회전교차로 설치 효과 분석: 서울시를 중심으로

Evaluation on Roundabouts in Urban Area: Case Study of Seoul Metropolitan Area

강진동

박용우

조혜진

Ⅰ. 서론

정부는 '교통운영체계 선진화방안'의 일환으로 현대식 회전교차로(Modern Roundabouts)를 국내에 도입, 시범사업을 통해 전국에 확대 설치중이다. 서울시에서도 2010년 종로소방서 앞 회전교차로 시범사업을 시작으로 2013년 10월 현재 시내 17개소에 회전교차로를 설치·운영하고 있다.

회전교차로는 교통량이 적은 신호교차로에서 불필요한 제어지체를 줄이고, 무신호교차로의 통행우선권을 명확히 하여, 교차로 진입속도를 낮춰 사고의 위험성과 심각도를 낮추는 점에서 일반 교차로보다 유리한 것으로 알려져 있다. 하지만 이에 대한 실증연구는 해외 사례가 대부분이며, 국내 도입에 따른 효과분석(국가경쟁력강화위원회·한국교통연구원, 2011, 2012)의 경우 서울시와는 도로 여건과 교통량 수준이 확연히 다른 지방부 외곽지역을 대상으로 하고 있어, 서울과 같이 교차로 간격이 조밀하고 교통량이 많은 지역에서의 회전교차로 도입 효과 검증이 없었던 실정이다. 이에 본 연구에서는 서울 시내 회전교차로 설치 전·후 교통상황을 모니터링하여 교통 소통 및 안전 측면의 개선효과를 정량적으로 분석하고, 회전교차로 운영지역 인근 주민들의 설문조사를 통해 시민들이 체감하는 설치 전·후의 정성적인 효과분석 및 시설·운영측면의 미비점을 평가하여 향후 회전교차로 설치사업의 발전방안을 모색하고자 한다.

강진동 : 서울특별시 교통운영과, vbration@seoul.go.kr, Phone: 02-2133-2450, Fax: 02-2133-1053
박용우 : 서울특별시 교통운영과, payowo@seoul.go.kr, Phone: 02-2133-2462, Fax: 02-2133-1053
조혜진 : 서울특별시 교통운영과, chohj@seoul.go.kr, Phone: 02-2133-2465, Fax: 02-2133-1053

Ⅱ. 회전교차로의 일반적인 효과

1. 회전교차로의 정의 및 운영원리

회전교차로(roundabout)는 교차로에 신호등 없이 중앙에 원형교통섬을 두고 차량이 원형교통섬을 중심으로 시계반대 방향으로 회전하여 통과하는 평면교차로의 일종으로, 로터리(rotary)나 교통서클(traffic circle)로 불리는 종래의 '회전형 교차로'와는 형태는 유사하지만 교차로 운영방식에 있어서 큰 차이가 있다.

회전교차로는 진입차량이 교차로 내부의 회전차량에게 양보하는 것을 기본원리로 운영되기 때문에 진입하려는 차량이 속도를 줄여 접근, 회전차로 안에서 주행중인 차량을 방해하며 무리하게 진입하지 않도록 되어있다. 반면, 교통서클은 교차로 진입차량에게 통행우선권이 있고, 속도 저감을 위한 시설이나 규제가 따르지 않기 때문에 상대적으로 높은 속도로 진입·회전이 가능하다.

2. 회전교차로의 장점

1) 교통 소통 측면

신호교차로의 경우, 교통량의 많고 적음에 상관없이 주기적으로 신호가 부여돼 불필요한 지체가 생기지만, 회전교차로는 신호에 의한 정지 없이 차량이 연속적으로 흘러가게 되어 있어 교통 흐름에 유리하다. 회전교차로 설계지침(국토해양부, 2010)에서는 개별 진입로의 첨두시 교통량이 차로당 약 125-450대/시 범위내의 교차로에 대해 회전교차로 전환을 권장하고 있으며, 서울시에서는 이러한 기준에 따라 교통량이 적은 소규모 교차로(접근로 차로수 2차로 이하의 이면도로)에 회전교차로 설치를 검토하고 있다.

한편, 폭이 좁은 이면도로의 경우 규정에 맞는 유턴구역선 설치가 어려우나[1] 회전교차로 설치를 통해 원활하게 U-turn을 할 수 있게 되는 점도 교통 소통 측면의 장점이라고 할 수 있다.

표 1. 회전교차로와 교통서클의 차이점

구분	회전교차로 (Roundabout)	교통서클 (Traffic Circle)
진입방식 (통행우선권)	교차로 진입차량이 양보 (교차로 회전차량 우선)	교차로 회전차량이 양보 (교차로 진입차량이 우선)
진입 및 회전 속도	저속 진입 및 저속 회전	비교적 고속 진입 및 고속 회전
진입부	진입각 조절, 진입속도 제한	진입부 시설이나 진입속도 제한 조치 없음
분리교통섬	감속 및 방향분리를 위해 필수적으로 설치	선택적으로 설치
중앙교통섬	회전속도 감속을 위한 소규모 교통섬	진입·회전속도 향상을 위한 대규모 교통섬

주 : 회전교차로 설계지침(국토해양부, 2010.12) 및 회전교차로 업무담당자 워크숍 자료집(행정안전부, 2013.3)을 재구성

1) 유턴구역선은 편도 폭 9m 이상의 도로에설치하도록 규정하고 있음(교통노면표시 설치·관리 매뉴얼, 경찰청, 35p)

2) 교통 안전 측면

회전교차로는 일반적인 사거리 교차로에 비해 '차량 간' 상충점은 75%(32→8개소), '보행자와 차량 간' 상충점은 50%(16→8회)로 감소한다. 특히 심각한 사고로 이어질 수 있는 교차 상충이 대폭 줄어들고, 교차로 진입부 및 교차로 내부에서 저속으로 운행하도록 설계되어 있다는 점에서 차량·보행자 모두에게 안전하다고 알려져 있다.

3) 유지 관리 및 교통 환경 측면

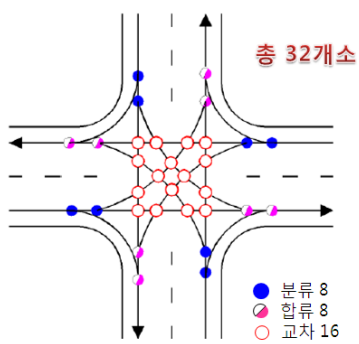
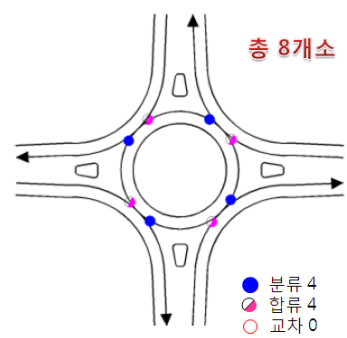
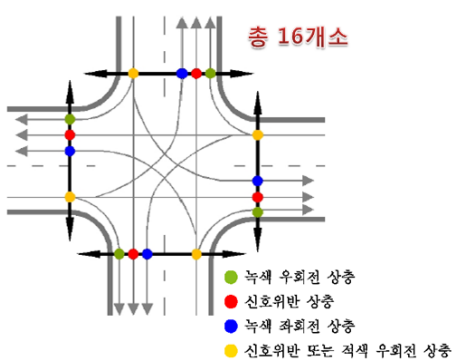
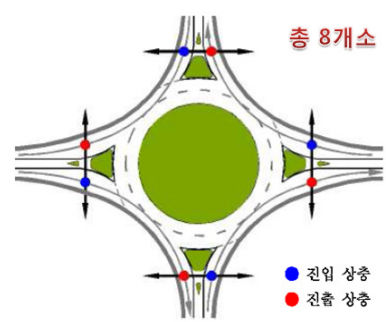
이 밖에도 회전교차로는 별도의 신호시설이 필요하지 않기 때문에 신호운영 및 유지관리에 따른 비용[2]이 절감될 뿐만 아니라, 불필요한 신호대기가 사라짐에 따라 자동차의 공회전이 줄어들어 에너지 절약 및 대기질 개선 등 환경적인 측면에서도 장점을 가지고 있다. 또한, 대부분의 회전교차로는 중앙교통섬을 이용한 조경시설이 수반되기 때문에 도시미관을 증진시키는 효과도 기대할 수 있다.

Ⅲ. 서울시 회전교차로 운영효과 분석

1. 회전교차로 설치현황

서울시는 2009년 국가경쟁력강화위원회·행정안전부의 '교통운영체계 선진화 방안'의 일환으로

표 2. 일반 교차로와 회전교차로의 상충점 비교

	일반 교차로(4지)	회전교차로
차량간 상충점		
차량-보행자간 상충점		

2) 2013년 신호교차로 1개당 운영비용 약 230만원(유지보수, 신호운영(DB갱신 등), 전기료, 통신료 포함)

	자치구	위치	준공연도		자치구	위치	준공연도
①	종로구	종로소방서 앞	2011	⑩	강동구	강변 그대가APT앞	2013
②	마포구	당인리 발전소 앞	2011	⑪	마포구	월드컵파크7단지 앞	2013
③	용산구	후암동 버스 종점	2011	⑫	마포구	상암고등학교 앞	2013
④	성북구	석관고교 앞	2011	⑬	영등포구	성산대교 남단하부	2013
⑤	송파구	무영빌딩 앞	2011	⑭	동대문구	답십리5치안센터 앞	2013
⑥	서대문구	봉원고가 하부	2011	⑮	종로구	대한민국역사박물관 옆	2013
⑦	종로구	덕수초등학교 앞	2012	⑯	구로구	초롱타운아파트 앞	2013
⑧	은평구	은평문화회관 앞	2013	⑰	관악구	봉림교 삼거리	공사중
⑨	강동구	암사역 입구	2013				

그림 1. 서울시 회전교차로 설치지점도

회전교차로 확대 도입을 본격적으로 검토한 후, 회전교차로 시범사업(국비:시비 5:5 매칭펀드)으로 2011년 종로소방서 앞 등 6개소, 2012년 덕수초등학교 앞 등 7개소를 설치했으며, 2013년에는 대한민국역사박물관 옆 등 3개소를 설치했다.[3)]

한편, 회전교차로 시범사업과는 별개로 뉴타운 건설이나 재건축, 재개발 등의 사업 추진시 단지 내 도로 등 비교적 교통량이 적고 차량 속도를 줄여야 할 필요가 있는 곳에 회전교차로 도입을 적극적으로 유도하고 있다.

2. 효과분석 개요

본 연구에서는 회전교차로 도입에 따른 정량적 효과분석을 위해 올해 공사대상 중 상반기에 설치된 3개소[4)]를 대상으로 회전교차로 설치 전·후 교통상황 모니터링을 시행하고, 정성적 평가를 위

3) '서울시 회전교차로 설치사업' 대상지점이며, 기 설치되었거나 별도사업으로 도입된 회전교차로가 5개소 운영중임
4) 은평구 은평문화회관 앞, 강동구 암사역 입구, 강동구 강변그대가아파트 앞

해 회전교차로 인근 주민을 대상으로 한 설문을 시행하였다.

1) 조사개요

교통 흐름 개선효과와 안전성 증진효과를 정량적으로 분석하기 위해 전문가 자문회의를 통해 효과척도(MOE)와 산출방법론에 대한 이론적 고찰과 함께 조사항목 및 조사방법을 검토하였다.

먼저, 교통 흐름 개선 측면의 효과척도로는 지체도, 통행속도, 정지율을 선정하였다. '지체도'는 신호, 정지, 양보 등에 영향을 받아 운전자의 불쾌감 및 통행시간 손실을 나타내는 대표적인 효과척도이지만, 신호(무신호) 교차로에서 회전교차로로 전환된 후에는 지체도의 단순비교가 어렵고 현장조사를 통해 계측하기 또한 어려운 점이 있으므로, '교차로 진입부터 진출까지 소요되는 시간'을 지체도 산출방법으로 정의하여 평균차량지체를 산출하기로 하였다. 또한, 차량의 정지수가 많은 교차로는 지정체가 많은 곳으로 인식할 수 있으며 차량연비에도 부정적인 영향을 끼치는 바, 차량의 정지율을 지체도, 통행속도와 함께 소통증진 효과척도로 활용하기로 하였다.

다음으로 교통 안전성 향상 측면의 효과척도로 교차로 접근속도, 개별 차량의 속도편차, 교통사고 발생건수를 선정하였다. 회전교차로는 교차로 진입부에서 속도를 저감하게 되고 이때 교차로 진출입 차량들간의 속도편차가 작아져 사고 위험성 및 심각도를 낮추는 효과가 있으므로 교차로 진입-진출 속도변화와 개별차량의 속도편차를 측정하였다[5].

표 3. 조사개요

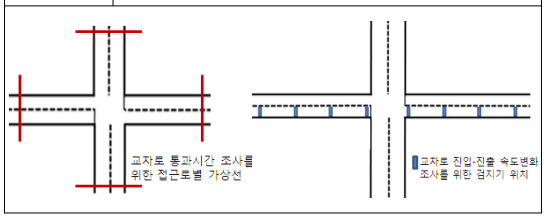
구분	내용	
조사 대상	◦ 은평구 은평문화회관 앞 ◦ 강동구 암사역 입구 ◦ 강동구 강변그대가아파트 앞	
조사 시기	〔사전조사〕	◦ 2013년 3월 첫째주
	〔사후조사〕	◦ 완공시점부터 약 2개월 후
조사 항목	〔교통소통〕	◦ 지체도 ◦ 통행속도 ◦ 정지횟수(정지율)
	〔교통안전〕	◦ 교차로 진입 및 진출속도 ◦ 개별차량의 속도편차 ◦ 사고발생건수 및 심각도

2) 조사방법

조사항목별 조사방법은 표 4와 같다.

표 4. 조사항목별 조사방법

구분	조사방법
지체도, 통행속도	◦ 교차로에 각 접근로별 일정한거리(정지선 후방 20m)에 임의의 가상선을 그어 가상선을 지나가는 모든 개별차량의 통과시간을 측정 ◦ 현장조사(번호판조사)와 영상조사자료 분석 병행
정지횟수	◦ 현장 목측조사와 영상조사자료 분석 병행
진입-진출 속도, 개별차량 속도편차	◦ NC200 검지기를 주도로 축에 일정간격으로 설치하여 개별차량의 교차로 진입 및 진출시 지점속도 측정 (조사기관 : 한국교통연구원)



5) 개별차량의 속도편차는 지점속도 조사장비(NC200)의 한계로 인해 암사역 입구 교차로에 대해서만 조사를 시행함

3) 조사대상

조사대상지의 회전교차로 설치 전·후 모습은 아래 그림과 같다.

표 5. 회전교차로 설치 전·후 모습

은평구 은평문화회관 앞	
공사전	
공사후	
비고	◦기존 교차로 유형 : 3지 / 무신호 ◦소규모 상가밀집지역으로 통행우선권이 불명확하여 차량간 상충이 빈번, 불법 주정차로 인한 차량 통행 및 보행 불편

강동구 강변그대가APT 앞	
공사전	
공사후	
비고	◦기존 교차로 유형 : 4지 / 신호 ◦주거지역(아파트) 인접도로로 비효율적인 신호 운영으로 인해 불필요한 지체 발생

강동구 암사역 입구	
공사전	
공사후	
비고	◦기존 교차로 유형 : 4지 / 신호 ◦주거지역(아파트) 인접도로로 비효율적인 신호 운영으로 인해 불필요한 지체 발생

3. 조사 결과

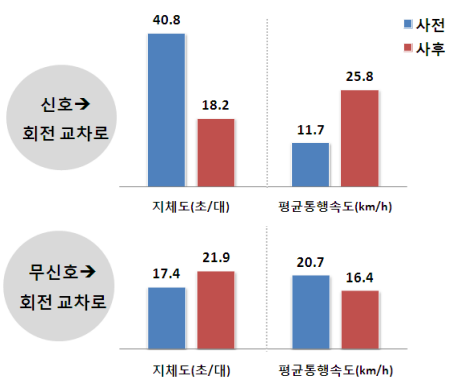
1) 교통 흐름 개선 효과

(1) 차량 지체도 및 통행속도 변화

회전교차로 도입에 따른 지체도 및 통행속도 변화는 기존 교차로 운영방식(신호/무신호)에 따라 달라지게 된다. 신호교차로를 회전교차로로 전환한 경우에는 신호제어에 의한 지체 요인이 사라져 교차로 통과에 소요되는 시간(지체도)은 40.8초/대→18.2초/대로 22.6km/h(55%) 감소하였고, 통행속도는 11.7km/h→25.8km/h로 14.2km/h(121%) 증가하였다. 무신호교차로를 회전교차로로 전환한 경우에는 기존에도 제어지체가 없었던데다 교차로 진입부 속도저감을 유도함에 따라 오히려 지체도가 다소 증가하는 결과를 볼 수 있었다.

표 6. 지체도 및 통행속도 변화

〔 신호교차로→회전교차로 전환시 〕				
	설치전	설치후	증감	
지 체 도 (초/대)	40.8	18.2	-22.6	(-55%)
통행속도 (km/h)	11.7	25.8	14.2	(121%)
〔 무신호교차로→회전교차로 전환시 〕				
	설치전	설치후	증감	
지 체 도 (초/대)	17.4	21.9	4.5	(26%)
통행속도 (km/h)	20.7	16.4	-4.3	(-20.8%)

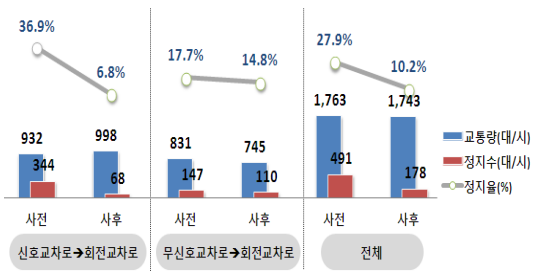


(2) 차량 정지율 변화

회전교차로 도입에 따른 차량정지율[6] 변화의 경우 기존 교차로 운영방식에 관계없이 전체적으로 27.9%→10.2%로 감소해 회전교차로 통행특성(keep moving)이 반영된 소통 개선 효과를 확인할 수 있었다. 특히 기존 교차로가 신호교차로인 경우 정지율 감소폭(30.1%p)이 무신호교차로인 경우(2.9%p)보다 크게 나타났다.

표 7. 차량 정지율 변화

구분	설치전			설치후			정지율 증감 (%p)
	교통량 (대/시)	정지수 (회)	정지율 (%)	교통량 (대/시)	정지수 (회)	정지율 (%)	
신호 →회전	932	344	36.9%	998	68	6.8%	-30.1%p
무신호 →회전	831	147	17.7%	745	110	14.8%	-2.9%p
합계	1,763	491	27.9%	1,743	178	10.2%	-17.6%p



2) 교통 안전 향상 효과

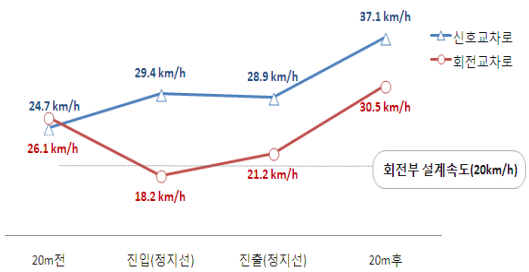
(1) 교차로 진입 · 진출 속도 변화

회전교차로 설치 전·후 교차로 진입·진출지점의 속도 변화를 조사한 결과, 진입속도가 이전에 비해 38.1%(29.4km/h→18.2km/h) 줄어든 것으로 분석되어 교차로 안전에 효과가 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 낮은 속도로 주행하는 경우에는 안전주행에 필요한 정보를 충분히 획득하며 주행할 수 있고 돌발상황에 대한 대처능력이 높아져 사고를 피할 수 있는 가능성이 높을 뿐만 아니라 사고발생시 사고의 심각도를 현저히 줄일 수 있다.

6) 본 연구에서는 '차량정지율'을 '교차로를 통과하는 전체 차량 중 신호대기, 양보, 상충에 의한 회피행동 등으로 교차로 내에서 정지하는 차량의 비율'로 정의함

표 8. 교차로 진입·진출지점 속도 변화

구분		설치전	설치후	증감	
지점 속도 (km/h)	20m전	24.7	26.1	-1.4	(-5.7%)
	진입(정지선)	29.4	18.2	11.2	(38.1%)
	진출(정지선)	28.9	21.2	7.7	(26.6%)
	20m후	37.1	30.5	6.6	(17.8%)



(2) 개별 차량의 속도편차 변화

개별차량의 속도편차를 조사한 결과, 회전교차로 설치 전 8.6-20.3km/h 이었으나 설치 후 5.2-6.7km/h 수준으로 낮아진 것으로 나타나났다. 이러한 결과는 회전교차로의 접근로에서 회전차로를 통과하기까지 대부분 차량이 비슷한 속도로 주행하게 되므로 차량간 추돌사고가 발생할 가능성이 감소하게 된다.

(3) 교통사고 발생건수 및 사상자수 변화

회전교차로 도입에 따른 교통 안전성 향상효과를 살펴보기 위해 회전교차로 설치 전·후 교통사고 발생건수와 사상자수 변화를 비교하였다. 회전교차로 설치(준공)시점과 연간 교통사고 통계자료 확보시기를 고려하여 사전·사후 분석이 가능한 5개소를 분석대상으로 선정하였으며, 분석결과 사고 발생건수는 6건→2건으로 4건(66.7%) 줄었고 사고로 인한 인명피해는 9명→2명으로 7명(77.8%) 감소한 것으로 나타났다.

표 9. 개별차량의 속도편차 변화

구분		설치전	설치후
속도편차 (km/h)	20m전	9.1	6.2
	진입(정지선)	8.6	6.7
	진출(정지선)	20.3	5.2
	20m후	18.5	5.3

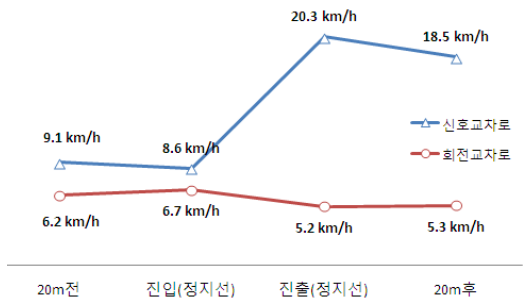


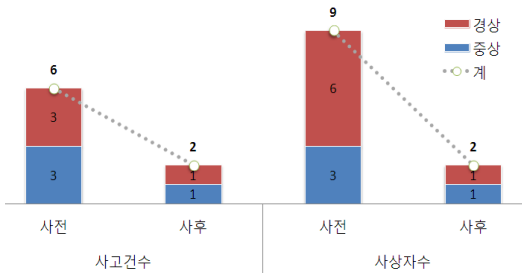
표 10. 교통사고 발생건수 비교 개요

분석대상	2011년 준공된 5개 회전교차로[7]
분석자료	회전교차로 설치 전(2010년) 대비 설치 후(2012년) 연간 교통사고 자료
자료출처	도로교통공단 교통사고분석시스템 (도로교통공단 서울시지부 제공)

표 11. 교통사고 발생건수 및 사상자수 변화

	사고건수 (건)			사상자수 (명)		
구분	설치전	설치후	증감	설치전	설치후	증감
중상	3	1	-2	3	1	-2
경상	3	1	-2	6	1	-5
계	6	2	-4	9	2	-7

7) 종로소방서 앞(종로), 석관고교 앞(성북), 봉원고가 하부(서대문), 당인리발전소 앞(마포), 무영빌딩 앞(송파)



4. 주민 의견수렴 결과

회전교차로에 대한 정성적 평가를 위해 운영중인 회전교차로 인근 지역 주민을 대상으로 회전교차로에 대한 만족도 및 불편사항에 대한 설문조사를 병행했다.

설문결과 회전교차로에 대한 인지도는 매우 높은 편(90.6%)이었으나, 전반적인 만족도는 51.7% 수준인 것으로 조사되었다. 회전교차로 시설·운영 측면의 보완할 점에 대해서는 '회전교차로 전방 예고표지 〉교차로 주행방향 안내표지 〉야간시인성 증진을 위한 안전시설 〉통행요령 교육 및 홍보 〉중앙교통섬 미관 증대' 순으로 나타났다.

표 12. 주민설문조사 개요

조사대상	운영중인 회전교차로 인근 지역 주민
조사기간	2013년 8월 12일 - 30일(약 3주)
조사내용	회전교차로 인지도, 만족도, 개선사항 등
회수부수	258부

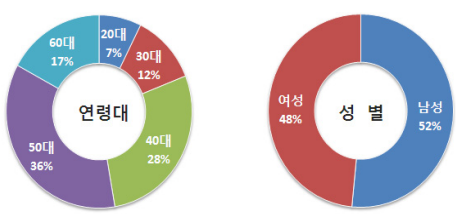


그림 2. 응답자 일반현황

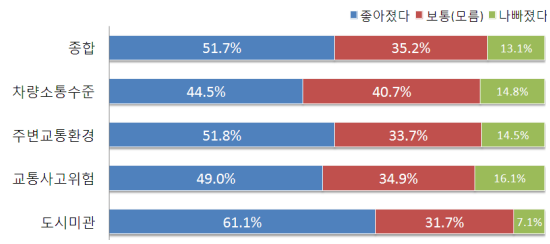


그림 3. 만족도에 대한 응답결과

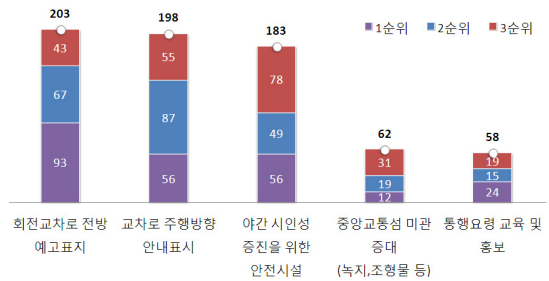


그림 4. 보완사항에 대한 응답결과

Ⅳ. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 2010년부터 본격 도입한 회전교차로의 운영효과를 분석하기 위해 2013년 상반기에 조성된 회전교차로 3개소에 대한 사전·사후 모니터링을 시행하였다. 먼저, 지체도, 통행속도, 차량정지율 변화를 통한 교통흐름 개선효과 분석 결과, 신호교차로를 회전교차로로 전환한 경우에는 신호제어에 의한 지체 요인이 사라져 교차로 지체도가 55% 감소하고 통행속도는 121% 증가한 반면, 무신호교차로를 회전교차로로 전환한 경우에는 기존에도 제어지체가 없었던데다 교차로 진입부 속도저감을 유도함에 따라 지체도가 다소 증가하는 결과를 볼 수 있었다. 차량 정지율은 공통적으로 감소하여 회전교차로의 통행특성(keep moving)이 반영된 교통흐름 개선 효과를 확인하였다.

한편, 회전교차로 설치 후 차량의 교차로 진입 속도가 설치전에 비해 38.1% 감소하고, 교차로 내에서의 개별차량 속도편차도 큰 폭으로 줄었으며, 교통사고 발생건수와 사상자수 모두 감소한 것으로 조사되어 교통 안전성 증진에도 효과가 있는 것으로 나타났다.

회전교차로에 대한 주민 의견을 청취하기 위해 시행한 설문조사 결과, 응답자의 51.7%가 '회전교차로 설치 후 교통여건이 좋아졌다'고 응답했으며, 회전교차로 운영 상에 보완이 필요한 부분은 '회전교차로 전방 안내 〉 교차로 주행방향 안내 〉 야간 시인성 증진시설 보완 〉 통행요령 교육 및 홍보' 순으로 조사됐다.

이 밖에도 회전교차로는 신호교차로에 비해 유지관리가 용이하고 매년 발생하는 운영비용을 절감할 수 있을 뿐 아니라, 도로폭이 좁은 소규모 교차로에 설치하여 원활한 U-turn을 가능하게 하는 등 실무적인 측면에서의 장점도 있다.

이렇게 다양한 장점을 가진 회전교차로가 도입 취지에 맞게 안전하고 원활하게 운영되기 위해서는 회전교차로의 통행원칙, 즉, 진입차량이 속도를 줄여 접근하여 교차로 내부를 돌고 있는 차량에게 '양보'하는 원칙의 준수가 전제되어야 한다. 그러나 회전교차로에 익숙하지 않은 일부 시민들이 교차로 진입시 무리한 끼어들기를 시도하거나 역주행하여 오히려 사고 위험에 노출되는 경우가 종종 목격되는 것이 현장 실정이다.

그동안 회전교차로 통행우선권 확립을 위한 관계부처와 교통전문가의 노력으로 관련 법령(도로교통법 시행규칙) 개정, 설계지침 마련 등의 결실이 있었고, 이를 토대로 회전교차로 설치 시 안전표지, 노면표시 등으로 '회전차량 우선, 진입차량 양보'를 명시하고 있으나 기존의 통행방식에 익숙한 시민들의 통행행태를 바꾸는데 한계가 있는 것이 사실이다. 회전교차로의 시설 확충과 더불어 회전교차로에서의 통행방법을 보다 시민들에게 효과적으로 알리고 지키도록 하는 것이 무엇보다 중요한 과제라고 할 것이다. 서울시는 일반적인 교차로 통행방법과는 구별되는 회전교차로 통행방법을 관련 법령에 명시하는 방안을 다시 적극적으로 검토하고, 시민들이 체감할 수 있는 홍보방법과 홍보내용을 개발하여 시행하는 한편, 버스·택시 운수종사자 교육과정에 회전교차로 관련 내용을 포함하는 등 회전교차로의 인지도 제고를 위한 다양한 노력을 기울일 계획이다. 이를 통해 회전교차로의 안정적인 정착 뿐만 아니라 사회 전반적으로 양보운전을 생활화하는 성숙한 운전문화가 뿌리내릴 수 있기를 기대한다.

참고문헌

경찰청 (2012), 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼.

경찰청 (2013), 교통안전시설 등 설치관리에 관한 규칙(훈령693호).

국가경쟁력강화위원회 (2011), 회전교차로 시범사업 효과분석 및 기존 로터리 개선방안 연구.

국토해양부 (2010), 회전교차로 설계지침.

이동민, 유정호, 김도훈, 이석기 (2013), 사전·사후비교분석을 통한 회전교차로 도입효과분석, 한국도로학회 논문집, 제15권 제1호, 한국도로학회.

한국교통연구원 (2012), 회전교차로 시범사업 성과도출 및 회전교차로 확대방안 연구.

Akcelik R., Chung E., Besley M. (2003), Roundabout Capacity and Performance Analysis, ARRB Transport Research Ltd., 321.

Bhagwant N. Persaud1 et al. (2007), Safety Effect of Roundabout Conversions in the United States: Empirical Bayes Observational Before-After Study, TRB, 1751.

Pratelli A. (2013), Intersections Control and Safety, WITpress.

Rodegerdts L. et al. (2010), Roundabouts: An Informational Guide. Washington DC : TRB, 407.