Int. J. Highw. Eng. Vol. 17 No. 3 : 133-141 JUNE 2015
http://dx.doi.org/10.7855/IJHE.2015.17.3.133

회전교차로 도입에 따른 교통안전성 향상 효과분석

An Analysis of Safety Improvement Effects on Roundabouts

이 동 민 Lee, Dong Min | 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 조교수 · 교신저자 (E-mail : dmlee@uos.ac.kr)
전 진 우 Jeon, Jin Woo | 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : jinu305@naver.com)
박 용 진 Park, Yong Jin | 서울시립대학교 교통공학과 석사과정 (E-mail : yjptra@gmail.com)

ABSTRACT

PURPOSES : This study dealt with traffic accidents occurring within roundabouts. The objective of this study was to analyze safety effect by introduction of roundabouts.

METHODS : In pursuing the above, traffic accident data on roundabouts are collected and compared. For the analysis, collected data were separated as all intersection points, turning lane accident, approach lane accident by geometric design.

RESULTS : Through the study results, it was found that the total accidents decreased by 55 accidents/2 year with safety effect of roundabouts. Also the result shows that accidents by point of two-lane roundabout at turning lane(0.26) and approach lane(0.27) is risky than total accidents by point(0.09). Moreover, accidents by point shows high value as diameter of a roundabout is bigger.

CONCLUSIONS : When a roundabout is introduced at the intersections there are safety effects by reduction of traffic accidents.

Keywords
safety effects, traffic accident, roundabout

Corresponding Author : Lee, Dong Min, Assistant Professor
Dept. of Transporation Engineering, Universitiy of SEOUL
163 Seoulsiripdae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, 130-743, Korea
Tel : +82.2.6490.2827 Fax : +82.2.6490.2819
E-mail : dmlee@uos.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Apr. 28. 2015 Revised Apr. 28. 2015 Accepted May. 27. 2015

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 지속적인 교통사고 절감 노력으로 지난해 사망자 교통사고건수가 5,000건 이하로 줄어들었고, 과거 10년 전에 비해 어린이 교통사고를 50% 이상 감소시키는 등 큰 성과를 가져왔다. 하지만 여전히 교차로에서 발생하는 교통사고는 심각한 수준이다. 무신호 교차로 통행우선권이 확립되지 않고, 신호교차로의 신호대기시간이 길고 오염유발 및 법규 위반 사례도 많다. 2013년 교차로 사고는 95,816건으로 전체사고(215,354)의 44%를 차지한 바 있다.

특히 차량이 많지 않은 교외 및 농촌지역에 신호교차로가 많아 불필요한 신호대기를 하거나 이를 회피하기 위한 신호위반이 빈번하게 이루어지고 있다. 인구가 밀집한 도심 집산·이면도로에 위치한 무신호 평면교차로에서는 통행우선권의 미정착으로 교차로 사고가 높은 수준이다.

반면, 영국, 프랑스 등의 외국에서는 도심 내에 있는 도로 및 이면도로와 교외 농촌지역에 회전교차로를 건설하여, 불필요한 신호에 의한 지체 최소화와 무신호 및 신호교차로에서의 교통안전성 향상 효과를 경험하고 있다.

우리나라에서도 2004년 회전교차로에 대한 도입을 시도한 바 있으나, 사회적인 인식부족과 양보를 기반한 교통문화 수준이 낮음 등의 원인으로 회전교차로 도입이 저조하며, 또한 운영 중인 회전교차로도 규격에 맞지 않거나, 로터리와 혼용되어 이용되는 사례가 대부분이었다. 한편 국내 회전교차로는 2010년 이후 정부구조의 시범사업 추진으로 운영되고 회전교차로 설계지침 개발을 통해 회전교차로 활성화가 본격화되고 있다.

회전교차로를 설치한 대부분의 해당 교차로에서 교통사고가 큰 폭으로 감소하였으며, 통행속도 증대, 평균제어지체 시간감소 등 긍정적인 효과가 늘어나고 있어 대부분의 지자체들은 회전교차로를 지속적으로 설치하려고 노력 중에 있다. 하지만, 아직도 회전교차로에서의 운전자 교차로 통행방법 숙지부족, 회전통행 간 운전자의 통행방향 혼란, 교차로 기하구조 등의 복합적인 영향으로 인해 교통사고는 아직도 많이 발생하고 있어 이에 대한 개선이 필요한 시점이다.

따라서 본 연구에서는 회전교차로 도입이전·이후 사고유형별 비교, 사고법규위반별 비교를 통해 회전교차로 도입 후 교통사고 절감효과를 알아보고자 한다.

2. 국내외 연구사례

2.1. 국내선행연구

국내 회전교차로는 실질적으로 2010년 국가경쟁력강화위원회와 행정안전부에서 주관한 회전교차로 시범사업에 의해 도입되었다고 할 수 있으며, 최근 국토교통부와 각 지자체별로 회전교차로 도입이 활성화되고 있으며, 회전교차로에 대한 관심이 높아져 관련 연구가 다수 진행되어 왔다.

하지만 대부분의 기존 연구들은 통행우선권이 회전차량에게 있는 회전교차로와는 운영방식이 다른 로터리를 중심으로 연구가 진행되었으므로 회전교차로의 사고와 기하구조 사이의 요인을 정확히 분석하기는 무리가 있다.

Choi and Kim(2013)은 기하구조와 속도특성에 기초를 둔 회전교차로 안전분석을 통해서 백만차량당 사고건수는 회전교차로로 차량이 진입 시 감속함에 따라 감소하며, 접근로 수, 진입차로 수, 진입차로 폭, 양보선 길이, 회전차로 수에 비례하였으며, 회전차로 폭에는 반비례함이 분석되었다.

Park(2010)은 회전교차로 사고유형과 도로의 기하구조와의 연관성을 도출하기 위하여 우리나라 9개소, 외국 31개소의 회전교차로 자료를 이용하여 사고예측모형을 개발하였다. 음이항회귀모형을 이용하였으며, 종속변수로는 HMEV(사고건수/1억대)를 적용하였으며, 독립변수로는 접근로 수, 진입로 차로수, 진입로 폭, 양보선 길이, 회전차로 수, 회전차로 폭을 이용하였다. 사고와 비례관계를 보이는 변수로는 접근로 수, 진입로 차로수, 진입로 폭, 양보선 길이, 회전차로 수 등이었으며, 음의 관계를 보이는 요소는 회전차로 폭으로 분석하였다.

Nah and Park (2012)은 Zero-Altered-Model (ZAM)을 이용한 원형교차로(회전교차로+로터리)의 원인별 사고예측모형을 개발하였다. 2007~2009년 국내 94개 원형교차로의 사고 자료를 바탕으로 연구를 수행하였으며, Zero-Inflated 음이항회귀모형을 이용하여 교통량이 많고, 회전차로 폭이 좁고, 접근로수가 증가할수록, 감속시설 수가 적을수록 사고가 증가하는 것으로 분석하였다.

Kim(2013)는 운전자의 주행특성을 고려하여 회전교차로의 사고요인을 분석하였고, 국내 12개 회전교차로를 기준으로 의사결정나무 분석방법의 하나인 CART (Classification and Regression Tree) 분석을 수행하였다. 하지만 분석대상 회전교차로가 너무 적어 분석결과의 신뢰성이 부족하다고 할 수 있다. 분석결과, 회전차로 폭이 넓으면서 교통량이 많은 경우 사고발생 확률이 높아지는 것으로 분석하였으며, 차로 폭이 좁고 교통섬, 표지판, 감속시설물과 같은 안전 및 부대시설이 설치되어 있는 곳이 사고 확률이 가장 낮은 것으로 나타났다.

2.2. 국외 회전교차로 도입사례 및 효과분석 연구

2.2.1. 영국의 회전교차로

1990년대 영국에서는 258,000명의 부상사고가 발생하였으며, 이중에 5.5%인 14,100명이 회전교차로에서 발생하였다. 반면 회전교차로에서의 치명적인 사고는 0.43%인 반면에 회전교차로를 제외한 다른 교차로사고의 1.3%, 도로구간에서의 2.8%가 치명적인 사고로 나타나 회전교차로에서 치명적인 사고가 매우 낮게 발생한다는 것을 알 수 있다.

또한 1990년대 회전교차로에서의 평균 교통사고비용이 일반 교차로에서의 50%, 도로구간에서의 70% 이하로 분석된 바 있다, Maycock(1984)은 영국에 설치된 84개의 4지 회전교차로에서 부상사고 관련 연구를 수행하여 기하구조설계, 교통류, 사고빈도와의 관계를 분

석하였다. 그 결과로서 조사된 회전교차로에서의 연평균 부상사고빈도는 3.31건이며, 사망 및 중상사고는 16%가 발생하였다. 회전교차로에서 발생한 교통사고 중에서 자전거 사고는 13~16%로 나타났으며, 오토바이 사고는 30~40%가 발생하였고, 보행자 사고는 4~6%로 나타났다.

2.2.2. 프랑스의 회전교차로

프랑스에서는 1970년대 이후 지속적으로 회전교차로를 설치하여 운영을 하고 있다. 특히 회전교차로 통행요령을 1984년 프랑스 도로법에 도입시킨바 있다. 진입도로가 국도라고 할지라도 회전교차로에 대한 오프사이드 규칙을 채택함(우측차량 우선권이 항상 기본규칙이었던 프랑스의 큰 변화를 의미)으로써 회전교차로의 건설·운영에 따라 더욱 확대되었다.

Table 1. Accident Reduction of Roundabouts in France

Before and after traffic accident data (accidents · people/year)			
Category	Before	After	Changing rate
# of accidents with injuries	1.42	0.31	-78
Fatalities	0.16	0.02	-88
Injured	2.78	0.49	-82
# of accidents and circle size			
Diameter	Roundabouts	Accident rates	
< 30m	13	0.69	
30-50m	11	1.54	
50-70m	26	1.58	
70-90m	16	1.81	
> 90m	8	3.80	
Oval	9	4.40	
# of accidents and slope of roundabout			
Cateogry	Inside slop (42 roundabouts)	Outside slop (21 roundabouts)	
Total # of accidents (accidents/year/ roundabouts)	0.50	0.28	
Accidents due to control loss at approach lane	0.12	0.06	
Accidents by control loss at turning lane	0.09	0.00	
Accident by right-of-way violation at approach lane	0.14	0.09	

note : Centre D'Etudes Techniques de l'Equipment de l'Ouest. (1986), Evolution de la sequrite Sur Les Carrefours Giratoires, Nantes, France

프랑스는 1994년 약 1,200개의 회전교차로에서 매년 1,500개 이상의 회전교차로를 설치하였으며, 현재 약 30,000개 이상의 회전교차로가 건설·운영되고 있는 것으로 알려졌다(Austroad, 2009).

프랑스의 한 연구(Centre D'Etudes Techniques de l'Equipment de l'Ouest, 1986)는 지름이 작은 회전교차로에서는 지름이 큰 회전교차로에서보다 사고건수가 감소하는 것을 발견하였고, 특히 회전교차로의 시인성 확보 측면에서 외부경사(out slop)보다 내부경사(inside slop)로 설계하는 것이 안전측면에서 더욱 효과가 있는 것으로 분석된 바 있다. Table 1은 프랑스의 회전교차로 설치·운영에 따른 교통사고 절감효과를 분석한 결과를 설명하고 있다.

2.2.3. 독일의 회전교차로

영국과 프랑스의 성공적인 회전교차로 도입사례를 반영하여 회전교차로 도입을 확대하고 있다. 독일의 경우 과거의 소형 및 1차로형 회전교차로가 더 많이 보급되고 있고, 다차로 회전교차로의 경우에는 보다 상세한 검토를 통해 관련기관의 별도의 승인을 받아 건설하도록 관리하고 있다.

독일(Werner B., 2008)의 회전교차로 설치 전·후의 사고율 및 사고비용을 살펴보면 Fig. 1과 Fig. 2 같이 사고율은 -40%, 사고비용은 약 -58%가 감소하는 것으로 나타났다.

또한 독일 회전교차로의 설치 전·후 전체교통사고 건수는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 약 28%가 감소하였으며, 사고의 심각도별로 살펴보면, 사망은 약 80%, 중상은 57%, 경상은 80%가 감소하는 것으로 나타났다.

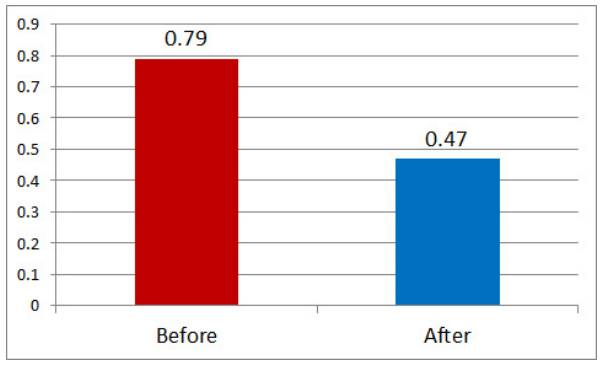

Fig. 1 Roundabout Accident Rates of Germany (unit : acc/mio.veh)

note : Werner B. (2008), Roundabouts in Germany, 2008 TRB National Roundabout Conference.

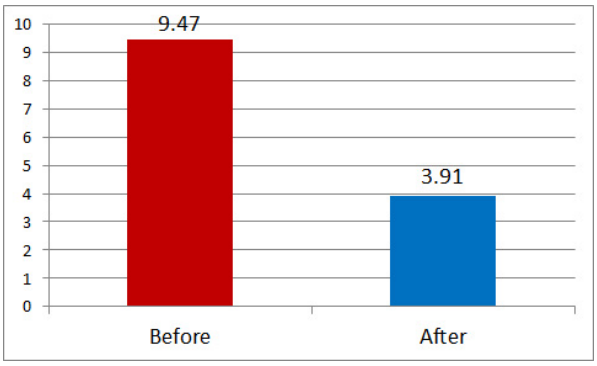

Fig. 2 Accident Cost in Intersection (€/1,000veh) (unit : acc/mio.veh)

note:Werner B. (2008), Roundabouts in Germany, 2008 TRB National Roundabout Conference.

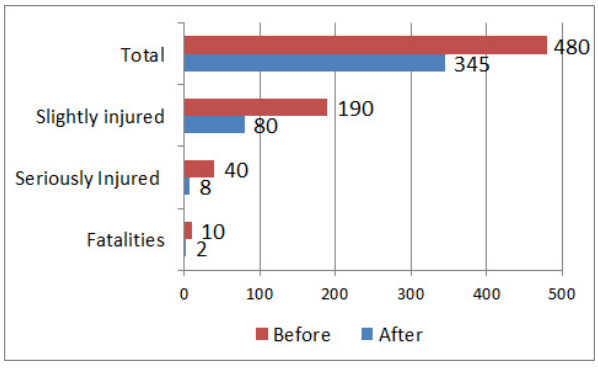

Fig. 3 Before-After of Accidents at Single-Lane Roundabout in Germany

note:Werner B. (2008), Roundabouts in Germany, 2008 TRB National Roundabout Conference.

3. 분석결과

3.1. 개요

본 연구의 대상은 2010년, 2011년 시범사업으로 건설된 회전교차로들로, 2개년 동안 구축된 전체 회전교차로 중 분석해 사용된 회전교차로는 141개소(2010년 87개소, 2011년 54개소)이다. 분석에 사용된 교통사고 자료들은 도로교통공단의 TAAS자료를 사용하였고, 주요 공사기간인 2010년 및 2011년을 배제하여 구축하였다. 또한, 교통사고 자료에 기록된 해당 사고가 실제로 회전교차로 준공 이후에 일어난 사고임을 확인하기 위해 TAAS의 개별사고 개요의 내용을 참고하여 회전교차로의 준공여부를 확인하였다.

2010년에 건설된 회전교차로의 경우에는 사전기간으로 2008~2009년의 교통사고 자료를 조사하였고, 사후기간은 2011~2012년의 자료를 사용하였다. 또한, 2011년 대상 사업인 경우에는 도입 전 2009~2010년의 교통사고 자료를 조사하였고, 사후기간은 2012년의 자료를 사용하였다. 2011년 대상 사업인 경우, 교통사고 자료가 제한된 범위에서 구축되어, 2010년 분석보다는 범위가 좁게 연구되었다. 이는 향후 지속적으로 보완 및 발전시켜야 할 부분으로 판단된다.

조사범위는 본 연구의 목적에 따라 회전교차로의 영향권 내에서 일어난 사고로 한정하기 위하여, 교차로 중심을 기준으로 30m 반경 내에서 일어난 사고자료를 조사하였다. TAAS의 사고지점도 및 사고개요를 기준으로 사고가 일어난 위치를 교차로의 각 접근로별로 조사하였으며, TAAS 자료의 한계상 위치가 불분명한 지점에 대해서는 사고 1당사자의 접근로 및 위치도를 기준으로 조사하였다. 또한, 기하구조 요인과 관련이 없는 사고인 음주운전 사고, 교차로내 작업관련 사고, 동승자 하차 사고, 불법주정차로 인한 사고 등은 배제하였다.

한편 기하구조 요인의 영향을 분석하기 위해 회전교차로에서 발생한 교통사고를 위치별로 크게 3가지로 분류하여 분석하였다.

3.2. 회전교차로 설치 전·후 교통사고 비교분석

3.2.1. 사고심각도별 비교분석

2010년 시범사업 대상 회전교차로에서 발생한 교통사고를 심각도별로 분류하여 분석한 결과는 Table 2와 Fig. 4에서 설명하고 있다. 2010년 회전교차로 시범사업의 경우에는 사전기간 2년 동안 전체 사고건수는 148건/2년이 발생하였으며, 이중 중상사고와 경상사고가 137건/2년으로 전체 사고건수 대비 93.0%를 차지하는 것으로 조사된다. 회전교차로 건설이후에는 Table 3에서 보는 바와 같이 2년 동안 55건이 발생하여 회전교차

Table 2. Comparison Accident Severity in 2010 Roundabouts

Category	Before (2008~2009) (A)	After (2011~2012) (B)	Changing rate (%) (B-A)/A×100
Fatalities	5 (3%)	1 (2%)	-80
Seriously Injured	75 (51%)	31 (56%)	-58.7
Slightly injured	62 (42%)	21 (38%)	-66.1
Injury reported	6 (4%)	2 (4%)	-66.7
Total	148	55	-62.8

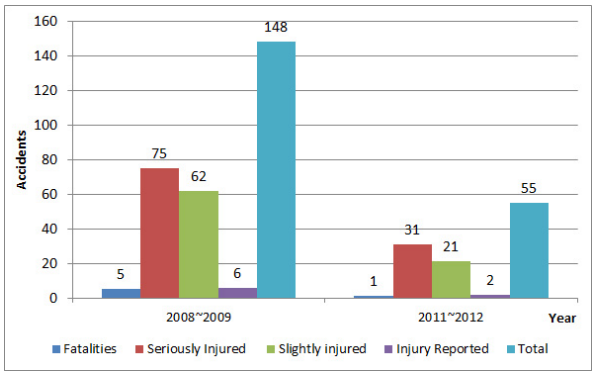

Fig. 4 Comparison by Accident Severity in 2010 Roundabouts

로 건설이전대비 62.8% 감소했으며, 중상사고는 58.7%, 경상사고는 66.1% 감소하는 것으로 조사되었다. 특히, 사망사고는 회전교차로 도입 이후 2년 동안 1건의 교통사고 만이 발생하여 약 80.0%의 사고발생 감소효과를 확인할 수 있었다.

한편 2011년 회전교차로 시범사업의 경우에는 사전 시간에 발생한 교통사고 평균 93건/년은 사후 47건/년으로 감소하여 약 49.5%의 교통사고 감소효과를 나타

Table 3. Comparison by Accident Severity in 2011 Roundabouts

Category	Before construction (2009~2010) (A)	After construction (2012) (B)	Changing rate (%) (B-A)/ A×100
Fatalities	2 (2%)	1 (2%)	-50
Seriously Injured	39.5 (42%)	19 (40%)	-51.9
Slightly injured	50 (54%)	23 (49%)	-54
Injury reported	1.5 (2%)	4 (9%)	+166.7
Total	93	47	-49.5

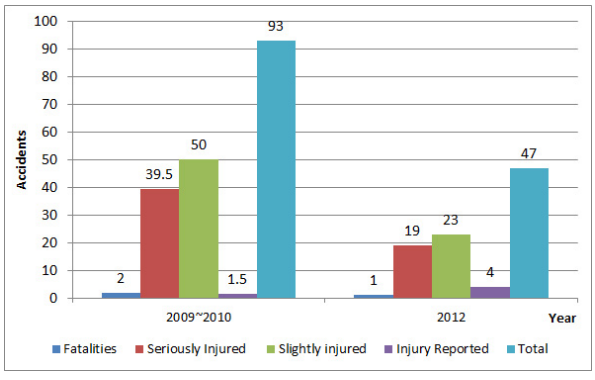

Fig. 5 2009-2012 Comparison by Accident Severity in 2011 Roundabouts

냈다(Table 3, Fig. 5). 사망, 중상, 경상사고의 경우 각각 50.0%, 51.9%, 54.0%가 감소한 것으로 분석되어 회전교차로의 교통안전성 향상 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다.

3.2.2. 사고유형별 비교분석

회전교차로에 의한 교통사고 절감효과를 세부적으로 살펴보기 위해 교통사고 유형별로 비교분석해 보았다. 우선 2010년 회전교차로 시범사업에 따른 사고유형별 교통안전효과는 Table 4에서 설명하고 있다. 회전교차로 도입 이후 차대사람, 차대차 사고는 각각 -62.5%, -70.2% 감소한 반면, 차량 단독사고는 350.0% 증가하였다. 차량 단독사고의 대부분은 운전부주의로 인한 중앙교통섬 연석 및 분리교통섬 연석 충돌사고로 조사되었다. 하지만 이는 초기에 도입된 회전교차로를 대상으로 한 본 연구의 한계로 판단되어 2010년 이후 도입된 회전교차로에서는 이러한 사고증가효과가 줄어들었을 것으로 판단된다.

Table 4. Comparison by Accident Types in 2010 Roundabouts

(unit : accidents/2 Years)

Category	Before construction (2008~2009) (A)	After construction (2011~2012) (B)	Changing rate (%) (B-A)/ A×100
Car-to-pedestrian	32	12	-62.5
Car-to-car	114	34	-70.2
Single - vehicle accident	2	9	350.0
Total	148	55	-62.8

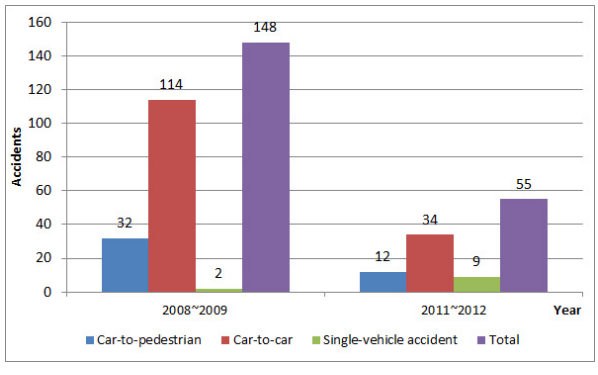

Fig. 6 Comparison of Accidents by Conflict Types in 2010 Roundabouts

한편 2011년 회전교차로 시범사업 도입으로 차대차 사고의 경우 65건에서 34건으로 약 47.7%가 감소하였고, 차대사람 사고는 17건에서 11건으로 약 35.3%가 감소하였다. 반면, 차량단독에 의한 사고는 5건에서 2건으로 60.0%가 감소한 것으로 나타났다(Table 5, Fig. 7). 특히 2010년 회전교차로 교통사고 절감효과분석에서 나타난 차량 단독사고의 증가(350% 증가)와 같은 현상은 2011년 분석결과에서는 나타나지 않았고, 오히려 60%의 교통사고가 줄어든 것으로 분석되었다. 이는 회전교차로 설계지침 제정(2010년 12월)이후 양호한 회전교차로 설계 및 설치운영의 결과로 판단된다.

Table 5. Comparison by Accident Types in 2011 Roundabouts

(unit : accidents/2 Years)

Category	Before construction (2009~2010) (A)	After construction (2012) (B)	Changing rate (%) (B-A)/ A×100
Car-to-pedestrian	17	11	-35.32
Car-to-car	65	34	-47.7
Single - vehicle accident	5	2	-60.0
Total	87	47	-45.9

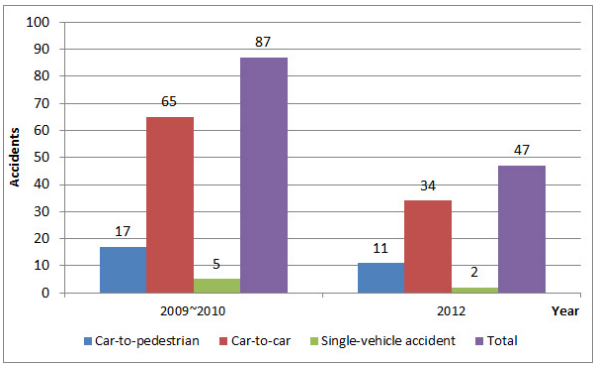

Fig. 7 2009-2012 Comparison by Accidents Types in 2011 Roundabouts

3.3. 기하구조 요소별 교통사고 비교분석

회전교차로에서의 교통사고 발생위험을 기하구조 요소별로 평가함은 향후 보다 안전한 회전교차로 설계를 위한 중요한 가이드를 제공할 수 있다. 이를 위해 본 연구에서는 2010년 시범사업을 대상으로 회전교차로 도입 후 회전교차로에서 발생한 교통사고들과 기하구조 요소와의 관계를 분석하였다. 각 사고지점별 여러 기하구조 요소 중 교통사고와 밀접할 것으로 예상되는 주요 기하구조 자료와 사고건수를 조사하였다.

3.3.1. 교통사고 발생 위치별 비교분석

사고지점에 따른 교통사고 유형을 분석한 결과, Table 6에서 보는 바와 같이 회전차로 사고와 접근로 사고가 크게 차이를 보이진 않는 것으로 나타났다. 회전차로에서 발생한 한건의 사망사고는 운전부주의에 의한 중앙교통섬 충돌에 의한 사고였다. 회전차로에서의 중상사고는 18건으로 접근로의 중상사고보다 다소 높게 나타난 반면, 경상사고는 접근로에서의 사고가 회전차로 사고보다 높게 나타났다.

Table 6. Comparison of Accident Severity by Locations

(unit : accidents/2 Years)

Severity Typs	Accidents by Locations		
	Circulatory lane	Approach lane	Total intersection accidents
Fatalities	1	0	1
Seriously Injured	18	13	31
Slightly injured	9	12	21
Injury reported	1	1	2
Total	29	26	55

3.3.2. 회전교차로 유형별 교통사고 발생건수 비교분석

본 연구에서 조사된 1차로 회전교차로에서 발생한 교통사고건수는 21건으로 전체 사고의 72.4%, 2차로형은 30개 접근로에서 8건(27.6%)의 사고가 발생하였다. 이러한 회전교차로 유형별 교통사고 발생건수 분석결과는 Table 7에서 설명하는 바와 같이 2차로 지점당 사고건수는 0.26건으로 총 지점당 사고건수(0.09)에 비해 상대적으로 많이 발생한 것으로 나타났다.

Table 7. Comparison of Accidents by Circulatory Lanes

Roundabout Types	Accidents (accidents/ 2 Years)	Accidents by point (accidents/ points)
Single-lane	21 (72.4%)	0.07
Two-lane	8 (27.6%)	0.26
Total	29 (100%)	0.09

회전차로에서 회전교차로 설계기준 상의 내접원 크기에 따른 교통사고 발생현황을 살펴보면 폭 25m의 회전교차로에서 9건의 교통사고가 발생하여 가장 높게 나타났다. 회전차로 폭이 클수록 지점당 사고건수도 높아지는 것으로 분석된다.

Table 8. Comparison by Roundabouts Sizes

Diameter (m)	# of areas	Accidents (2 Years)	Accidents by point (accidents/points)
13	35	2 (7.0%)	0.06
14	10	1 (3.4%)	0.10
15	20	1 (3.4%)	0.05
16	18	0 (0.0%)	0
19	77	4 (13.8%)	0.05
20	22	2 (6.9%)	0.09
25	64	9 (31.0%)	0.14
26	19	4 (13.8%)	0.21
31	28	4 (13.8%)	0.14
39	16	2 (6.9%)	0.13
Total	309	29 (100%)	0.09

Note : # of areas are counted by locations where adjacent with entering legs

한편 우회전 전용차로가 설치되어 있는 지점은 48개소로 조사되었고, 이들 지점에서 발생한 교통사고건수는 12건으로 조사되었다. 미설치 지점은 261개소로 대부분을 차지했으며, 사고건수는 17건으로 나타났다. 지점당 사고건수는 우회전 전용차로 설치지점(0.25)이 미설치지점(0.06)보다 약 4배 높은 것으로 분석되어, 우회전 전용차로를 이용하는 차량과 회전차로 진입 및 진출 차량과의 상충이 존재하고 이로 인한 교통사고가 발생하고 있는 것으로 분석되었다.

Table 9. Comparison of Accidents by Right Turn Exclusive Lane Existence

Category	# of areas	Accidents (accidents/ 2 Years)	Accidents by point (accidents/points)
After construction	48	12 (41.4%)	0.25
Before construction	261	17 (58.6%)	0.06
Total	309	29 (100%)	0.09

3.3.3. 진입차로별 비교분석

전체 분석된 회전교차로의 진입차로 중 1차로는 298개소, 사고건수는 23건으로 전체 사고의 88.5%, 2차로는 11개 접근로에서 3건(11.5%)의 사고가 발생한 것으로 분석 결과가 드러난다. 2차로 지점당 사고건수는 0.27건으로 총 지점당 사고건수(0.08)에 비해 높은 값을 나타낸다.

Table 10. Comparison of Accidents at Approach Lanes

Category	# of areas	Accidents (accidents/ 2 Years)	Accidents by point (accidents/points)
Single-lane	298	23 (88.5%)	0.07
Two-lane	11	3 (11.5%)	0.27
Total	309	26 (100%)	0.08

진입곡선 반지름은 회전교차로 설계지침에서 제시하고 있는 최소값인 15m 이하인 경우가 116개소로 전체의 50.0%이고, 이 경우에 발생한 사고건수는 13건으로 가장 많았다. 그 뒤를 이어 30m 이하 지점에서 8건, 120m 초과 지점은 12개소로 사고는 3건이 일어나는 것으로 나타났으며, 지점당 사고건수는 0.25건으로 총 지점당 사고건수(0.08)에 비해 높은 값을 나타낸다. 회전교차로의 진입곡선이 작을수록 사고가 많이 발생하는 것을 알 수 있었다. 하지만 지나치게 진입곡선이 긴 경우(R>120m)에는 진입차량의 속도가 높아 오히려 교통사고가 많이 발생하고 있음을 확인하였다.

Table 11. Comparison of Accidents by Approach Curve Radius

Approach curve radius	# of areas	Accidents (accidents/ 2 Years)	Accidents by point (accidents/points)
Below 15m	116	13 (50.0%)	0.11
Below 30m	110	8 (30.8%)	0.07
Below 60m	51	2 (7.7%)	0.04
Below 90m	16	0 (0.0%)	0
Below 120m	4	0 (0.0%)	0
Over 120m	12	3 (11.5%)	0.25
Total	309	26 (100%)	0.08

횡단보도가 설치된 접근로인 216개소에서는 교통사고가 23건이 발생했고, 지점당 사고건수는 횡단보도 미설치 지점에 비해 약 3배 높은 것으로 분석되었다. 대부분의 접근로에 횡단보도가 설치되어 있는 것으로 조사되었지만, 횡단보도가 설치되어 있는 곳이 오히려 운전부주의 및 감속운행 미이행, 그리고 보행자에 대한 양보

의식부족 등으로 인해 교통사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다.

Table 12. Comparison of Accidents by Crosswalk Existence

Category	# of areas	Accidents (accidents/ 2 Years)	Accidents by point (accidents/ points)
After construction	216	23 (88.5%)	0.10
Before construction	93	3 (11.5%)	0.03
Total	309	26 (100%)	0.08

전체 분석 접근로 중 과속방지턱이 설치된 지점은 80개소였고, 이곳에 발생한 교통사고는 8건이었다. 과속방지턱 미설치 지점 229개소에서는 18건의 교통사고가 발생하여 전체 사고의 69.2%를 차지한다. 지점당 사고건수는 과속방지턱 설치지점과 미설치지점이 각각 0.10, 0.08건으로 큰 차이를 보이진 않는 것으로 나타났다.

Table 13. Comparison of Accidents by Speed Hump Existence

Category	# of areas	Accidents (accidents/ 2 Years)	Accidents by point (accidents/ points)
After construction	80	8 (30.8%)	0.10
Before construction	229	18(69.2%)	0.08
Total	309	26 (100%)	0.08

4. 결론

교차로 교통안전향상을 위하여 2010년을 기점으로 하여 회전교차로 사업이 전국적으로 추진되고 있다. 회전교차로를 설치한 이후 해당 교차로에서의 교통사고는 큰 폭으로 감소하였으며, 통행속도 증대, 평균제어지체시간감소 등 긍정적인 효과가 늘어나고 있다. 하지만, 사회적인 인식 부족으로 인해 도입초기에 따른 여러 가지 문제들이 나타나고 있다.

본 연구에서는 이러한 회전교차로 도입초기의 교통안전성 측면의 문제들을 살펴보기 위해 2010년과 2011년에 설치된 회전교차로 시범사업 대상지의 교통사고 자료들을 조사하였다. 교차로 중심을 기준으로 30m 반경 내에서 일어난 사고자료를 조사하였으며, 기하구조 요인은 회전교차로 전체, 회전부, 진입부로 크게 3가지로 분류하였다.

회전교차로 설치에 따른 교통사고 절감효과를 교차로 전체사고 자료로 분석해 볼 때, 2010년 시범사업 이후 발생한 교통사고는 55건/2년으로 회전교차로 운영 이전대비 -62.8% 감소했다. 중상사고는 -58.7%, 경상사고는 -66.1% 감소하는 것으로 조사되었고, 특히, 사망사고는 도입 이후 발생한 사고건수가 2년 동안 1건으로 도입 전 대비 약 -80% 감소하였음을 확인하였다. 또한, 차대사람, 차대차사고는 각각 -62.5%, -70.2% 감소하였고, 신호위반을 포함한 대부분의 법규위반별 사고건수도 큰 폭으로 감소하였다.

2011년 시범사업의 경우에는 회전교차로 운영 이전에 93건/2년이 발생하였던 교통사고 건수는 47건으로 감소하여 약 49.5%의 교통사고 감소효과를 나타냈다. 사망, 중상, 경상사고의 경우 각각 50%, 51.9%, 54%가 감소한 것으로 나타났다. 회전교차로 사고유형별 교통안전효과의 경우, 차대차 사고, 차대사람 사고, 차량단독에 의한 사고는 각각 약 47.7%, 35.3%, 60.0% 감소효과를 나타냈다.

2010년 회전교차로 시범사업에 따른 기하구조별 사고건수를 조사한 결과, 2차로 회전차로와 진입차로에서 발생한 교통사고는 지점 당 각각 0.26, 0.27건이 발생하여 전체 지점 당 사고건수(0.09)에 비해 높은 값을 나타낸다. 회전교차로 크기(내접원 크기)별 교통사고는 폭 25m의 사고건수가 9건으로 가장 높게 나타났다. 또, 회전차로 폭이 클수록 지점 당 사고건수도 높아지는 것으로 분석된다. 이는 내접원 지름이 커질수록 회전교차로 통행차량의 속도가 높아지기 때문인 것으로 보인다. 진입차로의 경우 마찬가지로, 2차로 진입차로에서는 지점 당 사고건수는 0.27건이 발생하여 지점 당 전체 사고건수(0.08)에 비해 높은 값을 나타났다. 진입곡선 반지름이 120m 이상인 회전교차로의 지점 당 사고건수는 0.25로 총 지점 당 사고건수(0.08)에 비해 높은 값을 나타낸다. 횡단보도가 설치된 지점의 지점 당 사고건수는 횡단보도 미설치지점에 비해 약 3배 높은 것으로 분석되었다. 과속방지턱 미설치지점은 229개소로 사고는 18건이다. 이는 전체 사고의 69.2%를 차지한다.

본 연구에서 살펴본 바와 같이 국내 회전교차로 도입에 따른 교통사고 절감효과는 분명히 나타나고 있으나, 아직도 회전교차로에서의 교통사고 절감을 위한 노력은

지속적으로 필요한 것으로 분석되었다. 이는 회전교차로에서의 운전자 교차로 통행방법 숙지부족, 회전통행간 운전자의 통행방향 혼란, 교차로 기하구조 등의 복합적인 영향으로 인한 결과로 판단된다. 회전교차로의 성공적인 정착을 위해서는 운전자 및 보행자, 이용자의 통행교육 및 회전교차로 통행우선권에 대한 교육 및 홍보가 더욱 필요한 것으로 보인다. 또한 세부적인 통계분석을 통해 회전교차로에서 발생하고 있는 교통사고의 원인분석을 통해 보다 안전한 회전교차로 설치 및 운영이 필요할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

"This work was supported by the 2013 Research Fund of the University of Seoul."

BIBLIOGRAPHY

Austroad (2009), Guide to Road Design.

Centre D'Etudes Techniques de l'Equipment de l'Ouest. (1986), Evolution de la sequrite Sur Les Carrefours Giratoires, Nantes, France.

Choi J. S., Kim S. (2011), A Study of Roundabout Operation According to the Pedestrian Volume, International Journal of Highway Engineering, p.143-150.

Kim D., Park J. (1999),Causes of rutting and deformation 1999. International Journal of Highway Engineering, Vol. 3. p.332-339.

Kim Y. Ji. (2013), The Analysis of a Factor of the Accident at a Roundabout Considering as the Driver's Peculiarities, Master's thesis, Myongji University.

Lee S. I., Choi J. S., Park J., Kim S. Y. (2010), A Study of Roundabout Pedestrian Crossing Operation According to the Pedestrian Volume,, Proceeding of 2010 Spring Annual Conference of KSRE, p.179-186.

Maryland State Highway Administration (2010), Maryland Roundabout Safety Experience.

Maycock G., Hall R. D. (1984), Accidents at 4-arm roundabout, Transport and Road Research Laboratory report 1120, Crowthorne, Berkshire, England.

Nah H.S., Park B. (2012), Accident Models of Circular Intersection by Cause Using ZAM, International J. of Highway Engineering, Vol. 2. p.101-108.

Park D. H. (1996), Asphalt concrete and curing: Factors to consider, Proc. of 18th Conference of Korean Society of Road Engineers, Seoul, Korea, p.29.

Park J. (2010), Review of the Potential Applicability of Modern Roundabouts Based on Safety and Operational Performance Analysis, Ph.D. diss., University of Seoul.

Smith D. R.., Taylor W. (2000), Speed Observation and Management, Speed and Accidents. Vol. I. 15th ed. Korea Road & Transportation Association, Seoul, Korea.

The Korea Transport Institute (2013), Reports of Korea Roundabout Research Center.

Werner B. (2008), Roundabouts in Germany, 2008 TRB National Roundabout Conference.