

국내 로터리와 회전교차로의 운영효과 비교분석

(지방부 로터리를 대상으로)

Comparative Analysis on the Effectiveness of Domestic Rotary and Roundabout (Focused on Rural Rotary)

김진선* · 임진강** · 박병호***

Kim, Jin Sun · Lim, Jin Kang · Park, Byung Ho

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

회전교차로는 중앙에 원형교통섬을 두고 교차로를 통과하는 자동차가 이 원형교통섬을 우회하도록 하는 교차로 형식이다. 종래의 로터리(rotary)는 회전교차로의 일종이지만, 회전교차로에 진입할 경우 끼어들기를 원칙으로 하는 운영방식이다. 그러나 회전교차로는 교차로를 진입하는 자동차가 교차로 내부에서 회전하는 자동차에게 양보하는 것을 기본원리로 한다.

전 세계적으로 로터리를 회전교차로로 전환하는 시점임에도 불구하고, 아직 국내에서는 로터리 운영방식의 교차로가 존재하며, 그에 따른 많은 문제점이 드러나고 있다. 특히 지방부에 위치한 로터리는 접근속도가 도시부보다 높고 운전자가 대체로 속도간섭을 예상하지 않기 때문에 특별한 설계 고려사항을 갖는다.

따라서 본 연구는 현재 지방부에서 로터리 형식으로 운영되고 있는 교차로의 정식 회전교차로 도입가능성을 검토하기 위하여, 실제 운영중인 로터리를 대상으로 회전교차로의 운영효과를 비교·분석하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 내용

본 연구는 현재 운영중인 지방부 로터리를 대상으로 현장조사를 통해 기하구조와 운행특성을 파악하고, 이를 VISSIM을 이용하여 로터리와 회전교차로의 운영효과를 비교·분석한다. 이를 위해 다음과 같은 절차로 연구를 진행한다.

첫째, 회전교차로와 로터리에 대한 관련 연구를 국내·외 문헌을 토대로 정리하고, 그 특징을 비교한다. 둘째, 지방부 로터리를 대상으로 현장조사를 실시하여 구축한 기하구조 및 운행특성 자료를 분석한 후, 문제점을 도출한다. 마지막으로, 문제점을 바탕으로 실제 운영중인 로터리를 회전교차로로 전환할 경우의 효과를 VISSIM 시뮬레이션을 통하여 분석한다.

2. 선행연구 고찰

2.1 이론적 고찰

일반적으로 로터리는 차량이 진입할 경우 끼어들기를 원칙으로 한다. 따라서 진입부의 용량을 증대시키기 위해서는 진입부에서의 엇갈림 구간을 크게 설계하여야 하며, 결국 교차로의 직경을 크게 잡게 된다. 그러나 교차로의 직경이 커질수록 진입속도가 높아져 진입 용량이 감소되고 접촉사고가 빈발하는 문제점을 보인다. 회전교차로는 중앙교통섬을 반시계 방향으로 회전하고, 진입지점을 양보표지판으로 제어하며, 회전교차로내의 차량에게 우선권을

* 충북대학교 도시공학과 석사과정(E-mail: pepemilk@naver.com)

** 충북대학교 도시공학과 석사과정(E-mail: plue@nate.com) - 발표자

*** 정희원 · 충북대학교 도시공학과 교수(E-mail: bhpark@chungbuk.ac.kr)



주도로 교차로를 설계·제어하는 형태이다. 표 1은 일반적인 회전교차로와 로터리의 특징을 비교한 것이다.

표 1. 회전교차로와 로터리의 특징 비교

구분	회전교차로(modern roundabout)	로터리(rotary)
진입통제	◦ 회전차로 진입지점에 양보표지판 설치	◦ 정지 표지판, 신호등 혹은 진입차량에 우선권 부여
운영특성	◦ 회전차로 내 차량은 진입차량에 대해 우선권	◦ 상층 이동류 해결에 엇갈림 지역 허용
이동경로 변화(deflection)	◦ 회전차로에서 저속 운행하도록 이동경로변화 활용	◦ 대규모 서클에서는 고속 주 이동류를 위해 직진 허용
주차	◦ 회전차로 내 주차금지	◦ 대규모 서클에서는 회전차로 내 주차 허용
보행횡단	◦ 중앙 교통섬 내 보행활동 금지	◦ 대규모 서클에서는 중앙교통섬의 보행자 횡단 등의 활동 허용
회전이동	◦ 모든 차량은 중앙교통섬을 반시계 방향으로 회전	◦ 소규모 서클의 경우 좌회전 차량은 중앙교통섬의 좌측통행 허용 가능
분리교통섬	◦ 필수적	◦ 선택적

자료: 박병호·류승욱(2008), 회전교차로의 계획과 설계, p.12

2.2 선행연구

Thaweesak Taekratok은 “Modern Roundabouts for Oregon”에서 회전교차로의 역사, 안전성, 기하구조, 용량 및 지체시간 등에 대해서 설명하고 있으며, 로터리와 회전교차로의 차이점을 설명하고 있다.

미국 NCHRP(National Cooperative Highway Research Program) Report-572에서는 미국 회전교차로의 다양한 자료와 용량모형을 제시하고 있으며, 회전교차로의 서비스 수준을 차량제어지체가 50초를 초과하게 되면 F로 정의하고 있다.

SIDRA를 이용한 4지 1차로 현대식 회전교차로의 효과 평가(박병호, 정용일)에서는 4지 1차로 현대식 회전교차로의 운영효율을 분석하기 위해 네 가지 형태의 교차로를 SIDRA를 통해 분석하였다.

회전교차로의 용량보정계수에 관한 연구(이용재, 김석근)에서는 회전교차로의 용량분석을 실시하는 경우 활용될 수 있는 새로운 형태의 용량 보정계수의 도출에 관한 연구를 진행하였다. 그 결과 기존 모형식의 기본구조는 그대로 유지하지만, 이 모형식이 갖고 있는 비현실적인 한계점을 극복하고 이를 해결할 수 있는 확장된 형태의 용량 모형식을 제시하였다.

회전교차로의 굴절에 의한 속도감소와 교통사고감소율의 분석에 관한연구(윤지환, 이용재)에서는 중앙교통섬의 반경에 따른 차량경로요소를 분석하여, 회전교차로의 통과속도를 도출하였고, 국외 사고예측모형을 통해 회전교차로의 규모에 따른 속도와 사고건수와의 관계를 도출하였다.

로터리와 회전교차로의 운행효과 비교분석(김경환, 박병호)에서는 1차로 로터리와 회전교차로를 보행교통량을 고려하여 분석하였으며, 로터리의 운영효율이 회전교차로보다 크게 떨어지는 것으로 분석되었다.

다이아몬드 입체교차점에서의 회전교차로 도입에 따른 운영효과분석(김태영, 박상혁, 박병호)에서는 SIDRA를 이용하여 입체교차점에서 회전교차로 도입에 따른 운영을 비교하고 있다.

2.3 연구의 차별성

본 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 현장조사를 통하여 실제 운영되고 있는 로터리의 기하구조, 속도 및 교통량 등을 조사하여 문제점을 분석하였으며, 둘째, 이를 바탕으로 가상 네트워크가 아닌 실제 대상지에 적용시킴으로써 그 효과를 비교·분석하였다.

3. 자료 수집 및 문제점 분석

3.1 자료 수집

지방부 로터리의 기준을 교차로 위치의 행정구역 단위가 읍/면/리, 시간당 교통량이 1,000대 미만, 토지이용이 주거와 농업인 것으로 하였으며, 전국을 대상으로 강원, 충북, 전북, 전남, 제주의 지방부 로터리 12곳이

선정되었다. 분석을 위해 기하구조조사 및 1시간 동영상촬영을 실시하였다.

3.2 문제점 분석

현장조사를 통해 얻은 영상자료와 기하구조 조사를 바탕으로 지방부 로터리의 문제점을 분석해본 결과, 운영되고 있는 로터리의 대부분이 지침 미적용으로 회전교차로 설계기준에 맞지 않게 운영되고 있으며, 교통량이 적어 대부분 진입부에서 속도를 감속하지 않고 회전부를 통과하면서 과속으로 주행하는 경향으로 나타난다.

또한 노면표시, 시선 유도봉으로 진입로를 유도하지만 진입속도가 높아 사고 위험성이 높고, 중앙교통섬이 작거나 크고, 회전차로 폭이 넓어 회전차로 내에서 과속주행의 우려가 있으며, 충돌사고 위험성이 높게 나타나는 것으로 판단된다.

특히 지방부에 많이 존재하는 3지 로터리의 경우 대부분의 기하구조가 삼각형의 직진차로 형태안에 회전차로가 존재하는 구조이기 때문에, 직진차량이 아무 제약없이 고속으로 주행하게 되어 횡단하는 보행자 혹은 회전한 후 진출하는 차량에게 위협되는 상황이 발생하는 것으로 분석된다.

표 2. 조사지점 별 개선사항

유형	교차로 위치	개선사항
로터리	화천군 화천읍	불법주차 단속
	청원군 오산리	표지판 위치변경
	청원군 서평리	표지판 설치
	진천군 문백면	회전차로 폭 변경, 단속카메라 및 과속방지턱 설치
	무주군 사천리	횡단보도 설치, 횡단보도 위치변경, 불법주차 단속
	무주군 소천리	단속카메라 및 과속방지턱 설치
	고창군 월곡리	회전차로 폭 변경, 횡단보도 설치, 횡단보도 위치 변경, 안전지대 확보
	진안군 진안읍	횡단보도 설치
	구례군 봉남리	회전차로 폭 변경, 표지판 설치,
	화순군 화순읍	횡단보도 설치
	제주시 금악리	횡단보도 위치변경, 안전지대 확보
	서귀포시 서광리	단속카메라 및 과속방지턱 설치

4. 분석의 틀 설정

4.1 분석도구 및 분석지표 선정

VISSIM은 미시적인 분석도구로서, 시간의 변화와 특성에 따른 도시교통 및 대중교통 운영 시뮬레이션 모델의 개발에 기초하고 있다. 이 프로그램은 차로구성, 교통신호 등의 제약이 있는 교통운영의 분석이 가능하며, 교통공학 및 계획의 효과척도를 기본으로 교통운영상의 다양한 대안을 평가하기에 편리한 프로그램이다.

본 연구에서는 여러 가지 파라메타를 설정할 수 있어, 다양한 형태의 교통특성을 모의실험할 수 있는 VISSIM 프로그램을 분석도구로 선정하였으며, 현재 운영중인 로터리를 회전교차로로 전환했을 때의 운영효과를 분석하기 위하여 차량 당 평균지체시간과 평균속도를 분석지표로 설정하였다.

4.2 네트워크 설정

지방부 로터리 12개소를 대상으로 현재 로터리로 운영되고 있는 상태와 이를 기하구조 측면과 통행우선권 측면 등 설계요소를 고려하여 회전교차로로 전환했을 경우의 네트워크를 VISSIM을 통해 모사하였다. 대표적으로 4지 및 3지 로터리를 회전교차로로 전환한 네트워크는 다음 그림 1과 같다.

기하구조 개선측면으로는 현재의 기하구조 상태에서 최대한 훼손을 하지 않는 방향으로 변환시키고자 하였다. 로터리의 경우 삼각형의 직진차로 형태안에 존재하는 회전반경을 넓혀주어 직진으로 주행하는 차량의 과속을 방지하고자 하였으며, 보행자의 안전을 확보하기 위해 분리교통섬과 폭의 길이를 넓혀주어 횡단보도와 연결해 주었다.

또한 교통량이 적은 지역은 회전차로 수와 폭을 축소하여 안전운전을 도모하였으며, 비교적 교통량이 많고 차로수가 많은 지역은 우회전 별도차로를 구분하였다. 그리고 기하구조 측면의 개선이 필요하지 않은 화천대교오거리, 라계통문삼거리 및 서광서리교차로는 VISSIM에서 설정해 줄 수 있는 개선측면의 요소만 도입하였다.

VISSIM으로 설정해 줄 수 있는 개선측면 요소로 기존의 로터리는 선 진입 차량에게 통행우선권이 부여되었지만 회전교차로로 전환시 이를 회전차량이 우선권을 부여받도록 설정해 주었다. 그리고 진입부에서 차량의 속도를 제한해 주기 위해 과속방지턱이 있다고 가정하였으며, 이를 위해 진입부 속도제한을 20~25km/h로 설정해 주었다.

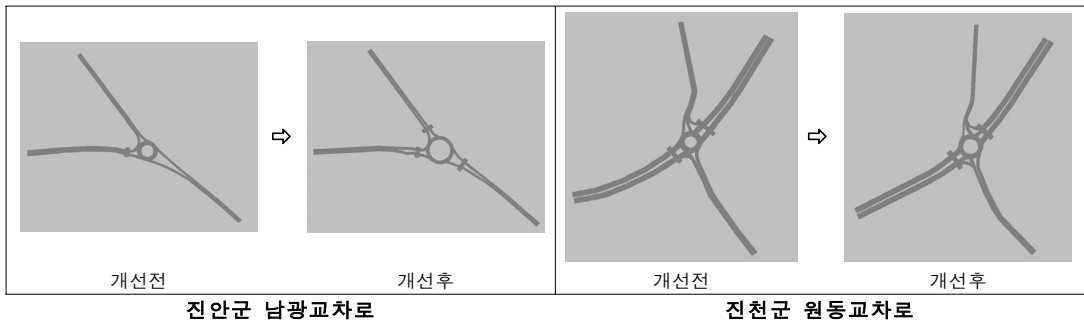


그림 1. 로터리와 회전교차로 네트워크

네트워크는 『평면교차로 설계지침(2004)』 중 회전교차로 설계지침(잠정)에 제시된 지방지역 회전교차로의 회전차로 최소폭과 중앙교통섬 직경을 참고하여 구축하였으며 내용은 다음 표 3과 같다.

표 3. 지방지역 회전교차로의 회전차로 최소폭과 중앙교통섬 직경

내접원 직경(m)	1차로 회전교차로		2차로 회전교차로	
	회전차로 폭(m)	중앙교통섬 직경(m)	회전차로 폭(m)	중앙교통섬 직경(m)
35	6.0	23	-	-
40	6.0	28	10	20
45	6.0	33	10	25
50	6.0	38	9	32
55	5.5	44	9	37
60	5.5	49	9	42

5. 운영효과 비교분석

5.1 기하구조 비교

기존 로터리 형식과 회전교차로 형식으로 전환후의 기하구조를 분석해 표된 다음 표 4와 같이 나타난다. 지방부 로터리는 교통량이 많지 않은 특성을 고려하여 회전부를 중심으로 기하구조에 변화를 주었으며, 평균적으로 회전차로 수는 1차로, 회전차로 폭은 7m 그리고 내접원 직경은 43m로 나타났다.

표 4. 로터리 형식과 회전교차로 형식의 기하구조 변화

단위: 개, m

교차로명	개선전 (로터리 형식)			개선후(회전교차로 형식)		
	회전차로 수	회전차로 폭	내접원 직경	회전차로 수	회전차로 폭	내접원 직경
화천군 화천대교 오거리	3	15.0	69	3	15	69
청원군 오산리 원형교차로	1	7.0	34	1	5	34
청원군 서평리 원형교차로	1	4.0	34	1	5	36
진천군 원동교차로	2	7.0	29	1	6	32
무주군 적상삼거리	1	5.5	42	1	5.5	55
무주군 라제통문 삼거리	1	5.5	35	1	5.5	35
고창군 월곡 원형교차로	2	7.5	45	1	5	65
진안군 남광교차로	1	6.0	29	1	5	40
구례군 군청앞오거리	3	10.0	40	2	10	40
화순군 교리교차로	2	9.0	30	1	5	30
제주시 금악교차로	1	5.0	41	1	6	36
서귀포시 서광서리교차로	1	6.5	38	1	6.5	38
평균	2	7	39	1	7	43

5.2 운영효과 비교

지방부 로터리의 현재 교통량을 로터리 형식과 회전교차로 형식으로 그 운영효과를 비교해보면, 평균지체 시간은 약 0.26로 아주 미미한 차이를 보이지만, 회전교차로 형식으로 전환할 경우의 속도는 로터리보다 약 10km/h 감소효과가 나타난다.

표 5. 로터리와 회전교차로의 효과 비교

단위: 초, km/h

NO.	교차로명	교통량 (대)	로터리 형식 (A)		회전교차로 형식 (B)		비교 (B)-(A)	
			평균지체시간	평균속도	평균지체시간	평균속도	평균지체시간	평균속도
1	화천군 화천대교 오거리	745	2.40	40.61	8.64	28.82	6.25	11.79
2	청원군 오산리 원형교차로	816	3.70	38.03	3.39	29.12	-0.32	8.92
3	청원군 서평리 원형교차로	662	1.74	39.46	2.18	28.53	0.44	10.94
4	진천군 원동교차로	801	1.00	48.87	3.90	30.11	2.90	18.77
5	무주군 적상삼거리	77	0.00	42.71	0.74	34.64	0.74	8.07
6	무주군 라제통문 삼거리	143	1.97	40.74	4.05	28.63	2.08	12.10
7	고창군 월곡 원형교차로	418	0.08	54.54	1.11	43.11	1.03	11.43
8	진안군 남광교차로	256	0.58	43.01	1.41	38.78	0.82	4.23
9	구례군 군청앞오거리	290	1.60	40.51	2.89	38.72	1.30	1.79
10	화순군 교리교차로	515	1.47	41.27	3.56	25.88	2.09	15.40
11	제주시 금악교차로	232	0.02	42.54	1.38	29.04	1.36	13.50
12	서귀포시 서광서리교차로	203	0.74	42.32	0.54	33.30	-0.20	9.03
	평균	430	1.28	42.88	2.82	32.39	1.54	10.50

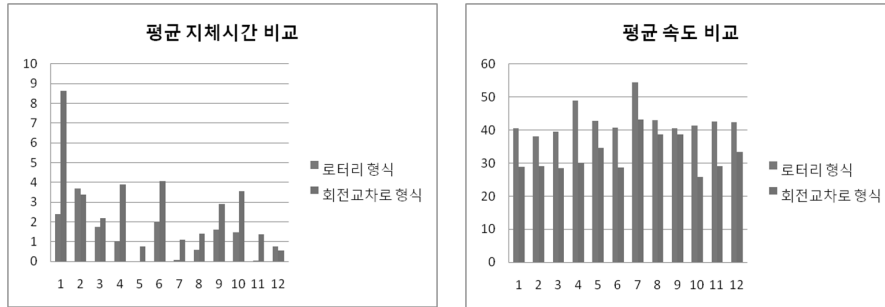


그림 2. 로터리와 회전교차로의 운영효과 비교

6. 결론

본 연구는 현재 운영되고 있는 로터리의 특성을 조사하여 이를 회전교차로로 전환시켰을 때의 효과를 비교·분석하고자 하였다. 분석된 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 지방부 로터리는 교통량이 적고 접근속도가 비교적 높은 점을 고려하여 이를 회전교차로에 맞는 기하구조적 요소와 설계요소로 네트워크를 구축하였다. 둘째, 이를 VISSIM 시뮬레이션을 통하여 분석한 결과 평균 지체시간은 로터리보다 회전교차로일 때 더 높게 나타나지만, 평균 1.54초로 미미한 차이로 드러난다. 셋째, 평균 속도는 로터리보다 회전교차로일 경우 10km/h 더 낮게 나타나 로터리 형식에 회전교차로의 설계 요소를 도입함으로써 차량의 속도를 저감시키는 효과가 드러났다.

본 연구는 로터리와 회전교차로의 운영효율을 VISSIM을 통해서만 분석하였기 때문에 운전자의 행태측면을 고려하지 못한 한계점을 가지고 있다. 향후에는 교통량의 증가에 따른 효과 비교, 용량상태의 교통량에서의 효과비교 등에 관한 분석이 진행되어야 한다. 아울러 운전자 행태 및 보행자 행태 측면을 고려한 연구가 진행되어야 하며, 더불어 지방부 로터리뿐만 아니라 도시부 로터리도 회전교차로로 전환시 운영효과를 분석하여 지방부 로터리와의 특성을 비교분석해야 할 것이다.

참고 문헌

1. 국토해양부(2004), “평면교차로 설계지침”
2. 박병호·류승욱(2008), “회전교차로의 계획과 설계”, 예원사
3. 국가경쟁력강화위원회(2009), “녹색교통을 위한 회전교차로(Roundabout) 활성화 방안
4. 김경환·박병호(2010), “로터리와 회전교차로의 운행효과 비교분석”
5. 김태영·박상혁·박병호(2009), “다이아몬드 입체교차점에서의 회전교차로 도입에 따른 운영효과 분석”
6. 박병호·정용일(2005), “SIDRA를 이용한 4지 1차로 현대식 회전교차로의 효과 평가”
7. 윤지환·이용재(2004), “회전교차로의 굴절에 의한 속도감소와 교통사고감소율의 분석에 관한 연구”
8. 이용재·김석근(2002), “현대식 회전교차로의 용량 보정계수에 관한 연구”
9. Thaweesak Taekratok(1998), “Modern Roundabouts for Oregon”
10. TRB(2007), “NCHRP Report-572: Roundabouts in the United States”