

# T-drop 회전교차로 교통운영 효과와 안전성 분석\*

김도훈\*\* · 유정호\*\*\* · 이동민\*\*\*\*

## A Study on the Traffic Operation Effectiveness and Safety Analysis at T-drop(Tears-Drop) Roundabout\*

Do Hoon Kim\*\* · Jeong Ho Yoo\*\*\* · Dong Min Lee\*\*\*\*

**요약** : 신호로 운영되는 2점 교차형 다이아몬드 인터체인지는 독립 신호교차로 운영방식과 달리 두 개의 근접한 신호 교차로를 연결하는 내부링크에 대기차량과 녹색손실시간 등을 발생시켜 교차로 용량이 감소하는 문제점이 있다. 이 연구는 교차로 운영방식을 개선하기 위해 교통운영 측면과 교통안전 측면으로 구분하여 기대효과를 분석하였다. 교통운영 측면의 기대효과는 일반 신호교차로와 T-drop 회전교차로를 대상으로 차로당 진입교통량, 방향별 교통량 비율 그리고 인접교차로와의 거리를 변화시켜 미시적 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 분석 결과, T-drop 회전교차로는 동일한 차로당 진입교통량을 기준으로 좌회전 교통량 비율이 증가할수록 차량당 평균 지체시간이 늘어나고, 교차로에서 수용할 수 있는 차로당 진입교통량의 한계점이 낮아지는 것으로 파악됐다. 교통안전 측면의 효과분석은 T-drop 회전교차로 도입 전과 후의 검지기 위치별 지점속도자료를 활용하였다. 분석 결과, 신호교차로보다 T-drop 회전교차로로 운영할 경우 접근부에서 차량 차량의 속도 편차가 낮게 나타나 안전성 측면에서 우수한 것으로 확인되었다. 또한 T-drop 회전교차로 도입 전후로 4년 동안 발생한 실제 교통사고 자료를 조사한 결과, T-drop 회전교차로 도입 후의 사고건수는 증가하였지만 중상자 수의 비중은 크게 낮아진 것으로 파악됐다.

**주제어** : T-drop 회전교차로, 2점 교차형 다이아몬드 인터체인지, 교통안전, 지체도

**ABSTRACT** : Conventional Diamond Interchanges are different from independent signal intersection operations. Conventional Diamond Interchanges reduce the intersection capacity by generating spillback and green loss time in the inner road section connecting adjacent signal intersections. In order to improve this problem, this study analyzed the effects of traffic operation and traffic safety aspect. For the traffic operation effect, micro-simulation analysis was performed by changing the distance to the adjacent intersection, percentage of traffic volume by direction and the amount of entering traffic volume about the signal intersection and T-drop roundabout. The results show that the limit point of the intersection capacity is lowered and the average delay time per vehicle increased when the traffic volume ratio of left turns was increased at the T-drop roundabout. In the T-drop roundabout, the spot speed standard deviation found to be less than the signal intersections. The T-drop roundabout is considered to be safer than the signal intersection. The number of accidents after the installation of the T-drop roundabout increased, but the accident severity decreased significantly.

**Key Words** : Tears-drop Roundabout, Conventional Diamond Interchanges, Traffic Safety, Delay

\* 이 연구는 국토교통부, 2011, 「회전교차로 활성화 방안 연구」의 일부를 수정·발견시킨 논문임.

\*\* 인천대학교 건설환경공학부 박사과정(Ph.D Course, Department of Civil & Environmental Engineering, Incheon National University), 교신저자(E-mail: dhkim1120@naver.com Tel: 032-260-2756)

\*\*\* 고양시 교통정책과 주무관(Officer, Traffic Policy Division, Goyang City)

\*\*\*\* 서울시립대학교 교통공학과 조교수(Assistant Professor, Department of Transportation Engineering, University of Seoul)

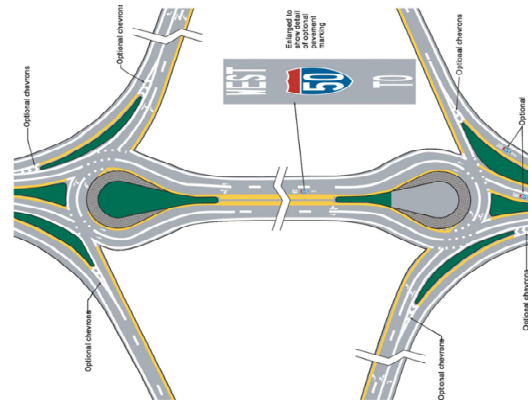
## I. 서론

### 1. 연구 배경과 목적

일반적으로 자동차전용도로와 연결되는 다이아몬드형 인터체인지는 1점 교차형(1개 평면교차로) 또는 2점 교차형(2개 평면교차로)으로 형성되어 있지만, 우리나라는 대부분 2점 교차형 인터체인지 형식으로 운영되고 있다. 또한 지방부에 설치된 2점 교차형 다이아몬드 인터체인지는 두 개 교차로 사이의 간격이 기존 주변 지형·지물의 영향을 받아 짧게 설치된 사례가 대부분이며, 이는 주간선도로를 대상으로 국내 도로설계기준에서 권장하고 있는 접속단 사이의 최소 이격거리인 150m<sup>1)</sup>보다 짧게 설치되어 운영 중이다. 특히, 신호로 운영되는 2점 교차형 다이아몬드 교차로는 두 개의 근접한 신호 교차로를 연결하는 내부링크에 대기차량과 녹색손실시간을 발생시키고, 두 개 신호교차로가 연계·운영되면서 녹색시간 중 일부 시간이 사용되지 않아 교차로의 용량이 감소한다.<sup>2)</sup>

이러한 문제점을 해결하려면 T-drop 회전교차로를 고려해볼 수 있다. T-drop 회전교차로는 두 개의 회전교차로를 하나의 회전교차로로 연결하여 접근로와 회전부 차량의 방향성을 확보해 주기 때문에 주행조건이 향상된다. 그러나 국내·외에서 T-drop 회전교차로를 대상으로 수행한 효과분석 사례연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 국외에서는 도시계획 단계와 단지경관 향상을 위해서 T-drop 회전교차로를 선호하고 있다.

따라서 이 연구는 2점 교차형 다이아몬드 인터



자료: <https://www.nap.edu/read/22914/chapter/14#379>

〈그림 1〉 T-drop 회전교차로

체인지를 대상으로 T-drop 회전교차로의 적용 가능성을 분석하고자 한다.

### 2. 연구범위와 분석방법

우리나라 지방부 자동차전용도로 하부의 교차형태는 대부분 2점형 다이아몬드 인터체인지 형식으로 운영되고 있다. 이와 같은 유형의 교차로 운영방식 선정단계에서는 쌍구형 회전교차로, T-drop 회전교차로 등과 같은 특수형태의 회전교차로를 고려해볼 수 있다. 특히, T-drop 회전교차로는 인접교차로 간 거리가 긴 경우에는 오히려 회전을 위한 주행거리가 증가하여 교차로 통과시간과 연료소모 비용이 늘어날 수 있기 때문에 적용상에 신중함이 필요하다.

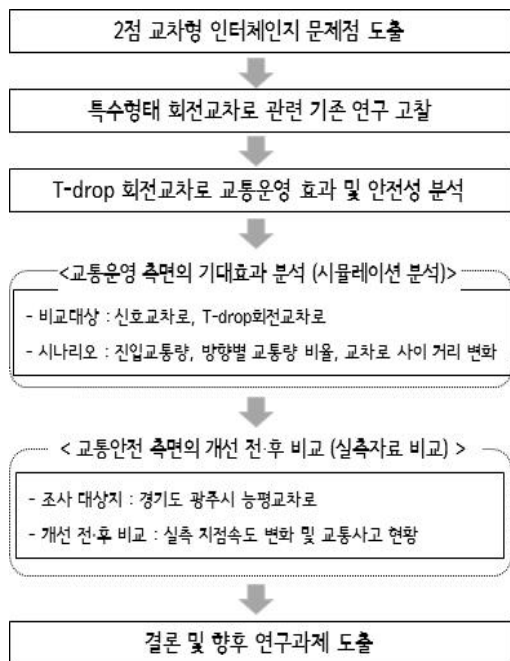
이 연구는 특수형태의 회전교차로를 다룬 기존 연구를 고찰해 기하구조 측면, 운영상의 장·단점, 개선 전후 효과분석 등을 검토한다. 그리고 T-drop

1) 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」 해설, 국토해양부, 2012, p503

2) 「도로용량편람」 국토해양부, 2013, pp434

회전교차로의 적용 가능성을 분석하려고 미시분석 시뮬레이션 프로그램인 VISSIM을 활용해 교차로와 인접교차로 사이의 거리 변화와 차로당 진입교통량·방향별 교통량 비율 변화에 따라 일반 신호교차로와 T-drop 회전교차로의 운영효과 차이를 분석한다.

이때 VISSIM 같은 미시적 시뮬레이션 분석은 교통운영 측면을 분석하는 데 최적화가 되어있지만, 교통안전 측면을 분석하기는 분석가의 주관개입 등 분석 과정상 한계가 있다. 따라서 이 연구는 실제 T-drop 회전교차로가 설치된 교차로를 대상으로 실측 조사된 T-drop 회전교차로 도입 전후의 속도변화와 교통사고를 검토하여 안전성을 평가한다. 앞서 설명한 이 연구의 수행과정을 요약하면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 연구절차

## II. 기존연구 고찰

### 1. 특수형태 회전교차로 관련 연구

회전교차로와 관련하여 다양한 주제를 다루는 연구가 현재까지도 지속적으로 수행되고 있다. 이러한 연구결과로 평균지체시간 감소, 사고감소, 통행속도 향상 등 회전교차로의 우수성이 입증되었다. 따라서 일반적 회전교차로를 다룬 연구결과는 제외하고 특수형태 회전교차로와 관련된 연구만 검토하고자 한다.

현재 국내·외에서 설계된 특수형태의 회전교차로는 그 유형을 나열하기가 어려울 정도로 상당히 다양하며, 현재까지도 새로운 특수형태의 회전교차로가 지속적으로 고안되고 있다.

특히, 일반 회전교차로에서는 신호현시 적용을 지양하도록 권고하고 있지만 특수형태의 회전교차로에서는 최소한의 신호현시를 적용하여 일반 회전교차로보다 더 많은 진입교통량을 처리할 수 있도록 개발되고 있다. 이러한 특수형태 회전교차로 중의 하나는 터빈형 회전교차로이며, 일반 회전교차로에서 도로용량이 초과될 경우에는 2현시 신호와 병행하여 운영하는 것이 진입용량을 크게 증가시킬 수 있다(박병호, 2017; Traczs, 2012; 송기섭, 2011). 그러나 터빈형 회전교차로에서 특정 회전부의 교통량이 많을 경우에는 운영상 비효율적일 수 있으므로 플라워형 회전교차로가 더 효율적인 것으로 분석된 연구도 있다(장기훈, 2014; Tollazzi, 2011).

교차로가 인접하여 설치되어 있는 경우에는 단구형과 쌍구형 회전교차로를 적용해 볼 수 있지만, 일반적으로 단구형보다 쌍구형 회전교차로로 전환하는 경우 통행속도가 늘어나고 지체시간은 줄어든다(김노현·김명수, 2017). 무엇보다도 교통

량이 일정한 수준 이상 증가할 경우에는 단구형보다 쌍구형이 효과적이고 이후에도 교통량 초과 신호교차로로 운영하는 것이 바람직하다(김태영 외, 2010).

그밖에 특수형태 회전교차로 유형 중에 하나인 햄버거형 회전교차로를 고려해 볼 수 있다. 이 교차로의 기하구조는 교통량이 많은 주도로가 회전부 중앙을 가로지르는 형태이며, 신호와 병행하여 운영된다.

앞서 설명한 특수형태 회전교차로의 운영 효과 분석 결과를 종합해 보면, 직진 교통량이 많고 좌우 회전 교통량이 유사하거나 우회전 교통량이 더 많은 경우에는 햄버거형 회전교차로, 이보다 교통량이 적은 경우에는 터보형 회전교차로를 도입하는 것이 교통 운영상 유리하다(임진강 외, 2017).

## 2. 전후 실측조사 관련 연구

일반적으로 회전교차로 도입 전후의 비교·분석은 통행시간, 통행속도, 지체도, 사고건수 등 다양한 효과분석 척도를 고려해볼 수 있다. 이처럼 그동안 수행되어온 회전교차로 관련 연구는 회전교차로의 교통운영 측면의 기대효과와 교통안전 측면의 기대효과 분석으로 구분할 수 있다. 교통운영 측면의 기대효과는 미시적 시뮬레이션 분석에 기반을 두고 도출하였으며, 교통안전 측면의 기대효과는 기존에 설치된 회전교차로만을 대상으로 사고유형에 따른 통계분석, 실제로 발생한 사고가 아닌 차두시간 등 분석가의 주관에 따라 특정 기준을 적용하여 추정된 상충 횟수 분석 등이 주로 연구되어 왔다.

우리나라는 2009년 「교통운영체계 선진화 사

업」의 하나인 회전교차로 활성화 추진을 시작으로 2010년부터 2016년까지 전국에 총 461개 회전교차로가 설치되었다<sup>3)</sup>. 이러한 중앙정부 주도의 회전교차로 사업으로 회전교차로 설치 전후의 운영개선과 안전측면의 효과분석에 관한 연구가 시작되고 있지만(이동민, 2013; 2015), 아직까지는 회전교차로 도입 전후 실측조사 자료에 기반을 둔 교통운영, 교통안전 등 다양한 유형의 연구는 미미한 실정이다.

## 3. 기존 연구와의 차별성

이 연구는 특수형태 회전교차로와 관련된 연구를 검토하였다. 그 결과 대부분의 연구에서는 설정된 시나리오를 바탕으로 미시적 시뮬레이션을 수행해 교통운영 측면의 기대효과만을 분석하였지만, 이 연구는 특이형태 회전교차로 유형의 하나인 T-drop 회전교차로의 적용 가능성을 교통운영 측면과 교통안전 측면으로 구분하여 기대효과를 분석하고자 한다. 교통운영 측면의 기대효과는 미시적 분석 프로그램인 VISSIM을 활용하여 신호교차로와 T-drop 회전교차로의 교통운영 특성을 비교·분석 한다. 그리고 교통안전측면의 기대효과는 실제 T-drop 회전교차로가 설치된 지점을 기준으로 T-drop 회전교차로 도입 전후의 지점속도, 교통사고 현황 등 실측조사 자료를 활용하여 분석한다.

따라서 이 연구는 미시적 시뮬레이션 툴을 활용한 교통운영측면의 기대효과 분석과 T-drop 회전교차로 도입 전후의 실측조사 자료를 바탕으로 교통안전측면의 효과분석을 함께 수행한다는 점에서 기존연구와 차별성이 있다.

3) 행정안전부, [정책실명제 중점관리 대상사업 사업내역서(재난\_중점04)], 2017. 11

### III. T-drop 회전교차로 기대효과 분석

#### 1. 교통운영 측면의 기대효과 분석

##### 1) 시나리오 설정

이 연구는 자동차전용도로와 연결되는 2점형 다이아몬드 인터체인지에서 일반 신호교차로와 T-drop 회전교차로의 운영방식에 따른 기대효과 분석을 수행하고자 한다.

2점형 다이아몬드 인터체인지를 분석하기 위한 중점 고려사항은 분석대상 교차로의 기하구조는 일반 교차로와 달리 2개의 교차로가 연결하여 설치되어 있기 때문에 회전교통량 변화 효과 분석 뿐 아니라 인접교차로 사이의 거리 변화에 따른 분석도 함께 수행되어야 한다. 즉, 교차로 설계 시 교차로 진입 교통량은 교차로 운영방식을 결정하는 데 중요한 요소가 되며, 두 개의 연결한 교차로 사이의 거리에 따라 해당 인터체인지 전체의 운영 효과가 크게 변화될 수 있으므로 이를 고려해야만 한다. 따라서 이 연구에서는 차로당 진입교통량 변화, 방향별 회전교통량 비율 그리고 교차로와 교차로 사이의 거리변화에 따른 시나리오를 구성하여 이 연구에 적용하였다.

우선, 차로당 진입교통량은 시간당 100대부터 1,000대까지 늘려 가면서 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 이때 차로당 진입교통량의 방향별 교통량 비율을 차등 적용하여 교차로 운영 가능 범위의 한계점을 제시하고자 한다. 또한 인접한 교차로간 간격은 국내 도로설계기준에서 제시하고 있는 간선도로 하부도로의 접속단 간격 150m를 기준으로 100m, 50m, 25m까지 거리를 축소하여 분석하였다. 교차로간 거리 기준을 도로설계기준에서 제시하고 있는 간선도로 접속단 사이 간격 최소 기준

인 150m를 적용한 이유는 T-drop 회전교차로는 교차로 사이의 거리가 짧을수록 운영효과가 증가할 수 있고 150m가 초과될 경우에는 두 개의 교차로를 연결·병행하는 방식에 따른 개선효과가 미미하게 나타날 수 있기 때문이다.

이 연구에서 시뮬레이션 수행을 위해 적용한 기타 기본가정 사항은 다음과 같다.

- 방향별 교통량 비율 적용 시 직진교통량과 유턴교통량 비율은 동일하게 적용(직진교통량은 전체 교통량의 30%, 유턴교통량은 시간당 50대 일률적으로 적용)

- 서로 연결하고 있는 두 개 신호교차로는 접근교통량이 같기 때문에 동일한 최적신호현시를 적용하되, 신호연동은 고려하지 않음

- 보행자와 자전거 교통량, 차량진출입로 없음

- 접근로 차로 수는 2차로를 적용하되, 연결로는 1차로로 적용

- 차종은 모두 승용차, 모든 접근로의 방향별 교통량 비율은 동일하게 적용

##### 2) 분석 결과

이 연구는 2점형 다이아몬드 인터체인지 하부 교차로에 일반 신호교차로와 T-drop 회전교차로로 설치하였을 경우에 차로당 진입교통량과 방향별 교통량 비율 그리고 교차로간 거리 변화에 따른 운영효과를 비교·분석하였다.

그 결과 신호교차로와 T-drop 회전교차로 모두 동일한 차로당 진입교통량을 기준으로 좌회전 교통량 비율이 증가할수록 차량당 평균지체가 증가하며, 교차로에서 수용할 수 있는 차로당 진입교통량의 한계점이 낮아지는 것으로 분석되었다.

신호교차로는 거리에 따른 지체변화가 명확하게 나타나지 않았는데, 이는 진입교통량에 따른

개별 신호현시와 신호주기에 영향을 받은 결과로 해석된다. 또한 교차로와 교차로 사이의 거리가 50m이하인 경우에는 신호운영 효과를 기대하기가 어렵다는 것을 확인할 수 있다. 다만, 신호교차로는 좌회전 교통량 비율이 20%이고 교차로와 교차로 간 거리가 100m 이상인 경우에는 차로당 진입교통량이 시간당 800대까지 수용 가능하다. 하지만 좌회전 교통량 비율이 30%에서 50%까지 늘어날수록 교차로 사이의 거리가 100m 이상일 경우에도 신호현시로 수용할 수 있는 차로당 진입교

통량이 적어지는 것으로 확인됐다.

T-drop 회전교차로는 좌회전 교통량 비율이 20%이고 교차로간 거리가 50m이내일 경우에는 시간당 400대의 차로당 진입교통량 수용이 가능하고, 교차로간 거리가 100m 이상일 경우에는 차로당 진입교통량이 시간당 500~600대까지 많아지는 것으로 나타났다. 그러나 교차로와 교차로 간 거리가 50m 이내에서 좌회전 교통량이 30~50%까지 늘어날 경우에는 차로당 진입교통량이 시간당 300대에서 200대까지 시간당 100대가 감

〈표 1〉 교차로 유형별 차량당 평균지체 비교

시나리오	차로당 진입교통량 (대/시)	차량당 평균지체(초/대)								신호현시(초)			
		신호교차로				T-drop 회전교차로				신호현시(초)			
		25m	50m	100m	150m	25m	50m	100m	150m	1현시 ↔	2현시 ←	3현시 ↘	주기
SN1 좌:직:우 2:3:5	100	22.7	21.5	20.4	20.9	1.9	1.9	2.0	2.5	35	21	25	90
	200	24.4	20.0	17.5	17.9	2.5	2.5	2.6	2.9	49	12	20	90
	300	N/A	21.0	16.2	16.8	4.3	3.8	3.8	3.6	48	12	21	90
	400	N/A	N/A	18.2	17.4	6.3	6.1	4.9	4.8	47	12	22	90
	500	N/A	N/A	19.9	20.7	77.3	68.4	10.8	6.9	44	12	25	90
	600	N/A	N/A	24.6	27.2	156.8	154.9	77.7	21.9	46	12	23	90
	700	N/A	N/A	97.2	78.0	N/A	N/A	98.7	82.6	45	12	24	90
	800	N/A	N/A	149.3	147.2	N/A	N/A	154.9	112.9	43	12	26	90
	1000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	40	12	29	90
SN2 좌:직:우 3:3:4	100	28.5	26.3	25.2	25.2	2.1	2.2	2.2	2.8	33	27	21	90
	200	N/A	32.2	23.5	24.5	3.7	3.1	3.4	3.5	58	12	21	100
	300	N/A	N/A	24.1	24.1	6.9	5.7	5.1	5.0	44	12	25	90
	400	N/A	N/A	99.4	33.5	112.9	66.2	10.6	8.9	53	12	16	90
	500	N/A	N/A	N/A	107.2	198.4	186.5	86.9	76.9	41	12	28	90
	600	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	141.9	131.9	44	12	25	90
	700	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	38	12	31	90
SN3 좌:직:우 4:3:3	100	38.3	31.4	29.1	29.3	3.3	2.6	2.5	2.3	30	30	21	90
	200	N/A	N/A	30.4	33.4	5.1	4.9	4.8	3.7	58	12	21	100
	300	N/A	N/A	74.9	44.2	19.1	16.6	8.8	7.9	43	12	26	90
	400	N/A	N/A	N/A	N/A	197.3	177.2	101.9	93.5	48	12	21	90
	500	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	191.6	113.3	39	12	30	90
	600	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	170.2	44	12	25	90
	700	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	34	12	35	90
SN4 좌:직:우 5:3:2	100	45.6	36.0	33.9	34.6	3.7	3.1	3.0	2.5	27	32	22	90
	200	N/A	N/A	70.1	61.4	7.1	6.6	6.1	5.1	58	12	21	100
	300	N/A	N/A	N/A	202.2	166.3	149.3	25.7	20.1	41	12	28	90
	400	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	215.0	123.5	47	12	22	90
	500	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35	12	34	90

주 : 표의 음영부분은 신호교차로 서비스 수준 F(차량당 제어지체 220초 이하)와 회전교차로 서비스 수준 F(차량당평균지체 50초 이상)의 경우를 표기한 것임

소되며, 이때 시나리오별로 동일한 차로당 진입교통량에서 차량당 평균 지체시간은 증가하는 것으로 분석되었다. 무엇보다도 T-drop 회전교차로에서는 좌회전 교통량 비율에 따라 교차로 간 거리에 따른 차량당 평균 지체시간이 달라진다. 즉, 좌회전 교통량 비율이 20%인 경우에 차로당 진입교통량이 시간당 200대 이하에서는 교차로간 거리가 짧아질수록 차량당 지체시간이 감소하지만 차로당 진입교통량이 시간당 300대 이상일 경우에는 교차로간 거리가 짧아질수록 차량당 지체시간이 증가하는 것으로 분석됐다. 이러한 특성은 좌회전 교통량 비율이 높아질수록 차로당 진입교통량이 적은 상태에서 나타난다.

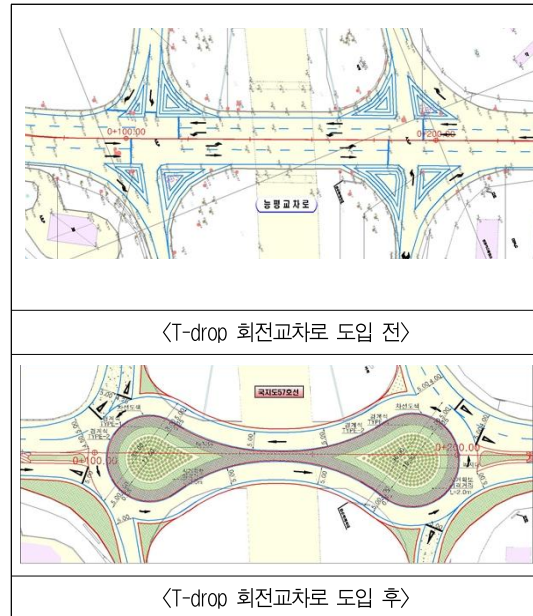
## 2. 교통안전 측면의 개선 전·후 분석

### 1) 조사 대상지 선정

실측조사 자료를 활용하여 T-drop 회전교차로의 교통안전 측면을 분석하기 위해서는 T-drop 회전교차로 설치가 계획된 지점을 선정해야 가능하다. 즉, 회전교차로 Before & After 평가는 회전교차로 수립 단계부터 사전 현장조사와 사후 현장조사가 계획되어야 하기 때문이다. 따라서 T-drop 회전교차로 설치가 계획된 경기도 광주시 오폭읍 능평교차로를 이 연구의 교통안전 측면의 조사 대상으로 선정하였다.

### 2) 조사방법

이 연구에서는 T-drop 회전교차로 도입 전후의 교통안전 측면의 효과분석을 수행하기 위해 실측조사된 검지기 위치별 지점속도, 지점별 속도표준편차 그리고 연도별 교통사고 현황 자료를 활용하였다.



〈그림 3〉 조사대상지의 T-drop 회전교차로 도입 전과 후

일반적으로 도로구간 내 차량 간 속도편차는 교통안전에 중요한 지표로, 차량 간 속도차가 커질수록 사고율이 올라갈 수 있다. 따라서 회전교차로에서 주행 중의 속도변화를 측정하기 위해서는 지점속도가 요구되며, 이때 감속·정지·가속과 같은 속도변화는 운전자의 주행 안전성을 평가할 수 있는 중요한 자료가 될 수 있다. 또한 이 연구에서 지점속도를 효과평가 지표로 선택한 이유는 회전교차로의 기하구조 특성상 진입부, 회전부, 진출부와 같은 지점의 속도 값이 갖는 의미를 분석하는 데 유용하기 때문이다.

이 연구의 속도자료는 T-drop 회전교차로 도입 전후의 교차로 기하구조 변화에 따른 속도 변화로 인한 사고 위험도를 평가하기 위해 활용된다. 따라서 속도자료 비교적 자유교통류 상태에서 차량 주행속도가 교차로 기하구조에 따라서만 결정될 수 있는 시간대에 조사되어야 하므로 이 연구는

〈표 2〉와 같이 비침투 시간대에 조사하였다. 이때 지점별 속도자료는 NC200 검지기를 활용하여 회전교차로의 영향이 미치지 않는 일반 도로구간, 회전교차로 내부구간(진입부-회전부-진출부)으로 구분하여 수집하였다.

〈표 2〉 T-drop회전교차로 도입 전후 속도조사 일시

구분	속도조사 일시
T-drop 도입 전	2011. 07. 21, 2시간 조사(12~14시)
T-drop 도입 후	2012. 02. 22, 2시간 조사(14~16시)

교통사고 현황 자료는 도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS: Traffic Accident Analysis System)을 활용하였으며, T-drop 회전교차로 도입 시점인 2011~2012년을 기준으로 도입 전후로 각각 4년간 사고 자료를 수집하여 분석하였다. 이때 사고지점의 공간적 범위는 대상교차로 진입부와 진출부 각각 30m 이내 사고만 수집하였으며, 교차로 기하구조와 관련이 없는 음주사고 등은 제외하였다.

### 3) 분석 결과

이 연구는 T-drop 회전교차로 도입 전후로 동일 위치에서 검지된 지점속도의 평균값에 독립표본 t-검증을 수행하였다.

검증 결과, 진입부 1, 2번 검지기와 진출부 8번 검지기의 유의확률이 0.05보다 높게 나타나 해당 지점의 T-drop 회전교차로 도입 전후 속도 차이가 통계적으로 다르지 않았다. 또한 이외에 모든 지점에서의 속도는 유의확률 0.05보다 낮게 조사돼 T-drop 회전교차로 도입 전후의 지점별 속도차가 있는 것으로 분석되었다.

검지기 위치별 지점속도 분석 결과 〈그림 4〉에서 보는 바와 같이 진입부 1, 2번 검지기 위치에서

평균속도는 T-drop 회전교차로 도입 전과 후가 비슷하게 나타났으나 3번 검지기 위치부터 4번 검지기 위치의 지점속도가 T-drop 회전교차로 설치 시 크게 감소하는 것으로 분석되었다.

T-drop 회전교차로 설치 시 검지기 위치별 지점속도 변화를 분석한 결과, 1번 검지기부터 교차로 진입부인 4번 위치까지 속도가 44.3km/h에서 24.7km/h까지 약 19.6km가 줄어들었다. 이후 회전교차로 내부 속도는 30km/h 미만으로 유지되고 진출부 이후부터 차량속도가 빨라지는 것으로 조사됐다. 여기서 주목할 점은 T-drop 회전교차로의 접근부 기하구조 여건상 운전자의 주행 의지와 상관없이 자연스럽게 속도가 줄어들 수 있는 물리적 구조를 가지고 있다는 것이다.

이 연구에서는 검지기 위치별 지점속도 자료를 활용해 T-drop 회전교차로 도입 전후의 속도편차를 분석하였다. 분석 결과, 속도편차는 진입부에서 평균 -5.3km/h, 회전부에서 평균 -1.6km/h 그리고 진출부에서 평균 -2.9km/h가 줄어들었다. 이와 같이 T-drop 회전교차로 설치 시 접근부에서의 속도편차가 크게 감소할 수 있으므로 교차로 횡단보도 보행자 또는 회전차량과의 사고발생 확률을 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

일반적으로 회전교차로의 이상적인 주행패턴은 진입부-회전차로 부근이 속도의 최저점이며, 저속 진입과 회전속도보다 진출속도가 빠른 주행곡선이 나타난다(이동민 외, 2013). 이 연구에서도 T-drop 회전교차로의 이상적인 속도변화 주행곡선이 도출되었다.

회전교차로의 경우에는 사고절감효과에 크게 기여하는 것으로 알려져 있다(Werner B, 2008; Buckhurst Fish-Jacquemart, 1998; Maycock, 1984).

따라서 이 연구에서는 도로교통공단의 TAAS





를 활용하여 T-drop 회전교차로 도입 전후의 교통사고 현황을 비교하였다. 그 결과 T-drop 회전교차로 도입 전 3건, 도입 후 5건이 발생되어 오히려 사고건수는 늘어났다. 그러나 사고건수 대비 사고 심각도는 T-drop 회전교차로 도입 후에 중상자수가 3명에서 1명으로 감소하는 등 교통사고 발생시 대부분 경상사고 발생 빈도가 높게 나타났다. 이는 앞서 설명한 속도편차와 사고와의 관계와도 연관된 결과로 생각된다.

〈표 4〉 T-drop 회전교차로 도입 전과 후의 교통사고 현황

구분	사고 건수	심각도		
		사망	중상	경상
도입전 ('07~'10) 4년간 사고자료	3	0	3	1
도입후 ('13~'16) 4년간 사고자료	5	0	1	5

#### IV. 결론과 향후 연구

이 연구는 2점형 다이아몬드 인터체인지 하부교차로 개선을 위한 대안으로 T-drop 회전교차로 적용 가능성을 검토하기 위해서 미시적 시뮬레이션 툴을 활용한 교통운영 측면의 기대효과 분석과 T-drop 회전교차로 도입 전후의 실측조사 자료에 기반을 둔 교통안전 측면의 효과분석을 함께 수행하였다.

교통운영 측면의 기대효과는 인접교차로와의 거리, 차로당 진입교통량 그리고 방향별 교통량 비율 변화를 고려하여 시나리오 분석을 수행하였다. 그 결과 T-drop 회전교차로는 동일한 차로당 진입교통량을 기준으로 좌회전 교통량 비율이 증가할수록 차로당 평균 지체시간이 증가하며, 교차로에서 수용할 수 있는 차로당 진입교통량의 한계

점이 낮아지는 것으로 분석되었다.

교통안전 측면에서는 T-drop 회전교차로 적용 후 진입부와 회전부의 속도가 가장 낮고, 저속진입과 회전속도보다 진출속도가 높은 이상적인 회전교차로의 주행패턴을 나타냈다. 즉, 2점형 다이아몬드 인터체인지 하부를 신호교차로로 운영하기 보다는 T-drop 회전교차로로 운영할 경우에 접근부에서 차량 차량의 속도 편차가 낮게 나타나 안전성 측면에서 우수한 것으로 판단되었다. 또한 T-drop 회전교차로 도입 전후로 각각 4년간 사고 자료를 조사한 결과, T-drop 회전교차로 도입 후의 사고건수는 증가했지만 중상사고의 비중이 크게 낮아진 것으로 파악됐다.

이 연구 결과를 토대로 도출된 향후 연구과제는 다음과 같다.

첫째, 아직까지 우리나라의 회전교차로 도입 전후 사고 분석은 사고지점별 사고빈도가 낮아 정밀한 분석이 어려운 실정(이동민, 2015; 김영지, 2013)이므로 중앙정부 차원에서 회전교차로를 대상으로 별도의 교통사고 이력관리체계가 마련되어야 할 것으로 판단된다.

둘째, T-drop 회전교차로의 적용 가능성 측면은 이 연구에서 검토된 바와 같이 기존의 정형화된 회전교차로 적용 방식의 패러다임을 전환하여 해외사례처럼 과학적이고 다양한 유형의 회전교차로가 국내 실정에 맞게 개발되어야 한다.

셋째, 현재 회전교차로 설계지침에서는 특수형태의 회전교차로 세부 설계기준이 마련되지 않은 실정이다. 국내·외 특수형태의 회전교차로 운영효과 분석 결과 등을 활용하여 관련 지침의 개정이 필요하다.

넷째, 이 연구에서는 교통안전 측면의 개선 전·후 분석을 특정시점의 지점속도와 사고건수를 토

대로 평가하였다. 그러나 특정시점의 자료를 이용할 경우에는 T-drop회전교차로의 안전성을 대표하기에는 한계가 있다. 따라서 SSAM(Surrogate Safety Assessment, FHWA) 프로그램 등을 활용해 다양한 도로교통조건에서 기존 교차로 대비 T-drop 회전교차로 적용 시 나타날 수 있는 상충발생 확률을 조사한 별도의 분석 결과가 제시되어야 한다.

## 참고문헌

- 국토해양부, 2012, 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」, 해설.
- 국토해양부, 2013, 「도로용량편람」.
- 행정안전부, 2017, 「정책실명제 중점관리 대상사업 사업내역서(재난\_중점04)」, 2017. 11.
- 김노현·김명수, 2017, “쌍구형 회전교차로 도입에 따른 운영효과 연구”, 「한국ITS학회 논문집」, 16(6).
- 김영지, 2013, “운전자 주행특성을 고려한 회전교차로 사고요인 분석 연구”, 「명지대학교 석사학위논문」.
- 김태영·김경환·박병호, 2010, “VISSIM을 이용한 다이어몬드 입체교차점에서의 회전교차로 효과분석”, 「한국도로학회 논문집」, 12(4).
- 박병호, 2017, “VISSIM을 이용한 Turbine 회전교차로의 효과분석”, 「건설기술연구소 논문집」, 36(1).
- 송기섭, 2011, “2차로 회전교차로 대안으로서의 Turbo-roundabout 평가 및 적용 방안”, 아주대학교 박사학위논문.
- 이동민·전진우·박용진, 2015, “회전교차로 도입에 따른 교통안전성 향상 효과분석”, 「한국도로학회 논문집」, 17 (3).
- 이동민·유정호·김도훈·이석기, 2013, “사전·사후 비교분석을 통한 회전교차로 도입 효과분석”, 「한국도로학회 논문집」, 15(1).
- 임진강·박나영·박병호, 2017, “시뮬레이션 프로그램을 이용한 특수유형 회전교차로의 운영 효율성 분석”, 「한국도로학회 논문집」, 19(1), 81~90.
- 장기훈, 2014, “회전교차로 형태별 운영 및 안전성 평가에 관한 연구”, 아주대학교 석사학위논문.
- Buckhurst Fish and Jacquemart, 1998, “Modern Roundabout Practice in the United States”, NCHRP Syntesis 264, TRB.
- Maran Tracza, Janusz Chodur, 2012, “Performance and Safety of Roundabouts with Traffic Signals”.
- Maycock G. and Hall R. D., 1984, “Accidents at 4-arm roundabout”, Transport and Road Research Laboratory report 1120, Crowthorne, Berkshire, England.
- Tollazzi, T. and Jovanovic, Rencelj, M., 2013, “New Type of Roundabout: Dual One-Lane Roundabouts on Two Levels with Right-Hand Turning Bypasses- ‘Target Roundabout’-”, Traffic & Transportation, 25(5): 475~481.
- Tollazzi, T., Rencelj, M., and Turnsek, S., 2011, “Slovenian Experiences with Alternative Types of Roundabouts - ‘Turbo’ and ‘Flower’ Roundabout-”, Environmental Engineering 8th International Conference, 1220~1226.
- Werner B., 2008, Roundabouts in Germany, 2008 TRB National Roundabout Conference.

원 고 접 수 일 : 2018년 3월 5일  
 1차심사완료일 : 2018년 4월 6일  
 2차심사완료일 : 2018년 9월 19일  
 최종원고채택일 : 2018년 12월 17일

