

회전교차로 서비스수준 분석을 위한 모형개발 및 포화도 산정 연구

장현호* · 윤병조** · 이진수***

Chang, Hyunho*, Yoon, Byoungjo**, Lee, Jinsoo***

A Study on Roundabout Modeling and Saturation for Level Of Service

ABSTRACT

The service level of the roundabout is estimated through an analytic model using the geometrical characteristics and parameter values obtained from the observations. Although a lot of researches have been conducted on the rotational intersection through an analytical model, the case of variable combinations is enormous, suggesting the range and service level of appropriate traffic volume according to the case study or limited characteristics through simulation. Therefore, in this study, the roundabout analysis model was constructed by using Visual Basic Application to make variable adjustment more easily. The constructed model analyzes traffic conditions according to various situations and analyzes the characteristics of roundabouts. As the result of analysis, the more the ratio of left turn and U-turn, the more the traffic distribution of each approached road was biased to one side, the limit traffic volume of the roundabout decreased and congestion appeared quickly. In particular, the more uneven the distribution of traffic was, the less the Saturation traffic volume was affected by the turnover rate.

Key words : Level of service, Roundabout, Saturation flow, Saturation traffic volume

초 록

회전교차로의 서비스수준은 관측값을 통해 얻은 기하구조 특성과 파라미터 값을 이용한 분석적 모형을 통해 산정하고 있다. 분석적 모형을 통해 회전교차로 관련 연구가 많이 진행되고 있지만, 변수조합 경우의 수가 방대하여 시뮬레이션을 통한 사례연구 또는 한정적인 특성에 따른 적정 교통량의 범위와 서비스수준을 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 변수조절이 보다 다양하고 용이하도록 Visual Basic Application을 활용한 회전교차로 서비스수준 분석 모형을 구축하였다. 구축한 모형으로 다양한 상황에 따른 교통류 상태를 분석하고 회전교차로의 특성을 분석하였다. 분석 결과 좌회전, 유턴의 비율이 많아질수록, 접근로별 교통량 분포가 한쪽으로 치우칠수록 회전교차로의 한계 교통량이 감소해 혼잡이 빨리 나타나는 특성을 보였다. 특히, 교통량 분포가 균일하지 않을수록 한계 교통량의 감소가 회전비율의 영향을 덜 받는 것으로 분석되었다.

검색어 : 서비스 수준, 회전교차로, 포화교통류, 한계교통량

1. 서론

회전교차로는 평면교차로의 일종으로 교차로 중앙에 원형 교통섬을 우회하도록 하는 교차로 형식이다. 일반적으로 회전교차로는 신호 교차로에 비해 상층 횡수가 적고 유지관리 비용이 적으며 사고빈도가 낮다. 이로 인해 행정안전부는 교통사고 예방 및 교통운영체계 선진화 방안의 일환으로 2010년부터 회전교차로 설치사업을 추진하고 있다. 2018년 기준 전국 총 1,084개소 회전교차로가 설치되어

* 인천대학교 도시과학연구원 책임연구원 (Incheon National University · nettrek@hanmail.net)

** 정회원 · 교신저자 · 인천대학교 도시공학과 교수 (Corresponding Author · Incheon National University · bjyoon63@inu.ac.kr)

*** 정회원 · 인천대학교 도시공학과 박사과정 (Incheon National University · iamjinsoolee@gmail.com)

Received September 19, 2019/ revised October 7, 2019/ accepted November 5, 2019

있으며, 2019년 50개소 추가 설치예정이다. 이에 따라 국내 지방자치단체들은 기존 소형교차로를 회전교차로(1차로위주)로 전환하는 사업을 매년 늘려가고 있다. 하지만 회전교차로가 기존 모든 교차로를 대체하여 그 효과를 극대화 할 수 있는 것은 아니다. 일정 교통량 이상이 유입되면 극심한 정체현상이 발생해 기존 교차로가 오히려 효율적인 경우가 발생한다. 이와 같은 문제를 방지하기 위해 회전교차로의 설치 준거는 KHCM(MOLIT, 2013)의 용량모형에 따르고 있다. 용량모형은 현재 설치된 일부 회전교차로에서 운전자의 특성을 조사하고, 관측값을 통해 얻은 기하구조 특성 파라미터 값을 이용한다. 각 특성 파라미터 값이 적용된 용량모형은 진입 용량을 산정해 진입교통량대 용량비, 평균지체 시간을 효과적으로 서비스수준산정 방법을 제시하고 있다.

Korea Road Traffic Authority(2006)에 따르면 “접근로의 규모가 다르고 회전교통류 비율이 커질수록 수용 할 수 있는 교통량은 감소한다.”라고 명시하고 있다. 이와 같이 교통류의 회전비율은 수용 할 수 있는 교통량에 영향을 미치기 때문에 회전교차로 내부의 용량은 고정적이지 않다. 따라서 현재 진입로의 용량을 상충교통량을 이용해 KHCM(MOLIT, 2013) 용량모형에 의해 구하고 그에 따른 각 진입로별 교통량 대 용량비와 지체시간으로 회전교차로의 서비스수준을 판단하고 있는 실정이다. 이 용량모형은 설계속도와 회전교차로의 크기 및 설계속도가 달라지면 적용 할 수 없어 회전교차로 용량 및 지체시간에 대한 연구들이 다양하게 진행되고 있다. 국내 연구는 대부분 시뮬레이션을 통한 진입로별 교통량, 교통량의 회전비율, 보행자 통행을 변화를 변수로 평균지체시간을 산정하여 적정교통량을 분석했다. 하지만 이는 한정적인 특성(설계속도, 회전교차로 크기, 회전비율 등)에 따른 적정 교통량의 범위와 서비스수준을 제약적으로 설명할 뿐 다양한 특성의 회전교차로의 한계 교통량을 제시하지 못하고 있는 실정이다.

다양한 특성의 회전교차로의 한계 교통량을 제시하기 위해서는 고려해야할 변수가 많아 측정 시나리오의 개수가 기하급수적으로 늘어나게 된다. 따라서 본 연구에서는 변수조절이 보다 다양하고 용이하도록 모형을 설계하기 위하여 Visual Basic Application 을 이용해 다양한 특성의 회전교차로 서비스수준 분석을 위한 모형을 구축했다. 구축한 모형을 통해 보다 다양한 상황에서 회전교차로의 한계 교통량을 산출하고 그에 따른 지체시간을 산출해 기존의 서비스수준 분석방법보다 다양한 환경변수를 고려하여 분석을 수행할 수 있는 모형을 제안하고자 한다.

2. 선행연구

2.1 회전교차로 서비스수준 분석 관련 연구

회전교차로 서비스수준의 효과적도인 용량은 국내의 경우

KHCM, 미국의 경우 UHCM에 제시되어있는 용량모형에 의해 산출하고 있다. 하지만 용량은 특정 조건에서만 적용이 가능하고 조건이 달라지면 적용 할 수 없다. Lochrane et al.(2014)는 이러한 문제점으로 인해 미국의 소형회전교차로를 도입함에 따라 기존 회전교차로 용량 모형의 파라미터값을 소형회전교차로에 적용하기 위해 운전자의 행태와 특성을 관측하고, VISSIM을 이용 시뮬레이션을 통해 소형회전교차로의 용량모형을 구축했다. Tanyel et al.(2005)는 터키의 회전교차로에 기존 두가지 회전교차로 용량모형의 적용성을 평가한 결과 관측값과 용량모형에서 제안한 값이 유사함에도 불구하고 산출용량의 차이가 컸다는 사실을 언급하고, 기존의 용량모형은 진입용량에 대한 설명력이 높지만, 진출용량에 대한 설명력이 매우 낮고, 간이설계 정도로 사용될 수 있다고 결론지었다.

해외의 경우 용량모형의 한계를 인식하고 회전교차로의 특성을 분석하려는 연구가 많이 진행되어 있었다. Bai et al.(2010)는 진입확률과 진출확률을 open boundary condition을 통해 회전교차로의 용량이 최적이 되는 진입확률 39 %를 cellular automata 통해 산출했다. Zhou et al.(2012)는 회전교차로 원주길이, 속도, 회전류를 분포, 운전자의 능숙도에 따른 지체시간이 적은 교통량 상황에서는 신호교차로 보다 매우 낮은 지체시간을 보이지만, 교통량이 증가함에 따라 신호교차로가 효율적이라는 결과를 cellular automata 통해 산출했다.

국내의 경우 회전교차로의 설치준거를 제시하려는 연구들이 많이 진행되고 있었다. Lee and You(2013)은 1차로형 회전교차로의 회전류율이 1:8:1(좌:직:우)일 때 450~475(대/시/차로), 3:6:1일 때 425~450에서 지체가 급격히 증가해 서비스수준 E로 넘어가는 것으로 분석했다. 또 좌회전 교통류율이 30 %가 넘는 접근로가 많은 교차로에서는 회전교차로의 효율이 떨어진다고 언급했다. Kim and Ji(2009)는 1차로형 회전교차로의 방향별 교통량 분포를 같게 하여 좌우회전비율을 20 %씩 배분한 시뮬레이션 분석결과 최대진입교통량은 1,700 pcph, 지체는 17.7초로 분석되었다고 언급했다.

2.2 시사점

현재 회전교차로의 서비스수준을 가능하기 위해서는 HCM의 경험적 용량모형식을 따르고 있는 실정이다. 경험적 용량모형은 기본 조건으로 설치된 회전교차로의 기하구조 특성 및 서비스수준-용량의 관계를 확률적으로 표현한다. 따라서 경험적 용량모형을 모든 회전교차로에 적용하기에는 한계가 있다. 경험적 모형의 한계점을 극복하기 위해 해외에서는 회전교차로의 용량을 정의하기 위해 다양한 변수를 고려한 분석적 용량모형 연구가 진행되고 있다. 하지만 국내의 경우 교통선진화 사업으로 회전교차로가 적극

도입되고 있는 실정에 따라 신호교차로와의 지체 비교 및 회전교차로의 설치준거를 제시하는 연구들이 대부분이었다. 대부분의 국내 연구는 시뮬레이션을 통한 변수들의 조합으로 한계 교통량 및 서비스수준을 제시하고 있지만 이는 극히 일부의 조합일 뿐이며, 보다 다양한 조합을 고려하여 제시하기에는 무리가 있다.

따라서 본 연구에서는 회전교차로의 용량에 영향을 미치는 다양한 변수들을 고려하여 변수에 따른 특성 분석이 가능하고 회전비용의 조합과 접근로별 교통량 분포를 더욱 다양하게 분석할 수 있는 모형을 개발하였다. 본 연구는 개발된 분석 모형을 통해 한계 교통량을 산출하고 그에 따른 서비스수준을 고찰하였다.

3. 회전교차로 교통류 분석도구 개발

3.1 배치 모형

회전교차로의 차량행태를 구현하기 위하여 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 3개 차량이동모형(배치모형, 차량추종모형, 합류모형)을 개발하였다. 각 모형은 개별 차량의 상태에 따라 적용되며, 설정한 시간단위에 따라 개별 차량의 상태가 갱신된다. 배치모형은 각 접근로별 접근 차량이 설정된 교통량에 따라 확률적으로 발생된다. 발생된 차량은 진입로 연장(s_t)을 변수로 접근속도가 산정되며 산정 식은 Eq. (1)과 같다. 회전교차로를 이용하는 모든 차량은 합류부에 진입 시 정지 후 진입하도록 설계하기 위해 접근속도를 산정한다. 접근속도는 일정한 감속도로 진입로 연장만큼 주행 후

완전히 정지할 수 있는 초기속도로 정의한다.

3.2 추종 모형

다수의 차량이 주행 시 인지반응시간을 주요 변수로 선행차량의 상태에 따라 후행차량의 주행상태가 변화하는 Newell(2002)의 차량추종모형을 기반으로 개발된 추종모형은 3개 주행모드(①정지상태, ②교통류 적응 속도 상태, ③자유교통류 상태)로 구성되며, Eq. (2)와 같다. 정지모드는 대상차량이 인지반응 시간(τ)동안 현재 속도로 주행 시 선행차량과의 간격이 최소 간격보다 작을 때 실행되며, 교통류 속도 순응 모드는 정지모드보다 간격이 크고 최대 속도(v_m)로 주행 시 선행차량과의 간격이 최소간격보다 작을 때 실행된다. 간격이 교통류 속도 순응 모드 이상이면 최대속도 모드가 실행되어 최대속도로 주행한다. 차량추종모형은 접근로와 회전부에 모두 적용된다.

3.3 합류 모형

간격수락이론을 기반으로 회전교차로 진입 시 교차로 내 주행 차량과의 간격을 변수로 거부간격과 수락간격 여부를 판단한다. 간격에 따라 2개 모드(①대기모드, ②합류모드)로 구성되며 Eq. (3)과 같다. 대기모드는 대상차량이 정지 상태에서 교차로내부에 완벽히 진입할 때까지의 시간동안 주행차량이 감속 없이 충돌을 피할 수 있는 간격이 발생 할 때까지 유지되며, 대기모드 상태에서 수시로 간격을 검색한다. 간격이 확보되면 합류모드가 실행된다.

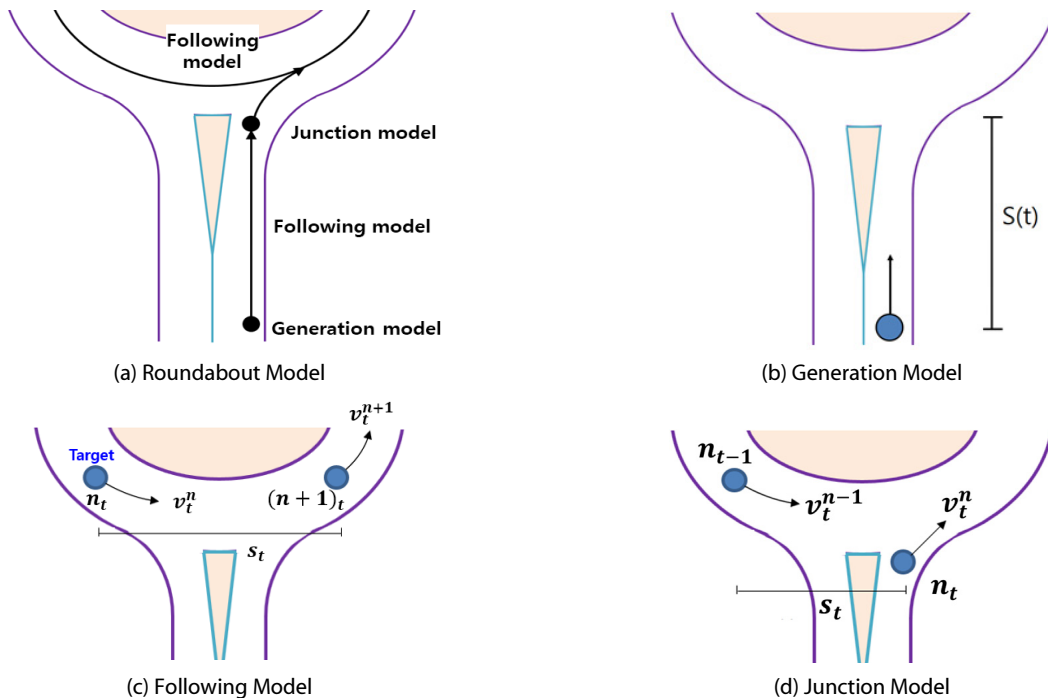


Fig. 1. Roundabout Traffic Flow Analysis Tool

단, 주행차량이 해당 합류부에서 진출할 예정이면 진입 차량은 이를 즉시 감지하여 대기모드에서 합류모드로 변경된다.

$$v_0 = \sqrt{\frac{s_t \cdot a}{(0.5 \cdot a - 1)}} \quad a = deceleration(m/s^2) \quad (1)$$

$$v_{t+1}^n \begin{cases} 0 & 0 \leq s_{t+1} < d & s_{t+1} = s_t + (v_t^{n+1} - v_t^n)\tau \\ (s_{t+1} - d)/\tau & d < s_{t+1} < d + \tau \cdot v_m & d = \tau \cdot v_t^n \\ v_m & d + \tau \cdot v_m \leq s_{t+1} & v_m = max\ speed \end{cases} \quad (2)$$

$$v_{t+1}^n \begin{cases} 0 & s_t \geq (v_t^{n-1})T \\ v_0 + a \cdot t & s_t < (v_t^{n-1})T \end{cases} \quad T = \frac{\sqrt{12a}}{a} \quad (3)$$

4. 적용 및 검증

4.1 모의실험 환경 설정

본 연구의 Test Network는 Fig. 2(a)와 같이 1차로형 회전교차로를 설정하였다. 개발된 모형의 활용변수는 ①회전교차로 연장,

②회전교차로 잔·출입로 개수, ③최대속도, ④최대가속도, ⑤최대 감속도, ⑥최소차간간격, ⑦인지반응시간, ⑧진입 교통량, ⑨진입 로별 차량 발생 확률, ⑩개별 차량의 회전비율 총 10개로 설정하였다. 활용변수의 설정 값은 Table 1과 같다.

설정된 진입 교통량과 진입로별 발생 확률기반 생성된 차량은 배치모드에 따라 초기속도를 부여받고 추종모드로 진입로를 주행한다. 합류부에 도착하면 대기모드에 따라 주행차량의 속도 및 간격을 계산하고 조건에 맞으면 합류모드로 전환한다. 합류한 차량은 추종모드에 따라 선행차량의 속도 및 간격을 일정 주기마다 계산하여 속도를 갱신하고 그에 따라 진행한다. 추종모드에 합류한 차량은 정해진 목적지에 다르면 진출로로 진출하게 된다. 진출차량이 진출로를 완전히 벗어나면 결과(지표)를 저장하고 다음과 같은 일련의 반복을 실행한다. Fig. 2(b)는 본 과정을 도식화 한 것이다.

시뮬레이션 step size (Δt , 초) = 0.1 이다. 따라서 1시간 모의실험에 총 36,000 step의 시뮬레이션작업을 수행한다. 그리고 Test Network에서 고려되는 다음의 7가지 조건을 다음과 같이 정의한다.

조건① 모든 차량은 균등하게 접근로의 상류부에 도착한다. 조건② 회전교차로 내 최소 차간거리는 1 m이다. 조건③ 모든 차량의 길이는 6 m이다. 이는 최소 차간거리를 고려하면 혼잡밀도

Table 1. Variables of This Research

No	Variable		No	Variable	
1	Length	112 (m)	6	Minimum gap	1~3 (m)
2	Number of ramp	4	7	Perception-reaction time	0.5~1.8 (sec)
3	Maximum speed	20~35(km/h)	8	Traffic volume	Scenario
4	Maximum acceleration	1~2 (m/s ²)	9	Traffic ratio at ramp	Scenario
5	Maximum deceleration	1~5 (m/s ²)	10	Turning ratio of vehicles	Scenario

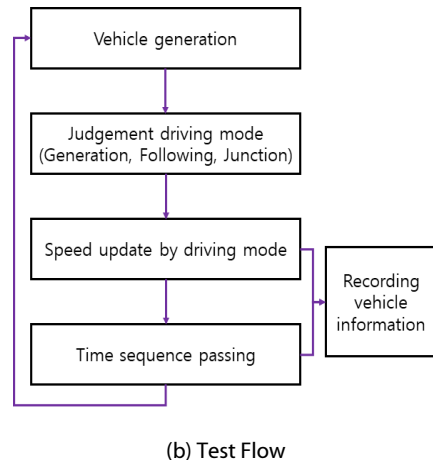
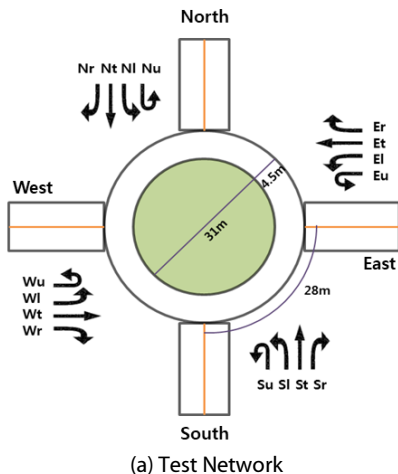


Fig. 2. Test Network & Flow

상태에서 차량 1대당 점유거리는 7 m이며, 혼잡밀도 143.3 대/km에 해당한다. 조건 ④ 회진교차로 진입차량은 정지선에서 일단 정지 후 진입한다. 조건⑤ 회진교차로 진출차량은 항상 방향지시등을 작동하며, 작동하지 않더라도 합류차량은 이를 인지한다. 조건⑥ 진출입로 속도는 35 km/시로 정의하며, 조건⑦ 접근로의 길이는 무한대로 정의한다.

분석 시나리오는 Fig. 3와 같이 다양한 조합으로 설정하였으며, ① 총 교통량 설정 시나리오, ② 교통수요 분포 시나리오 4개, ③ 회전비를 시나리오 65개로 구성되어 있다. 각 시나리오의 조합은

1시간 시뮬레이션을 통해 결과를 저장하며 각 조합별 5회의 시뮬레이션(총 78,000회 수행)을 수행한다.

4.2 개발모형의 거시적 교통류 관계 및 시사점

개발모형의 거시적 교통류 관계를 고찰하기 위해 설정된 주요 변수는 중심 원주(112 m), 최대 속도(25 km/hr), 가속도(1.74 m/s²), 감속도(4.63 m/s²), 최소 차간간격(1 m), 인지반응시간(0.5 sec) 등과 같다. 지면의 한계 상 교통수요분포 1개 시나리오(접근로별 교통량 분포가 25:25:25:25로 동일)에 대한 결과를 수록하였다.

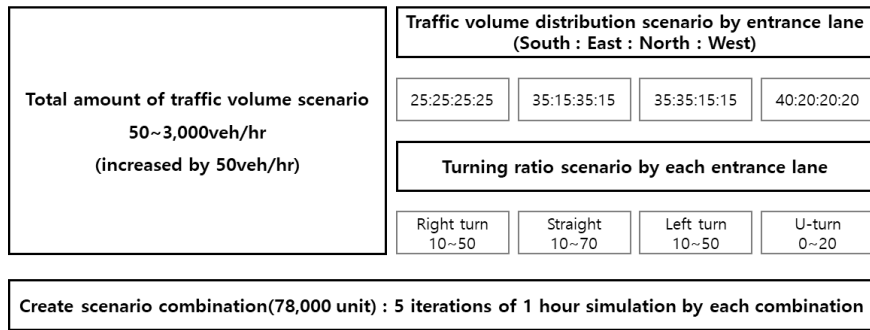


Fig. 3. Test Scenario

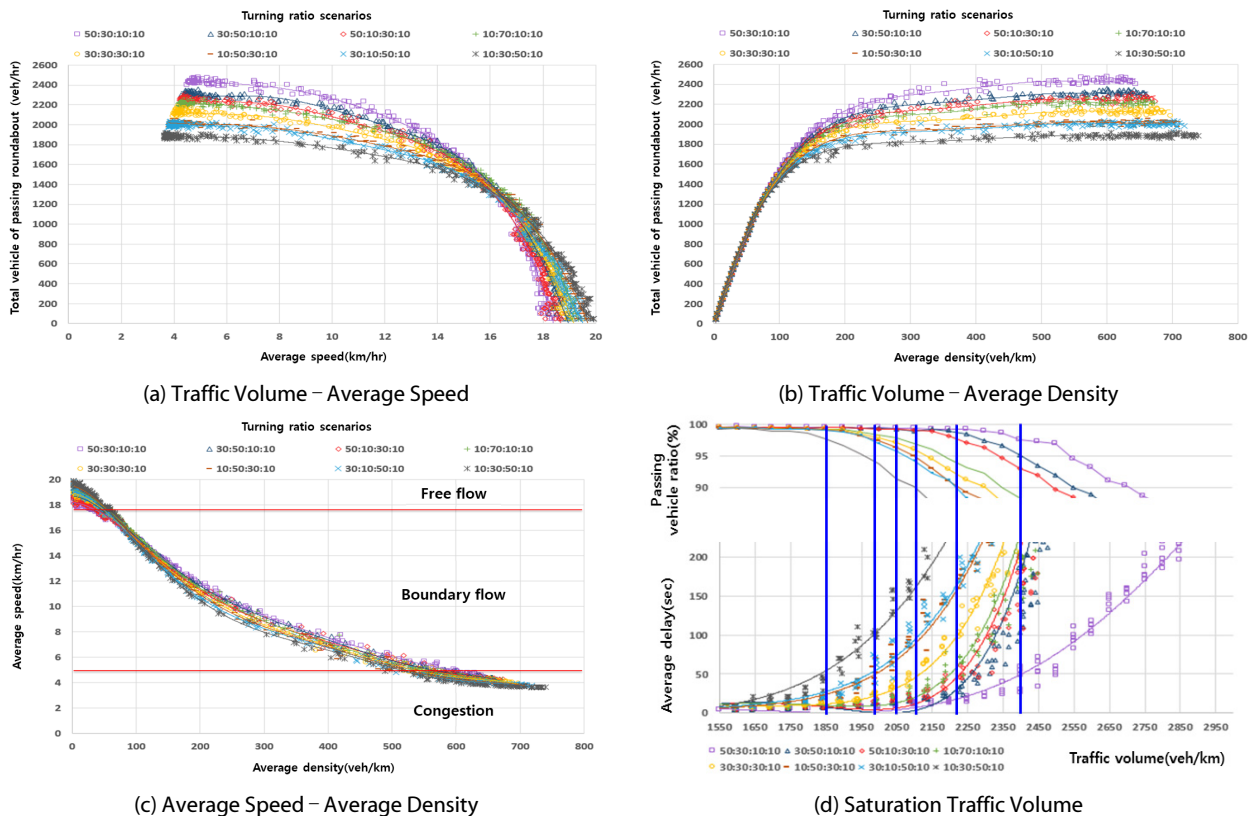


Fig. 4. Test Result

회전비율 시나리오에 따른 혼잡발현 순서는 50-30-10-10, 30-50-10-10, 50-10-30-10, 10-70-10-10, 30-30-30-10, 10-50-30-10, 30-10-50-10, 10-30-50-10 으로 나타났다.

분석결과 회전교차로는 Fig. 4(c)와 같이 교통량-밀도곡선의 경계흐름 구간이 연속류에 비해 매우 낮은 밀도에 발생하는 것으로 나타났다. 이는 진입차량이 회전부에 주행하는 차량의 영향을 받아 낮은 밀도에서도 진입 수락 간격을 충족시키지 못하면 정지 상태로 대기해야 하는 회전교차로의 특성 때문인 것으로 사료된다. 각 시나리오 중 혼잡이 가장 빨리 일어나는 경우는 한 접근로 쪽으로 교통량이 치우친 상태(시나리오4: 접근로별 교통량분포 40:20:20:20)로 나타났고 접근로별 교통량분포가 동일한 상태(시나리오1: 25:25:25:25)가 혼잡이 가장 늦게 일어났다. 결과적으로 교통 수요가 고르게 분포될수록 회전교차로의 한계교통량은 커지는 것으로 분석되었다. 또한, 각각의 시나리오를 통해 접근로별 교통량 분포가 균일할수록 한계교통량은 회전비율에 따라 큰 폭으로 변하지만 교통량 분포가 한쪽으로 치우칠수록 한계교통량은 회전비율에 따라 상대적으로 적게 변하는 것으로 분석되었다.

교통량에 따른 제어지체의 결과를 보면 Fig. 4(d), Table 2와 같이 대체적으로 유틀과 좌회전의 비율이 직진과 우회전에 비해 높을 때 지체가 급격히 일어나는 것으로 분석되었으며 이때,

한계 교통량은 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

4.3 기존 모형과의 비교 검증

개발한 모형의 검증을 위해 Kim and Ji(2009)의 설계조건과 동일한 상황에서 접근교통량의 증가에 따른 지체시간을 비교해 보았다. Kim and Ji(2009)의 설계조건은 회전비율이 20-60-20-0 (우회전-직진-좌회전-유틀), 진입로별 동일한 확률로 차량이 발생, 교차로 최대속도 = 40 (km/h)로 명시되어 있다. 검증결과 기존연구와 유사하게 1,700 (대/시)에서 본 연구의 지체가 급격히 늘어났으며, 본 연구에서 개발한 모형으로 산출한 그래프와 유사한 형태로 나타났다. 또한 한계 교통량을 기준으로 산정한 포화도에 따른 서비스수준과 기존연구의 서비스수준을 비교한 결과 Table 3과 같이 유사하게 나타났다.

본 연구의 분석결과에서는 지체시간이 기존연구와 다르게 수렴하지 않고 계속 늘어나는 이유는 접근로 길이를 무한하다고 가정하여 모든 접근차량의 지체시간을 반영했기 때문으로 사료되며, 기존 연구는 정지지체를 지표로 사용하고 본 연구에서는 제어지체를 지표로 사용했기 때문에 지체시간이 크게 차이 나는 것으로 사료된다.

Table 2. Saturation Traffic Volume by Each Scenario

Traffic volume distribution scenario	Turning ratio scenario (Right-Straight-Left-U)	Saturation traffic volume (veh/hr)
North:East:South:West 25:25:25:25	50-30-10-10	2,390
	30-50-10-10	2,240
	50-10-30-10	2,220
	10-70-10-10	2,100
	30-30-30-10	2,050
	10-50-30-10	2,000
	30-10-50-10	2,000
	10-30-50-10	1,850

Table 3. Comparison with Precedent Research

LOS	Precedent research			This research		
	Average delay (sec/veh)	Traffic volume (veh/hr)	v/c	Average delay (sec/veh)	Traffic volume (veh/hr)	v/c
A	≤ 3	≤ 700	≤ 0.41	≤ 3	≤ 1,100	≤ 0.65
B	≤ 5	≤ 1,000	≤ 0.59	≤ 5.1	≤ 1,300	≤ 0.76
C	≤ 8	≤ 1,300	≤ 0.76	≤ 5.7	≤ 1,400	≤ 0.82
D	≤ 11	≤ 1,500	≤ 0.88	≤ 10.2	≤ 1,500	≤ 0.88
E	≤ 18	≤ 1,700	≤ 1.00	≤ 11.3	≤ 1,600	≤ 0.94
F	> 18	-	-	≥ 23.7	≥ 1,700	≥ 1.00

5. 결론 및 향후과제

교통선진화 사업 등으로 회전교차로가 각 지방자치단체별로 적극 도입되고 있지만 회전교차로를 분석하기 위한 핵심요소 기술 연구는 전무한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 기존 한정적인 상황에서의 서비스수준을 판단하던 방식을 개선하고 다양한 상황에서 적용 할 수 있는 1 차로형 회전교차로 분석에 필요한 모델을 개발하였다. 본 연구의 모형은 추종모델과 간격수락 이론을 기반으로 합류와 분류를 고려한 모형이다. 개발한 모형으로 다양한 상황을 고려해 속도-밀도, 교통량-속도, 교통량-밀도 곡선을 제시 하여 회전교차로의 특성을 분석하였다. 분석 결과 교통량 분포가 진입로 별 균일한 경우 평균 제어지체 50(초/대)을 기준으로 교차로 점유시간이 보다 적은 우회전 비율이 큰 상태(50-30-10-10) 최대 2,390(대/시)의 교통량을 처리할 수 있는 것으로 분석되었다. 반면 교차로 점유시간이 보다 큰 직진, 유턴 비율이 큰 상태(10-30-50-10) 최대 1,850(대/시)의 교통량을 처리할 수 있는 것으로 분석되었다. 좌회전, 유턴의 비율이 많아질수록, 접근로별 교통량 분포가 한쪽으로 치우칠수록 회전교차로의 한계 교통량이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 교통량 분포가 균일 할수록 한계교통량의 변동은 회전비율에 민감하게 나타난 반면 교통량 분포가 특정 진입로에 집중될수록 한계교통량은 회전비율에 상대적으로 둔감한 것으로 나타났다.

본 연구에서 개발한 모형은 회전교차로의 길이, 설계속도, 인지 반응시간, 가속도, 감속도, 최소차간거리, 접근교통량, 접근로별 교통량 분포, 회전비율, 접근로 개수 등 다양한 변수를 조절하며 결과 값을 도출 할 수 있도록 설계하였다. 본 연구의 모형은 기존모형 대비 활용도가 높고 변수에 따른 다양한 결과 지표를 추출 할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 지역 특성 및 운전자의 행태를 반영하지 못했고 2차로, 3차로 등 다차로 회전교차로를 분석하기에는 무리가 있다. 따라서 본 연구를 기반으로 현장조사를 통한 모형의 변수 최적화와 추종모형, 합류 및 분류 모형을 고도화 시킨다면 보다 다양하고 정밀하게 회전교차로의 특성에 따른 서비스수준을

산출 할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업의 연구비지원(19TLRP-B148682-02)에 의해 수행되었습니다.

References

- Bai, K. Z., Tan, H. L., Kong, L. J. and Liu, M. R. (2010). "Traffic flow of a roundabout crossing with an open boundary condition." *Chinese Physics B*, Vol. 19, No. 4, p. 040510.
- Kim, E. C. and Ji, M. G. (2009). "A study of level of service criteria for roundabouts." *J. Korean Soc. Transp.*, JKST, Vol. 27, No. 1, pp. 7-16 (in Korean).
- Korea Road Traffic Authority (KoRoad) (2006). *A study on traffic operation and safety improvement of two-way lanes(II): circulating traffic* (in Korean).
- Lee, D. M. and You, J. H. (2013). "A study on appropriate traffic volume calculation for revitalizing roundabout installation." *J. Korean Soc. Transp.*, JKST, Vol. 31, No. 6, pp. 43-52 (in Korean).
- Lochrane, T. W., Kronprasert, N., Bared, J., Dailey, D. J. and Zhang, W. (2014). "Determination of mini-roundabout capacity in the United States." *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 140, No. 10, p. 04014051.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2013). *Korea Highway Capacity Manual (KHCM)* (in Korean).
- Newell, G. F. (2002). "A simplified car-following theory: a lower order model." *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 36, No. 3, pp. 195-205.
- Tanyel, S., Baran, T. and Özuysal, M. (2005). "Determining the capacity of single-lane roundabouts in Izmir, Turkey." *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 131, No. 12, pp. 953-956.
- Zhou, W., Xie, J. and Deng, L. (2012). "Study of one-lane roundabout traffic flow characteristic based on computer simulation." *Adv. Information Sc. Service Sc. (AISS)*, Vol. 4, No. 17, pp. 397-404.