

국내 지방부 로터리의 통행행태 분석

Analysis on the Travel Behavior of Domestic Rural Rotary

김태영* 김경환** 박병호***
Kim, Tae Young KIm, Kyung Hwan Park, Byung Ho

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 교차로는 비신호교차로의 통행우선권이 확립되어 있지 않고, 신호교차로의 경우엔 불필요하게 신호대 기시간이 길어 신호를 위반하는 사례가 빈번히 일어남에 따라 사고 위험이 매우 높은 상황이고, 현재 우리나라에서는 미국의 일부 설계기준을 준용하여 만든 「회전교차로 설계 잠정지침」이 있으나, 국내 도로상황 및 운전자 행태를 충분히 분석하지 못한 상황에서 개발된 지침으로 국내실정에 맞지 않은 실정이다. 한국형 회전교차로 설계기준을 정립하기 위해서는 기존에 설치되어 운영 중인 로터리의 운전자 행태를 조사하고, 이를 기초로 설계지침을 제시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

본 연구의 목적은 국내 지방부 로터리의 통행행태를 조사 분석하는데 목적을 두고 있다. 이를 위해 국내 로터리의 차량통행속도를 1차로와 2차로 및 다차로 로터리로 구분하여 분석하고, 상층시 통행우선권(회전차로 우선, 진입차로 우선)을 구분하여 분석한다.

1.2 연구의 방법 및 내용

이 연구에서는 국내 지방부 10개 로터리를 연구대상으로 기하구조 자료와 동영상 프레임 분석을 통한 차량속도 자료와, 통행우선권 자료를 수집한다. 연구방법은 다음과 같다.

첫째, 국·내외 기존연구 고찰을 통해 전반적인 회전교차로 연구의 흐름을 파악한다. 둘째, 현장조사를 통한 기하구조 자료를 수집하고, 동영상 프레임 분석을 통해 차량속도 자료와 통행우선권 자료를 수집한다. 셋째, 수집된 자료를 바탕으로 국내 지방부 로터리의 통행행태를 분석한다. 통행행태는 차량속도와 통행우선권으로 나누어 분석하며, 분석된 자료를 바탕으로 연구의 결론을 작성한다.

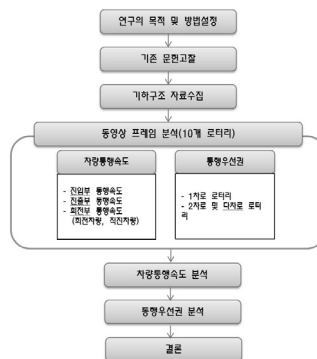


그림 1. 연구의 수행과정

* 충북대학교 도시공학과 박사수료(E-mail:sunmoonwind@nate.com) - 발표자

** 충북대학교 도시공학과 석사과정(E-mail:as1836@nate.com)

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



2. 선행연구 고찰

2.1 회전교차로와 로터리의 특성

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 주도록 교차로를 설계·제어하는 형태이다. 표 1은 일반적인 로터리와 회전교차로의 특징을 비교한 것이다.

표 1. 회전교차로 및 로터리의 특성비교

구분	회전교차로	로터리
진입통제	회전차로 진입지점에 양보표지판 설치	정지 표지판, 신호등 혹은 진입차량에게 우선권 부여
운영특성	회전차로 내 차량은 진입차량에 대해 우선권	상충 이동류 해결에 엇갈림 지역 허용
이동경로 변화	회전차로에서 저속 운행하도록 이동경로 변화 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 허용가능
분리교통섬	필수적	선택적

자료: 박병호·류승욱(2008), “회전교차로의 계획과 설계”, 도서출판 예원사.

2.2 기존연구검토

회전교차로의 용량분석(전우훈, 도철웅)에서는 회전교차로에 대한 진입용량 모형의 개발과 교통량에 관한 준거가 마련되었다. 회전교차로의 진입용량은 회전교통류율과 기하구조에 의해서 결정되며, 이 기하구조 요소는 중앙섬 직경과 진입차로 폭 그리고 회전차로 폭이다. 분석 결과에 따르면, 각 방향의 접근로에서의 교통량이 600pcph 이하일 때 신호교차로보다 회전교차로의 효율성이 우수한 것으로 분석되었다.

회전교차로의 서비스수준 기준 정립 연구(김응철, 지민경)에서는 회전교차로를 위한 효과적도를 VISSIM을 이용하여 분석하고 있으며, 1차로 회전교차로에서는 1,700pcph에서 서비스 수준을 F로 정의하고 있다.

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

SIDRA를 이용한 회전교차로와 일반교차로의 효과 비교분석(박병호, 정용일)에서는 다양한 교통상황별 시나리오를 구성하고, SIDRA프로그램을 이용한 시뮬레이션을 통해 회전교차로와 일반교차로와의 효과 비교분석을 실시하였다. 그 결과 최대 시간당 진입교통량을 근거할 때, 2현시 4지 교차로에 비해 회전교차로의 운영효과가 뛰어난 것으로 분석하고 있다.

회전교차로의 용량보정계수에 관한 연구(이용재, 김석근)에서는 회전교차로의 용량분석을 실시하는 경우 활용될 수 있는 새로운 형태의 용량 보정계수의 도출에 관한 연구가 진행되었다. 그 결과 기존 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 모형 식을 제시하였다.

현재까지 기존연구에서는 주로 회전교차로의 용량을 분석하는데 중점을 두어 진행되어 왔으며, 회전교차로의 용량은 1차로 회전교차로의 경우 약 1,700~2,400 수준일 것으로 분석하고 있다. 그렇지만, 실제적으로 국내의 경우 회전교차로 형태의 기하구조를 가진 교차로 일지라도 운영방식에 있어서 통행우선권이 정립되어 있지 않아, 회전교차로라고 판단하기에는 한계가 있는 것으로 나타났으며, 현재 로터리 또는 회전교차로의 통행우선권을 분석하거나, 로터리 또는 회전교차로의 차량 속도 프로파일을 정리한 논문은 부족한 실정인 것으로 판단된다.

2.3 연구의 차별성

본 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 로터리 또는 회전교차로의 용량검토에 대한 연구는 국내에서 많이 진행되어 왔지만, 실제적인 로터리의 운전자 행태에 관한 연구는 국내에서 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구는 로터리의 운전자 행태를 차량 통행속도와 차량 진입시 우선권으로 나누어 분석을 실시하고 있으며, 둘째, 차량 통행속도는 직진차량과 회전차량으로 구분하여 속도를 분석하고 있는 점에서 기존의 연구와 차별성이 있다고 하겠다.

3. 자료 수집

3.1 분석대상 선정

지방부 로터리 10개소를 대상으로 현장조사 실시하였다. 기하구조 자료는 직접 현장에서 실측한 자료로 정리하였으며, 교통량자료는 동영상 자료를 분석하여 정리하였다. 정리된 자료는 표 2와 같으며 회전차로수에 따라 2가지 유형으로 구분하여 정리하였다.

표 2. 교통량 및 기하구조 현황

교차로명	교통량	진출입구수	회전차로수	회전차로 폭	내접원 직경
청원군 오산리 원형교차로	816	3	1	7.0	34
청원군 서평리 원형교차로	662	5	1	4.0	34
무주군 적상삼거리	77	3	1	5.5	42
무주군 라제통문 삼거리	143	3	1	5.5	35
진안군 남광교차로	256	3	1	6.0	29
평 균	390.8	3.4	1	5.6	34.8
화천군 화천대교 오거리	745	5	3	15.0	69
진천군 원동교차로	801	4	2	7.0	29
고창군 월곡 원형교차로	418	3	2	7.5	45
구례군 군청앞오거리	290	5	3	10.0	40
화순군 교리교차로	515	4	2	9.0	30
평 균	553.8	4.2	2.4	9.7	42.6

3.2 자료분석 방법

로터리는 진입부에서 감속이 가능하도록 돌출된 분리교통섬이나 교통섬 연석부를 곡선으로 처리하여 진입차량의 지속주행을 유도하도록 설계하는데, 차량의 속도를 분석하기 위하여 각 교차로별로 동영상 녹화를 통하여 영상자료를 수집하였다. 로터리의 구간별 통행속도를 분석하기 위하여 현장 조사시 진입부와 진출부를 각 20m씩 1구간과 2구간으로 분류하여 거리를 측정하였으며, 현장자료로 수집한 영상자료를 프레임 분석을 통하여 속도분석을 실시하였다.

프레임 분석은 1초당 25프레임으로 나누었으며, 이를 진입부 1, 2구간, 회전부 구간, 그리고 진출부 1, 2구간으로 분류하여 각 구간별 평균 통행속도를 산출하였고, 회전부 구간의 경우 직진차량과 회전차량으로 구분하여 분석하였다.

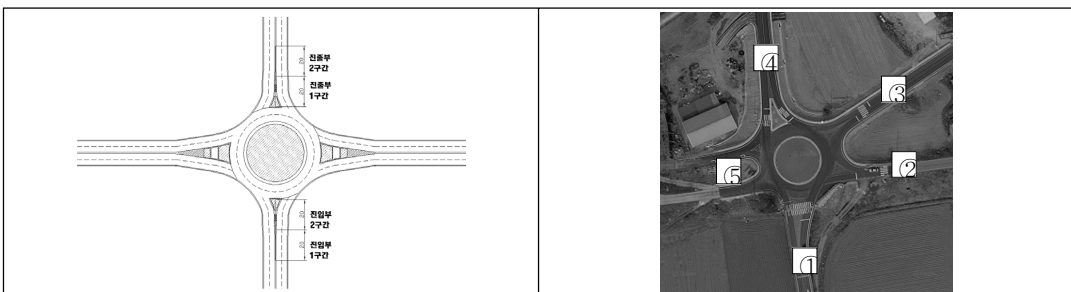


그림 2. 동영상 분석자료 수집 구간 및 대상교차로 사진(예시)



4. 차량속도분석 및 통행우선권 분석

4.1 차량속도분석

4.1.1 로터리 구간별 평균통행속도

1차로 로터리와 2차로 및 다차로 로터리 평균통행속도를 동영상 프레임 분석을 통해 비교하였다. 두 가지 형태의 교차로 모두 진입부에서 속도를 줄여 회전부에서 최저속도를 유지하고 진출부에서 속도가 증가하는 U커브 형태를 띄는 것으로 분석되었다. 속도가 비정상적으로 높은 진천 원동교차로를 제외한 경우 지방부 로터리는 진입부와 진출부에서 교차로에 접근하는 속도가 2차로 및 다차로 로터리에 비해 높았으며, 회전부 속도는 비슷한 것으로 분석되었다.

표 3. 지방부 로터리 구간별 평균통행속도

단위: km/h

No.	교차로 명	진입부		회전부	진출부	
		2구간	1구간		1구간	2구간
1	청원군 오산리 원형교차로	44.80	34.02	36.62	32.90	51.14
2	청원군 서평리 원형교차로	47.23	29.54	23.36	28.33	45.44
3	무주군 적상삼거리	55.25	42.26	31.40	32.58	58.76
4	무주군 라제동문 삼거리	52.92	33.03	26.49	40.58	44.74
5	진안군 남광교차로	48.53	35.53	17.65	31.64	50.96
	평균	49.75	34.88	27.10	33.21	50.21
6	화천군 화천대교 오거리	36.65	31.01	17.24	33.94	37.53
7	진천군 원동교차로	67.90	55.48	49.88	56.73	68.83
8	고창군 월곡 원형교차로	28.64	27.00	17.65	26.12	27.56
9	구례군 군청앞오거리	54.93	30.19	30.79	28.76	57.92
10	화순군 교리교차로	52.93	37.52	37.20	38.36	57.06
	평균	48.21	36.24	30.552	36.782	49.78
	평균(진천 원동교차로 제외)	43.29	31.43	25.72	31.80	45.02

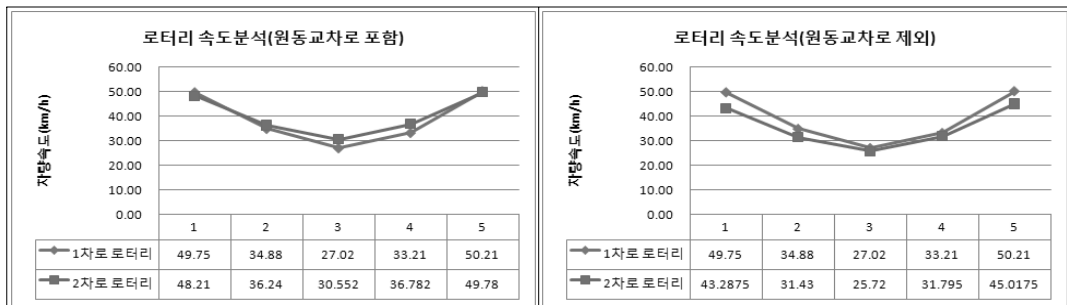


그림 3. 로터리 차량통행속도 분석

4.1.2 회전차로 내 직진차량과 회전차량의 속도비교

회전차로 내 차량의 속도는 직진차량과 회전차량의 속도차가 있을 것으로 가정하고, 두 집단간의 t-test검정을 실시하였다. 그 결과는 표 4에 제시하였다. 1차로 로터리에서는 3개 지점에서 차이가 있는 것으로 분석되었고, 2차로 및 다차로 로터리에서는 2개 지점에서 차이가 있는 것으로 분석되었다. 특히, 2차로 및 다차로 로터리 중 속도차가 있는 것으로 분석된 2개 지점의 교차로는 1차로 로터리의 속도차이 보다 확연히 큰 것으로 나타났다.

회전차로 내 직진차량과 회전차량의 속도차이는 주도로와 부도로의 교통량 차이, 교통량이 적은 곳 등 다양한 원인이 있을 수가 있겠지만, 기하구조적인 측면에서 가장 큰 원인이 있을 것으로 판단되며, 교통량이 많지 않은 지방부에서는 1차로 회전교차로 형태가 속도저감 측면에서 효과가 있을 것으로 분석된다.

표 4. 지방부 로터리 구간별 평균통행속도

단위: km/h

No.	교차로 명	회전부 평균속도	직진차량 속도(A)	회전차량 속도(B)	A-B	t-test 유의확률
1	청원군 오산리 원형교차로	36.62	39.39	34.39	5.00	0.013
2	청원군 서평리 원형교차로	23.36	27.47	20.63	6.84	0.000
3	무주군 적상삼거리	31.40	31.99	31.10	0.89	0.504
4	무주군 라제통문 삼거리	26.49	26.16	26.46	-0.30	0.892
5	진안군 남광교차로	17.65	19.28	16.81	2.47	0.004
6	화천군 화천대교 오거리	17.24	16.69	17.48	-0.79	0.538
7	진천군 원동교차로	49.88	54.50	26.34	28.16	0.000
8	고창군 월곡 원형교차로	38.26	45.95	29.83	16.12	0.000
9	구례군 군청앞오거리	30.79	30.19	31.02	-0.83	0.590
10	화순군 교리교차로	37.20	40.09	34.56	5.53	0.248

4.2 우선권 분석

지방부 로터리는 진입부와 회전부가 상충할 때, 1차로의 경우 56.86%는 진입차로가 우선 진입하는 것으로 분석되었고, 2차로의 경우 65.34%는 진입차량이 우선 진입하는 것으로 분석되었다. 특히, 1차로의 경우보다 2차로의 경우에 진입차량이 우선시 되는 경향이 강했으며, 이는 진입차량이 회전차량과 상충시 속도를 줄이지 않고 양보를 하지 않아, 회전차량은 통행 우선권이 있음에도 불구하고 정지하거나 속도를 낮추게 되어 진입부 차량이 먼저 통행하는 것으로 분석된다. 이는 통행우선권이 회전차로 차량에 주어지는 회전교차로와는 확연히 구별되는 자료이며, 회전교차로 형태의 기하구조를 갖추고 있더라도 회전교차로로 보기 어려운 것으로 분석된다. 또한 통행우선권이 정립되어 있지 않아 무분별한 교차로 진입에 의한 사고위험이 높은 것을 알 수 있다.

표 5. 지방부 원형교차로 상충시 행태분석

단위: 건, %

No.	교차로 명	상충 횟수	진입차로 우선	진입차로우선/ 상충횟수(%)	회전차로우선	회전차로우선/ 상충횟수(%)
1	청원군 오산리 원형교차로	43	28	65.12	15	34.88
2	청원군 서평리 원형교차로	31	18	58.06	13	41.94
3	무주군 적상삼거리	3	1	33.33	2	66.67
4	무주군 라제통문 삼거리	4	2	50.00	2	50.00
5	진안군 남광교차로	18	14	77.78	4	22.22
	평 균	19.8	12.6	56.86	7.2	43.14
6	화천군 화천대교 오거리	88	45	51.14	43	44.79
7	진천군 원동교차로	31	12	38.71	19	45.36
8	고창군 월곡 원형교차로	22	18	81.82	4	41.10
9	구례군 군청앞오거리	45	35	77.78	10	39.33
10	화순군 교리교차로	44	34	77.27	10	42.75
	평 균	46.0	28.8	65.34	17.2	42.67

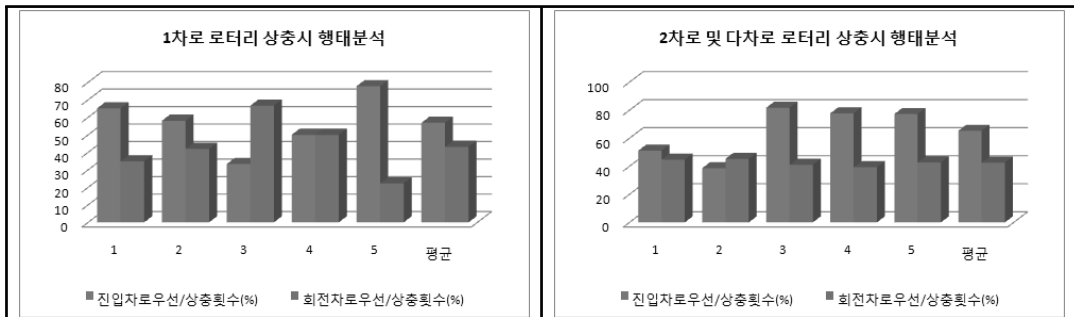


그림 4. 로터리 상충시 통행우선권 분석

5. 결 론

본 연구는 국내 지방부 로터리 10개 지점의 통행행태를 분석하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 통행행태를 차량속도와 통행우선권으로 구분하고 동영상자료와 기하구조 자료를 수집하여 분석하였다.

첫째, 1차로 로터리와 2차로 및 다차로 로터리 평균통행속도를 동영상 프레임 분석을 통해 비교하였다. 두 가지 형태의 교차로 모두 진입부에서 속도를 줄여 회전부에서 최저속도를 유지하고 진출부에서 속도가 증가하는 U커브 형태를 나타내는 것으로 분석되었다. 속도가 비정상적으로 높은 진천 원동교차로를 제외한 경우 지방부 로터리는 진입부와 진출부에서 교차로에 접근하는 속도가 2차로 및 다차로 로터리에 비해 높았으며, 회전부 속도는 비슷한 것으로 분석되었다.

둘째, 회전차로 내 차량의 속도는 직진차량과 회전차량의 속도차가 있을 것으로 가정하고, 두 집단간의 t-test검정을 실시하였다. 그 결과, 1차로 로터리에서는 3개 지점에서 차이가 있는 것으로 분석되었고, 2차로 및 다차로 로터리에서는 2개 지점에서 차이가 있는 것으로 분석되었다. 특히, 2차로 및 다차로 로터리 중 속도차가 있는 것으로 분석된 2개 지점의 교차로는 1차로 로터리의 속도차보다 확연히 큰 것으로 나타났다. 회전차로 내 직진차량과 회전차량의 속도차이는 주도로와 부도로의 교통량 차이, 교통량이 적은 곳 등 다양한 변수에 영향을 받겠지만, 기하구조적인 측면에서 가장 큰 원인이 있을 것으로 판단되며, 교통량이 많지 않을 경우 지방부에서는 1차로 회전교차로 형태가 속도저감 측면에서 효과가 있을 것으로 분석된다.

셋째, 지방부 로터리는 진입부와 회전부가 상충할 때, 1차로의 경우 56.86%는 진입차량이 우선 진입하는 것으로 분석되었고, 2차로의 경우 65.34%는 진입차량이 우선 진입하는 것으로 분석되었다. 특히, 1차로의 경우보다 2차로의 경우에 진입차량이 우선시 되는 경향이 강했으며, 이는 진입차량이 회전차량과 상충시 속도를 줄이지 않고 양보를 하지 않아, 회전차량은 통행 우선권이 있음에도 불구하고 정지하거나 속도를 낮추게 되어 진입부 차량이 먼저 통행하는 것으로 분석된다. 통행우선권이 회전차로 차량에 주어지는 회전교차로와는 확연히 구별되는 자료이며, 회전교차로 형태의 기하구조를 갖추고 있더라도 회전교차로로 보기 어려운 것으로 분석된다. 또한 통행우선권이 정립되어 있지 않아 무분별한 교차로 진입에 의한 사고위험이 높은 것을 알 수 있다.

참고 문헌

1. 박병호·류승욱(2008), “회전교차로의 계획과 설계”, 예원사.
2. 정용일(2005), “SIDRA를 이용한 현대식 회전교차로와 일반교차로의 효과 비교분석”, 충북대학교 석사학위 논문.
3. 박병호·송대섭(2003), “교차로 계획에서 현대식 회전교차로의 도입 타당성”, 충북대학교 건설기술연구소 논문집 제22권 제2호, pp.139-151.
4. 송대섭(2003), “Simulation 기법을 활용한 Roundabout의 효율성 평가”, 충북대학교 석사학위 논문.
5. 이용재·김석근(2002), “현대식 회전교차로의 용량보정계수에 관한 연구”, 대한토목학회지 제22권, pp.185-195.
6. 전우훈·도철웅(2003), “Roundabout의 용량분석”, 대한교통학회지 제21권 제3호, pp.59-69.
7. 김응철·지민경(2009), “회전교차로의 서비스수준 기준 정립 연구”, 대한교통학회지 제27권 제1호, pp.7-16.
8. 김태영·박상혁(2009), “다이아몬드 입체교차점에서의 회전교차로 도입에 따른 운영효과 분석”, 대한교통학회지 제27권 제1호, pp.53-62.
9. 국토해양부(2001), “도로용량편람”.