

## 국내 회전교차로의 임계간격 모형

김태영<sup>1</sup> · 박민규<sup>2</sup> · 박병호<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> 포항공과대학교 산학협력연구소, <sup>2</sup> 충북대학교 대학원, <sup>3</sup> 충북대학교 도시공학과

### A Critical Gap Model for Roundabouts in Korea

KIM, Tae Young<sup>1</sup> · PARK, Min Kyu<sup>2</sup> · PARK, Byung Ho<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> University-Industry Cooperation Institute, Pohang University of Science and Technology, Gyeongnam 790-784, Korea

<sup>2</sup> Graduate School, Chungbuk National University, Chungbuk, 361-763, Korea

<sup>3</sup> Department of Urban Engineering, Chungbuk National University, Chungbuk, 361-763, Korea

#### Abstract

This study dealt with the critical gap of roundabouts in Korea. The objective was to develop a model to derive critical gaps by analyzing gap acceptance patterns. In this context, the present study had a particular emphasis on collecting the data for accepted or rejected gaps. The main contributions of the study were as follows. First, accepted or rejected gaps were counted and measured through video frame analysis on the traffic patterns of 20 roundabouts in Korea. Based on the data, a gap acceptance model, guaranteeing the statistical significant in their parameters, was developed in the framework of the Logit model. Second, the critical gap calculated from the developed model was evaluated to be 2.584 seconds as a whole. Also, the critical gap in urban areas was estimated to be 2.744 seconds, whilst the critical gap in rural areas was estimated to be 2.416 seconds. Finally, critical gaps of roundabout in Korea were found to be smaller than those in foreign countries by about 1.5~2.5 seconds.

이 연구는 국내 회전교차로의 임계간격을 다루고 있다. 이 연구의 목적은 국내 회전교차로의 수락 및 거절간격 모형을 개발하고, 회전교차로의 임계간격을 도출하는데 있다. 이를 위해 이 연구에서는 국내 20개 회전교차로의 수락간격과 거절간격 자료를 수집하는데 중점을 두고 있다. 연구의 주요결과는 다음과 같다. 첫째, 국내 20개 회전교차로 통행에 대한 동영상 프레임분석을 통해 수락간격과 거절간격이 측정하였다. 이러한 자료를 바탕으로 로짓모형을 이용하여 통계적으로 유의한 수락간격 모형이 개발되었다. 둘째, 위의 개발된 모형을 바탕으로 산출된 회전교차로의 임계간격은 2.584초로 분석되었다. 아울러 도시지역의 임계간격은 2.744초, 지방지역은 2.416초인 것으로 분석되었다. 마지막으로 국내 회전교차로의 임계간격이 국외 회전교차로의 임계간격 보다 약 1.5~2.5초 더 적은 것으로 평가되었다.

#### Key Words

Roundabout, Gap Acceptance, Rejected Gap, Critical Gap, Logit Model  
회전교차로, 수락간격, 거절간격, 임계간격, 로짓모형

\* : Corresponding Author  
bhpark@cbungbuk.ac.kr, Phone: +82-43-261-2496, Fax: +82-43-264-2496

# 1. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

회전교차로(roundabout)는 1966년 영국에서 교통서클이 갖는 문제를 해결하기 위해 개발되었다. 영국은 모든 회전교차로에서 “우선권(give-way)” 제도를 도입하였는데, 그것은 교차로에 진입하는 차량은 회전하는 차량에 우선권을 주거나 양보해야 한다는 것이다. 이러한 교차로는 과거의 교통서클이나 로터리(이하 재래식 회전교차로)와는 교통운영이나 교차로 설계 측면에서 크게 다르며, 로터리에 비해 운영과 안정성 측면에서 크게 개선되었다.<sup>1)</sup>

우리나라는 유럽이나 미국 등에서 사용하고 있는 회전교차로가 상용화되지 못하고 있으며, 현재 계획되고 있는 회전교차로의 도입도 체계적인 검증이 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이런 측면에서 현재 로터리 혹은 회전교차로로 운영되고 있는 실제 자료를 바탕으로 한 연구가 필요한 실정이다.

회전교차로 용량검토에 관한 현재까지의 국내 연구의 대부분이 시뮬레이션을 통한 연구였다면, 이 연구는 회전교차로의 수락간격에 관한 연구로서 회전교차로의 실용성을 검토하는 기초 연구가 될 것으로 생각된다. 또한 지금까지 시뮬레이션 중심의 연구에서 이젠 실 자료를 바탕으로 한 연구로 전환되는 계기가 될 것으로 판단된다.

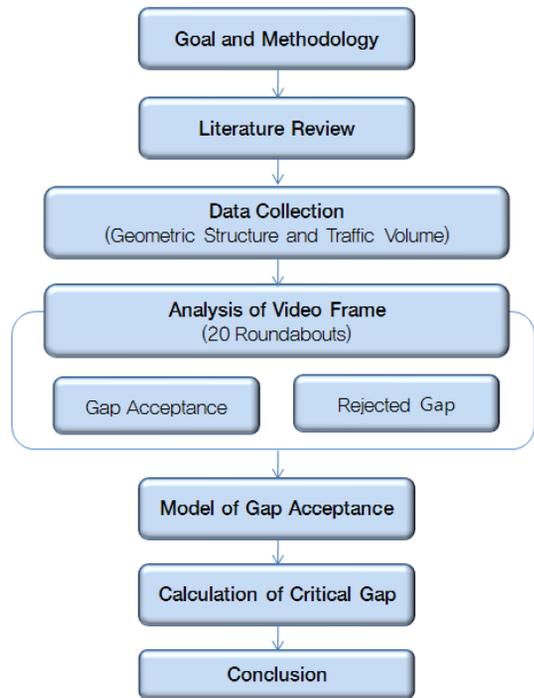
현재 완벽한 회전교차로로 설치 운영된 교차로는 거의 없는 상황이며, 이에 본 연구에서는 기존 교통서클 중 회전교차로와 유사한 20개 지점에서 조사·분석한다.

연구의 목적은 국내 회전교차로의 수락 및 거절간격 모형을 개발하고, 임계간격을 도출하는데 있다. 이를 위해 이 연구에서는 국내 회전교차로 20개소의 동영상 자료를 통해 수락간격 및 거절간격 자료를 수집하는데 중점을 두고 있다.

## 2. 연구의 내용 및 수행과정

국내 회전교차로의 통행 자료를 이용하여, 수락간격과 거절간격을 측정하고, 그에 따른 모형을 개발하는 이 연구의 내용 및 수행과정은 <Figure 1>과 같다.

첫 번째로 국외 및 국내 수락간격 모형에 관한 문헌을



<Figure 1> Flowchart of Study

검토하고, 두 번째로 국내 회전교차로의 통행 자료를 동영상으로 수집, 수락간격과 거절간격을 측정한다. 세 번째로 수집된 수락간격과 거절간격 자료를 바탕으로 국내 수락 및 거절간격 모형을 개발한다. 연구의 수행과정은 <Figure 1>과 같다.

## II. 기존연구 고찰

### 1. 회전교차로 연구

Schroeder et al.(2007)은 VISSIM을 이용하여 회전교차로의 보행자 신호처리 조사분석을 통해 회전교차로의 운영패턴을 미시적으로 분석하고 있다.

정용일(2005)의 ‘SIDRA를 이용한 회전교차로와 일반교차로의 효과 비교분석’에서는 다양한 교통상황별 시나리오를 구성하고, SIDRA프로그램을 이용한 시뮬레이션을 통해 효과를 비교분석하였다. 그는 최대 시간당 진입교통량을 근거로 4지 2차로 교차로에 비해 회전교차로의 운영효과가 뛰어난 것으로 분석하였다.

이용재·김석근(2002)의 ‘회전교차로의 용량보정계수

1) 박병호·류승욱, 회전교차로의 계획과 설계(2008), p.7.

에 관한 연구'에서는 용량분석에 활용될 수 있는 새로운 형태의 용량 보정계수가 제시되었다. 그들은 기존의 모형식의 기본구조는 그대로 유지하지만, 이 모형식이 갖고 있는 비현실적인 한계점을 극복하고 이를 해결할 수 있는 방안을 제시하여 현실적인 용량분석을 할 수 있도록 확장된 형태의 용량 모형 식을 제시하였다.

김응철·지민경(2009)의 '회전교차로의 서비스수준 기준 정립 연구'에서는 효과척도가 VISSIM을 이용하여 분석되었다. 그들은 1차로 회전교차로의 경우 1,700 pcph의 교통량 수준을 서비스수준을 F로 정의하였다.

전우훈·도철웅(2003)의 'Roundabout의 용량분석'에서는 회전교차로의 진입용량 모형의 개발과 교통량에 관한 근거가 마련되었다. 그들은 국내의 진입용량모형을 개발하였으며, 국내의 진입용량은 독일과 이스라엘 모형의 진입용량보다 높은 것으로 분석하였다.

## 2. 수락간격 연구

Cheng Jie et al.(2008)의 '도시부 회전교차로 운전자 임계간격 정산'에서는 중국의 난징시내 3차로 회전교차로를 대상으로 주중과 주말을 구분하여, 수락간격 및 거절간격이 측정되었다. 그들은 이를 바탕으로 프로빗 모형을 이용하여 임계간격을 산출하였으며, 주중과 주말의 임계간격의 차이를 분석하였다. 중국 도시부 회전교차로의 임계간격은 4.1~5.4초 사이로 분석되었다.

Feng Xu et al.(2008)의 '캘리포니아 회전교차로의 운전자 행태와 수락간격 특성'에서는 운전자의 수락간격 행태 특성이 기술되었다. 그들은 7개 1차로 회전교차로와 2개의 다차로 회전교차로의 임계 차두간격과 추종 차두간격을 측정하였다. 그들은 1차로 회전교차로의 임계간격은 4.5~5.3초인 반면, 다차로 회전교차로의 경우에는 4.4~5.1초인 것으로 분석하였다.

Guo Ruijun et al.(2010)의 '회전교차로 엇갈림 구간에서의 교통운영성과'에서는 엇갈림 구간에서의 합류, 분류 차량의 교통운영성과가 분석되었다. 그들은 Raff의 방법을 이용하여 임계간격을 2.7초로 분석하였다.

Ning Wu(2006)는 임계간격 다양한 분석방법론에 대해 정리하고 있으며, 특히 Troutbeck(1992)이 제시하고 있는 임계간격 추정모형과 비교하여 새로운 임계간격 추정방법을 제시하고 있다.

고동석 등(2000)의 '수도권 지역 4-지 비신호 교차로에 대한 이동류별 차량의 임계간격과 추종시간 기준에

관한 연구'에서는 총 11개 4지 비신호교차로의 임계간격과 추종시간이 조사 분석되었다. 그들은 임계간격을 3.8~5.4초, 그리고 추종시간을 2.4~2.9초로 분석하였다.

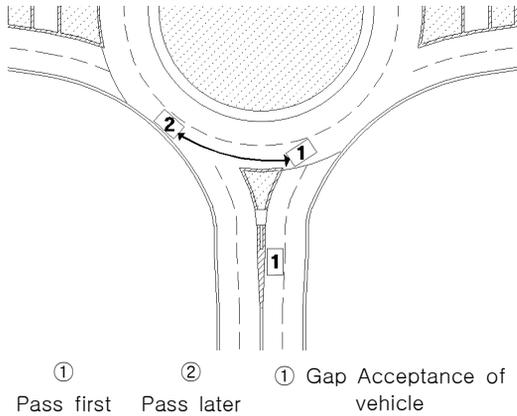
## III. 자료수집

이 연구의 2010년 5월 28일~7월 8일까지 자료를 수집하였으며, 자료조사 지점은 <Table 1>과 같다. 조사는 캠코더를 이용한 동영상조사와 현장기하구조 조사로 구분하여 진행하였다. 동영상 자료는 조사차량이 아닌 실제 운행되는 차량을 대상으로 각 지점 1시간 자료를 수집하였다. 국내 회전교차로의 수락간격을 대표할 수 있도록 각 지역을 최대한 고루 분배하여 조사하였다.

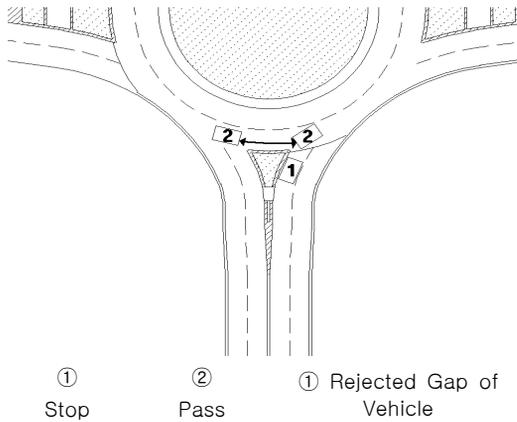
국내 회전교차로의 경우 운전자들이 통행우선권을 명확하게 인지하지 못하고 있어, 진입차량이 우선권을 가지는 경우가 종종 발생하였다. 통행우선권이 진입차로 내 차량에게 주어지는 경우는 회전교차로의 운영방식이 아닌 로터리 운영방식이므로 이 경우를 제외하고, 수락

<Table 1> Survey Location

No.	Name of Intersection	No. of Approaching Lane (Max.)	No. of Circulatory Roadway	Traffic Volume
1	City Hall Rotary, Donghae	3	1	1,395
2	Hwachundaekyo Rotary, Hwachun	1	3	745
3	Ohsan Rotary, Chungwon	1	1	816
4	Seopyeong Rotary, Chungwon	1	1	662
5	Wondong Rotary, Jinchun	2	2	801
6	1-Ho Plaza Rotary, Seosan	2	3	2,157
7	Dongsan Rotary, Nonsan	1	1	1,149
8	City Hall Rotary, Kimje	2	2	1,263
9	Police Office Rotary, Kimje	2	2	1,014
10	Juksang Rotary, Muju	1	1	77
11	Rajetongmoon Rotary, Muju	1	1	143
12	Wolkok Rotary, Gochang	2	2	418
13	Namkwang Rotary, Jinan	1	1	256
14	County Office Rotary, Gurye	2	3	590
15	Kyori Rotary, Hwasun	2	2	515
16	Flower-Hill Rotary, Youngju	1	2	1,544
17	Ohjuk Rotary, Jinju	2	1	1,494
18	Bongkok Rotary, Jinju	3	1	1,905
19	Keumak Rotary, Jeju	1	1	232
20	Seokwangseori Rotary, Seogwipo	1	1	203



<Figure 2> Criteria of Gap Acceptance



<Figure 3> Criteria of Rejected Gap

간격과 거절간격은 회전차로 내 차량에게 통행우선권이 주어진 경우의 자료만을 수집하였다. 또한, 자료가 수집된 지점들의 1시간 교통량이 77~2,157대로 교통량이 많지 않은 회전교차로임을 알 수 있다.

회전교차로의 수락간격과 거절간격을 측정하기 위해 동영상을 1초당 25프레임으로 나누어 분석하였다. <Figure 2>는 회전교차로의 수락간격 측정기준을 나타낸 그림이며, 1차량이 통과할 경우 2차량과의 간격을 측정하는 것이다. <Figure 3>은 회전교차로의 거절간격 측정기준을 나타낸 그림이며, 1차량은 정지하고 2차량이 지나갈 경우 1차량의 거부간격을 측정하는 그림이다.

회전교차로 통행우선권을 만족하는 수락간격 및 거절간격 총 471개 샘플을 이용하여 임계간격을 산정하였다. <Table 2>는 수집된 수락간격 및 거절간격의 평균 및 분산이다.

<Table 2> Mean and Variance of Data

Classification	Gap Acceptance	Rejected Gap
Mean	2.89	2.20
Variation	0.8198	0.6406

## IV. 수락간격모형

### 1. 분석방법

로짓모형은 수락간격 특성분포 연구를 위해 과거에 많이 사용되어져왔다. 일반적으로 수락간격의 누적확률분포는 로짓함수 형태로 나타나기 때문에 이 방법은 기존의 다양한 누적확률분포를 모형화하는데 사용되어져왔다(Cheng Jie와 3인, 2008). 로짓함수의 모형 식은 식(1)과 같이 정의된다.

$$p = \frac{e^{f(t)}}{1 + e^{f(t)}} \quad (1)$$

여기서  $p$ 는 수락간격의 누적확률분포,  $t$ 는 간격시간(초), 그리고  $f(t)$ 는 시간  $t$ 의 선형함수이다.  $f(t)$ 의 식은 식(2)와 같다.

$$f(t) = a(t - b) \quad (2)$$

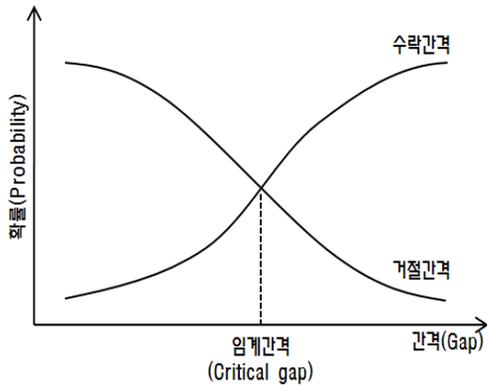
여기서,  $a$ 와  $b$ 는 계산된 상수 값이며,  $b$ 는 평균 간격을 의미한다. 로짓모형의 장점은 선형회귀로 변환하여 사용할 수 있으며, 식(1)과 식(2)를 연립방정식으로 풀어내면 식(3)과 같다.

$$\ln \frac{p}{1-p} = a(t - b) \quad (3)$$

여기서,  $p$ 는 독립변수이고,  $t$ 는 종속변수이다. 파라메타  $a$ 와  $b$ 는 선형회귀식을 이용하여 계산할 수 있다. 거절간격 식(3)과 마찬가지로 풀어낼 수 있다.

임계간격은 <Figure 4>와 같이 수락누적확률분포와 거절누적확률 분포가 교차하는 점이다. 임계간격은 식(4)를 통해 구할 수 있다.

$$\frac{e^{a_{acc}(t_{cri} - b_{acc})}}{1 - e^{a_{acc}(t_{cri} - b_{acc})}} = \frac{e^{a_{rej}(t_{cri} - b_{rej})}}{1 - e^{a_{rej}(t_{cri} - b_{rej})}} \quad (4)$$



<Figure 4> Critical Gap

여기서,  $t_{cri}$ 는 임계간격이고,  $a$ 와  $b$ 는 로짓함수를 통한 파라메타 값이다. 식(4)을 바탕으로 임계간격을 계산하면 식(5)와 같다.

$$t_{cri} = \frac{a_{acc}b_{acc} - a_{rej}b_{rej}}{a_{acc} - a_{rej}} \quad (5)$$

## 2. 회전교차로 수락간격 모형

### 1) 전체 회전교차로 모형

20개 회전교차로의 수락간격과 거절간격을 측정 한 결과는 <Table 3>과 같다. 총 269개의 수락간격 자료와 64개의 거절간격 자료를 측정하였으며, 이 자료를 바탕으로 누적분포를 산출하였다. 20개 조사지점의 대부분이 지방에 위치 측, 조사된 동영상을 통해 얻. 20개는 샘플수가 적었다. 특히 교통량이 많지 않은 지점의 경우는 거절간격의 샘플을 확보하기에 어려운 점이 있었다.

조사된 자료를 바탕으로 로짓모형을 개발한 결과는 <Table 4>와 같다. 두 모형의  $R^2$  값이 0.896과 0.827로 유의한 모형인 것으로 분석되며, 식(5)를 통해 임계간격을 분석한 결과 2.584초인 것으로 나타났다.

이 논문에서 산정된 회전교차로 임계간격 값이 적합한지 검증을 위해, Ning Wu(2006)가 제시하고 있는 임계간격 추정식에서 산출된 임계간격 값과 비교하였다. 비교 결과는 <Table 5>와 같으며, 두 방법 간의 차이가 작은 것으로 분석된다. 이에 따라 도시지역과 지방지역의 임계간격은 로짓모형을 이용하여 임계간격을 산출하였다.

<Table 3> Frequency and Cumulative Distribution of Accepted and Rejected Gaps

Time (sec)	Frequency		Cumulative Distribution	
	Accepted	Rejected	Accepted	Rejected
0.5-1.0	0	4	0.000	2.000
1.0-1.5	10	30	3.690	17.000
1.5-2.0	27	55	13.653	44.500
2.0-2.5	49	51	31.734	70.000
2.5-3.0	72	31	58.303	85.500
3.0-3.5	58	12	79.705	91.500
3.5-4.0	24	11	88.561	97.000
4.0-4.5	16	5	94.465	99.500
4.5-5.0	7	1	97.048	100.000
5.0-5.5	4	0	98.524	100.000
5.5-6.0	4	0	100.000	100.000
Total	271	200	-	-

<Table 4> Gap Models and Critical Gap

Classification	Gap Acceptance Model	Rejected Gap Model
$a$	2.580	-2.146
$b$	2.89	2.39
$R^2$	0.896	0.827
Critical Gap	2.584(sec)	

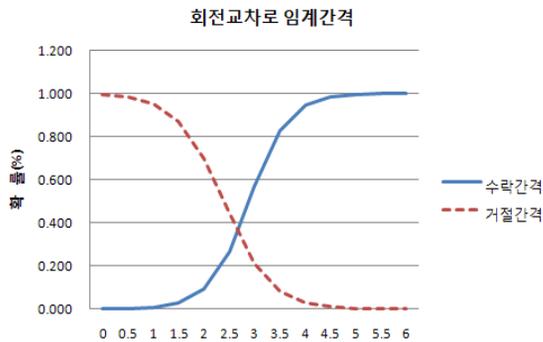
<Table 5> Comparison of Critical Gaps

Classification	This study (Logit Model)	Calculation by model of Ning Wu
Critical gap	2.584(sec)	2.524(sec)

### 2) 도시지역과 지방지역 모형

도시지역 8개 회전교차로와 지방지역 12개 회전교차로의 수락간격과 거절간격을 측정 한 결과는 <Table 6> 및 <Table 7>과 같다. 도시지역 자료는 총 113개의 수락간격과 141개의 거절간격자료로 구성되어 있으며, 지방지역 자료는 총 150개 수락간격과 64개 거절간격 자료로 구성되어 있다. 이 자료를 바탕으로 도시지역과 지방지역의 수락간격 및 거절간격의 누적분포를 산출하였다.

조사된 도시지역과 지방지역의 수락간격 및 거절간격 자료를 바탕으로 로짓모형을 개발한 결과는 <Table 8>과 같다. 모든 모형의  $R^2$  값이 0.804~0.861로 유의한 모형인 것으로 분석되며, 개발된 모형을 바탕으로 수락간격 및 거절간격의 확률분포를 산정하였다.



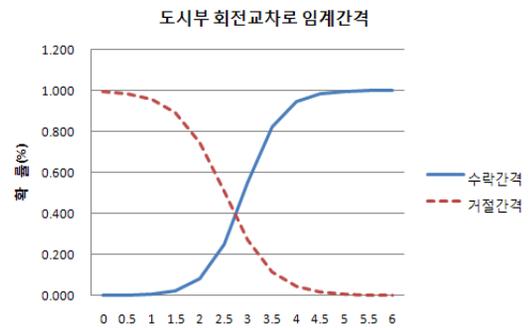
<Figure 5> Gaps of Roundabout in Korea

<Table 6> Frequency and Cumulative Distribution of Gaps in Urban Area

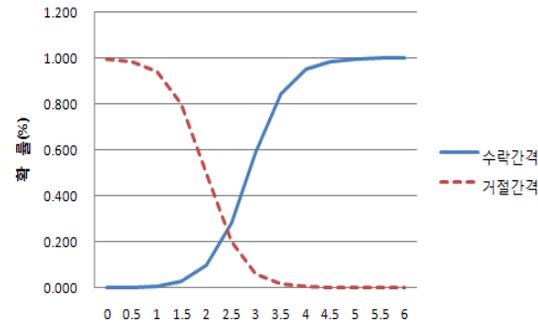
Time (sec)	Frequency		Cumulative Distribution	
	Accepted	Rejected	Accepted	Rejected
0.5-1.0	0	4	0	2.985
1.0-1.5	2	16	1.681	14.925
1.5-2.0	9	34	9.244	40.299
2.0-2.5	19	33	25.210	64.925
2.5-3.0	41	20	59.664	79.851
3.0-3.5	30	11	84.874	88.060
3.5-4.0	7	10	90.756	95.522
4.0-4.5	4	5	94.118	99.254
4.5-5.0	2	1	95.798	100.000
5.0-5.5	3	0	98.319	100.000
5.5-6.0	2	0	100.000	100.000
Total	119	134	-	-

<Table 7> Frequency and Cumulative Distribution of Gaps in Rural Area

Time (sec)	Frequency		Cumulative Distribution	
	Accepted	Rejected	Accepted	Rejected
0.5-1.0	0	0	0.000	0.000
1.0-1.5	8	14	5.263	21.212
1.5-2.0	18	21	17.105	53.030
2.0-2.5	30	18	36.842	80.303
2.5-3.0	31	11	57.237	96.970
3.0-3.5	28	1	75.658	98.485
3.5-4.0	17	1	86.842	100.000
4.0-4.5	12	0	94.737	100.000
4.5-5.0	5	0	98.026	100.000
5.0-5.5	1	0	98.684	100.000
5.5-6.0	2	0	100.000	100.000
Total	152	66	-	-



<Figure 6> Gaps of Roundabout (Urban/Rural) in Korea



<Table 8> Gap Models and Critical Gaps of Urban and Rural Roundabouts

Classification	Urban Area		Rural Area	
	Accepted	Rejected	Accepted	Rejected
<i>a</i>	2.631	-2.064	2.601	-2.767
<i>b</i>	2.92	2.52	2.86	2.00
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.861	0.819	0.837	0.804
Critical Gap	2.744(sec)		2.416(sec)	

식(5)를 통해 임계간격을 분석한 결과 도시지역 임계간격은 2.744초, 지방지역은 2.416초인 것으로 나타나, 도시지역과 지방지역의 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 도시지역 회전교차로의 경우 교통량이 많아 쉽게 회전차로로 진입하기에 어려움이 있음을 증명한다고 볼 수 있다.

### 3. 국외 연구와 비교

국내 회전교차로와 국외 다양한 연구의 결과와의 비교를 실시하였다. 비교한 결과는 <Table 9>와 같다. HCM, 독일, 캘리포니아, 중국 등 대부분의 연구결과가 4.0~5.0초의 임계간격을 갖는 것으로 분석되었다.

<Table 9> Comparison of Critical Gaps

Classification	Critical Gap(sec)	
	1-lane	2-lane
HCM	4.1~4.6	-
Germany	4.4	4.4
NCHRP 3-65	4.2~5.9	4.2~5.5
California	4.5~5.3	4.4~5.1
China (Cheng Jie)	4.1~5.4	
Guo Ruijun	2.70	
Total	2.584(sec)	
This Study	2.744(sec)	2.416(sec)

Guo Ruijun 연구결과만이 이번 연구와 비슷한 수준의 임계간격을 가지는 것으로 나타났으며, 국내의 임계간격이 국외의 임계간격보다 약 1.5~2.5초 더 적은 것으로 분석되었다.

임계간격이 국외의 다른 연구에 비해 작다는 것은 차량이 회전교차로에 진입함에 있어 작은 간격에도 진입한다는 것을 의미하며, 이는 국내 회전교차로의 운영에서는 국외의 회전교차로보다 교통량을 처리하는 용량이 크다는 것을 예측해볼 수 있는 자료이다.

## V. 결론

본 연구에서는 회전교차로의 수락 및 거절간격 모형을 개발하였으며, 개발된 모형을 바탕으로 임계간격을 산정하였다. 이를 위해 국내 회전교차로 20개소의 동영상 자료를 수집하고, 수락간격 및 거절간격 자료를 바탕으로 국내 수락간격 산정모형을 개발하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 국내 20개 회전교차로 통행에 대한 동영상 프레임분석을 통해 수락간격과 거절간격자료를 측정하였다. 이러한 자료를 바탕으로 로짓모형을 이용하여 통계적으로 유의한 수락간격 모형을 개발되었다.

둘째, 위의 개발된 모형을 바탕으로 산출된 국내 회전교차로 임계간격은 2.584초로 분석되었으며, 도시지역은 2.744초, 지방지역은 2.416초인 것으로 분석되었다.

셋째, 국내 회전교차로의 임계간격이 국외 회전교차로의 임계간격 보다 약 1.5~2.5초 더 적은 것으로 분석되었다.

향후 연구과제로는 보다 많은 수락간격자료와 거절간격자료의 확보를 통한 회전교차로 유형별 임계간격을 추정해 보고, 시간대별 임계간격의 연구도 필요할 것으로 판단된다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회에서 주최한 제63회 학술발표회에서 발표한 “국내 회전교차로의 수락간격 모형”의 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

## REFERENCES

1. Akcelik, R., Chung, E. and Besley M.(1998), Roundabouts: Capacity and Performance Analysis, ARRB Transport Research Ltd., Research Report No.321.
2. Blackmore, F. C.(1963), Priority at roundabouts, Traffic Eng. & Control, London, 5(6), pp.104~106.
3. Jacquemart, George(1998), Modern Roundabout Practice in the United States, NCHRP Synthesis 264, Transportation Research Board.
4. Jie, C., Xinmiao, Y., Wei, D. and Xin H.(2008), Driver's Critical Gap Calibration at Urban Roundabouts: A Case Study in China, Vol.13, No.2, pp.237~242.
5. Joen, Woo Hoon and Doh, Tcheol Woong (2003), Analysis of the Entry Capacity of Roundabouts, Journal of Korean Society of Transportation, Vol.21, No.3, Korean Society of Transportation, pp.59~69.
6. Jung, Yong-Il(2005), Comparative Analysis on the Effectiveness of Modern Roundabouts and Other Intersections Using SIDRA, Chungbuk University Thesis for Degree of Master.
7. Kim, Eungcheol and Ji, Minkyung(2009), A Study of Level of Service Criteria for Roundabouts, Journal of Korean Society of Transportation, Vol.27, No.1, Korean Society of Transportation, pp.7~16.
8. Kim, Tae Young, Park, Sang Hyuk and Park, Byung Ho(2009), Analysis on the Applicability of Roundabout to the Diamond Interchange, Journal of Korean Society of Transportation, Vol.27, No.1, Korean Society of Transportation, pp.53~62.
9. Koh, Dong Suk, Lee, Yong Jae and Chung,

