지 로터리

다지 로터리의 개선 전·후에 따른 통행비용 분석 결과 값은 다음과 같다. 첫째, 현재 교통량(100%)을 적용할 경우 서희동상오거리, 화천대교오거리, 1호광장로터리 및 김제시청오거리 및 서광서리교차로를 제외한 모든 교차로에서 개선에 따른 통행비용 절감효과가 없는 것으로 분석되었다. 둘째, 현재 교통량의 150%를 적용할 경우 황계로터리, 탑원교차로, 사곡사거리, 김제경찰서오거리, 군청로터리 및 남원로터리를 제외한 모든 교차로에서 개선에 따른 통행비용 절감효과가 있는 것으로 분석되었다. 셋째, 현재 교통량의 200%를 적용할 경우 대부분의 교차로에서 개선 후 통행비용의 절감효과가 있는 것으로 분석되었다.

전반적으로 교통량의 증가에 따라 감소효과가 있는 것으로 나타났으며 150% 교통량에서 전체 평균 48.1%, 그리고 200% 교통량에서 53.7%의 절감효과가 있는 것으로 평가되었다.

Table 10. Travel Cost Analysis in Multi-Legged Rotaries

Intersection Name	Volume ratio(%)	Before improvement (Won)	After improvement (Won)
Market Rotary (volume: 1,472 veh.)	100	133,533	133,253
	150	222,433	217,200
	200	1,107,082	393,979
Seohee Bronze sculpture 5-leg Intersection (volume: 1,484 veh.)	100	138,213	133,917
	150	1,054,172	252,017
	200	1,419,514	514,242
Bongsan Rotary (volume: 1,796 veh.)	100	162,869	163,432
	150	543,571	316,006
	200	1,464,172	577,871
Geumchon 2 Plaza (volume: 1,812 veh.)	100	162,934	162,910
	150	1,057,160	309,190
	200	1,647,214	642,681
Hoenggye Rotary (volume: 572 veh.)	100	49,016	49,245
	150	75,898	76,298
	200	100,772	101,583
Hwacheon Bridge 5-leg Intersection (volume: 735 veh.)	100	66,135	62,320
	150	104,132	99,568
	200	142,409	137,166



Gangyai Seopyeong Intersection (volume: 1,069 veh.)	100	92,621	92,976
	150	244,841	160,166
	200	550,885	257,347
Tabwon Intersection (volume: 960 veh.)	100	86,769	87,501
	150	132,536	133,437
	200	442,393	229,654
Plaza No.1 Rotary (volume: 2,158 veh.)	100	556,775	360,687
	150	1,156,009	729,484
	200	1,753,060	992,346
Sagok 4-leg Intersection (volume: 892 veh.)	100	81,363	82,189
	150	127,051	128,027
	200	515,521	188,606
West Elementary School 4-leg Intersection (volume: 1,512 veh.)	100	136,465	137,191
	150	967,586	304,180
	200	1,375,145	556,151
Gimje City Hall 5-leg Intersection (volume: 1,597 veh.)	100	142,012	131,547
	150	413,754	238,387
	200	1,501,809	443,156
Gimje Police Station 5-leg Intersection (volume: 997 veh.)	100	88,098	88,867
	150	136,894	137,658
	200	203,712	198,298
Nammun 4-leg Intersection (volume: 1,112 veh.)	100	98,956	98,417
	150	157,771	153,671
	200	279,697	212,144
County Office Rotary (volume: 576 veh.)	100	54,888	54,116
	150	80,210	79,831
	200	108,708	107,425
Hwasun Bridge 4-leg Intersection (volume: 1,380 veh.)	100	127,066	129,719
	150	329,614	218,584
	200	638,766	409,566
Kkotdongsan Rotary (volume: 1,543 veh.)	100	140,899	146,112
	150	957,640	256,506
	200	1,429,148	478,805
Jinju Girls' Middle School 5-leg Intersection (volume: 1,308 veh.)	100	114,146	116,610
	150	849,963	259,070
	200	1,199,428	481,708
Namwon Rotary (volume: 460 veh.)	100	40,241	40,387
	150	62,139	62,340
	200	84,232	84,540
Seogwangseori Intersection (volume: 203 veh.)	100	21,912	19,225
	150	31,161	27,463
	200	40,930	36,380

Note: The shaded cells mean that the difference is more than 5%.

Fig. 9는 다지교차로의 교통량에 따른 통행비용 절감율을 그룹별로 나타낸 것이다. 현재 교통량을 적용할 경우 교통량이 높아질수록 증감율도 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 150% 및 200% 교통량 그룹을 살펴보면, 교통량 증가에 따라 절감율 증가는 급격하게 증가하는 것을 확인 할 수 있다.

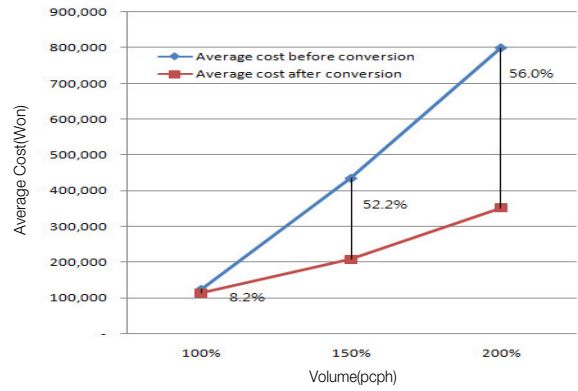


Fig. 8 Comparison of Before and After Improvement in Multi-Legged Rotaries

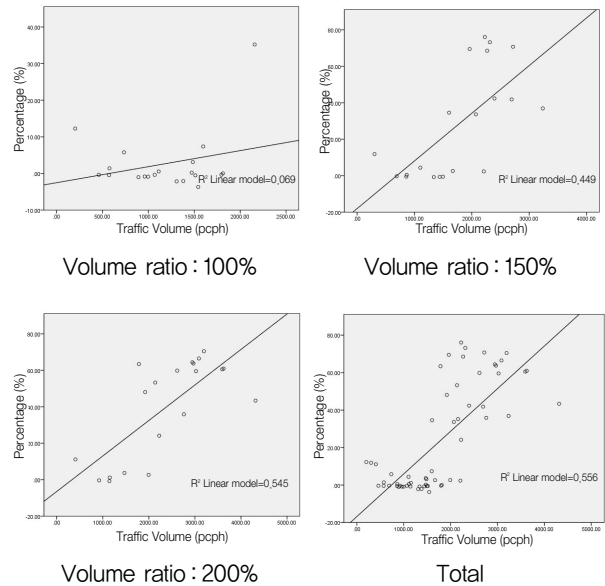


Fig. 9 Differences of Travel Cost by Traffic Volume in Multi-Legged Intersections

#### 4.4. 분석종합

Table 10은 국내 로터리의 개선 전·후에 따른 통행비용 절감효과를 정리한 것이다. 분석결과 교통량이 증가할수록 개선에 따른 통행비용 절감효과를 보이는 것으로 평가되었다. 교통량 200%를 적용할 경우 3지 로터리가 평균 5.5%의 통행비용 절감률로 가장 낮고, 다지 로터리가 56.0%로 가장 높은 감소율을 보이는 것으로 분석되었다.

3지 로터리에서 현재 교통량 적용 시 -1.1%로 통행비용의 절감효과를 얻지 못하였으며, 이는 3지 로터리의 현재 교통량이 적어 개선 전·후의 평균통행속도의 차이가 적기 때문인 것으로 평가되었다.

Fig. 10은 모든 교통량에 따른 통행비용 절감률을 나

타낸 것이다. 낮은 교통량에서는 통행비용의 차이가 적은 것으로 분석되었으나, 교통량 증가에 따라 통행비용이 급격하게 절감하는 것으로 평가되었다. 이는 평균속도는 통행비용에 가장 큰 영향을 미치며, 실제 운영되고 있는 교통량이 적으면 평균통행속도 차이도 적어지기 때문인 것으로 판단된다.

Table 11. Reduction Effect by Intersection Type

Classification	Volume ratio(%)	Average cost before conversion (won)	Average cost after conversion (won)	Reduction ratio(%)
3-legged	100	42,201	42,657	-1.1
	150	81,849	80,591	1.5
	200	114,358	108,109	5.5
4-legged	100	101,714	93,598	8.0
	150	322,245	165,683	48.6
	200	615,530	274,914	55.3
Multi-legged	100	124,746	114,531	8.2
	150	435,227	207,954	52.2
	200	800,230	352,182	56.0
Average	100	98,912	91,707	7.3
	150	319,238	165,568	48.1
	200	588,077	272,358	53.7

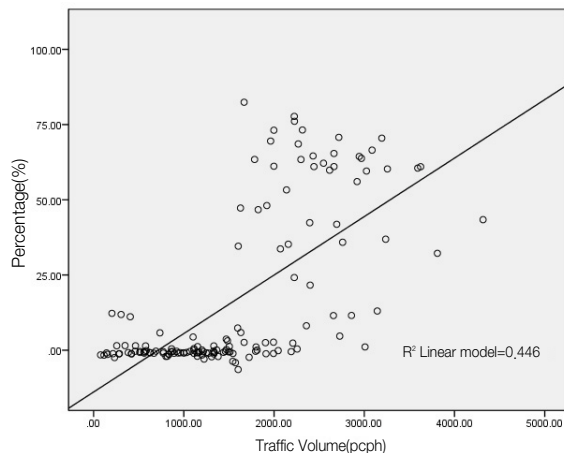


Fig. 10 Differences of Travel Cost by Traffic Volumes

## 5. 결론

이 연구는 실제 국내에서 운영되고 있는 로터리 개선 전·후에 따른 통행비용 효과를 분석하였으며, 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 전국에서 운영되고 있는 로터리 48개 지점을 조사한 결과 기하구조 및 운영 측면에서 많은 문제점이 발견되었다. 특히 회전교차로의 기하구조를 가지고 있

는 교차로의 경우에도 우선권의 확립이 이루어지지 않았다.

둘째, 3지 로터리의 경우 전체적으로 개선 전·후에 따른 통행비용 절감효과가 거의 없는 것으로 분석되었다. 이는 대부분의 교차로에서 실제 운영되고 있는 교통량이 적어 평균통행속도 차이가 적기 때문인 것으로 판단된다.

셋째, 4지 로터리는 교통량의 증가에 따라 통행비용 절감효과가 크게 증가하였으며, 전체평균 55.3%의 감소율을 보이는 것으로 평가되었다.

마지막으로 다지 로터리의 경우 교통량의 증가에 따라 통행비용 절감효과가 급격히 증가하였으며, 전체평균 56.0%의 감소율을 보였다.

이 연구는 기존 연구들과는 달리 실증적인 자료를 바탕으로 통행비용을 분석한 점에 의의가 있다. 연구에서도 출된 결과에 따라 로터리를 회전교차로로 전환이 필요한 것으로 판단된다. 아직 국내에서는 통행우선권 확립이 이루어지지 않았기 때문에 향후 기하구조만 개선될 경우의 분석도 필요하다. 또한 회전교차로와 관련된 실증적인 연구는 계속 진행되어야 하며, 이 연구가 국내 회전교차로의 성공적 도입에 기여할 수 있기를 기대한다.

## References

- Byun, E.A., Kim, Y.C., Ahn, S.Y., Ko, K.D., Yoon, S.Y., 2009. Study on the Development of an Economic Efficiency Model Considering Vehicle Operating Cost Properties of Signalized Intersections, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 27, No. 2, 199-206.
- Cicu, F., Illotta, P. F., Bared, J., Isebrands, H., 2011. VISSIM Calibration of Roundabouts Traffic Performance, *TRB 2011 Annual Meeting*.
- Evbokia, V., 2008. Evaluating the Conversion of All-Way Stop-Controlled Intersections into Roundabouts, *TRB 2008 Annual Meeting*.
- Fajimi, E. O., Hassan, Y., 2011. Comparative Evaluation of Roundabout's Operational Performance, *TRB 2011 International Roundabout Conference*.
- Gross, F., Lyon, C., Persaud, B., Srinivasan, R., 2012. Safety Effectiveness of Converting Signalized Intersections to Roundabouts, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 50, January 2013, 234-241.
- In, B. C., Kim, K. H., Park, B. H., 2010. A Study on the Operational Efficiency of 3-Leg Roundabout in Consideration of the Pedestrian Traffic, *Journal of Korea Planners Association*, Vol. 45, No. 2, 219-226.
- Kim, T.Y., Park, M.K., Park, B.H., 2012. A Critical Gap Model for

- Roundabouts in Korea, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 30, No. 2, 93-100.
- Korea Petroleum Association, 2010. Price Trend of Gasoline and Diesel in Korea.
- Marilyn, V., Ruey, L. C., Carlos, D., 2010. Operations of Modern Roundabout with Unbalanced Approach Volumes, TRB 2010 Annual Meeting.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2010. Roundabout Guideline.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2011. Evaluation Guidelines of Transportation Facility Investment.
- Park, B. H., Jung, Y. I. 2005. Performance Evaluation of 4-leg and 1-lane Modern Roundabout Using SIDRA, *Journal of the Korean Regional Development Association*, Vol. 17, No. 2, 89-106.
- Park, J. J., Jung, H. M., Ha, T. J., 2008. A Study on Application Standard of At-grade Intersection Considering Both Delay and Accident, *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 28, No. 3, 295-306.
- Shim, K. B., Lim, P. N., 2007. An Analysis of Effectiveness and Development of Warrant to Transform Y-Type Intersection into Roundabout, *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 9, No. 4, 105-116.
- Won, M.S., Kang, K.P., Kim, J.W., 2011. A Estimation Model of The Fuel Consumption Based on The Vehicle Speed Pattern, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 29, No. 4, 65-71.