

## 제6장 한국형 회전교차로 모델정립 및 도입방안

### 제1절 한국형 회전교차로 모델 개발 기본방향

- 유럽, 미국, 호주등을 비롯한 세계 여러나라에서 회전교차로의 도입이 활성화 되고 있지만 아직 국내에서는 교차로 형식이 혼재되어 운영되고 있으며, 기하구조 및 운영적 측면에서도 많은 문제점을 내재하고 있음
- 3장에서 살펴본 바와 같이, 국내 원형교차로의 기하구조는 평면교차로 설계지침(2004)에서 제시하고 있는 회전교차로 설계지침(잠정)의 기준에도 미치지 못함
- 5장의 국내 운전자의 행태분석 결과에서는 국내 운전자의 통행방법, 운전행태, 각종 표지판 등의 운영지침 등 국외의 운전자 행태와는 달라, 한국형 회전교차로 모델 개발을 위해서는 매개변수 등의 연구가 선순위로 이루어져야 함
- 따라서, 본 장에서는 한국형 회전교차로의 설계기준 정립을 위하여 아래와 같은 연구를 수행하였음
  - 한국형 회전교차로의 개념 정립
  - 한국형 회전교차로의 계획기준 및 전환기준 마련
  - 한국형 회전교차로의 이용자 편의 제공방안 마련
  - 간선도로 연계형 회전교차로 도입방안 마련
  - 네트워크 차원의 회전교차로 도입방안 마련
  - 회전교차로 홍보 및 교육방안을 통한 한국형 회전교차로 활성화 방안



<그림 6-1-1> 한국형 회전교차로 모델정립의 기본방향

## 제2절 한국형 회전교차로 모델 정립

### 2.1 한국형 회전교차로 개념 정립

- 국·내외 관련 지침 분석 및 국내 현장여건을 파악하여 국내 도로 및 운전자 특성이 반영된 한국형 회전교차로 개념 및 유형을 정립하고, 이를 기반으로 한국형 회전교차로 모델을 정립함
- 한국형 회전교차로는 신호등 없이 진입자동차 양보원리로 운영되며 회전차로에 진입한 자동차는 중앙교통섬을 중심으로 반시계방향으로 회전하여 교차로를 통과하는 평면교차로의 일종으로 정의할 수 있음
- 한국형 회전교차로의 규격은 국내 도로부지 협소를 감안하여 최소화하며 도시지역과 지방지역에 따른 차이 없이 최대 규격 통행자동차 제원·진입차로 수·회전부 설계속도에 기초한 시뮬레이션 테스트 결과에 근거하여 최적화함
- 규모 최소화, 교차로 안전 확보, 회전교차로에 익숙하지 않은 국내 운전자의 심리적인 부담과 혼란을 방지하기 위하여 진입차로 수가 2개 이하인 경우만 기본유형으로 포함하며 일반적으로 기본유형에 포함되는 초소형은 회전교차로 도입시점임을 감안하여 특수유형으로 분류하여 회전교차로 정착 후 설치를 권장함

#### 2.1.1 한국형 회전교차로의 규격

- 한국형 회전교차로의 규격은 도로 규격이 제약적이고 가용공간이 부족한 국내 교차로 여건을 반영하여 해당교차로의 원활한 운영이 가능한 수준에서 최소화함
- 회전교차로의 규격은 통행자동차의 회전반지름을 수용할 수 있는 수준이어야 하므로 한국형 회전교차로의 규격은 통행 자동차의 종류·규격, 회전부 설계속도를 기준으로 실시된 시뮬레이션 테스트 결과에 근거하여 최적화함
- 진입차로 수가 1개인 경우라도 설계기준자동차 종류 및 회전부 설계속도와 교차로 여건을 반영하여 설계기준자동차 및 회전부 설계속도를 선택하고, 이에 부합된 다양한 설계제원을 고려할 수 있어 한국형 회전교차로는 교차로 여건에 따라 유연한 설계가 가능하게 함

#### 2.1.2 한국형 회전교차로의 유형 구분

##### 가. 기본유형 구분기준

- 현재 국내에서는 도시 및 지방지역 구분이 모호하고 회전교차로 설계제원 결정 주요인인 교차로 통과 주요 자동차(설계기준 자동차) 유형은 지역에 따라 획일적으로 고정되기 어려움 따라서 회전교차로 기본유형은 설치지역에

따른 구분은 하지 않고 설계기준자동차와 진입차로 수를 기준으로 구분함

나. 진입차로 수는 2개 이하인 경우만 포함

- 진입차로 수가 3개 이상이 되면 교통류 간 상충점이 일반적인 평면교차로 수준으로 많아져 사고발생 가능성이 높아지며, 회전교차로 도입 초기인 국내 여건상 운전자들이 회전차로에 진입할 때 심리적인 부담을 가질 것으로 예상되고 진입 후에도 주행경로 선택에 혼란을 초래할 우려가 있음

다. 특수유형 범위

- 일반적으로 초소형 회전교차로는 기본유형으로 포함되나 회전교차로 주행 방식에 익숙하지 않은 국내 운전자 특성상 초소형 회전교차로 운영원리를 위배하는 과행적인 주행이 발생 할 것으로 예상되어 특수유형으로 구분하고 회전교차로 정착 후 설치를 권장함
- 겹형 평면회전교차로 등과 같이 기하구조 특성 및 국내 운전자들의 회전교차로 주행방식 미적응으로 인하여 교차로 안전에 문제가 발생할 가능성이 있고, 국내여건에 부합하지 않는 유형은 한국형 회전교차로 유형에서 제외함

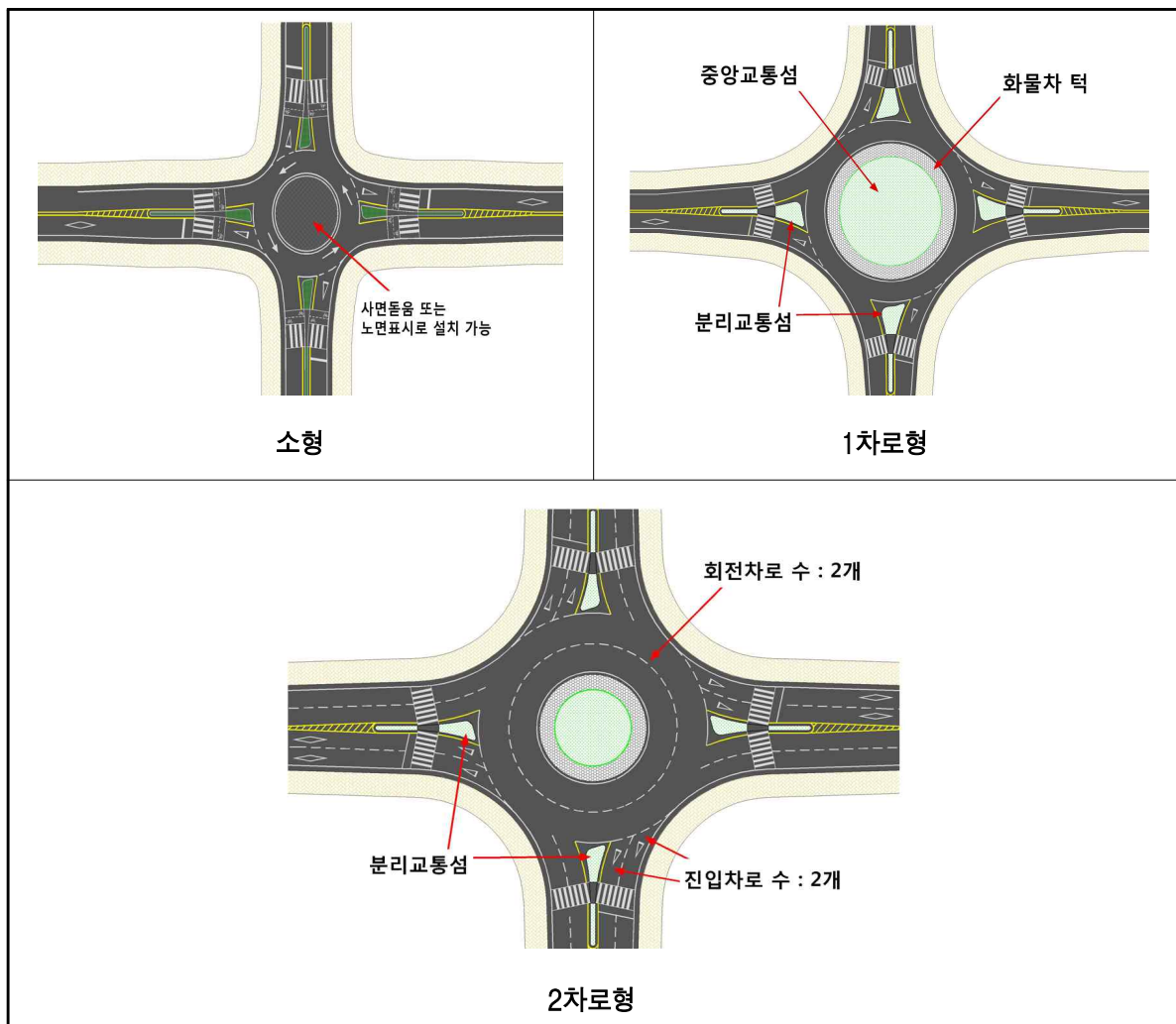
## 2.2 한국형 회전교차로 유형 구분

- 한국형 회전교차로의 유형은 기본유형과 특수유형으로 구분되며 기본유형은 설계기준자동차 및 진입차로 수에 따라 3가지 유형(소형, 1차로형, 2차로형)으로, 특수유형은 설치형태에 따라 3가지 유형(초소형, 평면형, 입체형)으로 구분됨

### 2.2.1 기본유형 및 특수유형의 구분기준 및 종류

#### 가. 기본유형

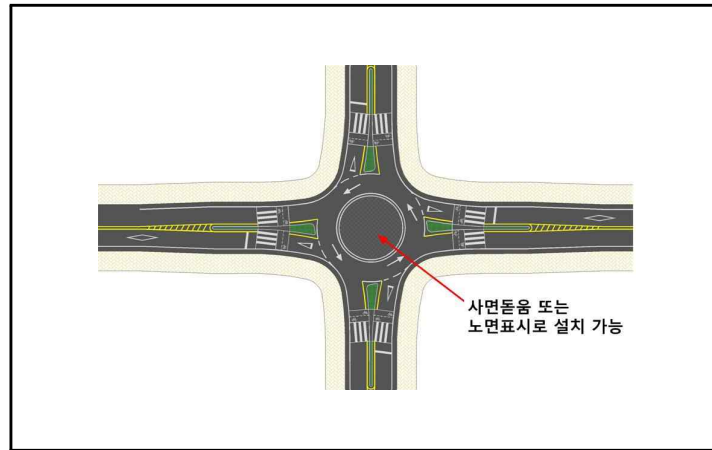
- 회전교차로의 기본유형은 설계기준자동차와 진입차로 수를 기준으로 <그림 6-2-1>과 같이 소형 회전교차로, 1차로형 회전교차로, 2차로형 회전교차로로 구분함



<그림 6-2-1> 회전교차로 기본유형 예시도

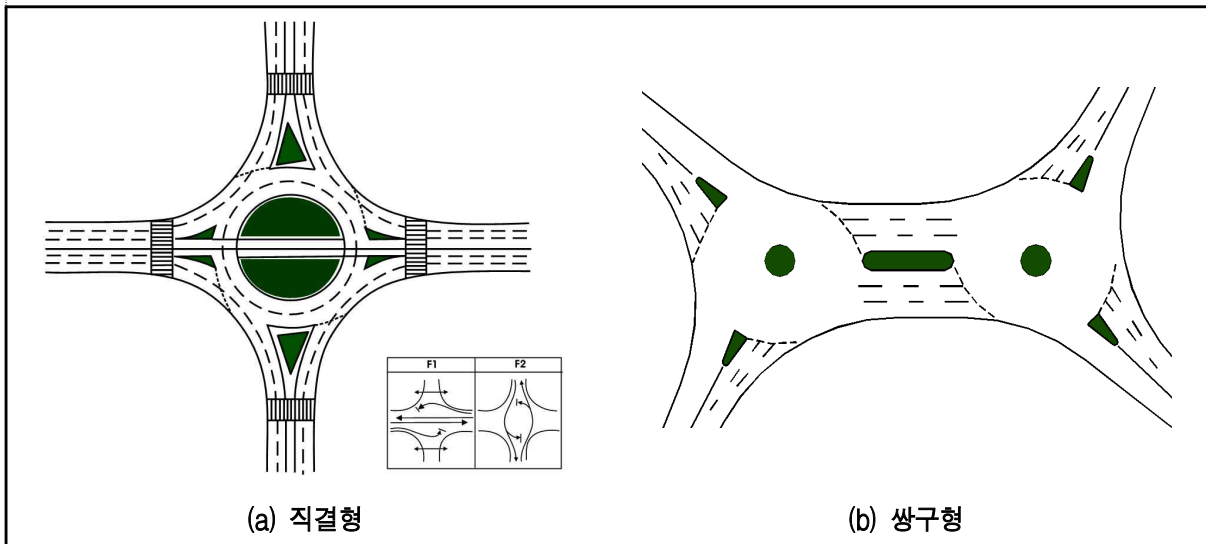
나. 특수유형

- 특수유형 회전교차로는 설치형태에 따라 초소형, 평면형, 입체형으로 구분하고, 평면형은 직결형과 쌍구형으로 구분하고, 입체형은 단구형과 쌍구형으로 구분함
- <그림 6-2-2>는 초소형 회전교차로의 설계예시도 임



<그림 6-2-2> 초소형 회전교차로 예시도

- <그림 6-2-3>은 평면형 회전교차로의 설계예시도 임



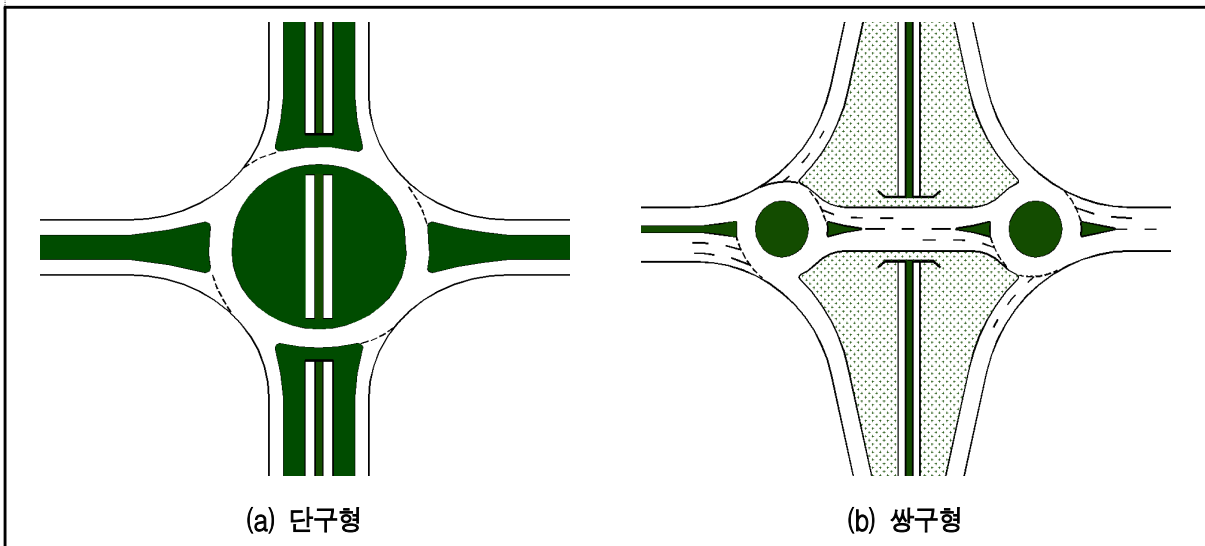
<그림 6-2-3> 평면형 회전교차로 예시도

○ <그림 6-2-4>는 평면형 회전교차로의 일종인 Tears-Drop 회전교차로 임



<그림 6-2-4> 평면형 회전교차로(Tears-Drop형) 예시도

○ <그림 6-2-5>는 입체형 회전교차로의 예시도임



<그림 6-2-5> 입체형 회전교차로 예시도

### 2.3 한국형 회전교차로의 계획기준 개발

- 본 연구에서는 대표적인 회전교차로 형태인 4지 1차로, 2차로형 회전교차로를 기본으로 한국형 회전교차로의 계획기준을 산정하기 위한 분석을 수행하였음
- 계획기준 산정을 위한 세부분석 이전에 국내의 기존 지침 및 독일, 미국, 프랑스 등에서 사용되고 있는 유형별 회전교차로 계획교통량을 검토함

#### 2.3.1 국내·외 사례분석

##### 가. 한국

- 우리나라는 ‘건설교통부, 평면교차로 설계지침, 2004’ 제 7장 회전교차로 잠정지침을 통해 계획교통량 및 용량산정식을 제시하였으며, 계획교통량 산정을 위한 용량산정식은 영국에서 개발된 단순회귀식을 사용하여 적용하였음
- 회귀분석을 이용한 방식은 진입용량을 종속변수로 하여, 회전교통량과 기하구조 요인을 설명변수로 하는 모형을 정하고, 실제 현장에서 회전교통량과 기하구조를 조사하여 모형에 적용하는 방식으로 회전차로수에 대해서는 반영할 수 없는 방식임
- 따라서 2차로 회전교차로의 경우 1차로 회전교차로의 2배를 적용하였음
- 아래 <표 6-2-1>은 잠정지침의 회전교차로 계획교통량을 나타냄

<표 6-2-1> 한국의 회전교차로 계획교통량

구 분	초소형	도시지역			지방지역	
		소형	1차로	2차로	1차로	2차로
계획용량 [대/일]	12,000	15,000	20,000	40,000	20,000	40,000

주 1) 2차로 회전교차로의 용량은 1차로의 2배

##### 나. 독일

- 독일은 영국의 경험적 회귀식과 해석적 모형을 다년간 연구하였음. 처음에는 차로수(진입부 및 회전부)에 의해서 하나로 구별되어지는 회전차로 교통류에 의존하는 용량분석 접근법으로 경험적 회귀식을 선호하였음<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Werner Brilon, 'Roundabout: A State of the Art in Germany', 2005  
 Werner Brilon외 2, 'Unsignalized intersection in Germany, 1997'

- 용량분석을 위해서 영국처럼 교차로의 기하구조변수를 사용하기 위한 다변량회귀분석방법이 개발되었음
- 그럼에도 불구하고 다변량회귀분석방법은 용량분석결과에 대한 정산에 기반을 둔 파라미터들의 특별한 조합에 지나치게 치중하였기 때문에 매우 성공적이지는 못하였음
- 또한 조사된 자료가 사용 가능한 전체 파라미터의 범위를 포함하지 못하여 결과적으로 다변량회귀분석방법은 파라미터 값들의 조합으로 인한 큰 실수였다는 쪽으로 기울어져 수락간격이론을 채택하게 됨
- 독일의 교통연구소(Forschungsgesellschaft für Straßen-une Verkehrswesen; FGSV에서 발간한 회전교차로 설계지침 'Richtlinien für die anlage von stadtstraßen RASt ', 2006에서는 다음과 같이 계획교통량을 제시하고 있음

<표 6-2-2> 독일의 회전교차로 계획교통량

구 분	Mini-RA	Compact Single-Lane RA	Compact Two-Lane RA	Larger RA
계획용량 [대/일]	20,000	25,000	32,000	40,000

주 1) 2차로 회전교차로의 용량은 1차로의 1.6배

#### 다. 미국

- 미국의 미연방도로청(Federal Highway Administration; FHWA)에서는 2000년 "Roundabouts: An Informational Guide(NCHRP 572)"를 발간하였고, 최근에 "Roundabouts: An Informational Guide Second edition(NCHRP 672)"으로 개정하여 발간함
- NCHRP 572에서 제시한 계획교통량은 지방부와 도시부로 나누고, 회전교차로를 Mini, Compact, Single Lane, Multi Lane으로 나누어 그 값을 제시하였음
- <표 6-2-3>은 NCHRP 572에서 제시한 계획교통량으로 초소형은 약 10,000대/일 이하에서 적용하고, 소형, 1차로, 2차로는 지방부와 도시부에 따라 그 값이 다르게 적용됨
- 회전교차로 계획교통량 산정에 있어서, 미국 용량식은 회전교차로 진입부 차로수에 따른 영향을 반영하지 못하는 한계로 인해 2차로 회전교차로의 경우, 1차로 회전교차로의 2배를 적용한 것이 특징임



<표 6-2-3> 미국의 회전교차로 계획교통량(NCHRP 572)

구 분	Mini-RA	Urban			Rural	
		Compact	Single-Lane	Double-Lane	Single-Lane	Double-Lane
계획용량 [대/일]	10,000	15,000	20,000	40,000	20,000	40,000

- 주 1) Typical Daily Service Volumes
- 주 2) 2차로 회전교차로의 용량은 1차로의 2배
- 주 3) 좌회전 교통량 비율이 40%일 때 기준(Double-Lane)

- 개정된 NCHRP 672에서는 <표 6-2-4>와 같이 도시부와 지방부의 구분을 없애고, 초소형, 1차로, 다차로 회전교차로 3개로 구분하여 제시함

<표 6-2-4> 미국의 회전교차로 계획교통량(NCHRP 672)

설계요소	Mini	Single Lane	Multi Lane
설계속도 (km/h)	25~30	30~40	40~50
차로수	1	1	2+
중앙교통섬 처리방안	횡단가능	돌출형 (트럭터크 가능)	돌출형 (트럭터크 가능)
내접원직경 (m)	13~27	27~55	46~91
계획교통량 (대/일) <sup>1)</sup>	15,000	25,000	45,000 (2차로)

- 주 1) Typical Daily Service Volumes
- 2) 2차로이상, 4지 이상의 진입차로 등에 회전교차로를 적용하기 위해서는 별도의 운영분석이 필요함
- 3개로 구분된 회전교차로에서는 보행자 및 자전거 이용자를 배려한 설계가 이루어져야 한다고 명시됨

라. 호주

- 호주에서는 ARRB Transport Research에서 발간한 "Roundabout: Capacity and Performance Analysis", 1998에서 아래와 같이 제시하고 있음

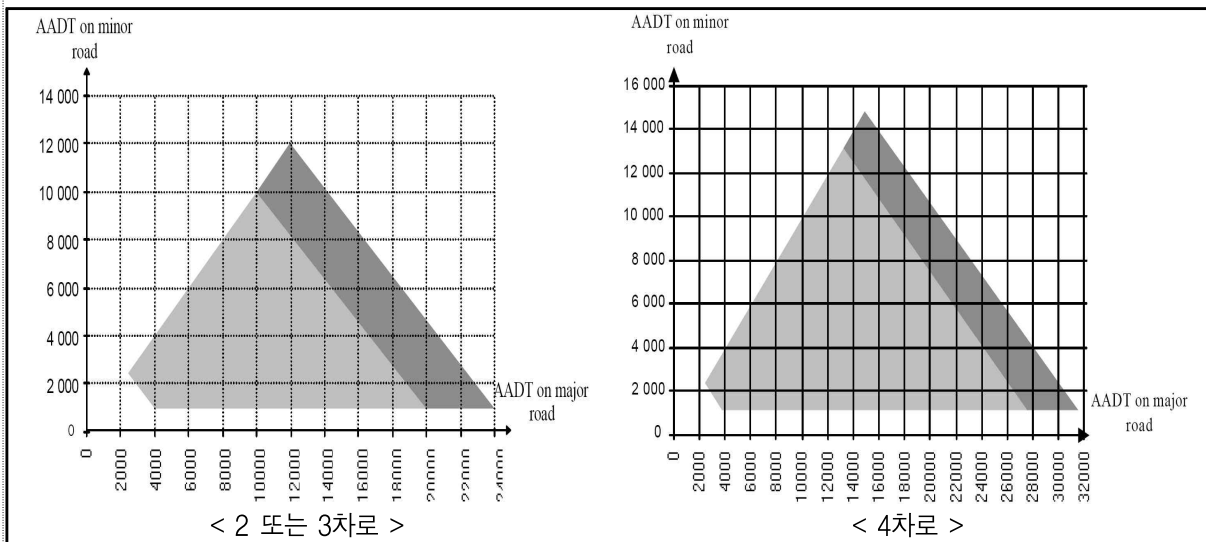
<표 6-2-5> 호주의 회전교차로 계획교통량

	Single RA	Two-Lane RA	Three-Lane RA
계획용량 [대/일]	26,200	44,000	59,500

- 주 1) Practical Capacity
- 주 2) SIDRA Model 이용
- 주 3) 2차로 회전교차로 용량은 1차로의 1.7배

마. 프랑스

- 프랑스에서는 Service d'Etudes Tehniques des Route et Autoroute(SETRA)에서 발간한 "The design of interurban intersections on major road", 1998에서 아래와 같이 제시하고 있음
- 여기서, 음영이 옅은부분은 30% 정도의 여유용량(Reserve capacity)이 있어 일반적으로 지체가 낮은부분을 의미하며, 음영이 짙은 부분은 10~30%의 여유용량이 있는 부분으로 긴 지체가 발생할 여지가 있는 부분을 표시함



<그림 6-2-6> 프랑스의 회전교차로 계획교통량

2.3.2 한국형 회전교차로 계획기준 개발

가. 회전교차로 계획기준 결정요인 분석

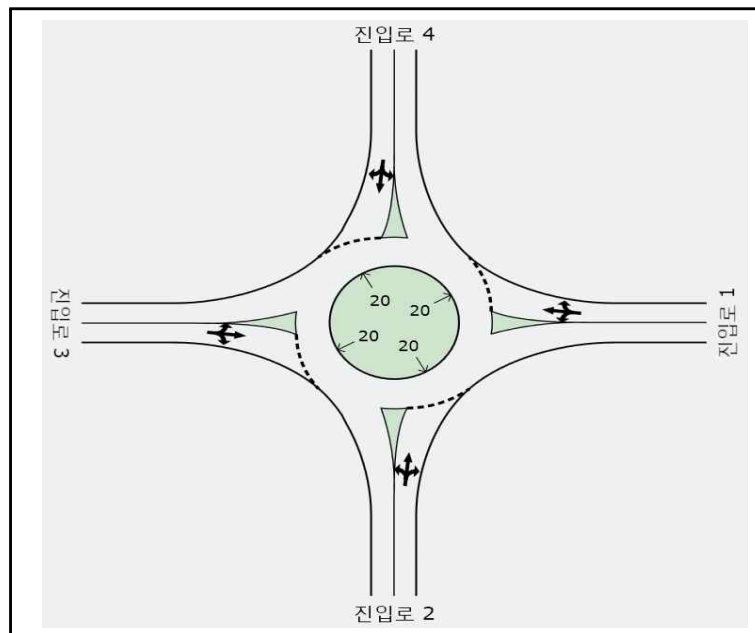
- 계획교통량 산정을 위해 회전속도와 내접원직경이 용량에 미치는 영향을 우선 분석하여 회전속도 및 내접원직경이 용량에 미치는 영향이 크다면 이를 반영하여 계획교통량을 산출하고자 함
- 회전교차로의 용량분석에는 앞 절에서 살펴본 바와 같이 경험적모형과 해석적모형이 있음. 경험적모형은 충분한 현장 데이터가 있을 때, 기하구조와 운영효과와의 관계를 규명하는데 적합하며, 해석적모형은 운전자 행태분석을 통한 수락간격이론을 기반으로 한 용량분석 모형임
- 따라서, 본 연구에서는 국내 기설치된 회전교차로가 없어 해석적모형을 기반으로 회전교차로 계획교통량을 산정하고자 하며, 회전속도와 내접원직경이 용량에 미치는 영향을 SIDRA를 통해 구현하여 회전교차로 계획교통량 제시수준을 정하고자 함

(1) 국외 연구사례를 통한 검토

- 미국의 연구결과에 의하면, 회전교차로 진입용량에 영향을 미치는 중요한 요인은 진입차로 및 회전차로 폭과 진입차로 수이며, 내접원 직경 및 진입 각 등은 용량에 미치는 영향은 미비한 것으로 밝혀진바 있음<sup>2)</sup>
- 또한 독일의 회전교차로 전문가 Werner에 의하면 회전교차로 진입용량은 회전차로의 교통량과 회전차로 및 진입차로 수에 의해 결정되며, 다른 기하구조 요인들은 진입용량에 크게 영향을 미치지 않는다고 분석한 바 있음<sup>3)</sup>. 특히 분리교통섬에 대한 영향은 미비한 것으로 판단하고 있음

나. 시뮬레이션 프로그램을 통한 검토

- 계획교통량 결정을 위해 호주에서 개발된 SIDRA Intersection 5.0(Signalised Intersection Design and Research Aid)을 기반으로 하여 분석함
- SIDRA는 교차로 운행행태 분석을 위해, 1975년 Rahmi Akcelik에 의해 최초로 개발되었으며, 1984년 호주의 ARRB(Australian Road Research Board)에서 연구개발을 통해 발전되었음
- SIDRA의 가장 큰 장점은 신호교차로, 비신호교차로 및 회전교차로를 동일한 지표(MOE)로 분석할 수 있는 것이며, US HCM 용량산정 모형 등 다양한 모형을 선택 하여 분석할 수 있도록 구축되어 있음



<그림 6-2-7> SIDRA에서 구현한 회전교차로

<sup>2)</sup> USDOT(2000). Roundabouts: An Informational Guide

<sup>3)</sup> Werner Brilon(2005), Roundabouts : A State of the Art in Germany

- 회전속도와 내접원직경이 용량에 미치는 영향을 분석하기 위해 다음과 프로  
그램 상에서 같이 가정하였음
  - 차로폭 3.5m, 회전차로폭 5m
  - 접근로길이 방향별 200m
  - 경사도 0%
  - 교통류 비율은 좌회전:직진:우회전 비율이 20:60:20
  - 포화교통량(단속류 기준) 2,200pcphpl
  - 중차량 비율 5%
  - 진출속도는 진입속도보다 5km/h 빠른 것으로 가정
- SIDRA에서의 용량모형은 SIDRA Standard모형을 선택(NCHRP모형은 경험  
적모형을 기반으로 되어 있음)

(1) 회전속도가 용량에 미치는 영향

- 회전교차로 유형에서는 회전속도를 최소 20km/h에서 최대 30km/h로 규정  
하고 있음. 따라서 2가지 회전속도에 따라 용량에 미치는 영향을 살펴보고  
자 함
- SIDRA를 통해 구현할 Input 자료는 <표 6-2-6>과 같음

<표 6-2-6> 회전속도 및 기하구조가 용량에 미치는 영향분석을 위한 입력 자료

항목	입력 조건
Intersection	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 4지교차로(직각교차)</li> </ul>
Geometry	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 중앙교통섬 직경 20m(내접원직경 30m)</li> <li>▪ 회전차로폭 5.0m</li> <li>▪ 진출 입차로폭 3.5m</li> </ul>
Volumes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 진입교통량 LOS A일 때 60:180:60 대/시</li> <li>▪ 진입교통량 LOS E일 때 60:180:60 대/시</li> <li>▪ 중차량 비율 5%</li> </ul>
Path Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 진입속도 20km/h 또는 30km/h</li> <li>▪ 진출속도 25km/h 또는 35km/h</li> </ul>
Movement Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 설계기준차량 승용차 5.1m, 대형차 16.7m</li> <li>▪ 지체길이는 Default값인 승용차 7.6m, 대형차 17m 준용</li> </ul>
Gap Acceptance	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 임계간격은 모의실험을 통해 개발된 값인 5.6초</li> <li>▪ 추종시간은 모의실험을 통해 개발된 값인 3.017초</li> </ul>
Model Setting	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SIDRA Standard 모형</li> <li>▪ 신호교차로의 평균제어지체와 동일(HCM)</li> </ul>

- 분석은 서비스수준(LOS)이 A일 경우와 F일 경우로 나누어 분석하였으며, 분석결과는 아래 <표 6-2-7>과 같음
- 서비스수준 A와 F일 경우 모두 회전속도는 용량에 영향을 미치지 않고, 지체에는 미비한 영향을 미치는 것으로 분석되어, 계획교통량 도출 시 회전속도에 따른 계획교통량 제시는 의미 없는 것을 판단됨

<표 6-2-7> 회전속도가 용량에 미치는 영향

LOS	진입속도 (km/h)	진입교통량 (대/시)	용량 (대/시)	평균제어지체 (초/대)
A	20일 경우	방향별 300대/시 (60:180:60)	2,960	4.4
	30일 경우		2,960	4.6
F	20일 경우	방향별 550 (110:330:110)	2,100	77.9
	30일 경우		2,100	78.1

(2) 기하구조(내접원직경과 회전차로 폭)가 용량에 미치는 영향

- 회전교차로의 기하구조인 내접원직경과 회전차로폭이 용량에 미치는 영향은 속도에 미치는 영향과 같은 형태의 교차로에서 분석하였음. <표 6-2-8>와 같이 내접원 직경과 회전차로폭을 변화시켜 본 결과 내접원직경과 회전차로폭은 용량에 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었음

<표 6-2-8> 기하구조가 용량에 미치는 영향

LOS	내접원직경 (m)	회전차로폭 (m)	진입교통량 (대/시)	용량 (대/시)	평균제어지체 (초/대)
A	20	5	방향별 300대/시 (60:180:60)	2,960	4.4
	19	5.5		2,960	4.5
	40	5		2,960	3.9
	43	6		2,960	3.8
F	20	5	방향별 600 (120:360:120)	2,100	116.0
	19	5.5		2,100	116.1
	40	5		2,100	115.5
	43	6		2,100	115.4

- 따라서, 한국형 회전교차로의 계획기준 개발은 회전교차로의 차로수 (1,2차로 회전교차로)로 제시하는 것이 방향 설정함

다. 한국형 회전교차로 계획기준 개발 방법

- 한국형 회전교차로 계획기준 산정을 위한 용량산정식은 국내 모형식이 개발되지 못해 국외의 여러 모형 중에서 회전차로수의 반영이 가능한 독일의 HBS모형과 가장 단순화시킨 미국의 HCM모형을 이용하여 산정하였음

(1) 한국형 수락간격 매개변수의 설정

- 해석적모형에 의한 회전교차로 용량산정을 위해서는 수락간격 매개변수 (Gap Acceptance Parameters)에 대한 정의가 필요함
- 본 연구의 앞 절에서는 한국형 회전교차로 용량산정을 위한 수락간격 매개변수인 임계간격과 추종시간, 운전자의 비일관성 행태분석을 위한 보정계수를 도출하였음. 모의실험의 한계성을 최소화하기 위해 한국형 수락간격 매개변수를 도출하였음
- 아래 <표 6-2-9>와 <표 6-2-10>은 앞 절에서 개발된 값으로, <표 6-2-9>는 운전자 비일관성 행태분석을 보정하기 위한 보정계수이고, <표 6-2-10>은 모의실험을 통해 도출해낸 임계간격과 추종시간을 나타냄

<표 6-2-9> 운전자 비일관성 행태 보정계수

$f_c$	100	200	300	400	500	600	700	800	평균(초)
승용차	1.046072	1.103274	1.171737	1.251596	1.342981	1.446022	1.56085	1.68759	1.326
버스	1.074302	1.149752	1.226592	1.305064	1.385407	1.467858	1.552652	1.640021	1.350
트럭	1.044322	1.10147	1.171569	1.254741	1.35111	1.460799	1.583927	1.720615	1.336

<표 6-2-10> 모의실험을 통한 수락간격 매개변수(승용차)

내접원직경(m)	21	24	27	30	평균
임계간격(초)	7.1811	6.3890	8.3358	7.7749	7.4202
추종시간(초)	3.5743	2.9197	2.9070	2.6681	3.0172

- 모의실험을 통해 얻은 용량 보정계수의 평균을 평균 임계간격 매개변수에 적용하여 <표 6-2-11>과 같이 한국형 수락간격 매개변수를 도출해냄

<표 6-2-11> 한국형 수락간격 매개변수

	수락간격 매개변수		
	최소	평균	최대
임계간격	4.818	5.600	6.286
추종시간	2.012	2.280	2.696

주 1) 평균임계간격매개변수 = <표 6-2-10>에서의 최소, 평균, 최대값 / 보정계수(1.326)

- 이는 임계간격의 경우 회전교차로의 회전부에서의 값으로 생소한 교통시설에 따른 피실험자의 왜곡된 주행에 따른 모의실험의 한계성에 의해 많은 영향을 받으나, 추종시간의 경우 진입부에서의 값으로 도착의 형태는 기존의 무신호 및 비신호교차로와 유사할 것으로 판단됨에 기초한 값임

(2) 용량의 산정절차

- 일반적으로 용량 산정을 위한 절차는 아래와 같고, STEP 4의 방향별 용량 산정 시 용량모형을 선택해야함. 국외의 용량 모형 중 독일 HBS모형과 미국 HCM모형을 적용하여 분석하였음
- STEP 4에서 HBS와 HCM 두종류의 용량모형을 사용하는 이유는 HCM의 경우 기하구조에 대한 변수가 없어, 2차로형 회전교차로의 용량 산정을 할 수 없는 반면, HBS 모형은 기하구조 반영이 가능함
- 이로 인해 미국의 경우 2차로 회전교차로의 용량을 1차로 회전교차로에 2배를 적용하여 계획기준을 제시하였음

- STEP 1 : 방향별 교통량 입력
- STEP 2 : 차로당 총진입교통량 산출(2:6:2)
- STEP 3 : 방향별 상충교통량 산출
- STEP 4 : 방향별 용량 산정
- STEP 5 : 교통량 대 용량비(V/C) 산정
- STEP 6 : 방향별 각 차로당 평균지체 산정
- STEP 7 : 방향별 각 차로당 서비스수준(LOS) 산정
- STEP 8 : 접근로별 평균지체 및 교차로 총 지체 산출
- STEP 9 : 차로당 대기행렬(95<sup>th</sup>-percentile queues)산정

① 독일 HBS 모형

$$C = \left[ \frac{3600 \cdot n_z}{t_f} \left( 1 - \frac{t_{\min} \cdot q_k}{n_k \cdot 3600} \right)^{n_k} \cdot e^{\frac{-q_k}{3600} (t_c - \frac{t_f}{2} - t_{\min})} \right] \cdot f_f \quad \dots (\text{식 1})$$

여기서,  $t_c$  = Critical Gap  
 $t_f$  = Follow-up Time  
 $t_{\min}$  = Minimum gap  
 $n_k$  = 회전차로수  
 $n_z$  = 진입차로수  
 $f_f$  = 보행자계수

② 미국 HCM 모형

$$C_{app} = A e^{-B t_c} \quad \dots (\text{식 2})$$

$$A = \frac{3600}{t_f}, \quad B = \frac{t_c - t_f/2}{3600}$$

여기서,  $t_c$  = Critical Gap  
 $t_f$  = Follow-up Time

- 한국형 회전교차로의 계획기준은 HCM에서 제시하는 회전교차로 용량산정 절차를 Excel로 구현하여 진입교통량을 늘려가면서, 서비스수준이 C에서 D로 넘어갈 때의 진입교통량을 찾음
- 이 때의 진입교통량을 중차량비율과 승용차환산계수 등을 적용하여 AADT로 환산하여 계획교통량(대/일)을 구하는 방법임
- <그림 6-2-8>은 미국 HCM에서 제시하는 회전교차로 접근로 용량산정 방법을 Excel로 구현한 것임



1차로		EB			WB			NB			SB		
STEP	661	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
1	volumes	132	397	132	132	397	132	132	397	132	132	397	132
2	entry flow	661			661			661			661		
3	Conflicting Flow	661			661			661			661		
4	capacity	772			772			772			772		
5	v/c	0.86			0.86			0.86			0.86		
6	control delay	25.6			25.6			25.6			25.6		
7	LOS	D			D			D			D		
	waiting time	772	111	30	772	111	30	772	111	30	772	111	30
	LOS	C			C			C			C		
8	Approach Control Delay												
	Intersection Control Delay				25.6								
	Intersection LOS	-			10.3								
9	95th-%ile queue							10.3			10.3		
				중차량비율	승용차환산계수	계획용량				최대용량			
	K	0.1	pcu/일	5	2	대/일				대/일			
	AADT	30893	26440	1259	23922	25181	1471	27951	29422				

<그림 6-2-8> 미국 HCM 모형에 따른 회전교차로 접근로 용량 산정 예

### 2.3.3 한국형 회전교차로 계획기준

- 한국형 회전교차로 계획기준 산정을 위해서는 교차로의 서비스수준을 분석할 수 있는 효과척도(MOE)와 기준(Criteria)이 있어야 하나, 국내·외에서 개발된 회전교차로에서의 서비스수준 기준이 없음
- 따라서, 본 연구에서는 미국 도로용량편람(HCM)에서 제시하는 회전교차로의 양방향 정지 교차로(Two-Way Stop Controlled)에서의 서비스수준을 준용함. 이때의 효과척도는 평균제어지체(Average Control Delay)임
- <표 6-2-12>는 HCM의 회전교차로 분석을 위한 서비스수준의 기준임

<표 6-2-12> 미국 HCM의 회전교차로 분석을 위한 서비스수준(LOS)

LOS	회전교차로	신호교차로
A	0~10	0~10
B	10~15	10~20
C	15~25	20~35
D	25~35	35~55
E	35~50	55~80
F	50~	80~

주 1) 회전교차로의 서비스수준 Criteria는 개발되어 있지 않기 때문에 Two-Way Stop Controlled로 운영되는 비신호교차로의 서비스수준(평균제어지체)을 적용함

- <표 6-2-13>은 독일 HBS 모형식과 미국 HCM 모형식에 <표 6-2-11>에서 제시하는 한국형 회전교차로 매개변수의 최소, 평균, 최대값을 각각 입력하여 매개변수에 따른 계획교통량을 산정한 값임
- 독일의 HBS식을 이용하여 계획교통량을 산정할 경우, 1차로 회전교차로일 때 약 18,000~21,000대/일이고, 2차로일 때 약 25,000~30,000대/일임. 이 값은 미국 HCM식에 의한 값보다 약 1,000대/일 낮은 값임

<표 6-2-13> LOS C와 LOS D사이의 계획교통량(대/일)

차로수	독일 HBS식			미국 HCM식		
	최소 (진입교통량)	평균 (진입교통량)	최대 (진입교통량)	최소 (진입교통량)	평균 (진입교통량)	최대 (진입교통량)
1	21,257 (558)	19,695 (517)	18,514 (486)	23,362 (587)	20,495 (538)	19,162 (503)
2	30,629 (804)	27,695 (727)	25,638 (673)	32,940 (828)	28,898 (759)	27,018 (710)
비고	1.44	1.41	1.38	1.41	1.41	1.41

주 1) 1차로회전교차로와 2차로회전교차로 계획기준의 차이값임  
 2) 미국 HCM 용량식은 차로에 따른 용량을 반영할 수 없으므로, 독일 HBS식의 차이값의 평균인 1.41 배로 산정한 값임

- 회전교차로 유형별 계획기준은 교차로 여건에 맞는 회전교차로 설계 제원에 따라 <표 6-2-14>와 같이 주어진 교통량 범위 내에서 선택적으로 사용할 수 있음
- 예를 들면, 1차로 회전교차로인 경우 교차로의 규모에 따라 계획기준의 하한치(18,000대/일)를 적용하고, 규모가 큰 1차로 회전교차로인 경우 계획기준의 상한치(20,000대/일)를 적용할 수 있음

<표 6-2-14> 한국형 회전교차로 계획기준

차로 구분	설계기준 자동차	회전속도 (km/h)	계획기준 (대/일)
1차로형 회전교차로	소형자동차	20~30	8,000~12,000
	대형자동차		18,000~20,000
	세미트레일러		
2차로형 회전교차로	소형자동차	20~30	29,000~32,000
	대형자동차		
	세미트레일러		

## 2.4 한국형 회전교차로의 전환기준 개발

- 평면교차로는 비신호교차로와 신호교차로로 구분할 수 있으며, 비신호교차로에는 무통제(무신호)교차로, 양방향정지 교차로(Two Way Stop Controled, TWSC), 전방향정지 교차로(All Way Stop Controled, AWSC), 원형교차로로 구분함
- 일반적으로 평면교차로를 설계할 때, 「건설교통부, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙, 2009」, 「건설교통부, 평면교차로 설계지침, 2004」 등을 참고하여 설계하고 있음
- 이러한 설계참고서에서 기존의 비신호 및 신호교차로를 회전교차로로 전환하려고 할 때 참고할만한 규정을 찾아 교차로 계획 및 설계단계에서의 의사결정자와 설계자가 평면교차로 유형 결정을 돕기 위해 각 유형별 교차로 적용 기준을 마련하고자 함

### 2.4.1 국내·외 사례분석

#### 가. 국내 연구 동향

##### (1) 회전교차로 설치 준거

- 2004년 건설교통부(현 국토해양부)에서 발간한 평면교차로 설계지침에서는 외국의 회전교차로 설계지침을 검토하여 소개한 회전교차로(잠정),지침이 수록됨
- 잠정 지침에서는 회전교차로 설치가 권장되는 경우, 회전교차로 설치여건에 대한 검토가 필요한 경우, 회전교차로 설치가 금지되는 경우의 세가지로 나누어 회전교차로 설치를 위한 여건을 제시하였음
- 회전교차로 설치를 위한 여건의 주요 내용은 아래와 같으며, 이들 중 현재 개정중인 지침의 내용과 부합하지 않은 내용은 삭제 또는 수정하여 개정안에 반영하고자 함

##### ① 회전교차로 설치가 권장되는 경우

- 교차로의 신호제어나 정지에 의한 교통 지체가 심각한 경우
- 교차로에서 하나 이상의 접근로에 좌회전 교통량이 많은 경우
- 교통량 수준이 비신호교차로로 운영하기에는 제한적이나, 신호교차로로 운영하면 효율성이 떨어지는 경우
- 교차로에서 직진하거나 회전하는 자동차에 의한 사고가 빈발변할 경우
- 장래 교통량 증가가 예상되고 교통류 운영 패턴이 불확실한 경우

- 각 접근로별 통행우선권 부여가 어렵거나 바람직하지 않은 경우
- Y자 또는 T자형 교차로, 기타 교차로 형태가 특이한 경우

② 회전교차로 설치여건에 대한 검토가 필요한 경우

- 다음의 경우는 설계 시에 기하구조 변경이나 운영방법의 개선을 통하여 해당 문제를 제거하거나, 면밀한 검토를 통하여 회전교차로를 설치할 수 있다.

- 접근로 중 하나라도 제한속도가 70km/h 이상인 도로
- 접근로의 종단경사가 4%를 초과하는 경우
- 접근로별 교통량 배분의 불균형이 심할 때, 즉, 1~2개 접근로에 교통량이 심하게 편중되어 있는 경우
- 주도로와 부도로가 접속되는 교차로에서, 회전교차로로 인해 주도로에 극심한 정체가 예상되는 경우
- 보행량(특히 어린이나 노약자)이나 자전거통행량이 지나치게 많은 경우
- 접근로 시거가 불량하여 회전교차로 인지가 안 되는 경우
- 하류부의 자동차신호, 보행신호, 철도건널목 신호등에 의해 집중된 자동차의 대기행렬이 회전교차로까지 연장될 가능성이 있는 경우
- 철로가 회전교차로를 통과하는 경우
- 접근로가 여섯갈래 이상인 경우
- 긴급자동차의 우선 통과가 보장되어야 하는 경우 (예, 소방서 인접 교차로)
- 신호시간 개선에 의하여 소통과 안전문제를 충분히 해결할 수 있는 경우

③ 회전교차로 설치가 금지되는 경우

- 최대한 확보 가능한 교차로 용지 내에서 각 설계요소(회전반경, 직경, 도로 폭, 경사도 등)가 설계기준에 만족하지 않는 경우
- 침두시 가변차로가 운영되는 경우
- 신호연동이 잘 이루어지고 있는 구간 내 교차로를 회전교차로로 전환시 연동효과를 감소시킬 수 있는 경우

(2) 관련 연구

- 회전교차로의 전환기준을 제시한 국내지침은 없으며, 교통시뮬레이션 프로그램인 SIDRA와 VISSIM을 이용하여 지체와 용량 등의 효과를 비교한 논문이 다수이나, 이를 전환 기준으로 활용하기에는 어려운 실정임

- 2001년 Journal of Transportation Engineering에서 발표로 "Evaluation of Roundabout Performance Using SIDRA"에서는 아래와 같은 연구결과를 제시하고 있음. 이 중 일부 내용은 검증을 통해 적용이 가능한 것으로 판단됨
  - 회전교차로는 평균지체도 측면에서 양방향정지, 주의표지 제어가 적은 교통량에서 가장 효과적인 방법임
  - 전방향정지 교차로는 회전교차로와 신호제어 교차로에 비해서 교통량이 적든 많은 큰 지체가 발생함
  - 접근로가 1차로이고 교통량이 많은 교차로에서 회전교차로와 신호제어 교차로 모두 Flare차선 효과가 최대가 되었을 때 적용 가능함
  - 접근로가 2차로이고 교통량이 많은 교차로에서 회전교차로는 다른 어떤 유형보다 우수함
  - 접근로가 3차로 이고 특히, 교통량이 많은 교차로는 신호제어가 가장 좋은 대안임
  - 좌회전 교통량이 많은 교차로를 위해서 2차로 접근로인 회전교차로가 용량과 지체도 측면에서 가장 우수함
  - 2, 3차로 접근로 회전교차로는 신호제어 교차로에 비해서 용량이 더 증가하는 것을 알 수 있음
- 국내의 지침 및 연구를 살펴본 결과 국내에서는 회전교차로 전환기준과 관련한 연구수준이 미흡한 실정임. 따라서, 국외의 지침 및 논문을 검토하여 회전교차로 전환기준 개발을 위한 방법론을 설정하는 것이 타당할 것으로 판단됨

## 나. 국외 연구 동향

### (1) 미국 플로리다 DOT

- 미국의 플로리다 DOT에서는 "Florida Roundabout Guide<sup>4)</sup>"를 통해서 <표 6-2-15>와 같이 회전교차로 전환을 위한 분류 및 설치를 위한 조건을 제시함
- 지침에서는 커뮤니티의 상승, 교통정온화, 교통안전개선, 비신호교차로의 대안, 교통량이 적은 신호교차로(Low Volume), 중간 규모 교통량의 신호교차로(Medium Volume) 및 특이한 기하구조나, 통행우선권 제한 등의 항목별로 분류하여 제시하고 있음

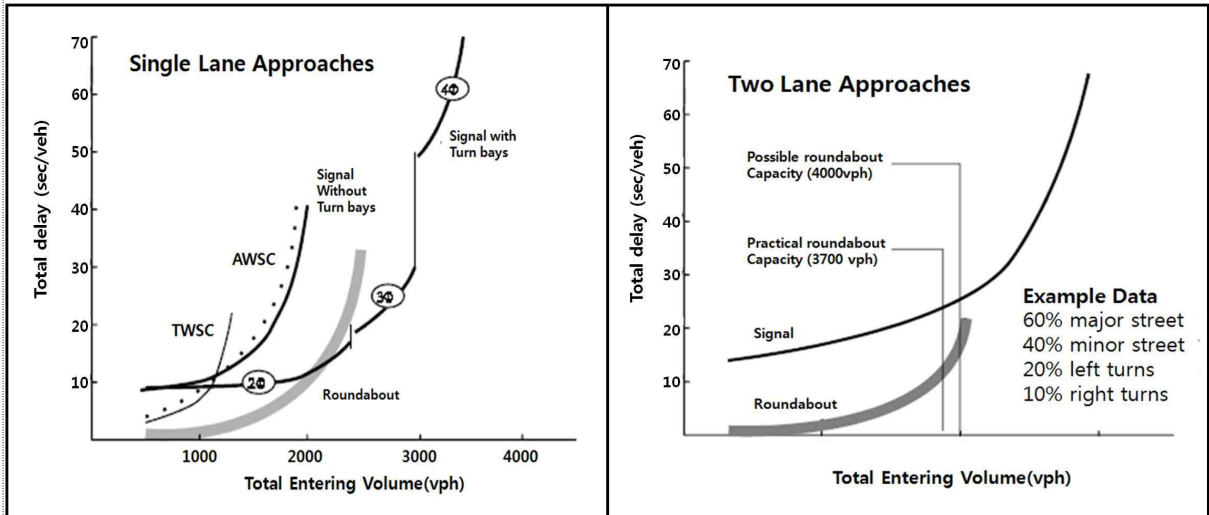
<sup>4)</sup> Florida DOT, "Florida Roundabout Guide", 1996

<표 6-2-15> 다양한 목적 및 조건에 따른 회전교차로 설치 기준(플로리다)

분류 및 기준	AWSC 설치기준 적합여부	AWSC LOS	신호 설치기준 적합여부	신호 LOS	차로수	설치를 위한 조건
1 커뮤니티 상승	N/A	N/A	N/A	N/A	1	· 전형적으로 상업 및 도시지역에 적용 · 미적 가치 상승
2 교통정문화	NO	A	NO	A	1	· 주로 거주지역에 적용 · 교통정문화를 위한 필요성 증명
3 안전 개선	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	· 회전교차로 개선에 따른 안전문제 완화
4 AWSC 대안	YES	B-D	NO	A-B	1	· 정체가 AWSC에 비해 개선되어야함
5 적은 교통량, 통행 신호교차로의 대안	YES	D-F	YES	A-C	1	· 정체가 신호교차로에 비해 개선되어야 함
6 중교통량, 통행 신호교차로의 대안	YES	F	YES	B-D	2	· 정체가 신호교차로에 비해 개선되어야 함 · 다른 타당한 요인 요구
7 특별한 조건상태 (특이한 기하구조, 높은 교통량, 통행우선권 제한 등)	Y/N	N/A	Y/N	N/A	1~3+	· 현장(Special conditions's site)의 타당성이 요구됨

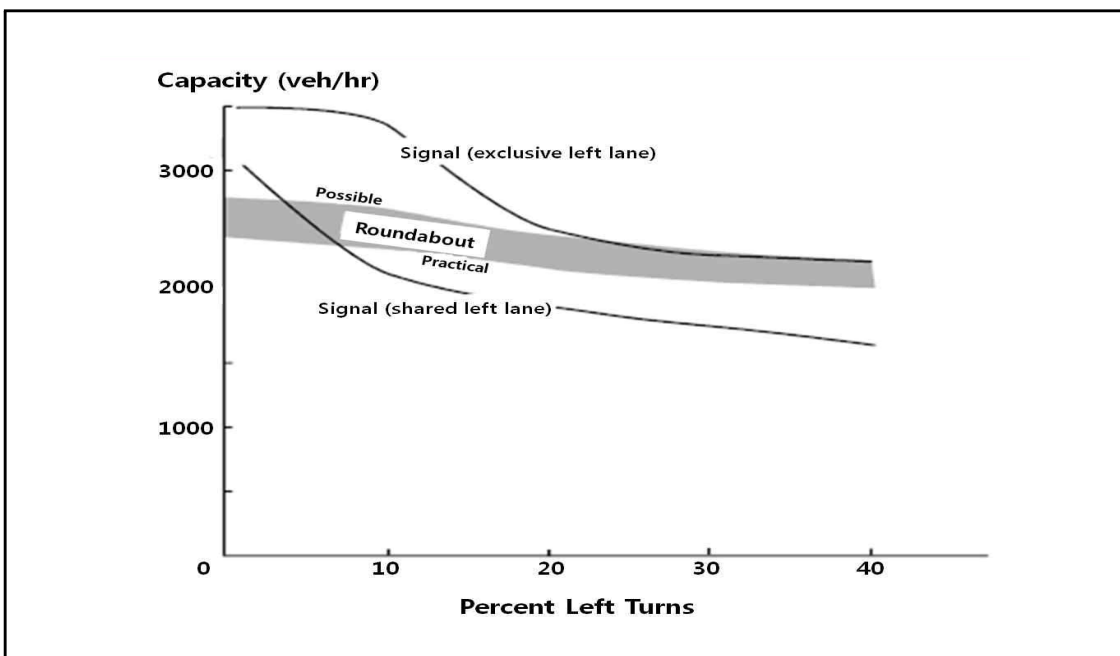
- 비신호교차로로 운영시 서비스수준이 D~F 수준이고, 신호교차로로 운영 시 서비스수준 A~C 수준의 교차로에서는 회전교차로 설치가 가능하며, 이때 회전교차로 전환에 따라 기존교차로보다 지체가 개선될 수 있음.
- 또한, 플로리다 DOT에서는 1, 2차로 회전교차로와 비신호 및 신호교차로와의 전환기준 범위를 그래프로 제시하고 있고, 좌회전교통량의 증가에 따른 신호교차로와 회전교차로의 용량변화를 그래프로 제시하고 있음
- 전환기준을 위한 결과값은 SIDRA를 이용하여 분석하였으며, 효과척도는 총 진입교통량의 증가에 따른 지체(Total Delay)를 이용하였음
- 1차로 회전교차로에서는 비신호교차로인 TWSC와 AWSC, 좌회전 전용차선이 있는 비신호교차로, 좌회전 전용차선이 있는 신호교차로를 <그림 6-2-9>와 같이 회전교차로와 비교하여 제시함
- 분석결과, 회전교차로는 비신호교차로와 좌회전 전용차선이 있는 비신호교차로에 비해 지체측면에서 유리하고, 총진입교통량이 약 2,000~2,500대/시에서는 신호교차로에 비해 지체가 낮은 것으로 제시함
- 2차로 회전교차로는 신호교차로와 회전교차로를 주도로 교통량이 60%, 부도로 교통량이 40%이면서, 좌회전 교통량이 20%, 우회전 교통량이 10%일 때를 비교하였음
- 분석결과, 총 진입교통량이 약 4,000대/시 이상일 때는 회전교차로보다 신호교차로가 더 효과적인 대안으로 제안함

- 플로리다 DOT의 지침을 분석한 결과 회전교차로는 특정조건(교통량 등)하에서는 비신호 및 신호교차로보다 좋은 대안이 될 수 있다는 점을 알 수 있음



<그림 6-2-9> 플로리다 DOT에서 제시한 1,2차로 회전교차로 전환기준

- 또한, 플로리다 DOT에서는 <그림 6-2-10>과 같이 좌회전 교통량 비율에 따른 회전교차로와 신호교차로의 용량을 비교하였으며, 좌회전 교통량이 증가함에 따라 신호교차로의 용량이 상대적으로 크게 감소함을 보였음



<그림 6-2-10> 플로리다 DOT에서 제시한 좌회전 교통량에 따른 용량

(2) 미국 캘리포니아주

- 미국 캘리포니아 주에서는 캘리포니아 Lancaster시의 한 개 교차로에 회전 교차로 도입에 따른 타당성을 조사하여<sup>5)</sup> 회전교차로 도입에 따른 신호교차로와 회전교차로의 지체(Delay)를 비교·분석하였음
- 교차로의 현황인 신호교차로 분석은 Traffix를 이용하였고, 회전교차로는 RODEL 프로그램을 이용하였음. 교통량은 오전과 오후 첨두시로 나누어 서비스수준을 비교함
- 대상교차로의 교통량은 현황교통량에 성장률을 반영한 2030년 장래교통량을 입력값으로 사용하였고, 입력교통량은 <그림 6-2-11>과 같음

						<table border="1"> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="3">진입7</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>우회전</td> <td>직진</td> <td>좌회전</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">진입1</td> <td>104</td> <td>606</td> <td>222</td> <td colspan="2">진입5</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>좌회전</td> <td>111</td> <td colspan="4" rowspan="4">오전 첨두 시</td> <td>163</td> <td>우회전</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>직진</td> <td>658</td> <td>587</td> <td>직진</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>우회전</td> <td>121</td> <td>262</td> <td>좌회전</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>145</td> <td>550</td> <td>275</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>좌회전</td> <td>직진</td> <td>우회전</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="3">진입3</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>									진입7								우회전	직진	좌회전					진입1		104	606	222	진입5				좌회전	111	오전 첨두 시				163	우회전			직진	658	587	직진			우회전	121	262	좌회전					145	550	275					좌회전	직진	우회전							진입3						
									진입7																																																																												
		우회전	직진	좌회전																																																																																	
진입1		104	606	222	진입5																																																																																
좌회전	111	오전 첨두 시				163	우회전																																																																														
직진	658					587	직진																																																																														
우회전	121					262	좌회전																																																																														
						145	550	275																																																																													
		좌회전	직진	우회전																																																																																	
		진입3																																																																																			
						<table border="1"> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="3">진입7</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>우회전</td> <td>직진</td> <td>좌회전</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">진입1</td> <td>133</td> <td>745</td> <td>284</td> <td colspan="2">진입5</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>좌회전</td> <td>117</td> <td colspan="4" rowspan="4">오후 첨두 시</td> <td>144</td> <td>우회전</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>직진</td> <td>978</td> <td>993</td> <td>직진</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>우회전</td> <td>91</td> <td>399</td> <td>좌회전</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>198</td> <td>965</td> <td>367</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>좌회전</td> <td>직진</td> <td>우회전</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="3">진입3</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>									진입7								우회전	직진	좌회전					진입1		133	745	284	진입5				좌회전	117	오후 첨두 시				144	우회전			직진	978	993	직진			우회전	91	399	좌회전					198	965	367					좌회전	직진	우회전							진입3						
									진입7																																																																												
		우회전	직진	좌회전																																																																																	
진입1		133	745	284	진입5																																																																																
좌회전	117	오후 첨두 시				144	우회전																																																																														
직진	978					993	직진																																																																														
우회전	91					399	좌회전																																																																														
						198	965	367																																																																													
		좌회전	직진	우회전																																																																																	
		진입3																																																																																			

<그림 6-2-11> Lancaster시 대상교차로의 오전·오후 첨두교통량

- Traffix를 이용하여 대상교차로의 서비스수준을 분석한 결과 <표 6-2-16>과 같이 교차로 전체의 서비스 수준은 오전 첨두 시에는 LOS D, 오후 첨두 시에는 LOS F로 나타나 대상교차로는 전반적으로 혼잡한 교차로임을 알 수 있음

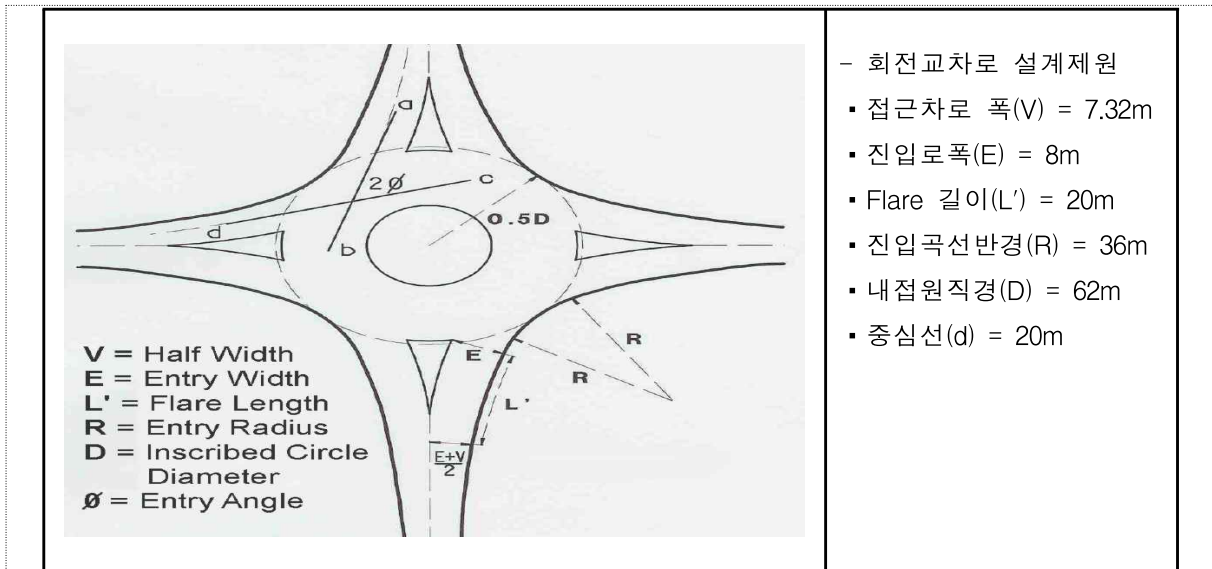
<표 6-2-16> Lancaster시 대상교차로 신호교차로 LOS분석 결과(Traffix 이용)

	오전 첨두 시				오후 첨두 시			
	NB	SB	EB	WB	NB	SB	EB	WB
Delay(초)	41.	44.1	36.2	21.6	116.4	99.5	129.4	55.3
LOS	D	D	D	C	F	F	F	F
교차로 LOS	D				F			

- <그림 6-2-12>는 대상교차로에 회전교차로 도입 시 내접원 직경이 62m 인 회전교차로로 설계기준자동차는 세미트레일러로 정함. 대상교차로의 중차량 비율은 전체교통량의 2% 수준임

<sup>5)</sup> Roundabout & Traffic Engineering, "Roundabout Feasibility Report", 2007





<그림 6-2-12> Lancaster시 대상교차로의 회전교차로 설계 제원

- RODEL 프로그램을 이용하여 분석한 결과 <표 6-2-17>과 같이 회전교차로 도입에 따라 대상교차로의 지체가 많이 감소하는 것으로 분석되었음

<표 6-2-17> 캘리포니아주의 회전교차로 타당성 조사결과

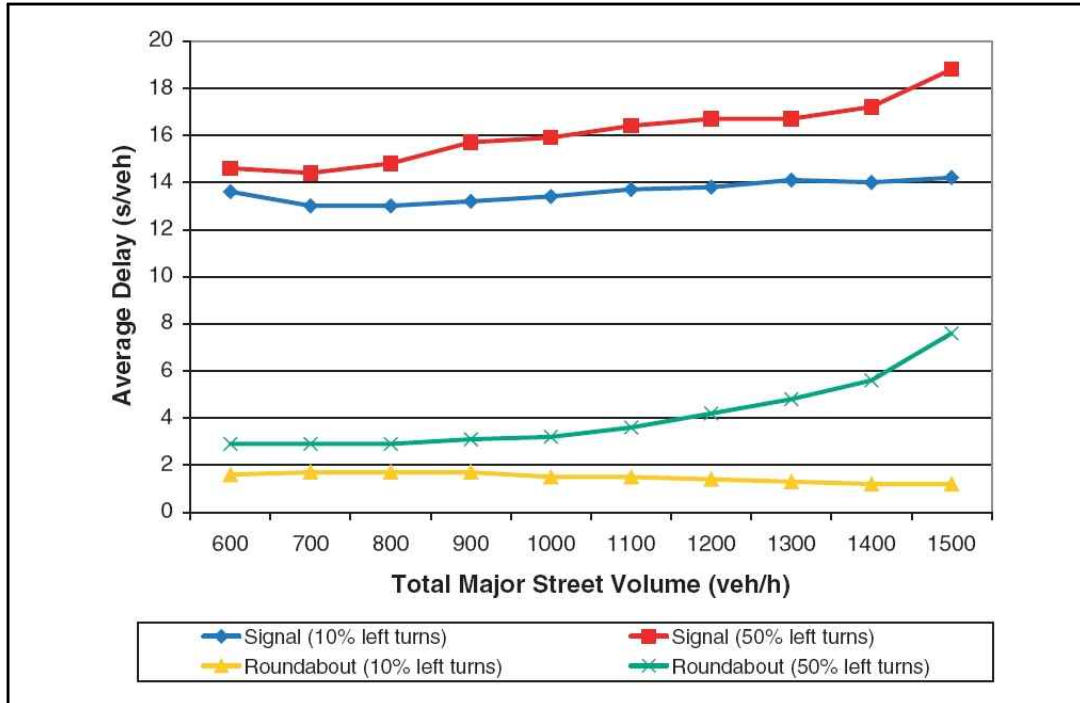
	회전교차로		신호교차로	
	AM	PM	AM	PM
Delay(초)	4.3	5.4	35.5	98.3
LOS	A	A	D	F

- 캘리포니아 Lancaster시는 회전교차로 도입 타당성을 위해 지체뿐만 아니라, 차량안전성(Vehicle Safety), 건설비용, 긴급자동차와 보행자의 안전성, 유지관리비용 등을 포함한 Decision Matrix를 개발하여 회전교차로 도입 타당성을 제시하고 있음

(3) 미국 켄터키주

- 미국 켄터키주의 Community Transportation Innovation Academy에서는 회전교차로 적용을 위한 가이드6)에서 <그림 6-2-13>과 같이 회전교차로와 신호교차로의 평균지체도를 비교·제시하고 있음

- 회전교차로는 용량과 지체측면에서 AWSC보다 효과적이며, 다른 교차로 유형에 비해 좌회전 교통량의 증가에 따라 지체에 민감한 것으로 분석됨



<그림 6-2-13> 켄터키주에서 제시한 회전교차로와 신호교차로의 지체 비교

#### 다. 사례분석 결과

- 회전교차로를 계획하기 위한 계획교통량은 각 나라별 지침서에서 대부분 제시되어 있는 반면, 비신호 및 신호교차로에서 전환이 가능한 전환기준과 관련한 국내·외 사례는 많지 않음
- 그 중 미국의 플로리다 DOT에서 발간한 회전교차로 지침에서는 SIDRA를 이용하여, 비신호, 신호, 회전교차로에 대한 전환기준을 자세히 다루고 있음
- 플로리다 DOT 등 기준이 제시된 지침과 연구 논문을 분석한 결과, 지침서에서는 총진입교통량(Total Entering Volume), 교차로 용량(Capacity), 등으로 전환기준을 제시하고 있음
- 회전교차로 전환기준은 회전교차로를 설계하는 설계자 입장을 고려하여 교통량(대/시)으로 제시해주는 것이 필요함

6) CTIA, Modern Roundabouts: A guide for application", 2005

### 2.4.2 한국형 회전교차로 전환기준 개발

#### 가. 전환기준 개발을 위한 가정

##### (1) 시뮬레이션(SIDRA)에서의 가정

- 본 연구에서는 SIDRA를 통해 단일교차로 분석을 수행하여, 회전교차로의 전환기준을 제시하였음
- SIDRA를 이용하여 전환기준을 산출하고자 할 때, 교차로 유형별 입력변수를 동일하게 입력하며, 아래와 같이 입력변수를 가정함
  - 차로폭 3.5m, 회전차로폭 5m
  - 차로길이 방향별 200m
  - 경사도 0%
  - 포화교통량(단속류 기준) 2,200pcphpl
  - 중차량 비율 5%
  - 진출속도는 진입속도보다 5km/h 빠른 것으로 가정
  - 신호교차로에서의 현시는 4현시
  - 용량모형은 Default 값인 SIDRA Standard 모형을 선택하였고, 이 모형은 HCM을 기반으로 한 모형임

##### (2) 회전교차로의 서비스수준(LOS)

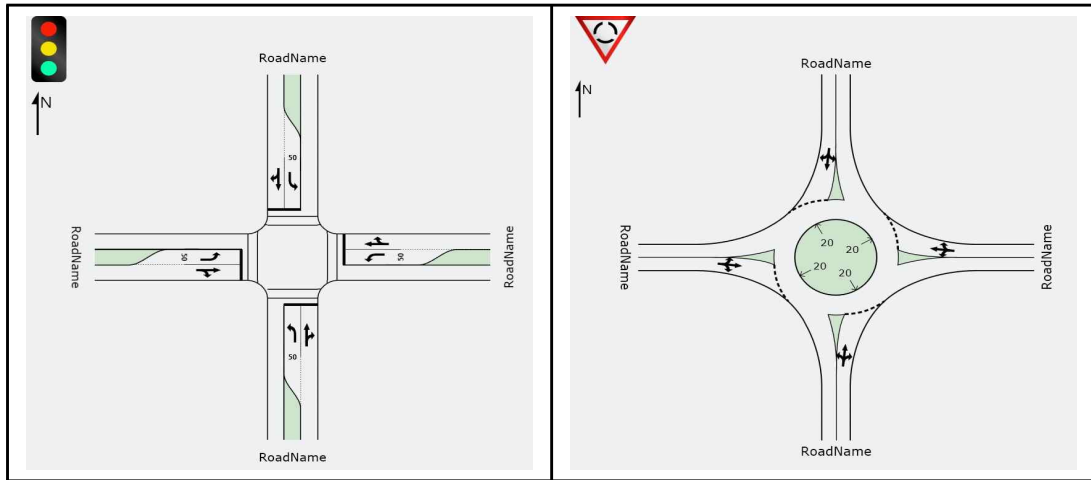
- 국내의 지침에서는 회전교차로에 대한 서비스수준을 제시하고 있지 않아, 미국 HCM에서 제시하고 있는 서비스수준 값을 적용함
- SIDRA에서 제시되는 서비스수준은 HCM의 기준을 따르고 있음

<표 6-2-18> 회전교차로의 서비스수준

	평균제어지체(Average Control Delay, 초/대)	
	회전교차로(US HCM)	신호교차로(US HCM)
A	0~10	0~10
B	10~15	10~20
C	15~25	20~35
D	25~35	35~55
E	35~50	55~80
F	50~	80~

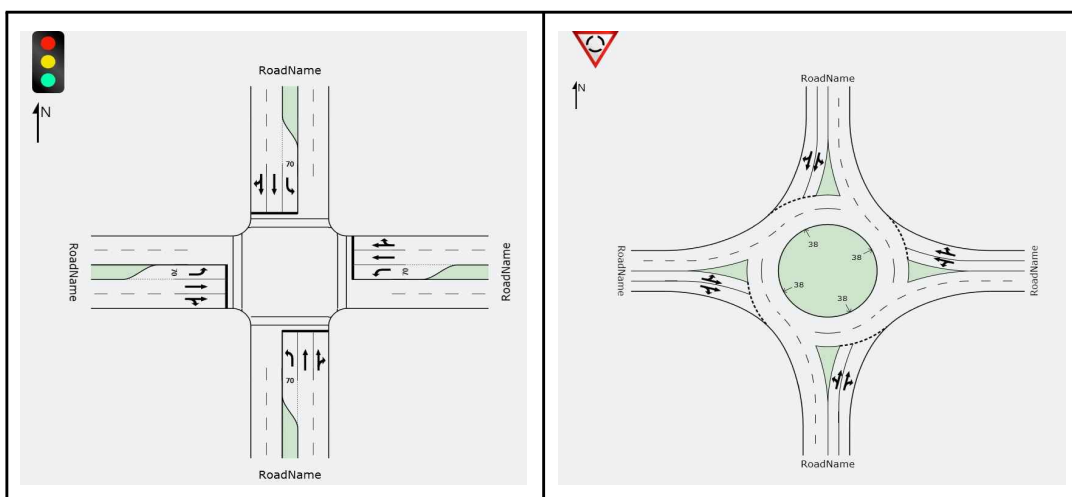
(3) 기하구조

- <그림 6-2-14>는 좌회전 전용차로가 있는 왕복 2차로의 도로를 1차로 회전 교차로로 전환 할 때의 형태를 SIDRA를 통해 구현한 모습임
- 1차로 유형의 회전교차로는 내접원 30m, 중앙교통섬 직경 20m, 회전차로 폭 5m인 회전교차로임



<그림 6-2-14> SIDRA에서 구현한 회전교차로(1차로)

- <그림 6-2-15>는 좌회전 전용차로가 있는 왕복 4차로의 도로를 2차로 회전 교차로로 전환 할 때의 형태를 SIDRA를 통해 구현한 모습임
- 2차로 유형의 회전교차로는 내접원 40m, 중앙교통섬 직경 20m, 회전차로 폭 5m인 회전교차로임



<그림 6-2-15> SIDRA에서 구현한 회전교차로(2차로)

**(4) 교통량 비율**

- 실무자가 기존의 평면교차로에서 회전교차로로 전환을 검토 할 때 계획교통량의 사례분석 결과에서 제시한 바와 같이 시간단위 교통량(대/시)을 제시해 주는 것이 바람직함
- 교통량에 의해 우선적으로 설치 여부를 결정하고, 이후 교차로의 교통운영 및 주변여건에 의해서 최종적으로 전환 여부를 판단하는 과정으로 진행되도록 함
- 따라서 SIDRA에서 교통량 증가에 따른 지체 변화를 살펴보아, 회전교차로가 다른 평면교차로 보다 효과가 좋은 교통량 범위를 검토할 필요가 있음
- 회전교통류율에 따른 SIDRA의 입력교통량은 네 가지 경우를 가정하였고, 회전교통류의 좌회전, 직진, 우회전의 비율은 1:8:1, 2:6:2, 3:6:1, 3:5:2로 설정하여 회전교통류 비율에 따른 회전교차로의 지체변화를 분석함. 여기서 좌회전 교통량이 전체교통량의 30%이상일 때 회전교차로가 신호교차로에 비해 비효율적으로 분석되어 좌회전 교통량을 최대 30%만 설정함
- 해당 방향별 교통량 비율을 토대로 진입차로별 교통량을 50대/시에서 700대/시까지 진입교통량을 증가시켜 분석하였음
- 교통량의 증가는 50~100대/시 단위로 일정한 등간격으로 1차분석을 시행한 후 지체가 급격이 변하는 변곡점부분을 다시 세부적으로 입력하여 2차분석을 시행하였음

**나. 분석결과**

- 회전교차로의 전환기준 개발을 위한 비교, 분석은 평면교차로의 유형 중 비신호교차로 유형인 AWSC(All Way Stop Control), TWSC(Two Way Stop Control), 회전교차로 및 신호교차로 4가지 유형으로 나누어 분석함
- 이 중 진입차로가 1차로인 경우는 4가지 유형에 대해 모두 분석하였고, 진입차로가 2차로인 경우는 일반적으로 비신호교차로로 운영하지 않기 때문에 분석에서 제외하여 회전교차로와 신호교차로 2가지만을 분석함

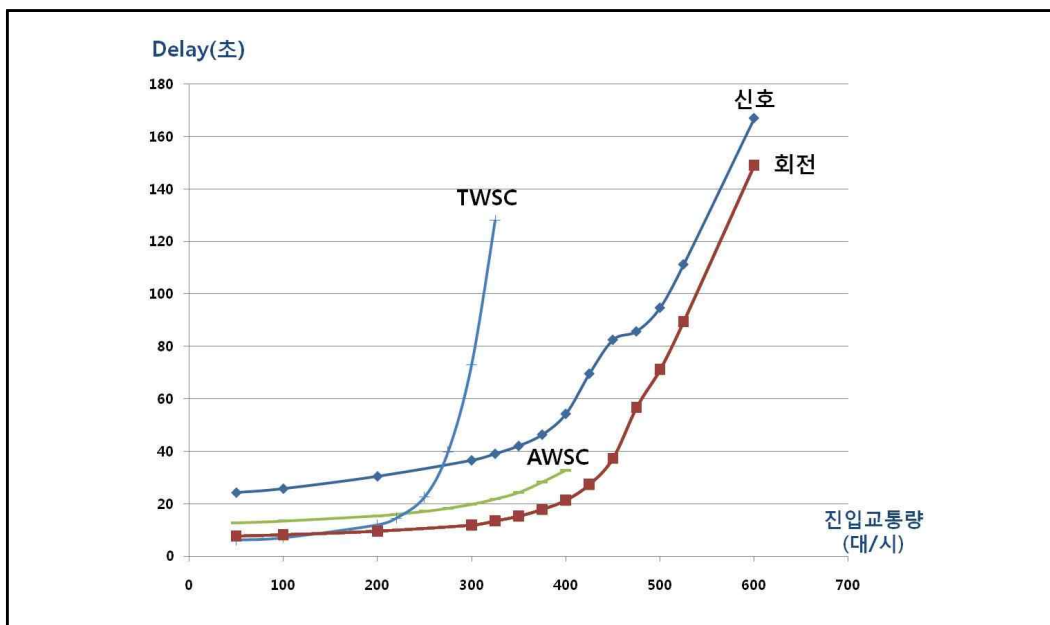
**(1) 1차로 회전교차로**

- <표 6-2-19>는 회전교통류율이 1:8:1일 때의 지체도를 나타낸 것으로 신호교차로는 진입교통량이 400~425대/시 일 때, 회전교차로는 450~475대/시 일 때 서비스수준(LOS)이 D에서 E로 넘어가는 것으로 나타남

<표 6-2-19> 회전교통류율 1:8:1일 때의 지체도 변화(1차로)

신호 교차로	1:8:1	C	C	C	C	D	D	D	D	F	F	F	F	F	F
	교통량	50	100	200	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	600
	지체도	24.3	25.8	30.5	36.6	39.1	42.1	46.4	54.3	69.6	82.5	85.7	94.7	111.2	166.9
회전 교차로	1:8:1	A	B	B	B	B	B	B	C	C	D	E	E	F	F
	교통량	50	100	200	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	600
	지체도	7.7	8.2	9.6	11.9	13.5	15.3	17.9	21.4	27.4	37.4	56.8	71.2	89.5	149.1
AWSC	1:8:1	B	B	C	C	C	C	C	C	C	D	D	F		
	교통량	50	100	200	220	250	275	300	325	350	375	400	450		
	지체도	12.7	13.4	15.4	16	17.1	18.3	19.8	21.8	24.3	28.3	32.8	78.1		
TWSC	1:8:1	B	B	C	D	E	F	F	F	F	F				
	교통량	50	100	200	220	250	275	300	325	350	400				
	지체도	6.1	7	11.9	14.5	22.5	39.8	73	128						

- <그림 6-2-16>에서 보는 바와 같이 회전교통류율이 1:8:1 일 때, 모든 진입 교통량의 경우에 회전교차로가 신호교차로에 비해 교통소통측면에서 유리한 것으로 분석되었음
- 또한, 진입 교통량이 약 125대/시 정도에서 비신호교차로와 회전교차로 지체발생량 정도가 바뀌는 것으로 나타남



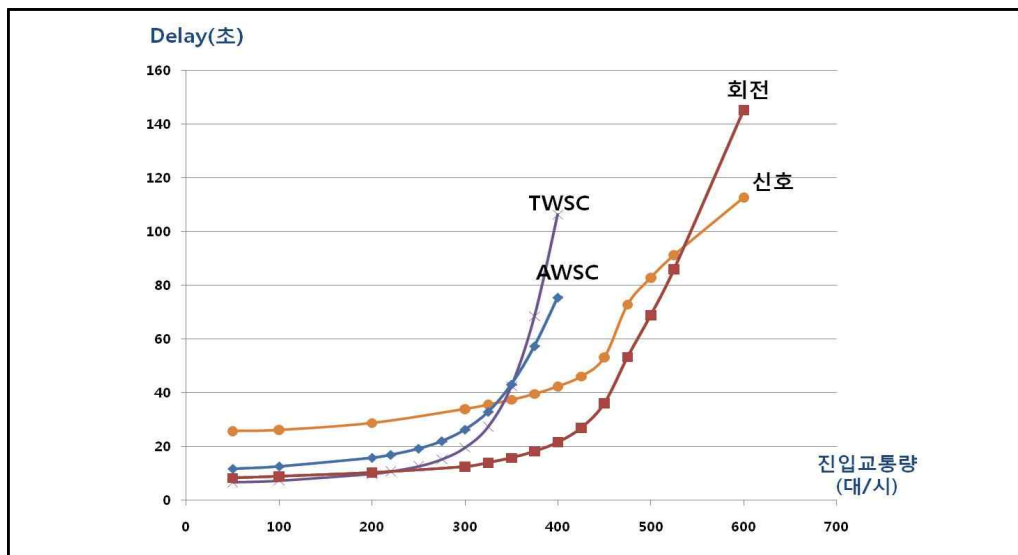
<그림 6-2-16> 진입교통량 증가에 따른 지체도 변화(1차로, 1:8:1일 때)

- <표 6-2-20>는 회전교통류율이 2:6:2일 때의 지체도를 나타낸 것으로 신호교차로는 진입교통량이 450~475대/시 일 때, 회전교차로는 450~475대/시 일 때 서비스수준(LOS)이 D에서 E로 넘어가는 것으로 나타남

<표 6-2-20> 회전교통류율 2:6:2일 때의 지체도 변화(1차로)

신호 교차로	2:6:2	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	E	F	F	F
	교통량	50	100	200	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	600
	지체도	25.8	26.2	28.8	34	35.6	37.4	39.6	42.4	46.1	53.2	72.8	82.8	91.2	112.6
회전 교차로	2:6:2	A	A	B	B	B	B	B	C	C	D	E	E	F	F
	교통량	50	100	200	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	600
	지체도	8.3	8.9	10.3	12.5	14	15.8	18.2	21.6	26.9	36.1	53.3	68.9	85.9	145.1
AWSC	2:6:2	B	B	C	C	C	C	D	D	E	F	F			
	교통량	50	100	200	220	250	275	300	325	350	375	400			
	지체도	11.7	12.6	15.8	16.9	19.2	22	26.3	32.9	43.1	57.4	75.5			
TWSC	2:6:2	B	B	C	C	C	C	C	D	E	F	F			
	교통량	50	100	200	220	250	275	300	325	350	375	400			
	지체도	6.8	7.4	9.9	10.8	12.7	15.3	19.6	27.4	42.5	68.5	106.3			

- <그림 6-2-17>에서 보는 바와 같이 회전교통류율이 2:6:2일 때, 진입교통량이 525대/시까지는 회전교차로가 신호교차로보다 지체가 적게 발생하나, 그 이상의 교통량에서는 신호교차로가 더 효과적인 것으로 분석되었음
- 또한, 진입 교통량이 약 200대/시 정도에서 비신호교차로(TWSC)와 회전교차로 지체발생량 정도가 바뀌는 것으로 나타남



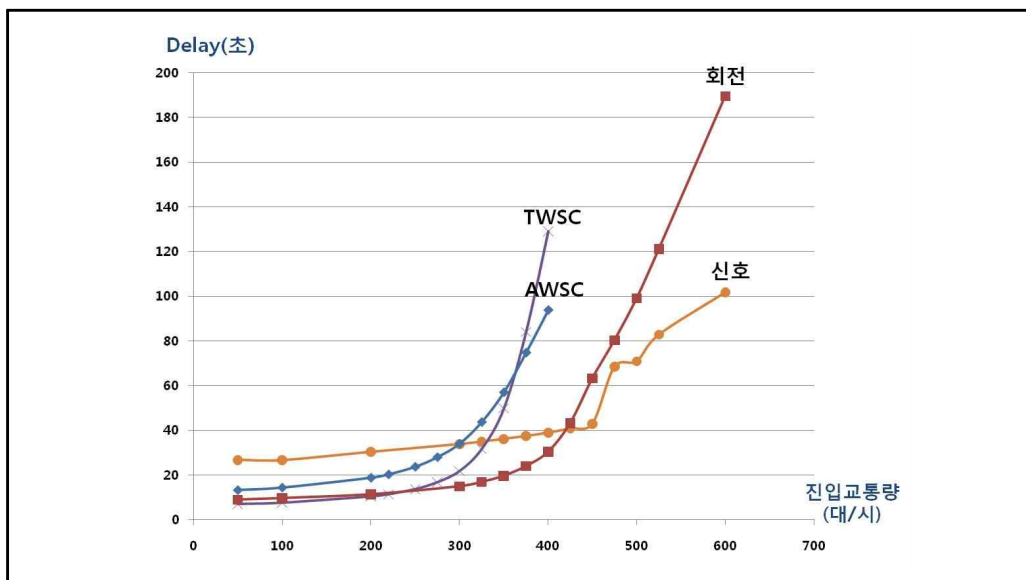
<그림 6-2-17> 진입교통량 증가에 따른 지체도 변화(1차로, 2:6:2일 때)

- <표 6-2-21>은 회전교통류율이 3:6:1일 때의 지체도를 나타낸 것으로 신호교차로는 진입교통량이 450~475대/시 일 때, 회전교차로는 425~450대/시 일 때 서비스수준(LOS)이 D에서 E로 넘어가는 것으로 나타남

<표 6-2-21> 회전교통류율 3:6:1일 때의 지체도 변화(1차로)

신호 교차로	3:6:1	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	F	E	E	F
	교통량	50	100	200	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	600
	지체도	26.7	26.6	30.3	33.8	34.9	36.1	37.4	38.9	40.8	42.9	68.5	70.9	82.8	101.8
회전 교차로	3:6:1	A	A	B	B	B	B	C	C	D	E	F	F	F	F
	교통량	50	100	200	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	600
	지체도	8.9	9.6	11.3	14.9	16.8	19.6	23.9	30.3	43.2	63.2	80.3	99	121	189.5
AWSC	3:6:1	B	B	C	C	C	D	D	E	F	F	F			
	교통량	50	100	200	220	250	275	300	325	350	375	400			
	지체도	13.3	14.4	18.8	20.3	23.7	28	34	43.7	57	74.7	93.7			
TWSC	3:6:1	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	F			
	교통량	50	100	200	220	250	275	300	325	350	375	400			
	지체도	6.9	7.5	10.3	11.3	13.6	16.7	21.7	31.6	49.8	84	129			

- <그림 6-2-18>에서 보는 바와 같이 회전교통류율이 3:6:1일 때, 진입교통량이 425대/시까지는 회전교차로가 신호교차로보다 지체가 적게 발생하나 그 이상의 교통량에서는 신호교차로가 더 효과적인 것으로 분석되었음
- 또한, 진입교통량이 약 200대/시에서 비신호교차로(TWSC)와 회전교차로 지체발생량 정도가 바뀌는 것으로 나타남



<그림 6-2-18> 진입교통량 증가에 따른 지체도 변화(1차로, 3:6:1일 때)

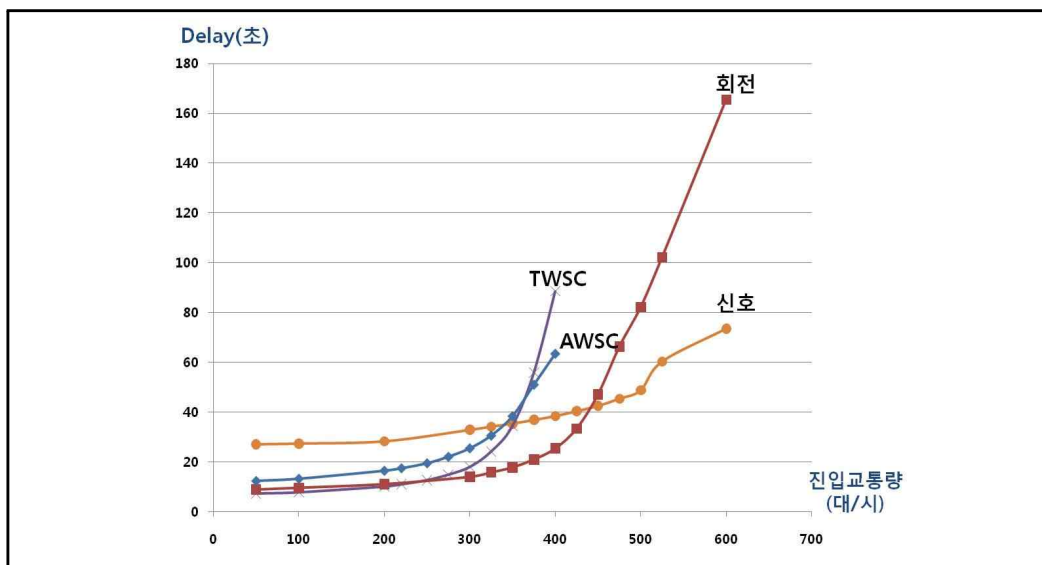


- <표 6-2-22>는 회전교통류율이 3:5:2일 때의 지체도를 나타낸 것으로 신호교차로는 진입교통량이 450~475대/시 일 때, 회전교차로는 450~475대/시 일 때 서비스수준(LOS)이 D에서 E로 넘어가는 것으로 나타남

<표 6-2-22> 회전교통류율 3:5:2일 때의 지체도 변화(1차로)

신호 교차로	3:5:2	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	E	F	F	F
	교통량	50	100	200	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	600
	지체도	25.8	26.2	28.8	34	35.6	37.4	39.6	42.4	46.1	53.2	72.8	82.8	91.2	112.6
회전 교차로	3:5:2	A	A	B	B	B	B	B	C	C	D	E	E	F	F
	교통량	50	100	200	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	600
	지체도	8.3	8.9	10.3	12.5	14	15.8	18.2	21.6	26.9	36.1	53.3	68.9	85.9	145.1
AWSC	3:5:2	B	B	C	C	C	C	D	D	E	F	F			
	교통량	50	100	200	220	250	275	300	325	350	375	400			
	지체도	11.7	12.6	15.8	16.9	19.2	22	26.3	32.9	43.1	57.4	75.5			
TWSC	3:5:2	B	B	C	C	C	C	C	D	E	F	F			
	교통량	50	100	200	220	250	275	300	325	350	375	400			
	지체도	6.8	7.4	9.9	10.8	12.7	15.3	19.6	27.4	42.5	68.5	106.3			

- <그림 6-2-19>에서 보는 바와 같이 회전교통류율이 3:5:2일 때, 진입교통량이 500대/시까지는 회전교차로가 신호교차로보다 지체가 적게 발생하나 그 이상의 교통량에서는 신호교차로가 더 효과적인 것으로 분석되었음
- 또한, 진입교통량이 약 200대/시에서 비신호교차로(TWSC)와 회전교차로 지체발생량 정도가 바뀌는 것으로 나타남



<그림 6-2-19> 진입교통량 증가에 따른 지체도 변화(1차로, 3:5:2일 때)

- 1차로 회전교차로에서 회전교통류율에 따른 비신호교차로와 회전교차로의 지체를 비교한 결과, <표 6-2-23>과 같이 진입교통량이 100대/시 이하인 경우 비신호교차로의 효율이 높고, 진입교통량이 150대/시 이상이면 비신호교차로는 회전교차로에 비해 급격하게 지체가 높아져 효율이 낮아지게 됨

<표 6-2-23> 지체도 분석 결과(1차로형, 비신호 vs 회전)

진입 교통량	회전교통류율											
	1:8:1			2:6:2			3:6:1			3:5:2		
	TW SC	AW SC	회전	TW SC	AW SC	회전	TW SC	AW SC	회전	TW SC	AW SC	회전
50	6.1	12.7	7.7	6.8	11.7	8.3	6.9	13.3	8.9	7.3	12.4	8.9
100	7.0	13.4	8.2	7.4	12.6	8.9	7.5	14.4	9.6	7.8	13.3	9.6
150	8.6	14.2	8.9	8.4	13.9	9.5	8.6	16.1	10.4	8.7	14.6	10.3
200	11.9	15.4	9.6	9.9	15.8	10.3	10.3	18.8	11.3	10.1	16.5	11.1
220	14.5	16.0	9.9	10.8	16.9	10.6	11.3	20.3	11.7	11.0	17.5	11.5
250	22.5	17.1	10.5	12.7	19.2	11.2	13.6	23.7	12.3	12.7	19.5	12.1
275	39.8	18.3	11.0	15.3	22.0	11.6	16.7	28.0	13.3	14.9	22.1	12.7
300	73.0	19.8	11.9	19.6	26.3	12.5	21.7	34.0	14.9	18.0	25.5	14.0
325	128	21.8	13.5	27.4	32.9	14.0	31.6	43.7	16.8	24.2	30.6	15.8

- 1차로 회전교차로에서 회전교통류율에 따른 신호교차로와 회전교차로의 지체를 비교한 결과, <표 6-2-24>와 같이 회전교차로는 400대/시 이하일 때 신호교차로에 비해 지체가 낮고, 450~500대/시 정도의 교통량 수준에서 급격하게 지체가 높아지게 됨. 또한 회전교차로는 직진교통량이 많을 때 더욱 효율적이며, 좌회전교통량이 30%이상일 경우 그 효율이 낮아지게 됨

<표 6-2-24> 지체도 분석 결과(1차로형, 신호 vs 회전)

진입 교통량	회전교통류율							
	1:8:1		2:6:2		3:6:1		3:5:2	
	신호	회전	신호	회전	신호	회전	신호	회전
50	24.3	7.7	25.8	8.3	26.7	8.9	27.1	8.9
100	25.8	8.2	26.2	8.9	26.6	9.6	27.4	9.6
200	30.5	9.6	28.8	10.3	30.3	11.3	28.3	11.1
300	36.6	11.9	34	12.5	33.8	14.9	32.9	14
325	39.1	13.5	35.6	14	34.9	16.8	34.2	15.8
350	42.1	15.3	37.4	15.8	36.1	19.6	35.4	17.8
375	46.4	17.9	39.6	18.2	37.4	23.9	36.9	21
400	54.3	21.4	42.4	21.6	38.9	39.1	38.4	25.4
425	69.6	27.4	46.1	26.9	40.8	43.2	40.4	33.4
450	82.5	37.4	53.2	36.1	42.9	63.2	42.5	47.1
475	85.7	56.8	72.8	53.3	68.5	80.3	45.4	66.3
500	94.7	71.2	82.8	68.9	70.9	99	48.8	82.2
525	111.2	89.5	87.2	83.9	82.8	121	60.3	102.2
600	166.9	149.1	112.6	145.1	101.8	189.5	73.5	165.5

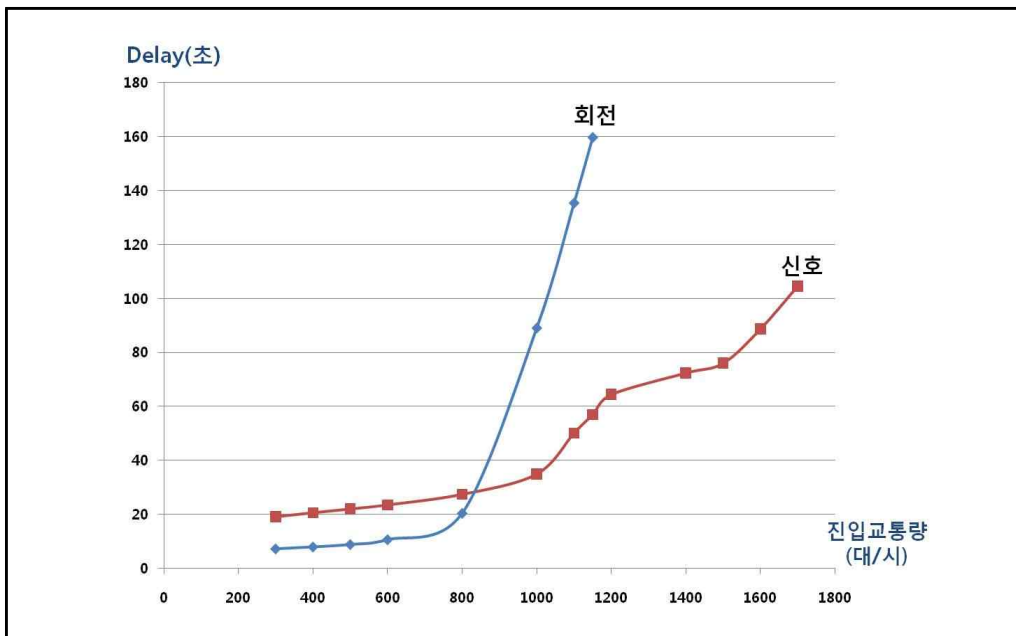
(2) 2차로 회전교차로

- 2차로 회전교차로 및 신호교차로에서의 진입교통량 단위는 대/시/2차로이며, <표 6-2-25>는 회전교통류율이 1:8:1일 때의 지체도를 나타낸 것으로 신호교차로에서는 1,100~1,150대/시, 회전교차로에서는 850~900대/시 일 때 서비스수준(LOS)이 D에서 E로 넘어가는 것으로 나타남

<표 6-2-25> 회전교통류율 1:8:1일 때의 지체도 변화(2차로)

신호 교차로	1:8:1	B	C	C	C	C	C	D	E	E	E	E	F	F
	교통량	300	400	500	600	800	1000	1100	1150	1200	1400	1500	1600	1700
	지체도	19.1	20.6	22	23.5	27.4	34.9	50.1	57	64.4	72.4	76	88.7	104.6
회전 교차로	1:8:1	A	A	A	B	C	D	E	F	F	F			
	교통량	300	400	500	600	800	850	900	1000	1100	1150			
	지체도	7.2	7.9	8.8	10.6	20.36	34.8	53.5	89	135.3	159.6			

- <그림 6-2-20>에서 보는 바와 같이 회전교통류율이 1:8:1일 때, 진입교통량이 850대/시까지는 회전교차로가 신호교차로보다 지체가 적게 발생하나 그 이상의 교통량에서는 신호교차로가 더 효과적인 것으로 분석되었음



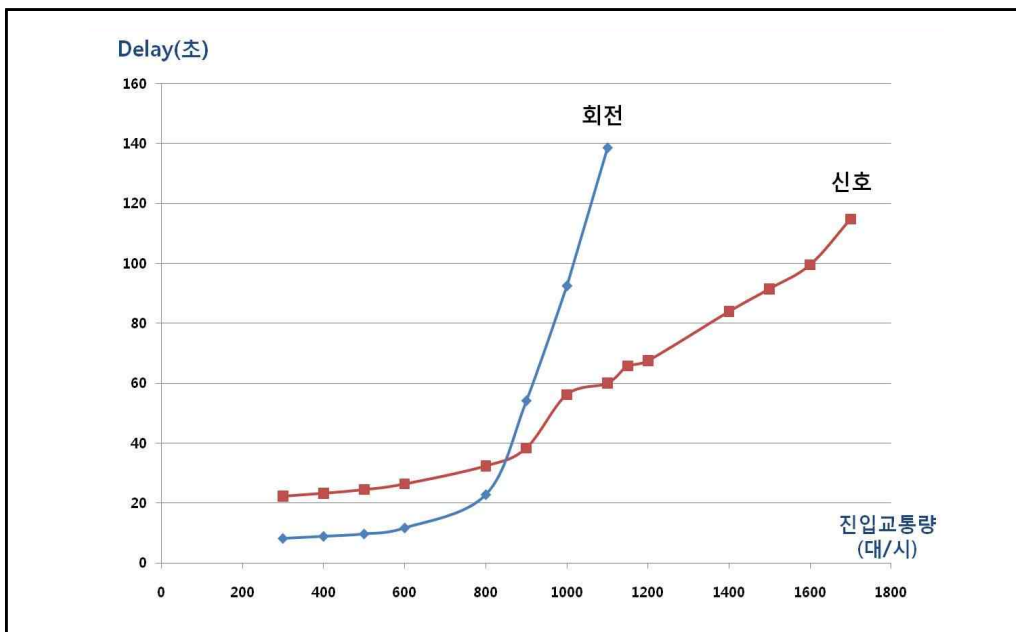
<그림 6-2-20> 진입교통량 증가에 따른 지체도 변화(2차로, 1:8:1일 때)

- <표 6-2-26>는 회전교통류율이 2:6:2일 때의 지체도를 나타낸 것으로 신호교차로는 진입교통량이 900~1,000대/시 일 때, 회전교차로는 850~900대/시 일 때 서비스수준(LOS)이 D에서 E로 넘어가는 것으로 나타남

<표 6-2-26> 회전교통류율 2:6:2일 때의 지체도 변화(2차로)

신호 교차로	2:6:2	C	C	C	C	C	D	E	E	E	F	F	F	F	F
	교통량	300	400	500	600	800	900	1000	1100	1150	1200	1400	1500	1600	1700
	지체도	22.3	23.3	24.5	26.4	32.4	38.4	56.2	60	65.8	67.5	83.9	91.5	99.5	114.8
회전 교차로	2:6:2	A	A	A	B	C	D	F	F	F	F				
	교통량	300	400	500	600	800	850	900	1000	1000	1100	1400	1500	1600	1700
	지체도	8.3	9	9.8	11.8	22.9	34.5	54.2	92.5	92.5	138.5				

- <그림 6-2-21>에서 보는 바와 같이 회전교통류율이 2:6:2일 때, 진입교통량이 850대/시까지는 회전교차로가 신호교차로보다 지체가 적게 발생하나 그 이상의 교통량에서는 신호교차로가 더 효과적인 것으로 분석되었음



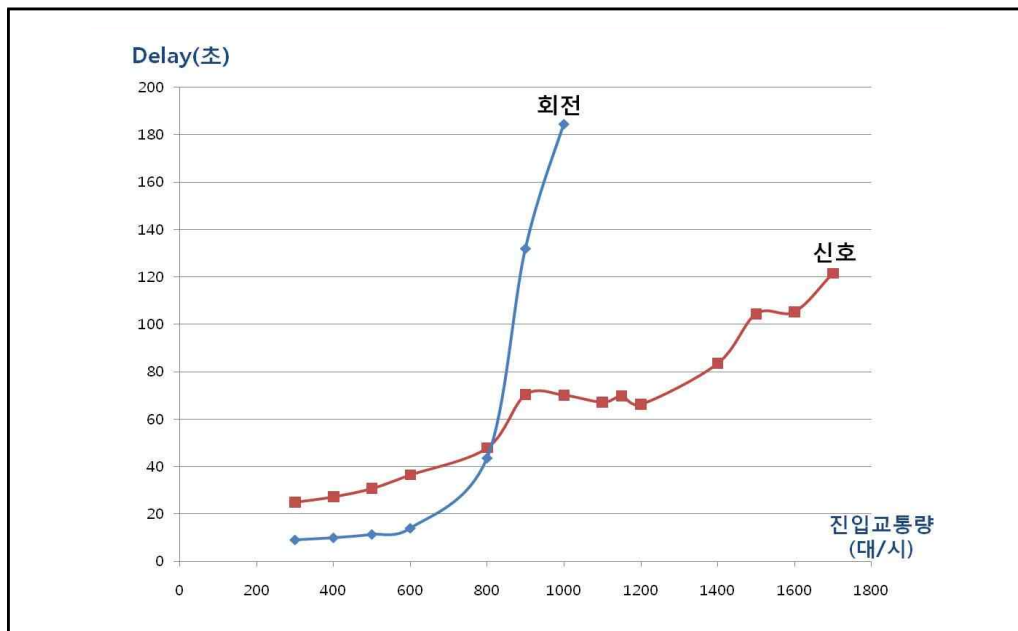
<그림 6-2-21> 진입교통량 증가에 따른 지체도 변화(2차로, 2:6:2일 때)

- <표 6-2-27>은 회전교통류율이 3:6:1일 때의 지체도를 나타낸 것으로 신호교차로는 진입교통량이 800~900대/시 일 때, 회전교차로는 750~800대/시 일 때 서비스수준(LOS)이 D에서 E로 넘어가는 것으로 나타남

<표 6-2-27> 회전교통류율 3:6:1일 때의 지체도 변화(2차로)

신호 교차로	3:6:1	C	C	C	D	D	E	E	E	E	E	F	F	F	F
	교통량	300	400	500	600	800	900	1000	1100	1150	1200	1400	1500	1600	1700
	지체도	25	27.3	30.8	36.5	47.9	70.3	70.1	67.1	69.7	66.2	83.5	104.4	105.2	121.5
회전 교차로	3:6:1	A	B	B	B	C	D	E	F	F					
	교통량	300	400	500	600	700	750	800	900	1000	1100	1150	1200	1400	1500
	지체도	9.2	10.1	11.5	14.1	23.2	32.5	43.7	132	184.5					

- <그림 6-2-22>에서 보는 바와 같이 회전교통류율이 3:6:1일 때, 진입교통량이 825대/시까지는 회전교차로가 신호교차로보다 지체가 적게 발생하나 그 이상의 교통량에서는 신호교차로가 더 효과적인 것으로 분석되었음



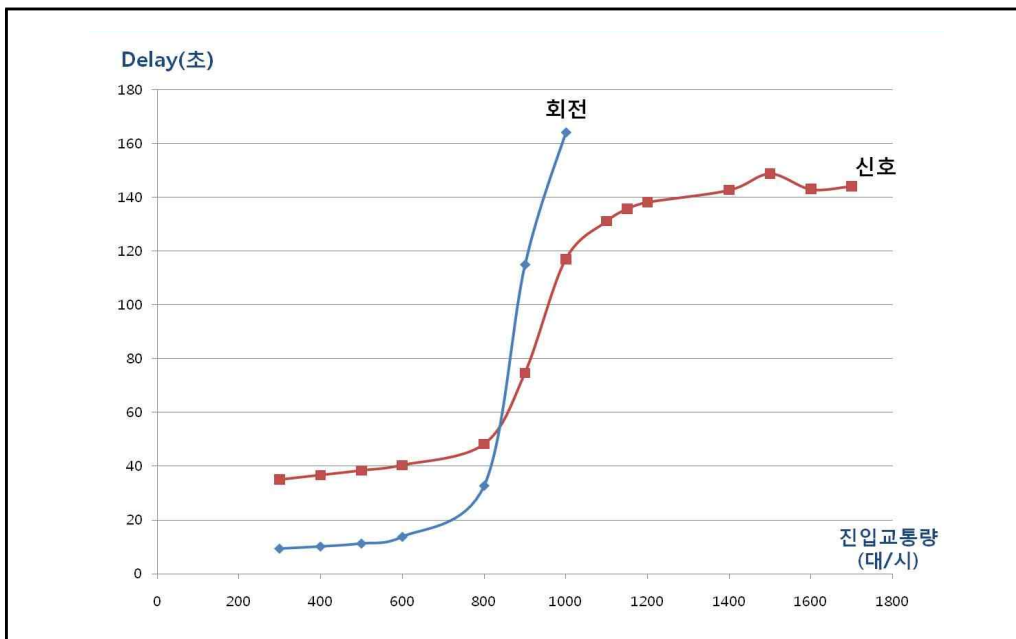
<그림 6-2-22> 진입교통량 증가에 따른 지체도 변화(2차로, 3:6:1일 때)

- <표 6-2-28>은 회전교통류율이 3:5:2일 때의 지체도를 나타낸 것으로 신호교차로는 진입교통량이 800~900대/시 일 때, 회전교차로는 800~810대/시 일 때 서비스수준(LOS)이 D에서 E로 넘어가는 것으로 나타남

<표 6-2-28> 회전교통류율 3:5:2일 때의 지체도 변화(2차로)

신호 교차로	3:5:2	C	C	C	D	D	E	E	E	E	E	F	F	F	F
	교통량	300	400	500	600	800	900	1000	1100	1150	1200	1400	1500	1600	1700
	지체도	25.3	27.1	29.9	35.3	46.2	63.3	62.2	62.2	67.1	67.6	91.2	105.2	116	136.7
회전 교차로	3:5:2	A	B	B	B	D	E	F	F						
	교통량	300	400	500	600	800	810	850	900	1000	1150	1200	1400	1500	1600
	지체도	9.3	10.1	11.2	13.7	32.7	49.7	59.2	115.0	164.2					

- <그림 6-2-23>에서 보는 바와 같이 회전교통류율이 3:6:1일 때, 진입교통량이 825대/시까지는 회전교차로가 신호교차로보다 지체가 적게 발생하나 그 이상의 교통량에서는 신호교차로가 더 효과적인 것으로 분석되었음



<그림 6-2-23> 진입교통량 증가에 따른 지체도 변화(2차로, 3:5:2일 때)

- 2차로에서는 일반적으로 비신호교차로를 운영하지 않으므로, 회전교통류율에 따른 신호교차로와 비신호교차로의 지체를 비교한 결과, <표 6-2-29>와 같이 진입교통량이 800대/시 이하일 경우 신호교차로보다 지체가 적어 교차로 운영효과가 높고 그 이상의 교통량 수준에서는 지체가 급격하게 높아지게 됨을 알 수 있었음
- 따라서, 편도 2차로에 회전교차로를 설치할 경우, 진입교통량은 방향별 800대/시(교차로 전체교통량은 3,200대/시)이하일 경우 신호교차로에 비해 교차로 지체측면에서 유리함

<표 6-2-29> 지체도 분석 결과(2차로형, 신호 vs 회전)

진입 교통량	회전교통류율							
	1:8:1		2:6:2		3:6:1		3:5:2	
	신호	회전	신호	회전	신호	회전	신호	회전
300	19.1	7.2	22.3	8.3	25	9.2	25.3	9.3
400	20.6	7.9	23.3	9	27.3	10.1	27.1	10.1
500	22	8.8	24.5	9.8	30.8	11.5	29.9	11.2
600	23.5	10.6	26.4	11.8	36.5	14.1	35.3	13.7
800	27.4	20.36	32.4	22.9	47.9	43.7	46.2	32.7
900	30.8	89	38.4	54.2	70.3	132	63.3	115
1000	34.9	135.3	56.2	92.5	70.1	184.5	62.2	164.2
1100	50.1	159.6	60	92.5	67.1	-	62.2	-
1150	57	-	65.8	138.5	69.7	-	67.1	-
1200	64.4	-	67.5	-	66.2	-	67.6	-
1400	72.4	-	83.9	-	83.5	-	91.2	-
1500	76	-	91.5	-	104.4	-	105.2	-

2.4.3 한국형 회전교차로 전환기준

- 평면교차로의 유형 중 회전교차로로 전환을 할 경우, 아래의 기하구조 및 통행 여건에 부합하며, 교통소통 및 교통안전 측면에 충분한 효과가 있는 경우 전환할 수 있음

가. 기하구조 및 통행 여건

- 기하구조 및 통행여건은 회전교차로(잠정지침)에 있는 내용 중 본 연구에서 추구하는 한국형 회전교차로의 설치목적에 부합하는 내용을 추가 또는 삭제하여 작성함
- 회전교차로 설치를 위해서는 대상교차로의 기하구조와 주변의 통행여건에 대한 면밀한 검토가 필요함. 일반적인 형태의 교차로는 대부분 회전교차로로 변경이 가능하나, 운영상 비효율적이거나 교차로 내 사고가 많은 경우는 회전교차로가 더 바람직한 대안이 될 수 있음

(1) 회전교차로 설치가 권장되는 경우

- 교차로의 신호제어나 정지에 의한 교통 지체가 심각한 경우
- 교차로에서 하나 이상의 접근로에 좌회전 교통량이 많은 경우
- 교통량 수준이 비신호교차로로 운영하기에는 제한적이거나, 신호교차로로 운영하면 효율성이 떨어지는 경우
- 교차로에서 직진하거나 회전하는 자동차에 의한 사고가 빈번할 경우
- 장래 교통량 증가가 예상되고 교통류 운영 패턴이 불확실한 경우
- 각 접근로별 통행우선권 부여가 어렵거나 바람직하지 않은 경우
- Y자 또는 T자형 교차로, 기타 교차로 형태가 특이한 경우

(2) 회전교차로 설치가 금지되는 경우

- 최대한 확보 가능한 교차로 용지 내에서 각 설계요소(회전반경, 직경, 도로 폭, 경사도 등)가 설계기준에 만족하지 않는 경우
- 침두시 가변차로가 운영되는 경우
- 신호연동이 잘 이루어지고 있는 구간 내 교차로를 회전교차로로 전환시 연동효과를 감소시킬 수 있는 경우

(3) 회전교차로 설치여건에 대한 검토가 필요한 경우

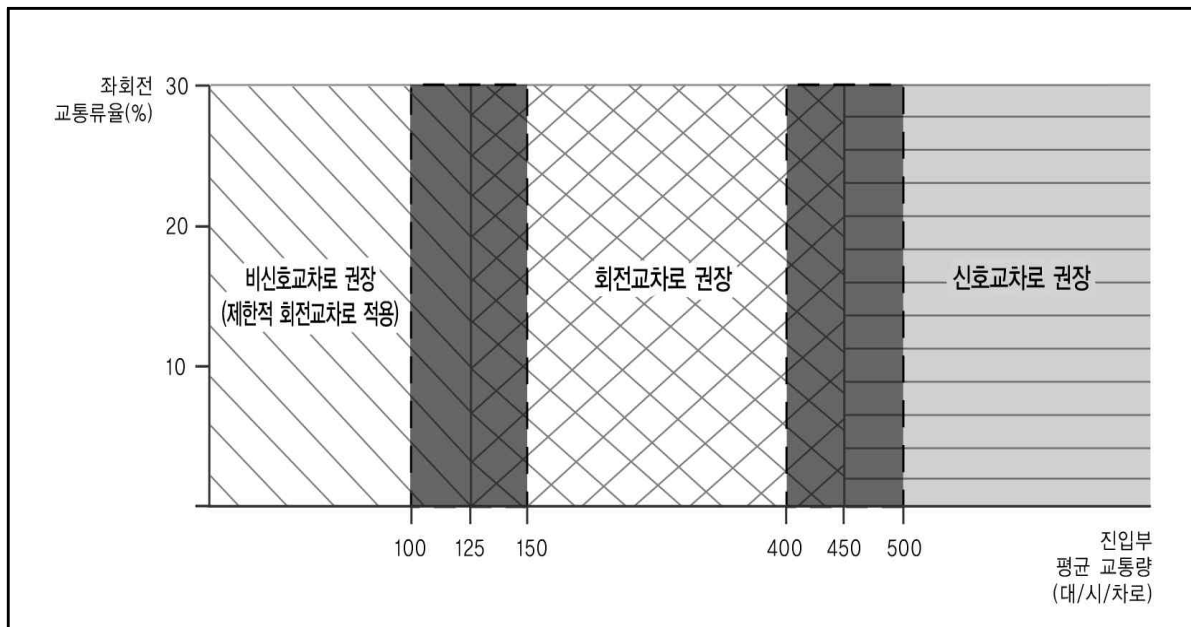
- 다음의 경우는 설계 시에 기하구조 변경이나 운영방법의 개선을 통하여 해당 문제를 제거하거나, 면밀한 검토를 통하여 회전교차로를 설치할 수 있음

- 접근로 중 하나라도 제한속도가 70km/h 이상인 도로
- 접근로의 종단경사가 4%를 초과하는 경우
- 접근로별 교통량 배분의 불균형이 심할 때, 즉, 1~2개 접근로에 교통량이 심하게 편중되어 있는 경우
- 주도로와 부도로가 접속되는 교차로에서, 회전교차로로 인해 주도로에 극심한 정체가 예상되는 경우
- 보행량(특히 어린이나 노약자)이나 자전거통행량이 지나치게 많은 경우
- 접근로 시거가 불량하여 회전교차로 인지가 안 되는 경우
- 하류부의 자동차신호, 보행신호, 철도건널목 신호등에 의해 집중된 자동차의 대기행렬이 회전교차로까지 연장될 가능성이 있는 경우
- 철로가 회전교차로를 통과하는 경우
- 접근로가 여섯갈래 이상인 경우
- 긴급자동차의 우선 통과가 보장되어야 하는 경우 (예, 소방서 인접 교차로)
- 신호시간 개선에 의하여 소통과 안전문제를 충분히 해결할 수 있는 경우



나. 교통소통 측면

- SIDRA를 이용하여 분석한 결과 평면교차로 유형들 간의 전환교통량 범위를 찾아 낼 수 있었으나, 일반적으로 교차로는 교통운영 방식, 주변의 교통여건 및 상황, 보행자 및 자전거 통행 등에 의해 획일적으로 정의할 수 없음
  - 따라서, <그림 6-2-24>와 같이 주변의 통행여건을 고려하여 적절한 평면교차로를 적용 가능하도록 음영부분을 두어 지역 및 교차로 조건에 따른 정책결정자 및 도로설계자의 선택을 중요시 하였음
  - 교차로 계획 및 설계단계에서의 평면교차로의 유형 중 회전교차로 도입을 위한 적정 계획교통량은 <그림 6-2-24>와 같이, 교차로 유형별 범위내에서 회전교차로의 전환을 권장함
- 방향별 진입교통량이 125대/시 이하인 1차로 비신호교차로
  - 방향별 진입교통량이 450대/시 이하인 1차로 신호교차로
  - 방향별 진입교통량이 800대/시 이하인 2차로 신호교차로
  - 좌회전 교통류율이 전체교통량의 30%가 넘는 교차로에서는 신호교차로 설치가 바람직함



<그림 6-2-24> 교차로 유형별 전환교통량 범위

- 여기서, 비신호교차로에서의 제한적 회전교차로 적용이라 함은 회전교차로 전환 시 교통량 수준이 적어 교통소통 완화효과는 미비하나, 안전상 문제가

발생 시 제한적으로 회전교차로 적용이 가능함을 의미하며, 다음과 같은 목적으로 회전교차로를 설치하여 교차로의 서비스 개선을 꾀할 수 있음

- 교통량이 상대적으로 많은 비신호교차로 혹은 교통량이 적은 신호교차로에서 신호현시에 따른 불필요한 지체가 발생하는 경우 ‘교통소통 향상’을 목적으로 회전교차로를 설치할 수 있으며,
  - 교통량이 적은 경우에도 사고발생 빈도가 높거나 심각도가 높은 사고가 발생하는 등의 교차로 안전에 문제가 될 때, ‘교차로 안전성 향상’을 목적으로 회전교차로를 설치 할 수 있고,
  - 기타 교차로 미관향상, 교차로 유지관리 비용절감 등의 목적으로도 회전교차로 설치가 가능함
- 단, 좌회전 교통류율이 30%가 넘는 교차로에서는 회전교차로 보다는 신호교차로위주로 설치함이 바람직함. 단, 제시된 계획기준은 접근로별 교통량의 평균값을 제시한 것이므로 주도로와 부도로 교통량 비율, 주방향과 부방향 교통류율에 따라 유연하게 적용할 필요가 있음

#### 다. 교통안전 측면

- 교통사고 및 안전성 향상을 위하여 기존 평면교차로를 회전교차로로 전환할 때에는 위의 전환기준에 부합되지 않아도 아래와 같은 특성을 가진 교차로에서도 적용이 가능함
- 교통사고 잦은 곳으로 지정된 교차로
- 교차로의 사고유형 중 직각충돌사고 및 정면충돌사고가 빈번히 발생하는 교차로
- 주도로와 부도로의 통행속도차가 크고, 차량간 속도의 편차가 큰 교차로

### 제3절 한국형 회전교차로의 이용자 편의 제공방안

#### 3.1 한국형 회전교차로의 이용자 편의 제공방안 개요

- 회전교차로의 이용자는 크게 자동차 운전자, 보행자, 자전거 이용자로 구분할 수 있고, 이 중 본절에서는 보행자 및 자전거 이용자의 편의를 제공하기 위해 자전거 및 보행자 횡단시설 설치근거 및 자전거도로와의 연계방안 등에 대해 알아보하고자 함
- 보행자 및 자전거 이용자의 편의시설은 기존의 관련 법·규정을 최대한 검토하여 준용하되, 필요시에는 관련 해외사례 등을 추가 검토하여 적용하고자 함

#### 3.2 관련 법·규정 검토

- 교차로에서의 보행자 및 자전거 이용자 관련 통행방법 및 설치기준은 아래와 같이 다수 존재함
  - 평면교차로 설계지침, 건설교통부, 2004.12
  - 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설 및 지침, 국토해양부, 2009
  - 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(일부 개정 2010.10)
  - 자전거이용 활성화에 관한 법률(일부 개정 2010.4)
  - 자전거이용시설의 구조·시설 기준에 관한 규칙(개정 2010.10)
  - 자전거 이용시설 설치 및 관리 매뉴얼, 행정안전부, 2010.7
  - 도로교통법(일부 개정 2010.7)
  - 도로교통법 시행규칙(일부 개정 2010.9)
  - 도로안전시설 설치 및 관리지침 통합편, 국토해양부, 2008.12
  - 교통안전시설 실무편람, 경찰청, 2008.8
  - 보행자 횡단보도 설치기준에 관한 연구, 도로교통안전관리공단, 1998.12

##### 3.2.1 평면교차로 설계지침, 건설교통부, 2004.12

- 평면교차로 설계지침에서는 일반교차로에서의 횡단보도 폭, 횡단보도 위치 등의 설치기준과 회전교차로 잠정지침을 통해 회전교차로에서의 횡단보도 설치기준에 대해 기술함

##### 가. 일반교차로의 횡단보도 설치기준

### (1) 횡단보도 폭

- 횡단보도의 폭은 보행자 교통량의 함수로 생각하는 것이 합리적이고 일반적으로 유효 보도폭의 2배 정도로 함. 최소 보도폭은 4.0m로 하며 보행자가 많은 경우 도로의 상황에 따라 실제적으로 적당히 증가시키며 특별한 경우 2.0m로 하는데 이는 폭 6~8m의 좁은 도로에만 적용될 수 있음

### (2) 횡단보도 위치

- 횡단보도의 위치는 교차로의 상황, 자동차 및 보행자의 교통량 등을 종합적으로 고려하여 차로 횡단거리가 가능한 짧고 교차면적도 좁아지도록 정해야 함
- 주요 고려요소로는 교차로 형태, 교차도로의 폭과 교차각, 보도의 유무와 폭, 우각절단부의 유무와 그 크기 등을 모두 고려해야 하기 때문에 일률적으로 정하기는 곤란함
- 도로 횡단부와 보도의 위치관계는 보도의 연장선상에 횡단보도가 설치되는 것이 바람직하나 도로 횡단부에는 가드레일, 전주, 기타 부대시설 등 유효한 보도부분이 차도와 접해 있으므로 일반적으로 도로 횡단부와 보차도 경계 연장선에서 최소 1m 정도 떨어져 횡단보도를 설치함. 우회전 자동차와 횡단보행자간의 교차로 인한 직진자동차의 진행방해를 고려하여 횡단보도를 보차도 경계의 연장선에서 5~6m, 정지선은 2~3m 뒤에 설치하는 것이 바람직함

## 나. 회전교차로의 횡단보도 설치기준

### (1) 횡단보도 위치

- 회전교차로에서 보행자 횡단의 특성은 보행자가 회전교차로로 진입하는 자동차 뒤쪽에서 횡단한다는 것임. 따라서 횡단보도는 양보선으로 부터 차량 한 대 길이인 대략 6m 가량 떨어져 위치하고 분리 교통섬에 보행자 대피공간이 마련되어야 함
- 분리교통섬에 보행자 통행로를 제공하여, 진입·진출 자동차를 피해 보행자가 안전하게 횡단하도록 하며 그 폭은 최소 2m 이며 장애인을 횡단을 고려한다면 3m 가 바람직함

### (2) 자전거도로

- 회전부 속도가 30km/h 미만인 소형이나 도시지역 회전교차로는 자전거와 자동차 속도가 거의 같다고 보고 자전거가 자동차와 같은 차로를 이용하더라도 안전하다고 판단하여 접근로에서는 자전거도로를 주행하다가 회전부에서는 자동차와 같이 회전차로를 이용하여 주행하도록 설계함. 접근로의 자전거도로는 양보선의 상류부 30m 전방에서 끝나며 연결로를 통해 자전거도로

에서 일반차로로 자연스럽게 진입하도록 설계함

- 설계속도가 높은 큰 규모의 회전교차로는 자전거가 회전차로로 진입하지 못하게 하고 보행로를 함께 이용하거나 보행로에 자전거 전용로를 별도로 설치하는 방법으로 설계함

### 3.2.2 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설 및 지침, 국토해양부, 2009

#### (1) 자전거도로

- 안전하고 원활한 교통을 확보하기 위하여 자전거, 자동차 및 보행자의 통행을 분리할 필요가 있는 경우에는 자전거도로를 설치하여야 함. 다만, 지형 상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 예외로 함
- 자전거도로의 구조와 시설기준에 관하여는 「자전거 이용시설의 구조·시설 기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 따름
- 자전거 교통의 분리는 자전거 교통량, 자동차 교통량 및 주행속도 이 세 가지를 고려하여 판단함

#### (2) 보도

- 보행자의 안전과 자동차 등의 원활한 통행을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 도로에 보도를 설치하여야 하고, 필요하다고 인정되는 지역에는 「교통약자의 이동편의 증진법」에 따른 이동편의시설을 설치하여야 함
- 제1항에 따라 차도와 보도를 구분하는 경우에는 다음 각 호의 기준에 따름
  - 차도에 접하여 연석을 설치하는 경우 그 높이는 25cm 이하로 할 것
  - 횡단보도에 접한 구간으로서 필요하다고 인정되는 지역에는 「교통약자의 이동편의 증진법」에 따른 이동편의시설을 설치하여야 하며, 자전거도로에 접한 구간은 자전거의 통행에 불편이 없도록 할 것
- 보도의 유효폭은 보행자의 통행량과 주변 토지이용상황을 고려하여 결정하되, 최소 2m이상으로 하여야 함. 다만, 지방지역의 도로와 도시지역의 국지도로는 지형상 불가능하거나 기존 도로의 증설·개설시 불가피하다고 인정되는 경우에는 1.5m이상으로 할 수 있음
- 보도는 보행자의 통행 경로를 따라 연속성과 일관성이 유지되도록 설치하며, 보도에 가로수 등 노상시설을 설치하는 경우 노상시설 설치에 필요한 폭을 추가로 확보하여야 함

#### (3) 회전교차로

- 회전교차로에 대한 내용은 「평면교차로 설계지침」과 유사함

### 3.2.3 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(일부 개정 2010.10)

- 보행자전용도로 및 자전거전용도로의 구분 그리고 자전거 전용도로의 결정 기준, 자전거 전용도로의 구조 및 설치기준 등을 담고 있음
- 도로의 구분
  - 보행자전용도로 : 폭 1.5m 이상의 도로로서 보행자의 안전하고 편리한 통행을 위하여 설치하는 도로
  - 자전거전용도로 : 하나의 차로를 기준으로 폭 1.5m(지역 상황 등에 따라 부득이하다고 인정되는 경우에는 1.2m) 이상의 도로로서 자전거의 통행을 위하여 설치하는 도로

### 3.2.4 자전거이용 활성화에 관한 법률(일부 개정 2010.4)

- 제3조에서 자전거도로를 구분하고 있음
  - 자전거전용도로 : 자전거만이通行할 수 있도록 분리대·연석 기타 이와 유사한 시설물에 의하여 차도 및 보도와 구분하여 설치된 자전거도로
  - 자전거보행자겸용도로 : 자전거외에 보행자도通行할 수 있도록 분리대·연석 기타 이와 유사한 시설물에 의하여 차도와 구분하거나 별도로 설치된 자전거도로
  - 자전거전용차로 : 다른 차와 도로를 공유하면서 안전표지나 노면표시 등으로 자전거通行구간을 구분한 차로

### 3.2.5 자전거이용시설의 구조·시설 기준에 관한 규칙(개정 2010.10)

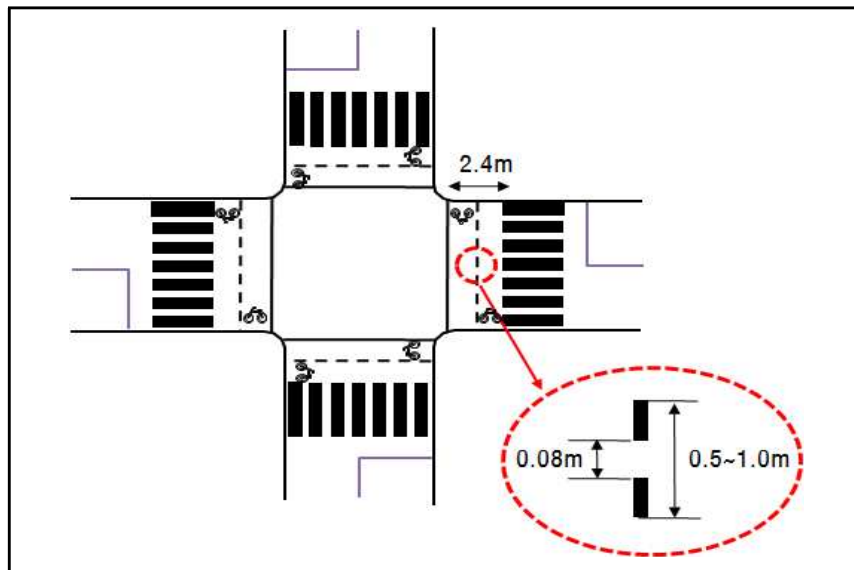
- 제5조 자전거도로의 폭
  - 자전거도로의 폭은 하나의 차로를 기준으로 1.5m 이상으로 한다. 다만, 지역 상황 등에 따라 부득이하다고 인정되는 경우에는 1.2m 이상으로 할 수 있음
- 제10조 시설 한계
  - 자전거도로의 시설한계는 자전거의 원활한 주행을 위하여 폭은 1.5m 이상으로 하고, 높이는 2.5m 이상으로 한다. 다만, 지형 상황 등으로 인하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 시설한계 높이를 축소할 수 있음
- 제13조 도로와의 평면교차
  - 자전거도로가 일반도로(「도로법」에 따른 도로를 말하며, 고속도로는 제외함. 이하 같다)와 평면교차하는 경우에는 교차각을 90도로 하고, 교차점으로부터 자전거도로 각 양측의 25m 이상 구간은 시야에 장애가 없도록 하여야 함
- 제1항에 따라 교차점으로부터 25m 이상 구간의 시야를 확보하지 못하거나

자전거도로의 종단경사가 3% 이상인 경우에는 교차가 시작되기 전 3m 이상의 지점에 자전거 과속방지용 안전시설을 설치하여야 함

- 자동차의 횡단을 허용하는 자전거도로 구간에는 흰색 점선으로 표시하여야 함

3.2.6 자전거 이용시설 설치 및 관리 매뉴얼, 행정안전부, 2010.7

- 평면교차로의 자전거 횡단도 설계에 대해 설명함
- 자전거 횡단도의 설치는 횡단보도와 인접하여 설치하도록 명시되어 있으며 교차로와 횡단보도 다음에 설치되는 자전거 횡단도는 횡단보도를 횡단하는 보행자와 상충이 존재하므로 보행자가 많은 교차로에서는 교차로 다음에 자전거 횡단도, 보행자 횡단도 순으로 설치할 수 있음



<그림 6-3-1> 평면교차로 자전거 횡단도 설치 사례

3.2.7 도로교통법(일부 개정 2010.7)

(1) 제2조 정의

"자전거도로"라 함은 안전표지, 위험방지용 울타리나 그와 비슷한 공작물로서 경계를 표시하여 자전거의 교통에 사용하도록 된 「자전거이용 활성화에 관한 법률」 제3조(자전거도로의 구분) 각 호의 도로를 말한다.

"자전거횡단도"란 자전거가 일반도로를 횡단할 수 있도록 안전표지로서 표시된 도로의 부분을 말한다.

"보도"라 함은 연석선, 안전표지나 그와 비슷한 공작물로서 경계를 표시하여 보행자(유모차 및 행정자치부령이 정하는 보행보조용 의자차를 포함한다. 이하 같다)의 통행에 사용하도록 된 도로의 부분을 말한다.

"횡단보도"라 함은 보행자가 도로를 횡단할 수 있도록 안전표지로서 표시한 도로의 부분을 말한다.

## (2) 제8조 보행자의 통행

보행자는 보도와 차도가 구분된 도로에서는 언제나 보도로 통행하여야 한다. 다만, 차도를 횡단하는 경우, 도로공사 등으로 보도의 통행이 금지된 경우나 그 밖의 부득이한 경우에는 그러하지 아니하다.

보행자는 보도와 차도가 구분되지 아니한 도로에서는 차마와 마주보는 방향의 길가장자리 또는 길가장자리구역으로 통행하여야 한다. 다만, 도로의 통행방향이 일방통행인 경우에는 차마를 마주보지 아니하고 통행할 수 있다.

보행자는 보도에서는 우측통행을 원칙으로 한다.

## (3) 제10조 도로의 횡단

지방경찰청장은 도로를 횡단하는 보행자의 안전을 위하여 행정자치부령이 정하는 기준에 의하여 횡단보도를 설치할 수 있다.

보행자는 제1항의 규정에 의한 횡단보도, 지하도·육교나 그 밖의 도로횡단시설이 설치되어 있는 도로에서는 그 곳으로 횡단하여야 한다. 다만, 지하도 또는 육교 등의 도로횡단시설을 이용할 수 없는 지체장애인의 경우에는 다른 교통에 방해가 되지 아니하는 방법으로 도로횡단시설을 이용하지 아니하고 도로를 횡단할 수 있다.

보행자는 제1항의 규정에 의한 횡단보도가 설치되어 있지 아니한 도로에서는 가장 짧은 거리로 횡단하여야 한다.

보행자는 모든 차의 바로 앞이나 뒤로 횡단하여서는 아니된다. 다만, 횡단보도를 횡단하거나 신호기 또는 경찰공무원등의 신호 또는 지시에 따라 도로를 횡단하는 경우에는 그러하지 아니하다.

보행자는 안전표지 등에 의하여 횡단이 금지되어 있는 도로의 부분에서는 그 도로를 횡단하여서는 아니된다.

## (4) 제13조의2 자전거의 통행방법의 특례

자전거의 운전자는 자전거도로(제15조제1항에 따라 자전거만이 통행할 수 있도록 설치된 전용차로를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)가 따로 있는 곳에서는 그 자전거도로를 통행하여야 한다.

자전거의 운전자는 자전거도로가 설치되지 아니한 곳에서는 도로의 우측 가장자리에 붙어서 통행하여야 한다.

자전거의 운전자는 길가장자리구역(안전표지로 자전거의 통행을 금지한 구간을 제외한다)을 통행할 수 있다. 이 경우 자전거의 운전자는 보행자의 통행에 방해가 되는 때에는 서행하거나 일시 정지하여야 한다.

자전거의 운전자는 제1항 및 제13조제1항(차마의 운전자는 보도와 차도가 구분된 도로에서는 차도를 통행하여야 한다. 다만, 도로 외의 곳에 출입하는 때에는 보도를 횡단하여 통행할 수 있다.)에도 불구하고 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 보도를 통행할 수 있다. 이 경우 자전거의 운전자는 보도의 중앙으로부터 차도 쪽 또는 안전표지로 지정된 곳으로 서행하여야 하며, 보행자의 통행에 방해가 되는 때에는 일시 정지하여야 한다.

어린이, 노인, 그 밖에 행정안전부령으로 정하는 신체장애인이 자전거를 운전하는 경우

안전표지로 자전거 통행이 허용된 경우

도로의 파손, 도로공사나 그 밖의 장애 등으로 도로를 통행할 수 없는 경우

자전거운전자는 안전표지로 통행이 허용된 경우를 제외하고는 2대 이상이 나란히 차도를 통행하여서는 아니 된다.

자전거운전자가 횡단보도를 이용하여 도로를 횡단하고자 하는 때에는 자전거에서 내려서 자전거를 끌고 보행하여야 한다.



(5) 제15조의2 자전거 횡단도의 설치

지방경찰청장은 도로를 횡단하는 자전거운전자의 안전을 위하여 행정안전부령으로 정하는 기준에 따라 자전거횡단도를 설치할 수 있다.  
 자전거운전자가 자전거를 타고 도로를 횡단하고자 하는 때에는 자전거횡단도가 따로 있는 곳에서는 자전거횡단도를 이용하여야 한다.  
 차마의 운전자는 자전거가 자전거횡단도를 통행하고 있는 때에는 자전거 횡단을 방해하거나 위험을 주지 아니하도록 그 자전거횡단도 앞(정지선이 설치되어 있는 곳에서는 그 정지선을 말한다)에서 일시 정지하여야 한다.

3.2.8 도로교통법 시행규칙(일부 개정 2010.9)

(1) 제11조 횡단보도의 설치기준

지방경찰청장은 법 제10조제1항(지방경찰청장은 도로를 횡단하는 보행자의 안전을 위하여 행정자치부령이 정하는 기준에 의하여 횡단보도를 설치할 수 있다.)에 따라 횡단보도를 설치하고자 하는 때에는 다음 각 호의 기준에 적합하도록 하여야 한다.  
 횡단보도에는 별표 6(안전표지의 종류, 만드는 방식, 설치하는 장소·기준 및 표시하는 뜻)에 따른 횡단보도표시와 횡단보도표지판을 설치할 것  
 횡단보도를 설치하고자 하는 장소에 횡단보행자용 신호기가 설치되어 있는 경우에는 횡단보도표시를 설치할 것  
 횡단보도를 설치하고자 하는 도로의 표면이 포장되지 아니하여 횡단보도표시를 할 수 없는 때에는 횡단보도표지판을 설치할 것. 이 경우 그 횡단보도표지판에 횡단보도의 너비를 표시하는 보조표지를 설치하여야 한다.  
 횡단보도는 육교·지하도 및 다른 횡단보도로부터 200m 이내에는 설치하지 아니할 것. 다만, 법 제12조(어린이 보호구역의 지정 및 관리) 또는 제12조의2(노인 및 장애인 보호구역의 지정 및 관리)에 따라 어린이 보호구역이나 노인보호구역으로 지정된 구간인 경우 또는 보행자의 안전이나 통행을 위하여 특히 필요하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.

3.2.9 교통안전시설 실무편람, 경찰청, 2008.8

- 회전교차로 표지, 유도표시 등 교통안전시설 설치기준을 담고 있음

3.2.10 보행자 횡단보도 설치기준에 관한 연구, 도로교통공단, 1998.12

- 횡단보도 설치 시 고려해야할 사항 등을 담고 있지만 오래된 규정으로 관련 법규 등에서 이미 개정되었음

### 3.3 보행자 및 자전거 이용자의 횡단시설 설치기준 마련

#### 3.3.1 개요

##### 가. 기본원칙

- 한국형 회전교차로에서의 보행자 및 자전거 통행방식은 기본적으로는 「도로교통법」, 「자전거이용 활성화에 관한 법률」 관련 규정 및 「자전거 이용시설 설치 및 관리지침」을 따름
- 회전교차로와 연결되는 링크구간도 자전거도로 관련 규정 「자전거 이용시설 설치 및 관리 매뉴얼, 행정안전부, 2010.7을 따름

##### 나. 설치방향

- 「평면교차로 설계지침」에서는 회전부 속도가 30km/h 미만인 소형이나 도시지역 회전교차로 회전부에서 자동차와 같이 회전차로를 이용하여 주행하도록 설계할 수 있게 규정하고 있음
- 하지만 비록 자전거와 자동차의 속도가 유사하고 동일 녹색신호시간에 함께 이동 가능하다고 해서 동종의 이동류로 취급·운영하기에는 무리가 있고 또한 회전교차로 횡단부에서는 별도의 보행신호가 없어 사고위험이 높다고 판단되어 본 연구에서는 회전교차로 규모에 상관없이 회전교차로에 인접해서는 자전거도로는 보행로내 설치를 원칙으로 함
- 접근로의 자전거도로는 양보선의 상류부 30m 전방에서 끝나며 연결로를 통해 자전거도로에서 보행로로 자연스럽게 진입하도록 설계함. 자전거가 회전차로로 진입하지 못하게 하고 보행로를 함께 이용하거나 보행로에 자전거 전용로를 별도로 설치하는 방법으로 설계함
- 회전교차로에서는 보행자가 별도의 통제없이 운전자의 양보에 의해 보행자 및 자전거 이용자가 횡단함으로 보행자 및 자전거 이용자의 안전을 위하여 분리교통섬 또는 대피섬 설치를 원칙으로 하고, 횡단 길이가 최소화 되도록 설계하여야 함

##### 다. 표준 설치기준

- 횡단보도는 양보선으로 부터 차량 한 대 길이인 대략 6m 가량 떨어져 위치하고 분리 교통섬에 보행자 대피공간이 마련되어야 함
- 특히 6m의 길이를 확보하는 이유는 보행자 횡단에 따른 차량 정지 시 정지된 차량의 후미가 회전차로를 막지 않도록 함에 있음
- 분리교통섬에 보행자 및 자전거 통행로를 제공하여, 진입·진출 자동차를 피해 보행자가 안전하게 횡단하도록 하며 그 폭은 최소 2m 이며 장애인을 횡

단을 고려한다면 3m가 바람직함

- 회전부 다음에 자전거 횡단도, 보행자 횡단도 순으로 설치할 수 있으며 자전거 횡단부의 넓이는 양방향 2.4m로 함. 다만 자전거 통행이 빈번하지 않은 지역에서는 도시지역(1.2m) 및 지방지역(1.5m) 자전거전용도로 기준 폭만을 횡단부에 적용할 수 있음
- 횡단보도 폭은 유효 보도폭의 2배 정도로 하며 최소 보도폭은 4.0m로 함

### 3.3.2 회전교차로 횡단보도 유형구분 설치기준

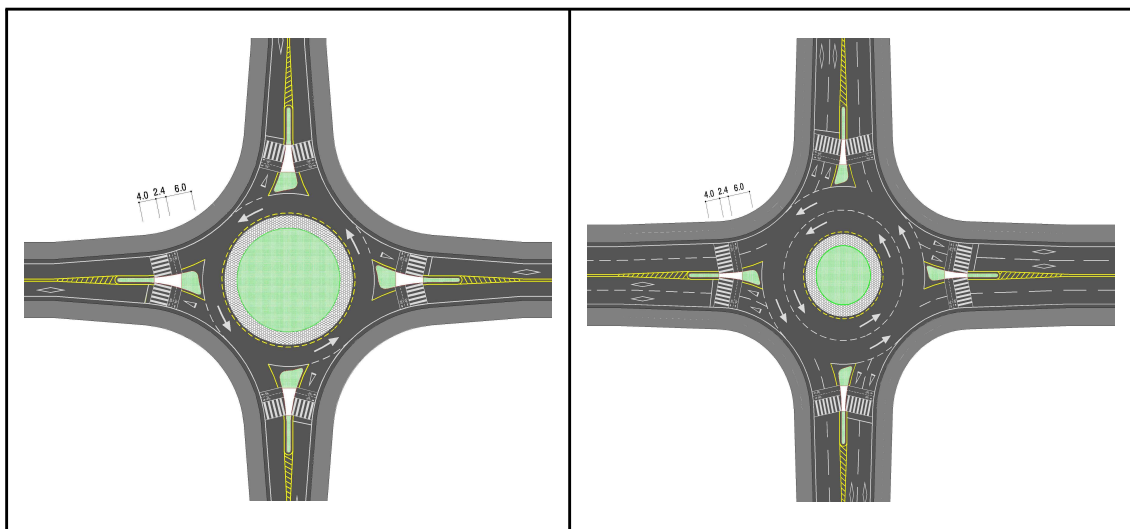
#### 가. 일반 횡단보도 유형구분 및 설치기준

##### (1) 유형구분

- 일반 횡단보도의 유형은 1차로형 및 2차로형으로 구분하고, 설치기준은 앞의 표준 설치기준을 따름

##### (2) 설치기준

- <그림 6-3-2>는 일반 횡단보도의 표준양식을 나타낸 것으로 설치기준은 관련 규정을 따름



<그림 6-3-2> 일반 횡단보도의 설치 표준양식

#### 나. 2단 횡단보도 유형구분 및 설치기준

##### (1) 유형구분

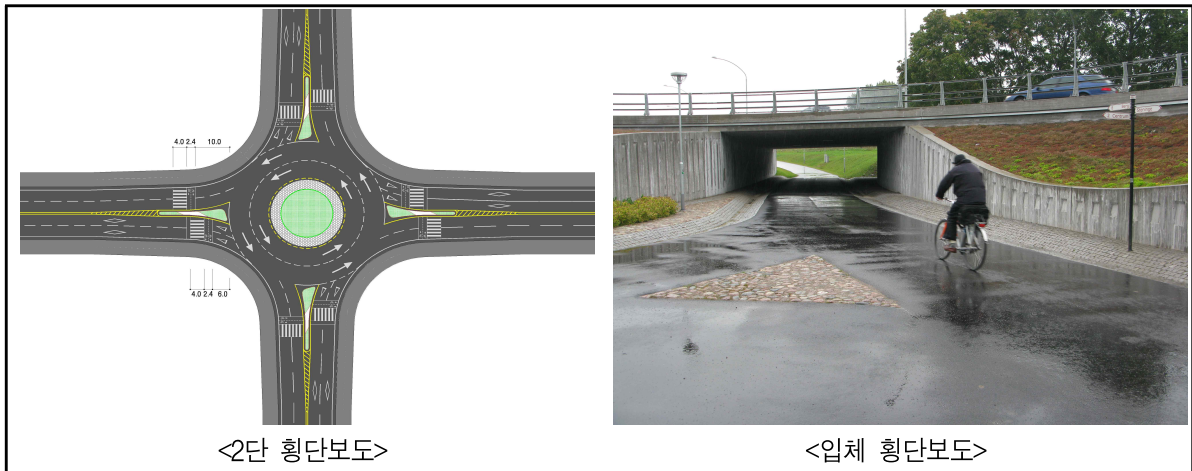
- 2단 횡단보도(Staggered Pedestrian Crossing)는 원래 안전성 향상을 위하여

영국에서 제안된 개념으로 중앙교통섬을 이용하여 보행자가 보행 신호에 의해 2회에 걸쳐 도로를 횡단하는 방식임

- 비록 횡단보도 녹색신호는 없지만 보행자 통행에 의해 회전부의 차량 지체가 우려되는 경우, 즉 횡단보행자가 많거나 교통약자의 통행 편리성 확보가 요구되는 경우에는 2차로형에 한하여 이를 검토·설치할 수 있음
- 횡단보도 위치는 회전교차로 양보선으로 부터 대략 10m 가량 떨어져 위치하고 분리 교통섬을 지나서는 양보선으로 부터 대략 6m 가량 떨어져 위치하도록 함
- 보행자의 횡단거리가 길어지는 단점이 있음

(2) 설치기준

- <그림 6-3-3>은 2단 횡단보도의 표준양식을 나타낸 것임



<그림 6-3-3> 2단 횡단보도와 입체횡단보도 설치 표준양식

다. 입체 횡단보도 유형구분 및 설치기준

(1) 유형구분

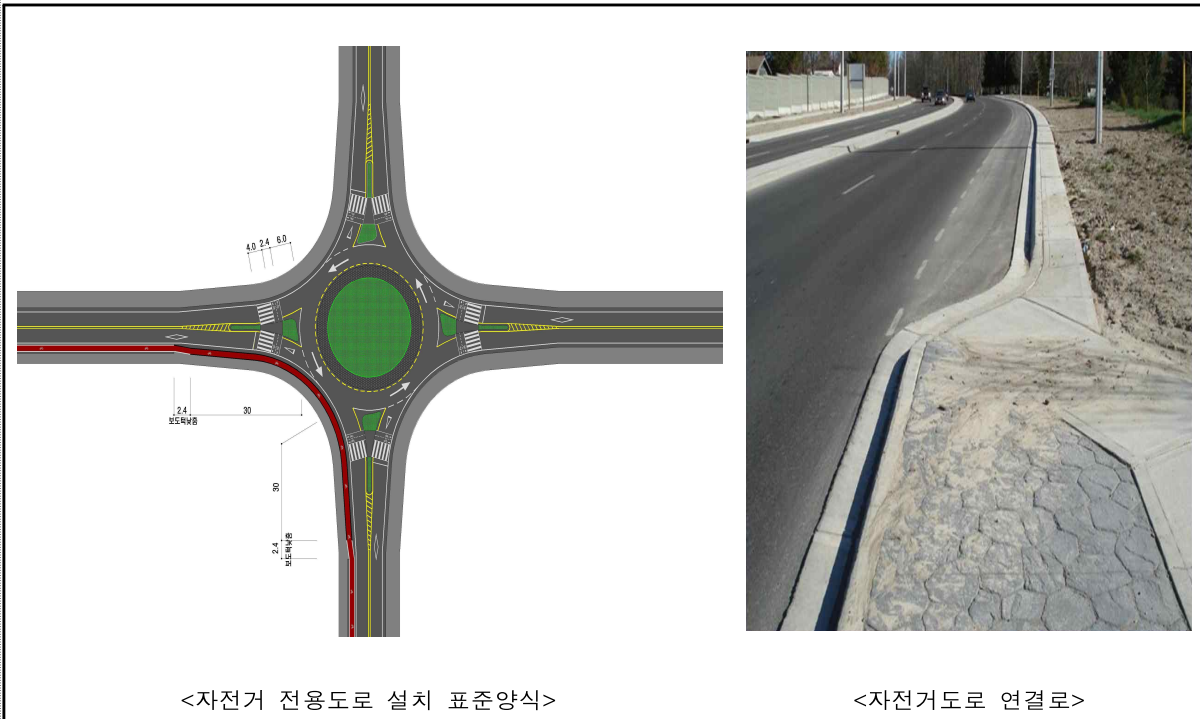
- 자전거 교통량이 많고 자전거 교통의 연속적 이동이 요구되는 경우가 이에 해당하며 회전교차로 회전부와 교차하는 지점에 BOX형 통로를 확보하여 자전거 및 보행자가 함께 이용할 수 있도록 설치함
- 회전교차로가 일정 규모이상인 경우에 설치 가능하며 공사비가 타 시설에 비해 많이 소요되는 단점이 있음

(2) 설치기준

- <그림 6-3-4>는 입체 횡단보도의 표준양식을 나타낸 것임

### 3.3.3 자전거 전용도로 설치 기준

- 회전교차로 접근로의 자전거 전용차로 또는 차도부에 설치된 자전거 전용도로는 양보선 상류부 30m 전방에서 끝나며 연결로(보도턱 낮춤은 최소 2.4m)를 통해 자전거도로에서 보행로로 자연스럽게 진입하도록 설계함
- 자전거가 회전차로로 진입하지 못하게 하고 보행로를 함께 이용하거나 보행로에 자전거 전용로를 별도로 설치하는 방법으로 설계함
- 회전부 다음에 자전거 횡단도, 보행자 횡단도 순으로 설치할 수 있으며 자전거 횡단부의 넓이는 양방향 2.4m를 원칙으로 하나 부득이한 경우 자전거 전용도로 및 자전거 전용차로 기준 폭을 적용하여 일방향 1.5m(최소폭 1.2m)의 폭으로 설치할 수 있음



<그림 6-3-4> 자전거 전용도로 설치 표준양식

- 자전거 통행이 많은 경우나, 지방지역 등에서 자전거 전용도로가 연계되는 경우에는 자전거 통행을 위한 별도의 도로를 설치 할 수 있음



<네덜란드 자전거 도로>



<스웨덴 자전거 도로>

<그림 6-3-5> 2단 횡단보도와 입체 횡단보도 설치 표준양식

## 제4절 간선도로 연계형 회전교차로 도입방안

### 4.1 개요

- 최근에 교통소통능력 향상, 교차로에서의 사고감소, 초기건설비용 감소, 교차로 미관향상 등의 사례를 통해 국내·외에서의 회전교차가 확대되고 있음
  - 일반교차로를 회전교차로로 전환시 교통안전성 향상 및 교통소통완화 이외에도 사고·지체감소, 오염 및 에너지 소비 감소 등의 직접적 경제비용 절감이 가능한 것으로 분석되고 있음
  - 우리나라 전체 교차로의 약 10%를 회전교차로로 전환함에 따른 총비용 절감 효과는 교차로 1개당 연간 약 3억 6천만원이 발생할 수 있는 것으로 분석된바 있음<sup>7)</sup>
  - 또한 회전교차로는 서로 인접한 교차로를 하나의 교차로로 묶어 설계할 수 있어 기존에 인접한 교차로가 갖던 Spillback 혹은 신호운영제한 등의 교차로 운영상의 한계를 극복할 수 있고, 회전교차로는 회전 교통류에 대한 제한이 없어 모든 방향으로의 접근 및 진출이 가능하여 교차로 주변의 토지 이용도를 높여줌<sup>8)</sup>
  - 그러나 간선도로상에 설치되는 회전교차로는 통행속도가 빠르고 이동성이 중요한 간선도로의 특성에 맞추어 설치·운영해야하며, 조건과 기능에 따라 다양한 교차형식으로 운영될 수 있으며, 이러한 다양한 형태의 교차로에 회전교차로 도입에 따른 운영효과에 대한 검토가 수행되어야 함
  - 본 연구에서는 간선도로와 연계된 회전교차로 도입은 교차로의 운영효과 및 안전성을 향상시키기 위한 네 가지 유형을 통해 도입되도록 제안함
- 유형 1. 고속도로 톨게이트 진·출입부 연결부 회전교차로
- 지방부 고속도로 진·출입부에서는 교통량이 적음에도 신호기로 운영되는 경우가 많아 불필요한 지체가 발생되고 있음. 따라서 회전교차로 도입을 통해 교통소통 및 안전성 측면을 향상시킬 수 있음

7) 국가경쟁력강화위원회, 「녹색교통을 위한 회전교차로 활성화 방안」, 2009년 '교통운영체계 선진화'자료집 1권

8) 「평면교차로 설계지침」, 건설교통부, 2004, pp189



<그림 6-4-1> 고속도로 톨게이트 진·출입로 회전교차로 예(북원주 IC)

- 유형 2. 자동차 전용도로 연결부 회전교차로

- 간선도로상에 설치·운영되는 불완전 입체·간이 입체 교차로에 회전교차로를 설치할 경우, 적절한 속도제어가 가능하여 차량간 교통사고를 감소시킬 수 있고 교통소통완화 효과를 높일 수 있음





<그림 6-4-2> 자동차 전용도로 연결부 회전교차로 예

- 유형 3. 지방부 도로의 마을 진입부 회전교차로

- 일반적으로 지방부의 간선도로는 교통량이 적고 간헐적으로 떨어져 있는 마을을 연결하는 기능을 담당하고 있으며, 차량주행 속도가 높은 특징을 가지고 있음. 이때, 마을을 진입하는 차량의 속도를 다음 <그림 6-4-3>처럼 제한하고 있으나 많은 차량들이 지키고 있지 않아 사고의 위험이 매우 높음
- 마을 입구에 설치된 교차로를 회전교차로로 전환시 교통운영 측면 뿐만 아니라 안전상의 효과가 증가될 수 있음. 이러한 교통안전상의 효과는 해당 교차로에서 뿐만 아니라 마을 전체에서 얻을 수 있음



<그림 6-4-3> 지방부 도로의 마을 진입로 회전교차로 예

- 유형 4. 지방지역 간선도로 회전교차로

: 앞서 제시한 간선도로 연계형 회전교차로 중에서 가장 일반적인 유형임. 교통량이 적은 간선도로 상의 신호교차를 회전교차로로 적용하여 교통운영 효과를 극대화 시킬 수 있음

<표 6-4-1> 간선도로 연계형 회전교차로 도입을 위한 유형

구 분	특성
고속도로 진출입부 연결 회전교차로	· 요금소 진출 후의 신호교차로에서 발생하는 불필요한 지체 해소 · 교통량이 상대적으로 적은 지방지역 고속도로 유출입 요금소에서 적용
자동차전용도로 (국도 1등급) 연결 회전교차로	· 자동차전용도로와 불완전입체교차(다이아몬드형 IC)되는 도로의 평면교차로에 적용 · 자동차전용도로 진출 후 교차되는 평면교차로에서의 불필요한 지체해소 · 교차되는 두 도로간의 기능 및 통행속도 차이에 의한 사고발생 위험 절감
마을 진입 직·후 회전교차로	· 지방부 도로에서 마을 진입 직전 교차로에 적용 · 교통량에 적은 신호 교차로에서의 불필요한 지체 해소 · 마을 진입 전 통행속도 절감 유도로 안전성 향상 효과 기대
지방지역 간선도로 (국도 4등급, 지방도) 회전교차로	· 교통량이 상대적으로 적고, 통행속도가 높지 않은 지방부 간선도로 중 양방향 2차로 도로에 한하여 적용

- 본 연구에서는 간선도로 연계형 회전교차로 도입시의 효과분석을 위해서 위에서 제시한 네 가지 유형 중에서 자동차 전용도로 연결로 회전교차로와 고속도로 틀게이트 진·출입부 연결로 회전교차로에 대해서 효과분석을 수행함

## 4.2 네트워크 구축 및 분석방법 설정

### 4.2.1 네트워크 구축

- 우선, 자동차 전용도로와 연결된 교차로와 고속도로 톨게이트 진·출입부 교차로 대상지를 다양한 기준으로 선정하고, 해당 교차로의 교통특성과 지하구조 조사를 수행함
- 또한 분석대상지의 위성도면을 이용하여 네트워크 구축시 현실을 최대한 반영함
- 네트워크 구축을 위해 사용된 회전교차로 설계기준은 국내의 「평면교차로 설계지침, 2004」에서 제시된 도시지역 왕복 2차로 회전교차로 설계 기준을 동일하게 적용함

### 4.2.2 분석방법 설정

- 신호교차로의 경우에는 개별 교차로마다 교통량 변화에 따른 최적현시를 적용하였으며, 최적현시를 도출하기 위해서 T7F ver 10. 소프트웨어 이용함
- 일반적으로 회전교차로 분석을 위한 교통류 시뮬레이션 프로그램은 SIDRA와 VISSIM 프로그램이 가장 많이 사용되며, 본 연구에서는 연속적인 회전교차로 운영효과를 분석하기 위해 네트워크 분석이 가능함 VISSIM 프로그램을 이용하고자 함
  - VISSIM 프로그램은 시간의 변화와 특성에 따른 도시교통 및 대중교통운영 시뮬레이션 모델의 개발에 기초하고 있으며 차로구성, 차량구성, 교통신호, 대중교통정류장 등의 제약이 있는 교통상황 및 교통운영상의 다양한 대안 평가가 가능함
  - 그러나 SIDRA의 경우에는 단일 교차로 및 도로구간에 대한 분석만이 가능하므로 본 연구에서 수행하고자 하는 연속된 교차로 분석은 불가능함
- 본 연구는 간선도로 연계형 회전교차로 도입효과를 분석하기 위해서 교통량 증가에 따른 운영효과 분석을 수행하고자 함
- 이는 특정시점에 조사된 교통량은 시간대별로 다양하게 변화될 수 있으므로 포화교통량 수준까지 단계별로 교통량 증가에 따른 분석이 수행되어야 함
- 일반적으로 시뮬레이션은 현황자료에 대한 오차를 줄이기 위해 본 연구에서는 다양한 운전자 행태특성(Random-seed)을 반영할 수 있도록 10가지 타입으로 적용하여 분석함

### 4.2.3 효과척도

- 본 연구에서는 회전교차로 도입 전과 후의 효과를 비교·분석하기 위해서 효과척도를 교통운영 측면과 녹색측면으로 분류함
- 교통운영 효과척도로는 평균지체시간 및 평균통행속도로 선정함
  - 이는 신호교차로에서의 효과척도는 지체도를 사용하며, 회전교차로에서는 교차로 통과속도가 회전교차로의 성능을 보다 잘 설명할 수 있기 때문임
- 이러한 분석결과를 바탕으로 녹색측면에서의 회전교차로 도입에 따른 효과 분석을 수행함
- 녹색측면의 효과척도로는 유류소비량을 통한 에너지 절감 효과 및 대기오염 물질 배출량을 통한 환경오염 절감 효과임
- 일반적으로 녹색교통 측면에서 회전교차로는 교차로에서의 지체감소, 정지 및 대기 후 출발횟수의 감소로 인해 에너지 소비량 및 대기오염 물질 배출량이 감소함
  - 즉, 교차로에서 차량의 지체시간이 증가되고 차량 통행속도가 저하되면 자동차 유류소비량 및 배기가스 배출량이 증가되는 상관관계가 있음
  - 한 예로서, 국가경쟁력강화위원회의 연구에서는 녹색교통 측면에서 신호교차로를 회전교차로로 변경시 연간 연료 소비량이 28% 감소되며, 이로 인해 CO<sub>2</sub> 배출량 29%, NO<sub>x</sub> 배출량 21%가 감소<sup>9)</sup>되는 것으로 분석한바 있음
- 배기가스 배출량의 경우에는 국내의 국립환경과학원에서 제시하는 ‘대기오염물질 배출량 산정방법 편람, 2007.8’이 있으나 배출량 산정식을 구성하는 변수가 열화계수, 온도 등 시뮬레이션으로 분석하기 어려운 자료를 요구하고 있어 본 연구에 적용하기 어려움
- 따라서 본 연구에서는 국가경쟁력강화위원회의 「녹색교통을 위한 회전교차로 활성화 방안, 2009」 자료집에 사용된 「도로·철도부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완연구(제4판), 2004」에 의한 녹색측면의 회전교차로 효과분석 연구 방법을 적용함
- 일반적으로 고속도로와 일반국도 구간에서의 유류 소비율을 비교해 보면 고속도로가 일반 국도보다 유류소비량이 적어 다음 <표 6-4-2>에서 보는 바와 같이 고속도로에서의 연비가 향상되는 것으로 조사됨
- 이는 일반국도가 고속도로에 비해서 신호, 도로구배, 잦은 지체 등의 영향이 적어서 나타난 결과로 분석됨

<sup>9)</sup> 국가경쟁력강화위원회, 「녹색교통을 위한 회전교차로 활성화 방안」, 2009년 ‘교통운영체계 선진화’자료집 1권

- 본 연구에서도 신호교차로를 회전교차로로 전환할 경우에는 신호현시에 의한 지체가 없고 차량당 평균지체시간이 감소되어 에너지 소비 절감에 큰 영향을 미칠 것으로 보임

<표 6-4-2> 일반국도에 대한 고속도로의 연비 향상률

(단위 : %)

구 분	소형승용차	중형승용차	대형승용차	대형버스	소형트럭	대형트럭
주행속도별 연비향상률	13.7~26.7	11.6~35.9	13.3~31.7	1.0~11.3	3.7~31.0	8.1~50.9
평균연비향상률	19.7	26.7	20.8	6.1	13.1	25.7

자료 : 국토연구원, 「도로사업 투자분석기법 정립」, 1999

- 에너지 절감효과 분석을 위해서 다음 <표 6-4-3>에서 정의한 승용차 속도에 따른 유류 소비량을 참고하고, 현재의 유류단가를 적용하여 회전교차로 도입시 발생하는 편익을 산정함

<표 6-4-3> 승용차의 속도별 유류 소비량

(단위 : ℓ/km)

차종 속도	승용차	소형버스	대형버스	소형트럭	중형트럭	대형트럭
10	0.121303	0.147059	0.357143	0.144928	0.144928	0.454545
20	0.073145	0.097087	0.250000	0.097087	0.097087	0.357143
30	0.062216	0.075758	0.163934	0.075188	0.075188	0.256410
40	0.056191	0.073529	0.119048	0.071429	0.071429	0.188679
50	0.057394	0.061728	0.112360	0.080645	0.080645	0.181818
60	0.059581	0.067114	0.116279	0.092593	0.092593	0.204082
70	0.062863	0.070922	0.131579	0.112360	0.112360	0.232558
80	0.064426	0.073529	0.147059	0.153846	0.153846	0.270270
90	0.070079	0.080645	0.163934	0.161290	0.161290	0.322581
100	0.075535	0.086207	0.188679	0.192308	0.192308	0.384615
110	0.081731	0.097087	0.222222	-	-	-
120	0.091635	0.108696	-	-	-	-
130	0.101027	0.113636	-	-	-	-

자료: 한국개발연구원, 「도로·철도부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)」, 2004

- 환경오염 절감효과 분석을 위해서 다음 <표 6-4-4>에서 정의한 승용차 속도에 따른 대기오염 배출계수를 참고하고, 대기오염 물질별 원단위를 적용하여 회전교차로 도입시 발생하는 편익을 산정함
- 이때, 자동차에서 발생하는 대기오염 배출물질은 일산화탄소(CO), 질소산화물(NOx), 탄화수소(HC), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)임

<표 6-4-4> 승용차 속도에 따른 대기오염물질 배출계수

(단위 : g/km)

속도	CO	NOx	HC	CO <sub>2</sub>
10	4.341	1.168	0.691	380.437
20	1.915	0.670	0.237	257.480
30	1.187	0.483	0.127	204.913
40	0.845	0.384	0.082	174.262
50	0.649	0.321	0.058	153.682
60	0.524	0.277	0.044	138.685
70	0.437	0.245	0.034	127.152
80	0.373	0.220	0.028	117.940
90	0.324	0.200	0.023	110.371
100	0.287	0.184	0.020	104.012

자료 : 한국개발연구원, '도로·철도부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완연구(제4판), 2004

### 4.3 효과분석

#### 4.3.1 고속도로 톨게이트 진·출입부 회전교차로 도입방안 연구

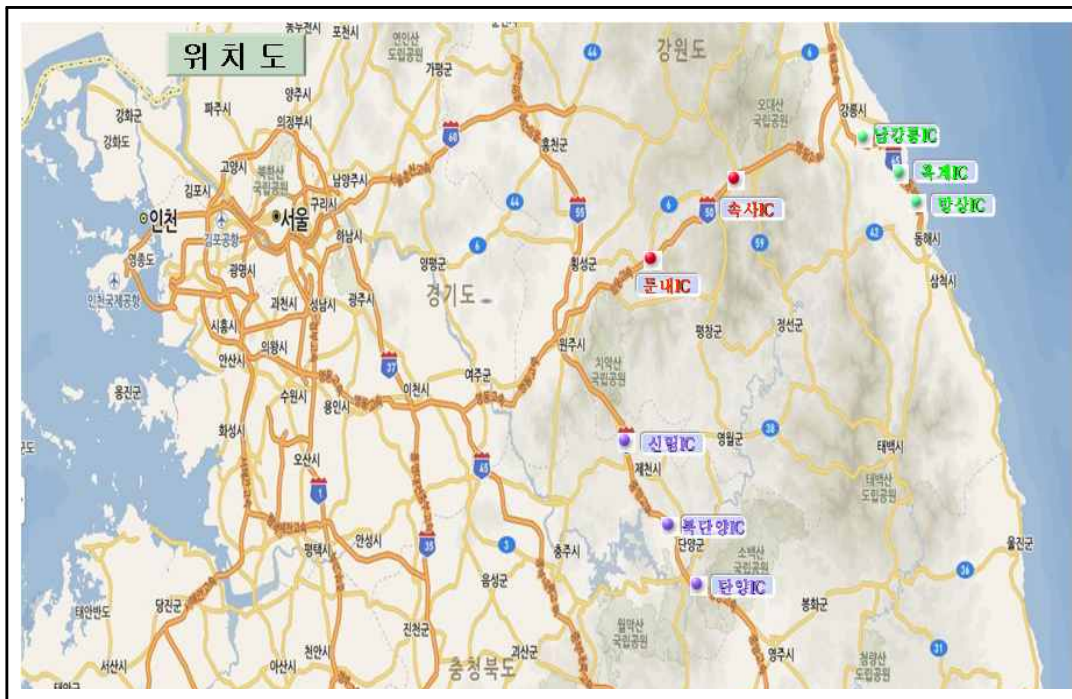
##### 가. 개요

- 고속도로 톨게이트 진입 및 진출부에서의 교차로 형식은 일반 평면 교차로이며, 교차로 운영방식은 지방지역의 경우에 교통유발이 빈번한 일부 관광지 등을 제외하고 대부분 교통량이 적으며, 신호교차로로 운영되고 있는 실정임
- 이때, 적은 교통량으로 신호교차로로 운영될 경우, 빈번한 교통지체가 발생되고, 이로 인해 자동차 배기가스 배출량이 증대되어 환경오염이 심각해 질 수 있음
- 따라서 고속도로 톨게이트 진·출입부를 회전교차로로 전환시 교통운영상의 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료됨
- 「회전교차로 설계지침, 2010」은 고속도로 진·출입부에 연계된 신호교차로를 회전교차로 도입시 지체 감소 및 안전성을 향상시켜 교통운영상의 효율화를 도모할 수 있다고 제시되어 있음

##### 나. 사례분석 대상지 선정




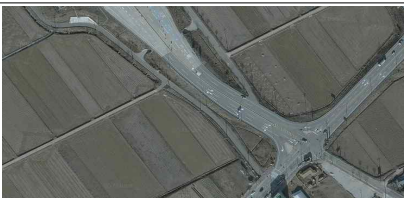




- 고속도로 진·출입부와 연계된 회전교차로 도입 효과 분석을 위한 분석 대상지 선정은 부지조건, 교통조건, 기하구조 조건 등의 아래와 같은 기준으로 선정함
- 교차로 접속도로는 왕복 4차로 이하, 교차로 운영방식은 신호교차로

- 침두시 양방향 교통량 2,000대 이하
  - 회전교차로 적용시 충분한 부지가 확보될 수 있는 교차로
- 위의 기준에 따라 선정된 분석 대상 후보지는 영동선 2개소, 동해선 2개소, 중앙선 3개소로서 총 8개 지점이며, 지점 위치는 다음 <그림 6-4-4>과 같음
  - 최종 선정된 분석대상지는 속사IC와 옥계IC로 선정되었으며, 본 지점은 침두시 교통량과 비침두시 교통량의 차이가 적어 회전교차로를 적용하기에 적합하다고 판단됨
  - 또한 속사IC의 경우에는 도로공사 유지관리 사무소의 진·출입로가 불필요하게 설치되어 있어 회전교차로 도입을 통해 교통흐름을 향상시킬 수 있음



<그림 6-4-4> 조사위치도

<표 6-4-5> 고속도로 진·출입부 회전교차로 분석을 위한 분석후보지

분석대상지		사 진	특이사항
영동선	둔내IC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3지 교차로</li> <li>• 시거 불량(곡선부)</li> </ul>
	속새IC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3지 교차로</li> <li>• 교통 소통흐름 보다는 안전측면 고려</li> </ul>
동해선	남강릉IC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4지 교차로</li> <li>• 법왕사 방면 이면도로</li> </ul>
	옥계IC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4지 교차로</li> <li>• 가각정리 불량</li> <li>• 교차로 접근로 위계 불량</li> </ul>
	망상IC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3지 교차로</li> <li>• 차로 수 많음(2~3차로)</li> <li>• 설치 공간 확보 어려움</li> <li>• 교차로 종단구배 형성</li> </ul>
중앙선	신림IC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3지 교차로</li> <li>• 접속도로 고규격 도로</li> <li>• 접속도로 주행속도 높음</li> </ul>
	북단양IC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3지 교차로</li> <li>• 접근로 주변 진출입로 다수</li> </ul>
	단양IC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3지 교차로</li> <li>• 편도 3차로 이상</li> </ul>

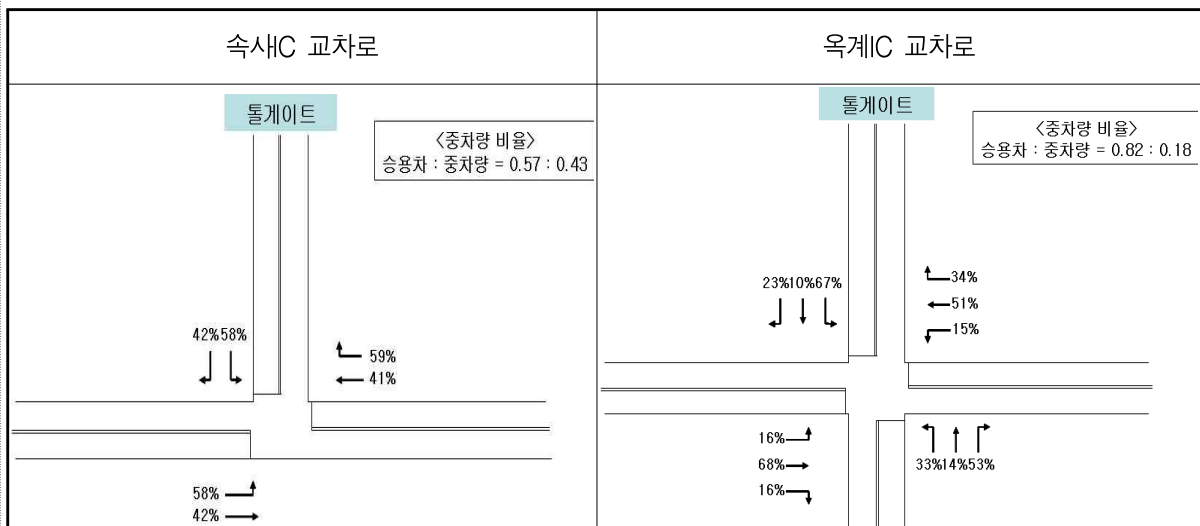


다. 분석방법

- 본 연구의 분석방법은 고속도로 톨게이트 진·출입부와 연결된 평면교차로에 대해서 교통량 변화에 따른 시나리오를 고려하여 가상의 네트워크에서의 회전교차로 도입효과를 교통운영측면에서 분석하고자 함
- 분석대상지의 교통운영은 모두 신호교차로로 운영되고 있으나 현장 조사된 방향별 교통량 비율에 따라 최적현시를 적용하여 시나리오별 최적 교차로 운영조건을 전제로 가정하여 분석함
- 가상의 회전교차로 네트워크 구축을 위해 사용된 회전교차로 설계기준은 국내의 「회전교차로 설계지침, 2010」에서 제시된 2차로형 회전교차로 설계기준을 준용함

라. 현장조사

- 현장조사는 간선도로 연계형 회전교차로 도입사례와 동일한 방법을 적용하였음
- 이때, 본 연구에서는 평면교차로에 대한 분석만 고려되므로 고속도로 본선구간의 교통량은 톨게이트 진·출입부 교차로에 영향을 미치지 않으므로 조사하지 않음
- 속사IC와 옥계IC에 연결된 교차로의 방향별 교통량 비율 및 중차량 비율은 다음 <그림6-4-5>와 같음





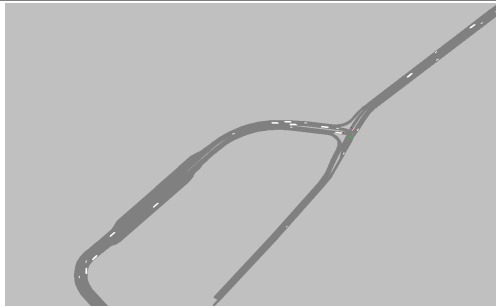
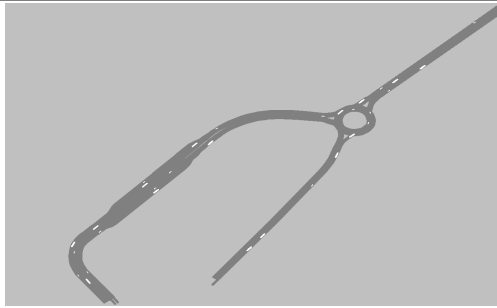
<그림 6-4-5> 분석대상지의 방향별 교통량 비율 및 중차량 비율

- 차량 평균통행속도 조사를 위해서 교차로 접근로에 NC-97 검지기를 설치하여 조사하였으며, 이때, 주변 거주지, 진출입로 등의 영향을 받지 않도록 하였음
- 시뮬레이션 속성 자료로 활용하기 위한 차량당 평균 통행속도 조사결과 속사 IC와 연결된 교차로 접근로의 평균 속도는 51km/h이며, 옥계IC와 연결된 교차로 접근로의 평균속도는 63km/h임



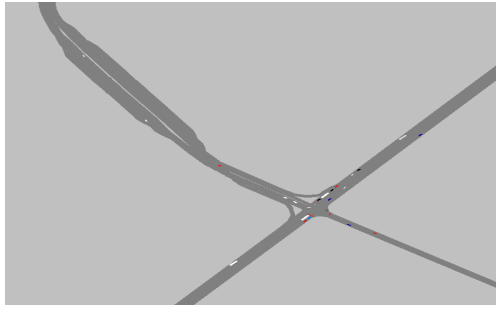
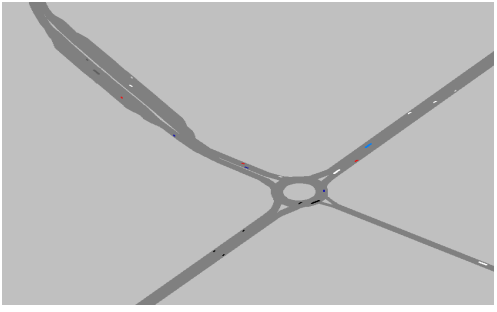
마. 네트워크 구축

- 본 연구의 분석대상지는 지방부 고속도로 톨게이트 진·출입부 교차로가 신호기로 운영되는 3지 및 4지 교차로로 선정하였으며, 선정된 교차로는 속사 톨게이트 진출입부 교차로와 옥계 톨게이트 진출입부 교차로임
- 네트워크는 분석대상지의 회전교차로 도입전의 현황 평면교차로와 회전교차로 도입후의 교차로로 분류하여 구축하였으며, 현장조사를 통해 분석 대상지의 평균통행속도 및 방향별 교통량 비율을 시뮬레이션에 적용하였음
- 분석을 위해 교차로 진입통량을 500(대/시)부터 2,500(대/시)까지 적용하여 교통운영상의 효과분석을 수행하였음. 이때 교통량 증가에 따른 신호교차로 현시는 T7F. ver 10을 이용하여 분석된 최적현시를 적용함
- 분석 대상지의 회전교차로 도입 시 네트워크는 다음 <표 6-4-6>과 같음

<표 6-4-6> 고속도로 톨게이트 진·출입부 회전교차로 적용 대상지점

구분	현황	도입방안
속사IC		
		

<표 6-4-6> 고속도로 톨게이트 진·출입부 회전교차로 적용 대상지점(계속)

구분	현황	도입방안
옥계IC		
		

바. 분석결과

(1) 속사 IC 연결 교차로

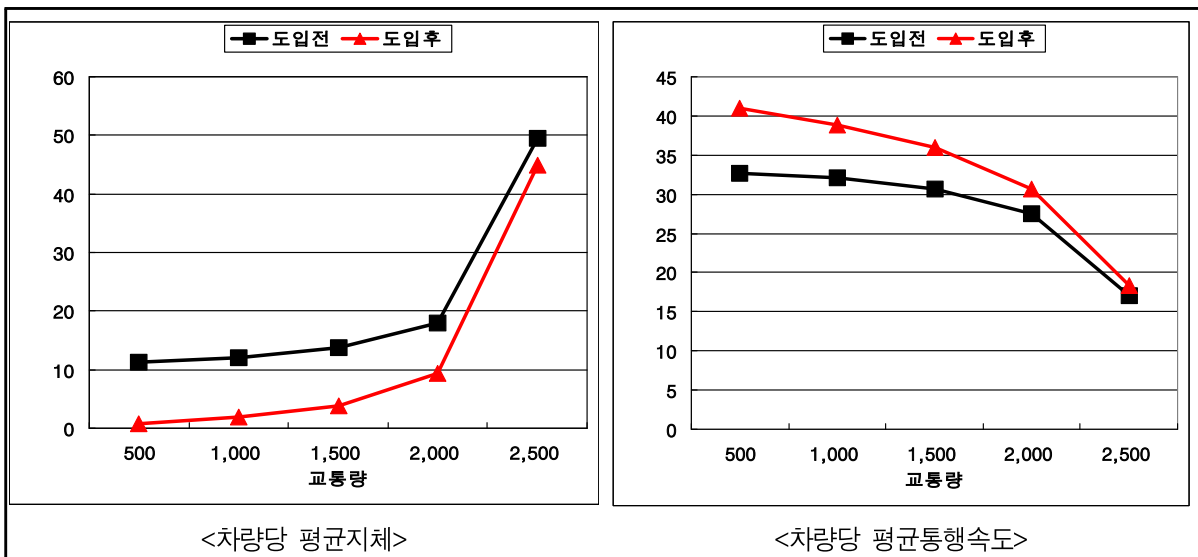
- 속사IC에 연결된 3지 평면교차로 분석을 위해서 본 연구는 교통량 비율을 500(대/시)에서 2500(대/시)까지 증가될 수 있다는 가정 하에 교차로 운영효과분석을 수행하였으며, 그 결과는 다음<표 6-4-7>과 같음

<표 6-4-7> 속사 톨게이트 진·출입부 회전교차로 도입시 분석결과

구분	차량당평균지체			차량당평균통행속도		
	도입전	도입후	개선효과(%)	도입전	도입후	개선효과(%)
500	11.2	0.8	92.9	32.7	41.0	25.4
1,000	12.1	2.0	83.5	32.1	38.9	21.2
1,500	13.8	3.9	71.7	30.6	36.0	17.6
2,000	18.0	9.4	47.8	27.5	30.7	11.6
2,500	49.5	45.0	9.1	17.0	18.4	8.2

- 속사 톨게이트와 연계된 교차로는 교차로 내 교통량이 500(대/시)부터 2,500(대/시)까지 증가될수록 차량당 평균지체는 점차 증가되는 것으로 나타남

- 회전교차로 도입후의 차량당 평균지체는 교차로 내 교통량이 500(대/시)일 경우에는 92.9%의 개선효과가 나타남
- 이는 교차로내 교통량이 교차로 용량보다 적을 경우 불필요한 신호현시로 인해 교통운영상의 효과가 크게 감소되는 것을 의미함
- 해당교차로를 회전교차로 전환시 차량당 평균지체는 큰 폭으로 감소되지만 교차로내 교통량이 2,500(대/시)일 경우에는 회전교차로 전환 전과 회전교차로 전환 후의 차량당 평균지체의 차이가 크게 발생되지 않음
- 이는 교차로내 교통량이 2,500(대/시) 이상 증가될 경우에는 신호교차로가 더 효율적인 것으로 사료됨



<그림 6-4-6> 속사 틀게이트 회전교차로 도입시 효과분석 결과

- 속사 틀게이트 진·출입부 교차로를 회전교차로 전환시의 대기오염 및 에너지 소비절감 편익을 분석한 결과는 다음 <표 6-4-8>과 같음
- 교차로내 교통량이 2,000(대/시)일 경우에 대기오염 절감편익은 연간 약 2천 8백만원, 에너지 절감편익은 약 5천만원이 발생하는 것으로 분석됨

<표 6-4-8> 속사 틀게이트 진 · 출입부 회전교차로 도입시 편익

구분	평균주행거리 (m)	*대기오염비용(천원)		**유류비(천원)		절감편익(천원)	
		도입전	도입후	도입전	도입후	대기오염	에너지
500	375	16,620	12,931	76,442	69,235	3,689	7,207
1,000		33,285	32,773	152,973	151,964	512	1,009
1,500		50,097	49,487	1,152,030	1,146,003	610	6,027
2,000		94,950	66,781	356,383	306,362	28,169	50,021
2,500		230,787	229,142	3,641,620	3,620,801	1,645	20,819

주 : \*는 “대기오염비용 = (대기오염물질 배출계수 × 0.375km × 연평균교통량 × 원단위대기오염비용) / 1,000원”으로 도출됨  
 · 대기오염물질 배출계수는 CO, NOx, HC, CO2의 환경오염비용의 합계임  
 · 연평균 교통량 = 365 × (첨두시간 교통량/K), 첨두시간계수 K는 0.1로 가정  
 · 원단위 대기오염비용(원/kg) : CO=6,376원, NOx=7,410원, HC=7,671원, CO2=34원  
 · \*\*유류비 산정예시=[속도별유류소비량(30km/h) + {(속도별유류소비량(40km/h) - 속도별유류소비량(30km/h)} / 100) × 6] × 평균주행거리(km/h) × 유류비(1,800원/ℓ) × 연평균교통량(대/일) / 천원  
 · 연평균 교통량 = 365 × (첨두시간 교통량/K), 첨두시간계수 K는 0.1로 가정

(2) 옥계 IC 연결 교차로

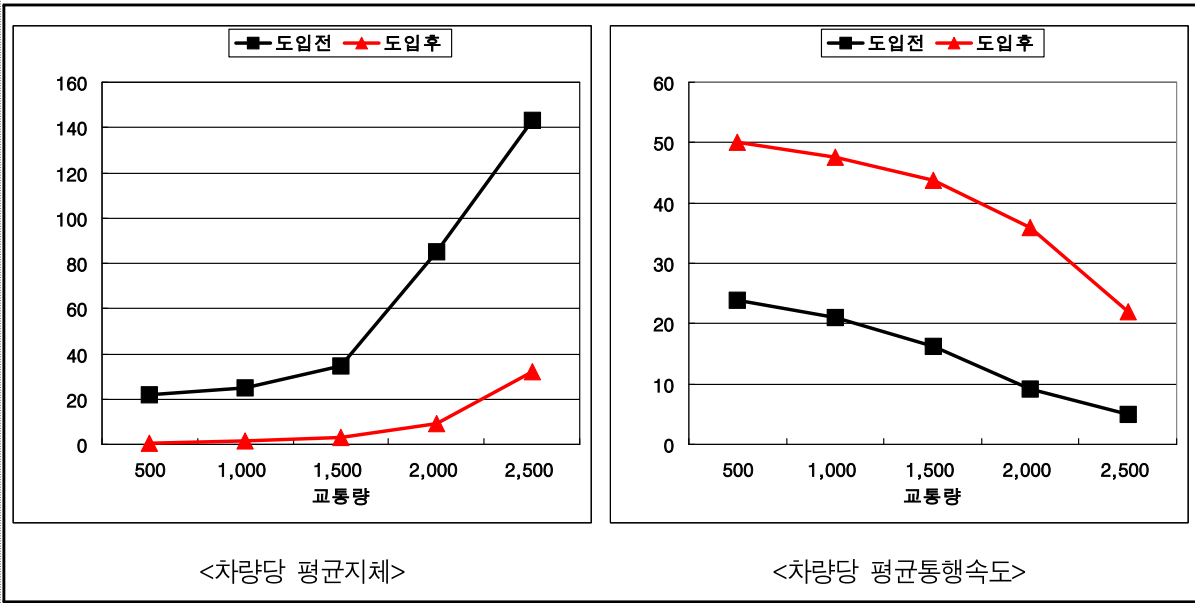
- 옥계IC와 연결된 4지 평면교차로 분석을 위해서 본 연구는 교통량 비율을 500(대/시)에서 2,500(대/시)까지 증가될 수 있다는 가정하에 교차로 운영효과 분석을 수행하였으며, 그 결과는 <표 6-4-9>와 같음

<표 6-4-9> 옥계 틀게이트 진 · 출입부 회전교차로 도입시 분석결과

구분	차량당평균지체			차량당평균통행속도		
	도입전	도입후	개선효과(%)	도입전	도입후	개선효과(%)
500	22.1	0.6	97.3	23.9	50.1	52.3
1,000	25.1	1.5	94.0	21.0	47.6	55.9
1,500	34.9	3.0	91.4	16.2	43.7	62.9
2,000	85.3	9.2	89.2	9.1	35.9	74.7
2,500	143.2	32.3	77.4	5.0	22.0	77.3

- 옥계IC와 연계된 교차로에서 회전교차로 도입전과 도입후의 분석을 위해 교차로 내 교통량이 500(대/시)부터 2,500(대/시)까지 적용하였으며, 그 결과 교통량 증가에 따라 차량당 평균지체는 점차 증가되는 것으로 나타남

- 분석대상 교차로에 회전교차로 도입전과 도입 후를 비교한 결과, 교차로내 교통량이 500(대/시)부터 2,500(대/시)까지 차량당 평균지체가 약 77%이상 증가되는 것으로 분석되었으나, 교통량이 2,000(대/시)에서 2,500(대/시)로 증가될 경우에는 회전교차로에서 지체가 크게 증가되는 것으로 분석됨



<그림 6-4-7> 옥계 톨게이트 회전교차로 도입시 효과분석 결과

- 옥계 톨게이트 진·출입부 교차로를 회전교차로로 전환시의 대기오염 및 에너지 소비절감 편익을 분석한 결과는 다음 <표 6-4-10>과 같음
- 교차로 내 전체 교통량이 차량당 평균통행속도의 변화가 가장 크게 발생
- 교차로 진입교통량이 2,500(대/시)일 경우에 대기오염 절감편익은 및 에너지 절감편익이 가장 크게 나타남
- 진입교통량이 2,500(대/시)일 경우 대기오염 절감편익은 연평균 약 9천4백만원, 에너지소비 절감편익은 연간 약 3억1천만원이 발생하는 것으로 분석되어 옥계 톨게이트 진·출입부 교차로를 회전교차로로 전환시 녹색측면에서의 효과가 매우 높게 나타남

<표 6-4-10> 옥계 틀게이트 진·출입부 회전교차로 도입시 편익

구분	평균주행거리 (m)	*대기오염비용(천원)		**유류비(천원)		절감편익(천원)	
		도입전	도입후	도입전	도입후	대기오염	에너지
500	347	17,358	7,716	82,892	65,426	9,641	17,466
1,000		35,033	18,478	166,506	128,312	16,555	38,194
1,500		100,512	27,910	404,608	192,308	72,601	212,300
2,000		139,472	47,710	558,069	282,058	91,761	276,011
2,500		181,424	87,309	725,932	415,642	94,115	310,289

주 : \*는 “대기오염비용 = (대기오염물질 배출계수 × 0.347km × 연평균교통량 × 원단위대기오염비용) / 1,000원”으로 도출됨  
 · 대기오염물질 배출계수는 CO, NOx, HC, CO2의 환경오염비용의 합계임  
 · 연평균 교통량 = 365 × (첨두시간 교통량 / K), 첨두시간계수 K는 0.1로 가정  
 · 원단위 대기오염비용(원/kg) : CO=6,376원, NOx=7,410원, HC=7,671원, CO2=34원  
 · \*\*유류비산정예시 = {속도별유류소비량(30km/h) + [(속도별유류소비량(40km/h) - 속도별유류소비량(30km/h)) / 100] × 6} × 평균주행거리(km/h) × 유류비(1,800원/ℓ) × 연평균교통량(대/일) / 천원  
 · 연평균 교통량 = 365 × (첨두시간 교통량 / K), 첨두시간계수 K는 0.1로 가정

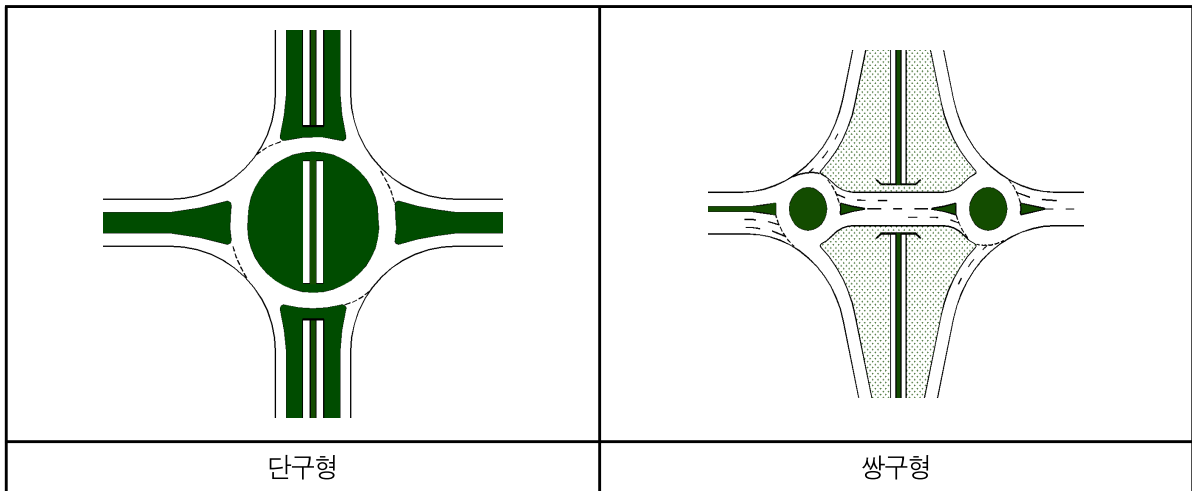
### 4.3.2 자동차 전용도로 연결로 회전교차로

#### 가. 개요

- 일반적으로 입체교차 시설의 하나인 인터체인지는 자동차 전용도로 상호간을 연결하는 분기점 인터체인지(JC)와 일반도로와의 진출입을 위한 인터체인지(IC)로 구분됨
- 국내의 지방부 도로에서는 간선도로와 일반도로가 만나는 교차점 즉, 규격이 높은 도로와 규격이 낮은 도로와의 인터체인지 형태의 입체교차 시설이 설치되어 있으며, 일반적으로 교차형식이 간단하고 공사비 및 용지 소요 측면에서 최소가 될 수 있는 다이아몬드형 입체교차 형태의 교차 시설이 보편화 되어 있음
- 그러나 접속단의 거리 즉, 유입부와 유출부 사이의 거리가 기존의 주변 지형 및 지물의 영향을 받아 국내 설계기준에서 제시하고 있는 150m<sup>10)</sup>보다 짧은 거리로 설치·운영되고 있는 실정임
- 또한 간선도로와 간선도로 하부 일반도로를 연결하는 다이아몬드형 인터체인지는 하부에 좌회전을 수반하는 두 개의 평면교차부가 생기기 때문에 한쪽의 교차부에서 발생하는 교통지체가 다른 쪽에 영향을 미치기 쉬워 이를 고려한 신호처리가 필요함

10) 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설 및 지침」 건설교통부, 2001, pp434

- 하지만 국내의 간선도로 하부의 교차로 운영형태는 교통량이 비교적 적음에도 신호교차로로 운영되어 불필요한 교통지체시간이 발생되고 있으며, 이로 인해 환경오염 등이 증대되고 있는 실정임
- 또한 무신호 교차로로 운영되는 경우에는 간선도로와 하부 도로와의 종단구배로 인해 일반 무신호교차로에서 발생할 수 있는 사고 위험도가 더 크다고 할 수 있음
- 간선도로와 접속되는 고속도로 연결로 입체시설에 설치할 수 있는 입체형 회전교차로는 <그림 6-4-8>과 같이 단구형과 쌍구형이 있음
- 본 연구를 통해 개발된 「회전교차로 설계지침, 2010」에서 특수한 회전교차로 도입시 입체형 회전교차로는 용량이나 안전 측면에서 다이아몬드 입체교차로의 좋은 대안이 될 수 있으며, 특히 좌회전이 많은 연결로에 설치하는 경우 진출입 자동차의 원활한 처리가 가능하고 주변 접근성에 유리하다고 제시하고 있음



**<그림 6-4-8> 입체형 회전교차로**

- 따라서 간선도로 하부의 거리가 짧은 인접교차로에 대해서 해당교차로의 기하구조 및 교차로 상호연관성에 대한 검토를 통해 간선도로 연계형 회전교차로 도입 적용 방안이 필요함

**나. 사례분석 대상지 선정**

- 국내에서는 간선도로와 연결되는 하부 도로의 교차로에는 회전교차로를 적용한 사례가 없음. 이는 간선도로 하부의 일반도로를 연결하는 다이아몬드형 인터체인지에 회전교차로를 설치하기 위한 적절한 설계기준이 제시되어



있지 않은 이유로 사료됨

- 본 연구에서는 간선도로 연계형 하부 도로의 회전교차로 도입을 위한 분석 대상지 선정을 위해 부지조건, 교통조건, 기하구조 조건 등의 기준은 아래와 같으며, 최종 후보지로 선정된 교차로는 <표 6-5-4>와 같음
  - 간선도로는 연속류 도로로써 하부도로는 회전교차로설계기준을 준용하기 위해 왕복 4차로 이하인 도로
  - 간선도로 하부 도로의 교차로는 쌍구형 회전교차로가 가능한 Double point 다이아몬드형 교차로
  - 간선도로 하부 교차로 간격은 70m 이상
  - 기존 교차로 폭은 30m 이상 확보되어 추가부지 확보가 필요 없는 구간
- 위의 기준에 따라 선정된 분석 대상 후보지는 다음 <표 6-4-11>과 같음

<표 6-4-11> 간선도로 연계형 회전교차로 사례분석을 위한 분석 대상 후보지

분석대상지	사 진	특이사항
원천IC (국도45호선)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평면교차부 지름: 45m/30m</li> <li>• 교차로 간격 : 75m</li> <li>• 두개의 회전교차로 반경 차이에 따른 문제 발생 가능</li> </ul>
송전IC (국도45호선)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평면교차부 지름: 38m/35m</li> <li>• 교차로 간격 : 75m</li> </ul>
청용IC (국도45호선)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평면교차부 지름: 30m</li> <li>• 교차로 간격 : 160m</li> <li>• 교차각이 예각으로 접속</li> </ul>
원남IC (국도45호선)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평면교차부 지름: 35m</li> <li>• 교차로 간격: 130m</li> <li>• 토지 보상비를 고려할 때 본선 우측 1개지점만 회전교차로 가능</li> </ul>
사능IC (국도46호선)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평면교차부 지름: 35m</li> <li>• 교차로 간격 : 130m</li> </ul>

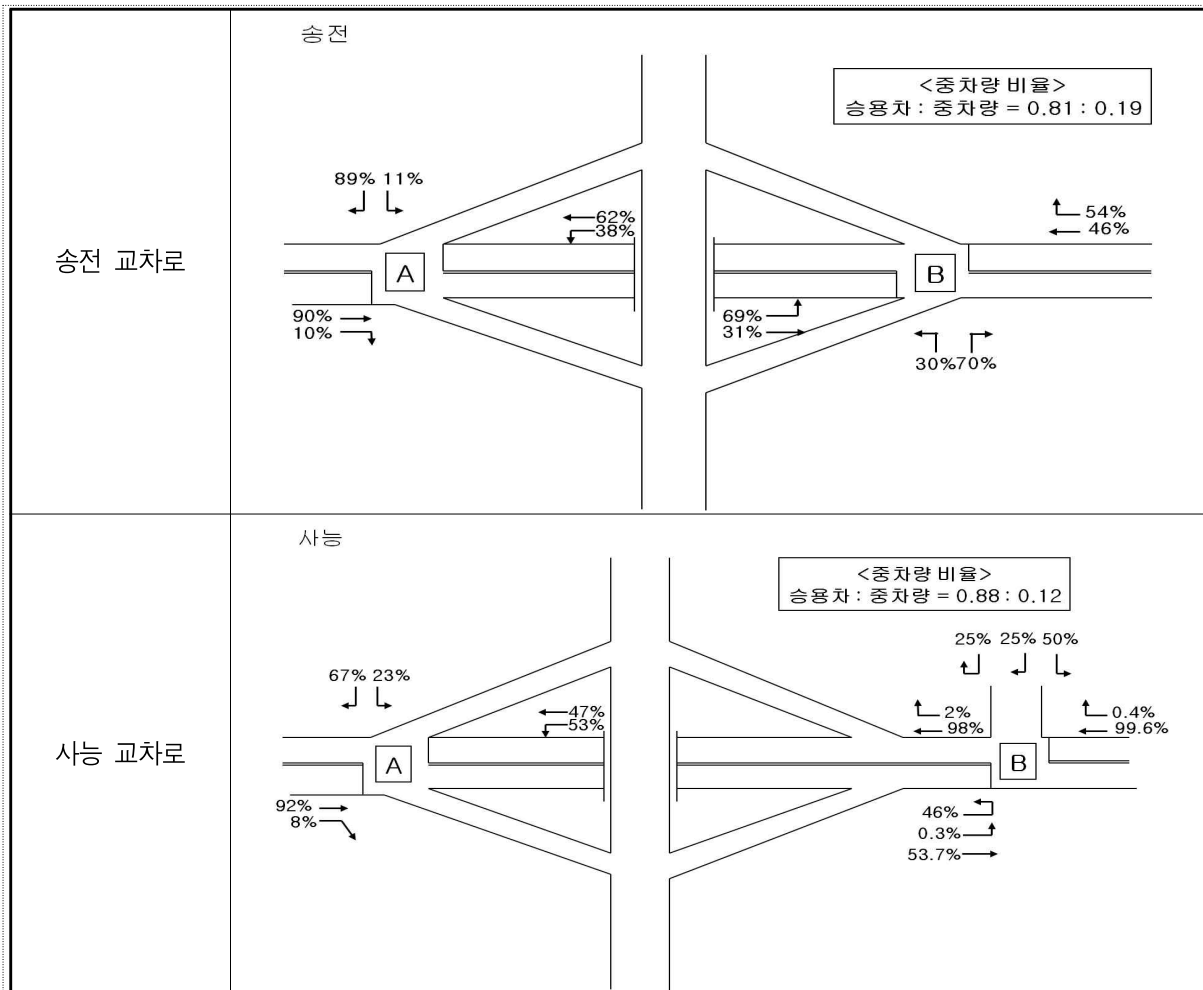
- 최종 선정된 분석대상지는 송전IC와 사능IC로 선정되었으며, 본 지점은 첨두시 교통량과 비첨두시 교통량의 차이가 적어 회전교차로를 적용하기에 적합하다고 판단됨
- 또한 사능 IC는 특별한 경우로써 하부도로에서 램프로 진입하는 차량이 많아 해당 교차로를 이격시켜 차량들이 유턴을 통해 램프로 진입하는 교통운영방식을 갖고 있어 회전교차로 도입시 그 효과가 증대될 것으로 사료됨

#### 다. 분석방법

- 본 연구의 분석방법은 교차로 현황, 단일회전교차로, 쌍구형 회전교차로에 대해서 교통량 변화에 따른 시나리오를 고려하여 가상의 네트워크에서의 회전교차로 도입효과를 교통운영측면에서 분석하고자 함
- 점멸신호 및 신호로 운영되는 교차로는 교통량 변화에 따른 최적현시로 적용하여 시나리오별 최적 교차로 운영조건을 전제로 하여 분석함
- 가상의 회전교차로 네트워크 구축을 위해 사용된 회전교차로 설계기준은 국내의 「회전교차로 설계지침, 2010」에서 제시된 2차로형 회전교차로 설계기준을 준용하였음
- 이때, 회전교차로 설계지침에서는 편도 2차로와 1차로 도로가 교차하는 경우, 기존 차로수를 유지한다면 최대 진입차로 수가 2개이므로 2차로형 회전교차로 제원을 적용하여 설계하도록 권장하고 있어 본 연구에서는 이를 고려하여 네트워크를 구축함
- 본 연구는 회전교차로 도입을 위한 교통운영상의 효과적도는 차량당 평균지체와 차량당 평균 통행 속도임

#### 라. 현장조사

- 현장조사는 도로기하구조와 교통환경 요소를 조사함
- 실제 네트워크 차원의 회전교차로 설치 효과 분석을 위해서 현실적으로 현장조사가 어려운 도로선형, 도로구간 길이 등은 위성사진을 이용하여 수집하였으며, 차로수, 차로폭, 신호현시, 교통량 등은 현장조사를 통해 수집하였음
- 본 연구에서의 시뮬레이션 분석시 반드시 고려되어야 할 교통환경 요소는 방향별 교통량, 차량 평균 통행속도, 신호현시임
- 송전IC와 사능IC의 방향별 교통량 비율 및 중차량 비율은 다음 <그림 6-4-9>와 같음



<그림 6-4-9> 분석대상지의 방향별 교통량 비율 및 중차량 비율

- 차량 평균통행속도 조사를 위해서 교차로 접근로에 NC-97 검지기를 설치하여 조사하였으며, 이때, 주변 거주지, 진출입로 등의 영향을 받지 않도록 하였음.
- 시뮬레이션 속성 자료로 활용하기 위해 접근 차량당 평균 통행속도 조사결과 송전 IC는 48km/h이며, 사능 IC는 56km/h임

마. 시뮬레이션 네트워크 구축

- 본 연구에서 분석 대상으로 선정된 송전 IC와 사능 IC의 경우에는 다이아몬드형 인터체인지 하부의 두 개 회전교차로는 일반도로구간의 교차로간 거리보다 인접거리가 짧고, 이러한 경우에는 교차로 상호간의 영향을 미치기 때문에 교통량 증가에 따른 개별 교차로의 운영효과를 비교·분석해야 함
- 따라서 본 연구에서는 교통량 변화에 따라 3개의 유형(현황, 회전교차로 1

개소 적용, 회전교차로 2개소 적용)으로 구분하여 분석함

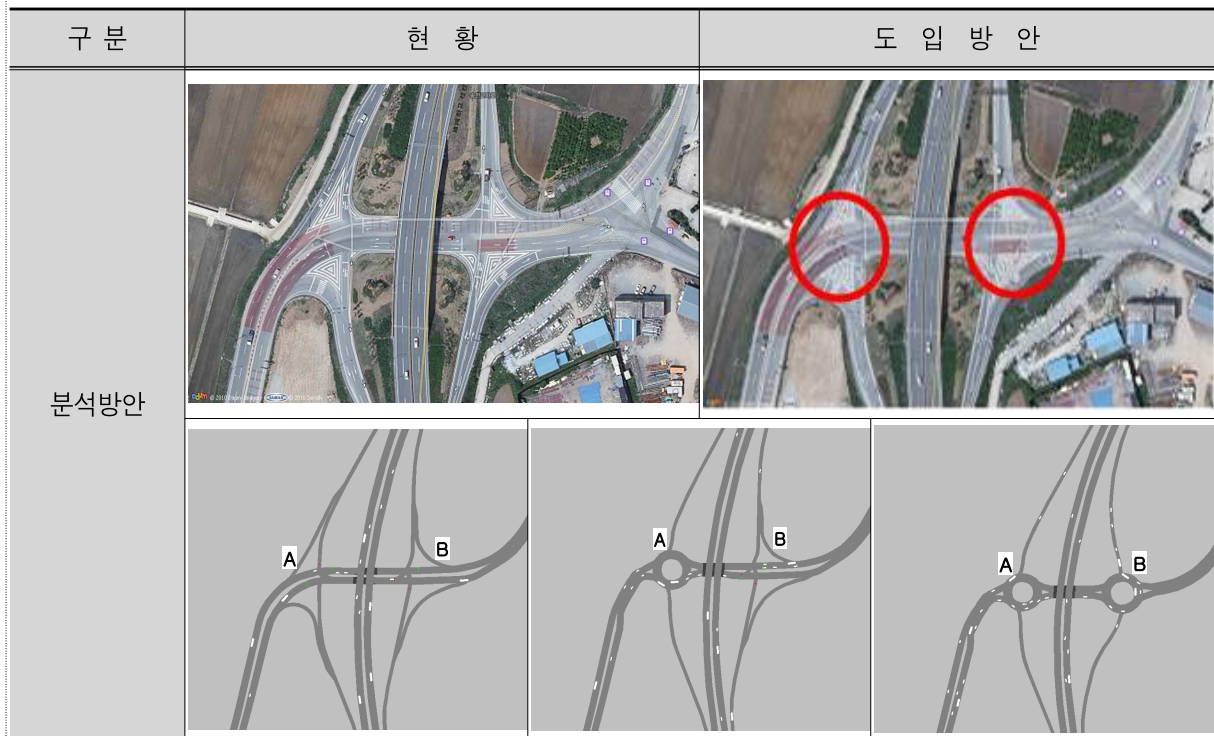
- 이때, 송전 교차로는 점멸등이 설치되어 무신호교차로 형식으로 운영되고 있으나, 본 연구의 교통량 증가량에 따른 시나리오 분석을 위해서 교통량 증가시 향후 신호기로 운영된다는 가정 하에 최적현시를 적용하여 분석함
- 네트워크는 분석대상지의 현황 네트워크를 우선 구축하여 분석하였고, 회전교차로 구축은 「회전교차로 설계지침, 2010」에서 제시된 2차로형 회전교차로 설계 기준을 준용함
- 본 연구에서의 교차로 교통량을 500대/시부터 2,500대/시까지 500대씩 증가시키며 시뮬레이션 분석을 수행함

## 바. 분석결과

### (1) 송전IC 결과분석

- 분석대상지의 신호교차로에 대해서 교통량 증가시 차량당 평균지체는 A교차로와 B교차로 모두 증가되는 것으로 분석됨
- A교차로에만 회전교차로 적용시 교차로 내 전체 교통량이 2,000(대/시)까지는 차량당 평균지체가 신호교차로일 경우 보다 크게 감소되는 것으로 분석되었으나, 교차로 내 전체 교통량이 2,500(대/시)일 경우에는 신호교차로보다 차량당 평균 지체가 크게 증가되는 것으로 분석됨
  - 이는 A교차로에서 교통량이 2,500(대/시)일 경우 동쪽방향에서 서쪽방향으로 진입하는 교통량 중 직진 비율이 높아 직진 교통량이 증가되고 인접한 B교차로에서 간선도로 램프로 진입하기 위한 좌회전 차량의 대기행렬에 누적됨으로써 A교차로 지체에 영향을 주기 때문임
- A교차로와 B교차로 모두 회전교차로 전환시 모든 교차로에서의 차량당 평균지체는 크게 감소되는 것으로 분석됨
  - A교차로와 B교차로 모두 회전교차로 전환시 신호교차로 또는 두 개의 교차로 중에서 한곳만을 회전교차로로 운영될 경우보다 차량당 평균지체가 감소되는 것으로 분석됨. 이는 간선도로 진·출입부와 연결된 교차로를 회전교차로로 전환시 인접한 교차로의 영향을 고려하여 쌍구형 회전교차로로 전환하는 것이 바람직한 것으로 사료됨

<표 6-4-12> 송전IC 분석결과



구분	차량당 평균지체시간(초/대)			차량당 평균통행속도(km/h)			
	신호	A <sup>1)</sup>	AB	신호	A	AB	
교통운영측면 <sup>2)</sup>	500	10.3	6.4	1.1	32.4	38.2	41.6
	1,000	11.9	6.9	1.9	31.2	36.4	39.2
	1,500	15.2	8.1	3.7	28.6	34.3	35.4
	2,000	20.0	17.4	8.3	26.4	27.1	29.9
	2,500	35.7	41.6	23.3	20.1	17.5	23.5

구분	대기오염절감효과(백만원/년)		에너지소비절감효과(백만원/년)		
	A	AB	A	AB	
녹색교통측면 <sup>3)</sup>	500	10.6	14.3	24.8	34.1
	1,000	149.5	151.3	50.1	51.2
	1,500	1.9	22.7	4.4	51.5
	2,000	3.0	200.6	1.0	65.4
	2,500	-4.8	35.5	-14.8	79.0

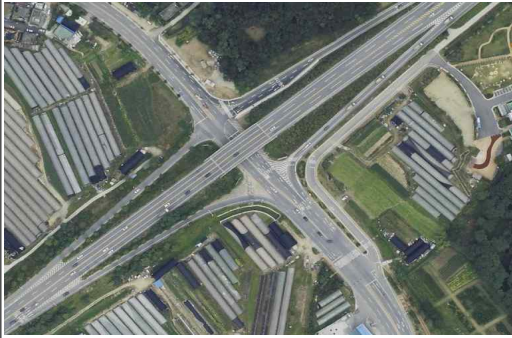

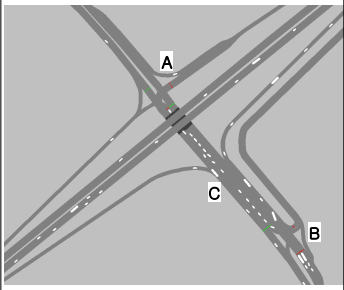
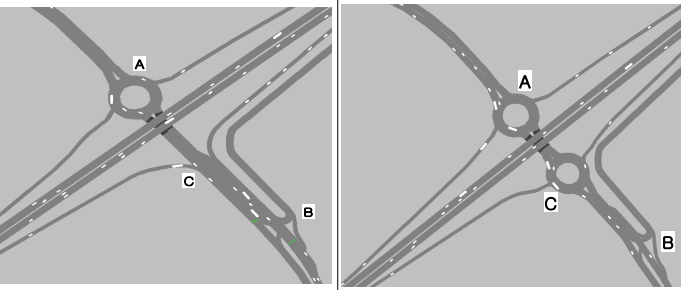
주 : 1) A는 두 개 교차로 중에서 한 곳만 회전교차로로 전환한 경우이며, AB는 두 곳 모두 회전교차로로 전환한 경우임  
 2) 차량당 평균지체 및 차량당 평균통행속도는 두 개 소 교차로의 평균값임  
 3) “대기오염비용예시 = [대기오염물질 배출계수 × 차량당평균주행거리(km) × 연평균교통량 × 원단위대기오염비용]”  
 “에너지소비비용예시 = [속도별유류소비량 × 차량당평균주행거리(km/h) × 유류비(1,800원/l) × 연평균교통량]”

- 녹색측면에서의 효과분석은 대기오염 절감편익과 에너지 소비절감편익으로 구분하여 분석함
- 대기오염 절감편익은 진입교통량이 500(대/시)일 경우에 현재 운영 중인 두 개의 인접한 신호교차로 중에서 1곳만 회전교차로로 전환시 연간 10.6백만원, 연속적으로 2개의 교차로를 회전교차로로 전환시 14.3백만원으로 나타남
- 그러나 진입교통량이 2,000(대/시)일 경우에 1곳만 회전교차로로 전환시 연간 약 3백만원의 대기오염 비용이 증가하였으며, 2곳 모두 회전교차로로 전환시 약 2억원의 절감편익이 발생됨
- 이는 진입교통량이 많을 경우에 인접한 두 교차로 중에서 한 곳만 회전교차로로 전환시 인접교차로에도 상호간의 영향을 주게 되어 교통 혼잡을 가중시키는 결과로 분석됨
- 에너지 소비절감 편익 분석결과, 1곳만 회전교차로로 전환하는 경우보다 2곳 모두 회전교차로로 전환시 편익이 증대되는 것으로 분석되었으며, 진입교통량이 2,000(대/시)일 경우 2곳 모두 회전교차로로 전환시 연간 약 6천5백만원의 에너지 절감편익이 발생하는 것으로 나타남

## (2) 사능IC 결과분석

- 사능IC의 B교차로는 간선도로 램프 진입부 및 진출부와 인접한 곳에 교차로가 설치된 형태으로써, 하부도로에서 간선도로 진입시 B교차로에서 유턴하여 진입할 수 있도록 설치된 교차로 임
- 이는 A교차로와 B교차로와의 거리가 짧고 B교차로에서의 유턴 교통량이 증가될 경우 B교차로뿐만 아니라 A교차로에서의 교통운영상 악영향을 미칠 것으로 판단됨
- 따라서 본 연구에서는 연속된 회전교차로 설치시 A교차로와 B교차로 사이의 간선도로 진출입부와 접속된 회전교차로(C)를 설치하고, B교차로는 회전교통량이 적어 비신호로 운영되도록 네트워크를 구축하였음
- A교차로에만 회전교차로 적용시 교차로내 전체 교통량이 2,000(대/시)까지 차량당 평균지체시간은 감소되지만, 교차로 내 교통량이 2,500(대/시)부터는 A교차로의 차량당 평균지체시간은 증가되는 것으로 분석됨
  - 이는 A교차로에서 B교차로로 진입하는 차량이 B교차로의 신호운영으로 인해 지체가 현황보다 증가되는 것으로 분석됨
- A와 C지점에 회전교차로를 적용하고, B교차로는 신호교차로가 아닌 비신호교차로로 전환시 교차로의 차량당 평균지체가 크게 감소되어 교통운영상의 효과가 매우 큰 것으로 나타남

<표 6-4-13> 사능IC 분석결과

구분	현황	도입방안																																																
분석방안																																																		
																																																		
분석결과	교통운영측면 <sup>2)</sup>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="3">차량당 평균지체시간(초/대)</th> <th colspan="3">차량당 평균통행속도(km/h)</th> </tr> <tr> <th>신호</th> <th>A<sup>1)</sup></th> <th>AC</th> <th>신호</th> <th>A</th> <th>AC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500</td> <td>9.6</td> <td>5.7</td> <td>0.6</td> <td>28.7</td> <td>38.7</td> <td>42.5</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>10.9</td> <td>6.7</td> <td>1.5</td> <td>27.3</td> <td>35.6</td> <td>38.5</td> </tr> <tr> <td>1,500</td> <td>16.9</td> <td>12.1</td> <td>3.0</td> <td>24.7</td> <td>29.7</td> <td>33.9</td> </tr> <tr> <td>2,000</td> <td>30.4</td> <td>28.4</td> <td>6.1</td> <td>21.1</td> <td>25.2</td> <td>27.5</td> </tr> <tr> <td>2,500</td> <td>32.8</td> <td>41.3</td> <td>21.9</td> <td>19.9</td> <td>18.0</td> <td>24.5</td> </tr> </tbody> </table>	구분	차량당 평균지체시간(초/대)			차량당 평균통행속도(km/h)			신호	A <sup>1)</sup>	AC	신호	A	AC	500	9.6	5.7	0.6	28.7	38.7	42.5	1,000	10.9	6.7	1.5	27.3	35.6	38.5	1,500	16.9	12.1	3.0	24.7	29.7	33.9	2,000	30.4	28.4	6.1	21.1	25.2	27.5	2,500	32.8	41.3	21.9	19.9	18.0	24.5
	구분	차량당 평균지체시간(초/대)			차량당 평균통행속도(km/h)																																													
신호		A <sup>1)</sup>	AC	신호	A	AC																																												
500	9.6	5.7	0.6	28.7	38.7	42.5																																												
1,000	10.9	6.7	1.5	27.3	35.6	38.5																																												
1,500	16.9	12.1	3.0	24.7	29.7	33.9																																												
2,000	30.4	28.4	6.1	21.1	25.2	27.5																																												
2,500	32.8	41.3	21.9	19.9	18.0	24.5																																												
녹색교통측면 <sup>3)</sup>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="2">대기오염절감효과(백만원/년)</th> <th colspan="2">에너지소비절감효과(백만원/년)</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>AC</th> <th>A</th> <th>AC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500</td> <td>10.8</td> <td>18.0</td> <td>24.3</td> <td>40.2</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>43.6</td> <td>36.0</td> <td>49.4</td> <td>81.0</td> </tr> <tr> <td>1,500</td> <td>21.3</td> <td>23.0</td> <td>48.6</td> <td>52.4</td> </tr> <tr> <td>2,000</td> <td>29.9</td> <td>116.5</td> <td>66.7</td> <td>338.9</td> </tr> <tr> <td>2,500</td> <td>-3.3</td> <td>225.0</td> <td>-10.0</td> <td>560.3</td> </tr> </tbody> </table>	구분	대기오염절감효과(백만원/년)		에너지소비절감효과(백만원/년)		A	AC	A	AC	500	10.8	18.0	24.3	40.2	1,000	43.6	36.0	49.4	81.0	1,500	21.3	23.0	48.6	52.4	2,000	29.9	116.5	66.7	338.9	2,500	-3.3	225.0	-10.0	560.3															
구분	대기오염절감효과(백만원/년)		에너지소비절감효과(백만원/년)																																															
	A	AC	A	AC																																														
500	10.8	18.0	24.3	40.2																																														
1,000	43.6	36.0	49.4	81.0																																														
1,500	21.3	23.0	48.6	52.4																																														
2,000	29.9	116.5	66.7	338.9																																														
2,500	-3.3	225.0	-10.0	560.3																																														

주 : 1) A는 두 개 교차로 중에서 한 곳만 회전교차로로 전환한 경우이며, AC는 두 곳 모두 회전교차로로 전환한 경우임

2) 차량당 평균지체 및 차량당 평균통행속도는 두 개 교차로의 평균값임

3) “대기오염비용예시 = [대기오염물질 배출계수 × 차량당평균주행거리(km) × 연평균교통량 × 원단위대기오염비용]”  
 “에너지소비비용예시 = [속도별유류소비량 × 차량당평균주행거리(km/h) × 유류비(1,800원/l) × 연평균교통량]”

- 사능 교차로의 대기오염 절감효과 분석결과, 교차로 내 전체 교통량이 2,500(대/시)이고 2곳 모두 회전교차로 전환시 연간 약 2억2천5백만원의 대기오염 절감편익이 나타남

- 또한 에너지 소비절감 편익을 분석한 결과, 교차로 내 전체 교통량이 2,000(대/시)이고, A교차로만을 회전교차로로 전환할 경우 연간 약 6천7백만원,



A와 C교차로 모두 회전교차로 전환시 연간 약 3억3천9백만원의 편익이 발생됨. 이는 1곳만 회전교차로로 전환하는 것보다 2곳 모두 회전교차로 전환시의 에너지 소비 절감편익이 크게 증가 될 수 있는 것으로 분석됨

#### 4.3.3 특수형태의 자동차 전용도로 연결로 회전교차로

##### 가. 개요

- 자동차 전용도로 연결로에 쌍구형 회전교차로 도입효과의 우수성에 대해서 앞(1.3.2)에서 설명하였음
- 본 절에서는 자동차 전용도로 연결로에 쌍구형 회전교차로를 개선하여 상충수 감소 및 주행조건 향상을 통해 교통운영특성 및 녹색측면의 효과를 보다 향상시킬 수 있는 T-drop(Tearsdrop) 회전교차로에 대해서 소개하고자 함
- 현재까지 국내·외에서 T-drop 회전교차로의 개선효과분석에 관한 연구사례는 없으나, 국외에서는 도시계획 단계 및 단지경관 향상을 위해서 T-drop 회전교차로를 선호하고 있음



<그림 6-4-10> 미국 인디아 주 Carmel 지역의 T-drop 회전교차로

- 국내의 자동차 전용도로는 많은 경우 다이아몬드형 입체교차로를 통해 하부교차되는 도로와 연결되는데, 기 설치된 다이아몬드형 입체교차로의 경우에는 하부의 두 개 회전교차로 사이의 간격이 기존의 주변 지형 및 지물의 영향을 받아 짧게 설치된 사례가 대부분이며, 이는 국내 설계기준에서 제시하고 있는 150m<sup>11)</sup>보다 짧은 거리로 설치·운영되고 있는 실정임

- T-drop 회전교차로는 두 개의 회전교차로를 하나의 회전교차로로 연결하도록 설계되기 때문에 교차로간 거리간격이 짧은 경우에 쌍구형 회전교차로보다 교통 안전측면에서 유리할 수 있음
- T-drop 회전교차로는 쌍구형 회전교차로에서 발생하는 상충횟수를 감소시키고 접근로 및 회전부 차량들의 방향성을 확보해 주기 때문에 주행조건이 향상되고, 이로 인해 회전차량들이 증가될 경우 쌍구형 회전교차로보다 지체도가 감소하여 대기오염 감소 및 에너지소비 절감 효과가 증가될 것으로 보임

나. 분석방법 및 네트워크 구축

- 본 연구의 분석방법은 자동차 전용도로 연결로와 연결되어 있는 교차로가 신호교차로, 쌍구형 회전교차로 그리고 T-drop 회전교차로일 경우에 대해서 평균지체값을 산출함으로써 교통운영상의 효과분석을 수행하였음
- 시나리오는 교통량과 교차로 간 거리변화를 고려하였는데, 이는 교통량에 따라서 적절한 교차로 운영방식을 적용해야 하기 때문이며 본 연구에서는 교차로 내 전체 교통량을 500대/시부터 3,500대/시까지 500대씩 증가시키며 시뮬레이션 분석을 수행함
- 두 개의 인접한 교차로는 교차로간 거리에 따라 운영효과의 변화가 크게 나타날 수 있으므로 이를 반영하기 위해 본 연구에서는 인접한 교차로간 간격은 국내 도로설계기준에서 제시하고 있는 간선도로 하부도로의 진·출입부 간격 150m와 <표 6-4-14>에서 제시하는 바와 같이 간선도로 본선의 횡단구성면 표준폭 21m를 고려하여 25m, 50m, 100m 그리고 150m로 분류하여 분석함

<표 6-4-14> 주간선도로 도로횡단구성면의 표준

도로구분		해당도로	설계속도 (km/h)	차로폭 (m)	중앙분리대 (m)	길어깨 (우측, m)	측대 (m)
지방지역	주간선도로	국도	60~80	3.25~3.5	1.5~2.0	2.0	0.5

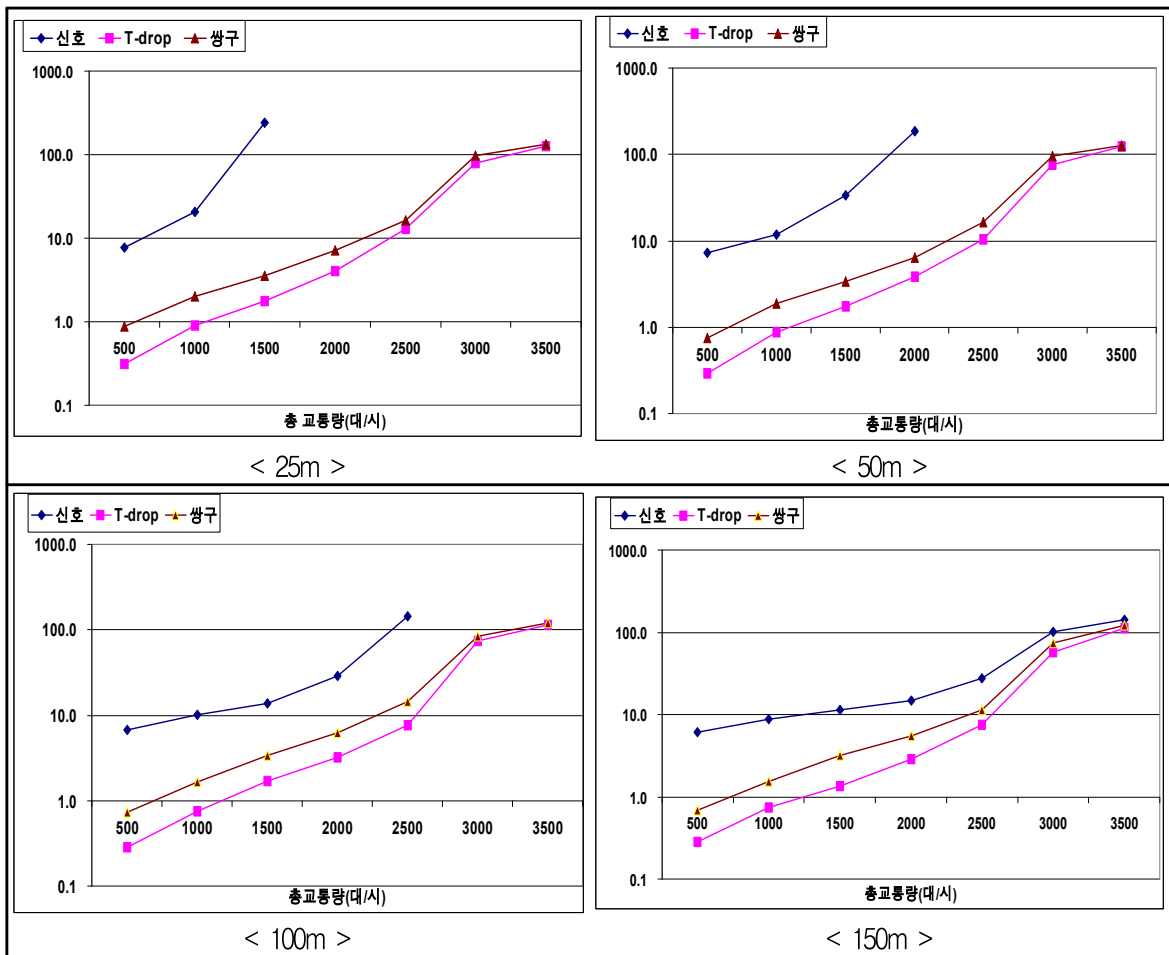
자료 : 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설 및 지침」 건설교통부, 2001, pp103

- 본 연구에서 시뮬레이션 수행을 위한 적용한 가정은 다음과 같음
  - 방향별 교통량 비율은 3:4:3(좌회전:직진:우회전)임
  - U턴차량, 보행자 및 자전거 교통량, 차량진출입로는 없음
  - 차종은 승용차임

11) 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설 및 지침」 건설교통부, 2001, pp434

다. 분석결과

- 본 연구는 자동차 전용도로 연결로의 교차로 운영방식을 신호교차로, T-drop 회전교차로, 쌍구형 회전교차로로 설치하였을 경우 거리에 따른 운영효과를 분석하였음
- 위에서 언급한 세 가지 유형모두 교차로간 거리가 늘어날수록 차량당평균지체가 감소되는 것으로 분석되었으며, 다음 <그림 6-4-11>과 같음



<그림 6-4-11> 교통량 및 교차로 간 거리변화에 따른 차량당 평균지체변화

- 교차로 간의 거리가 25m일 경우에 신호교차로는 교차로 내 전체 교통량이 1,000대/시까지 운영이 가능하나 1,500대/시부터는 교차로 간 거리에 비해 짧은 신호대기시간으로 인접교차로에 극심한 혼잡을 초래하게 됨. 그러나 교차로 간 거리가 늘어날수록 교차로에서 수용할 수 있는 용량이 증가되는 것으로 분석됨
- T-drop 회전교차로를 적용하였을 경우에 교차로간 거리에 상관없이 시간당

1,500대/시까지는 비교적 자유로운 교통흐름을 나타내고 있으나, 교통량이 2,500대/시에서 3,000대/시로 증가될 경우에는 차량당평균지체가 급격하게 증가되는 것으로 분석됨

- 쌍구형 회전교차로를 적용하였을 경우의 교통량 및 교차로 간 거리에 따른 지체도 변화는 T-drop 회전교차로의 지체도 변화와 유사하게 나타남. 그러나 T-drop 회전교차로의 차량당 평균지체가 쌍구형 회전교차로 보다 낮게 나타나 교통운영상의 효과는 T-drop 회전교차로가 가장 좋은 것으로 분석됨

<표 6-4-15> 교통량 및 교차로 간 거리 분석결과

구분	차량당 평균지체(초/대)					분석용 네트워크
신호	구분	25m	50m	100m	150m	
	500	7.7	7.2	6.8	6.1	
	1,000	20.8	11.9	10.1	8.8	
	1,500	240.3	33.4	13.8	11.4	
	2,000	N/A	187.4	28.7	14.9	
	2,500	N/A	N/A	145.2	27.2	
	3,000	N/A	N/A	N/A	101.7	
	3,500	N/A	N/A	N/A	141.1	
T-drop	구분	25m	50m	100m	150m	
	500	0.3	0.3	0.3	0.3	
	1,000	0.9	0.9	0.7	0.7	
	1,500	1.8	1.7	1.7	1.4	
	2,000	4.0	3.8	3.2	2.9	
	2,500	12.9	10.3	7.6	7.5	
	3,000	80.1	75.4	73.9	56.8	
	3,500	125.0	122.7	115.8	112.0	
쌍구형	구분	25m	50m	100m	150m	
	500	0.9	0.7	0.7	0.7	
	1,000	2.0	1.9	1.7	1.5	
	1,500	3.5	3.4	3.4	3.2	
	2,000	7.2	6.3	6.2	5.5	
	2,500	16.5	16.4	14.5	11.3	
	3,000	98.6	94.4	84.9	74.5	
	3,500	132.5	125.9	121.6	120.8	

- 쌍구형 회전교차로에서 자동차 전용도로 연결로의 진출로는 일방통행이고, 본 연구에서 U턴차량은 없는 것으로 가정한 것을 고려하면 두 개 교차로 사이에 존재하는 차량이 회전부에 진입할 경우 회전차량과의 상충이 발생되지 않아 두 경우의 차이가 크게 나타나지는 않음

- T-drop 회전교차로에서는 우회전 전용차로와 직진 및 좌회전 차로가 회전부에 전용차로로 설치되어 회전차량 간의 상충이 발생되지 않음. 이는 쌍구형 회전교차로에서의 회전부는 차로변경이 가능한 설계조건과 다르기 때문에 T-drop 회전교차로의 차량당 평균지체가 낮게 나타날 수 있는 것으로 분석됨
- 특히, T-drop 회전교차로는 기존의 다이아몬드형 입체 교차로 하부 교차로 설치 면적을 줄일 수 있어 우리나라 도시부에서 T-drop 회전교차로 설치한다면 토지보상비 등 과도한 공사비용 절감효과가 클 것으로 예상됨



<그림 6-4-12> T-drop 회전교차로 적용시 교차로 면적 축소예시(미국Carmel)

## 제5절 도시 및 도로망 계획단계에서의 회전교차로 도입방안

### 5.1 개요

- 최근 회전교차로에 대한 관심이 많아져 도로관리 주체별로 회전교차로 설치를 검토하는 사례가 증가하였으나, 대부분 단일 교차로에 회전교차로를 설치하고 있음
- 그러나 회전교차로 설치가 일반화된 외국의 경우에는 도시계획 혹은 도로망 계획 단계에서 회전교차로 설치를 검토하며, 도로 네트워크 차원의 회전교차로 설치가 이루어지고 있음. 이에 대해서는 제4장 2절에서 기 살펴본바 있음
- 또한 기존 교차로를 회전교차로 전환할 경우에는 추가 도로부지 확보 및 도로부대시설 이전 등의 많은 문제점이 있어 회전교차로로의 전환이 어려움
- 반면, 신도시 등의 계획단계부터 회전교차로 도입을 검토하면, 외국사례에서와 같이 전체 네트워크 차원에서의 교통소통완화 및 안전성 향상 그리고 도시 내 도로의 미관 향상 등의 효과를 높일 수 있을 것으로 보임
- 그러므로 본 절에서는 도시 및 도로망 계획 단계에서 회전교차로 설치를 위한 도로 네트워크 차원의 회전교차로 설치시 고려사항을 교통시뮬레이션(VISSIM)을 통해 분석해 보고, 개발된 도로 네트워크 차원의 회전교차로 설치방안을 실제 신도시 도로망에 적용해 봄으로써 그 효과를 제시하고자 함

### 5.2 도시 및 도로망 계획단계에서 회전교차로 설치 방안

- 도시 및 도로망 계획 단계에서 회전교차로를 설치하기 위해서는 각 교차로의 기능과 교차되는 도로의 등급 및 특성에 대한 검토가 기본적으로 수행되어야 하며, 인접교차로 간 영향을 함께 검토하여야 함
- 이는 비신호 또는 신호교차로 사이에 위치해 있는 교차로에 설치된 회전교차로는 인접교차로, 특히 인접 신호교차로에 영향을 받아 그 효과가 반감될 수 있으며, 국내의 많은 주거 및 상업단지 내에서는 거리가 짧은 인접된 교차로들이 많기 때문에 교차로 상호간 영향을 고려한 회전교차로 적용방안이 필요함
- 이러한 이유로 도로 네트워크 차원의 회전교차로 도입 시 해당교차로의 특수한 기하구조 조건과, 인접교차로와의 상관관계를 고려하여 회전교차로의 운영효과를 극대화 시킬 수 있는 방안에 대한 검토가 선행되어야 함
- 그러므로 본 연구에서는 도시 및 도로망 계획단계에서 회전교차로 설치를

검토하기 위한 네트워크 차원의 회전교차로 설치방안을 제시하기 위해 다음과 같은 세 가지 고려사항들에 대한 검토를 수행해야함

- 주어진 도로 네트워크에서 회전교차로 적용 교차로 순서 고려
  - 교차로 간 거리에 따른 영향 고려
  - 인접교차로의 영향 고려
- 이와 같이 도로 네트워크 차원에서 회전교차로를 도입하기 위해 고려되어야 하는 요인들에 대한 검토는 본 연구진에 의해 기 수행된바 있으며, 해당 연구에서 도출된 결과는 다음과 같음<sup>12)</sup>
- 교차로간 간격이 짧은 도시부의 네트워크에서는 내부에 1개소의 회전교차로 설치하는 교차로 조건에 따라 오히려 부정적인 영향을 초래할 수 있음
  - 교차로 간격은 네트워크의 전체지체를 증가시킬 수도 있음
    - 회전교차로 미설치시에는 교차로간 거리가 늘어날수록 차량당 평균지체도 지속적 증가
    - 진입교통량 <450대/시인 네트워크에서 회전교차로를 설치한 경우에는 교차로간 거리가 늘어날수록 차량당 평균지체도 지속적으로 감소하지만, 진입교통량  $\geq 450$ 대/시인 경우에는 교차로간 거리가 늘어날수록 차량당 평균지체도 급증하게 됨
  - 도시부 네트워크에 회전교차로를 연속적으로 설치할 경우에 비신호로 운영되는 기존교차로에서는 회전교차로 설치효과가 미비하고, 신호교차로로 운영되는 기존교차로에서는 효과가 상대적으로 큼
  - 회전교차로 전환대상인 네트워크 내 교차로의 우선순위는 전체네트워크 교통소통에 미치는 영향은 미비함
  - 짧은 거리 내 교차로가 연속적으로 계획된 경우에는 인접교차로를 함께 회전교차로를 설치하여야 효과가 큼
- 이와 같은 분석결과를 도시 및 도로망 계획 단계에서의 회전교차로 설치방안을 다음과 같이 제안하고자함

<sup>12)</sup> 「네트워크 차원의 회전교차로 도입방안 연구」, 국가경쟁력강화위원회, 2010.12

1. 교차로간 간격이 짧은 도시부의 네트워크 내부의 일부 교차로에 회전교차로를 설치할 경우에는 다음과 같은 사항에 대한 사전검토 후 설치여부 결정
  - 인접교차로간 간격
  - 해당 일부교차로의 회전교차로 전환이 전체 네트워크에 미칠 수 있는 영향 검토
  - 인접한 신호교차로와 회전교차로간 상호 영향여부
  
2. 교통량이 적은 비신호교차로로 구성된 네트워크에서는 회전교차로 보다는 비신호교차로가 교통소통완화 측면의 효과가 높을 수 있음
  - ※ 하지만, 안전상의 문제가 있는 경우에는 회전교차로로 전환함이 바람직함
  
3. 150m이내에 인접한 교차로는 연속적으로 회전교차로를 설치함이 바람직함
  - 1개소만 회전교차로로 설치하거나, 모두 신호교차로로 운영하는 경우보다 모두 회전교차로로 설치·운영함이 상대적으로 교통소통완화효과가 높음
  
4. 교차로간 거리가 짧은 교차로가 연속적으로 설치된 경우(150m이내)에는 인접한 교차로의 영향으로 회전교차로에 의한 효과가 감소됨으로 「회전교차로 설계지침」에서 권장하고 있는 계획기준 및 전환기준보다는 낮은 교통량 수준을 적용하여 회전교차로와 신호교차로 설치여부를 결정을 해야 함
  
5. 기존 교차로를 회전교차로로 전환할 경우에는 토지추가수용 및 도로부속시설 이전 등의 문제가 발생함으로 단지계획 등의 도시계획 및 설계단계에서 회전교차로를 검토하는 것이 바람직함



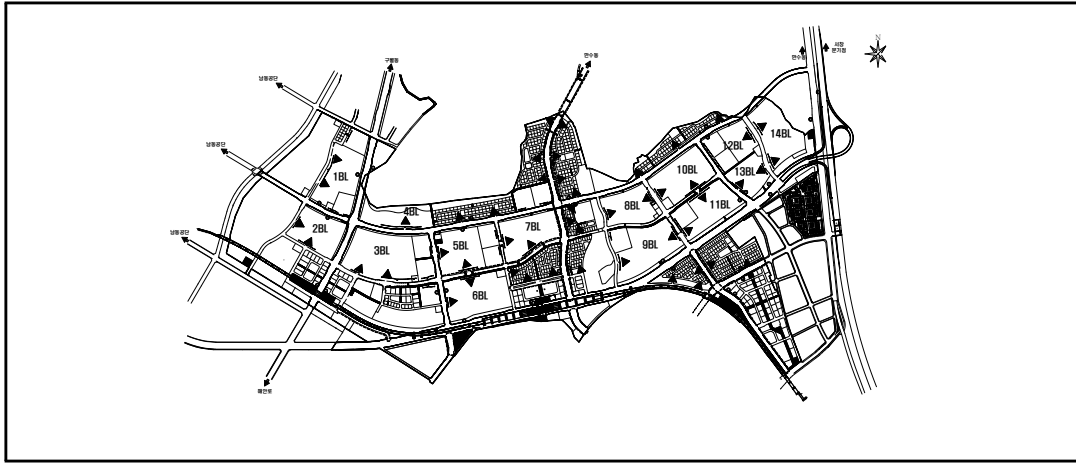
### 5.3 네트워크 차원의 회전교차로 효과분석

#### 5.3.1 분석대상 도로망 선정 및 현장조사

##### 가. 분석대상 도로망 선정

- 도로 네트워크 상에 설치하는 회전교차로 효과분석을 위해 실제 운영 중인 도로망 중 하나로 분석대상 도로망을 구축함
- 분석대상도로망은 토지주택공사에서 최근 추진한 신도시 및 택지개발사업 지구를 사전 후보지로 선정하고 최종 분석대상 도로망을 선정
- 아래와 같은 최근 추진한 신도시 및 택지개발사업 지구들에 대한 적합성 분석을 수행한 후 최종분석대상 사업지구를 선정하여 분석하였음
  - 광명시 소하지구
  - 오산시 세교지구
  - 용인시 동백지구, 흥덕지구
  - 화성시 동탄지구
  - 인천광역시 논현지구
- 위의 후보지 중에서 본 연구의 목적에 부합되는 도로망을 선정함에 있어 다음과 같은 제척사유를 갖고 최종 분석대상도로망을 선택
  - 현재 공사 중이거나 입주 완료되지 못한 사업지구
    - ※ 현재 공사가 진행 중인 사업지구의 도로망은 실제 교통량 조사가 불가능하여 대상지 선정에서 제외
  - 다차로(편도3차로이상) 도로가 대부분의 도로망을 구성하는 사업지구
    - ※ 3차로이상 도로의 경우에는 현재 한국형 회전교차로에서 제외하고 있어 대상지 선정에서 제외
- 최종적으로 선정된 후보지는 「인천광역시 논현지구」로 선정하였으며, 인천 논현지구는 2009년 공사가 완공되었으며, 현재 입주가 완료된 상태임
- 또한 본 연구의 취지에 맞게 분석 대상지의 도로망이 격자형으로 구축되어 네트워크 차원의 회전교차로 도입효과 분석이 제한됨 없이 이루어질 수 있을 것으로 보임

○ <그림 6-5-1>은 분석대상지역의 세부 도로망도 임



<그림 6-5-1> 분석 대상지역 네트워크(인천 논현지구)

나. 현장조사

- 본 연구에서는 실제 네트워크 차원의 회전교차로 설치 효과 분석을 위해서 시뮬레이션 분석을 수행하였기 때문에 실제 기하구조, 신호현시, 교통류 특성들을 반영하여 시뮬레이션 함이 중요함
- 따라서 본 연구에서는 현장조사를 통해 시뮬레이션 분석 시 필요한 도로기하구조, 교통환경조건, 교통량 등을 조사하고 이를 시뮬레이션 분석에 적용함
  - 도로기하구조 : 차로수, 차로폭, 좌·우회전전용차로유무 등
  - 교통환경요소 : 신호현시, 중앙분리대유무, 차량진출입구, 교통량 등



<그림 6-5-2> 현장조사 지점

- 조사기간 및 조사시간은 다음과 같음
  - 2010년 11월 4일 ~ 2010년 11월 8일(공휴일 제외, 3일간)
  - 오전 및 오후 첨두시간 조사 : 08:00~10:00, 17:00~18:00
  - 비첨두시간 조사 : 13:00~15:00
- 실제 네트워크 차원의 회전교차로 설치 효과 분석을 위해서 본 연구에서는 현실적으로 현장조사가 어려운 도로선형, 도로구간 길이 등은 설계도면을 이용하여 수집하였으며, 차로수, 차로폭, 신호현시, 교통량 등은 현장조사를 통해 수집하였음
- 본 연구에서는 시뮬레이션 분석시 반드시 고려되어야할 교통환경요소는 교통량, 신호현시, 차량평균속도임
- 시뮬레이션 분석에 필요한 교통량은 교통량 Input지점의 방향별 교통량을 승용차와 중차량으로 분류하였으며, 다음 <표 6-5-1>과 같음

<표 6-5-1> Input 지점 및 교통량

Input지점 및 교통량(승용차 : 중차량)			
1	768(64:36)	6	967(89:11)
2	101(100:0)	7	860(75:25)
3	787(86:14)	8	655(72:28)
4	774(92:8)	9	425(78:22)
5	259(90:10)	10	1232(93:7)



- 또한 개별 교차로에서의 방향별 교통량 비율 및 신호현시를 조사하여 시물레이션의 교통량 통행배정이 실제 분석대상 도로망에서의 교통량 통행배정과 유사하도록 하였으며, 다음 <표 6-5-2>는 분석대상지 개별교차로의 신호현시임

<표 6-5-2> 분석대상지의 개별교차로 신호현시

교차로번호	1현시	2현시	3현시	4현시	주기(초)	기타
1				-	105	-
	12(3)	72(3)	12(3)			
2				-	90	- 남북방향 비보호좌회전
	33(3)	12(3)	36(3)			
3				-	90	-
	24(3)	45(3)	12(3)			
4					110	-
	25(3)	21(3)	40(3)	12(3)		
5				-	90	- 동서방향 비보호좌회전
	42(3)	27(3)	12(3)			
6				-	90	- 전방향 비보호좌회전
	27(3)	57(3)				
7			ALL RED	-	125	- 전방향 비보호좌회전
	37(3)	42(3)	40			
8		ALL RED		-	95	- 북방향 비보호좌회전
	36(3)	40	13(3)			
9					115	-
	46(3)	33(3)	12(3)	12(3)		
10					90	-
	29(3)	20(3)	17(3)	12(3)		
11					90	-
	19(3)	16(3)	31(3)	12(3)		

- 본 연구에서는 차량의 평균 통행속도 조사를 위해서 다음 <그림 6-5-3>과 같이 3개의 주 요도로망에서 NC-97 검지기를 이용하여 조사하였음



<그림 6-5-3> 통행속도 조사위치

- 차량 주행속도는 인접교차로에 영향을 받지 않도록 하기 위해서 교차로와 교차로 사이에 설치하였으며, 이때, 3개 도로망의 왕복차로 모두에 설치하여 주변 거주지, 진출입로 등의 영향을 받지 않도록 하였음
- 차량 평균통행 속도는 45km/h로 조사되었으며, 구체적인 속도조사결과는 다음 <표 6-5-3>에서 설명하는 바와 같음

<표 6-5-3> 분석대상지의 차량당 평균 통행속도

지점	샘플수(대)	차량당 평균 통행속도(km/h)		
		평균속도	최대속도	최소속도
Total	2,222	45	109	11
#1	921	40	96	11
#2	632	44	98	13
#3	669	50	109	12

### 5.3.2 네트워크 구축

- 총 11개 신호교차로에서의 현장조사를 통해 현실의 네트워크 분석을 위한 도로의 기하구조 및 교통운영조건을 수집함
- 연구의 목적 상 대상 네트워크는 설계도면의 기하구조를 그대로 적용하되, 횡단보도 및 아파트 등의 진출입로는 없는 것으로 가정하고 구축됨
- 또한 개별교차로에서의 방향별 교통량 및 현시를 조사하고, 수집된 방향별 교통량에 따라 Transit-7F(ver.10) 프로그램을 이용하여 개별 교차로마다 최적현시를 도출함
- 또한 NC-97 검지기를 활용하여 분석네트워크 중 주요 6개 도로구간에서의 평균통행속도를 조사함
- 위에서 설명한 조사된 기하구조, 교통량에 대한 최적현시, 그리고 조사된 통행속도를 VISSIM 시뮬레이션의 기초자료로 활용하여 분석함
- 조사된 실제 신호현시를 사용하지 않고, 별도 도출된 최적현시를 사용한 이유는 불합리한 신호계획에 의한 결과를 피하기 위함임

### 5.3.3 분석결과

- <표 6-5-4>에서 보는 바와 같이 인천광역시 논현지구 실제 도로망을 기반으로 구축된 시뮬레이션 분석결과, 신호교차로로 구성된 전체 네트워크에서의 차량당 평균지체는 76.13초로 나타남
- 또한 6, 7, 8번 교차로에 연속적으로 회전교차로를 설치한 시나리오 4에서는 전체 네트워크 차량당 평균지체가 71.62초로 분석됨

**<표 6-5-4> 전체 네트워크 분석결과**

시나리오		차량당 평균지체(초/대)	차량당 평균통행속도(km/h)
SN1	회전교차로 미설치 (신호교차로)	76.13	35.29
SN2	회전교차로 1개소 설치 (#6)	75.45	35.40
SN3	회전교차로 2개소 설치 (#6, 7)	72.90	35.92
SN4	회전교차로 3개소 설치 (#6, 7, 8)	71.62	36.17

- 회전교차로 설치 후 네트워크 전체의 차량당 평균지체의 감소폭이 작게 나타났는데 이는 회전교차로 설치를 고려하지 않은 8개 교차로의 영향과, 전

체 교차로 11개 중 내부의 3개 교차로에만 회전교차로를 적용하여 이들 교차로에서의 효과가 나머지 교차로의 영향에 의해 상쇄된 결과로 판단됨

- 그러므로 본 연구에서는 회전교차로 설치에 따른 효과를 정확히 분석하기 위해 개별교차로에서 발생하는 지체를 함께 분석하였음
- <표 6-5-5>에서 보는 바와 같이 회전교차로 수를 늘릴수록 6, 7, 8번의 개별 교차로의 지체는 현저히 감소하는 것을 확인할 수 있음. 즉, 인접교차로에 연속적으로 회전교차로가 전환될 경우 차량 당 평균 지체는 단독교차로만을 회전교차로로 변경 시 보다 교통소통증대 효과가 더욱 크게 나타나는 것으로 분석됨

<표 6-5-5> 회전교차로 전환시 개별교차로의 차량당 평균지체 변화

구분	교차로 번호										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	차량당 평균지체(초/대)										
SN1	11.8	22.6	13.8	37.7	26.0	20.4	19.8	21.2	27.7	28.4	24.1
SN2	11.6	22.5	13.6	37.9	28.1	8.4	19.5	21.4	27.5	28.3	24.1
SN3	11.5	22.1	13.0	37.7	27.6	8.2	9.4	20.6	27.4	28.0	23.9
SN4	11.1	22.1	13.0	37.6	27.8	7.4	9.1	2.6	27.5	28.1	24.0

- <표 6-5-6>에서 보는 바와 같이 회전교차로 수를 늘릴수록 6, 7, 8번의 개별 교차로의 차량당 평균 주행속도는 증가하는 것을 확인할 수 있음. 즉, 인접교차로에 연속적으로 회전교차로가 전환될 경우 증가된 차량당 평균 주행속도는 차량당 평균지체가 감소됨으로서 나타난 결과임

<표 6-5-6> 회전교차로 전환시 개별교차로의 차량당 평균주행 속도 변화

구분	교차로 번호										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	차량당 평균지체(초/대)										
SN1	31.9	26.8	24.1	21.3	24.8	26.0	26.9	29.2	26.8	27.9	37.5
SN2	32.1	26.3	25.3	21.3	22.8	31.5	27.1	29.0	27.4	27.7	37.4
SN3	32.2	27.6	26.2	21.4	22.6	30.4	35.0	29.0	27.9	27.7	37.1
SN4	32.4	26.5	26.0	21.4	22.8	32.8	35.5	44.9	27.4	27.8	37.4

## 5.4 네트워크 차원의 회전교차로 녹색교통 측면 효과분석

### 5.4.1 에너지 소비절감 효과분석

- 자동차 유류소비량을 산정하기 위해서 본 연구에서는 차종은 승용차로 가정하였으며, 분석 대상지는 「인천광역시 논현지구」로 선정하였음
- 네트워크 차원에서의 에너지 소비 절감 효과를 분석하기 위해서는 분석대상지의 교통량, 차량당 평균 주행거리와 차량당 평균 주행속도를 이용함
- 분석대상지인 인천광역시 논현지구의 분석을 위해 회전교차로로 전환된 6, 7, 8번 교차로에서의 시나리오별 교통량, 차량당 평균 주행거리와 차량당 평균 주행속도는 다음 <표 6-5-7>과 같음

<표 6-5-7> 분석대상지의 차량당 평균 주행거리 및 주행속도

시나리오	평균 주행거리(km)	교통량(대/시)	교차로			비고
			6번	7번	8번	
SN1	1.88	6,828	26.0	26.9	29.2	-
SN2			31.5	27.1	29.0	회전교차로 : 6번
SN3			30.4	35.0	29.0	회전교차로 : 6, 7번
SN4			32.8	35.5	44.9	회전교차로 : 6, 7, 8번

- 시나리오별 에너지 소비절감효과 편익은 네트워크 전체 교통량, 차량당 평균 주행속도, 차량당 평균 주행거리 그리고 유류가격을 적용하여 분석한 결과 다음 <표 6-5-8>과 같이 산출됨

<표 6-5-8> 네트워크 차원에서의 회전교차로 도입에 따른 에너지 절감편익

시나리오	유류비(백만원)				에너지 절감 편익(백만원)	감소율(%)
	6번	7번	8번	합계		
SN1	6,114*	6,105	6,084	18,303	-	-
SN2	5,239	6,103	6,086	17,429	874	4.8
SN3	5,245	5,222	6,086	16,553	1,750	9.6
SN4	5,233	5,219	4,744	15,196	3,107	17.0

자료 : 「도로·철도부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완연구(제4판), 2004」에서 정의한 승용차 속도에 따른 유류 소비량을 준용함

주: · \*유류비=[속도별유류소비량(30km/h)+(속도별유류소비량(40km/h)-속도별유류소비량(30km/h))/100]×6×평균주행거리(km/h)×유류비(1,800원/ℓ)×연평균교통량(대/일) / 백만원  
· 연평균 교통량 =365×(첨두시간 교통량/K), 첨두시간계수 K는 0.1로 가정



- 분석결과 회전교차로로 전환할 경우 회전교차로 도입으로 인한 연평균 에너지 소비절감 편익은 회전교차로를 1곳만 적용할 경우 약 8억 7천만원이 발생되며, 연속적으로 회전교차로 3곳을 변경하였을 경우에는 약 31억원의 편익이 발생됨
  - 이는 3개소의 회전교차로를 개별로 설치하였을 경우(8.7억원×3=26.1억원)보다 연속적으로 설치하였을 경우에 약 5억원 이상 에너지 절감편익이 증가되는 것으로 분석됨
- 따라서, 에너지 소비 절감 편익 측면에서 네트워크 차원의 회전교차로 도입시 1곳의 회전교차로의 적용보다는 인접교차로에서의 연속적인 회전교차로 도입시 편익이 매우 크게 증가되는 것으로 분석됨

5.4.2 환경오염 절감 효과분석

- 본 연구에서는 일반교차로의 회전교차로 전환시 네트워크 차원에서의 대기오염 배출절감 효과를 분석함
- 대기오염 배출절감 효과분석을 위해서 승용차의 평균 주행속도 및 차량당 평균 주행거리는 에너지 소비절감효과 분석에 사용된 ‘인천광역시 논현지구’의 시나리오별 분석 결과자료를 이용하였으며, 시나리오별 속도에 따라 보정된 대기오염 배출계수는 다음 <표 6-5-9>와 같음

<표 6-5-9> 시나리오별 대기오염물질 배출계수

(단위 : g/km)

시나리오	교차로 구분	CO	NOx	HC	CO2
SN1	6	1.871*	0.659	0.230	254.326
	7	1.865	0.657	0.229	253.853
	8	1.848	0.653	0.227	252.644
SN2	6	1.182	0.482	0.126	204.453
	7	1.863	0.657	0.229	253.748
	8	1.849	0.653	0.227	252.749
SN3	6	1.186	0.483	0.127	204.790
	7	1.170	0.478	0.125	203.380
	8	1.849	0.653	0.227	252.749
SN4	6	1.177	0.480	0.126	204.055
	7	1.168	0.478	0.125	203.227
	8	0.835	0.381	0.081	173.254

자료 : 「도로·철도부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완연구(제4판), 2004」에서 정의한 승용차 속도에 대기오염물질 배출계수를 준용함

주 : \*는  $1.871 = \text{속도별오염계수}(20\text{km/h}) + [(\text{속도별오염계수}(30\text{km/h}) - \text{속도별오염계수}(20\text{km/h})/100) \times 6]$ 으로 도출됨

- 분석결과 분석대상지에서 회전교차로로 전환할 경우 회전교차로 도입으로 인한 연평균 대기오염비용 절감 편익은 회전교차로를 1곳만 적용할 경우 약 3억 8천만원, 연속적으로 회전교차로 3곳을 변경하였을 경우에는 약 13억 5천만원의 편익이 발생되며, 다음 <표 6-5-20>과 같음
  - 이는 3개소의 회전교차로를 개별로 설치하였을 경우(3.8억원×3=11.4억원)보다 연속적으로 설치하였을 경우에 약 2억원 이상 대기오염 절감편익이 증가되는 것으로 분석됨
- 네트워크 차원에서의 대기오염 비용 절감 편익 분석결과, 인접한 교차로에 회전교차로 적용 갯수를 늘리면 네트워크 전체 환경오염비용 절감편익은 아래 <표 6-5-10>에서 분석된 바와 같이 크게 증가될 것으로 사료됨

<표 6-5-10> 네트워크 차원에서의 회전교차로 도입에 따른 환경오염 절감편익

시나리오	환경오염비용(천원)				환경오염비용 절감 편익(천원)	감소율(%)
	6번	7번	8번	합계		
SN1	1,276*	1,272	1,263	3,811	-	-
SN2	891	1,271	1,264	3,426	384	10.1
SN3	894	884	1,264	3,041	769	20.2
SN4	889	883	687	2,459	1,352	35.5

주 : \*는 “1,275,714 = (대기오염물질 배출계수 × 1.88km × 연평균교통량 × 원단위대기오염비용) / 1,000원”으로 도출됨  
 대기오염물질 배출계수는 CO, NOx, HC, CO2의 환경오염비용의 합계임  
 · 연평균 교통량 = 365 × (첨두시간 교통량/K), 첨두시간계수 K는 0.1로 가정  
 · 원단위 대기오염비용(원/kg) ; CO=6,376원, NOx=7,410원, HC=7,671원, CO2=34원

### 5.4.3 소결론

- 기존 교차로를 회전교차로 전환할 경우에는 추가 도로부지 확보 곤란, 도로 부대시설 이전 등의 많은 어려움 때문에 신도시 개발 시 도시계획 및 설계 단계에서 회전교차로 도입이 검토되어야 함
- 최근 조성된 인천광역시 논현지구의 실제네트워크를 기반으로 분석한 결과에서 도로 네트워크 차원의 회전교차로 도입효과를 확인할 수 있었음
  - 네트워크의 교차로를 연속적으로 회전교차로로 전환 시 교차로 교통소통완화효과가 증대됨
  - 일반적으로 비신호교차로로 구성된 네트워크를 회전교차로로 전환할 경우

에는 교통량이 적은 수준에서는 교통소통완화 효과는 미비하게 분석되었지만, 교통량이 많은 경우 전체네트워크의 용량증대효과는 분석되었음

- 이를 통해 주도로와 부도로가 명확하여 차량의 교차로 진입우선순위가 분명하고 진입교통량이 일정수준이하일 경우에는 회전교차로 설치보다는 비신호 교차로로 운영하는 것이 바람직할 수도 있음을 알 수 있음
  - ※ 하지만 안전상의 문제 발생 시에는 회전교차로 설치가 바람직함
- 신호교차로로 구성되고, 교차로 간 거리가 100m이내인 도로 전체네트워크에서는 진입교통량이 시간당 360대 이하일 경우에는 회전교차로의 운영상 효과가 두드러지게 나타나지만 360대가 초과될 경우에는 오히려 신호교차로의 운영상 효과가 두드러지게 나타남
- 또한 네트워크 내 회전교차로 도입교차로 수를 높일수록 교통소통완화효과가 증대됨
- 연속적인 회전교차로 설치에 의한 효과는 교차로 통행에 따른 에너지 소비량 및 대기오염 배출 절감 분석을 통해서도 알 수 있음
  - 회전교차로로 전환할 경우 회전교차로 도입으로 인한 연평균 에너지 소비절감 편익은 회전교차로를 1곳만 적용할 경우 약 8억 7천만원이 발생되며, 연속적으로 회전교차로 3곳을 변경하였을 경우에는 약 31억원의 편익이 발생됨
  - 회전교차로로 전환할 경우 회전교차로 도입으로 인한 연평균 대기오염비용 절감 편익은 회전교차로를 1곳만 적용할 경우 약 3억 8천만원, 연속적으로 회전교차로 3곳을 변경하였을 경우에는 약 13억 5천만원의 편익이 발생됨

## 제6절 한국형 회전교차로 홍보 및 교육방안

### 6.1 한국형 회전교차로 홍보방안

- 국토해양부, 국가경쟁력강화위원회, 행정안전부에서는 교통운영체계 선진화의 일환으로 추진중인 회전교차로의 장점 및 효과 등을 국민에게 알리고, 운전자로 하여금 회전교차로에서의 올바른 운전방법을 숙지할 수 있도록 홍보 및 교육을 계획하고 있음
- 한국형 회전교차로의 운영효율 향상 및 정착을 위해서는 양보를 기반으로 한 선진 교통문화 정착이 되어야 함. 기존의 원형교차로에서는 FIFO(First In, First Out)과 같은 선착순 규칙에 의해 운영되었으나, 교통량 증가에 따라 발생된 전방향 통행제한 현상 등에 의해 점차 사라지게 되었음
- 이와 같은 상황을 되풀이 되지 않게 하기 위해서는 운전자 교육이 필요충분 조건이 되어야 하며, 시급히 효율적으로 이루어져야 함. 이는 회전교차로의 통행우선권이 차량을 운전하는 운전자에 의한 ‘양보’에 의해서 이루어지기 때문임
- 회전교차로의 홍보를 위해서는 영상매체를 통한 홍보, 홍보책자 배포, 인터넷을 통한 홍보가 일반적이며 다음과 같은 방법을 통해 홍보 될 수 있음
  - 언론매체(TV, 라디오 신문 등)을 통한 홍보
  - 기타 영상매체를 통한 홍보
  - 홍보책자 및 홍보물 배포
  - 주민 설명회 및 캠페인 개최
  - 인터넷을 통한 홍보
  - 운전면허시험 등 운전자 교육
  - 네비게이션 등 도로안내매체 활용
  - 경찰 등에 의한 현장지도 및 단속
- 본절에서는 이러한 개별 회전교차로 홍보방안에 대해 설명하고, 현재 추진 중인 회전교차로 홍보 사례를 함께 소개하고자 함

#### 6.1.1 영상매체를 통한 홍보

##### 가. 동영상 홍보

- 회전교차로의 개념, 통행방법, 효과 등을 담은 홍보영상물을 제작하여, 광고 및 교육용으로 활용할 수 있음

- 실제로 국가경쟁력강화위원회에서는 교육영상물로 약 5분짜리 1편과, 전광판 및 광고물로 약 30초짜리 1편으로 제작하여 활용 중에 있음
- 제작 된 홍보영상물은 교육자료 및 홍보자료로서의 활용하고 있으며, 주요 활용사례는 다음과 같음
  - 지방자치단체의 교통선진화활성화 교육자료 활용(행안부, 국토부)
  - 각 지방 경찰서 및 운전면허관리공단 교육자료 활용(경찰청)
  - 정부기관 운영 및 지자체 등 전국 전광판 송출(행안부, 국토부, 지자체, 경찰청)
  - YTN 방송 송출(약 삼천만원/3개월/일5회)
  - 지하철내 스크린광고
  - 서울역 및 공항 등 홍보부스 송출



<그림 6-6-1> 홍보영상물 사례

나. 라디오 교통 캠페인 홍보

- 손해보험협회 협찬으로 교통방송을 통한 라디오 홍보캠페인을 추진하고 있고, 주요 내용은 아래와 같음
  - 기간 : 2011. 1 ~ 12. 30(12개월)
  - 횟수 : 6회/일( 출퇴근시 2회 포함)
  - 추진현황 : 방송사와 협의완료하고 캠페인 송출중

다. 보도자료 배포

○ 국토해양부 및 행정안전부의 보도자료를 통해 아래와 같은 내용의 자료를 배포하고 있음

- 회전교차로의 소개, 장단점 및 통행방법 소개
- 회전교차로 설계 지침 공포(국토해양부)
- 전국 200여개소의 로타리의 회전교차로의 전환으로 통행우선권 확립(행안부)
- 회전교차로 시범사업 현황 및 계획(행정안전부)

6.1.2 홍보책자 배포를 통한 홍보

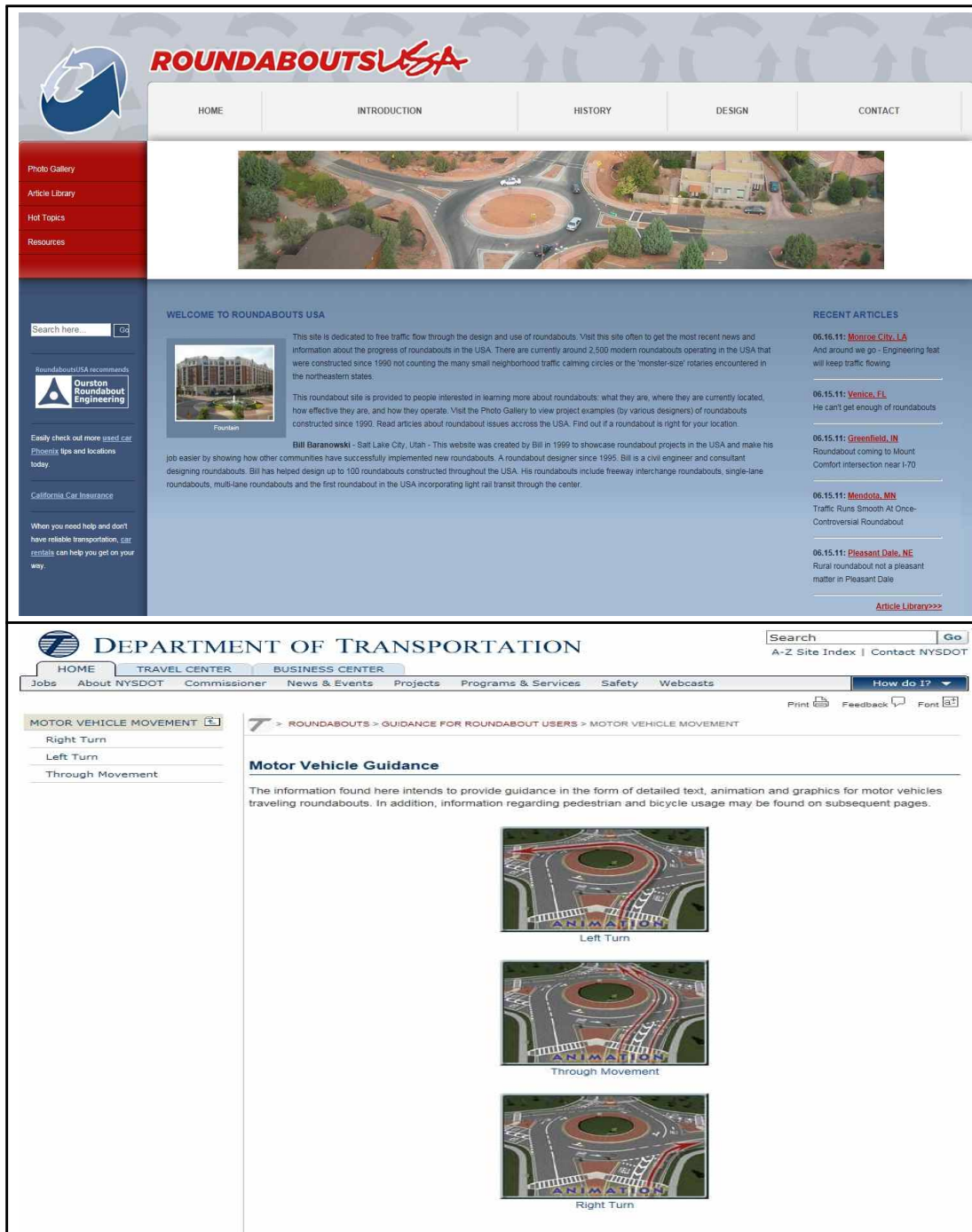
○ 국내에서는 홍보책자 배포를 통한 홍보는 이루어지고 있지 않으나, 미국의 경우 연방도로관리청(FHWA)에서는 <그림 6-6-2>와 같은 브로셔를 통해 홍보를 추진하고 있음



<그림 6-6-2> FHWA의 홍보브로셔 사례

6.1.3 인터넷을 통한 홍보

- 홈페이지 개설하여 회전교차로 설계지침 자료 및 통행방법(애니메이션) 등의 홍보가 필요한 실정임
- <그림 6-6-3>은 국외의 회전교차로 관련 홈페이지 임



<그림 6-6-3> 회전교차로 홍보관련 홈페이지

#### 6.1.4 기 타

##### 가. 운전면허시험

- 경찰청과의 협의를 통한 운전면허시험 항목에 회전교차로 관련 문제 및 교육을 포함하는 방안은 실효성 측면에서 가장 큰 효과를 거둘것으로 판단됨
- 따라서, 교육 및 시험항목 도출에 관한 협의가 시급히 이루어져야 함

##### 나. 네비게이션

- 네비게이션 소프트웨어 제작업체를 통한 프로그램 내 회전교차로에 대한 안내 및 아래와 같은 교통안내 및 통행관련 메시지를 삽입하여 회전교차로를 처음 이용하는 운전자에게 통행방법을 알려줌
  - “회전교차로 진입시 속도를 줄이시오”
  - “회전차량이 있을시 양보하십시오”
  - “진출시에는 우회전 신호를 넣은후 진출하십시오”

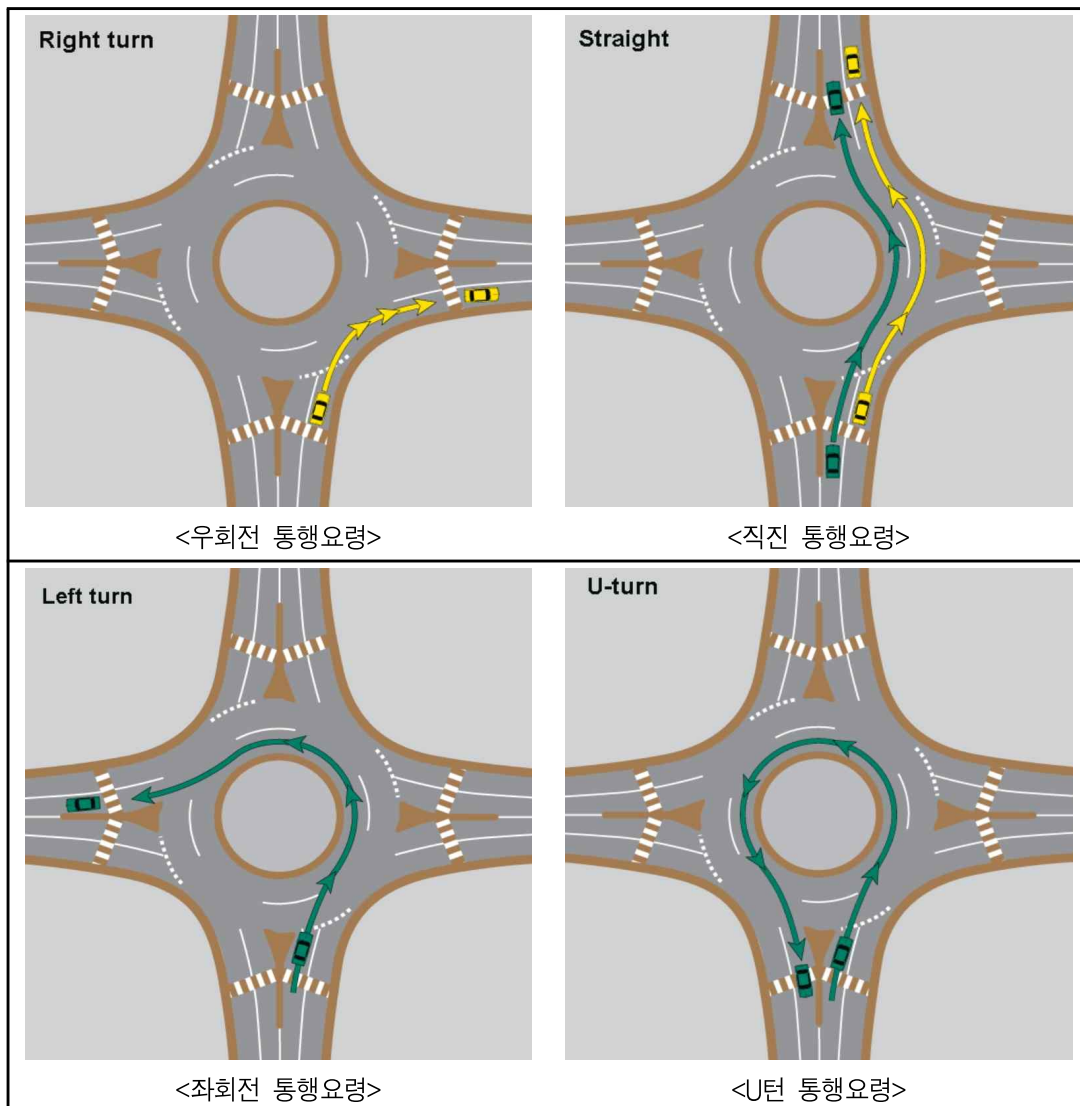


## 6.2 한국형 회전교차로 교육방안

- 회전교차로 이용자는 자동차 운전자, 보행자, 자전거 이용자로 구분할 수 있으며, 각각의 이용자에 대한 개별교육이 필요함

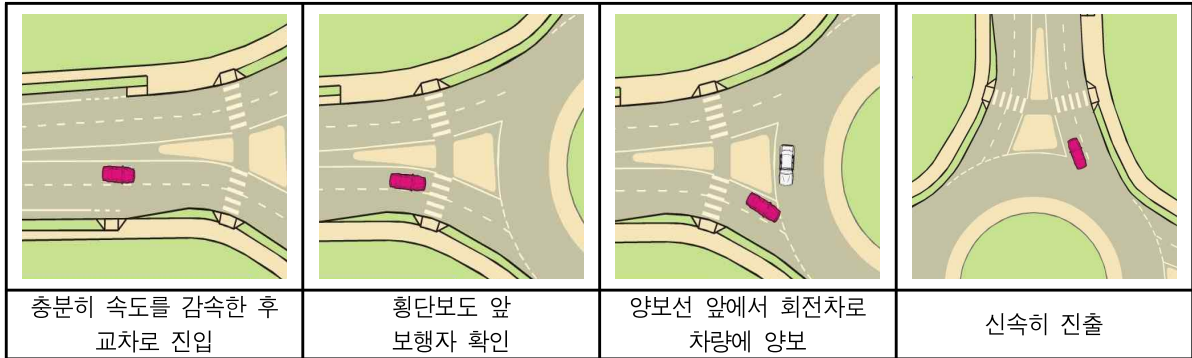
### 6.2.1 자동차 운전자 교육

- 회전교차로에서의 자동차 통행방식은 운전자가 회전교차로의 운영원리를 반드시 숙지한 후 이용하여야 하며, 교차로 진입차량은 충분히 속도를 감속하여 진입하고, 횡단보도 이용 보행자 확인 후 양보선에서 회전차로내 회전차량간의 충분한 거리 확보 후 20~30km/h로 회전부를 통과하여 신속하게 진출하여야 함



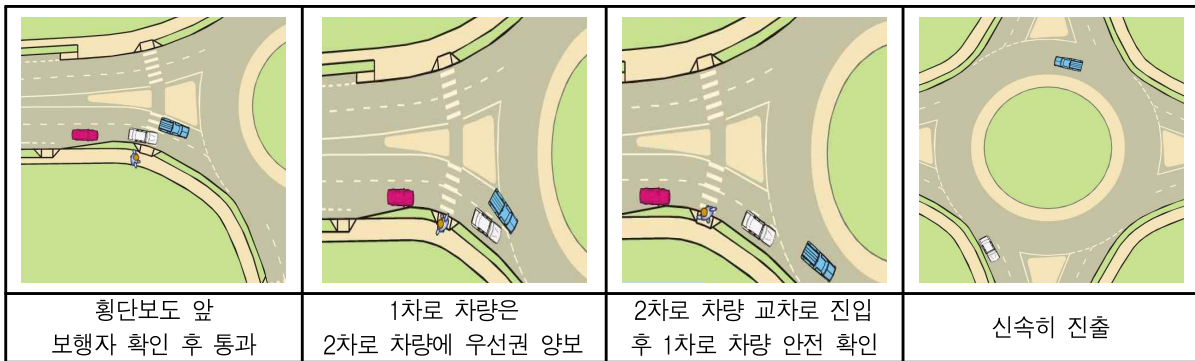
<그림 6-6-4> 자동차 운전자의 회전교차로 통행요령

- <그림 6-6-5>는 1차로형 회전교차로에서의 자동차 운전자 통행방법으로 회전교차로 진입 전 충분히 속도를 감속하여 진입후 횡단보도내 보행자 확인 및 양보선 앞에서 회전차로의 차량 유무를 확인함
- 회전차로에 양보 후 회전차로를 통해 신속히 진출함



<그림 6-6-5> 자동차 운전자의 회전교차로 통행방법(1차로형)

- <그림 6-6-6>은 2차로형 회전교차로에서의 자동차 운전자 통행방법으로 1차로형 회전교차로와 통행방법은 유사하나, 양보선에서 2차로 차량의 경우 1차로의 차량 안전을 확인 후 회전교차로를 통과하여야 함

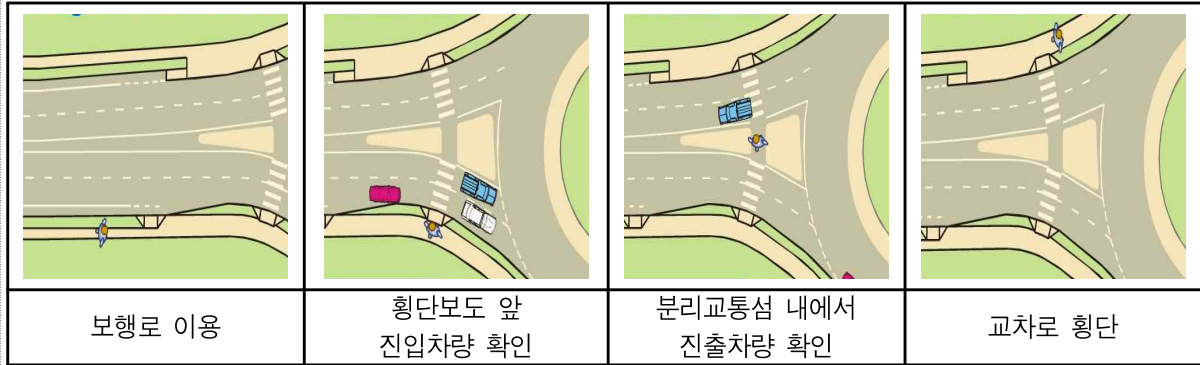


<그림 6-6-6> 자동차 운전자의 회전교차로 통행방법(2차로형)

### 6.2.2 보행자 교육

- 회전교차로는 일반교차로와는 다르게 보행자의 횡단거리가 길고, 무신호로 운영되어, 보행자는 회전교차로 횡단 시 다음과 같은 안전요인을 확인 후 교차로를 횡단하여야 함

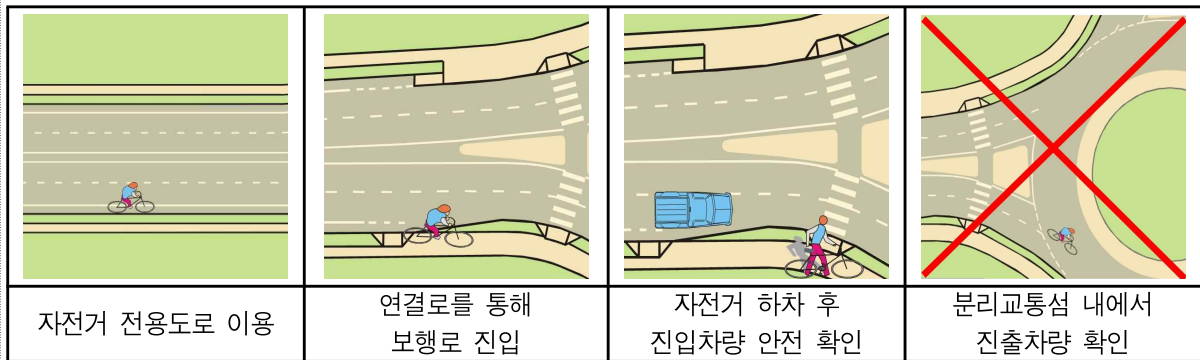
- <그림 6-6-6>은 보행자의 회전교차로 횡단 요령으로, 보행자는 횡단보도 앞에서 진입차량을 확인 후 분리교통섬까지 이동함
- 분리교통섬에서 진출차량의 확인 후 교차로를 횡단하여야 함



<그림 6-6-7> 보행자의 회전교차로 통행방법

6.2.3 자전거 이용자 교육

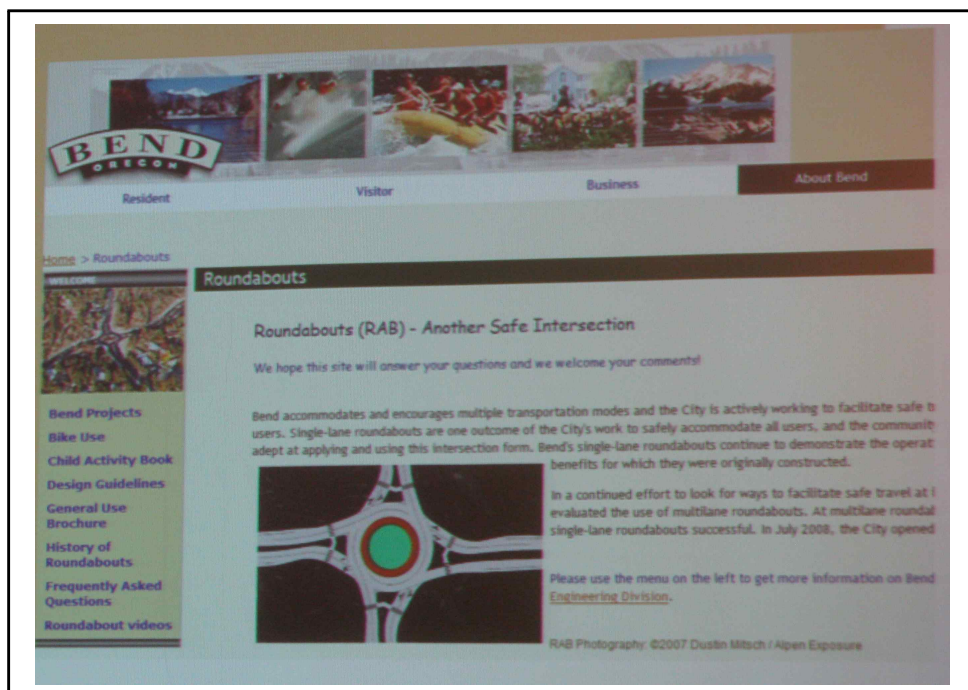
- 회전교차로에서의 자전거 통행방식은 자전거 전용도로를 이용하여 교차로에 접근하고, 횡단보도 양보선 30m 전방에서 연결로(보도턱 낮춤)를 통해 보행로로 자연스럽게 진입하여 자전거에서 하차 후 횡단보도를 통과하면 됨
- 자전거 이용자는 회전차로를 이용하여 교차로를 통과할 수 없음을 유의하여야 하며, 교차로 횡단 시 자전거에서 하차 한 후 교차로를 횡단하여야 함



<그림 6-6-8> 자전거 이용자의 회전교차로 통행방법

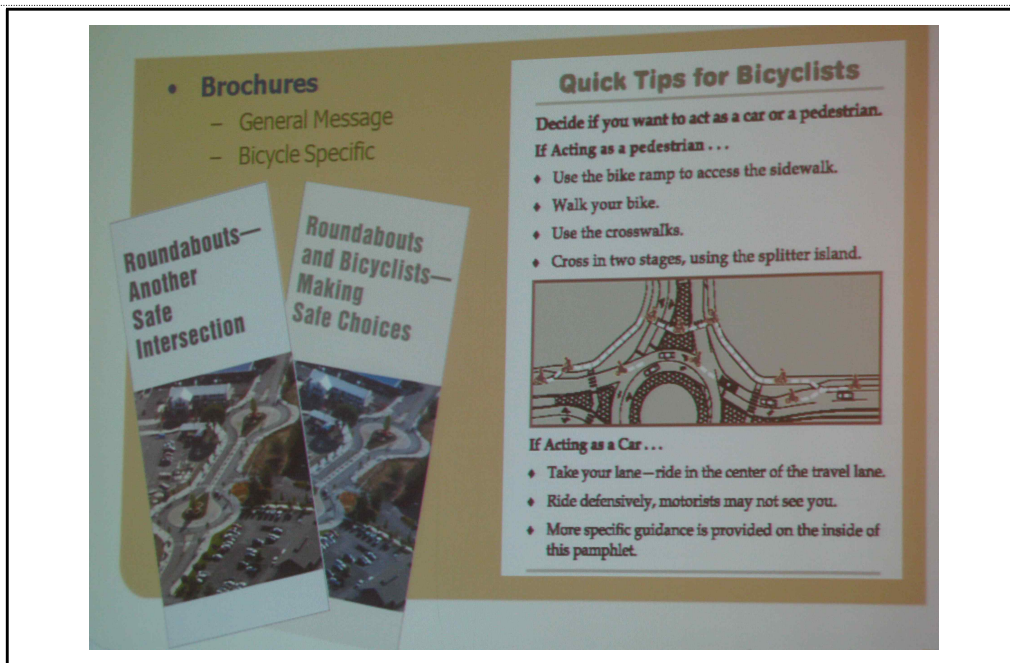
### 6.3 회전교차로 도입에 따른 홍보 및 교육 사례 소개

- 본 절에서는 이미 앞에서 언급한 바와 같이 한국형 회전교차로의 성공적 도입을 위해서는 무엇보다도 회전교차로 도입에 따른 홍보 및 교육이 중요함으로 이에 대한 성공적인 사례를 소개하여, 향후 국내 회전교차로의 도입을 성공적으로 추진할 수 있도록 하고자 함<sup>13)</sup>
- 회전교차로의 홍보 및 교육은 계획, 설계 및 시공단계 그리고 사후단계까지 지속적으로 추진될 필요가 있음
- 미국 오래곤 주의 Bend 시에서는 계획, 설계 및 시공단계에서는 다음과 회전교차로 도입에 따른 홍보 및 교육을 실시한 바 있음
  - 홍보 및 교육 내용: 회전교차로 개념 및 장점(교통안전, 교통운영, 도시 및 도로미관) 설명
  - 교육 및 홍보 대상: 승용차운전자, 버스 및 트럭등의 운수업 종사자, 자전거 이용자, 보행자
  - 교육 매체 및 방법

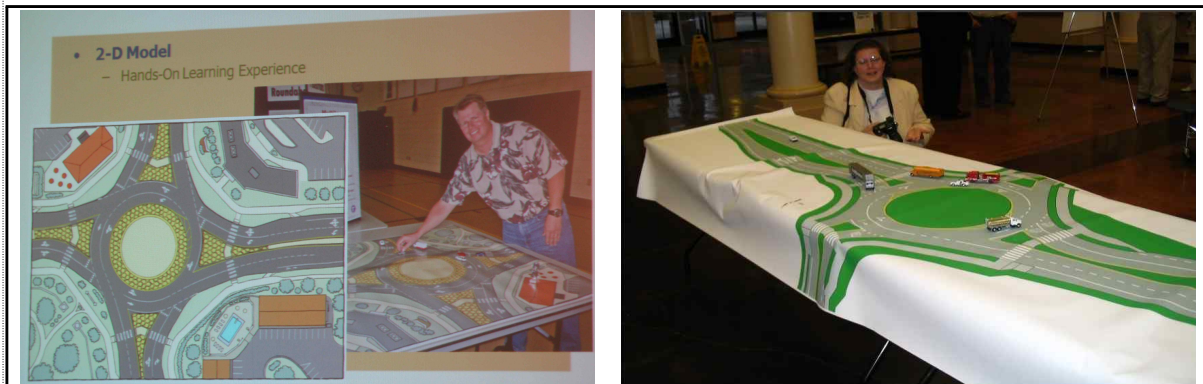


<그림 6-6-9> 인터넷을 통한 교육

<sup>13)</sup> The 3rd International Roundabout Conference, Public Education Program



<그림 6-6-10> 회전교차로 소개 및 통행요령 교육책자 및 자료



<판넬 및 모형을 통한 통행요령 교육>

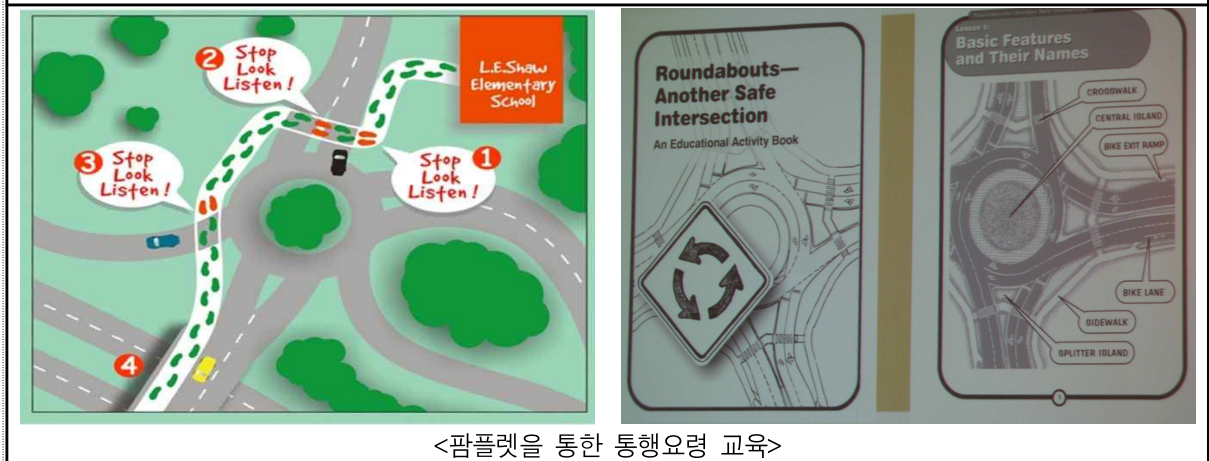


<현장교육을 통한 통행요령 교육>

<그림 6-6-11> 회전교차로 소개 및 통행요령 교육 판넬



<유아 및 초등학생을 위한 보행자통행요령 교육>



<팜플릿을 통한 통행요령 교육>

<그림 6-6-12> 학교 교육용 자료 별도 제작 및 교육

## 제7절 기타 회전교차로 활성화 방안

### 7.1.1 교차로 인근 상업 및 주거 시설의 진출입로 처리

- 회전교차로 설치 시 진입부, 회전부, 진출부에 인접한 접근로가 있을 경우, 차량의 가감속으로 인한 상충 및 사고가 발생할 수 있음
- 우리나라의 많은 교차로 주변에는 상업시설 진출입로, 농로 진출입로 등의 정식 접근로가 아닌 소규모의 진출입로가 존재하고 있음
- 따라서, 회전교차로에 인접한 접근로가 있는 경우 회전교차로에 영향을 미치지 않는 범위로 이전하는 것이 바람직함
- 이러한 진출입로는 교통량이 거의 없는 경우가 대부분이어서, 교차로의 별도 접근로로 간주하여 설계할 필요는 없으므로 다음과 같은 방식으로 처리하는 것이 바람직함
- 회전교차로에서의 도로가 아닌 진출입로에 대한 접근관리는 두가지로 구분할 수 있음
  - 회전교차로 회전부에 접한 진출입로
  - 회전교차로 진·출입부에 접한 진출입로

#### 가. 회전교차로 회전부에 접한 진출입로

- 회전교차로에 접한 진출입로는 다음과 같은 경우 부득이하게 설치 가능함
  - 대체될 수 있는 접근로가 없는 경우
  - 통행발생이 적은 진출입로는 일반적으로 허용될 수 있으나 교통량이 많은 진출입로에 대해서는 접근로를 이설해야함. 대체될 수 있는 접근로가 없는 경우 안내 및 홍보를 통해 미연에 사고를 방지하여야 함
  - 진출입로 설계는 특수차량 및 어느 곳에서든 회전이 가능한 차량들이 이용할 수 있어야 하며, 회전교차로에서 차량의 후진이 가능할 수 있도록 계획하고자 하는 진출입로는 매우 적은 교통량일 경우를 제외하고는 계획되지 않아야 함
  - 또한, 차량 진출입시 적절한 교차로 시거가 확보되어야하며, 주도로의 차량들이 충분히 인지하여야 함
- <그림 6-7-1>은 회전교차로 회전부에 설치한 접근로 설치 사례임



<그림 6-7-1> 회전교차로 회전부에 위치한 접근도로

나. 회전교차로 진·출입부에 접한 진출입로

- <그림 6-7-2>는 회전교차로 진출입로에 설치된 접근로 유형임
- 횡단보도와 접근로를 분리하여 설치한 경우
- 횡단보도와 접근로를 분리하지 않은 경우
- 도로의 구조 변경을 통해 회전교차로 진출부에 진출입로를 설치한 경우



횡단보도와 접근도로를 분리한 경우



횡단보도와 접근도로를 분리하지 않은 경우



도로의 구조를 변경한 경우

<그림 6-7-2> 회전교차로 진·출입부에 위치한 접근도로



다. 상업지구내 회전교차로 진출입로 설치

- <그림 6-7-3>은 교통량 진출입이 많은 상업지구와 연계된 회전교차로로 도로다이어트를 통한 보행공간 확보 및 도로다이어트를 통한 주차면을 확보한 사례임



<상업지구내 도로다이어트와 연계된 연속형 회전교차로>



<상업지구내 회전교차로 진출입로 설치 사례>

<그림 6-7-3> 상업지구내 회전교차로 진출입로 설치 사례

### 7.1.2 로터리의 회전교차로 전환

- 교차로를 주행하는 운전자들은 눈에 보이는 교차로 형태만으로는 로터리와 회전교차로 구분을 쉽게 할 수는 없음. 이에 따라 기존 로터리를 회전교차로로 전환한 사례가 있음.
- 이러한 로터리의 회전교차로 전환은 크게 다음과 같은 두가지 유형으로 구분하여 추진되고 있음
  - 기존 로터리의 구조는 그대로 준용하고, 통행우선권 확립을 위한 교통표지 및 노면표시 등만 추가로 설치
  - 회전교차로의 필수 설계원칙을 준용하여 개선하여 진입부 선형 위주로 최소한 요소만 수정
  - 모든 요소들을 개선하여 전반적으로 회전교차로로 전환
- 회전교차로의 필수 설계원칙을 준용하여 개선하여 최소한 요소만 수정하는 경우는 아래 그림에서 보는 바와 같이 기존 내접원은 준용하고, 진입부를 회전교차로 진입부 설계로 개선하여 운전자의 회전교차로에서의 통행요령을 준수하도록 유도함
- 모든 요소들을 개선하여 전반적으로 회전교차로로 전환하는 경우는 일반적으로 지나치게 큰 로터리의 내접원을 축소하여 필요한 부분만 교차로 면적으로 활용하고, 회전교차로의 설계요소를 모두 반영하여 개선하는 방식으로 아래 그림에서 보는 바와 같이 개선할 수 있음



<Long Beach, 캘리포니아>

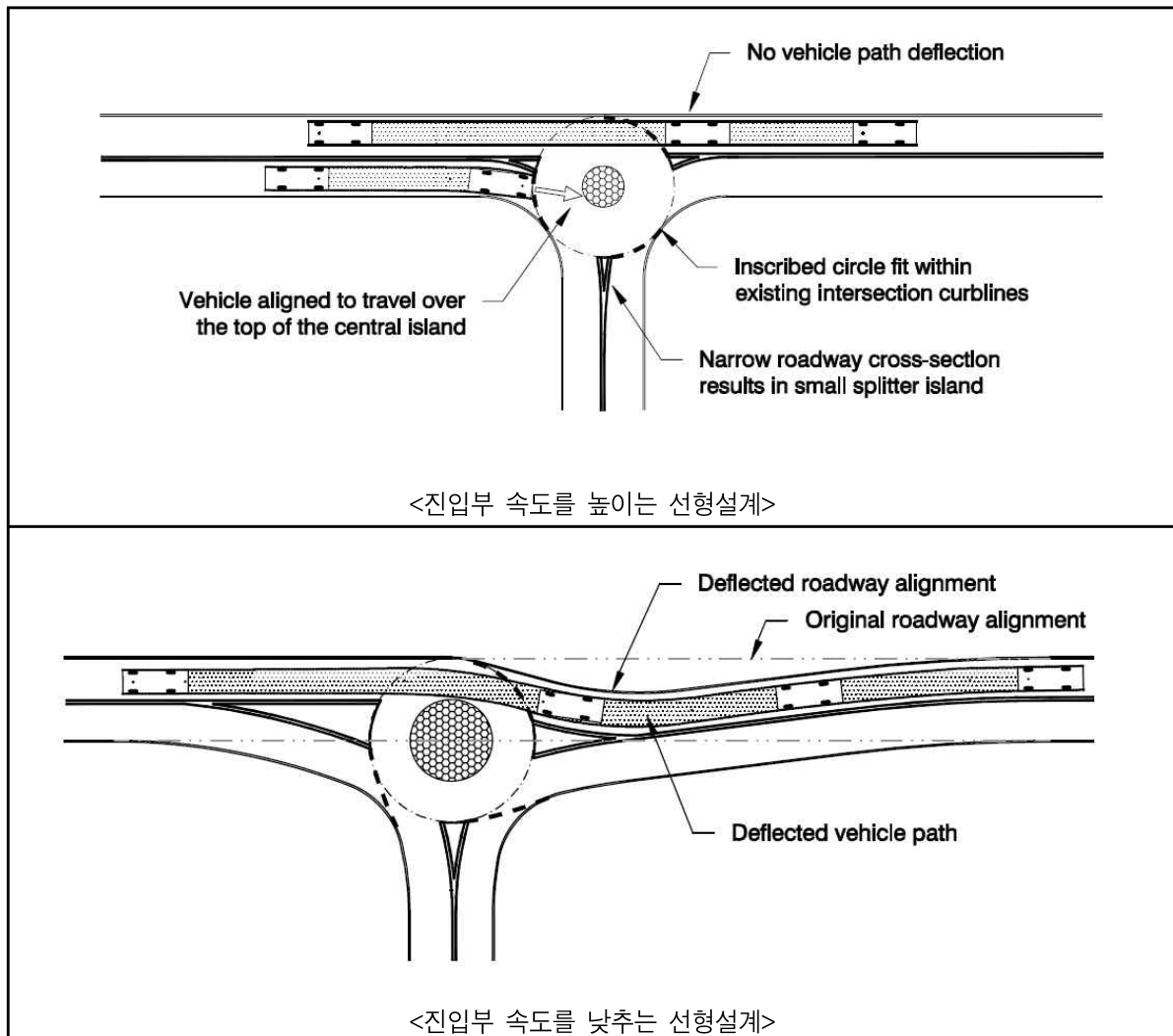


<Kingson, 뉴욕>

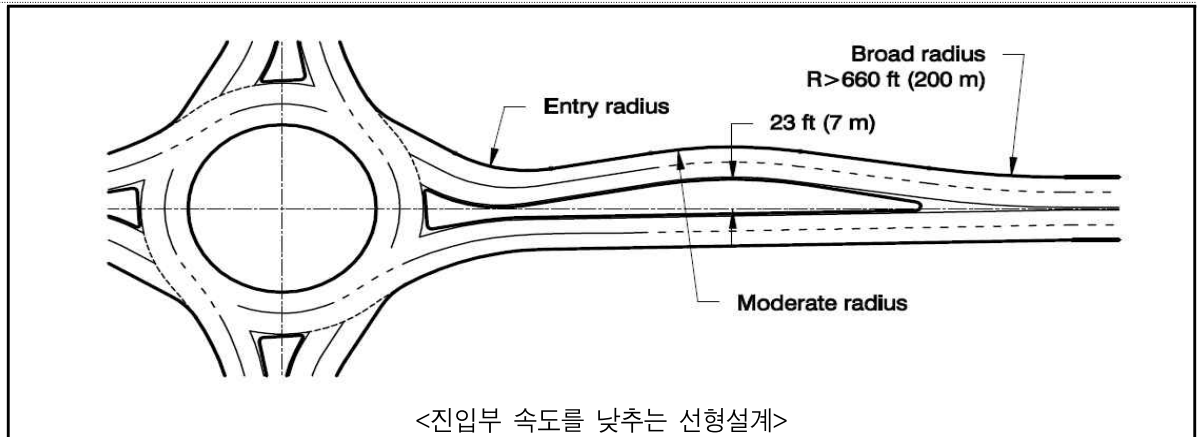
<그림 6-7-4> 로터리의 회전교차로 전환

7.1.3 회전교차로 속도완화 특성을 위한 방안 제시

- 회전교차로에서의 교차로 통과는 진입부~회전부~진출부 순으로 차량이 이동하게 됨
- 이때, 회전교차로에서의 속도가 가장 낮은 곳은 진입부로, 진입부 설계 시 진입하는 차량이 충분히 감속할 수 있도록 기하구조 설계가 이루어져야 함
- 일반적으로 속도저감을 위해 교통정온화(Traffic calming)기법을 많이 사용하는데, 회전교차로에서는 진입부 선형 조정(Deflection)을 하거나, 교통정온화 기법들 중 과속방지턱(Speed Hump or Speed Table), 돌출형 횡단보도(Raised Crosswalks), 시케이인(Chicanes), 제브라(Zebra), Speed Kidney 등과 같은 기법 등을 적용할 수 있음
- <그림 6-7-5>과 <그림 6-7-6>은 회전교차로 진입부의 도로선형을 통한 진입속도 저감 방법임



<그림 6-7-5> 3지 회전교차로 속도저감을 위한 진입부 설계



<그림 6-7-6> 4지 회전교차로 속도저감을 위한 진입부 설계

- <그림 6-7-7>은 교차로 진입부에 속도저감을 위한 과속방지턱(Speed Hump, Speed Table, H-Hump<sup>14)</sup>)과 돌출형 횡단보도 설치 사례임

H형 과속방지턱

돌출형 횡단보도

<그림 6-7-7> 진입부 속도저감을 위한 교통정온화 기법(1)

14) H-Hump는 소형자동차만 영향을 받도록 만든 과속방지턱임

- <그림 6-6-8>은 교차로 진입부에 속도저감을 위한 Zebra 기법 설치 사례임



<진입부 속도저감을 위한 Zebra 설치>

<그림 6-7-8> 진입부 속도저감을 위한 교통정온화 기법(2)

- <그림 6-7-9>는 교차로 진입부에 속도저감을 위한 Speed Kindney로 차량이 곡선의 험프를 밟지않고 통과하기 위해서는 속도를 줄여 곡선주행을 하여야 함

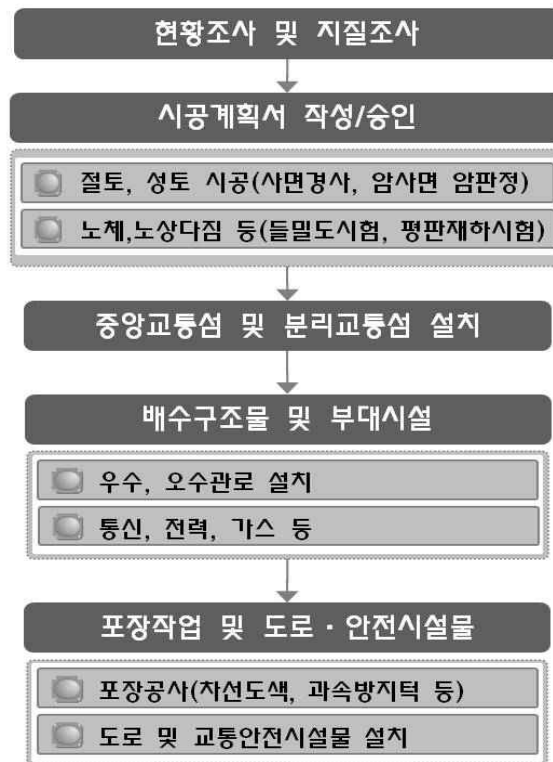


<진입부 속도저감을 위한 Speed Kidney설치>

<그림 6-7-9> 진입부 속도저감을 위한 교통정온화 기법(3)

### 7.1.4 회전교차로 시공순서

- 회전교차로의 시공순서는 회전교차로를 신설하는 경우와 기존교차로를 회전교차로로 전환하는 경우로 구분하여 시공계획을 수립함. 회전교차로 시공 전·후 효과분석을 위해 가급적 회전교차로 공사 전·후 동일한 첨두시간대에 동영상을 촬영해두는 것이 바람직함
- 첫째, 신설되는 회전교차로의 경우 교통량에 영향을 받지 않기 때문에 일반적인 도로의 시공순서를 준용하면 되고, 시공 시 준비사항을 간략하게 기술하면 아래와 같음



<그림 6-7-10> 회전교차로 시공순서

- ① 현황조사 및 지질조사
- ② 시공계획서 작성 승인
- ③ 지장물 이설, 인·허가 득
- ④ 절·성토 시공 → 사면경사, 암사면 암판정
- ⑤ 노체, 노상 다짐 → 품질시험 : 들밀도시험, 평판재하시험

- ⑥ 중앙교통섬 및 분리교통섬 설치(배수구조물 및 부대시설작업) → 우, 오수관로 및 통신 전력 가스
- ⑦ 포장작업(보조기층 → L형 측구, 보·차도경계석, 포장공사) → 차선도색(과속방지턱 혹은 미끄럼방지포장 설치 등)
- ⑧ 평탄성 시험 및 포장 코어 채취, 교통안전시설물 설치 등 완료

- 둘째, 기존교차로를 회전교차로로 전환하는 경우 교차로 주변 통행여건 및 교통량에 대한 면밀한 검토가 필요함. 즉, 공사로 인한 교차로의 통행에 장애가 발생하거나 교통사고 발생 시를 대비한 우회차로(화물차 턱 등)가 없을 경우 국내 도입초기인 회전교차로 사업 전반에 대한 부정적인 견해가 높아지게 되고, 인근지역 주민들의 민원이 발생하여 회전교차로 설치사업을 성공하기 어렵기 때문임

- 회전교차로의 시공순서는 2010년도 시범사업 대상지인 부산광역시 남구 늘빛교회앞 회전교차로 시공사례를 통해 기술하고자 함



<그림 6-7-11> 지장물 이설, 인·허가 취득

- 먼저 보행자의 보행안전을 위하여 횡단보도를 이설함. 횡단보도의 위치는

회전교차로 설치 시 횡단보도의 위치와 보행자 동선을 고려하여 기존교차로에서 후방으로 이설함. 단, 지방부 회전교차로에서는 횡단보도를 설치하지 않기 때문에 이설은 제외토록 함

- 횡단보도 이설 후 진입차로 수, 내접원 지름 등 설계기준에 맞도록 기존 교통섬을 제거함. 가용토지 수용면적과 교차로 주변 토지이용 현황 등을 고려하여 회전교차로 크기 및 유형을 결정하는데, 도시부에서는 일부 부족한 공간을 보도의 가각정리 및 Set-back을 통해 내접원 지름을 확보토록 함
- 제거한 교통섬의 공간이나 보도의 가각정리 및 Set-back 공간에 대한 노면포장은 아스팔트콘크리트 임시포장을 함. 추후 화물차 턱, 보·차도경계석, L형 측구, 분리교통섬 설치공사를 완료한 후 배수를 고려하여 아스팔트콘크리트를 전체 재포장 하는 것이 바람직함



<그림 6-7-12> 중앙교통섬 및 분리교통섬 설치

- 가설포장 후 도류화 시설(안전지대)을 설치함. 이때 접근부의 분리교통섬 설치 공간 안전지대 내에는 PE 드럼, 윙카 호스, 경광등 및 회전교차로 공사 안내판 등을 설치하여 운전자들에게 전방 교통흐름의 변화에 대한 예고기능을 강화시킬 뿐만 아니라 차량의 감속을 함께 유도해야 함. 또한, 중앙교통



섬이 설치될 공간에는 가설 웬스, 윙카 호스, 갈매기표지, 경광등 등을 설치하여 차량들이 중앙교통섬을 중심으로 회전하여 교차부를 통과 할 수 있도록 유도함

- 가설 웬스 혹은 PE 드럼과 윙카 호스 등으로 설치한 중앙교통섬을 2~3일간 그대로 둔 상태에서 교차로 주변 통행여건과 교통량 및 속도변화 등에 대한 면밀한 검토가 필요하며, 이것이 바로 현장 시뮬레이션임. 특히 설계기준차동차별로 통행패턴을 분석하는 것이 바람직함
- 현장 시뮬레이션 후 순(net) 중앙교통섬을 설치함. 이때 중앙교통섬 내의 집수면적과 노면배수를 위한 우수의 유로 등을 파악하여 맹암거, 유공관 혹은 투수관, 횡배수관 등을 함께 설치토록 함



<그림 6-7-13> 배수구조물 및 부대시설작업

- 순(net) 중앙교통섬 설치공사 후 화물차 턱을 시공함. 이때 매우 중요한 부분 중의 하나가 화물차 턱 설치시 연석을 설치하는 것임
- 대부분 1~2일 내에 교차로 전체 연석설치 작업을 하는데, L형 측구를 설치하거나 콘크리트를 타설하여 연석을 고정하고 콘크리트가 양생되는 동안 가

설 웬스 혹은 PE 드럼, 윙카 호스 등을 설치함. 바로 여기서 문제가 발생하게 되는 것임

- 설계지침에 1차로 회전교차로의 경우 회전차로의 폭은 대형차 4.5~5.5m이고, 세미트레일러 4.5~6.0m 임. 화물차 턱과 보·차도경계석, 분리교통섬의 연석을 동시에 시공하게 되면 실제 회전차로의 폭은 설계기준보다 좁아져 대형차 및 세미트레일러가 원활하게 통행할 수 없게 됨
- 만약 교통사고 발생 시 우회차로가 없어 지·정체 발생으로 인한 회전교차로 사업 전반에 대한 부정적인 견해가 높아지게 되고, 인근지역 주민들의 민원이 발생하여 공사를 마무리하기 어렵게 됨
- 따라서, 반드시 화물차 턱 설치공사를 먼저 시공하여 L형 측구 혹은 콘크리트가 완전히 양생된 후, 보·차도경계석 및 분리교통섬의 연석을 설치하는 공정이 필요함



<그림 6-7-14> 포장작업

- 화물차 턱, 보·차도경계석, 분리교통섬 설치 후 아스팔트콘크리트 포장공사를 함. 이때 개질아스팔트를 사용하거나, 그 외 특수 아스팔트콘크리트 포장을 적극 권장함
- 그 이유는 회전교차로 설치공사가 완료된 후 대형차 및 과적차량에 의한 노

면의 파손이나 소성변형 등으로 잦은 부분공사(Patching) 시행을 감소하기 위해서임

- 특히 충분한 설계검토와 예산을 확보하여 개질아스팔트나 특수 아스팔트콘크리트 포장으로 시공하여 회전교차로의 회전차로 포장수명을 연장시키는 것이 바람직하며, 극소량의 비가오거나 습도가 매우 높을 때, 기온이 영하인 겨울에는 포장공사를 하지 않는 것은 기본임
- 아스팔트콘크리트 포장 후 노면표시를 함. 분리교통섬, 보·차도경계 라인은 황색실선으로 도색하고, 통행안전성 향상을 위해 표지병을 설치할 수 있으며, 화물차 턱 경계라인은 백색실선으로 도색하고, 표지병은 설치하지 않음
- 그 외 양보선, 진행방향노면표시 및 진행방향노면문자 등을 도색함. 각 진출로에 진행방향노면문자를 설치하여 안내하는 것도 초행길 운전자들에게 예고기능을 강화시키는 방법이기도 함



<그림 6-7-15> 도로 및 교통안전시설물, 부대시설 설치

- 노면표시 설치 후 감속유도시설을 설치함 적절한 설계속도 결정 후 접근부 속도의 일관성 및 통행안전성 향상을 위해 도로를 굴곡(완만한 감속유도 시설)시켜 안전한 주행과 자연스러운 감속을 유도할 수 있으며, 도로 굴곡은 화물차 턱 설치공사 후 보·차도경계석 및 분리교통섬과 함께 설치함

- 도로굴곡 외 감속유도시설로는 과속방지턱을 설치하여 속도를 저감시키는 방법임. 이때 과속방지턱은 접근부의 기하구조에 따라 1~2개를 설치하는 것이 바람직하고, 설치높이는 8cm 내외( $\pm 1\text{cm}$ )의 설치를 권장하며, 종단하향 경사로의 경우에는 이격식(1:3 포장방식) 미끄럼방지포장과 함께 설치함
- 그 외 부대시설인 조명시설, 도로안내 및 교통안전표지 등을 설치함. 조명시설은 내접원 반경과 중앙교통섬 및 분리교통섬의 크기와 모양에 따라 야간 시인성을 증진시킬 수 있도록 적절하게 설치되어야 함
- 도시부의 경우 기존 가로등의 위치를 양보선~횡단보도 사이공간에 설치하는 것이 바람직하며, 지방부의 경우 반드시 양보선 부근에 가로등 및 보안등을 설치하여야 함
- 모든 방향의 접근부에 가로등 설치가 곤란한 경우에는 중앙교통섬 내에 가로등을 설치하는 것도 고려해 볼 수 있음. 도로안내표지판은 교통량과 자동차의 접근부 속도, 시인성 등을 고려하여 회전교차로 전방에 설치하고, 그 외 교통안전표지판의 설치는 회전교차로의 경찰청 권장기준과 교통안전시설무편람을 준용하여 설치하는 것이 바람직함
- 이상에서와 같이 신설되는 회전교차로의 경우 교통량에 영향을 받지 않기 때문에 일반적인 도로의 시공순서를 준용하면 되고, 기존교차로를 회전교차로로 전환하는 경우 교차로 주변 통행여건 및 교통량, 기타 장애요소에 대한 면밀한 검토가 필요함
- 공사 중 문제가 발생하게 되면 국내 도입초기인 회전교차로 사업 전반에 대한 부정적인 견해와 인근지역 주민들의 민원으로 회전교차로 설치사업을 지속적으로 시행하기 어렵기 때문임