



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

多枝交叉路의 回轉交叉路 變換에
따른 效果分析

- 濟州地域을 中心으로 -

Effectiveness Analysis for Transforming
Many-Legs Type Intersection into Roundabout in Jeju

濟州大學校 産業大學院

建設環境工學科

土木工學 專攻

高 尙 翼

2011 年 6 月

Effectiveness Analysis for Transforming
Many-Legs Type Intersection into
Roundabout in Jeju

Sang Ick KO

(Supervised by Professor Dong Wook Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for
the degree of Master of Engineering

2011. 6

This thesis has been examined and approved by

Thesis director, Byung-Gul Lee, Prof. of Civil & Ocean Engineering

Thesis director, Sang-Jin Kim, Prof. of Civil & Ocean Engineering

Thesis director, Dong Wook Lee, Prof. of Civil & Ocean Engineering

June. 2011

Department of Construction and Environmental Engineering
GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

多枝交叉路의 回轉交叉路 變換에

따른 效果分析

- 濟州地域을 中心으로 -

指導教授 李 東 昱

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2011年 6月

濟州大學校 産業大學院

建設環境工學科

土木工學 專攻

高 尙 翼

高尚翼의 工學 碩士學位 論文으로 認准함

2011年 6月

委 員 長 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

목 차

목 차	i
표 목 차	iv
그림 목차	vi
Summary	viii
I. 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위와 방법	2
II. 기존연구 고찰	4
III. 회전교차로의 이론적 고찰	6
3.1 회전교차로의 정의 및 운영원리	6
3.1.1 회전교차로의 정의	6
3.1.2 회전교차로의 운영원리	6
3.1.3 회전교차로의 구조 및 용어정의	8
3.2 회전교차로의 유형 및 장·단점	10
3.2.1 회전교차로의 유형	10
1) 기본유형	10
2) 특수유형	13
3.2.2 회전교차로의 장점 및 단점	16
1) 회전교차로의 장점	16

2) 회전교차로의 단점	20
3.3 회전교차로의 설치운영 사례	22
3.3.1 국내의 회전교차로 운영사례	22
3.3.2 회전교차로의 국외사례	25
3.4 녹색 교통을 위한 국가정책	31
3.4.1 교통운영체계 선진화 정책	31
3.4.2 제주특별자치도 회전교차로 정책	32
IV. 분석의 틀 및 대상지점 선정	36
4.1 분석의 틀 설정	36
4.1.1 분석프로그램	36
4.2 교통혼잡비용의 구성요소	37
4.2.1 차량운행비용의 분석	38
1) 고정비	38
2) 변동비	41
4.2.2 시간가치비용의 분석	42
4.3 분석대상 교차로	43
1) 명월사거리	43
2) 교래사거리	46
3) 토평사거리	48
4) 신호입구 삼거리	50
5) 하효입구 삼거리	52
4.4 분석시나리오	54
V. 회전교차로의 효과분석	55
5.1 대상지점 운영분석	55
1) 명월사거리 교차로 운영분석 결과	55
2) 교래사거리 교차로 운영분석 결과	56
3) 토평사거리 교차로 운영분석 결과	57

4) 신호입구 삼거리 교차로 운영분석 결과	58
5) 하효입구 삼거리 교차로 운영분석 결과	60
5.2 운영분석에 따른 교통혼잡비용 분석	61
5.2.1 차량운행비용	61
1) 고정비	61
2) 변동비	63
5.2.2 시간가치비용	66
5.3 소결	70
VI. 결 론	73
6.1 연구의 종합 및 정책제언	73
6.2 향후 연구과제	75
REFERENCES	76
감사의 글	77

표 목 차

<표 3-1> 회전교차로와 교통서클의 비교	7
<표 3-2> 회전교차로의 주요 용어 정의	9
<표 3-3> 회전교차로의 장점 및 단점	21
<표 3-4> 국내 회전교차로의 설치 운영 현황	22
<표 3-5> 회전교차로의 경제적 기대효과	32
<표 3-6> “교통사고 잦은 곳”에서 장소별 사고유형별 사고현황	33
<표 3-7> 제주도 자동차 1만대당 사망자 현황	34
<표 3-8> 제주도 인구 10만명당 사망자 현황	34
<표 3-9> 회전교차로 추진계획 및 소요예산	35
<표 4-1> 연도별 고정비의 원단위 값 종합비교표	40
<표 4-2> 차종별 속도-연료 소비모형	41
<표 4-3> 통행목적별, 차종별 시간가치 비용	42
<표 4-4> 제주도 회전교차로 실시설계 현황	43
<표 4-5> 명월사거리 교차로 현황 및 위성사진	44
<표 4-6> 명월사거리 회전교차로 설계기준	45
<표 4-7> 교래사거리 교차로 현황 및 위성사진	46
<표 4-8> 교래사거리 회전교차로 설계기준	47
<표 4-9> 토평사거리 현황 및 위성사진	48
<표 4-10> 토평사거리 회전교차로 설계기준	49
<표 4-11> 신호입구 삼거리 교차로 현황 및 위성사진	50
<표 4-12> 신호입구 삼거리 회전교차로 설계기준	51
<표 4-13> 하효입구 삼거리 교차로 현황 및 위성사진	52
<표 4-14> 하효입구 삼거리 회전교차로 설계기준	53
<표 5-1> 명월사거리 개선 전·후 운영 분석결과	55
<표 5-2> 교래사거리 개선 전·후 운영 분석결과	57
<표 5-3> 토평사거리 개선 전·후 운영 분석결과	58

<표 5-4> 신호입구 삼거리 개선 전·후 운영 분석결과	59
<표 5-5> 하효입구 삼거리 개선 전·후 운영 분석결과	60
<표 5-6> 2008년 고정비의 원단위 값 종합비교표 요약	61
<표 5-7> 교차로별 Average delay time per vehicle[s]	62
<표 5-8> 교차로별 Average speed[km/h]	62
<표 5-9> 교차로별 1일 개선 전·후 고정비용 분석 결과	63
<표 5-10> 교차로별 연간 개선 전·후 고정비용 분석 결과	63
<표 5-11> 유류가격의 구성	64
<표 5-12> 교차로별 1일 개선 전·후 변동비용 분석결과	65
<표 5-13> 교차로별 연간 개선 전·후 변동비용 분석결과	65
<표 5-14> 통행목적별, 차종별 시간가치 비용	67
<표 5-15> 교통수단별 통행목적 분포 비율	67
<표 5-16> 권역별·차종별 재차인원	67
<표 5-17> 1일 업무통행 시간비용 개선 전·후 분석 결과	68
<표 5-18> 연간 업무통행 시간비용 개선 전·후 분석 결과	68
<표 5-19> 1일 비업무통행 시간비용 개선 전·후 분석 결과	69
<표 5-20> 연간 비업무통행 시간비용 개선 전·후 분석 결과	69
<표 5-21> 연간 시간가치비용 개선 전·후 분석 결과	70
<표 5-22> 교차로별 운영효과 분석 결과 종합비교	71
<표 5-23> 교차로별 연간 개선 전·후 교통혼잡비용 비교	72

그림 목 차

[그림 1-1] 연구의 흐름도	3
[그림 3-1] 회전교차로와 교통서클의 비교	7
[그림 3-2] 회전교차로의 구성요소	8
[그림 3-3] 소형 회전교차로	11
[그림 3-4] 1차로형 회전교차로	11
[그림 3-5] 2차로형 회전교차로	11
[그림 3-6] 간선도로 하부의 일반도로 설치 예	12
[그림 3-7] 고속도로 톨게이트 진출입로 설치 예	12
[그림 3-8] 초소형 회전교차로	13
[그림 3-9] 주거지역 진입로 설치 예	14
[그림 3-10] 평면형 회전교차로	14
[그림 3-11] 일체형 회전교차로	15
[그림 3-12] 회전교차로의 연간 지체시간 감소 효과	17
[그림 3-13] 자동차 간 상충 횟수 비교	18
[그림 3-14] 자동차와 보행자간 상충 횟수 비교	18
[그림 3-15] 지역별 회전교차로 설치 운영 사례	23
[그림 3-16] 영국의 회전교차로	26
[그림 3-17] 프랑스의 회전교차로	27
[그림 3-18] 독일의 회전교차로	29
[그림 3-19] 미국의 회전교차로	30
[그림 4-1] VISSIM의 구조	37
[그림 4-2] 교통혼잡비의 구성요소	38
[그림 4-3] 분석 흐름도	54
[그림 5-1] 명월사거리 교차로 개선 전·후 기하구조	56
[그림 5-2] 교래사거리 교차로 개선 전·후 기하구조	57

[그림 5-3] 토평사거리 교차로 개선 전·후 기하구조 58
[그림 5-4] 신호입구 삼거리 교차로 개선 전·후 기하구조 59
[그림 5-5] 하호입구 삼거리 교차로 개선 전·후 기하구조 60



Effectiveness Analysis for Transforming
Many-Legs Type Intersection into Roundabout
in Jeju

Sang Ick KO

Department of Construction and Environmental Engineering
Graduate School of Industry
Jeju National University

Supervised by Professor Dong Wook Lee

Summary

Roundabout is an intersection that allows vehicles to pass through the intersection by circulating the circular traffic island at the center of the intersection, and it is operated based on the main principle of the entering vehicle yielding to the vehicle already within the roundabout.

A modern style roundabout was introduced in the '90s in our country, and there are about 100 roundabouts in operation as of

August 2009. In addition, roundabout design guideline (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010) suitable for the domestic condition is being established and supplied at the increasing need for introducing roundabout from the level of reducing accidents, enhancing traffic and revitalizing low-carbon green traffic. Furthermore, it is receiving much attention in recent as an eco-friendly road facility.

In this study, a comparative analysis was conducted on roundabout at five locations in order to deduce the operational result and financial effect of roundabout and signal intersection. As for the operational result, it was found that roundabout showed improvement effect in the average delay per vehicle compared to that of signal intersection by minimum of 65% and maximum of 91%. As for the average driving speed, roundabout showed operational improvement effect by minimum of 40% and maximum of 99%. Additionally, it was found that roundabout showed financial cost-saving effect in the traffic congestion cost compared to that of signal operation by minimum of 58.59% and maximum of 81% per year. It can be known from these analysis results that roundabout has significant operational effects under certain amount of traffic volume by allowing vehicles to pass through the intersection in a continuous way without much waiting time and stoppage from signal control.

Accordingly, it is necessary to actively review and supply the operational plan for roundabout that is effective in reducing energy consumption and air pollution emission from unnecessary signal waiting as well as reducing the traffic congestion cost, rather than indiscriminately operating signal intersection, in order to enhance smooth intersection traffic and improve safety by preventing and reducing traffic accidents.

I. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

국민의 생활수준이 급격히 향상되고 인구의 도시집중현상으로 인하여 도시부나 지방부를 막론하고 자동차의 급격한 증가를 가져오게 되었으며 효율적인 경제 및 사회생활을 유지하기 위하여 교통수요는 급증하게 되었다. 그와 더불어 교통량의 증가에 따른 교통 혼잡 및 빈번한 교통사고, 법규 위반의 일상화, 자동차 배출가스에 의한 각종 대기오염물질의 배출량 증가에 따른 환경오염의 가속화 및 주차난 등 다양한 도시 교통문제를 수반하고 있으며 사회적·경제적 손실을 가져오게 되는 것이 현실이다.

교차로란 둘 또는 그 이상의 도로에 의해 분담된 지역이며, 주된 기능은 노선의 방향을 변화시키는 것이다. 즉 교차로는 모든 운전자들이 이동방향을 결정하는 지역으로 교통시설의 하나이자 도로의 일부분이다.(박병호, 2005)

그러나 현재의 교통문제들은 교차로에서 더욱 두드러지게 발생하고 있다. 현재 우리나라의 교차로는 2차로 이상의 다지교차로로 대부분 이루어져 있으나, 최근 회전교차로에 대한 효과가 대두되어 정책적으로 활성화되어 가고 있으나 아직 그 연구가 미흡한 실정이다.

최근 정부에서는 국가경쟁력강화위원회, 국토해양부, 경찰청이 함께 마련한 녹색교통시스템 정착을 위한 ‘교통운영체계 선진화 방안’의 일환으로 교차로를 신설하거나 개량할 경우 소통 및 전력 등 에너지 절감효과가 높은 회전교차로 설치를 확대한다는 정책을 발표하였다. 이는 빈번한 교통사고, 법규 위반의 일상화, 온실가스 다량 배출, 그리고 사람의 인내를 넘는 신호 시스템 등의 문제를 개선하기 위함이라고 설명하였다.(김도한의, 2009)

교차로는 일반적으로 현재 일반화 되어 있는 신호 및 비신호의 이차로 이상의

다지교차로와 로터리 방식의 회전교차로로 구분 할 수 있다. 회전교차로는 일반적인 신호 및 비신호의 교차로에 비해 자동차간 혹은 자동차와 보행자간의 상충횟수가 적고, 교차로에 진입되는 시점에 감속운행하게 되며, 교차로를 통과시 보편적으로 유사한 속도로 주행하기 때문에 일반적인 교차로보다 안전성이 높다. 또한 신호대기시간 및 지체에 대한 시간이 줄어들어 교통지체의 감소에 효과적이라 말할 수 있다.

따라서 현재 제주도내 신호교차로에서의 불필요한 신호대기시간으로 인한 신호위반 사례가 빈번하고 그에 따른 교통사고가 많이 발생하고 있을 뿐만 아니라 교통체증을 유발하고 있어 교통사고를 줄이고 교차로내 교통지체를 감소시키기 위하여 회전교차로를 설치함에 있어 그 효율을 분석하고 비교하고자 한다.

1.2. 연구의 범위와 방법

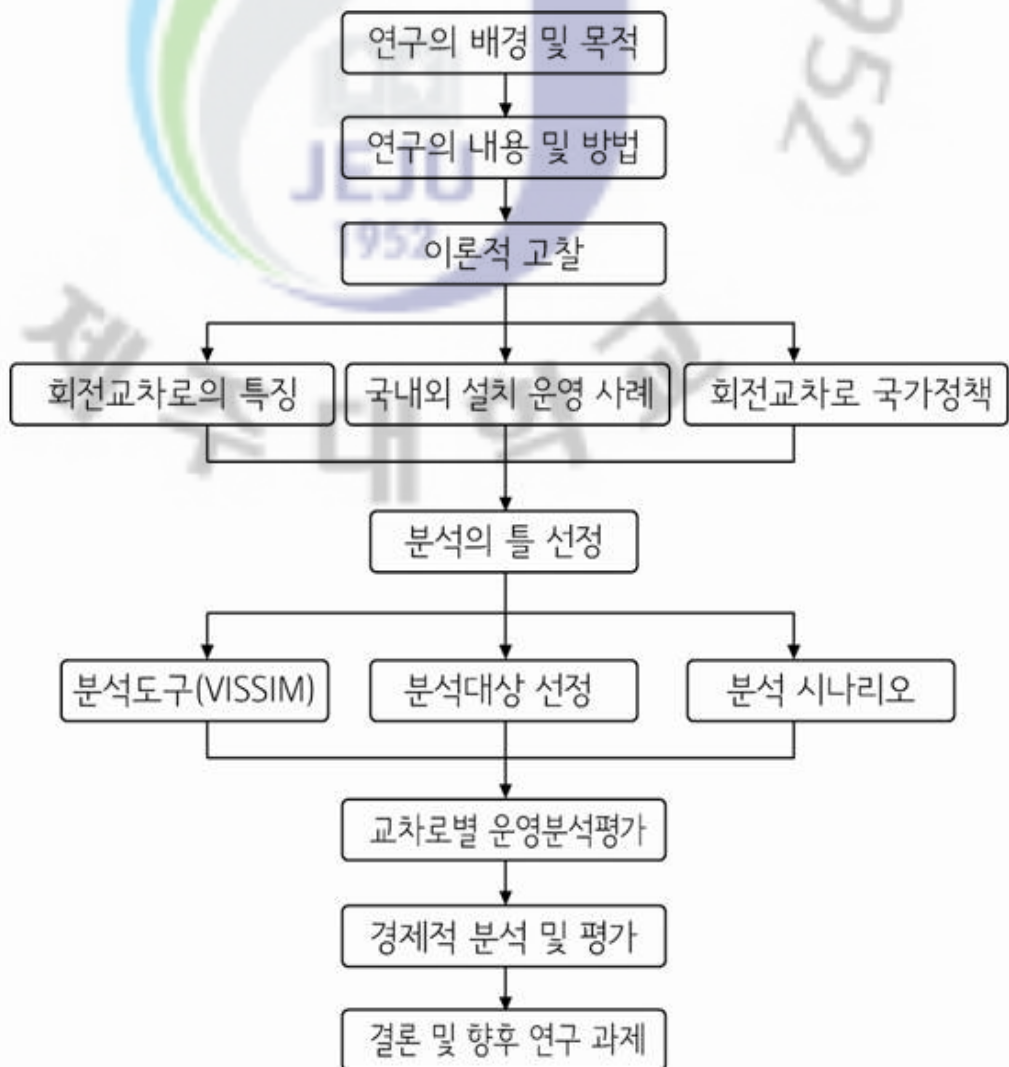
본 연구에서는 다양한 교차로의 운영효과 분석 중 평균속도, 지체시간 및 교통 혼잡비용 등을 기준으로 상대적 손실을 계량화함으로써, 다지교차로와 회전교차로(Roundabout)의 손실비용을 산정하고 비교 분석하고자 하며 연구의 내용은 다음과 같다.

첫째, 회전교차로(Roundabout)의 일반적 유형과 특성 등을 문헌을 통해 정리하고, 현재의 연구동향 및 유사 연구에 대해 고찰한다.

둘째, 회전교차로(Roundabout)의 국내 및 국외의 사례에 대하여 고찰하고, 우리나라에서 시행되고 있는 녹색 교통을 위한 회전교차로의 정책에 대해 알아본다.

셋째, 운영효과의 분석을 위해 본 연구에 적합한 분석 프로그램, 분석방법, 분석대상 교차로를 선정하고, 다지교차로와 회전교차로의 두 시스템에 대한 분석지표를 설정하고 지표별 비교 분석을 한다.

넷째, 분석결과를 이용하여 개선이 완료되어 회전교차로로 운영 중인 교차로 1개소와 설치 계획 중에 있는 4개소의 교차로에 대하여 개선 전·후의 통행속도, 지체시간 및 평균속도, 지체시간 등 VISSIM을 이용하여 도출하고 신호운영 교차로와 회전교차로(Roundabout), 두 운영시스템에 대한 운영 효율 및 경제적 효과에 대하여 비교분석하고자 한다.



[그림 1-1] 연구의 흐름도

II. 기존연구 고찰

전우훈(2000)의 논문에서는 국내에서는 신호교차로가 도시부와 교외지역에서 널리 사용되고 있으나 각 방향에서의 교통량이 적을 때 Roundabout이 신호교차로보다 지체측면에서 우수하다는 것이 보고되고 있는 사항을 기반으로 연구를 하였다.

Roundabout에 대한 진입용량 모형의 개발과 지체를 기준으로 한 신호교차로와의 준거를 마련하는 것을 목적으로 하여, 회전교통류율과 기하구조요소 즉 중앙섬 직경과 진입 차로 폭 그리고 회전 차로 폭에 의해서 결정되는 Roundabout의 진입용량의 특징을 대상으로 교통류와 기하구조 요소가 4개의 Roundabout에서 수집하여 분석하였다.

그 결과로 기하구조의 요소 중에, 중앙섬 직경과 회전 차로 폭이 진입용량에 영향을 끼치게 되고, 각 모형들이 고려하는 기하구조가 상이함으로 해서 단순 비교가 어려운 이유로 연구에서 개발한 진입용량 모형은 독일과 이스라엘 모형의 진입용량보다 더 높다는 결론을 내렸다. 또한 연구에서 선택된 Roundabout의 out side diameter가 비교된 외국의 모형보다 비교적 크고, 국내 운전자들의 수락 간격은 다른 나라에 비해서 짧은 것으로 보여 지는 결론을 내렸다.(전우훈, 2000)

박준 (2010)의 논문에서는 회전교차로의 설계, 안전성, 효율성에 대한 연구를 수행 하였다.

첫째로, 회전교차로의 설치 시 활용할 수 있는 회전교차로의 유형 및 설계기준에 대하여 우선적으로 연구를 수행하여, 회전교차로가 위치한 도로의 기능 및 등급에 따라 대표적인 회전교차로의 제원을 제시 하였고,

둘째, 회전교차로의 사고 유형을 회전교차로의 기하구조와 연계한 회전교차로의 사고분석을 통하여 회전교차로의 사고와 유의한 변수들을 도출 후 이를 회전 교차로 사고 예측모형으로 연계함으로서 회전교차로의 안전성의 관계에 대한 연구를 수행하였다.

마지막으로 각 나라 교통적인 특성을 포함하는 용량분석모형에 대해 국내 현실에 가장 적합한 분석 모형을 선정하고, 국내의 현실을 인식하여 향후 회전교차로 용량모형 개발방향에 대해 제시하였다.(박준, 2010)

인병철(2010)의 논문에서는 교통시뮬레이션 프로그램인 VISSIM을 이용하여 횡단보도내 보행자를 고려하고 현대식 회전교차로와 신호교차로의 분석결과를 비교하여, 현대식 회전교차로의 운영효과를 평가하였다. 보행교통량에 근거하여 6개 유형의 회전교차로와 이에 상응하는 신호교차로를 보행교통량 및 진입교통량을 증가하는 시나리오를 분석한 결과, 보행교통량에 따른 차량지체로 인하여 회전교차로의 운영효율에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

회전교차로의 유형에서 1차로를 가지는 회전교차로는 300~700인/시의 보행교통량이 진입되었을 때 운영효율이 신호교차로에 비해서 우수하지 않아서 신호교차로로 전환을 고려해야 하는 진입교통량이 급격하게 감소되는 것으로 분석하였고, 접근 2차로를 가지는 회전교차로는 접근 1차로에 비해서 전환을 고려해야 하는 진입교통량이 점차적으로 감소하는 것으로 분석 하였다. 또한 회전교차로와 신호교차로를 차량 당 평균제어지체를 통하여 운영효과를 비교하고, 이를 통하여 회전교차로에서 신호교차로로 전환되어야 하는 진입 교통량을 추정하기 위하여 보행교통량과 전환교통량을 회귀 분석한 결과로, 총 24개의 회귀식을 개발 하였다.(인병철, 2010)

예수영(2003)의 논문에서는 비신호교차로 운영 기법 중 하나인 Roundabout에 대해 중소도시의 무신호 교차로개선에 대한 연구를 통하여 우리나라에서 Roundabout을 적용하기 위한 방법에 대해 연구하였다. 우리나라의 Roundabout 설계 및 운영의 문제점에 대해 고찰하였고, 외국에서 적용되고 있는 설계기준에 따른 설계를 바탕으로 AUTOTURN 4.0 프로그램을 이용하여 Roundabout을 설계하였고, SIDRA 1.04 프로그램을 이용하여 신호교차로와의 운영상태 분석을 비교하여 Roundabout의 적용 가능성을 제시하였다.(예수영, 2003)

III. 회전교차로의 이론적 고찰

3.1. 회전교차로의 정의 및 운영원리¹⁾

3.1.1. 회전교차로의 정의

회전교차로(Roundabout)는 평면교차로의 일종으로 교차로 중앙에 원형교통섬을 두고 교차로를 통과하는 자동차가 원형교통섬을 우회하도록 하는 교차로 형식이다. 일반적으로 회전교차로는 평면교차로에 비해 상층 횡수가 적고 저속으로 운영되며 운전자의 의사결정이 간단하여 운전자의 피로를 줄일 수 있다. 또한 회전교차로는 신호교차로에 비해 유지관리 비용이 적으며, 인접 도로 및 지역에 대한 접근성을 높여 주고, 사고빈도가 낮아 교통안전 수준을 항상 시키고, 지체시간이 감소되어 연료 소모와 배기가스를 줄이는 등의 장점이 있다. 하지만 회전교차로가 모든 교차로를 대체하여 그 효과를 극대화 할 수 있는 것은 아니다. 회전교차로를 설치 운영하기 위해서는 자동차 통행량, 보행자 통행량, 자전거 통행량, 가용 면적, 주행속도, 교차도로의 기능 등을 고려하여 결정한다.

3.1.2. 회전교차로의 운영 원리

회전교차로의 기본 운영원리는 양보인데, 교차로에 진입하는 자동차는 회전중인 자동차에게 양보를 해야 하므로, 회전차로 내부에서 주행 중인 자동차를 방해하며 무리하게 진입하지 않고 회전차로 내에 여유 공간이 있을 때까지 양보선(Yield line)에서 대기하며 기다려야 한다. 결과적으로 접근차로에서 정지체로 인한 대기행렬은 생길 수 있으나, 교차로 내부에서 회전 정체는 발생하지 않는다.

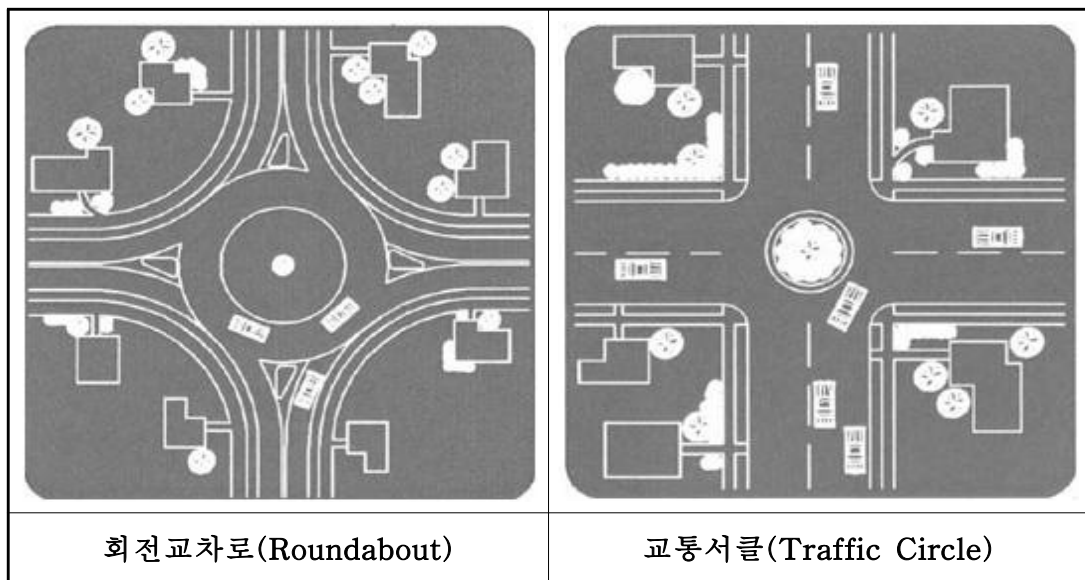
회전교차로 진입 시에는 충분히 속도를 줄인 후 진입하도록 유도하고 회전교차로 통과 시에는 모든 자동차가 중앙교통섬을 중심으로 반시계 방향으로 회전하여 통행하도록 한다. <표 3-1>은 회전교차로와 교통서클(Traffic Circle)의 특징을

1) 국토해양부, 회전교차로 설계지침 2010

그리고 [그림 3-1]은 두 시스템에 대한 기하구조를 비교한 것이다. 종래의 교통서클은 진입하는 자동차에게 통행우선권이 있어 상대적으로 높은 속도로 진입할 수 있도록 설계되어 있고 대부분 교차로의 지름이 크기 때문에 교통서클 내에서 속도가 높아 교통사고가 빈번히 발생한다.

<표 3-1> 회전교차로와 교통서클의 비교

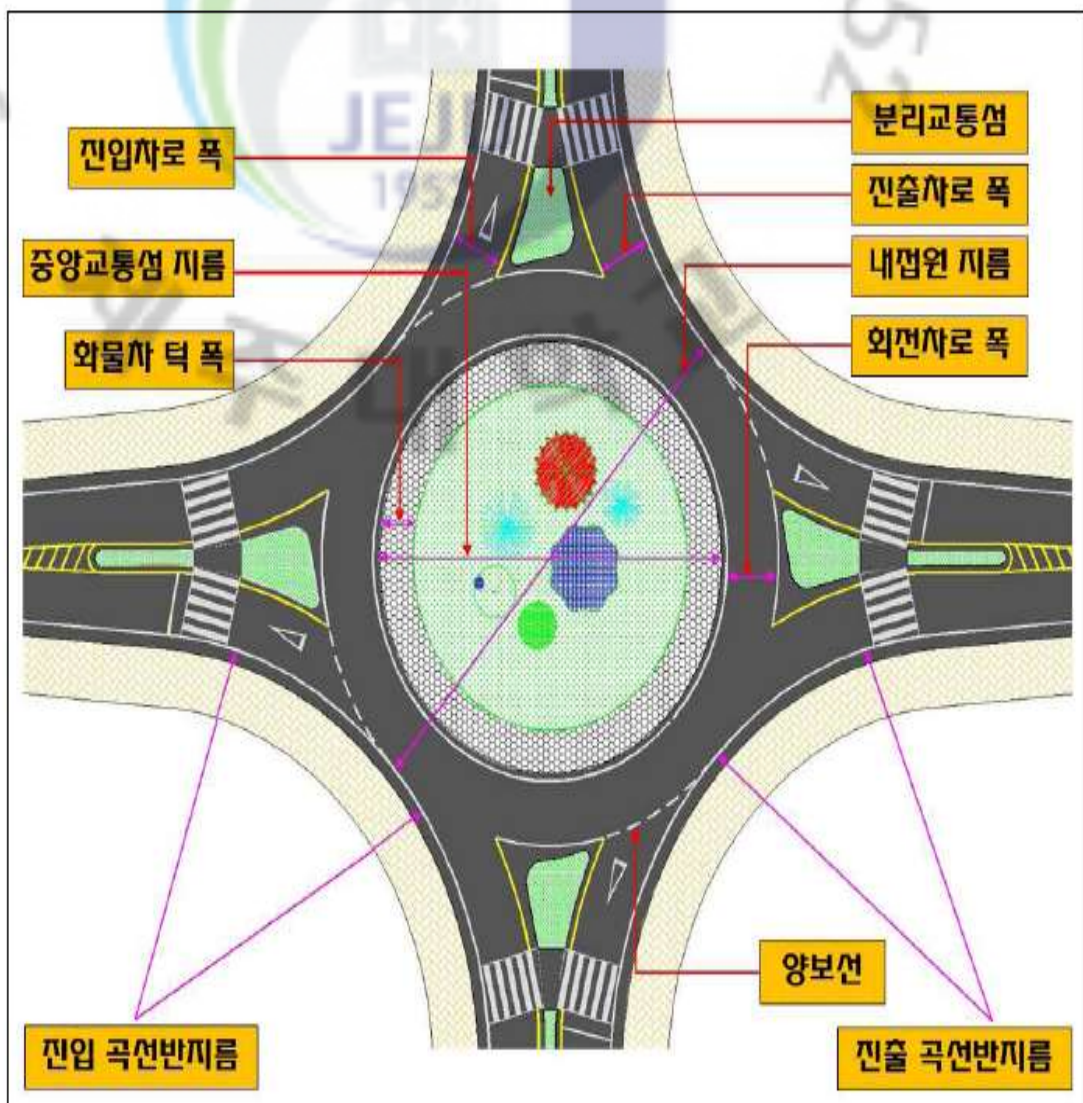
구 분	회전교차로(Roundabout)	교통서클(Traffic Circle)
진입방식	- 교차로 진입자동차가 양보 (교차로 회전차량 우선)	- 교차로 회전자동차가 양보 (교차로 진입차량이 우선)
진 입 부	- 저속 진입 유도	- 고속 진입
회 전 부	- 고속의 회전차로 주행방지를 위한 설계(대규모 회전반지름 지양)	- 대규모 회전부에서 고속 주행
분리교통섬	- 감속 및 방향 분리를 위해 필수 설치	- 선택 설치
중앙교통섬	- 지름이 대부분 50m 이내 - 도시지역에서는 지름이 최소 2m인 초소형 회전교차로 설치 가능	- 지름 제한 없음



[그림 3-1] 회전교차로와 교통서클의 비교

3.1.3. 회전교차로의 구조 및 용어정의

회전교차로는 중앙교통섬, 회전차로, 진입·진출차로, 분리교통섬 등으로 구성된다. 내접원 지름은 중앙교통섬 지름과 회전차로 폭을 포함하며, 중앙교통섬 제원에는 내측 길어깨 폭과 화물차 턱(Truck Apron)폭이 포함된다. [그림 3-2]는 회전교차로의 구성요소를 나타낸 것이며, <표 3-2>는 회전교차로에서 사용되고 있는 주요 용어를 정의한 것이다.



[그림 3-2] 회전교차로의 구성요소

<표 3-2> 회전교차로의 주요 용어 정의

용어	정의
접근로 (Approach roadway)	회전교차로로 접속되는 단일차로 또는 차로의 집합체
진출로 (Departure roadway)	차량이 회전교차로에서 회전을 마치고 진출하는 차로
회전차로 (Circulatory roadway)	회전교차로 내부 회전부의 차로
회전 차로 폭 (Circulatory roadway width)	회전차로의 폭으로 중앙교통섬의 외곽에서 회전차로 외경까지의 너비
진입각 (Entry angle)	양보지점에서 연장된 직선이 회전차로와 이루는 각
진입곡선 (Entry radius)	회전차로 내로의 진입을 유도하도록 우측 연석이 이루는 곡선
진입로 폭 (Entry width)	내접원과 접하는 지점에서의 진출로의 넓이
진출곡선 (Exit radius)	회전차로의 진출을 유도하도록 우측 연석이 이루는 곡선
진출로 폭 (Exit width)	내접원과 접하는 지점에서의 진출로의 넓이
내접원 (Inscribed circle)	회전교차로 내부에 접하도록 그린 가장 큰 지름의 원, 원형 혹은 유사한 형태의 도형을 이룸
내접원 직경 (Inscribed circle diameter)	내접원의 지름으로 내접원이 대부분 회전차로의 외곽선으로 이루어지므로 '회전차로 외경'이라고도 함
중앙교통섬 (Central island)	회전차로로 둘러싸인 회전교차로의 중앙부분 교통섬
중앙교통섬직경 (Central island diameter)	중앙에 설치된 원형 교통섬의 직경
분리교통섬 (Splitter island)	진입차량의 진입방향을 유도하기 위해 진입로와 진출로 사이에 만든 긴 삼각형 모양의 돌출된 교통섬
양보지점 (Yield line)	진입로로부터 회전차로를 진입하는 지점. 이 지점에서 진입차량은 회전차로를 주행하고 있는 차량에게 양보
화물차 턱 (Truck apron)	중앙교통섬 가장자리에 대형자동차 또는 세미트레일러가 밟고 지나갈 수 있도록 만든 부분. 중앙교통섬의 일부임

3.2 회전교차로의 유형 및 장·단점

3.2.1 회전교차로의 유형²⁾

회전교차로의 유형은 기본유형과 특수유형으로 구분된다. 기본유형은 설계 기준자동차 및 진입차로 수에 따라 소형 회전교차로, 1차로형 회전교차로, 2차로형 회전교차로로 구분되며, 설계기준자동차 및 설계속도 제원을 따른다. 특수유형은 설치 형태에 따라 초소형 회전교차로, 평면형 회전교차로, 입체형 회전교차로로 구분된다.

1) 기본유형

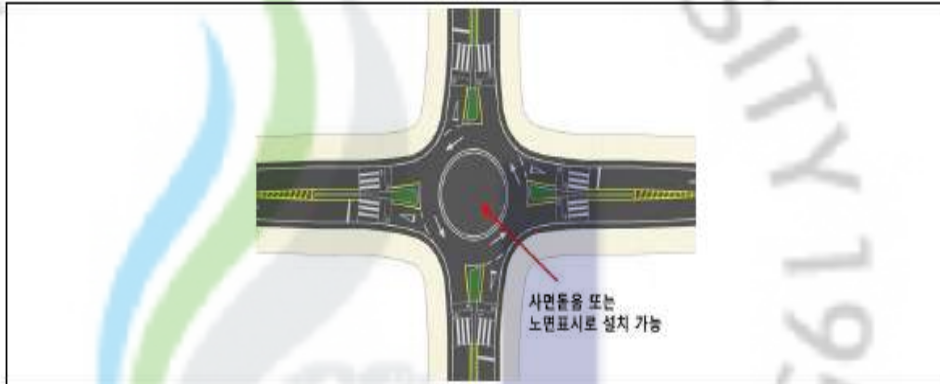
회전교차로 설치지역에 따라 도시지역과 지방지역을 구분하지 않고, 설계기준 자동차 및 설계속도에 따른 제원을 마련하여 해당 사업지점의 도로 및 교통 특성을 반영한 설계가 가능하도록 하였다. 회전교차로의 기본유형은 설계기준 자동차와 진입차로 수에 따라 소형, 1차로 형, 2차로 형으로 구분되며, 계획교통량과 설계기준자동차를 고려하여 적정 유형을 선정한다.

소형 회전교차로의 설계기준 자동차는 소형자동차이다. 따라서 소형 회전교차로의 기하구조 제원으로는 소방차 등 긴급자동차의 통행이 불가능하여 중앙교통섬을 사면 돌출하거나 노면표시로 설치하여 횡단이 가능하게 할 수 있다.

1차로형 및 2차로형 회전교차로는 진입·진출 차로 수 및 회전차로 수에 따라 구분되며 설계기준자동차는 대형자동차 또는 세미트레일러이다. 중앙교통섬은 횡단할 수 없으며 화물차 턱이 있어 설계기준 자동차의 원활한 통행이 가능하다. 편도 2차로와 1차로 도로가 교차하는 경우에는 최대 진입차로 수가 2개이므로 2차로형 회전교차로 제원을 적용하여 설계한다. <그림 3-3>은 소형회전교차로, <그림 3-4>는 1차로형 회전교차로, <그림 3-5>는 2차로형 회전교차로의 기본

2) 국토해양부, 회전교차로 설계지침 2010

형태를 나타낸 것이다.



[그림 3-3] 소형 회전교차로



[그림 3-4] 1차로형 회전교차로



[그림 3-5] 2차로형 회전교차로

위와 같은 형식의 회전교차로는 일반적인 평면교차로가 설치되는 곳에 적용이 가능하다. 반면, <그림 3-6>과 같이 주간선도로나 자동차 전용도로의 진·출입로와 연결되는 하부도로에 회전교차로를 설치하는 경우, 적절한 속도제어로 자동차간 교통사고를 감소시킬 수 있으며 신호대기에 따른 지체를 감소시킬 수 있다.

또한, 지방지역 고속도로의 톨게이트 통과 후에 설치된 평면교차로 중에서 교통량이 적음에도 신호교차로로 운영되는 경우에는 <그림 3-7>과 같이 회전교차로를 설치하여 지체 감소 및 안전성을 향상시켜 교통운영의 효율화를 도모할 수 있다.



[그림 3-6] 간선도로 하부의 일반도로 설치 예



[그림 3-7] 고속도로 톨게이트 진·출입로 설치 예

2) 특수유형

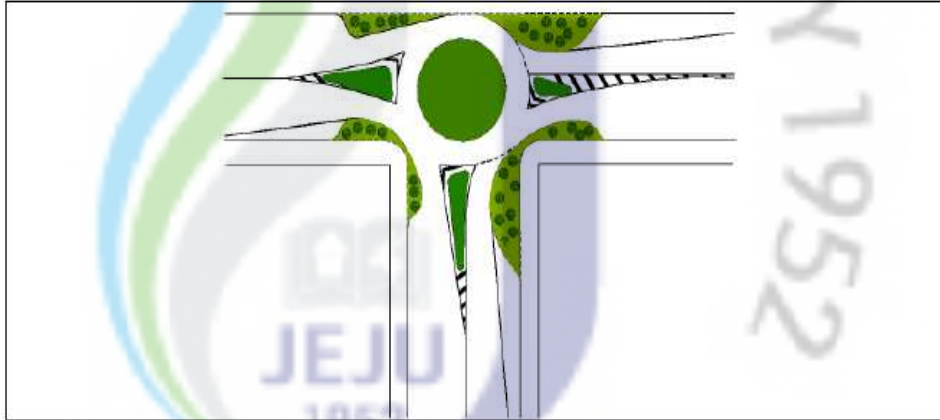
주어진 교통 여건과 지역 특성에 따라 특수유형 회전교차로 설치를 고려할 수 있다. 특수유형은 설치 형태에 따라 초소형, 평면형, 및 입체형으로 구분된다. 초소형 회전교차로는 [그림 3-8]과 같으며, 평균 주행속도가 50km/h미만인 도시 지역에서 공간이 부족할 경우에 최소한의 설계제원으로 설치할 수 있다. 또한 도시지역에서 기존 평면교차로를 회전교차로로 전환시 부지의 확장이 곤란할 경우에 기존 교차로 도로부지를 크게 벗어나지 않고 저렴한 비용으로 건설이 가능한 초소형 회전교차로를 설치할 수 있다.

초소형 회전교차로는 소형 회전교차로보다 작은 규모로 설계할 수 있는 형태로 승용차는 중앙교통섬을 침범하지 않고 통행할 수 있고 대형차는 중앙교통섬 일부를 침범하여 통행하는 것이 가능하며 이를 위하여 중앙교통섬 전체를 노면 표시 또는 사면 돌움으로 처리한다. 특수유형의 초소형 회전교차로를 계획할 때에는 일반 승용차나 소형자동차가 중앙교통섬을 침범하여 교차로 안전을 저해하는 경우가 발생할 수 있으므로 신중하게 선택한다. 따라서 초소형 회전교차로는 회전교차로 운영원리 등이 이용자들에게 충분히 인식된 후 도입하는 것이 바람직하다.



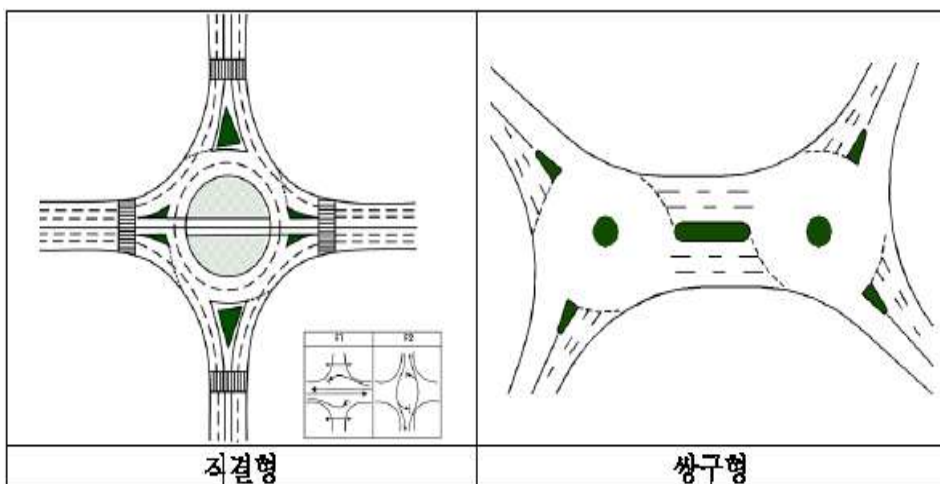
[그림 3-8] 초소형 회전교차로

주거지역 진입로 등 대형차의 통행이 없는 교차로에서는 [그림 3-9]와 같이 회전교차로를 교통정온화(Traffic Calming) 대책의 일환으로 설치하여 미관 향상 및 보행자와 지역주민의 안전을 확보할 수 있다.



[그림 3-9] 주거지역 진입로 설치 예

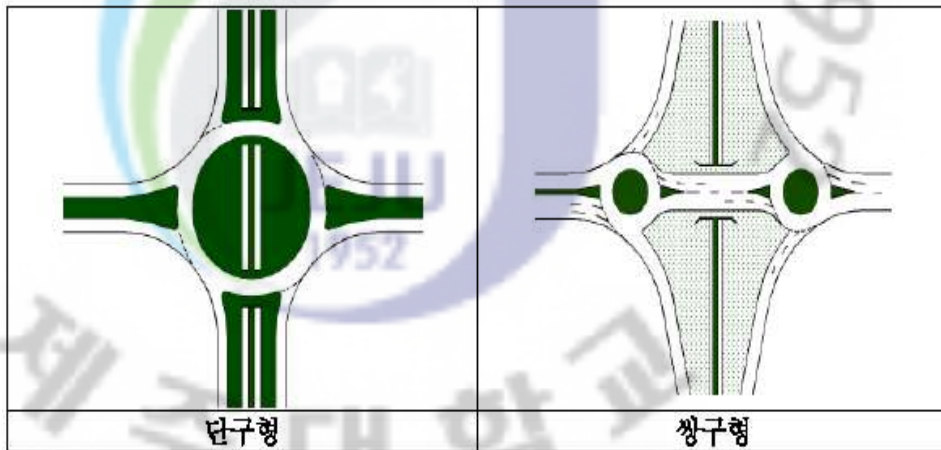
평면형 회전교차로는 [그림 3-10]과 같이 직결형과 쌍구형이 있다. 설치 가능한 경우는 비대칭 교차로, 4지 이상의 교차로, 특정 접근로에 용량이 과포화 되어 분산처리가 바람직한 교차로, 좌회전 혹은 직진 교통량이 특히 많은 교차로, 두 개의 교차로가 매우 가까운 거리에 인접한 경우 등이다.



[그림 3-10] 평면형 회전교차로

입체형 회전교차로는 간선도로와 접속되는 고속도로 연결로 입체시설에 설치할 수 있으며 [그림 3-11]과 같이 단구형과 쌍구형이 있다.

입체형 회전교차로는 용량이나 안전 측면에서 다이아몬드 입체교차로의 좋은 대안이 될 수 있다. 특히 좌회전 교통량이 많은 연결로에 설치하는 경우 진·출입 자동차의 원활한 처리가 가능하고 주변 접근성에 유리하다.



[그림 3-11] 입체형 회전교차로

3.2.2 회전교차로의 장점 및 단점³⁾

회전교차로는 진입하는 자동차가 교차로 내 회전차로에서 주행 중인 자동차에게 양보하는 것을 기본원리로 하므로 회전차로 내에서 혼잡이 발생하지 않는다.

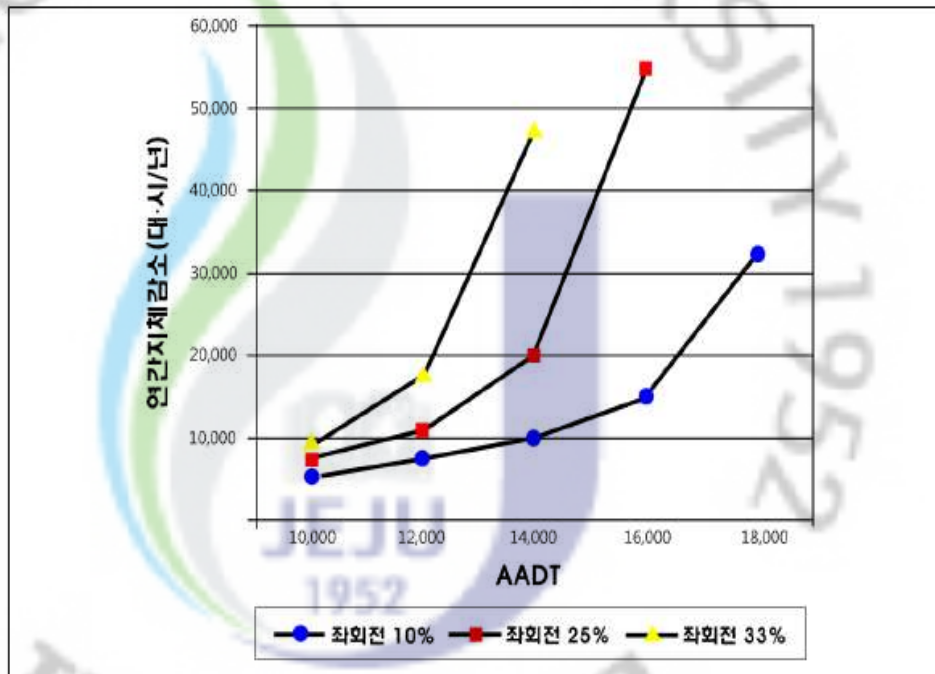
또한 회전교차로는 진입하는 자동차가 회전차로에서 주행하는 자동차들간의 간격을 이용하여 연속적으로 진입하므로, 일정수준 교통량 범위에서는 신호제어에 의해 운영되는 신호교차로에 비해 대기시간이 감소되고 용량이 증대되며, 회전교차로는 상충 횟수가 적고 진입속도를 낮게 설계하여 교통사고 발생건수와 피해정도가 적다. 일반적으로 회전교차로의 지체시간은 신호교차로의 신호대기시간보다 짧다. 특히 네 갈래 교차로를 신호로 운영하는 것에 비해 지체시간이 일정수준 이하의 교통량에서는 짧다. 그리고 상충점이 적고 진입로와 회전차로 내에서 자동차가 저속으로 운행되어 사고 위험이 적기 때문에 자동차와 보행자 모두에게 안전하다.

1) 회전교차로의 장점

(1) 지체 감소

일반적으로 신호교차로는 교통량 변화에 따라 신호시간이 연동하지 않아 신호지체가 발생한다. 특히 늦은 야간과 같이 교통량이 적은 시간대에는 불필요한 신호대기시간으로 인한 지체가 발생한다. 따라서 일정수준 이하의 교통량에서는 회전교차로가 신호교차로에 비해 교차로 지체가 낮다. [그림 3-12]는 교통운영 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 신호교차로와 회전교차로의 지체 감소효과를 분석한 결과에 따라, 신호교차로를 회전교차로로 전환했을 때 1년 간 절약되는 지체시간을 나타낸 것이다. 양방향 동일 비율의 교통량을 가진 1차로형 회전교차로에 대한 분석결과, 교통량이 증가하고 좌회전 교통량이 증가할수록 지체시간 감소효과가 커지는 것으로 나타났다. 결과에 근거하면 좌회전 교통량이 많은 교차로일수록 회전교차로가 신호교차로에 비해 운영측면에서 효율적이다.

3) 국토해양부, 회전교차로 설계지침 2010

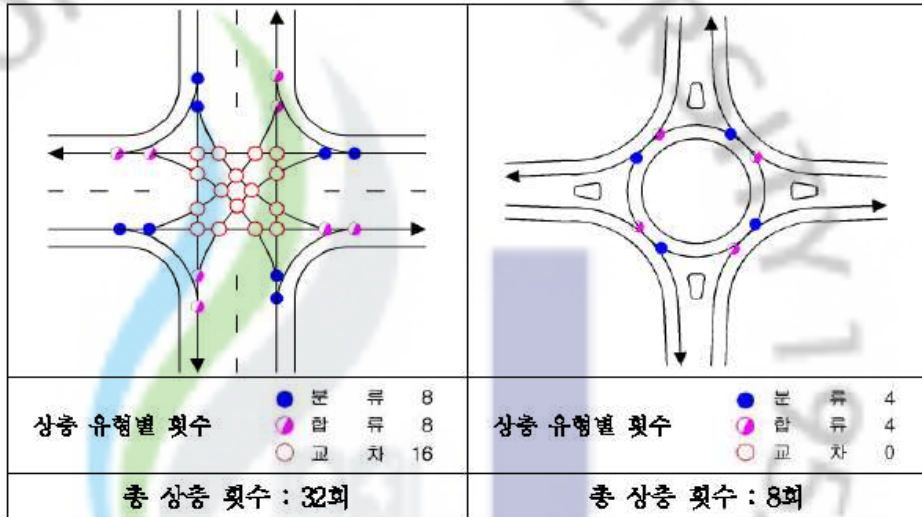


[그림 3-12] 회전교차로의 연간 지체시간 감소효과

(2) 안전성 향상

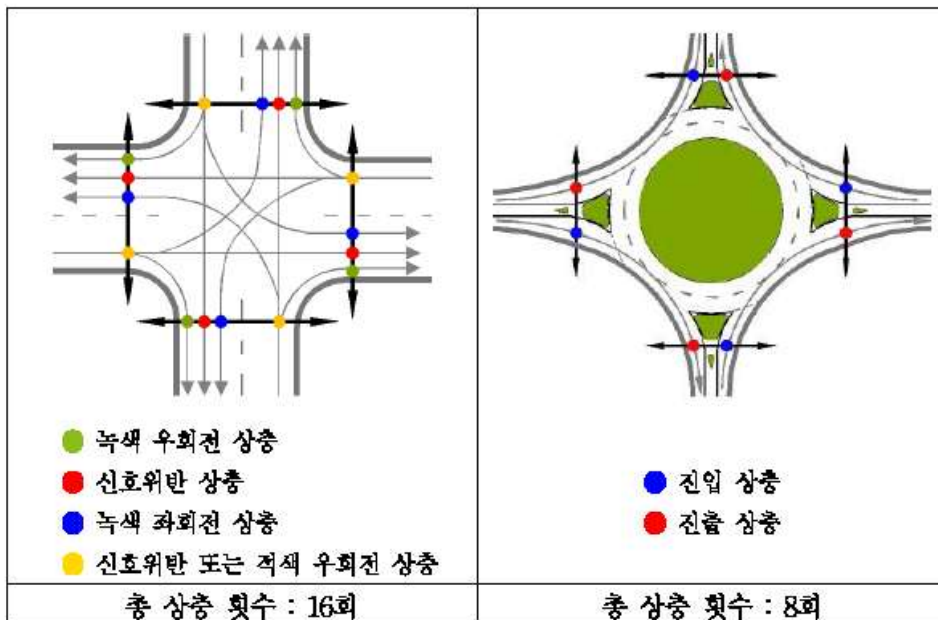
회전교차로는 일반적인 평면교차로에 비해 자동차간 상충 횟수 및 자동차와 보행자간 상충 횟수가 적고, 교차로 진입부와 교차로 내에서 감속운행을 유도하여 안전성이 높다. 교차로 형태별 자동차간 상충 횟수의 비교는 [그림 3-13]과 같다. 일반적인 평면교차로는 교통류를 방향별로 분리하므로 네갈래 교차로인 경우 32회의 상충이 일어나는 반면, 회전교차로는 8회의 상충이 발생한다.

상충유형에서도 차이가 나는데, 심각한 사고로 이어질 수 있는 교차상충이 일반적인 평면교차로에서는 16회 발생하는 반면, 회전교차로에서는 발생하지 않는다. 이와 같이 회전교차로는 일반적인 평면교차로에 비해 자동차간 상충 횟수가 적어 충돌 가능성이 줄어들 뿐만 아니라, 교차상충이 발생하지 않아 심각도가 높은 사고의 발생 가능성도 감소하게 된다.



[그림 3-13] 자동차 간 상충 횡수 비교

또한 회전교차로는 [그림 3-14]와 같이 자동차와 보행자간 상충 횡수도 일반적인 신호교차로에 비해 적다. 신호교차로의 경우 일반적으로 녹색우회전 상충, 신호위반 상충, 녹색 좌회전 상충, 신호위반이나 적색 우회전 상충이 발생한다. 회전교차로의 경우 통행 원리상 진입 및 진출시 우회전 상충만이 발생하게 되어 보행자의 안전성을 높일 수 있다.



[그림 3-14] 자동차와 보행자간 상충 횡수 비교

회전교차로의 안전성이 높은 주요 요인은 낮은 교차로 통과속도이다. 일반적으로 낮은 속도로 주행하는 경우에는 안전주행에 필요한 정보를 충분히 획득하며 주행할 수 있고 돌발 상황에 대한 대처능력이 높아지게 되어, 사고를 피할 수 있는 가능성이 높을 뿐만 아니라 사고발생시 사고의 심각도를 현저히 줄일 수 있다.

회전교차로에 진입하는 자동차는 회전자동차에게 양보를 해야 하므로 저속 진입을 해야 하고 교차로 내부에서는 원형교통섬을 우회해야 하므로 저속으로 주행하게 된다. 따라서 접근로에서 감속 후 회전차로를 통과하기까지 대부분 진입 속도와 비슷한 속도로 주행하게 되므로 자동차간의 대형 사고는 거의 발생하지 않는다.

회전교차로를 마을 진입·진출로에 설치할 경우 저속 진입·진출을 통한 안전 확보가 가능하므로 교통정온화(Traffic Calming) 기법으로 활용할 수 있다. 또한 네트워크 차원의 축 전체에 회전교차로를 설치한다면 교차로 구간에서의 고속주행을 방지할 수 있어 자동차 및 보행자의 안전을 확보할 수 있다.(회전교차로 설계지침, 2010.12 국토해양부)

(3) 용량증대

현대식 회전교차로는 차량들이 각 접근로에서 동시 접근이 가능하고, 교차로 이용 교통량이 적정 수준 이하의 경우 좌회전 이동류와 U턴하는 이동류가 우회전처럼 운영되기 때문에 신호교차로보다 용량이 높다.(박병호, 2003)

(4) 건설 및 유지관리비용의 절감

일반적인 신호교차로는, 연간 450만원 가량의 전기사용료, 루프 유지, 신호기, 신호조절기 등의 비용으로 지출된다. 대형 신호교차로의 경우 이런 지출은 더욱 늘어나게 되는데 반해 현대식 회전교차로는 조경 비용과 조명교체비용 외에는 유지관리비가 크게 소요되지 않는다. 비록 회전식교차로의 개설비용이 신호

교차로의 개설비용보다 더 많이 들더라도 유지 및 관리비용까지 합산한 전체 B/C비를 평가하면 회전식교차로가 훨씬 경제적인 것으로 분석된다.(박병호, 2003)

(5) 기타

Brilon(1998)은 독일을 비롯한 타 현대식 회전교차로 도입국가의 연구결과는 현대식 회전교차로가 다른 형식의 교차로에 비해 소음수준이 낮다는 것을 밝혀냈다. 아울러 자동차들의 정지와 출발횟수를 줄임으로서, 연료소비 절감의 효과를 얻는다.(박병호, 2003)

2) 회전교차로의 단점⁴⁾

(1) 일정 수준 이상의 교통량에서의 지체증가

현대식 회전교차로를 통과하는 교통량이 일정수준 이상이 되고, 하나 이상의 특정 접근로에서 많은 교통량이 진입할 경우, 대기행렬이 발생하고 이로 인한 지체가 증가하게 된다.

(2) 교통축 흐름의 적용 미흡

현대식 회전교차로가 전체 교통류의 흐름에 적용하지 못하는 단점을 가지고 있기 때문에, 종합신호망을 채택하고 있는 지역에서는 신호교차로의 용량초과를 야기할 수 있다.

(3) 넓은 건설부지 소요

현대식 회전교차로를 건설할 경우 대형 트럭 등의 회전반경을 고려해야 한다. 따라서 신호교차로보다 넓은 부지가 필요하게 되므로 도시부에서의 회전교차로

4) 박병호외, 2003

설치는 많이 제한적일 수밖에 없다.

(4) 보행자 및 자전거 횡단불편

보행자 및 자전거 이용자들이 현대식 회전교차로를 횡단하고자 할 때는 상대적으로 많은 거리를 걸어야 한다. 따라서 보행자 통행이 잦은 곳에서는 설치가 어렵다는 점이 있다. 다음의 <표 3-3>은 회전교차로의 장점 및 단점을 요약 정리한 것이다.

<표 3-3> 회전교차로의 장점 및 단점

분류	장점	단점
안전성	<ul style="list-style-type: none"> 제어되지 않은 교차로에 비해 감소 양보표지가 감속주행을 유도해 사고율 감소 기하구조로 인한 저속운행으로 사고감소 	<ul style="list-style-type: none"> 교차로가 일반 운전자에게 익숙하지 않아, 설치초기 사고발생이 증가하는 시기 발생 응급차량에 대한 통행우선권 부여 곤란
용량	<ul style="list-style-type: none"> 양보표지로 인한 보다 많은 수락간격 신호교차로에서의 신호기의 녹색·황색 신호에 기인되는 손실시간이 없어 보다 높은 용량 	<ul style="list-style-type: none"> 종합신호망 채택지역에서 기타 신호 교차로에 용량초과 야기 설계용량보다 높은 교통량이 정기적으로 발생하는 교차로의 경우엔 효과 감소
지체	<ul style="list-style-type: none"> 신호교차로에 비해 동일한 교통량에서 총 지체 감소(단, 서비스수준이 높은 경우 제외) 비침두시간, 신호교차로에서 신호에 의한 불필요한 차량의 정지지체 감소 	<ul style="list-style-type: none"> 운전자들의 직선주행을 변환해야하는 기하구조에 대한 반감 대기행렬이 많아지면 진입하는 운전자는 보다 좁은 차간간격을 유지하려고 할 것이고, 타 교통류의 지체 및 사고 유발
비용	<ul style="list-style-type: none"> 신호교차로의 유지를 위해 전기, 루프 관리, 신호등 비용 및 관리 등의 많은 비용이 소비되나, 회전교차로는 조명과 표지관리 교체 정도의 유지비만 소모 	<ul style="list-style-type: none"> 경우에 따라 넓은 부지확보로 인한 비용증가 요인이 많음 지역에 따라 보다 많은 조명시설이 필요함에 따라 공사비 증가 가능성
보행자/자전거	<ul style="list-style-type: none"> 분리교통섬이 보행자 보행공간으로 사용 가능 저속운행 또는 적은 교통량 하에서 자전거 이용자들의 안전성 증대 	<ul style="list-style-type: none"> 분리교통섬이 장애인들의 이동에 불편 보행자 및 자전거의 통행거리 증가 통행자가 교차로 통과를 위한 수락 간격을 찾기 위한 지체를 유발

자료 : Oregon DOT, Modern Roundabout for Oregon.1998.p.x

3.3 회전교차로의 설치 운영사례

3.3.1 국내의 회전교차로 운영사례⁵⁾

우리나라에서는 아직 무신호교차로에 대한 통행우선권이 확립되지 않고 대부분의 교차로가 신호운영으로 인하여 신호대기 시간이 길고 자동차 배출가스로 인한 대기오염을 유발하고 있을 뿐만 아니라 법규위반 사례도 많은 실정이다. 특히 차량이 많지 않은 교외 및 농촌지역에 많은 신호교차로 설치 운영으로 인하여 불필요한 신호대기를 하거나 이를 회피하는 경향에 따른 신호위반이 빈발하고 있을 뿐만 아니라, 인구가 밀집한 도심 이면도로에는 무신호 평면교차로가 많고 통행우선권이 확보되지 않아 이면도로에 대한 사고 수준 또한 높은 편이다. 따라서 우리나라에서도 교통사고 감소, 소통원활 및 녹색교통 활성화 차원에서 신호등 없이 운영되는 회전교차로에 대한 관심과 건설이 본격적으로 추진되었으며, 특히 도시부에 미국식 교통서클이 설치 운영되어 오다 '90년대부터 현대식 회전교차로가 소개되면서 2000년 이후 간헐적으로 건설이 시작되었다. <표 3-4>는 2009. 8월 현재 전국적으로 100여개가 회전형 교차로가 설치운영 중인 현황과 [그림 3-15]는 지역별 대표적인 회전교차로 운영 사례를 나타낸 것이다.

<표 3-4> 국내 회전교차로 설치 운영 현황

2009. 8현재, 행정안전부

총계	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기
	12	2	0	3	1	0	3	16
100개소	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
	8	4	12	13	7	5	10	4

주. 녹색교통을 위한 회전교차로(Roundabout) 활성화방안, 국가경쟁력강화위원회

5) 국가경쟁력강화위원회, 녹색교통을 위한 회전교차로(Roundabout) 활성화 방안, 2009

또한 기존의 회전교차로 운영사례를 살펴보면 교차로 진입부에 양보표지판 및 양보선이 설치되어 있지 않거나 부적절하게 설치된 사례가 많고 특히 통행우선권이 확보되지 않음에 따라 상습적인 끼어들기에 따른 관행으로 인한 교차로내의 혼잡을 야기하는 경우도 있으며, 기존 회전교차로의 기하학적 구조가 회전교차로 설계지침에 맞지 않는 사례도 있다. 그리고 회전교차로는 원활한 소통과 사고 감소 기능이 상대적으로 도시지역보다 지방지역 교차로가 유리한 측면이 많이 있으나 도시외곽 지역 및 지방지역에는 회전교차로 보급이 거의 안 되어 있는 실정이다. 따라서 이러한 문제점 극복을 위한 설계지침에 맞게 기존 시설물에 대한 시설 개선과 통행 우선권 확보를 위한 관계법령의 정비 및 관련시설물 정비도 시급히 시행되어야 할 것이며 도시 외곽지역 및 지방지역에 대한 회전교차로의 확대 보급을 위한 다양한 정책이 개발 보급되어야 할 것이다.



[그림 3-15] 지역별 회전교차로 설치·운영사례



[그림 3-15 계속] 지역별 회전교차로 설치·운영사례

3.3.2 회전교차로의 국외 사례⁶⁾

회전교차로는 신호등에 의한 지체시간이 없고 정지 및 출발횟수가 감소함에 따라 신호교차로에 비하여 28% 연료소비량이 감소할 뿐만 아니라 자동차배출가스에 의한 환경오염 물질인 CO 배출량은 29%, NOx 배출량은 21% 감소하는 것으로 보고(Andra's Va'rhlyi, 2002) 되고 있다. 또한 회전교차로는 지체감소 및 회전(좌·우·U-turn) 교통량 처리가 일반교차로보다 용이하고 영국의 한 연구 결과에 의하면 회전교차로는 시간당 6,000대 이상 처리가 가능한 것으로 보고되고 있다. 그리고 회전교차로는 초기건설비용을 고려하더라도 유지관리비용이 저렴해 전체 비용효과 분석은 회전교차로가 더 경제적일뿐만 아니라 중앙 교통섬에 도시상징물, 화단조성 등을 통하여 도시경관 개선에 부합하는 경우에는 도시미관에도 효과가 있어 영국, 프랑스, 독일 등 여러나라에서 운영 중에 있다.

회전교차로에 대한 세계 여러나라의 교통사고 발생측면을 살펴보면 프랑스에서는 '86년 83개소의 회전교차로에 대한 사전·사후 분석결과 연평균 부상사고 건수는 78%가 감소하였으며, 사망자는 88%, 부상자는 82% 감소한 것으로 분석이 되었을 뿐만 아니라 '92년도에는 522개소 회전교차로에 대한 연구 결과 '88년에 조사대상 회전교차로의 90%(470개 회전 교차로)에서 부상사고가 없었으며, 부상자 75%는 경상이고 조사대상 회전교차로의 하루 평균 교통량은 12,500대 수준인 것으로 분석이 되었으며, 독일의 경우에는 '96년도에 대부분 내접원 직경이 30m이하 편도 1차로인 34개소 회전교차로에 대한 사전·사후 분석결과 사고건수는 40%감소하고 지방지역에서 사고비용이 84% 감소하였다. 교통사고 유형별로 보면 지방지역에서의 사망자는 18명에서 2명으로 89%가 감소하였으며, 경상자는 25명에서 3명으로 89%. 중대손해사고건수는 24건에서 3건으로 88%, 보행자사고는 8건에서 2건으로 75% 감소한 것으로 분석이 되었다. 그리고 미국에서는 '97년 11개 회전교차로의 사전·사후 분석결과, 연평균 총 사고가 4.9건에서 2.4건으로 37% 감소하였으며 부상사고는 3건에서 1.5건으로 51% 감소한 것으로 분석이 되었다.

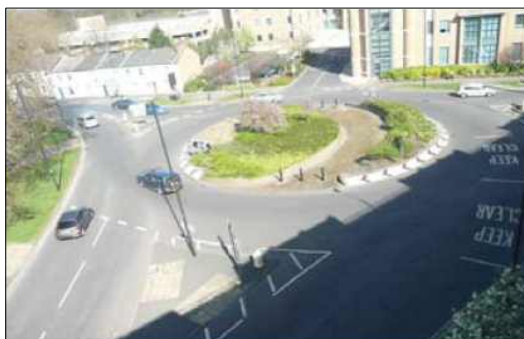
6) 한국교통연구원 KOTI-Brief Vol 제7호 2010.04.09
국가경쟁력강화위원회, 녹색교통을 위한 회전교차로(Roundabout) 활성화 방안, 2009

특히 편도 2차로 이내의 진입로와 내접원직경이 37m이하인 중소형 회전교차로 8개소에서는 총사고가 4.8건에서 2.4건으로 51%, 부상사고는 2건에서 0.5건으로 73% 감소하는 것으로 분석이 되었으며, 대형회전교차로 3개소에서는 총 사고는 29%, 부상사고는 31% 감소한 것으로 나타나고 있으며 이외에도 스위스, 노르웨이, 호주 등 여러 나라에서도 회전교차로 운영에 대한 사고감소 효과가 있는 것으로 미국의 교통연구원(Transportation Research Board. TRB)에서 보고하고 있다.

(1) 영국

초기의 회전교차로는 1920년 중반 일방통행가로와 회전시스템으로 영국에 도입되어, 1929“Roundabout”이라는 용어로 채택되어 사용되었다. 1966년 영국에서 회전교차로가 활성화 될 수 있었던 것은 새롭게 도입된 회전차로 차량에 대한 운행 우선권, 즉 “회전차로에 진입하는 차량은 회전차량에 양보해야 한다.”는 규칙과 아울러 회전차로 내로 진입하는 차량에 대해 ‘양보표지판’을 설치·운영하는 방안 때문이었다. 이러한 새로운 규칙에 따라 회전서클의 가장 문제시되었던 교차로내 정체 문제를 해결하게 되었고, 이것으로 회전교차로의 용량과 안전성 모두 개선되어 현대식 회전교차로(Modern Roundabout)를 탄생케 하였다.

영국에서는 현재 10,000개소 이상의 회전교차로가 설치되어 운영되고 있고, 최근 영국에서는 회전교차로의 활성화를 위한 안전성 향상과 자전거 이용자와 보행자를 고려한 회전교차로에 대해 주로 연구되고 있다.



도시부 회전교차로



하부 간선도로와 연계된 회전교차로

[그림 3-16] 영국의 회전교차로



매직 회전교차로



하부 간선도로와 연계된 회전교차로

[그림 3-16 계속] 영국의 회전교차로

(2) 프랑스

프랑스는 1907년 파리의 개선문광장을 교통서클 형태로 도입한 이후, '70년대 중반 이후 회전교차로를 도입하여 현재 약 30,000여개의 회전교차로가 운영 중이다. 1992년 프랑스의 서부에 위치한 Nante에서는 제1회 Roundabouts International Conference가 열렸으며, 6,815km²의 Nante 시내에 667개의 회전교차로가 운영 중이고, Nante 주변의 도시에는 572개의 회전교차로가 운영 중에 있다. 현재 프랑스는 법에 의해 일반교차로 통행우선권과 별도로 회전교차로 통행우선권을 규정하고 있어 통행우선권 위반시 750유로 이하 벌금을 부여하고 있다. 프랑스의 회전교차로 적용사례를 보면, LRT, 자전거, 보행자와 공존하는 운영방식과 간선도로에 접한 도로에서의 회전교차로 등 다양한 형태의 회전교차로가 운영되고 있다.



지역상징물과 결합



회전교차로와 LRT

[그림 3-17] 프랑스의 회전교차로



간선도로상의 회전교차로



도시부 회전교차로(낭트시)

[그림 3-17 계속] 프랑스의 회전교차로

(3) 독일

독일은 영국과 프랑스에 비해 비교적 늦게 회전교차로를 도입하였다. 1998년 독일에서 처음으로 발간된 지침 「Guideline for single - lane compact roundabouts」에서 진입차로가 1차로인 회전교차로에 대한 설계 기준을 제시하여 1차로 회전교차로를 중점적으로 도입하고 있고, 진입차로가 다차로인 회전교차로는 연방 교통국의 승인을 받게 하여 제한적으로 설치·운영하고 있다. 일반적으로 도시지역에서는 35m와 도시지역 외에는 45m의 최대 내접원을 가지는 회전교차로를 설치하여 운영하고 있다. 이후 독일의 도로교통연구소(FGSV)에서 2006년에 발간된 지침에서는 회전교차로를 초소형, 소형, 2차로 회전교차로와 신호등이 설치되어 있는 회전교차로의 4가지유형으로 제시하고 있다.



초소형 회전교차로



1차로 회전교차로



1차로 회전교차로



2차로 회전교차로



신호 회전교차로

[그림 3-18] 독일의 회전교차로

(4) 미국

미국은 로터리(교통서클)의 시초 국가로 1970년대까지는 지방부 로터리에 대한 설계지침이 있었으나 교차로 내 정체심각 및 사고위험 등에 의해 1980년대부터는

점차 사라지게 되었다. 그러나 1990년대에 들어와 유럽에서의 좋은 운영효과가 알려지면서 회전교차로 도입에 대한 활발한 논의가 시작되었고, 2000년대에는 중앙정부가 앞장서서 설계지침을 발표하여 지속적으로 확대 설치운영하고 있다.



Modesto, California

소규모 주거지역



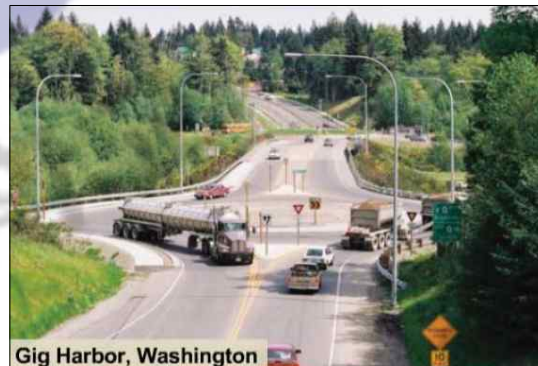
Paola, Kansas

지방부 도로



Overland Park, Kansas

상업시설 인근 회전교차로



Gig Harbor, Washington

고속도로 인터체인지

[그림 3-19] 미국의 회전교차로

3.4 녹색교통을 위한 국가정책

3.4.1 교통운영체계 선진화 정책⁷⁾

우리나라의 교통운영체계는 빈번한 교통사고의 발생 및 교통법규 위반과 과도한 혼잡비용으로 인한 사회·경제적 손실, 온실가스 배출과다 등 많은 문제점을 내포하고 있다.

우선 교통사고 발생 분야를 살펴보면 자동차 1만 대당 교통사고 사망자는 주요 선진국인 미국은 1.7명, 영국은 1.0명, 이웃나라인 일본도 0.9명이며 OECD 국가 평균은 1.6명인데 반하여 우리나라는 교통사고 사망자가 2.8명('08년)으로 여전히 높은 수준에 있으며, 만성적인 지·정체 등으로 야기되는 교통 혼잡비용은 '07년 기준 25.8조원으로 GDP의 약 3%(한국교통연구원, 2007)를 차지하고 있는 것으로 보고되고 있다. 그리고 환경적 측면에서 교통부문이 국가 총 온실가스 배출량에서 차지하는 비율은 '05년도 기준으로 16.8%(한국교통연구원)를 차지하고 있으며, 교통부문 온실가스 배출량 중 특히 자동차가 차지하는 비율은 78.8%를 차지하고 있다. 또한 교통운영, 교통안전을 확보하기 위한 지속적 계도·단속을 시행하고 있음에도 불구하고, 지속적인 교통법규 위반행태에 따른 범칙금 부과액이 1,460억 원, 과태료 부과액이 4,750억 원으로 연간 6,200억 원 수준에 이르는 등 교통신호 및 도로운영체계가 불합리하고 현실에 맞지 않다는 지적이 지속적으로 제기되는 등 많은 교통문제를 가지고 있다.

따라서 우리나라 전체 교차로의 10%인 5,662개소를 회전교차로로 전환할 경우 사고·지체감소, 에너지 절감 및 오염배출 감소에 따른 경제적 비용 절감효과는 <표 3-5>에서 제시하고 있듯이 연간 2조 439억 원으로 분석하고 있으며 회전교차로 1개소당 경제적 비용 절감효과는 연간 약 3.6억 원에 이른다고 밝히고 있다. 이러한 경제적 효과 이외에도 교통질서 유지, 도시미관 개선과 같은 심미적 부가

7) 교통운영체계 선진화방안, 경찰청,행정안전부,국토해양부,국가경쟁력강화위원회, 2009.4
녹색교통을 위한 회전교차로(Roundabout) 활성화 방안, 국가경쟁력강화위원회, 2009

효과도 발생하고 있음에 따라 회전교차로 설치에 따른 건설비용은 5,096억 원이 소요되나 이는 일부 초기의 건설비용의 증가를 감안해도 장기적으로 경제적 효과가 있는 것으로 밝히고 있다.

<표 3-5> 회전교차로의 경제적 기대효과

계	사고감소효과	지체감소효과	에너지절감효과	대기오염감소효과
2조 439억원	2,084억원	16,729억원	771억원	855억원

주) 녹색교통을 위한 회전교차로 활성화 방안, 2009, 국가경쟁력강화위원회

또한 평면교차로 설계지침(건설교통부, 2004)에서 외국기준을 검토하여 소개하는 수준으로 회전교차로 잠정 지침을 제시한 바 있으나, 사회적인 인식부족과 회전교차로 운영 방식에 대한 국내 운전자들의 새로운 시스템에 대한 이해부족으로 아직까지 제대로 도입되지 못하였다. 그러나 최근 사고감소와 소통증진 및 저탄소 녹색교통의 활성화를 위해 효율적이고 체계적인 설치 보급을 위하여 정부에서는 2010년 12월 회전교차로 설계 지침을 마련 보급하였으며, 회전교차로의 통행우선권과 관련한 법적 제도적 장치도 마련해 나가고 있다.

3.4.2 제주특별자치도의 회전교차로의 정책⁸⁾

제주도는 지역 간 주요 연결도로의 도심 통과 또는 우회도로의 미개설로 인해 도심부 또는 일부구간의 지·정체가 심화되고 있으며, 지역적 특성상 개발제한구역을 중심으로 생활권이 분산되어 있음에 따라 중산간도로가 지역간 연결도로의 역할을 담당하고 있다. 그러나 중산간 지대의 각각의 생활권으로 접근시 우회거리가 과다하게 소요되고 있으며, 제주시와 서귀포시를 오가는 출근통행 유·출입교통량이 많아 오전 및 오후 첨두시에 교통량 집중으로 인한 일부 구간의 지·정체가 심화되고 있다. 특히 제주도는 지역적 특성상 외부운전자가 많지 않으나 교통사고는 오히려 심각한 수준에 있다. <표 3-6>에서 보는 바와 같이 교통사고

8) 녹색교통시대를 여는 회전교차로 시범도시 사업 추진계획, 제주특별자치도, 2009

찾은 곳 192개소 및 관리지역 167개소 총 359개소를 분석한 결과 전체 사고 발생건수 1,204건 중 교차로 발생건수가 1,100건으로 91.3%를 차지하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 교차로 사고의 발생 장소별로는 교차로내 378건으로 34.2%, 접근로 377건으로 34.2%를 점유하고 있으며, 횡단보도 163건으로 14.8%. 유출부 151건으로 13.7%를 차지하고 있다, 그리고 교차로상에서 발생한 교통사고유형별 발생건수는 측면 직각사고 320건으로 29.1%, 추돌사고 268건으로 24.3%, 보행자사고 216건으로 19.6%, 차로변경 접촉사고 65건으로 5.9%순으로서 이들 중 보행자사고는 횡단보도 상태에서 142건으로 보행자사고의 65.7%로 나타나고 있다. 따라서 교차로내와 그 주변에서 전체 교통사고의 35.1%의 교통사고가 발생해 교통사고 감소를 위해서는 교차로의 근본적인 대책 마련이 요구되고 있다.

〈표 3-6〉 “교통사고 잦은 곳”에서 장소별 사고유형별 사고현황

단위 : 건

구 분	총계	차 대 사 람	차 대 차 사 고							차 량 단 독 사 고					
			정 면 추 돌	추 돌	나 란 히 접 촉	측 면 직 각	접 촉	차 로 변 경 접 촉	기 타	고 정 물 체	전 복	추 락	차 내 사 고	기 타	
총 계	1,204	269	33	295	41	331	110	71	26	13	0	0	12	3	
교 차 로	소 계	1,100	216	33	268	40	320	109	65	24	12	0	0	10	3
	접근부	377	27	22	220	15	23	14	31	13	4	0	0	6	2
	유출부	151	28	5	32	10	36	12	18	3	4	0	0	3	0
	횡단보도	163	142	0	0	0	19	0	1	1	0	0	0	0	0
	교차로내	378	9	6	12	14	237	82	15	2	0	0	0	0	1
	기 타	31	10	0	4	1	5	1	0	5	4	0	0	1	0
단 일 로	소 계	104	53	0	27	1	11	1	6	2	1	0	0	2	0
	횡단보도상	45	40	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0
	접근부	33	7	0	17	1	3	1	1	1	0	0	0	2	0
	유출부	24	6	0	10	0	2	0	5	0	1	0	0	0	0
	기 타	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0

주) 녹색교통시대를 여는 회전교차로 시범도시 사업 추진계획, 제주특별자치도, 2009

또한 제주도의 교통사고 심각도를 살펴보면 <표 3-7>에서 보는바와 같이 '08년도에 자동차 1만대 당 사망자는 3.4명으로 전국 평균 2.9명보다 14.7%나 많은 것으로 나타나고 있으며, 인구 10만 명당 사망자 또한 전국평균 12.1명이나 제주도의 경우는 17.6명으로 전국적인 평균 12.1명보다 32.1%나 많은 것을 <표 3-8>을 통해서 알 수 있다. 따라서 지속적인 지·정체심화와 외부차량이 많이 유입되지 않는 지리적 특성에도 불구하고 사고의 심각도는 훨씬 높은 수준이어서 시스템적으로 교차로에서 진입차량에 대한 저속운행을 유도하여 교통안전 및 원활한 차량 소통과 녹색교통 조성을 위하여 회전교차로 시범설치 사업을 추진하고 있다.

<표 3-7> 제주도 자동차 1만대 당 사망자 현황

단위 : 명

구 분	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년
제 주	4.1	5.0	4.0	3.6	3.4
전 국	3.9	3.4	3.2	3.1	2.9

주) 녹색교통시대를 여는 회전교차로 시범도시 사업 추진계획, 제주특별자치도, 2009

<표 3-8> 제주도 인구 10만 명당 사망자 현황

단위 : 명

구 분	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년
제 주	16.9	20.0	19.9	18.4	17.6
전 국	13.6	13.2	13.0	12.7	12.1

※ 도로 10km당 사망자 : 0.30명(전국 1위, 전국평균 0.56명)

주) 녹색교통시대를 여는 회전교차로 시범도시 사업 추진계획, 제주특별자치도, 2009

제주도에서는 시범사업으로 총사업비 196억원(국비 150, 지방비 46)으로 교통 안전과 차량소통이 조화된 회전교차로 설치를 추진하고 있으며, 회전교차로 설치는 2010년부터 3개년 계획으로 단계별 실시되고, 총 73개소 중 2010년 20개소, 2011년 ~ 2012년 53개소 설치 계획에 있다.

교외·농촌지역 주요 축별 회전교차로 건설의 경우 계획기간까지 지방지역 1차로 회전교차로 58개, 초소형 회전교차로 20개 등 총 78개설치 목표로 추진하고 있고, 편도 1차로의 중산간 순환도로를 중심으로 지방지역 1차로 회전교차로 우선 설치하며, 남북방향의 집산도로는 2단계 이후 설치하되 초소형 회전교차로 중점 설치계획을 추진하고 있다.

그리고 도시지역(인구밀집지역) 회전교차로 신설의 경우 계획기간까지 도시지역 2차로 회전교차로 5개, 초소형 회전교차로 15개, 초소형 회전교차로 30개 등 총 45개설치 목표로 추진하고 있고, 도시 외곽지역(접경지역)을 중심으로 도시지역 2차로 회전교차로 우선 설치하며, 돌출형 중앙교통섬 설치공간이 부족한 도심 인구 밀집지역에 넘어갈 수 있는 초소형 회전교차로 중점 설치계획을 추진하고 있다.

<표 3-9> 회전교차로 추진 현황 및 소요예산

(단위 : 개소, 억원)

구 분		계	2010년	2011년	2012년
사업량		123 (초소형 50개 포함)	20	50 (초소형 25개 포함)	53 (초소형 25개 포함)
사 업 비	계	196	40	75	81
	국 비	150	40	53	57
	지방비	46		22	24

주) 녹색교통시대를 여는 회전교차로 시범도시 사업 추진계획, 제주특별자치도, 2009

IV. 분석의 틀 및 대상지점 선정

4.1 분석의 틀 설정

4.1.1 분석프로그램⁹⁾

회전교차로의 운영효과를 나타낼 수 있는 대표적인 프로그램은 ARCADY, RODEL, aaSIDRA, KREISEL, VISSIM 등이 있다.

Traffic microsimulation model은 주어진 도로환경 내에서 개별 단위의 차량과 보행자의 주행 및 이동 행태를 모사(Simulate)함으로써 통행수요와 도로환경의 변화에 따른 영향을 미시적으로 분석하는 도구를 의미한다.

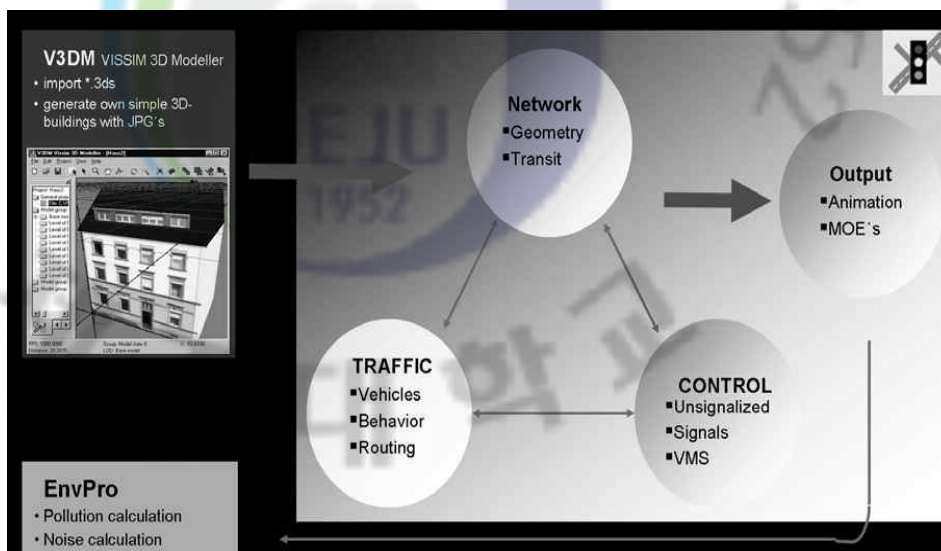
Traffic microsimulation model 모형의 장점은 혼잡교통류 상황에서 대기행렬의 생성에서 소멸 과정을 동적으로 분석할 수 있으며 운전자·차량·도로·규제의 행태와 특성을 세부적으로 반영하여 함으로써 정적인 모형에 비해 현실적인 분석이 가능하다. Microsimulation model은 개별차량을 Simulation의 단위로 하여 차량추종 모형(Car Following Model)과 차로변경모형(Lane Changing)모형을 기초로 결과를 도출한다는 점에서 「속도 - 밀도 - 교통량」의 관계식을 기초로 하는 Macrosimulation 모형 또는 Mesosimulation 모형과 구분되고, 교통류의 흐름에 따른 도로망상의 통행 상태 변화를 동적으로 분석한다는 점에서 Macrosimulation과 비교된다.

따라서 본 연구에 사용된 VISSIM은 독일의 PTV사에서 개발된 미시적 분석 도구로서, 시간의 변화와 특성에 따른 도시교통 및 대중교통 운영 시뮬레이션 모델의 개발에 기초하고 있다. 또한 교통 및 대중교통 운영의 분석이 가능하고 교통공학 및 계획의 효과척도를 기본으로 교통운영상의 다양한 대안을 평가하기

9) VISSIM 5.10 사용자 매뉴얼

최재민, Traffic Microsimulation실무(VISSIM사례), 교통기술과 정책, 제6권, 제2호, 2009.6

편리하다. VISSIM은 교차부분 및 합류부분에서의 속도 감소에 대해 분석이 가능하고, 신호 및 정지표지 제어가 포함된 교차로의 설계 대안에 관해 쉽게 비교 가능하며, 회전형 교차로나 경사가 분리된 인터체인지에 관해서도 그 비교가 가능하다. 시뮬레이션을 통해 평균 지체시간, 평균 정지 차량 수, 평균속도, 총 통행거리 등의 결과 값을 얻을 수 있으며 본 연구에서는 평균속도, 차량당 평균 지체시간, 총 통행시간 등을 분석지표로 설정하였다. [그림 4-1]은 분석도구인 VISSIM에 대한 구조를 보여 주고 있다.



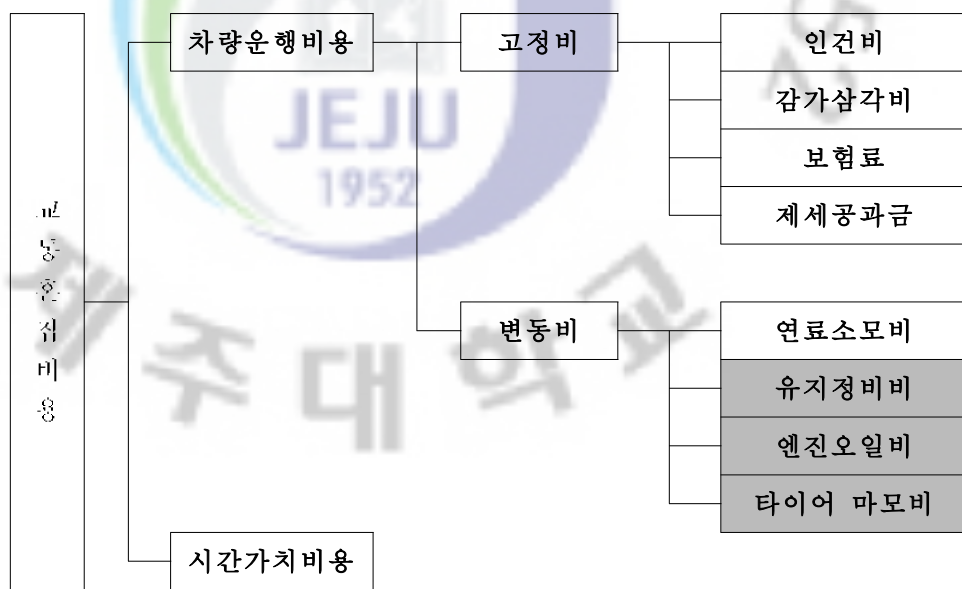
[그림 4-1] VISSIM의 구조

4.2 교통 혼잡비용의 구성요소¹⁰⁾

일반적으로 교통 혼잡비용은 크게 차량운행비용과 시간가치비용으로 구분되며, 차량운행비용은 다시 고정비와 변동비로 구분된다. 고정비에는 운전자의 인건비, 차량의 감가상각비, 보험료, 각종 제세공과금 등이 있고, 변동비에는 연료소모비와 차량의 유지·정비비, 엔진오일비, 타이어 마모비 등이 있으나, 실제로 연료소모비를 제외한 나머지 항목들은 계산하기가 곤란하고, 크기가 미미함으로 교통 혼잡비용의 추정에는 이들 항목은 제외된다.

10) 한국교통연구원, 2008 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석, 조한선, 이동민, 박상준, 2010

시간가치비용은 교통 혼잡으로 인하여 발생된 손실시간분의 비용(혹은 가치)으로서 이를 화폐단위화한 것이다. 즉, 차량의 운행속도가 정상속도를 유지하였다면 원하는 시간에 목적지에 도달하여 개개인의 경제활동 및 재화 창출의 기회를 가질 수 있으나, 혼잡에 의해 지체된 시간만큼 이러한 기회를 상실하므로 이에 대한 가치비용을 추정한 것이다. [그림 4-2]는 교통 혼잡비용을 구성하는 요소들을 나타내고 있다.



주) ■ 부분은 실제 교통혼잡비용 계산에서 제외되는 항목임

[그림 4-2] 교통혼잡비의 구성요소

4.2.1 차량운행비용의 분석

차량운행비용은 고정비와 변동비로 구분되며, 이들 각 항목들은 분석 기준년도에 대한 각 항목의 시간당 금액인 원단위 값으로 추정된다.

1) 고정비

(1) 인건비

인건비는 운전자의 1인당 월평균 급여로서 업무용 승용차, 소형 버스, 소형 화물차는 『2008 노동통계연감』(노동부, 2009)의 전 산업 월평균 급여 및 근로시간 자료를 토대로 추정하였으며, 대형 버스와 화물차의 경우는 한국 운수산업 연구원을 통하여 월평균 급여 및 근로시간 자료를 수집 적용한 2008년 자료를 토대로 추정하였다. <표 4-1>은 차종별 운전자들의 평균임금 및 시간당 인건비를 제시하고 있다.

(2) 감가상각비

차종별 시간당 감가상각비는 차종별 기준차량을 설정하고, 이에 대해 일반적으로 사용되는 정액법(감가상각 대상액, 내용연수, 월평균 가동시간)을 적용하여 추정하였다. 여기서 감가상각 대상액은 취득가액에서 예상 잔존가치(취득가액의 10%)를 제외한 가격이며, 내용연수는 회계법상의 내용연수와 법적 사용연수를 감안하여 설정하였다. 월평균 가동시간은 차종별 운전기사의 1인당 근로시간에 차종별 해당 운전기사 소요인원을 감안한 시간으로 택시 1.86인, 시내버스 1.92인, 시외버스 1.37인, 고속버스 1.55인, 화물차 1.15인을 적용하였으며, 업무용 승용차 및 소형 버스는 추가 소요인원이 없는 것으로 가정하였다.

(3) 보험료

보험료는 각 차종, 연식, 운전자의 연령, 경력 등 다양한 요소들에 의해 매우 복잡하게 계산·부과되나, 이를 단순화하여 계산하였다. 즉, 기준 차종은 신차이고, 운전자의 연령은 26세 이상이며, 경력 5년의 무사고인 운전자에 대한 보험요율을 적용하였다. 또한 보험은 책임보험과 종합보험에 가입한 것으로 간주하였고, 자차 보험은 가입하지 않은 것으로 설정하여 계산하였는데, 추정방식은 「연간 보험료 ÷ 12개월 ÷ 차종별 월평균 가동시간」으로 추정하였다. 우선적으로 연간 보험료는 보험개발원의 협조를 통한 취득 자료를 인용하였다.

(4) 제세공과금

제세공과금의 추정방법도 앞서 언급된 기준 차량을 대상으로 매년 부과되는 면허세(택시 한정)와 2분기별 자동차세 및 환경개선부담금 등의 2008년 부담 분을 적용하였다. 차종별 시간당 제세공과금의 추정방법은 보험료의 추정방식과 동일한 방법을 적용하였으며, 추정방식은 「연간 제세공과금 ÷ 12개월 ÷ 차종별 월평균 가동시간」이다.

(5) 차량운행비 중 고정비 종합

본 연구의 분석 기준 연도인 2008년을 기준으로 추정된 차량운행비 중 고정비의 추정 결과에 대한 연도별 비교는 다음의 <표 4-1>과 같다. 인건비 항목에 있어 차종별 시간당 인건비는 대형버스를 제외하고는 물가상승과 더불어 임금의 소폭 상승이 이루어진 것을 알 수 있다. 감가상각비 역시 전년도와 동일한 계산방식을 적용하였으며 대형버스와 버스를 제외하고는 다소 상승한 결과를 보여주고 있다.

<표 4-1> 연도별 고정비의 원단위 값 종합비교표

단위 : 원/대·시

구	분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
인건비 ¹⁾	승용차	8,658	9,758	11,187	11,965	12,324	12,927	14,242	15,804
	택시	8,848	9,313	10,465	10,723	11,815	12,388	13,243	15,137
	소형버스	8,658	9,758	11,187	11,965	12,324	12,927	14,242	15,804
	대형버스	13,398	8,843	9,392	10,491	11,484	11,974	12,491	12,491
	화물차	9,376	9,607	9,097	9,011	9,675	9,438	10,191	10,191
감가상각비 ²⁾	승용차	577	580	608	648	782	792	805	878
	택시	471	519	569	561	707	701	729	791
	소형버스	772	802	834	982	1,043	1,287	1,333	1,332
	대형버스	2,716	2,962	2,992	3,175	3,457	3,856	3,856	3,856
	화물차	2,400	2,604	2,262	2,377	2,819	3,165	3,178	3,281
보험 ³⁾	승용차	249	253	102	104	109	246	253	281
	택시	478	513	419	435	472	294	278	306
	소형버스	1,301	1,218	1,294	1,340	1,344	2,082	1,851	1,938
	대형버스	720	657	730	740	750	1,283	897	930
	화물차	524	604	567	580	642	320	350	374

<표 4-1 계속> 연도별 고정비의 원단위 값 종합비교표

구 분		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
제세공과금	승용차	90	84	88	88	89	91	93	98
	택시	47	47	18	18	19	19	20	21
	소형버스	30	30	43	44	45	46	48	51
	대형버스	39	39	47	47	50	50	52	52
	화물차	47	48	49	50	54	52	55	56

자료 1) 노동부, 『노동통계연감』, 2008.
 2) 현대자동차 차량판매가격, 2008년 자료 이용
 3) 보험개발원 내부자료, 2008년 자료 이용

2) 변동비

변동비는 연료비, 유지·정비 비, 엔진오일 비, 타이어 마모비 등으로 구성되나 본 연구의 교통 혼잡비용 추정시에는 연료비의 변동치만을 분석대상으로 하며, 나머지 항목은 교통 혼잡에 따른 비용의 변화폭이 극히 미미하여 제외하였다.

교통 혼잡으로 인한 차량통행속도의 감소는 차량의 연료소비를 증가시키게 되므로 변동비는 차량의 운행속도와 유류가격에 직접적인 영향을 받게 된다. 따라서 변동비를 파악하기 위해서는 유류가격과 차량통행속도에 따른 차종별 연료소모량을 알아야 한다. 따라서 변동비의 추정은 <표 4-2>에서 제시하고 있는 차량속도별 연료소모량 회귀식을 이용하여 교통 혼잡에 따른 차종별, 속도별 연료비의 변동비용을 추정한다. 또한 유류가격은 소비자 가격이 아니라 세금을 제외한 가격을 적용한다. 세금은 공공자금으로서 소비자가 정부에 지급한 금액으로 개인의 실질적인 소비로 볼 수 없어 실질 가격인 세전 가격을 적용한다.

<표 4-2> 차종별 속도 - 연료 소비모형

독립변수 \ 차 종	상수	SPEED ⁻¹	SPEED ²	R ²
승용차	11.684	1,183.908	0.00469	0.993
버스	67.518	1,613.459	0.01766	0.972
트럭	90.278	1,922.822	0.01932	0.911

주. 종속변수 = 연료소비량, FUELA(litter/1,000km), 독립변수 = 속도, SPEED(km/h)
 자료 : 교통개발연구원, 「원간교통」, 1998.12

4.2.2. 시간가치비용의 분석

앞서 언급되었듯이 시간가치비용은 실제 눈에 보이지 않는 가치로서 개개인이 피부로는 느낄 수 없으나, 교통 혼잡에 따른 경제활동의 손실분을 의미하며, 교통과 같은 공공부분에 있어 공공시설투자에 대한 타당성 평가를 위한 경제성 분석에 있어 매우 중요한 의미를 지닌다. 예를 들어 도로를 신설 또는 확장하는 경우 교통시설 공급에 따른 시설용량의 증가로 차량의 운행속도가 향상되었다면, 시설 이용자의 시간가치비용을 축소시키게 되어 시간가치 편익이 발생하는 것으로 간주하여 시설이용자 개개인의 시간가치비용의 축소는 시설투자에 대한 편익으로 계산된다. 그러나 시간가치비용과 이에 관련된 편익을 계산하는 것은 계량화하기 어려운 여러 가지 변수들을 종합하여야 하므로 간단한 문제가 아니다. 시간가치에 대한 의견 및 결과는 각각의 연구에 따라 적용하는 방식과 변수에 따라 서로 다르므로 공공사업의 타당성을 분석함에 있어 많은 논란이 있다. 이에 따라 기획예산처에서는 「도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침」을 마련하고 시간가치에 대한 지침을 작성하여 도로건설 타당성 평가 등에 동 지침을 적용토록 하고 있다.¹¹⁾ 따라서 본 연구에서는 이를 준용하여 차종별 이용자(승용차, 버스)의 시간가치비용은 전 산업 월평균소득 등을 기준으로 하였으며 비업무통행의 시간가치는 업무통행 대비 비율을 이용하여 적용하였고 <표 4-3>은 시간가치비용의 적용 값을 설명하고 있다.

<표 4-3> 통행목적별, 차종별 시간가치비용

단위: 원/인, 시

구 분	업무통행	비업무통행
승용차	19,569	6,700
버 스	18,565	4,859

자료 1) 국토해양부, 『건설교통통계연보』, 2009.

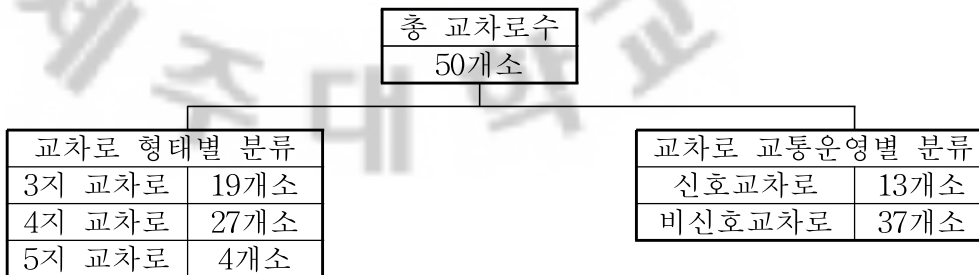
2) 한국개발연구원, 『도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구』, 2001.

11) 한국개발연구원, 『도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구』, 2001.

4.3 분석대상 교차로¹²⁾

회전교차로 설치 개선 계획 중에 있는 50개의 교차로는 교차로 형태 및 운영 형태별로 분류하면 3지교차로가 19개소, 4지교차로가 27개소, 그리고 5지교차로가 4개소로 분류 할 수 있으며 또한 이들을 다시 운영형태 별로 분류하면 신호운영 교차로 13개소, 비신호교차로가 37개소로 분류 할 수 있다. 본 연구에서는 이 모든 교차로를 대상으로 한 분석은 많은 어려움이 있음에 따라 개선 계획대상 교차로 중에서 신호운영교차로로 한정하였으며, 2011. 2월부터 신호운영에서 회전교차로로 전환하여 운영 중에 있는 신호입구 삼거리 회전교차로와 4지 신호운영 교차로 중에서 도시지역에 인접해 있는 토평사거리 및 명월사거리 교차로, 교래사거리 교차로, 그리고 신호입구 회전교차로와 인접해 있는 하효입구 삼거리 교차로를 분석대상으로 설정 하였다.

<표 4-4> 제주도 회전교차로 실시설계 현황



1) 명월사거리

명월교차로 사거리는 지방도 1132호선(일주도로)과 시·군도가 교차하는 왕복 4차로, 4지 신호운영 교차로로서 주 도로(일주도로)에 교통량이 집중되고 주변 토이지용은 대부분이 주거지역으로 활용되고 있으며 전반적으로 이용차량의 통행속도가 높아 감속시설의 설치가 필요한 지점이다. 따라서 본교차로는 도시 지역 2차로 회전교차로로 설계(설계기준자동차 : 대형자동차)되었으며, 회전 교차로 내접원 직경은 45m, 회전차로 폭은 5.0m로 설계되었다. 또한 설계기준 자동차에 부합하는 별도의 화물차 턱 설치(3.0m)가 설계에 반영되었다.

12) 제주특별자치도 제주도내 회전교차로 설치공사 실시설계 2010.07

<표 4-5> 명월사거리 교차로 현황 및 위성사진

교차로명	명월사거리				
위 치	제주시 한림읍 명월리 2088				
도 로 명	지방도 1132호선(일주도로)				
교차로유형	도로유형	주도로		부도로	
신호운영	도로등급	지방도		시·군도	
4지교차로	설계속도	80 km		50 km	
접근로별	접근로1	접근로2	접근로3	접근로4	접근로5
교차로 접근 속도	73	40	72	41	
일교통량(방향별)	1,723	646	1,862	623	
보행 교통량	적음	적음	적음	적음	
자전거 교통량	적음	적음	적음	적음	
주변토지이용현황	주거	상업	공업	기타	
	○				

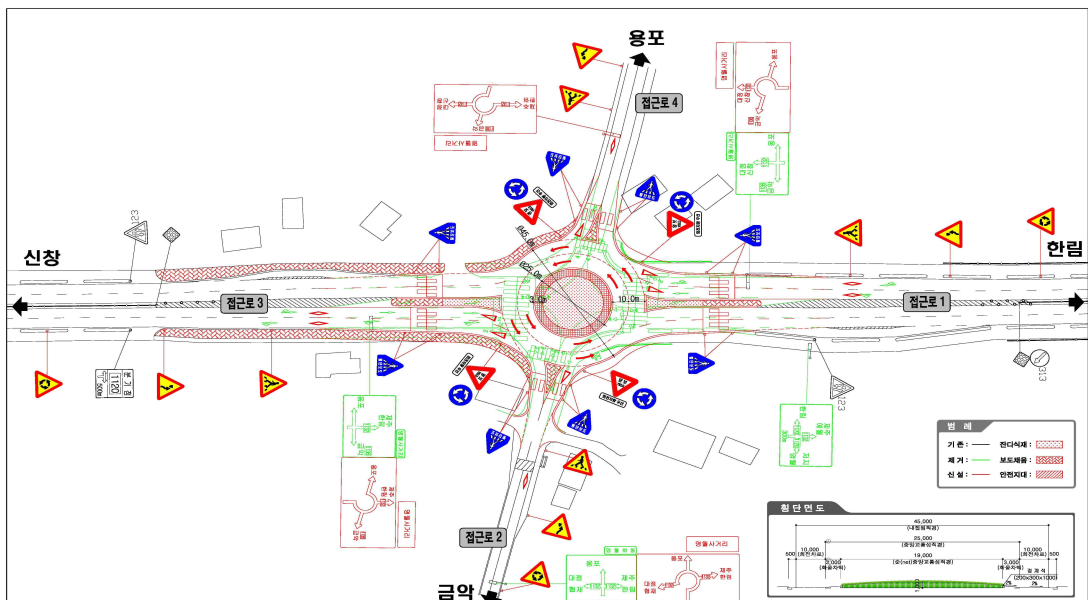
위성사진



<표 4-6> 명월사거리 회전교차로 설계기준

설계항목		설계값	비 고	
지역구분		도시부	- 도시부, 지방부 구분	
설계기준자동차(DS)		대형차	- 승용차, 버스, 트럭, 세미트레일러	
내접원 직경(m)		45.0	- 내접원 직경 = 중앙교통섬 직경+회전차로, 트럭 턱 폭×2	
중앙 교통섬 직경(m)	순(net) 중앙교통섬 직경(m)	19.0	- 트럭 턱 있는 경우 : 중앙교통섬 직경 =순(net)중앙교통섬직경+트럭턱 폭	
	트럭턱 폭(m)	3.0	- 트럭 턱 없는 경우 : 중앙교통섬 직경 = 순(net)중앙교통섬 직경 - 순(net) 중앙교통섬 직경, 트럭 턱 폭(m)	
회전 차로수(개) 및 폭(m)	회전차로 수	2	- 회전차로수가 1개인 경우 1, 2개인 경우 2를 기재	
	회 전 차로폭	1차로 폭	5.0	- 중앙교통섬과 접해있는 차로
		2차로 폭	5.0	- 1차로 우측 차로
곡선반경 (m)	R1	25	- 회전교차로 진입 반경	
	R2	18	- 회전차로 주행 반경	
	R3	41	- 회전교차로차로 진출 반경	
	R4	19	- 좌회전차량의 회전교차로 주행반경	
	R5	25	- 우회전차량의 회전교차로 주행반경	

기하 구조	차로수	폭(m)		양보선과 횡단보도 이격거리(m)	분리교통섬	
		진입로	진출로		길이(m)	형태
접근로1	2	9.5	9.0	22.0	37.0	돌음
접근로2	1	4.5	4.5	8.0	15.0	돌음
접근로3	2	9.4	8.9	23.0	35.0	돌음
접근로4	1	4.5	4.9	8.0	14.0	돌음



2) 교래사거리

교래사거리 교차로는 지방도 1118호선(남조로)과 지방도 1112호선(비자림로)이 교차하는 2차로 4지 신호운영 교차로서 연도개발이 전혀 없는 농경지, 관광지(지방부)로서 교차로부 회전차량을 위한 도로확폭 및 주변 관광지를 고려한 보행자 안전시설 및 안내시설 설치 필요한 곳이다. 따라서 지방지역 1차로 회전교차로 설계(설계기준자동차 : 세미트레일러)되었으며, 내접원직경(30.0m), 트럭 턱(3.0m), 회전차로 폭(5.5m), 진·출입 차로 폭(4.5m)로 설계되었으며, 회전교차로 진·출입 차량에 대한 감속 유도(안전성 향상)를 위해 진·출입 차로폭(4.5m)로 설계되었다.

<표 4-7> 교래사거리 교차로 현황 및 위성사진

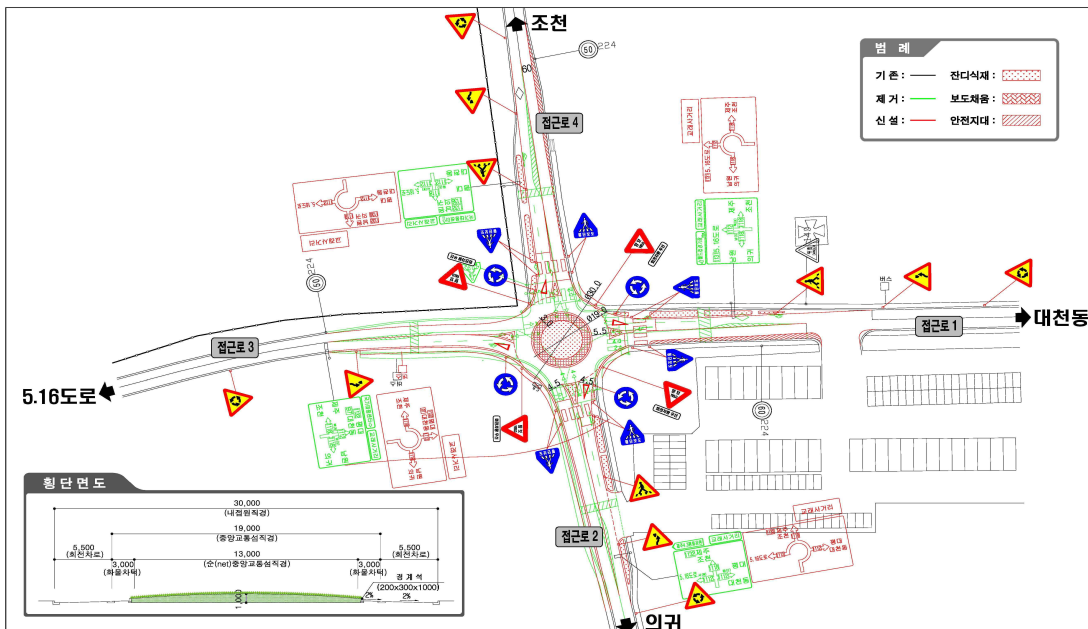
교차로명	교래사거리				
위 치	제주시 조천읍 교래리 산60-4				
도 로 명	지방도 1118호선(남조로), 1112호선(비자림로)				
교차로유형	도로유형	주도로	부도로		
신호운영	도로등급	지방도	시·군도		
4지교차로	설계속도	60 km	60 km		
접근로별	접근로1	접근로2	접근로3	접근로4	접근로5
교차로 접근 속도	45	38	42	36	
일교통량(방향별)	1,300	3,277	2,077	4,277	
보행 교통량	적음	적음	적음	적음	
자전거 교통량	적음	적음	적음	적음	
주변토지이용현황	주거	상업	공업	기타	
				○	

위성사진



<표 4-8> 교래사거리 회전교차로 설계기준

설계항목		설계값	비고			
지역구분		지방부	- 도시부, 지방부 구분			
설계기준자동차(DS)		세미트레일러	- 승용차, 버스, 트럭, 세미트레일러			
내접원 직경(m)		30.0	- 내접원 직경 = 중앙교통섬 직경+회전차로, 트럭 턱 폭×2			
중앙교통섬 직경(m)	순(net) 중앙교통섬 직경(m)	13.0	- 트럭 턱 있는 경우 : 중앙교통섬 직경=순(net)중앙교통섬직경+트럭 턱 폭 - 트럭 턱 없는 경우 : 중앙교통섬 직경 = 순(net)중앙교통섬 직경			
	트럭턱 폭(m)	3.0	- 순(net) 중앙교통섬 직경, 트럭 턱 폭(m)			
회전차로 수(개) 및 폭(m)	회전차로 수	1	- 회전차로수가 1개인 경우 1, 2개인 경우 2를 기재			
	회전차로폭	1차로 폭 : 5.5 2차로 폭 : -	- 중앙교통섬과 접해있는 차로 - 1차로 우측 차로			
곡선반경(m)	R1	40	- 회전교차로 진입 반경			
	R2	12	- 회전차로 주행 반경			
	R3	20	- 회전교차로차로 진출 반경			
	R4	11	- 좌회전차량의 회전교차로 주행반경			
	R5	40	- 우회전차량의 회전교차로 주행반경			
기하구조	차로수	폭(m)		양보선과 횡단보도 이격거리(m)	분리교통섬	
		진입로	진출로		길이(m)	형태
접근로1	1	5.0	5.0	9.5	7.5	돌음
접근로2	1	5.0	5.0	10.0	8.0	돌음
접근로3	1	5.0	5.0	-	16.0	돌음
접근로4	1	5.0	5.0	9.0	8.0	돌음



3) 토평입구 사거리

토평입구사거리 교차로는 지방도(중산간도로)와 지방도(5·16도로)가 교차하는 4지 신호운영 교차로로서 보행 및 자전거 통행량이 적고 일부구간 길어깨를 보행공간으로 이용되고 있다. 따라서 도시지역 2차로 회전교차로로 설계(설계기준자동차 : 대형차)되었으며, 회전교차로 내접원 직경은 45m, 회전차로 폭 5.0m 및 설계기준자동차에 부합하는 별도의 화물차 턱 설치(3.0m)로 설계되었다. 그리고 간선도로급의 주간선도로인 고규격 도로에 회전교차로 설치는 단독으로 설치하는 것 보다 교통축 개념의 개선방안을 강구가 필요한 지점이다.

<표 4-9> 토평입구 사거리 교차로 현황 및 위성사진

교차로명	토평입구 사거리				
위 치	서귀포시 토평동 2240-3				
도 로 명	중산간도로, 5·16도로, 토평로				
교차로유형	도로유형	주도로	부도로		
신호운영	도로등급	지방도	시·군도		
4지 교차로	설계속도	60 km	60 km		
접근로별	접근로1	접근로2	접근로3	접근로4	접근로5
교차로 접근 속도	33	30	33	31	
일교통량(방향별)	3,708	5,515	3,969	5,031	
보행 교통량	적음	적음	적음	적음	
자전거 교통량	적음	적음	적음	적음	
주변토지이용현황	주거	상업	공업	기타	
	○				

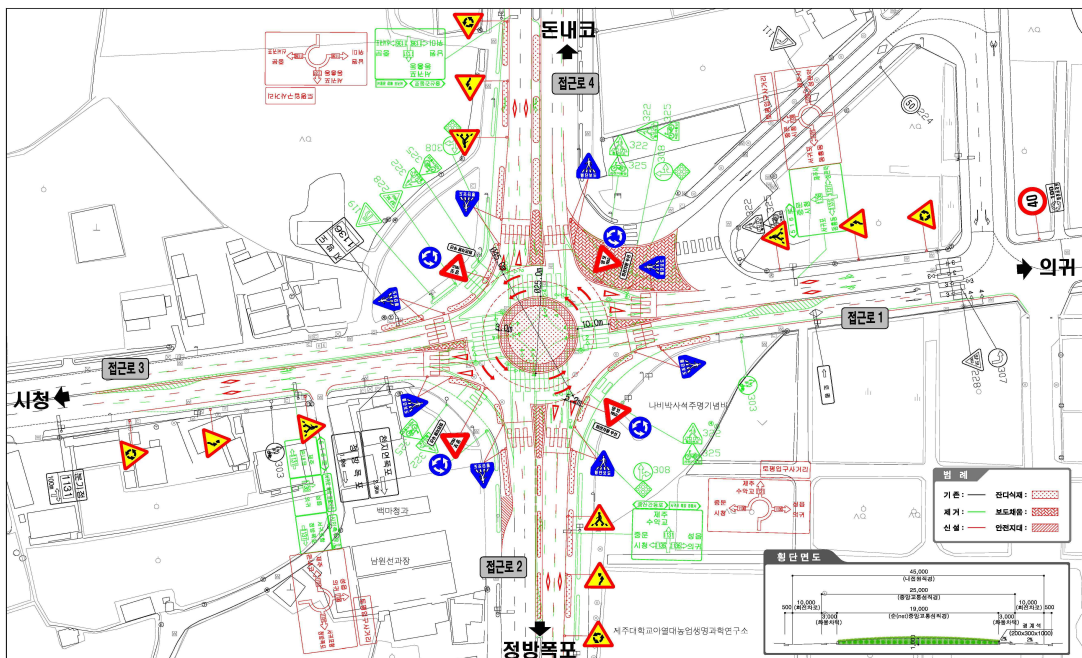
위성사진



<표 4-10> 토평사거리 회전교차로 설계기준

설계항목		설계값	비고	
지역구분		도시부	- 도시부, 지방부 구분	
설계기준자동차(DS)		대형차	- 승용차, 버스, 트럭, 세미트레일러	
내접원 직경(m)		45.0	- 내접원 직경 = 중앙교통섬 직경+회전차로, 트럭터 폭×2	
중앙교통섬 직경(m)	순(net) 중앙교통섬 직경(m)	19.0	- 트럭 터 있는 경우 : 중앙교통섬 직경=순(net)중앙교통섬직경+트럭 터 폭	
	트럭터 폭(m)	3.0	- 트럭 터 없는 경우 : 중앙교통섬 직경 = 순(net)중앙교통섬 직경	
회전차로 수(개) 및 폭(m)	회전차로 수	2	- 회전차로수가 1개인 경우 1, 2개인 경우 2를 기재	
	회전차로폭	1차로 폭	5.0	- 중앙교통섬과 접해있는 차로
		2차로 폭	5.0	- 1차로 우측 차로
곡선반경(m)	R1	18	- 회전교차로 진입 반경	
	R2	18	- 회전차로 주행 반경	
	R3	22	- 회전교차로차로 진출 반경	
	R4	14	- 좌회전차량의 회전교차로 주행반경	
	R5	18	- 우회전차량의 회전교차로 주행반경	

기하구조	차로수	폭(m)		양보선과 횡단보도 이격거리(m)	분리교통섬	
		진입로	진출로		길이(m)	형태
접근로1	2	9.2	8.8	10.0	20.0	돌음
접근로2	2	9.7	9.1	10.0	17.4	돌음
접근로3	2	9.4	9.1	8.0	20.0	돌음
접근로4	2	9.0	9.4	9.2	18.0	돌음



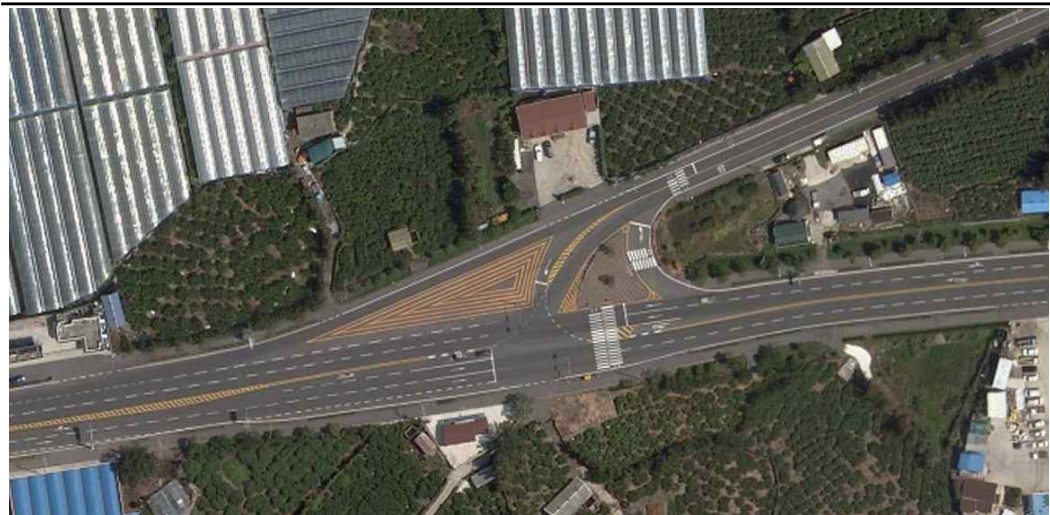
4) 신호입구 삼거리

신호입구 삼거리 신호운영 교차로는 지방도 1132호선(일주도로)과 시·군도가 교차하는 지점으로서 주간선도로인 일주도로를 통과하는 통과 통행량이 많고 농경지 및 마을진입로(도시부)로 이용되고 있으며 접근로의 속도가 상당히 높은 곳이다. 따라서 본교차로는 도시지역 2차로 회전교차로로 설계(설계기준자동차 : 대형차)되었으며, 우회전 별도차로 설치 및 분리교통섬을 이용한 보행자 횡단로 설치, 일주도로상에서 마을 진입을 위한 별도차로를 설치하는 것으로 설계되었다.

<표 4-11> 신호입구 삼거리 교차로 현황 및 위성사진

교차로명	신호입구삼거리				
위 치	서귀포시 신호동 1284				
도 로 명	지방도 1132호선 (일주도로)				
교차로유형	도로유형	주도로	부도로		
신호운영	도로등급	지방도	시·군도		
3지 교차로	설계속도	70 km	50 km		
접근로별	접근로1	접근로2	접근로3	접근로4	접근로5
교차로 접근 속도	47	54	51		
일교통량(방향별)	469	2,708	3,354		
보행 교통량	적음	적음	적음		
자전거 교통량	적음	적음	적음		
주변토지이용현황	주거	상업	공업	기타	
				○	

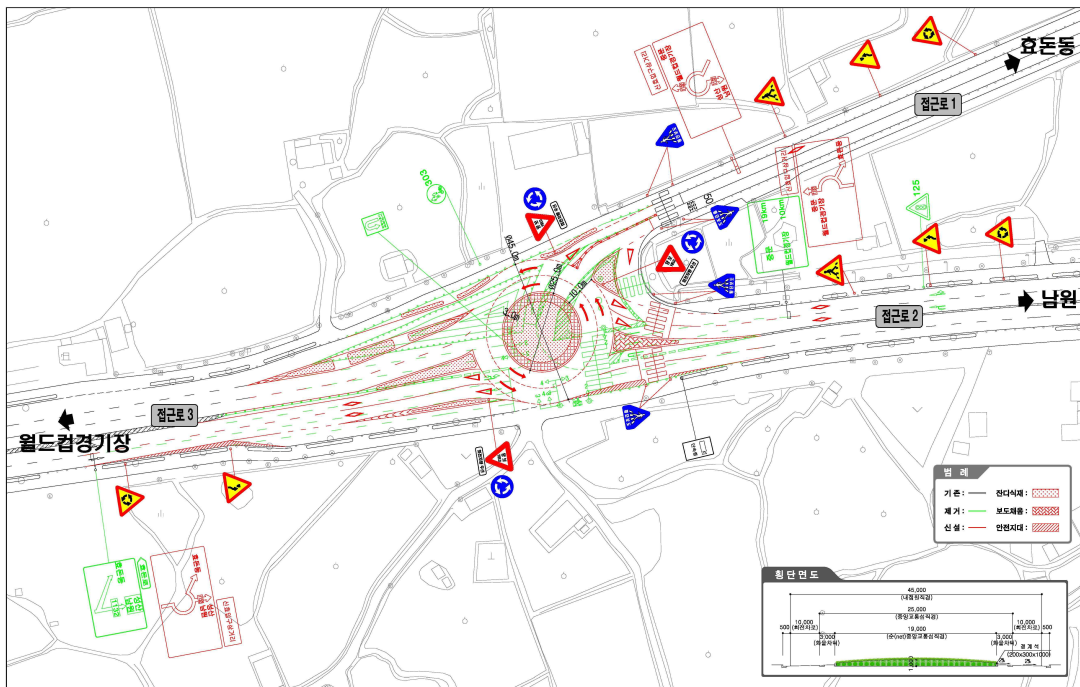
위성사진



<표 4-12> 신호입구 삼거리 회전교차로 설계기준

설계항목		설계값	비고
지역구분		도시부	- 도시부, 지방부 구분
설계기준자동차(DS)		대형차	- 승용차, 버스, 트럭, 세미트레일러
내접원 직경(m)		45.0	- 내접원 직경 = 중앙교통섬 직경+회전차로, 트럭 턱 폭×2
중앙교통섬 직경(m)	순(net) 중앙교통섬 직경(m)	19.0	- 트럭 턱 있는 경우 : 중앙교통섬 직경=순(net)중앙교통섬직경+트럭 턱 폭 - 트럭 턱 없는 경우 : 중앙교통섬 직경 = 순(net)중앙교통섬 직경
	트럭턱 폭(m)	3.0	- 순(net) 중앙교통섬 직경, 트럭 턱 폭(m)
회전차로 수(개) 및 폭(m)	회전차로 수	2	- 회전차로수가 1개인 경우 1, 2개인 경우 2를 기재
	회전차로폭	1차로 폭 5.0 2차로 폭 5.0	- 중앙교통섬과 접해있는 차로 - 1차로 우측 차로
곡선반경(m)	R1	35	- 회전교차로 진입 반경
	R2	18	- 회전차로 주행 반경
	R3	72	- 회전교차로차로 진출 반경
	R4	14	- 좌회전차량의 회전교차로 주행반경
	R5	35	- 우회전차량의 회전교차로 주행반경

기하구조	차로수	폭(m)		양보선과 횡단보도 이격거리(m)	분리교통섬	
		진입로	진출로		길이(m)	형태
접근로1	1	5.0	5.0	35.0	3.0	노면도색
접근로2	2	9.6	9.4	12.0	21.0	돋음
접근로3	2	9.0	9.8	-	32.0	돋음



5) 하효입구 삼거리

하효입구 삼거리 신호운영 교차로는 지방도 1132호선(일주도로)과 시·군도가 교차하는 교차로로서 주간선도로인 일주도로를 통과하는 통과 통행량이 많고 농경지 및 마을진입로 (도시부)에 접해 있는 교차로이다. 따라서 도시지역 2차로 회전교차로로 설계(설계기준자동차 : 대형차)되었으며, 우회전 별도차로 설치 및 분리교통섬을 이용한 보행자 횡단로 설치, 일주도로상에서 마을 진입을 위한 별도차로를 설치하는 것으로 설계되었다.

<표 4-13> 하효입구 삼거리 교차로 현황 및 위성사진

교차로명	하효입구 삼거리				
위 치	서귀포시 하효동 299				
도 로 명	지방도 1132호선 (일주도로)				
교차로유형	도로유형	주도로	부도로		
신호운영	도로등급	지방도	시·군도		
3지 교차로	설계속도	70 km	50 km		
접근로별	접근로1	접근로2	접근로3	접근로4	접근로5
교차로 접근 속도	32	34	41		
일교통량(방향별)	4,131	3,946	1,277		
보행 교통량	적음	적음	적음		
자전거 교통량	적음	적음	적음		
주변토지이용현황	주거	상업	공업	기타	
				○	

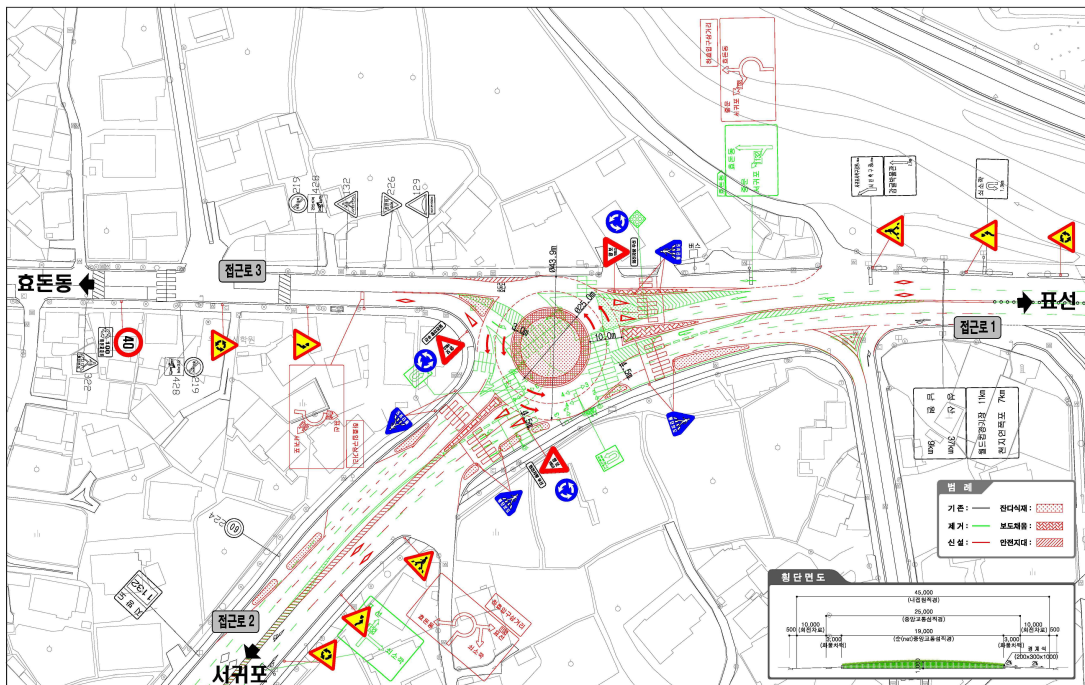
위성사진



<표 4-14> 하효입구 삼거리 회전교차로 설계기준

설계항목		설계값	비고
지역구분		도시부	- 도시부, 지방부 구분
설계기준자동차(DS)		대형차	- 승용차, 버스, 트럭, 세미트레일러
내접원 직경(m)		45.0	- 내접원 직경 = 중앙교통섬 직경+회전차로, 트럭 턱 폭×2
중앙교통섬 직경(m)	순(net) 중앙교통섬 직경(m)	19.0	- 트럭 턱 있는 경우 : 중앙교통섬 직경=순(net)중앙교통섬직경+트럭 턱 폭
	트럭턱 폭(m)	3.0	- 트럭 턱 없는 경우 : 중앙교통섬 직경 = 순(net)중앙교통섬 직경
회전차로 수(개) 및 폭(m)	회전차로 수	2	- 회전차로수가 1개인 경우 1, 2개인 경우 2를 기재
	회전차로폭	1차로 폭 5.0 2차로 폭 5.0	- 중앙교통섬과 접해있는 차로 - 1차로 우측 차로
곡선반경(m)	R1	20	- 회전교차로 진입 반경
	R2	18	- 회전차로 주행 반경
	R3	19	- 회전교차로차로 진출 반경
	R4	14	- 좌회전차량의 회전교차로 주행반경
	R5	20	- 우회전차량의 회전교차로 주행반경

기하구조	차로수	폭(m)		양보선과 횡단보도 이격거리(m)	분리교통섬	
		진입로	진출로		길이(m)	형태
접근로1	2	9.6	9.5	8.0	24.5	돌음
접근로2	2	9.4	9.3	13.0	24.0	돌음
접근로3	1	5.0	4.5	-	10.5	돌음

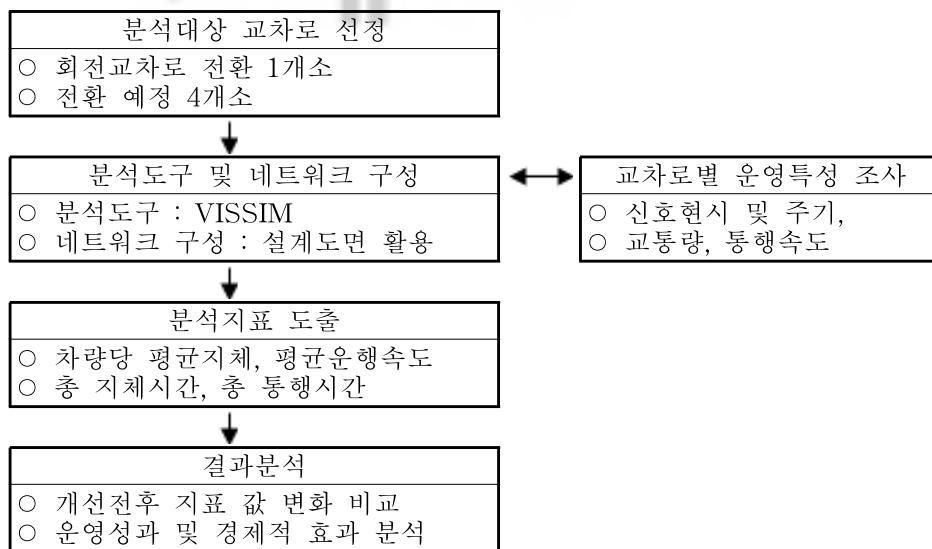


4.3 분석 시나리오

본 연구는 신호운영 교차로와 비신호교차로의 한 형태인 회전교차로(Roundabout)의 운영성과를 비교분석하고, 그에 따른 경제적 효과를 도출하는데 그 목적이 있다.

연구의 대상은 신호운영 교차로에서 회전교차로로 운영방식을 전환한 교차로 1개소와, 전환 예정에 있는 신호운영 교차로 4개소 등 총 5개 교차로이며, 분석에는 대표적인 미시교통류 분석도구인 VISSIM을 활용한다. VISSIM 네트워크 구축은 설계도면을 기준으로 구축하며, 기타 운영특성(교통량, 통행속도 및 신호현시 등)은 현장조사를 통하여 수집한다. 한편, 분석지표는 평균운행속도, 차량 당 평균지체 및 총 통행시간 등을 선정하며, 개선 전·후 지표 값들의 변화를 비교분석한다.¹³⁾

분석결과를 바탕으로 경제성 분석은 한국발전연구원(KDI)과 한국교통연구원(KOTI)에서 제시하고 있는 통행비용, 유류비 등의 원단위를 활용하며, 이에 대한 자세한 내용은 해당 절에서 기술하도록 한다.¹⁴⁾



[그림 4-3] 분석 흐름도

13) 네트워크 분석범위는 교차로의 물리적 범위가 아닌 기능적 범위를 대상으로 통상적으로 교차로 전방 100~150m를 기준으로 설정한다.

14) 연간 운영효과 및 경제적 분석에 따른 년 평균 휴일일수 115일(주 5일 근무와 국가공휴일)을 제외한 연간 운영일수를 250일로 설정

V. 회전교차로의 효과 분석

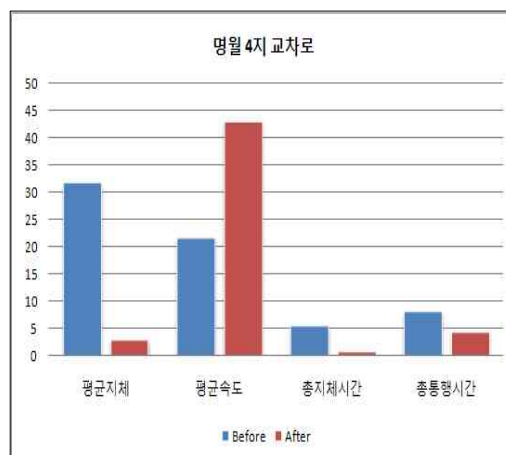
5.1 대상지점 운영분석

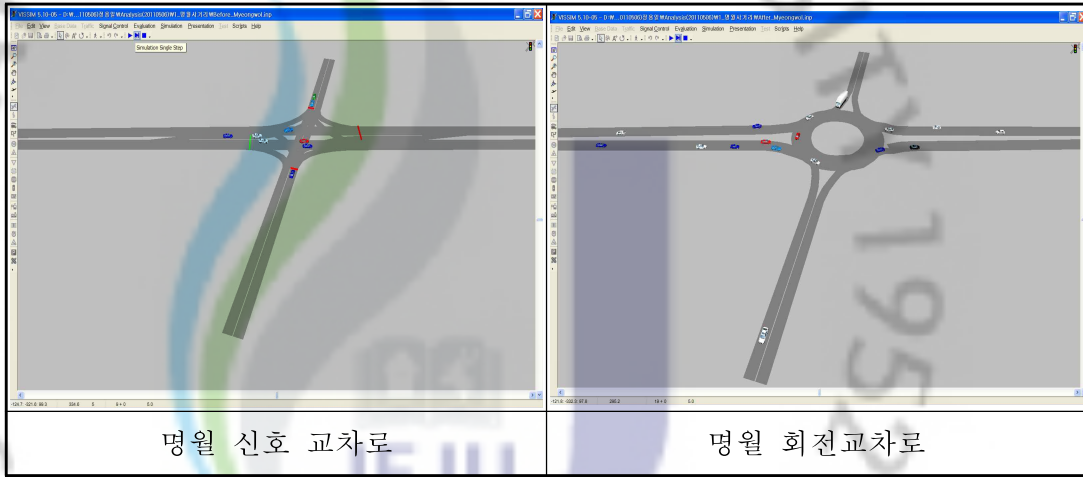
1) 명월사거리 교차로 운영분석 결과

명월사거리 신호운영 교차로는 동·서 방면 편도 2차로, 남·북 방면 편도 1차로인 110초 주기로 운영되고 있는 교차로를 동·서 방면 접근 2차로 및 남·북 방면 접근1차로, 내부 회전 2차로인 도시형 2차로 회전교차로로 계획되어 있다. 따라서 침두시 교통량 631대/시를 기준으로 개선 전 신호운영에 의한 시뮬레이션과 회전교차로 설계 값을 적용하여 개선 후의 시뮬레이션을 통하여 분석한 결과 <표 5-1>에서 보는 바와 같이 차량 당 평균지체는 신호운영시 31.72초에서 회전교차로로 전환 운영 시에는 2.61초로 91.77%의 개선이 되며, 평균운행속도는 21.59km/h에서 43.05km/h로 99.4%로 통행속도가 향상되었으며, 총 지체시간은 5.24h에서 0.48h로 90.84%, 총 통행시간은 7.97h에서 4.21h로 47.18% 향상되는 것으로 분석이 되었다. [그림 5-1]은 신호운영 교차로 및 회전교차로에 대한 설치 전·후의 기하구조를 나타낸 것이다.

<표 5-1> 명월사거리 개선 전·후 운영 분석결과

분석지표	Before	After	증감율 (개선율%)
평균지체[s]	31.72	2.61	91.77
평균속도[km/h]	21.59	43.05	99.4
총지체시간[h]	5.24	0.48	90.84
총통행시간[h]	7.97	4.21	47.18





[그림 5-1] 명월사거리 교차로 개선 전·후 기하구조

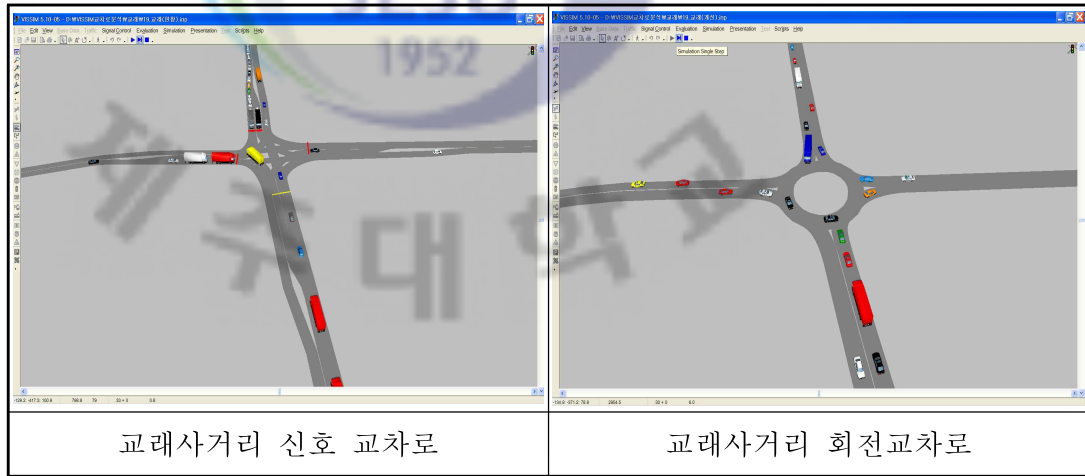
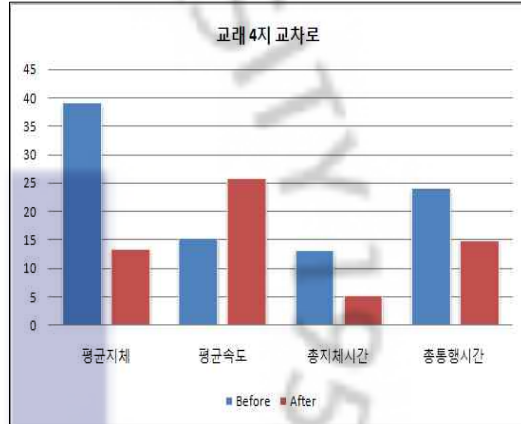
2) 교래사거리 교차로 운영분석 결과

교래사거리 신호운영 교차로는 지방도 1118호선(남조로)과 지방도 1112호선(비자림로)이 교차하는 2차로 4지 신호운영 교차로서 120초 주기로 운영되고 있는 교차로를 주도로 동·서 방면 접근 1차로 및 부도로 접근1차로, 내부 회전 1차로인 지방지역 1차로 회전교차로로 개선하는 것으로 계획이 되어 있다.

교래사거리 교차로는 첨두시 교통량 1,421대/시 기준을 신호운영에 의한 시뮬레이션과 회전교차로 설계 값을 적용한 시뮬레이션을 통하여 분석한 결과 <표 5-2>와 같이 차량 당 평균지체는 신호운영 시는 39.1초에서 회전교차로 전환 운영 시에 13.45초로 65.6% 개선이 되었으며, 평균운행속도 또한 15.34km/h에서 25.83km/h로 68.38%의 통행속도가 향상이 되었으며, 총 통행시간은 24.03h에서 14.95h로 37.78%, 총 지체시간도 15.17h에서 5.2h로 65.72% 향상되는 것으로 분석이 되었다. [그림 5-2]는 신호운영 교차로 및 회전교차로에 대한 설치 전·후의 기하구조를 나타낸 것이다.

<표 5-2> 교래사거리 개선 전·후 운영 분석 결과

분석지표	Before	After	증감율 (개선율%)
평균지체[s]	39.1	13.45	65.6
평균속도[km/h]	15.34	25.83	68.38
총지체시간[h]	15.17	5.2	65.72
총통행시간[h]	24.03	14.95	37.78



[그림 5-2] 교래사거리 교차로 개선 전·후 기하구조

3) 토평사거리 교차로 운영분석결과

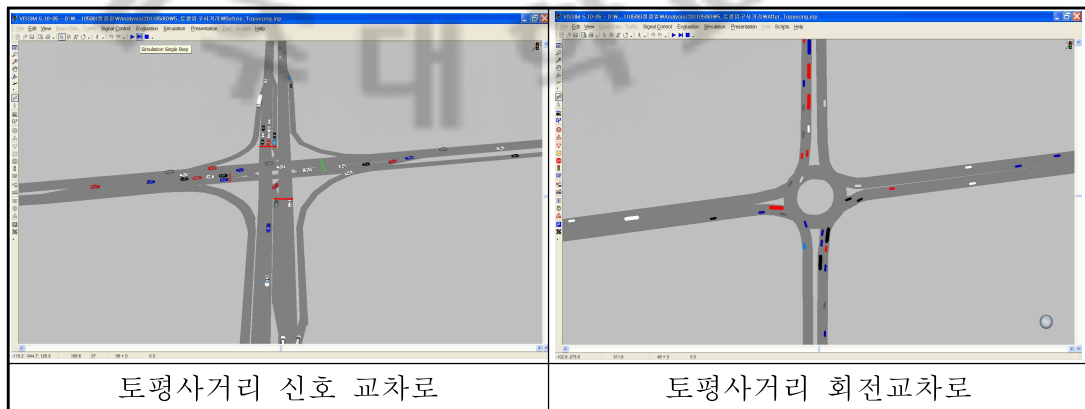
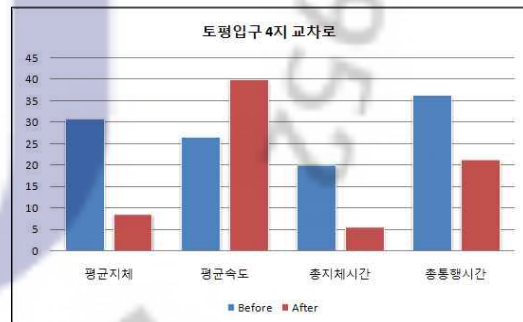
토평사거리 신호운영 교차로는 주도로 및 부도로 모두 편도 3차로 120초 신호 운영 주기로 운영되고 있는 교차로를 주·부도로 모두 접근 2차로 및 내부 회전차로인 도시지역 2차로 회전교차로로 개선하는 것으로 계획이 되어 있다.

첨두시 교통량 2,317대/시를 기준으로 신호운영에 의한 시뮬레이션과 회전교차로 설계 값을 적용하여 시뮬레이션을 통하여 분석한 결과 <표 5-3>에서 나타낸 것과 같이 차량 당 평균지체는 신호운영 시에는 30.89초에서 회전교차로로 전환 시에는

8.4초로 72.8%가 개선되며, 평균운행속도는 신호운영시 26.45km/h에서 회전교차로 운영시 40.05km/h로 51.41%로 통행속도가 향상이 되었으며, 총 지체시간은 19.84h에서 5.39h로 72.83%, 총 통행시간은 21.26h에서 14.95h로 41.49% 향상되는 것으로 분석이 되었다. [그림 5-3]은 신호운영 교차로 및 회전교차로에 대한 설치 전·후의 기하구조를 나타낸 것이다.

<표 5-3> 토평사거리 개선 전·후 운영 분석결과

분석지표	Before	After	증감율 (개선율%)
평균지체[s]	30.89	8.4	72.8
평균속도[km/h]	26.45	40.05	51.41
총지체시간[h]	19.84	5.39	72.83
총통행시간[h]	21.26	14.95	41.49



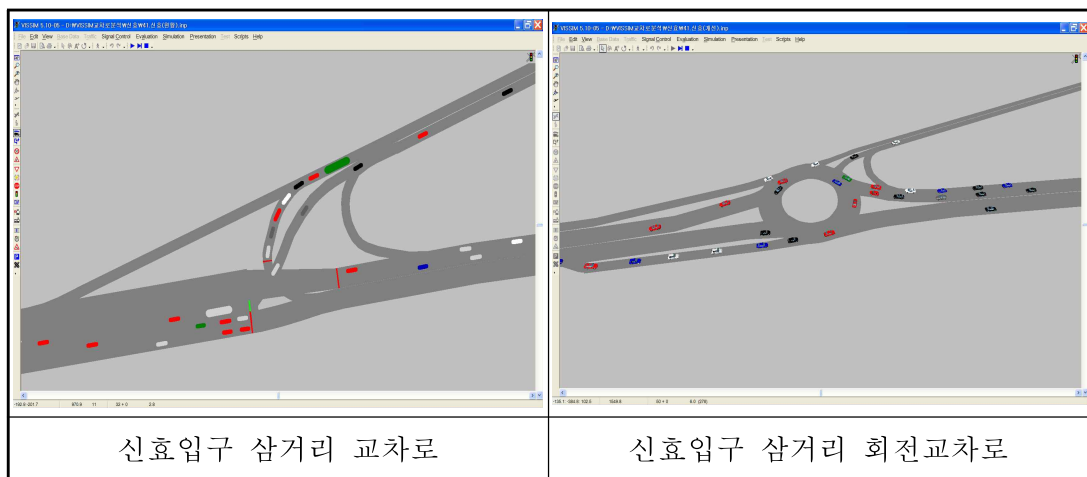
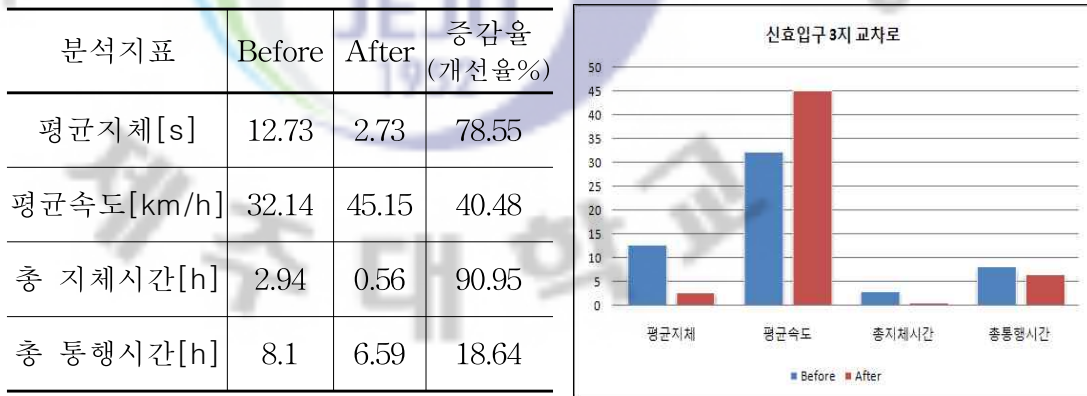
[그림 5-3] 토평사거리 교차로 개선 전·후 기하구조

4) 신호입구 삼거리 교차로 운영분석 결과

신호삼거리 교차로는 주도로인 동·서 방면 편도 2차로, 부도로인 북쪽 방면 편도 1차로가 예각으로 접속되어 있고 120초 주기로 운영되고 있던 신호운영 교차로에서 주도로 동·서 방면 접근 2차로 및 부도로 접근1차로, 내부 회전 2차로인 도시형 2차로 회전교차로로 개선이 완료되어 현재 회전교차로로 운영 중에 있다.

따라서 신호삼거리 교차로 침두시 교통량 849대/시에서 개선 전 신호운영에 의한 시뮬레이션과 회전교차로 설계 값을 적용한 시뮬레이션을 분석한 결과 <표 5-4>에서 보는 바와 같이 차량 당 평균지체는 신호운영 시에는 12.73초에서 회전교차로에서는 2.73초로 78.557%가 개선되었고, 평균운행속도는 32.14km/h에서 45.15km/h로 40.484%의 통행속도가 향상 되었다. 또한 총 지체시간도 2.94h에서 0.56h로 역시 90.95%, 총통행시간은 8.1h에서 6.59h로 18.64% 향상되는 것으로 분석이 되었다. [그림 5-4]는 신호운영 교차로 및 회전교차로에 대한 설치 전·후의 기하구조를 나타낸 것이다.

<표 5-4> 신호입구 삼거리 개선 전·후 운영 분석결과



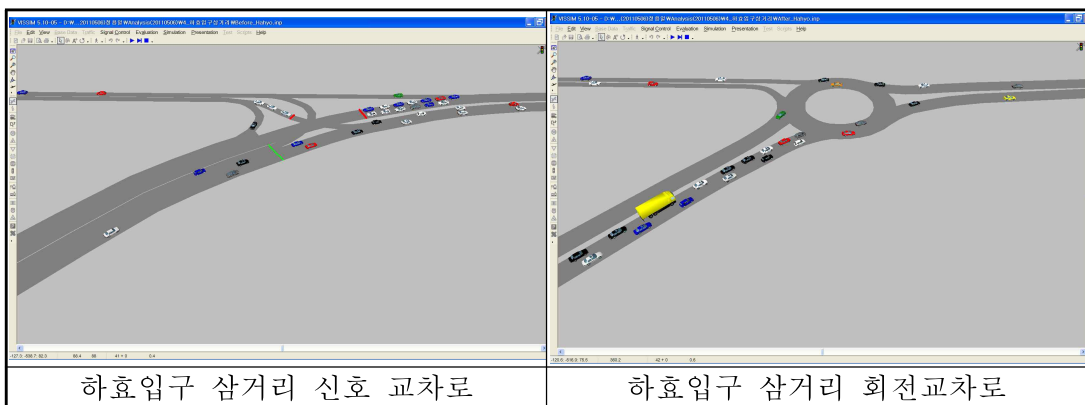
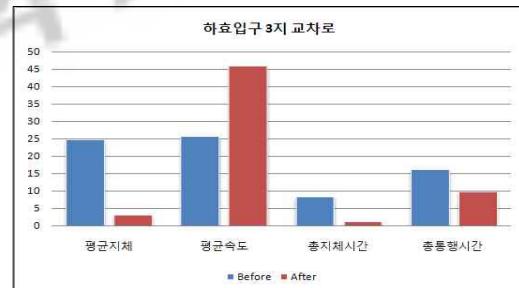
[그림 5-4] 신호입구 삼거리 교차로 개선 전·후 기하구조

5) 하효입구 삼거리 교차로 운영분석 결과

하효입구 삼거리 신호운영 교차로는 지방도 1132호선(일주도로)과 시·군도가 교차하는 교차로로서 120초 신호주기로 운영되고 있는 교차로를 주도로 동·서방면 접근 2차로 및 부도로 접근 1차로, 내부 회전 2차로인 도시형 2차로 회전 교차로로 개선하는 것으로 계획이 되어 있다. 첨두시 교통량 1,216대/시를 기준으로 신호운영에 의한 시뮬레이션과 회전교차로 설계 값을 적용한 시뮬레이션을 통하여 분석한 결과 <표 5-5>와 같이 차량 당 평균지체는 신호운영 시에는 24.59초에서 회전교차로로 전환 운영 시에는 2.88초로 88.28%가 개선되고, 평균운행속도 또한 25.48km/h에서 45.69km/h로 80.1%로 총 통행속도가 향상이 되었으며, 총 지체시간은 8.23h에서 0.96h로 88.23%, 총통행시간은 16.04h에서 9.51h로 40.71% 향상되는 것으로 분석이 되었다. [그림 5-5]는 신호운영 교차로 및 회전교차로에 대한 설치 전·후의 기하구조를 나타낸 것이다.

<표 5-5> 하효입구 삼거리 개선 전·후 운영 분석 결과

분석지표	Before	After	증감율 (개선율%)
평균지체[s]	24.59	2.88	88.28
평균속도[km/h]	25.48	45.69	80.1
총지체시간[h]	8.23	0.96	88.33
총통행시간[h]	16.04	9.51	40.71



[그림 5-5] 하효입구 삼거리 교차로 개선 전·후 기하구조

5.2 운영분석에 따른 교통혼잡비용 분석

5.2.1 차량운행비용

1) 고정비

일반적으로 차량운행 비용은 고정비와 변동비로 구분이 되며, 고정비는 교통 혼잡 발생유무에 관계없이 일정하게 지출되는 비용으로서 <표 5-6>에서 주어진 것과 같이 본 연구에서는 승용차를 기준으로 인건비, 감가상각비, 보험비 및 제세공과금의 합인 17,061원/대·시를 원단위 값으로 적용하였으며, 분석도구인 VISSIM을 통하여 분석된 결과 값인 <표 5-7> 교차로별 Average delay time per vehicle와 <표 5-8> 교차로별 Average speed를 이용하여 신호교차로 및 회전교차로 운영에 따른 각각의 시스템 전환 전·후의 일일 고정비용 및 연간 고정비용에 대한 분석 결과 <표 5-9>와 <표 5-10>과 같은 결과를 얻었다.

<표 5-6> 2008년 고정비의 원단위 값 종합비교표 요약

단위 : 원/대·시

구분	승용차	택시	소형버스	대형버스	화물차
인건비	15,804	15,137	15,804	12,491	10,191
감가상각비	878	791	1,332	3,856	3,281
보험료	281	306	1,938	930	374
제세공과금	98	21	51	52	56
소계	17,061	16,255	19,125	17,329	13,902

자료. 2008년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석, 2010, 한국교통연구원

<표 5-7> 교차로별 Average delay time per vehicle[s]

교차로명	교통량 (대/시)	Before	After	증감율 (개선율%)	비고
명월사거리	631	31.72	2.61	91.77	
교래사거리	1,421	39.1	13.45	65.6	
토평사거리	2,317	30.89	8.4	72.81	
신호입구삼거리	849	12.73	2.73	78.55	개선완료운영 중
하효입구삼거리	1,216	24.59	2.88	88.29	

<표 5-8> 교차로별 Average speed[km/h]

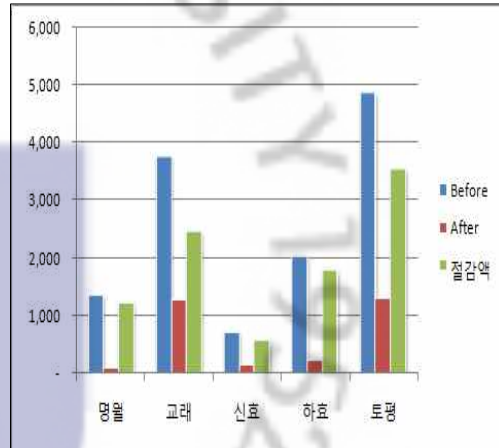
교차로명	교통량 (대/시)	Before	After	증감율 (개선율%)	비고
명월사거리	631	21.59	43.05	99.4	
교래사거리	1,421	15.34	25.83	82.26	
토평사거리	2,317	26.45	40.05	51.42	
신호입구삼거리	849	32.14	45.15	40.48	개선완료운영 중
하효입구삼거리	1,216	25.48	45.89	80.1	

따라서 <표 5-9>와 <표 5-10>에서 보는 바와 같이 신호운영 교차로를 회전 교차로(Roundabout)으로 변환 운영할 경우에 교통 혼잡비용 중 고정비는 명월교차로는 1일 1,244천원, 연간 311,207천원으로 91.77%, 교래교차로는 1일 2,470천원, 연간 617,532천원으로 65.6%, 하효교차로는 1일 1,789천원, 연간 447,272천원으로 88.28%, 토평교차로는 1일 3,531천원, 연간 882,863천원으로 72.8%의 경제적 비용의 절감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 그리고 현재 회전교차로로 개선 운영 중에 있는 신호입구 교차로의 경우에도 1일 575천원, 연간 143,842천원으로 78.55%의 경제적 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

<표 5-9> 교차로별 1일 개선 전·후 고정비용 분석 결과

단위 : 대/시, 천원

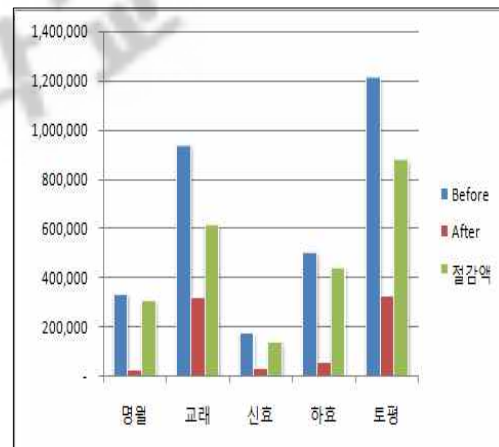
구분	Before	After	절감액	절감율 (개선율%)
명월	1,356	112	1,244	91.74
교래	3,765	1,295	2,470	65.6
신호	732	157	575	78.55
하효	2,026	237	1,789	88.3
토평	4,850	1,319	3,531	72.8



<표 5-10> 교차로별 연간 개선 전·후 고정비용 결과

단위 : 대/시, 천원

구분	Before	After	절감액	절감율 (개선율%)
명월	339,110	27,903	311,207	91.77
교래	941,345	323,813	617,532	65.6
신호	183,111	39,269	143,842	78.55
하효	506,606	59,334	447,272	88.28
토평	1,212,612	329,749	882,863	72.8



2) 변동비

차량운행비용 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 변동비로서 유지정비비, 엔진오일비, 타이어마모비 등으로 구성되나 일반적으로 교통 혼잡비용 추정에서는 연료비의 변동치 만을 분석대상으로 하였으며, 기타 비용은 교통 혼잡에 따른

비용의 변화의 폭이 극히 미비하여 제외하였다. 교통혼잡으로 인한 차량통행속도의 감소는 차량의 연료소비를 증가시키게 되고 변동비는 차량의 운행속도와 유류 가격에 직접적인 영향을 받게 되므로 <표 4-2> 차종별 속도별 - 연료 소비모형 연료소모량 회귀식을 이용하여 교통 혼잡에 따른 연료 소모량을 계산하였다.

따라서 본 연구에서는 VISSIM을 이용하여 분석 결과 값인 <표 5-8>에서 도출된 교차로별 Average speed[km/h] 값과 <표 5-11>에서 보는 바와 같이 2010년 월평균 주유소 판매가격에서 세금을 제외한 실질가격인 세전 가격을 적용하였으며, 승용차를 기준으로 한 휘발유가격을 적용하였다.

<표 5-11> 유류가격 구성

단위 : ℓ/원

구분	휘발유	경유	비고
세금	교통세	529	정액세
	교육세	79.35	(개별소비세or교통세)X15%
	주행세	137.54	(개별소비세or교통세)X26%
	부가세	163.55	(세전가격+세금)의 10%
	세금계(A)	909.44	652.46
주유소 판매 평균(B)	1,765.82	1,601.99	
실질가격(B-A)	856.38	949.83	

주 1. 주유소판매가격은 2010년 월평균 가격임

2. 특별소비세,교통세,판매부과금은종량세임

3. 교육세는 특별소비세(또는 교통세)의 15% 부과

자료 : 한국석유공사 석유정보망(<http://www.petronet.co.kr>)

<표 5-12>와 <표 5-13>에서 보는바와 같이 신호운영 교차로를 회전교차로(Roundabout)으로 변환하여 운영할 경우에 변동비는 명월교차로가 1일 245천원, 연간 61,231천원 51.34%의 절감효과가 있는 것으로 분석이 되고 있으며, 교래교차로는 1일 624천원, 연간 156,075천원 40.46%의 비용 절감효과가 있으며, 하효삼거리 교차로는 1일746천원, 연간 186,691천원, 48.79%, 토평교차로는 1일 196천원,

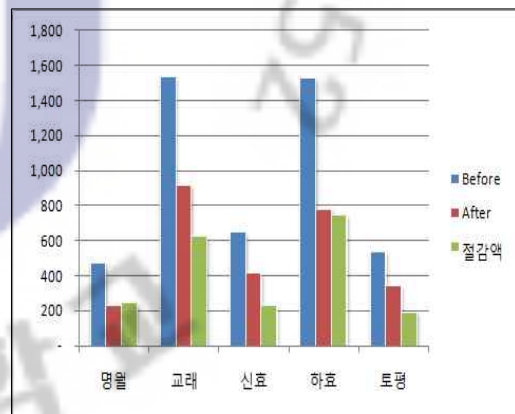
연간 49,028천원, 36.4%의 경제적 비용의 절감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

그리고 현재 회전교차로로 개선 운영 중에 있는 신호입구 교차로의 경우에도 1일 232천원, 연간 58,020천원으로 35.79%의 연료소비에 따른 경제적 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

<표 5-12> 교차로별 1일 개선 전·후 변동비용 분석 결과

단위 : 천원

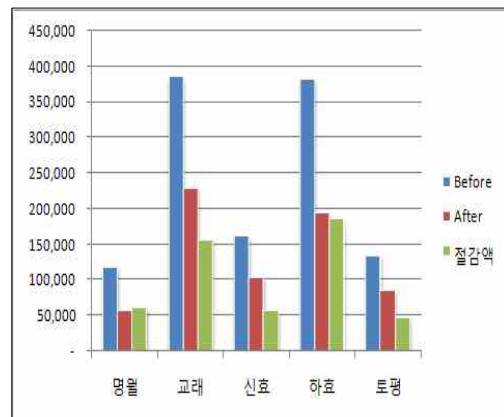
구분	Before	After	절감액	절감율 (개선율%)
명월	477	232	245	51.36
교래	1,542	918	624	40.46
신호	648	416	232	35.8
하효	1,530	784	746	48.75
토평	539	343	196	36.36



<표 5-13> 교차로별 연간 개선 전·후 변동비용 분석결과

단위 : 천원

구분	Before	After	절감액	절감율 (개선율%)
명월	119,251	58,020	61,231	51.34
교래	385,585	229,510	156,075	40.47
신호	162,070	104,050	58,020	35.79
하효	382,588	195,897	186,691	48.79
토평	134,666	85,638	49,028	36.4



5.2.2 시간가치비용

교통시설사업을 시행하면 통행자의 교통수단, 통행경로, 통행속도 등 교통패턴의 변화가 발생한다. 이와 같은 통행패턴의 변화는 해당 교통시설을 통행하는 통행자는 물론 주변 교통 네트워크를 이용하는 통행자의 통행시간에도 영향을 미친다. 이러한 영향은 운전자뿐 아니라 함께 승차하고 있는 승객의 통행시간도 달라지는 변화를 가져온다. 즉, 차량속도가 향상되면서 운전자 및 승객의 통행시간이 절감되고, 통행자는 절감된 시간을 다른 목적에 활용할 수 있게 된다. 이러한 통행시간 절감편익은 통행시간가치에 의하여 결정된다. 한편, 절감되는 시간이 어떤 목적에 사용될 것인가에 따라 통행시간 절감편익은 달라진다. 즉, 업무통행의 경우 통행시간 절감분은 그만큼 업무시간의 증가, 곧 생산 활동을 위한 시간의 증가분이 되며, 비업무통행의 경우는 여가활동을 위한 시간의 증가분이 된다.

시간가치비용은 교통 혼잡으로 인하여 발생하는 손실시간분의 비용으로서 이를 화폐단위화 한 것이다. 즉, 차량의 운행속도가 정상속도를 유지한다면 원하는 시간에 목적지에 도달하여 개개인의 경제활동 및 재화 창출의 기회를 가질 수 있으나, 교통 혼잡에 의해 지체된 시간만큼 이러한 기회를 상실하므로 이에 대한 가치비용을 산출한 것이다.

업무통행비와 비업무통행의 합으로 구성되는 시간가치 비용은 본 연구에서는 주어진 교통량과 VISSIM을 통해 산출한 <표 5-7> 교차로별 Average delay time per vehicle와 <표 5-8> 교차로별 Average speed를 이용하여 <표 5-14>에서 제시된 업무통행과 비업무통행에 대한 시간가치비용과 <표 5-15>에서 제시하고 있는 교통수단별 통행목적 분포비율, <표 5-16> 권역·차종별 재차인원을 활용하여 승용차를 기준으로 각각의 교차로별 시간가치 비용을 산출하였다.

<표 5-14> 통행목적별, 차종별 시간가치비용

단위: 원/인, 시

구분	업무통행	비업무통행
승용차	19,569	6,700
버스	18,565	4,859

자료 1) 국토해양부, 『건설교통통계연보』, 2009.
 2) 한국개발연구원, 『도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구』, 2001.

<표 5-15> 교통수단별 통행목적분포 비율

단위 : %

구분	승용차	버스	철도	항공
업무통행	19.5	16.4	16.8	35.7
비업무통행	80.5	83.6	83.2	64.3

자료 : 국토연구원, 도로사업 투자분석 기법정립, 1999

<표 5-16> 권역별·차종별 재차인원

단위 : 인

권역	승용차	택시	승용차+택시	버스
전국권	1.55			9.98
수도권	1.27	1.54	1.319	12.95
부산·울산광역시권	1.35	1.52	1.36	17.60
대구광역시권	1.30	1.49	1.33	13.15
광주광역시	1.35	1.58	1.38	8.96
대전광역시권	1.28	1.54	1.31	10.48
전주대도시권	1.37	1.53	1.39	8.35

주: 승용차+택시의 재차인원은 승용차와 택시의 총 재차인원을 총 승용차+택시 차량 대수로 나눈 평균값임. 단, 전국권의 경우 승용차 수단 O/D에 택시를 포함하므로 이들 수단에 대한 별도의 재차인원을 제공하지 않음.

자료: 한국교통연구원, 2006년 국가교통DB구축사업 제5권 전국 지역간 여객 기종점통행량 자료의 전수화, 2007. 4.

서울시정개발연구원, 2005년 서울시 교통지표 산출, 2006.

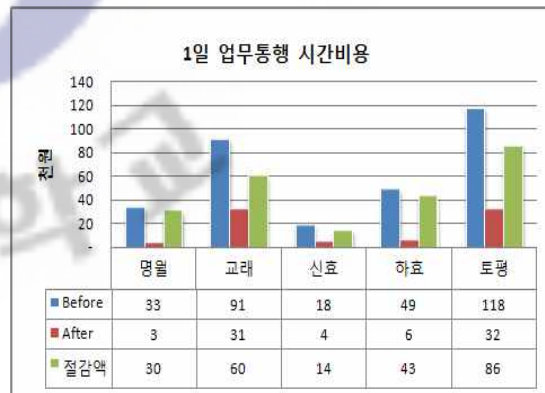
한국교통연구원, KTDB 배포자료 관련 협조요청에 대한 답변 공문(교통DB 740-47).

대상지점에 대한 업무통행 시간 가치 비용은 <표 5-16>와 <표 5-17>에서 제시한 분석 결과 값을 보면 명월사거리 교차로는 1일 30천원, 연간 7,545천원으로 91.77%개선 효과가 있는 것으로 분석이 되고 있으며, 교래사거리 교차로는 1일 60천원, 연간 14,971천원으로 65.6%의 개선효과가 있었으며, 하효입구 삼거리 교차로는 1일 43천원, 연간 10,843천원으로 88.29% 절감효과가 있었다. 토평사거리 교차로는 1일 86천원, 연간 21,404천원으로 72.81%의 절감효과가 있었으며 그리고 회전교차로로 개선이 완료되어 운영 중에 있는 신호입구 삼거리 교차로의 경우에도 1일 14천원, 연간 3,487천원으로 78.55% 절감효과가 있는 것으로 분석이 되었다.

<표 5-17> 1일 업무통행 시간비용 개선 전·후 분석 결과

단위 : 천원

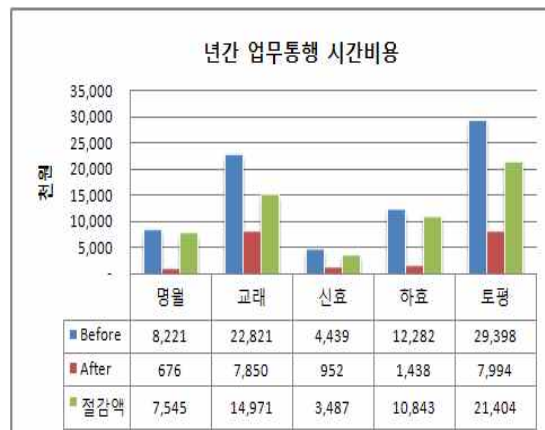
구분	Before	After	절감액	증감율 (개선율%)
명월	33	3	30	91.77
교래	91	31	60	65.60
신호	18	4	14	78.55
하효	49	6	43	88.29
토평	118	32	86	72.81



<표 5-18> 연간 업무통행 시간비용 개선 전·후 분석 결과

단위 : 천원

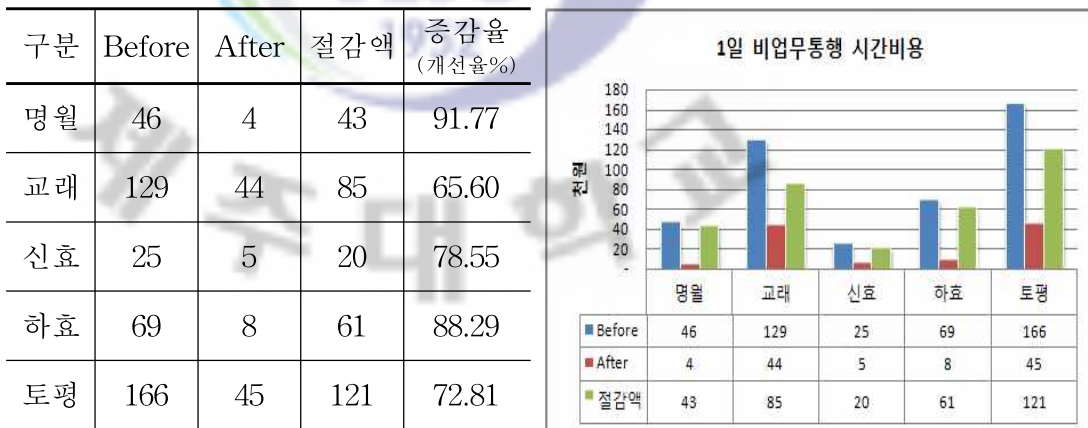
구분	Before	After	절감액	증감율 (개선율%)
명월	8,221	676	7,545	91.77
교래	22,821	7,850	14,971	65.60
신호	4,439	952	3,487	78.55
하효	12,282	1,438	10,843	88.29
토평	29,398	7,994	21,404	72.81



그리고 비업무통행에 대한 시간 가치 비용은 <표 5-19>와 <표 5-20>에서 제시한 분석 결과 값을 보면 명월사거리 교차로는 1일 43천원, 연간 10,664천원으로 91.77%개선 효과가 있는 것으로 분석이 되고 있으며, 교래사거리 교차로는 1일 85천원, 연간 21,160천원으로 65.6%의 개선효과와 하효입구 삼거리 교차로는 1일 61천원, 연간 15,326천원으로 88.29% 절감효과가 있으며, 토평사거리 교차로는 1일 121천원, 연간 30,252천원으로 72.81%의 절감효과가 있었다. 그리고 회전 교차로로 개선이 완료되어 운영 중에 있는 신호입구 삼거리 교차로의 경우에도 1일 20천원, 연간 4,929천원으로 78.55% 절감 효과가 있는 것으로 분석이 되었다.

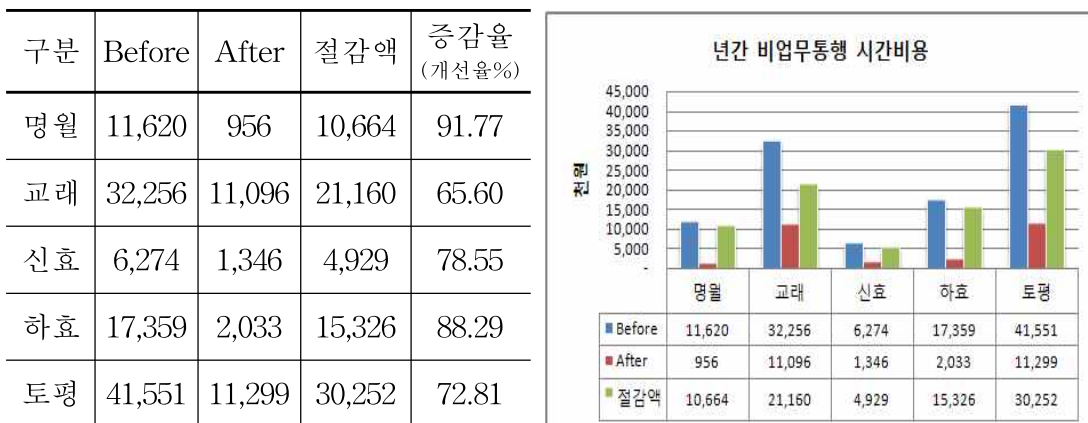
<표 5-19> 1일 비업무통행 시간비용 개선 전·후 분석 결과

단위 : 천원



<표 5-20> 연간 비업무통행 시간비용 개선 전·후 분석 결과

단위 : 천원



앞에서 살펴본 바와 같이 신호운영 교차로를 회전교차로로 운영시스템을 변환하여 운영 할 경우 시간가치 비용을 종합 분석하여 보면 명월사거리 교차로는 연간 18,209천원, 91.77%, 교래 교차로는 36,131천원, 65.6%, 하효입구 삼거리 교차로는 26,170천원, 88.29% 및 토평사거리 교차로는 51,656천원, 72.81%의 절감 효과가 있는 것으로 분석이 되었다. 그리고 현재 신호운영교차로에서 개선 완료되어 회전교차로로 운영 중에 있는 신호입구 삼거리 교차로의 경우에도 연간 8,416천원, 78.55%의 경제적 절감 효과가 있는 것으로 분석이 되었으며 <표 5-21>에서는 그 분석결과를 종합하여 보여주고 있다.

<표 5-21> 연간 시간가치비용 개선 전·후 분석 결과

단위 : 천원

구분	Before	After	증감	증감률 (개선율%)
명월	19,841	1,633	18,209	91.77
교래	55,077	18,946	36,131	65.60
신호	10,714	2,298	8,416	78.55
하효	29,641	3,472	26,170	88.29
토평	70,949	19,293	51,656	72.81

	명월	교래	신호	하효	토평
Before	19,841	55,077	10,714	29,641	70,949
After	1,633	18,946	2,298	3,472	19,293
절감액	18,209	36,131	8,416	26,170	51,656

5.3 소결

교차로별 분석지표에 의한 운영 개선효과를 살펴보면 명월사거리 교차로는 차량당 평균지체시간이 91.77%, 평균운행속도가 99.4% 개선되고, 총 지체시간 및 총 통행시간 또한 90.84%, 47.18% 개선되는 것으로 분석되었다. 교래사거리 교차로의 경우에도 차량당 평균지체시간 및 평균운행속도는 65.6%, 82.26%의 개선효과가 있는 것으로 분석이 되었으며, 총 지체시간 및 총 통행시간 또한 65.72%, 37.79%가 개선되는 것으로 분석되었다. 그리고 현재 신호운영 교차로에서 회전교차로로 개선 완료되어 운영 중에 있는 신호입구 삼거리 교차로는 차량 당 평균 지체시간이 78.55%, 평균운행속도는 40.48% 개선되었고, 총 지체시간 및 총 통행

시간도 각각 80.95%, 18.64% 개선되는 등 운영효과가 큰 것으로 분석되었다. 또한 하효입구 삼거리 교차로는 차량당 평균지체 시간은 88.29%, 평균운행 속도가 80.1%, 총 지체시간은 88.34%, 총 통행시간은 40.71%의 개선 효과가 있는 것으로 분석이 되었으며, 토평입구 사거리 교차로는 평균지체시간이 72.81%, 평균운행속도가 51.42%, 총지체시간이 72.83%, 총통행시간은 41.5%로 운영개선 효과가 큰 것으로 분석이 되었으며 <표 5-22>는 종합 비교 결과를 나타내고 있다.

<표 5-22> 교차로별 운영 효과 분석결과 종합비교

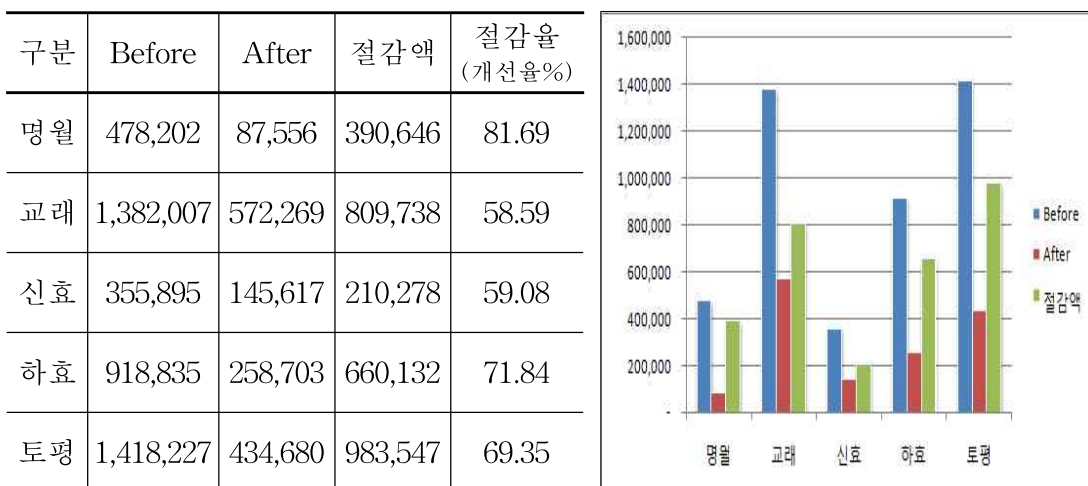
구분		Average delay time [s]	Average speed [km/h]	Total delay time [h]	Total travel time [h]
명 월 교차로	Before	31.72	21.59	5.24	7.97
	After	2.61	43.05	0.48	4.21
	개선율 (%)	91.77	99.4	90.84	47.18
교 래 교차로	Before	39.1	15.34	15.17	24.03
	After	13.45	25.83	5.2	14.95
	개선율 (%)	65.6	82.26	65.72	37.79
신 효 교차로	Before	12.73	32.14	2.94	8.1
	After	2.73	45.15	0.56	6.59
	개선율 (%)	78.55	40.48	80.95	18.64
하 효 교차로	Before	24.59	25.48	8.23	16.04
	After	2.88	45.89	0.96	9.51
	개선율 (%)	88.29	80.1	88.34	40.71
토 평 교차로	Before	30.89	26.45	19.84	36.34
	After	8.4	40.05	5.39	21.26
	개선율 (%)	72.81	51.42	72.83	41.5

그리고 경제적 측면에서 교차로별 차량운행비용과 시간가치비용을 종합한 교통혼잡비용을 살펴보면 명월사거리 교차로는 교통신호 운영 시 연간 478,202천원의 교통 혼잡비용이 발생하고 있으나 회전교차로로 개선 운영될 경우에는 연간 87,558천원으로서 390,646천원의 비용절감효과가 있는 것으로 분석이 되었다. 교래사거리 교차로의 경우에도 신호교차로로 운영 시 연간 1,382,007천원의 혼잡비용이 발생하고 있으나 회전교차로로 변환하여 운영할 경우에는 572,269천원으로 연간 809,733천원, 58.59%의 비용절감 효과가 있는 것으로 분석이 되었다.

현재 신호운영 교차로에서 회전교차로로 개선 완료되어 운영 중인 신호입구 삼거리 교차로의 경우를 살펴보면 개선 전 교통신호운영당시에는 총 혼잡비용은 연간 366,895천원이었으나 회전교차로로 변환 운영되고 있는 현재는 연간 145,617천원의 교통 혼잡비용이 발생하는 것으로 분석이 되었으며, 이는 연간 210,278천원, 59.08%의 비용절감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 하효입구 삼거리 교차로 및 토평사거리 교차로의 경우에도 연간 각각 660,132천원, 71.84% 및 983,546천원 69.35%의 비용 절감 효과가 있는 것으로 분석이 되었다.

<표 5-23> 교차로별 연간 개선 전·후 교통 혼잡비용 비교

단위 : 천원



VI. 결론

6.1 연구의 종합 및 정책제언

교통신호운영 교차로는 신호시간 제어에 의하여 정지 및 대기시간이 발생하고, 그에 대한 지체가 필연적으로 발생하게 된다. 또한 불필요한 신호 통제가 이루어질 경우 운전자들은 신호를 무시하고 운행하게 마련이며 그로 인한 사고 위험성도 그만큼 높아지게 된다.

그러나 회전교차로에서는 교차로를 통과하는 차량이 교차로에서의 신호대기에 따른 지체를 최소화하도록 운영되고, 회전부에 진입하는 차량의 진입속도는 효율적으로 감속이 되며, 진출하는 차량은 쉽게 가속되어 주행하게 된다. 그리고 일반 4지 교차로에서의 총 32개의 상충지점이 발생하는 것으로 알려져 있으나 회전교차로에서는 8개의 상충지점이 발생하고 이 8개의 상충은 직각 혹은 정면충돌이 가능한 상충이 아닌 합류 및 분류에 의한 상충으로 일반교차로에 비해 특히 사고심각도의 감소를 크게 할 수 있을 뿐만 아니라 에너지 절감 및 대기오염의 감소, 교차로 유지비용의 절감 등의 장점을 가지고 있다.

일반적으로 통행패턴 또는 시스템의 변화는 해당 교통시설을 통행하는 통행자는 물론 주변 교통 네트워크를 이용하는 통행자의 통행시간에도 영향을 미친다. 그리고 차량속도가 향상되면서 운전자 및 승객의 통행시간이 절감되고, 그에 따른 자동차의 유지관리 비용에도 영향을 미친다.

본 연구에서는 다지교차로와 회전교차로의 두 운영시스템에 대한 운영성과 및 교통 혼잡비용을 이용한 경제적 효과를 분석하였다. 분석대상 교차로 중에서 교통신호운영 교차로에서 회전교차로로 시스템을 전환하여 운영 중에 있는 신호입구 삼거리 교차로는 차량 당 평균 지체시간이 신호제어 운영시 12.73초에서 2.73초로 78.55%의 개선 효과가 있으며, 평균운행속도는 32.14km/h에서 45.15km/h로

10.48% 향상되었다. 그리고 총 통행시간의 경우 8.1h에서 6.59h로 18.64%의 운영 개선효과가 있는 것으로 분석이 되었다. 또한 경제적 비용에서의 교통 혼잡비용은 교통신호 시스템으로 운영하였을 경우 연간 355,895천원이 발생하는 것으로 분석되었으나, 회전교차로 시스템에서는 145,617천원으로 연간 210,278천원으로 59.85%의 경제적 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 본 연구에서 비교 분석한 회전교차로로 전환 예정에 있는 명월사거리 교차로, 교래입구 사거리 교차로 및 토평입구 사거리 교차로, 하호입구 삼거리 교차로도 교통량의 차이에 의한 결과 값의 차이는 있으나 같은 결과를 얻었다.

이러한 분석 결과는 회전교차로인 경우 일정 교통량 이하에서 신호에 따른 대기시간과 정차가 거의 없이 연속류의 형태로 차량이 교차로를 통과할 수 있음에 따라 그에 따른 운영효율이 향상된 것으로 판단이 된다.

그러나 앞에서 살펴본 바와 같이 운영성과 및 경제적 효과가 있음에도 불구하고 새로운 시스템에 대한 도입 운영에는 많은 어려움이 있다. 새로운 시스템과 생소한 교통 환경에 대한 이용자의 거부감, 그리고 도로 이용에 대한 정보의 부족에 따른 사고발생 위험도 발생할 수 있으며, 특히 주변 교통여건을 모르는 이용자와 야간 운행시 교차로구조에 대한 시인성 확보 등의 문제가 발생할 수 있음에 따라 주변 교통안전시설 및 정보 제공시설과 교차로내 및 주변 도로에 대한 조명시설 등 이용자 중심의 시설 확충 개선도 필요하다.

본 연구에서도 나타난 것처럼 원활한 교차로 교통소통을 향상시키고, 교통사고 예방 및 사고 감소를 통한 안전성 향상을 위하여 무절제한 신호교차로 운영에 앞서 불필요한 신호대기에 따른 지체와 에너지 소비 및 대기오염 배출 감소, 교통 혼잡 비용의 절감 등의 효과가 있는 회전교차로에 대하여 신도시개발, 택지개발 사업 및 토지 구획정리 사업, 도로 확·포장 개설 사업 등 각종 개발 사업 초기 계획 단계에서부터 신호교차로 도입에 앞서 친환경적인 도로시설인 회전교차로에 대한 면밀한 검토 등이 필요하다.

6.2 향후 연구과제

본 연구는 분석도구에 의한 미시적 비교 분석으로서 도내 운전자들의 행태를 반영하지는 못하였으며, 단독교차로 운영상황에 대하여 한정된 효과 분석 연구에 불과하다.

그리고 본 연구는 회전교차로가 확대 보급되고 있는 현 시점에서 운영성과 및 경제적 효과에만 국한되고 안전성(교통사고 등) 및 에너지 절감, 환경적 영향에 대한 검증은 실시하지 못하였다는 한계도 있다.

그러나 서로 다른 교차로 시스템인 다지교차로와 회전교차로에 대한 교통류의 특성에 따른 교차로 운영효과 및 경제적 효과에 대한 비교평가를 통하여 회전교차로의 도입에 따른 실증적 효과를 제시 하였다는 점에서 가치가 있다고 할 수 있다.

앞으로 일정 구간 교통축에서의 연속된 회전교차로 운영 및 회전교차로와 교통신호운영 교차로가 혼재 된 상황 등 다양한 교통여건에 대한 운영 효과분석 등의 평가 연구도 이루어져야 한다.

REFERENCES

1. 한국교통연구원(2010), 20008년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석
2. 한국교통연구원(2007.12), 2007 교통혼잡비용 추정방법 개선
3. 국토해양부(2010.12), 회전교차로 설계 지침
4. 국토해양부(2009.12), 교통시설 투자평가지침
5. 한국개발연구원(2004.9), 도로·철도부문사업의 예비타당성표준지침 수정·보완 연구(제4판)
6. 경찰청, 행정안전부, 국토해양부, 국가경쟁력강화위원회(2009.4), 교통운영체계 선진화방안,
7. 제주특별자치도(2009), 녹색교통시대를 여는 회전교차로 시범도시 사업 추진계획
8. 제주특별자치도(2010.7), 제주도내 회전교차로 설치공사 실시계획
9. 국가경쟁력강화위원회(2009), 녹색교통을 위한 회전교차로(Roundabout) 활성화 방안
10. 박준(2010.8), 교통안전성과 운영 수준 분석을 통한 국내 회전교차로 적용성 검토 연구, 박사학위논문
11. 한국교통연구원(2010.4.9), KOTI - Brief vol.2 No7
12. 교통개발연구원(1992.12), 교통혼잡비용 예측 연구
13. 예수영(2003), 라운드어바웃(Rroundabout) 설치방안 연구, 명지대학교 석사학위논문
14. 전우훈(2000), 국내 Rroundabout의 용량분석, 석사학위논문
15. 박병호·정용일(2005), SIDRA를 이용한 4지 1차로 현대식 회전교차로의 효과 평가, 한국지역개발학회지, 제17권 제2호
16. 정용일(2005), SIDRA를 이용한 현대식 회전교차로와 일반교차로의 효과 비교분석, 충북대학교 석사학위논문
17. 한수산·김경환·박병호, 다지 회전교차로의 효과분석
18. 박병호·송대섭(2003) 교차로계획에서 현대식 회전교차로(Modern Roundabout)의 도입 타당성, 건설기술연구소논문집 제22권 제2호 vol 22. No 2
19. 김도한·박규호·조창구·박래진(2009), 회전교차로 설치에 따른 기대효과, 2009대한토목학회 정기학술대회
20. 인병철(2010), 보행교통량에 근거한 회전교차로 효과분석, 충북대학교 석사학위논문

感謝의 글

지금 이 순간, 힘들게 지나온 그동안의 시간들이 시원하면서도 처음 학업을 시작할 때의 마음가짐으로 학업에 정진하지 못한 점 등 마음 한편에는 많은 아쉬움이 남습니다. 이 글을 통해 배움의 길을 다시 시작하게 해주시고, 크고 작은 도움을 주신 고마운 분들에게 감사를 드리고자 합니다.

산업대학원을 다니는 동안 여러 방면에서 많은 지도를 해주신 여러 교수님께 감사의 말씀을 드립니다. 특히 이 논문을 쓸 수 있도록 많은 용기와 힘을 주시고 논문 작성 초기에서부터 끝까지 열정과 정성으로 지도해 주신 이동욱 지도 교수님께 진심으로 고마운 말씀을 드립니다. 또한 논문 심사 과정에서 세심한 배려와 아낌없는 지도로 많은 가르침을 주신 이병걸 교수님, 김상진 교수님께도 감사드립니다. 그리고 논문 진행과정에서 많은 조언과 격려, 새삼 학문에 대한 새로운 시각을 가지게 해주신 KG엔지니어링종합건축사사무소 송인석님, 도로교통공단 충북지부 정용일님께도 깊은 감사를 드립니다. 논문편집 및 여러 방면으로 도움을 주신 토목시공 및 건설관리 연구실 조홍준 학생에게도 또한 감사를 드립니다. 아울러 서로 서로 격려를 해주신 선배님이자 동기가 되는 모든 분들께도 지면으로나마 감사를 드리며 앞으로 많은 발전과 건강하시기를 진심으로 기원합니다.

누구에게나 똑 같은 시간이 주어지고 흘러갑니다. 하지만 그 시간은 누구에게나 똑 같은 시간 가치를 가지는 것은 아닙니다. 오늘도 이 말을 가슴에 새기면서 항상 노력하는 한사람으로 있게 해주신 아버님과 어머님, 그리고 사랑하는 미경씨, 나와 늘 함께하고 사랑하는 지원, 승혁, 서영에게도 이 논문을 전합니다.

2011년 6월

고 상 익