

다지 회전교차로와 신호교차로의 지체 비교 분석

Comparative Analysis on the Delay Between Multi-legged Roundabout and Signalized Intersection

한수산*
(Su-San Han)

박병호**
(Byung Ho Park)

요약

회전교차로는 신호교차로보다 대형 교통사고, 혼잡비용 및 온실가스 효과를 줄이는 녹색교통체계이다. 본 연구의 목적은 다지 회전교차로의 운영효율을 분석하는데 있다. 이를 위해 본 연구에서는 다지 회전교차로와 신호교차로의 최적의 기하구조를 구축하고, 주도로와 부도로의 진입교통량의 비율을 반영한 분석시나리오를 작성하며, VISSIM을 이용하여 차량당 평균제어지체를 비교·분석하는데 중점을 두고 있다. 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 총 진입 교통량이 3,500pcph 이하일 때, 5지 1차로와 2차로 모두 회전교차로가 신호교차로보다 효과적으로 분석된다. 둘째, 6지 1차로 교차로일 경우 총 진입교통량이 3,600pcph이하에서 회전교차로가 신호교차로에 비해 효과적이다. 6지 2차로 교차로의 경우엔 회전교차로가 모든 진입교통량 조건에서 신호교차로보다 효과적으로 분석된다.

Abstract

The roundabout is a green transportation system which reduces the accident, the congestion cost and greenhouse effect. The purpose of the study is to analyze the multi-legged roundabout's efficiency. In pursuing the above, this study gives particular attention to building the optimal network of multi-legged roundabout and intersections, developing the scenarios for analysis reflected by the proportion of entering traffic volume of main and minor roads, and comparatively analyzing the average delay per car using VISSIM. The main results are as follows. First, when the entering traffic volume are less than 3,500pcph, the 5-legged single and double-lane roundabout are all analyzed to be more effective than intersection. Second, when the entering traffic volume are less than 3,600pcph, the 6-legged single-lane roundabout is analyzed to be more effective than intersection. The 6-legged double-lane roundabout is analyzed to be more effective than intersection. The 6-legged double-lane roundabout is analyzed to be more effective than intersection in all cases of entering volume.

Key words : Multi-legged roundabout, multi-legged intersection, average delay, VISSIM, entering volume

† 이 논문은 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

* 주저자 : 충북대학교 도시공학과 석사과정

** 공저자 및 교신저자 : 충북대학교 도시공학과 교수

† 논문접수일 : 2010년 7월 29일

† 논문심사일 : 2010년 8월 11일(1차), 2010년 11월 19일(2차)

† 게재확정일 : 2010년 12월 10일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

회전교차로는 평면교차로의 일종으로 교차로 중앙에 원형의 교통섬을 두어 차량이 이를 우회하여 통과하도록 하는 교차로이다. 현대식 회전교차로(modern roundabout)는 교차로에 진입하는 자동차가 교차로 내부에서 회전하는 자동차에게 양보하는 것을 기본원리로 운영된다.

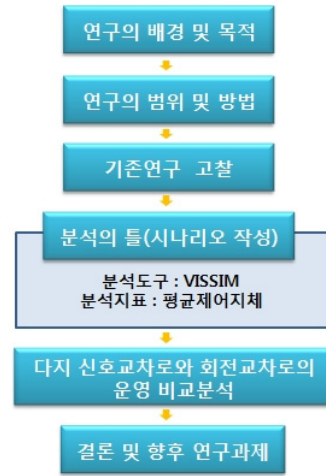
Eno는 일 방향 가로망과 회전시스템을 매우 선호하였는데, 그가 제안한 교통서클은 상대적으로 작은 중앙교통섬을 가지고 있다. 회전교차로의 설계에서의 초기 진전은 1920년 중반 이후 시행되었던 일 방향 가로와 회전시스템은 Eno의 자문으로 영국에서 시작되었다. 1966년 회전차로 운행 우선권(off-side priority rule)으로 인해 진입을 현재 회전 교통류에서 간격을 발견하는 진입 차량 운전자의 능력에 의해 제어되었다. 이러한 현대식 회전교차로의 성공으로 프랑스, 스웨덴, 호주 등에 도입되었으며, 점차 일반화되어가고 있다[1].

회전교차로는 일반교차로에 비하여 상충지점수가 적고, 저속으로 운영되며 상충지점수가 적어 운전자의 의사결정 사항이 간단하다. 또한 신호교차로보다 대형 교통사고가 적고 혼잡비용 절감되며, 온실가스배출 억제 등의 효과가 있는 녹색교통체계이다. 회전교차로는 국외의 많은 연구에서 효율성이 검증된 만큼 4지 교차로 뿐 아니라 현장에 존재하는 다지 교차로에서의 회전교차로 운영에 대한 효율분석이 필요하다.

본 연구는 다지 회전교차로와 신호교차로와 운영효과를 비교·분석하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 신호교차로와 회전교차로의 기하구조를 가정하고 이 교차로에 진입교통량이 증가함에 따라 각기 다르게 나타나는 회전교차로와 신호교차로의 평균제어지체를 비교분석하여 회전교차로의 운영효율을 분석하는데 중점을 두고 있다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 VISSIM을 이용하여 다지 교차로와



〈그림 1〉 연구의 수행과정
(Fig.1) Flow chart of this study

다지 신호교차로의 운영효율을 비교분석한다. 연구방법은 다음과 같다.

첫 번째로 신호교차로와 회전교차로에 대한 국내·외 문헌을 고찰한다. 두 번째로 다지 신호교차로를 파악한 후, 기하구조 및 도로특성 자료를 구축한다. 세 번째로 VISSIM을 활용하여 신호교차로와 회전교차로의 기하구조를 구축하고, 각 교차로의 시나리오 별 운영효과를 비교·분석한다. 마지막으로 결론 및 연구의 한계와 향후과제를 제시한다.

II. 기존문헌고찰

1. 국내 연구

이용재, 김석근(2002)의 회전교차로의 용량보정계수에 관한 연구에서는 회전교차로의 용량분석을 실시하는 경우 활용될 수 있는 새로운 형태의 용량 보정계수의 도출에 관한 연구를 진행하였다. 그 결과 기존의 모형식의 기본구조는 그대로 유지하지만, 이 모형식이 갖고 있는 비현실적인 한계점을 극복하고 이를 해결할 수 있는 방안을 제시하여 현실적인 용량분석을 할 수 있도록 확장된 형태의 용량 모형식을 제시하였다[2].

정용일(2005)의 SIDRA를 이용한 현대식 회전교

차로와 일반교차로의 효과 비교분석에서는 1차로 접근 4지 현대식 회전교차로는 시간당 진입교통량 3,000대/시까지는 우수한 운영수준을 유지하고 있고, 2차로 접근 4지 현대식 회전교차로는 시간당 진입교통량 최대 4,800대/시까지 그 운영효과가 우수하게 유지된 것으로 분석되었다[3].

전우훈, 도철웅(2003)의 회전교차로의 용량분석에서는 회전교차로에 대한 진입용량 모형의 개발과, 교통량에 관한 준거를 마련하였다. 회전교차로의 진입용량은 회전교통류율과 기하구조에 의해서 결정되며, 이 기하구조 요소는 중앙섬 직경과 진입차로폭 그리고 회전차로 폭이다. 분석 결과에 따르면, 각 방향의 접근로에서의 교통량이 600pcph 이하일 때 신호교차로보다 회전교차로의 효율성이 우수한 것으로 분석되었다[4].

심관보, 임평남(2007)의 Y형 교차로의 회전교차로 변형에 따른 적용효과분석 및 설치준거 연구에서는 지방부 비신호 Y형 교차로에 대해 회전교차로로의 변환 가능성을 검토하기 위해 VISSIM을 활용하여 회전교차로 설치 전·후 모의 실험을 수행하였다. 모의실험결과, 신호 및 비신호 Y형 교차로를 회전교차로로 변형하면 수용할 수 있는 교차로 전체 교통량이 증가하고 안전성이 개선되는 것으로 분석되었다[5].

2. 국외 연구

미국 NCHRP(National Cooperative Highway Research Program)에서는 1997년 회전교차로의 위상과 아울러 그 실태를 파악하기 위해 미국 전역의 교통국을 대상으로 설문조사를 실시한 바 있다. 이 설문에는 회전교차로의 적용경험이 있는 미국 44개 주(州) 교통국이 참여하였다. 응답자의 절반이상(66%)이 안전성 제고, 지체감소, 비용감소, 도시경관 등을 이유로 사업을 시행하였다. 특히 안전성과 지체감소가 회전교차로 도입의 가장 큰 요인으로 분석된다[6].

Retting(2001)은 정지신호제어와 교통신호제어로 운영되던 교차로를 현대식 회전교차로로 변환했을 시의 자동차 사고변화를 EB 방법을 통하여 비교

평가하였다. EB방법은 어느 지점의 사전사고 건수를 참조집단의 SPF를 관측사고건수와 가중 평균하여 산정하고, 이를 개선사업이 이루어지고 난 후의 사고건수와 비교하여 효과도를 산정하는 것이다. 분석결과 일반교차로에서 회전교차로로 전환시 사고감소비율이 상당히 높아지는 것으로 분석되었다[7].

Varhelyi(2002)는 소형 회전교차로의 배기량과 연료소모량에 대한 영향을 차량추종방법론을 이용하여 사전/사후 연구를 통하여 평가하였다. 그 결과 신호교차로를 회전교차로로 바꾸었을 경우 CO배기량은 29%, NOX배기량은 21%, 연료 소모량은 28% 감소하였다. 양보통제교차로를 회전교차로로 바꾸었을 때에는 CO배기량이 평균 4%, NOX배기량이 6%, 연료소모량이 3% 감소하는 것으로 나타났다[8].

Schroeder et al.(2007)은 VISSIM을 이용해 1차로 및 2차로 회전교차로의 보행자 신호처리 조사 분석을 통해 회전교차로를 미시적으로 분석하고 있다. 1차로에서는 대부분 시각장애인에게 횡단하는데 어려움을 나타내지 않았고, 2차로에서는 보행자는 횡단하는 기회가 많아지고 지체가 감소하였다[9].

Saccomanno et al.(2008)은 VISSIM을 이용한 미시적 분석을 실시하였고, 사고 잠재효과 분석에서 회전교차로가 신호교차로보다 안전한 것으로 분석하고 있다[10].

Isebrands(2009)는 미국의 5개주에 위치한 고속주행 회전교차로에 대하여 설치 전·후 사고자료를 조사하여 분석하였다. 분석결과, 고속주행 교차로를 회전교차로로 전환시 평균 교차로 사고율은 67%가 감소하였으며, 부상사고율은 89%가 감소하는 것으로 분석되었다. 이를 통하여 사고가 빈번히 발생하는 교차로들은 점차적으로 회전교차로로 전환해야 한다고 제시하였다[11].

3. 연구의 차별성

지금까지의 연구는 3지 및 4지 회전교차로의 운영효과 분석에 관한 연구가 대부분이었으며, 다지 회전교차로에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구의 차별성은 다음과 같다.

첫째, 기존연구에서 다루지 않은 다지 교차로에

서의 회전교차로 효율을 분석하기 위해 5지와 6지 교차로를 대상으로 시나리오를 적용하여 두 가지 교차로 유형에 따른 효율성을 비교 및 검토한다.

둘째, 현대식 회전교차로와 일반교차로의 효과를 비교분석을 다루고 있는 정용일(2005) 논문에서는 교통의 거시적 변수를 모형화한 프로그램인 SIDRA를 이용하여 비교분석하였지만 이 연구에서는 차량의 미시적 행태를 이용한 프로그램인 VISSIM을 이용하여 기하구조의 속성 및 파라메타 값을 설정하여 회전교차로와 일반교차로를 비교한다[3].

III. 분석의 틀 설정

1. 분석도구 및 분석지표 선정

본 연구에서 사용된 VISSIM은 시간의 변화와 특성에 따른 도시교통 및 대중교통 운영 시뮬레이션 모델의 개발에 기초하고 있다. 또한 교통 및 대중교통 운영의 분석이 가능하고 교통공학 및 계획의 효과적도를 기본으로 교통운영상의 다양한 대안을 평가하기 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 차량당 평균제어지체, 평균정지차량수, 평균속도, 총 통행거리 등의 결과 값을 얻을 수 있으며, 본 연구에서는 차량당 평균제어지체를 분석지표로 설정한다. 지체시간 산정에는 네트워크에 구현되는 모든 차량을 대상으로 분석되어 통과차량뿐 아니라 대기 차량도 분석에 포함이 된다.

2. 네트워크 구축 및 파라메타 설정

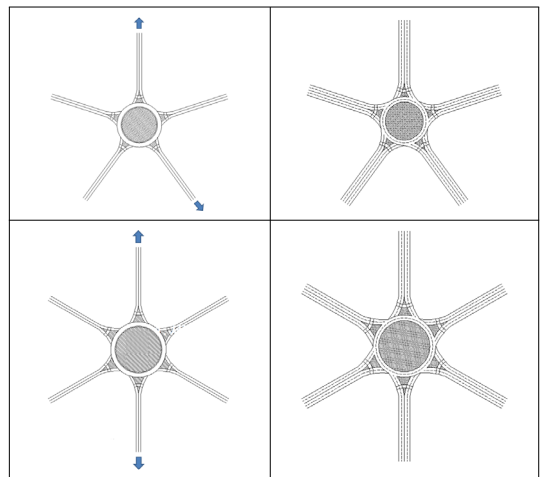
1) 회전교차로

『평면교차로 설계지침(2004)』에서 제시된 회전교차로의 설계는 회전교차로의 규모, 진입로 폭, 회전차로 폭, 차로 수, 설계속도 순으로 결정하며,

설계속도와 설계기준자동차에 의하여 시거 확보 등 안전성을 검토한다[12]. 유형별 설계요소를 참고하여 기하구조를 구축하였다. <그림 2>는 5지 및 6지 회전교차로 기하구조 현황이며 주도로와 부도로가 혼합되어 있는 상황을 고려해 화살표 방향을 주도로를 설정하였다.

본 연구에서 사용된 프로그램인 VISSIM에서 회전교차로의 특성 중 회전부의 차량에 우선권을 주기 위하여 우선권(Priority Rule)을 적용하였다. 적합한 파라메타 값을 정하기 위해 국내·외 문헌을 검토하였다. 김태완 외(2004)는 미국 캘리포니아 주 버클리 소재 I-80 고속도로에서 수집된 교통자료를 대상으로 1차로와 2차로에서 수집된 자료를 분석한 결과 차간시간의 분포는 1.01~2.07초 사이의 값으로 분석되었다[13]. 평면교차로 설계지침에서는 주도로 최소 차두간격은 5~8초로 명시되어 있다.

본 연구에서는 현장에 있는 다지교차로를 대상으로 적용해야 하는 점을 감안하여 VISSIM 프로그램에서 주어진 기본 값(default)을 사용하여 앞 차량의 뒷부분부터 뒤 차량의 앞부분까지의 시간간격인 차간시간(time gap)은 3초, 차량의 앞바퀴와 다음 차량의 앞바퀴사이의 거리인 차두간격(space headway)값은 5m로 설정하였다. 중단경사는 0값으로 없는 것으로 설정하였다.



<그림 2> 회전 교차로 기하구조 현황
(Fig.2) Situation of roundabout geometric structure

또한 분석을 위하여 5지와 6지 회전교차로는 도시지역 1차로 및 2차로로 설정하였으며 회전교차로 설계지침의 설계요소를 참고하였고, 분석을 위한 가정은 다음과 같다.

첫째, 1차로의 중앙교통섬의 직경은 회전차로의 수와 폭, 회전 반경을 고려하여 23m로 설정하였고, 진입속도는 회전교차로 설계지침을 참고하여 40km/h로 설정하였고 회전차로의 속도는 25km/h로 설정하였고, 차로 폭은 3.5m, 회전차로 폭은 6m, 가속구간과 테이퍼의 길이를 75m로 설정하였다.

둘째, 2차로의 중앙교통섬의 직경은 26m, 진입속도는 50km/h이고 회전차로의 속도는 28km/h로 설정하였고, 그 밖의 속성 값은 1차로와 동일하게 주었다.

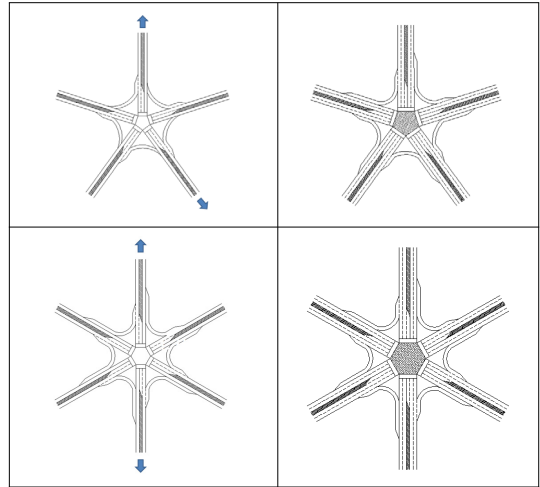
셋째, 회전교차로는 우회전차로를 별도로 주지 않았고, 분석을 단순화시키기 위해 중차량비는 0.05로 설정하였고, U-턴, 보행자 통행은 없는 것으로 가정하였다.

넷째, 진출교통량과 진입교통량의 비율을 맞춰 5지 회전교차로는 주도로:부도로 = 1:1, 4:1 와 6지 회전교차로는 주도로:부도로 = 1:1, 3:1의 비율로 나누어 비교분석하였다.

2) 신호교차로

신호교차로는 『평면교차로 설계지침(2004)』에서 제시된 설계요소를 참고하여 신호교차로를 구축하였다. 신호교차로는 신호기에 의해서 교차로의 운영을 제어 및 통제한다. 일반적으로 2현시 신호체계가 지체를 최소화 하는 것으로 보고되고 있지만, 실무에서 통용되고 있는 현시체계는 4현시 또는 5현시 신호체계이다. 기존 문헌에서는 신호현시의 경우 공통적으로 단순현시보다 중첩현시가 효율적인 것으로 나타났다[14]. 그러나 본 연구에서는 접근로별 교통량 비율이 동일할 경우에는 현시별 녹색시간이 같기 때문에 효과가 동일하다고 판단되어, 양방 동시신호를 사용하였다.

본 연구에서는 5지 교차로일 경우 5현시, 6지 교차로일 경우 6현시의 신호체계를 적용하였고, 각 방향을 직·좌로 설정하였다. 신호교차로는 우회전차로와 좌회전차로를 별도로 주어 이상적인 기하구조



〈그림 3〉 신호교차로 기하구조 현황
(Fig.3) Situation of intersection geometric structure

를 구축하였다. 그 밖의 중차량, 유턴, 보행자통행은 회전교차로와 동일하게 설정하였고, 진입부의 진입교통량 비는 회전교차로와 같은 방법으로 나누어 분석하였다. <그림 3>에 표시된 화살표는 5지 및 6지 신호교차로의 주도로의 방향을 나타낸 것이다.

최적의 신호현시를 적용하기 위해 교통공학패키지 프로그램 T-7F를 사용하여 신호주기 및 신호현시의 값을 측정하였다. 신호주기는 교통량 조건에 맞는 최적화 신호주기를 산출하였다. <표 1>와 <표 2>는 한 차로당 최대진입교통량 1,300pcph를 기준으로 표기한 것이다.

〈표 1〉 5지 신호교차로 신호현시
(Table 1) Signal phase of 5-legged intersection

신호현시(주도로:부도로=1:1)					신호 주기 (초)
현시1	현시2	현시3	현시4	현시5	
←	↙	↘	→	↑	150
27(3)	27(3)	27(3)	27(3)	27(3)	
신호현시(주도로:부도로=4:1)					신호 주기 (초)
현시1	현시2	현시3	현시4	현시5	
←	↙	↘	→	↑	150
30(3)	25(3)	30(3)	25(3)	25(3)	

〈표 2〉 6지 신호교차로 신호현시
 (Table 2) Signal phase of 6-legged intersection

신호현시(주도로:부도로 = 1:1)						신호 주기 (초)
현시1	현시2	현시3	현시4	현시5	현시6	
						150
22(3)	22(3)	22(3)	22(3)	22(3)	22(3)	
신호현시(주도로:부도로 = 3:1)						신호 주기 (초)
현시1	현시2	현시3	현시4	현시5	현시6	
						150
26(3)	20(3)	20(3)	26(3)	20(3)	20(3)	

5지 교차로에 주도로와 부도로의 진입교통량비가 1대 1일 경우는 총 신호현시 150초로 녹색신호 시간은 27초, 적색신호시간은 2초, 황색신호시간은 3초로 설정하였다.

5지 교차로에 주도로와 부도로의 진입교통량비가 4대 1일 경우는 신호주기는 동일하게 설정하였지만 주도로인 부분의 녹색신호시간은 30초로 설정하였고, 나머지 3개의 현시는 25초 설정하였다.

6지 교차로에 주도로와 부도로의 진입교통량비가 1대 1일 경우는 총 신호현시 160초로 녹색신호 시간은 22초, 적색신호시간은 2초, 황색신호시간은 3초로 설정하였다.

6지 교차로에 주도로와 부도로의 진입교통량비가 3대 1일 경우는 신호주기는 동일하게 설정하였지만 주도로인 부분의 녹색신호시간은 26초로 설정하였고, 나머지 3개의 현시는 20초로 설정하였다.

3. 분석 시나리오 작성

1) 시나리오 작성

다지 회전교차로와 일반 교차로와의 비교분석을 실시하기 위해 접근차로의 수와 진입교통량의 비율 및 교통류의 특성을 조합하여 <표 3>과 같이 총 208(2×2×2×2×13)개의 시나리오를 작성하였다. 보다 정확한 수치를 얻기 위해 시나리오 별로 5회 실행하여 결과값을 도출하였다.

〈표 3〉 분석 시나리오
 (Table 3) Analysis of the scenario

조건1	조건2	조건3	조건4	조건 5 (총 진입 교통량)
회전 교차로	5지	1차로	주도로 : 부도로 (1:1)	500~5,500
신호 교차로	6지	2차로	주도로 : 부도로 (4:1), (3:1)	600~4,800

진입교통량 비는 현실성을 고려해 5지 교차로는 (주도로 : 부도로) = 1 : 1 과 4 : 1로 설정하였고, 6지 교차로는 (주도로 : 부도로) = 1 : 1 과 3 : 1의 비율로 비교하였으며, 진입교통량은 100pcph씩 증가시켜 차량당 평균제어지체시간을 분석하였다.

이 연구의 분석 절차는 첫째, 5지와 6지의 회전 교차로와 신호교차로의 설치 전·후를 비교하여 효과를 분석하고, 둘째, 주도로와 부도로의 비율을 다르게 설정하여 비교 분석한다.

2) 분석지표

이 연구에서는 미국 NCHRP REPORT 572 “Roundabouts in the United States” (회전교차로 운영에 대한 설치 전·후 비교보고서)에 제시된 회전교차로의 서비스 수준 평가 척도를 기준으로 분석한다[15].

〈표 4〉 회전교차로 서비스수준 평가지표
 (Table 4) LOS(level of service) of roundabout

서비스수준	평균제어지체 (s/veh)
A	0 - 10
B	> 10 - 15
C	> 15 - 25
D	> 25 - 35
E	> 35 - 50
F	> 50

IV. 시나리오별 운영효과 분석

1. 5지 교차로 분석

1) 주도로와 부도로의 진입교통량 비율이 1 대 1인 경우

<표 5>는 5지 교차로에 주도로와 부도로의 진입

교통량 비율이 1대 1인 경우 회전교차로와 신호교차로의 지체를 비교한 결과이다.

1차로의 경우 총 진입교통량이 3,500pcph 이하에서는 회전교차로가 효과적인 것으로 분석되었다. 하지만, 3,500pcph 이상에서는 신호교차로와 회전교차로가 비슷한 평균제어지체를 나타내고 있지만, 미비한 차이로 신호교차로가 효과가 있는 것으로 분석되었다.

2차로의 경우 회전교차로는 3,500pcph에서는 회전교차로와 신호교차로의 지체차이가 38.39초였지만 차이가 줄어드는 것으로 분석되었다. <그림 5>를 보면 전반적으로 신호교차로보다는 회전교차로가 운영효율이 더 효과적이라는 것을 알 수 있다.

1차로와 2차로를 비교한 결과 1차로는 총 진입교통량이 3,500pcph인 지점에서 변곡점이 생기는 것으로 분석된다.

미국 NCHRP 572에서 제시한 서비스수준 F일

때의 지체시간 50초를 기준으로 신호교차로와 회전교차로를 비교했을 때 신호교차로로 운영하는 것보다 이를 회전교차로로 전환시켰을 때 지체가 감소하는 것으로 분석되었다.

2) 주도로와 부도로의 진입교통량 비율이 4 대 1인 경우

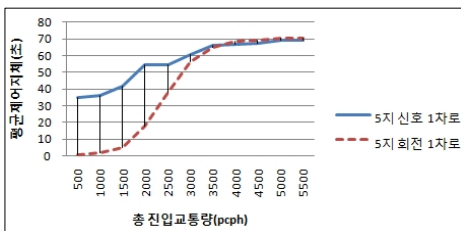
<표 5>는 5지 교차로에 주도로와 부도로의 진입교통량 비율이 4대 1일 경우 회전교차로와 신호교차로 효과를 비교한 결과이다.

1차로에서는 총 진입교통량이 4,500pcph 이하에서는 회전교차로가 효과적인 것으로 분석되었다. 하지만 4,500pcph 이상에서는 주도로와 부도로의 비율이 1대 1인 경우와 비슷한 결과로 평균제어지체시간이 미비한 차이를 보이며 신호교차로가 오히려 다소 효과적인 것으로 분석되었다.

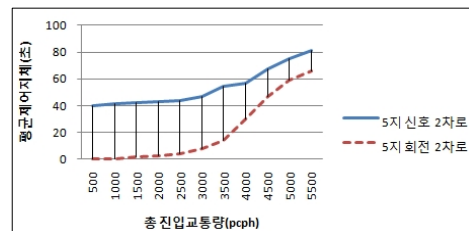
<표 5> 5지 신호교차로와 회전교차로의 평균제어지체 비교

<Table 5> Comparison of average delay between 5-legged intersection and roundabout

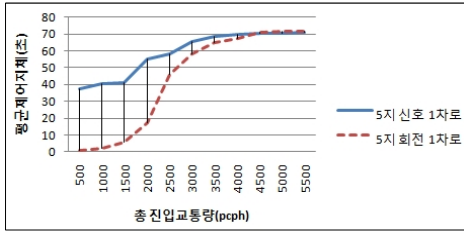
구 분	1차로(1:1)		2차로(1:1)		1차로(4:1)		2차로(4:1)	
	5지 신호 (sec)	5지 회전 (sec)	5지 신호 (sec)	5지 회전 (sec)	5지 신호 (sec)	5지 회전 (sec)	5지 신호 (sec)	5지 회전 (sec)
500	34.65	0.71	40.31	0.01	37.65	0.81	40.10	0.34
1,000	35.99	1.84	41.67	0.51	40.56	2.24	40.91	0.79
1,500	41.70	5.22	42.44	1.77	41.00	5.96	42.31	1.42
2,000	54.33	17.68	43.18	2.81	55.47	17.12	43.13	2.42
2,500	54.67	38.01	44.12	4.34	58.53	45.94	44.30	4.24
3,000	60.87	56.42	46.96	7.87	65.71	58.48	45.69	7.20
3,500	65.86	64.97	54.55	14.24	68.89	64.75	50.43	12.04
4,000	66.59	68.35	56.53	30.19	70.04	67.71	56.31	27.47
4,500	67.59	69.26	67.12	46.85	70.36	71.14	67.66	42.52
5,000	69.06	70.07	75.10	58.90	70.62	71.91	77.15	49.54
5,500	69.33	70.40	81.30	65.55	71.03	71.96	80.29	55.75



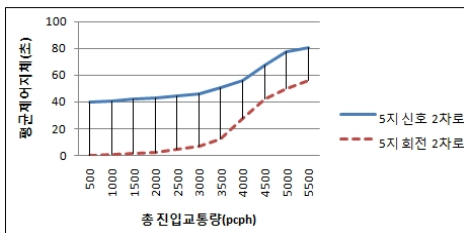
<그림 4> 5지 1차로 평균제어지체 비교 (1:1)
<Fig. 4> Comparison of average delay between 5-legged single-lane intersection and roundabout(1:1)



<그림 5> 5지 2차로 평균제어지체 비교 (1:1)
<Fig. 5> Comparison of average delay between 5-legged double-lane intersection and roundabout(1:1)



〈그림 6〉 5지 1차로 비교 (4:1)
 〈Fig. 6〉 Comparison of average delay between 5-legged single-lane intersection and roundabout(4:1)



〈그림 7〉 5지 2차로 비교 (4:1)
 〈Fig. 7〉 Comparison of average delay between 5-legged double-lane intersection and roundabout(4:1)

3) 주도로와 부도로의 진입교통량 비율 비교

전반적으로 주도로와 부도로의 진입교통량 비율이 4대 1일 경우보다는 1대 1인 경우가 더 평균제어지체도 낮고 운영효율이 좋은 것으로 분석되었다.

미국 NCHRP 572에서 제시한 서비스수준 F일

때의 지체시간 50초를 기준으로 비교하였을 때 진입교통량의 비율이 다르더라도, 변곡점은 동일한 것으로 분석되었다.

2차로에서 회전교차로는 3,500pcph부터 급격히 증가하는 것으로 분석되었다. <그림 7>을 보면 회전교차로의 운영이 더 효율적임을 알 수 있다.

1차로와 2차로를 비교분석한 결과 1차로에서는 총 진입교통량이 4,500pcph인 지점에서 변곡점이 생기는 것으로 분석되었다.

미국 NCHRP 572에서 제시한 서비스수준 F일 때의 지체시간 50초를 기준으로 신호교차로와 회전교차로를 비교했을 때 신호교차로로 운영하는 것보다 이를 회전교차로로 운영하였을 때 더 효율적인 것을 알 수 있다.

2. 6지 교차로 분석

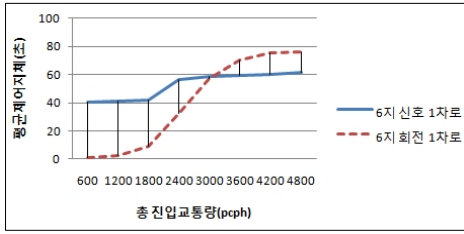
1) 주도로와 부도로의 진입교통량 비율이 1 대 1인 경우

<표 6>는 6지 교차로에 주도로와 부도로의 진입교통량 비율이 1대 1일 경우 회전교차로와 신호교차로 효과를 비교한 결과이다.

1차로에서는 총 진입교통량이 3,000pcph 이하에서는 회전교차로가 효과적인 것으로 분석되었다. 하지만 3,000pcph 이상에서는 10초 이상의 차이를 나타내며 회전교차로보다 신호교차로가 더 효과가 있는 것으로 분석되었다. 2차로에서는 회전교차로는 3,600pcph부터 급격히 증가하는 것으로 분석되

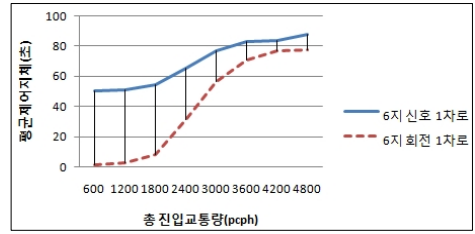
〈표 6〉 6지 신호교차로와 회전교차로의 평균제어지체 비교
 〈Fig. 6〉 Comparison of average delay between 6-legged intersection and roundabout

구 분	1차로(1:1)		2차로(1:1)		1차로(3:1)		2차로(3:1)	
	6지 신호 (sec)	6지 회전 (sec)	6지 신호 (sec)	6지 회전 (sec)	6지 신호 (sec)	6지 회전 (sec)	6지 신호 (sec)	6지 회전 (sec)
600	40.66	1.17	42.74	0.49	50.46	1.46	44.46	0.43
1,200	41.11	2.70	42.81	0.79	51.01	2.80	45.06	0.94
1,800	42.02	9.16	43.81	1.76	54.25	8.25	48.48	2.44
2,400	56.25	32.07	49.83	3.89	65.23	31.23	50.62	3.97
3,000	58.33	57.38	50.78	6.83	76.72	56.76	50.69	7.17
3,600	59.68	70.09	61.00	12.51	83.11	70.94	59.63	15.52
4,200	60.15	75.55	70.72	37.47	83.84	76.51	62.42	31.86
4,800	61.25	76.36	82.60	45.23	87.73	77.67	77.09	50.11



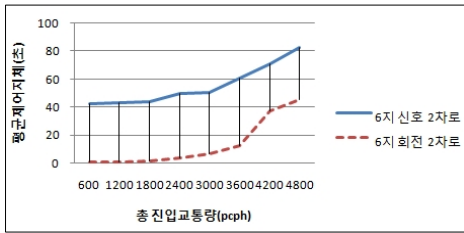
〈그림 8〉 6지 1차로 비교 (1:1)

〈Fig. 8〉 Comparison of average delay between 6-legged single-lane intersection and roundabout(1:1)



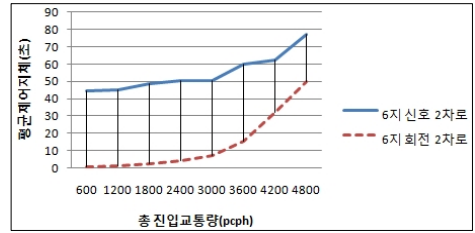
〈그림 10〉 6지 1차로 비교 (3:1)

〈Fig. 10〉 Comparison of average delay between 6-legged single-lane intersection and roundabout(3:1)



〈그림 9〉 6지 2차로 비교 (1:1)

〈Fig. 9〉 Comparison of average delay between 6-legged double-lane intersection and roundabout(1:1)



〈그림 11〉 6지 2차로 비교 (3:1)

〈Fig. 11〉 Comparison of average delay between 6-legged double-lane intersection and roundabout(3:1)

었다. <그림 9>를 보면 신호교차로보다 회전교차로의 운영이 더 효율적임을 알 수 있다. 1차로와 2차로를 비교분석한 결과 1차로에서는 3,000pcph에서 변곡점이 생기는 것으로 분석되었다.

미국 NCHRP 572에서 제시한 서비스수준 F일 때의 지체시간 50초를 기준으로 신호교차로와 회전교차로를 비교했을 때 신호교차로로 운영하는 것보다 이를 회전교차로로 전환시켰을 때 지체가 감소하는 것으로 분석되었다.

2) 주도로와 부도로의 진입교통량 비율이 3 대 1일 경우

<표 6>는 6지 교차로에 주도로와 부도로의 진입교통량 비율이 3대 1일 경우 회전교차로와 신호교차로 효과를 비교한 결과이다. 1차로와 2차로를 비교분석한 결과 모두 변곡점이 생기지 않았으며, 신호교차로보다는 회전교차로의 운영이 더 효율적임을 알 수 있다.

3) 주도로와 부도로의 진입교통량비율 비교

주도로와 부도로의 진입교통량 비율이 3대 1인

경우보다는 1대 1인 경우가 더 평균제어지체도 낮고 운영효율이 좋은 것으로 분석되었다. 미국 NCHRP 572에서 제시한 서비스수준 F일 때의 지체시간 50초를 기준으로 비교하였을 때, 5지에 비해 6지 신호교차로 경우 변곡점에 차이가 있는 것으로 분석되었다.

V. 결 론

본 연구는 다지 회전교차로 운영효율을 분석하기 위한 기초 연구로, 다지 신호교차로에 회전교차로를 도입하였을 시 지체에 어떤 영향을 주는지 검토하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 다지 신호교차로 및 다지 회전교차로의 시나리오를 작성하고 평균제어지체시간을 비교 분석하였다. 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 5지 회전교차로, 신호교차로의 비교분석결과 1차로 교차로의 경우 총 진입교통량이 3,500pcph 미만인 경우에는 회전교차로의 운영효율이 더 좋

은 것으로 분석되었지만 3,500pcph 이상인 경우에는 교통량이 증가할수록 신호교차로가 미비한 차 이로 운영효과가 좋은 것으로 분석된다. 2차로는 신호교차로보다는 회전교차로의 운영이 효율적임을 알 수 있다.

둘째, 6지 회전교차로, 신호교차로의 비교분석결과 1차로 교차로 총 진입교통량이 3,600pcph 미만인 경우에는 회전교차로의 지체가 더 낮은 것으로 분석되었지만, 3,600pcph 이상인 경우에는 신호교차로가 운영효과가 좋은 것으로 분석된다. 2차로에서는 신호교차로보다는 회전교차로의 운영효율이 좋은 것으로 분석되었다.

셋째, 5지와 6지 교차로를 비교분석한 결과 6지 보다는 5지 교차로의 지체가 낮았으며, 평균제어지 체 50초를 기준으로 분석한 결과 2차로보다는 1차로의 운영효율이 더 좋았으며, 주도로와 부도로의 비율이 1대 1인 교차로의 운영효과가 더 좋았다.

본 연구는 다지교차로의 가상 네트워크를 바탕으로, 교통량 및 진입교통량 비율을 기준으로 분석을 실시하였으며, 실제 기하구조에 따라 그 값은 변할 수 있다. 실제 현장에 다지교차로에 회전교차로를 설치하였을 시의 교통량이 어느 정도까지 효율적인지를 파악하여 향후 회전교차로로 설치하였을 시에 이용될 기초적인 연구이다. 이 연구는 방향별 차로수 및 신호현시조합이 모두 같은 것으로 가정하여 사용하였다는 점에서 한계를 가지고 있다. 따라서 향후에는 방향별 다양한 차로수가 혼용된 기하구조와 신호현시조합에 대한 운영조건을 반영한 연구가 진행되어야 한다.

참고문헌

[1] 박병호, 류승욱, “회전교차로의 계획과 설계,” 예원사, 2008.
 [2] 이용재, 김석근, “현대식 회전교차로의 용량보정계수에 관한 연구,” *대한토목학회지*, 제22권, 제2호, pp.134~146, 2002. 3.
 [3] 정용일, “SIDRA를 이용한 현대식 회전교차로와 일반교차로의 효과 비교분석,” 충북대학교 석

사학위 논문, 2005.

[4] 전우훈, 도철웅, “Roundabout의 용량분석,” *대한교통학회지*, 제21권, 제3호, pp.59~69, 2003. 6.
 [5] 심관보, 임평남, “Y형 교차로의 회전교차로 변형에 따른 적용효과 분석 및 설치준거 연구,” *한국도로학회논문집*, 제9권, 제4호, pp.105~116. 2007. 12.
 [6] G. Jacquemart, “Modern roundabout practice in the united states,” NCHRP Synthesis 264, National Cooperative Highway Research Program, 1998.
 [7] R. A. Retting, B. N. Persaud, P. E. Garder and D. Lord, “Crash and injury reduction following installation of roundabouts in the united states,” *American Journal of Public Health*, vol.91, no.4, pp.628~631, Apr. 2001.
 [8] A. Varhelyi, “The effects of Small roundabouts on emissions and fuel consumption: a case study,” *Transportation Research Part D*, vol.7, no.1, pp.65~71, 2002.
 [9] B. J. Schroder, N. M. Roupail and R. G. Hughes, “Crossing solutions at roundabouts and channelized turn lanes for pedestrians with vision disabilities,” *TRB Annual 2007 Meeting*, 2007.
 [10] F. F. Saccomanno, F. Cunto, G. Guido and A. Vitale, “Comparing safety at signalized intersections and roundabouts using simulated rear and conflicts,” *TRB 2008 Annual Meeting*, 2008.
 [11] H. N. Isebrands, “Crash analysis of roundabouts at high-speed rural intersections,” *TRB 2009 Annual Meeting*, 2009.
 [12] 국토해양부, 평면교차로 설계지침, 2004.
 [13] 김태완, 김상구, 김영호, 손영태, “차간시간(time gap) 변수를 이용한 교통기본도(fundamental diagram)의 미시적 해석,” *대한교통학회지*, 제22권, 제3호, pp.95~105, 2004. 6.
 [14] 이세희, 도철웅, 김현상, “독립신호교차로에서 Dual-Ring 개념의 신호현시 최적화 기법에 관한 연구,” *교통안전연구논집*, 제27권, pp.77~96, 2008.

[15] L. Rodegerdts, M. Blogg, E. Wemple, E. Myers,
M. Kyte, M. Dixon, G. List, A. Flannery, R.
Troutbeck, W. Brilon, N. Wu, B. Persaud, C.

Lyon, D. Harkey and D. Carter, "Roundabouts in
the united states," NCHRP Report 572, National
Cooperative Highway Research Program, 2007.

저자소개



한 수 산 (Han, Su-San)

2010년 2월 : 충북대학교 도시공학과(공학사)

2010년 3월 ~ 현 재 : 충북대학교 도시공학과(공학석사) 재학 중



박 병 호 (Park, Byung Ho)

1976년 7월 ~ 1981년 6월 : 한국과학기술원(KIST), 부설 지역개발연구소(RDRI) 연구원

1981년 6월 ~ 1983년 8월 : 국토개발연구원(KRIHS) 연구원

1987년 5월 : 미국 펜실베이니아대학 도시및지역계획학 박사

1987년 7월 ~ 1990년 2월 : 한국교통연구원(KOTI) 철도항공연구실장

2002년 4월 ~ 2003년 1월 : 충북대학교 교육연구처장

1990년 2월 ~ 현 재 : 충북대학교 도시공학과 교수