

# 진입교통량을 고려한 회전교차로 Signal Metering 운영에 관한 연구

## A Study on Roundabout Signal Metering Operation by Considering Entry Lane's Traffic Volume

안우영 Ahn, Woo-Young | 정회원 · 국립공주대학교 건설환경공학부 교수 (E-mail : ahnwy@kongju.ac.kr)

### ABSTRACT

Under unsaturated capacity conditions with balanced approach flows, roundabout gives less delay and queue length than existing signalized intersections; however, over capacity conditions with unbalanced approach flows(flow above 450 pcu/h/lane), roundabouts efficiency drops due to the short gap between entering vehicles and circulating vehicles. This study provides a roundabout Signal Metering transfer standard and operation method. In this study, a four-way-approach with one-lane roundabout is selected to compare the Signal Metering performance for the case of unbalanced flow conditions. The performance is evaluated by using SIDRA software in terms of average delay and queue length. The result shows that the Signal Metering provides substantial improvements for the case of total approach flow is 1,800~2,000 pcu/h in which the main approach flow ratio is 60~70% gives 30~40% less delay and 30~60% less queue length than normal roundabout operation. Also, it is approved that operational performance saving can be achieved when the Metered Approach is selected adjoining to the main approach in pair.

### KEYWORDS

roundabout, Signal Metering, SIDRA, main approach, Metered Approach

### 요지

회전교차로(roundabout)는 용량 이하의 상태에서 접근로별 교통류가 균등할 경우 기존 신호교차로에 비해 운영효율성이 증대되나 토지이용변화로 교통량이 증가하면서 접근로별 교통류가 불균등해질 경우(차로 당 450대/시 이상) 주접근로에서 회전교차로 내부로의 진입이 어려워져 효율성이 떨어지게 된다. 본 연구에서는 1차로형 4지 회전교차로를 대상으로 회전교차로 설치 이후 교통량 증가로 신호교차로 설치에 대한 재검토를 하기 전에 회전교차로를 효율적으로 운영할 수 있는 Signal Metering 전환기준 및 운영방법을 제시하고 효과분석(지체 및 대기행렬)은 SIDRA를 활용하였다. 본 연구결과 총 진입교통량이 1,800~2,000pcu/시 이고 주접근로의 진입교통량비가 60~70%일 때 지체는 30~40% 그리고 대기행렬은 30~60% 감소하였다. 또한 주접근로에 가장 인접한 부접근로에 Metered Approach를 설치하고 한 쌍(pair)으로 묶어서 운영하는 것이 효과적인 것으로 분석되었다.

### 핵심용어

회전교차로, Signal Metering, SIDRA, 주접근로, Metered Approach

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

국가경쟁력강화위원회의 “녹색교통을 위한 회전교차로 활성화 방안(2009)”에 따라 제주도가 교통신호등이

없는 회전교차로 녹색교통 시범도시로 선정되었으며, 정부차원의 회전교차로 도입 활성화 방안으로 인해 전국적으로 회전교차로 설치가 이루어지고 있다. 행정안전부에서는 2010년 91개소 시범사업을 시작으로 향후

3년간 300여개의 회전교차로 시범사업을 추진할 계획이다(도로정책 Brief, 2011).

국토해양부의 회전교차로 설계지침(2010)에 따르면 개별진입로의 차로당 첨두 시 교통량이 약 125~450대/시 범위 내인 비신호 및 신호교차로는 교통소통 개선효과를 검토하여 회전교차로를 적용할 수 있도록 설치기준을 정하고 있다. 회전교차로는 용량 이하의 상태에서 접근로별 교통류가 균등할 경우 기존 신호교차로에 비해 운영효율성이 증대되나 주변의 토지이용변화로 교통량이 증가하면서 접근로별 교통류가 불균등해질 경우 접근로에서 회전교차로 내부로의 진입이 어려워져 운영효율성이 떨어지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 혼잡 접근로의 교통량이 회전교차로 내로 안전하게 진입할 수 있도록 신호등설치를 통한 회전교통류(circulating flow)에 대한 임계간격(critical gap) 조정이 필요하다.

국내 회전교차로 관련 연구는 주로 회전교차로 도입으로 인한 효과분석 및 용량 분석 등이 대다수로 설치이후 운영 및 관리에 대한 연구는 부족한 편이다. 따라서 본 연구에서는 회전교차로 설치이후 진입교통량 변화에 따른 운영효율성을 제고하기위한 회전교차로 Signal Metering 전환기준, 운영방법 및 운영조합을 제시하고 효과분석(지체 및 대기행렬)은 SIDRA를 활용하였다.

## 1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 1차로형 4지 회전교차로를 대상으로 주접근로의 진입교통량이 450대/시 이상이면서 불균등한 교통류상태(unbalanced approach flow conditions)에 따른 분석대안을 설정하였다. 분석대안별 Signal Metering 운영에 따른 효과분석(평균지체와 대기행렬 길이)은 SIDRA를 활용하였다. Signal Metering 운영에 따른 대안별 효과의 비교·평가는 다음과 같이 수행하였다.

첫째, 회전교차로의 일반적인 특징, 운영현황, 관련연구 등을 통해 이론적 고찰을 수행하였다.

둘째, 회전교차로 Signal Metering 도입을 위한 접근로별 진입교통량 변화에 따른 전환기준, 운영방법 및 운영조합에 대한 평가를 위한 분석시나리오별 대안을 설정하였다.

셋째, 회전교차로의 접근로별 진입교통량 변화 및 설치위치에 따른 Signal Metering 도입 전·후 효과분석(지체 및 대기행렬 길이)은 SIDRA를 활용하였다.

넷째, 분석결과에 통계적 유의성은 합동분산추정량

(Pooled Variance Estimator)을 사용하여 대안별 교통량 변화 시나리오에대한 통계적 검증이 가능한 쌍체비교(Paired Mean t-test)를 통하여 가설검증(hypothesis test)을 수행하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 회전교차로의 이론적 고찰

#### 2.1.1. 회전교차로의 정의 및 특징

회전교차로(Roundabout)는 신호등이 없이 자동차들이 교차로 중앙에 설치된 원형교통섬을 중심으로 회전하여 교차로를 통과하도록 하는 평면교차로의 일종이다. 일반적으로 평면교차로에 비해 상층 횡수가 적고 저속으로 운영되며, 운전자의 의사결정이 간단하여 운전자의 피로를 줄일 수 있다. 또한 신호교차로에 비해 사고 빈도가 낮아 교통안전 수준을 향상시키며, 지체시간이 감소되어 연료 소모와 배기가스를 줄이는 등의 장점을 지내고 있다.

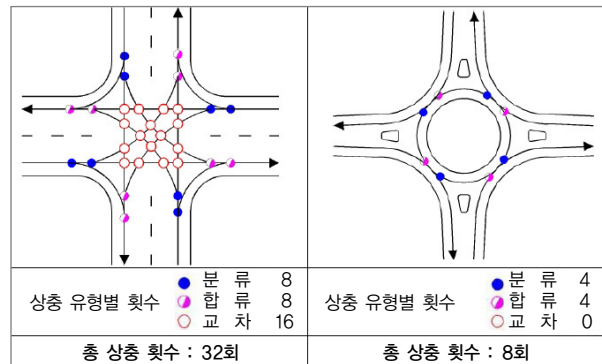


그림 1. 일반 교차로와 회전교차로의 상층 비교

기존의 교통서클(Rotary or Traffic Circle)은 교차로 진입 시 끼어들기를 원칙으로 회전차량이 양보를 해야 하는 운영방식이고, 본 연구에서 대상으로 하고 있는 현대식 회전교차로(roundabout)는 교차로 내부의 회전차량이 통행우선권을 가지게 되고 진입차량이 양보하는 것을 기본원리로 하여 운영된다. 즉 교통서클은 진입하는 차량에게 우선권이 있으며, 회전교차로는 회전하는 차량에게 우선권이 있다.

#### 2.2.2. 회전교차로의 계획 및 전환기준

회전교차로 계획 시 기준교통량은 교차로 전체의 통과교통량을 기준으로 하되, 회전교차로 교통량 수준은 1차로형 20,000pcu/일 이하, 2차로형 32,000pcu/일 이하인 경우에 적용하고, 해당 교차로가 계획 교통량 수

준에 도달하면 신호교차로로 전환을 검토한다. 접근로별 진입교통량이 균등하고 개별진입로의 차선 당 교통량이 125~450pcu/시 범위 내인 비신호 및 신호교차로는 교통소통 개선효과를 검토하여 회전교차로를 적용할 수 있다(회전교차로 설계지침, 2010).

## 2.2. 선행연구의 고찰

국내 회전교차로 관련연구는 회전교차로 도입에 따른 운영효과 및 용량분석 등이 주를 이루고 있다.

박병호, 송대섭(2003)은 현대식 회전교차로는 재래식 회전교차로와의 비교·분석을 통해 더 짧은 지체, 증가된 용량, 개선된 안전성과 심미성 등의 장점을 가지고 있으며, 우리나라의 교차로 계획에서 진입교통량이 많아지면 단순히 신호등을 설치하는 관행을 벗어나 현대식 회전교차로를 적정 장소와 시기에 도입하는 노력이 요구된다고 제시하고 있다. 1차선의 경우 시간당 총 진입교통량이 2,000pcu/시 미만일 때, 2차선의 경우 시간당 총 진입 교통량이 3,200pcu/시 미만일 때 신호교차로보다 평균 지체가 낮아 효과적인 것으로 분석되었다.

정용일(2005)은 회전교차로와 신호교차로의 운영효과를 SIDRA를 통해 비교·분석한 결과 낮은 교통량에서는 회전교차로와 신호교차로가 비슷한 운영효과를 나타내지만 좌회전 교통류가 많거나 방향별 진입교통량의 비율 차이가 클수록 회전교차로의 운영효과가 높은 것으로 나타났다.

김응철, 지민경(2009)은 VISSIM을 이용하여 회전교차로를 대상으로 진입교통량, v/c비, 평균차량지체를 효과적으로 선정 후 시뮬레이션 분석을 통하여 서비스 수준의 기준을 정립하였다. 지방지역 1차로 회전교차로의 경우 시간당 진입교통량이 1,700pcu/h 이상일 경우부터 지체가 급격히 증가하며 지방지역 2차로 회전교차로의 경우 시간당 진입교통량이 2,900pcu/h 이상일 경우부터 지체가 급격히 증가하는 것으로 분석되었으며 회전교차로를 분석한 후 서비스수준을 A~F까지로 6개 등급으로 나누어 제시하였다.

Akcelik(2004, 2005, 2006)은 모의상황분석을 통해 진입교통량이 불균등해짐에 따라 회전교차로의 용량이 감소되며 중앙섬 직경, 회전차로 폭 등이 용량에 큰 영향을 미친다는 결과를 제시하였다. 또한 주접근로의 진입교통량이 적음에도 불구하고 누적 회전교통량이 많아져 진입의 어려움 발생으로 인해 회전교차로의 소통이 원활하지 못하는 실제 회전교차로의 운영사례를 조사하여 Signal Metering 도입의 필요성을 제시하였다.

## 3. Signal Metering의 개념 및 운영

### 3.1. Signal Metering의 개념

Signal Metering은 접근로별 진입교통류의 불균형 발생으로 인해 회전교차로의 소통이 원활하지 못할 경우 인접 접근로의 진입교통류를 통제하고, 그로 인해 회전교통류(circulating flow)의 임계간격(critical gap)의 증대를 유도하는 개념이다. 임계간격이란 회전교차로 내에서 회전하고 있는 차량의 최소간격으로 정의된다.

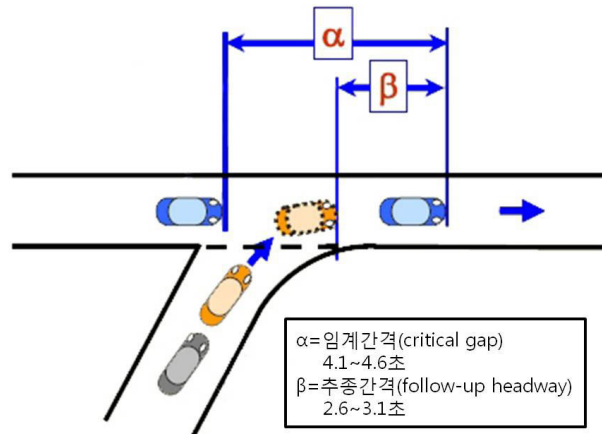


그림 2. 임계간격 및 추종간격 개념도

그림 2와 같이 접근로별 추종간격(follow-up headway)은 진입차로에서 대기하고 있는 차량이 회전교차로 내로 진입하기 위한 시간간격을 의미한다. SIDRA에 내장되어있는 간격수락모형(gap acceptance model)에서는 회전교통량에 따른 임계간격과 진입교통량에 따른 추종간격을 동시에 고려하여 진입가능시간과 진입불가능시간을 계산하게 된다. 따라서  $\alpha > \beta$  때 회전교통류간에 충분한 시간간격이 유지됨에 따라서 회전교차로 내로 진입이 가능하게 되는 것이다. 회전교차로의 진입로별 용량은 다음 식(1)과 같이 계산된다.

$$Q_e = (3600/t_f)u_e \quad (1)$$

여기서,  $Q_e$  : 접근로별 진입로 용량(pcu/h)

$t_f$  : 접근로별 추종간격(초)

$u_e$  : 접근로별 진입가능 시간비

### 3.2. Signal Metering의 운영

그림 3과 같이 접근로별 진입교통류의 비율이 일정하지 않고 한쪽에 치우치는 불균형 상태가 발생할 경우 회전교차로 전체의 운영효율성을 제고하기 위해 Signal

Metering을 운영하게 되는 것이다. 즉, 주접근로에 설치된 검지기(detector)에 대기행렬이 발생할 경우 부접근로에 적색시간을 부여하여 진입교통량을 통제하는 방법으로, 신호등이 설치된 접근로의 적색시간은 검지기가 설치된 주접근로의 진입교통량에 따라 정해진다. HCM 2000에서는 임계간격의 경우 4.1초~4.6초 그리고 추종시간의 경우 2.6초~3.1초를 제시하고 있다.

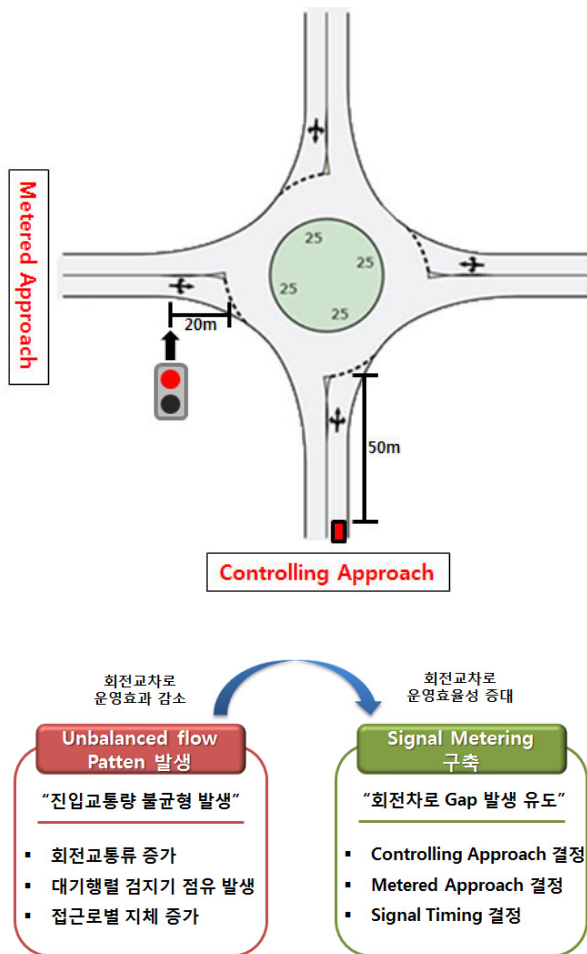


그림 3. Signal Metering 운영방안

#### 1) Controlling Approach 구축

접근교통량이 많고 혼잡이 예상되는 진입로를 선정한다. 해당 진입로의 정지선에서 일정거리(50m~100m) 이상 떨어진 곳에 검지기를 설치한다.

#### 2) Metered Approach 구축

주접근로를 제외한 1개 부접근로를 Metered Approach로 정하고 신호등을 설치한다. 주접근로 검지기에 일정시간 이상 차량이 검지되면 혼잡이 발생한 것으로 판단하여 적색신호를 주도록 한다.

## 4. SIDRA를 활용한 효과 분석

### 4.1. 분석 프로그램 선정

회전교차로 분석에 널리 사용되는 프로그램으로는 SIDRA 외에 RODEL, ARCADY 등이 있다. 특히, 호주에서 개발한 SIDRA는 미국 HCM 2000의 간격수락모형이 내장되어있어 사용자의 선택적인 분석이 가능하다. SIDRA는 신호교차로, 비신호교차로, 회전교차로 등과 같은 여러 유형의 교차로 분석에 주로 사용되는 프로그램으로, 기하구조 및 운전자의 행태를 고려한 지체, 대기행렬, 배출가스 등 다양한 효과척도(MOE)를 제시해주고 있다.

### 4.2. 분석 시나리오 구축

본 연구에서는 국토해양부 회전교차로설계지침(2010)에서 제시된 설계기준에 따라 1차로형 4지 회전교차로를 구축하였다(내접원지름: 30m, 중앙교통섬지름: 25m, 회전폭: 5m, 회전부 진입속도: 20km/시, 진입부설계속도: 60km/시 적용). 총 진입교통량은 800~2,200pcu/시를 범위로 설정하였다. 접근로별 진입교통량 변화에 따른 Signal Metering 전환기준, 운영방법 및 운영조합을 판단하기 위한 시나리오를 설정하고 분석을 수행하였다. 시나리오별 Signal Metering 시행 전·후의 효과 평가를 위한 분석 시나리오는 다음과 같다.

첫째, 교통량 변화에 따른 Signal Metering 전환기준을 판단하기 위해 주접근로의 진입교통량 비율이 전체 진입교통량의 40~70%를 가정한 시나리오를 작성하여 분석을 수행하였다..

둘째, 교통량 변화에 따른 Signal Metering의 설치 위치에 따른 운영효과를 비교하기 위해 2개 대안을 설정하였다(대안 1: 주접근로에 가장 인접한 좌측 부접근로에 Metered Approach 구축, 대안 2: 주접근로를 제외한 교통량이 다음으로 가장 많은 부접근로에 Metered Approach 구축).

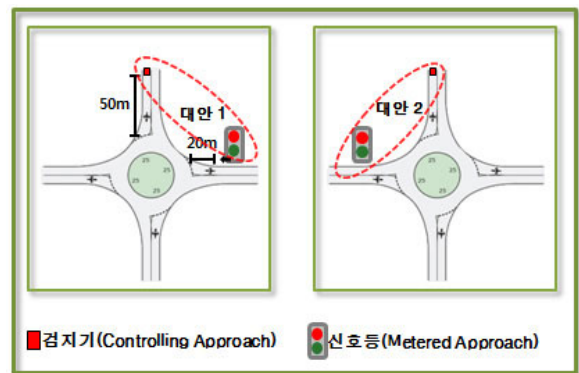


그림 4. Signal Metering의 설치위치에 따른 운영효과 비교



### 4.3. 분석결과

Signal Metering 운영에 따른 전체 회전교차로의 평균 지체와 대기행렬 길이를 분석하였다. 대안별 분석결과에 대한 통계적 유의성은 95% 신뢰구간에서 다음 식(2)과 같이 쌍체비교(Paired Mean t-test)를 통하여 검증하였다. 쌍체비교는 대안별 교통량 변화에 대한 합동분산추정량(Pooled Variance Estimator)을 사용한다. 대안별 평균값( $\mu$ )에 대한 귀무가설과 대립가설을 설정하여 t-test를 수행하였다.

$$t = \frac{\bar{D}}{S_p / \sqrt{n}} \quad (2)$$

여기서,  $\bar{D} : \mu_1 - \mu_2$

$S_p$  : Pooled Standard Deviation

$n$  : 샘플 수

#### 4.3.1. Signal Metering 전환기준 분석결과

1차로형 4지 회전교차로의 주방향에 대한 교통량 변화에 따른 평균 지체 및 대기행렬에 대한 분석결과 전체 교통량에 대한 주접근로의 진입교통량 비율이 50% 이하인 경우에는 Signal Metering 운영에 따른 개선효과가 없는 것으로 분석되었다.

표 1과 같이 주도로 진입교통량 비율이 60% 그리고 교통량이 1,000~1,800pcu/시일 때 Signal Metering 시행 전 대비 평균 지체와 대기행렬 길이가 다소 감소하는 것으로 분석되었다. 특히 총 진입교통량이 1,800 pcu/시일 경우 지체는 최대 2.7초/대 그리고 대기행렬은 최대 66.9m까지 감소하였다. 그러나 2,000pcu/시 이상일 경우 평균 지체와 대기행렬 길이가 증가함에 따라 운영효율이 떨어지는 것으로 분석되었다.

표 1. 주방향 진입교통량 비율 60% 분석결과

교통량(pcu/시)	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	t-value	
지체 (초/대)	시행전	2.8	3.2	3.6	4.1	5.7	9.9	43.4	101.4	-1.01
	시행후	2.6	3.0	3.2	3.3	4.1	7.2	52.3	114.6	
대기행렬 길이(m)	시행전	16.2	23.3	32.5	44.9	78.5	154.0	522.1	1058.6	0.17
	시행후	12.0	15.4	19.2	23.4	36.2	87.1	609.9	1102.9	

표 2와 같이 주도로 진입교통량 비율이 70%인 경우 Signal Metering 시행에 따른 평균 지체와 대기행렬 길이가 모두 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다.

총 진입교통량이 1,800pcu/시일 때 지체는 6.2초/대

그리고 대기행렬은 163.1m까지 감소하였고, 총 진입교통량이 2,000pcu/시일 때 지체는 23.6초/대 그리고 대기행렬 227.3m까지 감소하였다. 마지막으로 총 진입교통량이 2,200pcu/시일 때 지체는 20.3초/대 그리고 대기행렬은 308.2m까지 감소하였다.

대안별 교통량 변화에 따른 쌍체비교(Paired Mean t-test) 분석결과 지체 및 대기행렬 길이 개선에 대한 t-값이 각각 1.93, 2.68로 귀무가설( $\mu_1 - \mu_2 \leq 0$ )을 기각(reject)하여 95% 신뢰구간에서 통계적으로도 유의성이 있는 것으로 분석 되었다.

표 2. 주방향 진입교통량 비율 70% 분석결과

교통량(pcu/시)	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	t-value	
지체 (초/대)	시행전	2.7	3.0	3.4	3.9	5.7	14.6	74.7	159.8	1.93
	시행후	2.7	2.7	2.8	3.3	4.4	8.4	51.1	139.5	
대기행렬 길이(m)	시행전	18.8	27.5	39.4	56.5	102.6	272.3	833.6	1580.5	2.68
	시행후	8.2	10.5	13.0	18.0	41.2	109.2	606.3	1272.7	

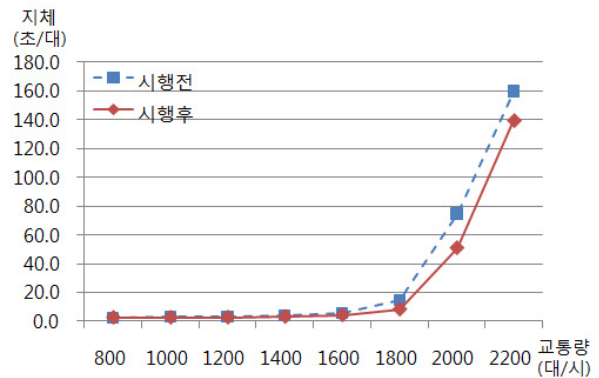


그림 5. 평균지체 결과(주방향 진입교통량 비율 : 70%)

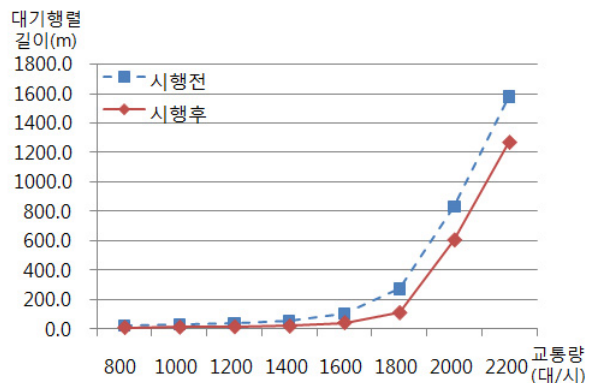


그림 6. 대기행렬 길이 결과(주방향 진입교통량 비율 : 70%)

#### 4.3.2. Signal Metering 설치위치 분석결과

앞 절의 Signal Metering 전환기준 분석결과를 반영

하여 두 가지 시나리오(진입교통량 변화)에 대한 분석을 수행하였다. 시나리오 1의 접근로별 진입교통량비(60:10:20:10) 그리고 시나리오 2의 접근로별 진입교통량비(60:5:30:5)를 설정하였다.

설치위치에 따른 분석결과 대안 1과 같이 주접근로 좌측에 인접한 접근로에 Metered Approach를 설치하여 운영하는 것이 개선효과가 높은 것으로 분석되었다. 대안 2와 같이 Metered Approach를 교통량이 많은 부접근로에 설치할 경우 Signal Metering을 시행하기 전보다 평균지체 및 대기행렬이 오히려 증가함을 알 수 있었다.

시나리오 2의 대안 1 분석결과 총 진입교통량이 1,800pcu/시일 때 지체는 1.2초/대로 24% 그리고 대기행렬은 32.7m로 45%로 감소하였다. 대안 2의 경우 지체는 1.9초/대로 27% 그리고 대기행렬은 28.6m로 28% 증가하였다.

분석결과 혼잡접근로의 좌측에 인접한 부접근로에 Metered Approach를 설치하여 한 쌍(pair)으로 묶어서 Signal Metering을 운영하는 것이 효과적임을 알 수 있었다. 쌍체비교 분석결과 지체 및 대기행렬 길이 개선에 대한 t-값이 모두 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의성이 있는 것으로 분석되었다.

표 3. 시나리오 1 분석결과

교통량(pcu/시)		1000	1200	1400	1600	1800	
지체 (초/대)	시행전	3.2	3.5	3.8	4.3	5.4	
	시행후	대안1	3.1	3.2	3.4	3.5	4.6
		대안2	3.8	4.0	4.4	5.3	5.1
대기행렬 길이(m)	시행전	19.0	25.9	34.5	45.6	72.8	
	시행후	대안1	11.1	13.7	16.3	19.6	39.8
		대안2	24.6	31.5	40.1	52.7	56.1

표 4. 시나리오 2 분석결과

교통량(pcu/시)		1000	1200	1400	1600	1800	
지체 (초/대)	시행전	3.1	3.4	3.7	4.0	5.0	
	시행후	대안1	2.8	2.9	3.0	3.2	3.8
		대안2	4.9	6.0	5.7	7.0	6.9
대기행렬 길이(m)	시행전	19.3	26.4	35.3	47.0	72.3	
	시행후	대안1	5.5	8.6	12.8	19.5	39.6
		대안2	41.5	58.2	65.9	115.0	100.9

표 5. 쌍체비교 분석결과

시나리오	대안1-대안2		시행전-대안1	
	지체	대기행렬길이	지체	대기행렬길이
t-value	5.24	4.94	5.68	7.76

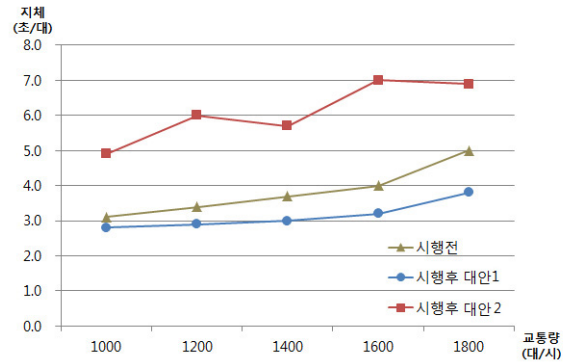


그림 7. 지체 분석결과(시나리오 2)

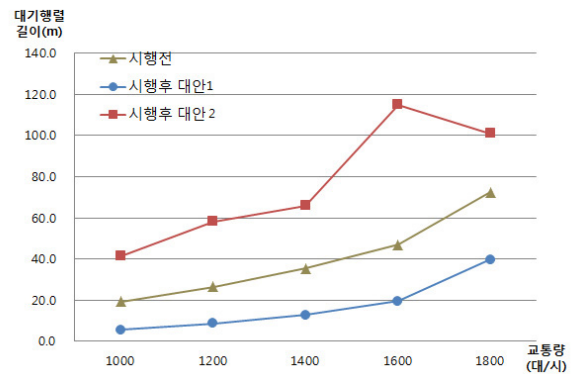


그림 8. 대기행렬 길이 분석결과(시나리오 2)

## 5. 결론

본 연구에서는 1차로형 4지 회전교차로 설치이후 주변 토지이용의 변화로 교통량이 증가되고 접근로별 교통류가 불균등해질 경우에 따른 Signal Metering 전환 기준, 운영방법 및 운영조합을 제시하고 효과분석은 SIDRA를 활용하였다.

전환기준 분석결과 전체교통량에 대한 주접근로의 진입교통량비가 50% 이하인 경우에는 Signal Metering 운영에 따른 개선효과가 없는 것으로 분석되었다. 주로 진입교통량 비율이 60% 이상이고 교통량이 1,600~1,800pcu/시일 때 Signal Metering 시행 전 대비 평균 지체와 대기행렬 길이가 다소 감소하는 것으로 분석되었다. 특히 주접근로의 진입교통량비가 70% 이고 총 진입교통량이 1,800~2,000pcu/시일 때 지체는 6.2~23.6초/대로 31.5~42.4%까지 그리고 대기행렬은 163.1~227.3m로 27.2~59.8%까지 감소하였다.

Signal Metering 운영방법 및 운영조합 분석결과 주접근로에 가장 인접한 부접근로에 Metered Approach를 설치하고 한 쌍(pair)으로 묶어서 운영하는 것이 효과적인 것으로 분석되었다. 그러나 Metered

Approach를 인접접근로가 아닌 교통량이 많은 부접근로에 설치할 경우 Signal Metering을 시행하기 전보다 평균지체 및 대기행렬이 오히려 증가함을 알 수 있었다. 시나리오 2의 대안 1 분석결과 총 진입교통량이 1,800pcu/시일 때 지체는 1.2초/대로 24% 그리고 대기행렬은 32.7m로 45%로 감소하였다. 대안 2의 경우 지체는 1.9초/대로 27% 그리고 대기행렬은 28.6m로 28% 증가하였다.

향후 연구과제를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 1차로형 4지 회전교차로를 대상으로 Signal Metering 전환기준 및 운영방법에 대한 효과분석을 수행하였다. 향후 3지 1, 2차로 및 4지 2차로 등 다양한 유형의 회전교차로에 대한 연구가 필요할 것이다. 둘째, 본 연구에서는 주방향의 진입교통량 변화에 따른 제한적인 시나리오를 가정하여 효과를 분석하였지만 기하구조변화, 회전교통량 변화, v/c비 변화 등 다양한 시나리오에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로 본 연구에서 사용된 효과척도(지체 및 대기행렬 길이) 외에 회전교차로 도입에 다른 환경적인 측면에서의 효과척도 분석도 필요할 것으로 판단된다.

## 참고 문헌

- 국토해양부(2010), "회전교차로 설계지침".
- 국가경쟁력강화위원회(2009), "녹색교통을위한 회전교차로 활성화방안", 교통운영체계 선진화자료집.
- 국토연구원(2011), "도로정책 Brief", 제43호.
- 김응철, 지민경(2009), "회전교차로의 서비스수준 기준정립 연구", *대한교통학회지*, 제 27권 제1호.
- 박병호 · 송대섭(2003), "교차로계획에서 현대식 회전교차로 (Modern Roundabout)의 도입 타당성", *충북대학교 건설기술연구소 논문집* 제22권.
- 정용일(2005), "SIDRA를 이용한 4지 1차로 현대식회전교차로의 효과평가", *한국지역개발학회지*, 제17권제2호.
- Rahmi Akçelik(2004), "Roundabouts With Unbalanced Flow Patterns", *Transportation Engineers 2004 Meeting*.
- Rahmi Akçelik(2005), "Capacity and Performance Analysis of Roundabout Metering Signals", *TRB National Roundabout Conference*.
- Rahmi Akçelik(2006), "Operating cost, fuel consumption and pollutant emission savings at a roundabout with metering signals", *ARRB 22nd Conference*.
- SIRDA Intersection User Guide(2010).
- Transportation Reseach Board(2000), "HCM 2000".
- (접수일 : 2012. 3. 2 / 심사일 : 2012. 3. 2 / 심사완료일 : 2012. 3. 19)