

신호교차로에서 좌회전 Bay의 최적설계에 관한 연구

A Study on Optimal Design of the Left Lane Bay in a Signal Intersection

문 창 근

(영남대학교 도시공학과
박사과정)

김 갑 수

(영남대학교 도시공학과
교수)

황 정 훈

(영남대학교 도시공학과
강사)

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 내용 및 방법

II. 선행연구고찰

III. 자료조사 및 분석

1. 조사대상지점의 선정
2. 조사방법 및 내용
3. 조사결과

IV. 좌회전 Bay의 최적설계

1. 포아송분포
2. 좌회전 Bay의 길이산정
3. 실제 좌회전 Bay길이와의 비교·분석
4. 좌회전 교통량에 따른 좌회전 Bay의 최적길이

V. 결론 및 향후과제

참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

경제성장과 국민소득의 증대로 자동차 보유 대수는 지속적으로 증가하여 왔으나, 그에 따른 교통시설은 충분히 확충되지 못하였다. 즉, 교통수요와 교통시설 공급간의 불균형으로 인해 가로구간 및 교차로의 지체 발생과 이로 인한 용량 저하와 경제적 손실을 초래하고 있다. 도시교통에 있어 수요와 공급간의 불균형으로 인해 발생하는 문제를 해소할 수 있는 가장 이상적인 해결책은 급격한 교통수요의 증가에 상응하는 교통시설의 공급을 확충해 나가는 것이라 할 수 있지만, 우선 기존 시설의 효율성을 높일 수 있는 다양한 방법들이 강구되어야 할 것이다.

일반적으로 좌회전 Bay 차로는 교차로의 용량을 증대시키는 방안의 일환으로서 설치되어 운영된다. 그러나 대부분의 교차로에서 좌회전 교통량을 처리할 수 있는 충분한 좌회전 Bay의

길이가 확보되지 못해, 결국 한 현시내 처리되지 못한 좌회전 교통량이 대기행렬을 형성하게 되고 본선 주도로까지 이어져 주도로의 소통에 지장을 주며, 결국 교차로의 용량을 떨어뜨리고 있는 실정이다. 이는 교차로 기하구조개선 사업과 입체도로 건설시 좌회전 이동류에 대한 정확한 용량파악과 분석이 수반되지 못함에서 비롯된다.

이와 같이 좌회전 차량의 영향을 제거하기 위한 기본적인 접근방식은 좌회전 차량과 직진 차량을 분리하는 것이며, 구체적으로는 좌회전 차로를 직진차로와 분리하여 설치하는 것이다. 즉 좌회전 차로는 직진차로와는 독립적으로 설치해야 하며 좌회전 차로에 들어가기 위한 충분한 시간적, 공간적 여유를 확보해 주어야 한다. 이러한 좌회전 차로는 좌회전 교통류를 다른 교통류와 분리시킴으로써 평면교차로의 운영에서 중요한 역할을 하는 좌회전 교통류의 영향을 최소화시킬 수 있으며, 좌회전 차량이 대기할 수 있는 공간을 확보함으로써 교통신호 운영의 적정화를 꾀할 수 있게 한다. 또한 좌회

전 교통류의 감속을 원만하게 하며 추돌사고를 줄이는 효과를 갖게 된다.

그러나 좌회전 Bay차로가 설치되어 있더라도 좌회전 교통량을 처리할 수 있는 충분한 길이가 확보되지 못하면, 대기행렬이 발생하고 이로 인해, 교차로의 직진교통량에 영향을 주게 되어, 교차로 전체의 용량은 저하된다. 또한 갑작스런 차로변경으로 인해 교통사고 위험성이 높아져 좌회전 Bay의 용량을 정확히 파악하고 이를 통한 적정 길이를 확보해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 대구광역시의 좌회전 Bay가 설치되어 있는 교차로를 대상으로 교통량, 기하구조, 신호현시 등의 자료를 수집하여 포아송분포(Poisson Distribution)를 이용한 좌회전 Bay의 적정길이를 산정하고자 한다. 또한 기존 좌회전 Bay와의 비교·분석하고, 좌회전교통량에 따른 좌회전 Bay의 최적설계의 기초자료로 이용하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

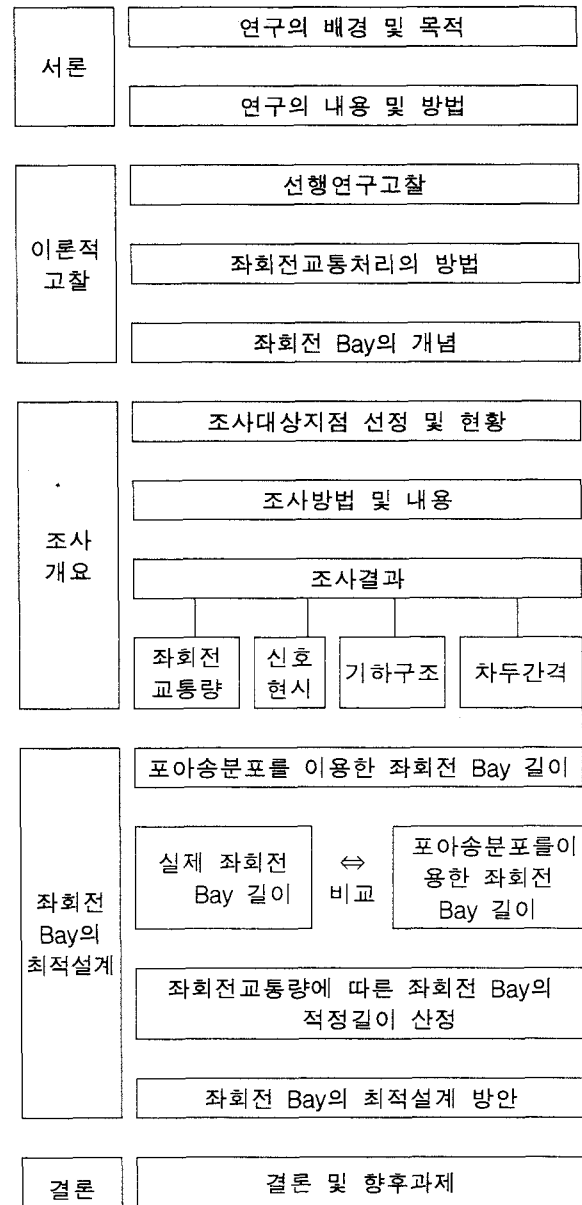
본 연구에서는 대구광역시에 설치 운용되고 있는 기존 신호교차로의 좌회전 Bay의 길이를 비교·분석하고 문제점을 파악하기 위해 현장 조사를 통하여 분석을 시행하고자 한다.

분석을 위해 대구광역시 전체 교차로 중 좌회전 Bay가 설치되어 있는 교차로를 대상으로 하였으며, 수성구 소재 19개 교차로, 동구 소재 4개 교차로, 남구 소재 3개 교차로, 달서구, 서구 각 1곳씩을 선정하였다.

본 연구에서는 기존 좌회전 Bay의 문제점을 살펴보고자 좌회전 Bay 길이 산정에 필요한 조사항목인 좌회전 교통량, 좌회전 녹색시간, 적색시간, 현재 좌회전 Bay의 길이, 차두시간을 조사하였다.

좌회전 Bay의 최적설계를 위한 적정길이의 산정을 위해 포아송분포를 이용하여, 기존 신호교차로의 좌회전 Bay 길이와 비교한다. 그리고 대상교차로를 좌회전 Bay의 좌회전교통량으로 분류하여 비교·분석함으로써 좌회전 Bay의 최적설계의 기초자료로 이용하고자 한다.

이러한 방법론에 의한 연구의 흐름도는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구의 흐름도

II. 선행연구고찰

1. 국내연구

윤동만(2001)은 도시부 교차로의 실제적인 용량을 조사하여 좌회전 대기차로의 적정길이를 산정하는 모형을 정립하고자 하였다. 좌회전 대기차로의 적정길이를 산정하기 위해 강릉시에 위치한 2개의 교차로를 대상으로 최적신호시간, 링크의 길이, 중차량혼입율, 좌회전 대기차로의 폭의 변수를 선정하여 모형을 정립하였다. 산정 모형은 장래 도시부 교차로의 좌회전 대기차로

를 설치하는데 용이한 기초자료로 활용하고자 하였다.

김정래(2002)의 연구에서는 신호교차로 운영 실태 분석에 있어 기존의 일률적으로 적용되던 Bay차로에 대한 용량을 보다 실질적으로 산출할 수 있는 방법을 모색한 것으로서, Bay차로 운영방법에 따라 U-turn 이동류가 없는 교차로와 U-turn 이동류가 있는 교차로로 구분하여 용량을 산정하였다.

Bay차로를 포함한 좌회전 이동류의 교통특성을 파악하고, 이를 모형화함으로써 Bay차로에 대한 용량을 보다 정확히 산정하는 방법을 모색하였다. 신호교차로의 Bay차로 용량에 영향을 미치는 변수는 교통조건(U-turn 이동류 유무)에 따라 Bay길이와 U-turn 차량비율인 것으로 제시하였다.

오영태(1995), 손한철(1996)의 U-turn 용량산정에 관한 연구에서는 U-turn의 특성과 이로 인한 좌회전 교통류의 영향을 분석하였으며, U-turn과 좌회전의 공용차로에 대한 용량산정을 U-turn비율에 따른 보정계수를 산출하는 방식의 결과를 도출하였다. 연구범위는 U-turn 전용차로의 포화교통류를 산정을 위한 전용 U-turn차로 연구와 신호교차로에서의 U-turn에 따른 좌회전 영향을 분석하기 위한 공용차로를 대상으로 실시하였고, 전용 U-turn 차로의 포화교통류를 산정하고 이를 기준으로 U-turn 비율에 따른 좌회전 교통류율의 변화를 분석하였다. 또한 U-turn 대기위치에 따른 영향도를 분석하여 U-turn 비율에 따른 좌회전 보정계수를 산출하였다.

도철웅(2000)의 연구에서는 전용 좌회전차로에서의 비보호좌회전 용량은 공용차로에서의 비보호좌회전 분석의 기초가 되며, 신호운영 방식을 결정하는데 기준을 제공하는 매우 중요한 요소라고 보고, 용량을 구하는 모형은 대향직진 교통류의 교차로 통과 패턴을 어떻게 모델링하는가에 따라 달라진다고 하였다. 즉, 대향직진 방출 초기의 포화유율 차량군을 모델링하고, 그 이후의 임의 방출 시기에 간력수락이 일어난다는 가정하에서 확률모형식에 의해 비보호좌회전의 용량을 구하였다. 또한 비보호좌회전의 직진환산계수와 보정계수 산정하고 미국 HCM의 결과와 비교하였다.

무신호교차로와 관련된 기존 국내연구를 살펴보면, 이용재의 1인(2001)의 연구에서는 중차량이 혼재하고 있는 무신호교차로에서 용량분석을 실시하는 경우에 활용될 수 있는 용량보정계수를 도출하였다. 기존 용량모형의 동질성 가정이 현실에 부합하지 않음에 문제를 제기하고 비동질성하의 무신호교차로 용량분석시 적용 가능한 실용적인 중차량 용량 보정식을 제시하였다.

2. 국외연구

Saka(1998)의 연구에서는 좌회전 전용차로가 존재하는 무신호교차로를 대상으로 선행좌회전 차량에 의한 시거의 제약이 좌회전 차량에 의한 시거의 제약이 좌회전차로의 잠재용량에 미치는 영향을 계량적으로 나타내고자 하였다. 좌회전 대기차량이 직진차량간의 간격을 수락하여 좌회전을 실시하기 위해서는 선행좌회전 차량이 시야에서 사라질 때까지의 시간이 추가적으로 필요하다는 가정 하에 선행좌회전 차량의 출발부터 좌회전 완료까지의 진행시간을 임계간격의 보정치로 적용하였다. 이때 좌회전완료가까지의 진행시간은 McCoy(1992)의 연구에서 제시된 가용시거 산정식을 이용하여 유도되었다. 결과적으로 시거의 제약에 의해 좌회전차로의 잠재용량이 감소하는 것으로 나타났다.

Roess(1996)의 연구에서는 신호교차로 비보호 좌회전 공용차로상의 대기행렬에 대한 이산적인 확률모형을 제시함으로써 대향 직진교통류에 의해 좌회전 교통류 흐름이 제한되는 현상이 포화교통류율(Saturation flow rate)에 미치는 영향을 계량적으로 나타내었다. 비보호 좌회전인 경우, 신호에 의한 대향차량의 통제가 존재하지 않으므로 직진차량간의 간격을 수락하여 좌회전을 실시해야 한다. 따라서 무신호교차로의 좌회전조작과 유사한 행태를 갖는다고 볼 수 있다. 결과적으로 대상 좌회전 공용차로와 대향 좌회전 공용차로의 회전율에 따라 출발차 두간격과 포화교통류율이 변화하는 것으로 나타났다.

Shou-min Tsao(1995)의 연구에서는 신호교차로를 대상으로 현장조사를 통해 중차량이 직진/좌회전 교통류에 미치는 영향을 규명하고자

하였다. 이를 위해 직진차로와 좌회전차로상의 승용차와 중차량에 대한 평균차두간격을 산출하였다. 이들 각 경우별 평균차두간격의 비율에 의해 산출되는 보정계수를 살펴본 결과, 직진과 좌회전에 대한 중차량보정계수가 상이하게 나타났다.

기존 연구를 살펴본 결과, 외국의 경우는 좌회전 교통량과 대항 직진교통량, 접근속도까지 고려하여 좌회전 차로수를 결정하도록 그 기준을 제시하고 있다. 반면 우리나라의 경우는 도로의 시설·기준에 관한 규정에서는 좌회전 차로의 폭과 기본적인 설치 기준은 제시되어 있으나, 회전별 교통량을 고려한 좌회전 차로 결정 기준은 제시되어 있지 않다. 또한, 우리나라는 좌회전 차로수를 몇 개 차로로 할 것인가에 대한 기준도 없으며, 복수 좌회전 차로 설치시 설치조건과 설치기준도 없는 형편이다.

따라서 본 연구에서는 대구광역시에 좌회전 Bay가 설치된 신호교차로를 대상으로 오전·오후 peak시의 좌회전 교통량, 신호현시, 기하구조를 현장조사하여 그 결과를 바탕으로 포아송 분포를 이용한 좌회전 Bay의 적정길이를 산정하고자 한다. 또한, 좌회전교통량에 따른 신호교차로 좌회전 Bay의 최적길이를 산정하고, 좌회전 Bay 최적설계방안을 모색하고자 한다.

III. 자료조사 및 분석

1. 조사대상지점의 선정

본 연구에서는 좌회전 Bay의 적정길이 산정을 위해 대구광역시의 좌회전 Bay가 설치되어 있는 신호교차로 중 수성구 19개소, 동구 4개소, 남구 3개소, 달서구, 서구 각 1개소를 대상교차로로 선정하였다. 대상교차로의 좌회전 Bay는 좌회전 전용으로 운용되는 곳이 10개소, 좌회전·U-Turn 공용으로 운용되는 곳이 19개소로 나타났으며, 대상교차로의 위치와 운용현황은 <표 1>과 같다.

2. 조사방법 및 내용

본 연구에서는 선정된 대상교차로 좌회전

<표 1> 조사대상지점의 선정

구분	대상교차로	용도
1	월드컵삼거리	좌회전 전용
2	청구삼거리	
3	대봉교	
4	청구네거리	
5	유천교네거리	
6	이천네거리(영남대학병원 방향)	
7	이천네거리(회망교방향)	
8	시지파크드림삼거리	
9	동성학교네거리(들안길방향)	
10	신천시장네거리	
11	연호네거리(월드컵로방향)	좌회전·U-Turn 공용
12	연호네거리(범안로방향)	
13	반고개네거리	
14	신매교네거리	
15	한라타운네거리(시지고교방향)	
16	한라타운네거리(동서타운방향)	
17	경북아파트네거리	
18	신매네거리	
19	화남주유소네거리(월드컵경기장 방향)	
20	화남주유소네거리(고산초교방향)	
21	남문시장네거리	
22	대구산업정보대학네거리(정보대학 방향)	
23	대구산업정보대학네거리(2군사령부 방향)	
24	범어주유소네거리	
25	동성학교네거리(대구은행본점방향)	
26	신남네거리	
27	효신네거리(동부터미널방향)	
28	효신네거리(만촌 E마트 방향)	
29	대구구치소앞 삼거리	

Bay의 적정길이를 산정하기 위해 2006년 10월 6일부터 10월 16일까지 11일간 현장조사를 실시하였다. 조사내용으로는 각 대상교차로에 대하여 차로수, 좌회전 Bay의 길이 등의 기하구조를 조사하고, Video Camera를 이용하여 Peak 시간대의 좌회전교통량, 신호현시, 차두시간에 대해서 조사를 실시하였다. 각 대상교차로의 조사항목과 세부항목은 <표 2>와 같다.

<표 2> 조사방법 및 내용

항목	세부항목
교통량	1주기당 좌회전 교통량
신호현시	좌회전 녹색시간, 적색시간, 황색시간
기하구조	차로수, 좌회전 Bay 길이
차두시간	진입차로수별 차두시간

3. 조사결과

1) 대상교차로의 기하구조

조사결과를 살펴보면 청구네거리, 효신네거리(만촌E마트방향)의 좌회전 Bay의 길이가 130m, 110m로 비교적 긴 것으로 나타났으며, 시지파크드림삼거리, 이천네거리(희망교 방향)의 좌회전 Bay가 34m, 37m로 비교적 짧은 것으로 나타났다. 대상교차로의 좌회전 Bay의 실제길이는 <표 3>과 같다.

<표 3> 조사대상 교차로 좌회전 Bay의 길이

구분	대상교차로	좌회전 Bay 길이(m)
1	시지파크드림삼거리	34
2	이천네거리(희망교방향)	37
3	청구삼거리	47
4	남문시장네거리	47
5	유천교네거리	50
6	효신네거리(동부터미널방향)	56
7	대구구치소앞 삼거리	64
8	한라타운네거리(동서타운방향)	65
9	신천시장네거리	66
10	화남주유소네거리(월드컵경기장 방향)	70
11	범어주유소네거리	70
12	한라타운네거리(시지고교방향)	77
13	연호네거리(동촌방향)	80
14	신매교네거리	80
15	대구산업정보대학네거리(2군사령부 방향)	81
16	이천네거리(영남대학병원 방향)	83
17	대구산업정보대학네거리(정보대학 방향)	84
18	연호네거리(월드컵로방향)	85
19	반고개네거리	85
20	신매네거리	85
21	화남주유소네거리(고산초교방향)	85
22	동성학교네거리(들안길방향)	85
23	월드컵삼거리	87
24	경북아파트네거리	87
25	신남네거리	92
26	동성학교네거리(대구은행본점방향)	96
27	대봉교	98
28	효신네거리(만촌 E마트 방향)	110
29	청구네거리	130

2) 교차로의 평균차두시간

대상교차로에 Video Camera 촬영을 통해 평균차두시간을 분석한 결과, 진입로 차로수가 1차로인 경우는 평균차두시간이 2.01초, 2차로인 경우는, 2.28초, 3차로인 경우는 1.95초, 4차로인 경우는 1.47로 나타났다. 진입로 차로수별 평균

차두시간을 분석한 결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 교차로의 평균차두시간

대상교차로	접근로 차로수	진입로 차로수	평균 차두시간 (초)
대봉교	3	1	2.01
이천네거리(영남대학병원 방향)	3	1	
경북아파트네거리	5	1	
화남주유소네거리(고산초교방향)	5	1	
대구산업정보대학네거리(2군사령부 방향)	5	1	
대구구치소앞 삼거리	5	1	2.28
신매교네거리	5	2	
연호네거리(월드컵로방향)	4	2	
연호네거리(범안로방향)	4	2	
신남네거리	5	2	
이천네거리(희망교방향)	3	2	
시지파크드림삼거리	5	2	
한라타운네거리(시지고교방향)	5	2	
한라타운네거리(동서타운방향)	5	2	
화남주유소네거리(월드컵경기장 방향)	5	2	
남문시장네거리	4	2	2.28
대구산업정보대학네거리(정보대학 방향)	5	2	
범어주유소네거리	5	2	
신천시장네거리	4	2	
반고개네거리	6	3	
청구삼거리	4	3	1.95
청구네거리	4	3	
유천교네거리	4	3	
신매네거리	5	3	
동성학교네거리(대구은행본점방향)	3	3	
효신네거리(동부터미널방향)	5	3	
효신네거리(만촌 E마트 방향)	5	3	
월드컵삼거리	5	4	1.47
동성학교네거리(들안길방향)	3	4	

3) 좌회전 교통량 및 신호주기

대상교차로의 Peak시의 좌회전교통량은 범어주유소네거리가 552대/시로 가장 많은 것으로 나타났다. 신호주기는 효신네거리가 200초/주기로 가장 많은 것으로 나타났으며, 대봉교는 150초/주기로 가장 작은 것으로 나타났다. 좌회전 녹색시간의 비율은 신매교네거리, 대구구치소앞삼거리, 경북아파트네거리, 범어주유소네거리, 의 경우 도로의 폭이 넓어 보행자 신호시간을 위해 좌회전 녹색시간이 30.59%, 30.00%, 29.41%, 28.89%, 로 비교적 높은 것으로 나타났다. 대상교차로의 좌회전 교통량과 신호주기를 살펴보면 <표 5>와 같다.

<표 5> 교차로의 좌회전교통량 및 신호주기

구분	대상교차로	교통량 (대/시)	신호 주기 (초)	녹색시간		적색시간 (초)		Peak 시간
				초 (주기)	비율 (%)	초 (주기)	비율 (%)	
1	연호네거리(월드컵로방향)	93	170	20	11.76	150	88.24	오전 08~ 09시
2	연호네거리(동촌방향)	349	170	20	11.76	150	88.24	
3	신남네거리	292	180	25	13.89	155	86.11	
4	대봉교	365	150	32	21.33	118	78.67	
5	남문시장네거리	297	160	24	15.00	136	85.00	
6	대구산업정보대학네거리(정보대학방향)	168	180	18	10.00	162	90.00	
7	대구산업정보대학네거리(2군사령부방향)	162	180	18	10.00	162	90.00	
8	동성학교네거리(대구은행본점방향)	338	160	29	18.13	131	81.88	
9	동성학교네거리(들안길방향)	205	160	29	18.13	131	81.88	
10	대구구치소앞 삼거리	238	180	54	30.00	126	70.00	
11	월드컵삼거리	237	170	26	15.29	144	84.71	오후 18 ~ 19시
12	반고개네거리	250	180	17	9.44	163	90.56	
13	청구삼거리	380	160	35	21.88	125	78.13	
14	청구네거리	324	160	27	16.88	133	83.13	
15	유천교네거리	209	160	16	10.00	144	90.00	
16	이천네거리(영남대학병원방향)	81	160	29	18.13	131	81.88	
17	이천네거리(회망교방향)	142	160	29	18.13	131	81.88	
18	시지파크드림삼거리	144	170	22	12.94	148	87.06	
19	신매교네거리	330	170	52	30.59	118	69.41	
20	한라타운네거리(시지교교방향)	288	170	28	16.47	142	83.53	
21	한라타운네거리(동서타운방향)	152	170	28	16.47	142	83.53	
22	경복아파트네거리	263	170	50	29.41	120	70.59	
23	신매네거리	330	170	15	8.82	155	91.18	
24	화남주유소네거리(월드컵경기장방향)	199	170	17	10.00	153	90.00	
25	화남주유소네거리(고산초교방향)	174	170	17	10.00	153	90.00	
26	벌어주유소네거리	552	180	52	28.89	128	71.11	
27	효신네거리(동부터미널방향)	178	200	28	14.00	172	86.00	
28	효신네거리(만촌 E마트 방향)	239	200	28	14.00	172	86.00	
29	신천시장네거리	99	160	24	15.00	136	85.00	

IV. 좌회전 Bay의 최적설계

1. 포아송분포

포아송분포는 완전 무작위로 드물게 발생하는 이산형사상을 나타내는데 사용되며, 계수기준이 주어진 시간 또는 주어진 도로구간일 때 차량대수를 확률변수로 사용한 확률분포이다. 이 분포는 계수기준을 한 시행(trial)으로 보고, 이때 일어난 평균사상수가 m 일 때 한 시행에서 x 개의 사상이 일어날 확률을 나타낸다.

즉, x 가 일정한 시간내에 도착하는(또는 일정 도로구간 내에 있는) 차량대수를 나타내는 확률변수라면, 계수기준 내(한 시행) x 대가 도착할(있을)확률은 다음과 같다.

$$P_{(x)} = \frac{m^x e^{-m}}{x!} \quad x = 0, 1, 2 \dots$$

m = 계수기준 내에 도착할(있을) 평균차량대수

이 분포의 확률변수 x 의 평균과 분산은 다 같이 m 이다. 따라서 분산/평균 비가 1.0부근인, 교통량이 적은 임의교통류(무작위 교통류)에 사용하면 잘 맞는다. 포아송분포의 특징은 같은 교통류에서 m 이 클수록, 즉 계수기준이 클수록 정규분포에 가까워진다.

2. 좌회전 Bay의 길이산정

포아송분포를 이용하여 대상교차로의 한 시간당 좌회전 교통량의 85%, 100%를 처리시키기 위한 좌회전 bay의 길이를 산정한 결과, 좌회전차량의 100%를 처리시키기 위해서는 교차로 13개소가 100m 이상, 10개소가 80m 이상, 6개소가 48m 이상의 좌회전 Bay의 길이가 필요한 것으로 분석되었다. 좌회전 Bay의 최적길이 산정결과를 살펴보면 <표 6>과 같다.

<표 6> 좌회전 Bay의 최적길이 산정결과

대상교차로	좌회전 교통량	
	85%	100%
이천네거리(영남대학병원 방향)	30	48
연호네거리(월드컵로방향)	36	54
신천시장네거리	36	54
이천네거리(희망교방향)	48	66
시지파크드림삼거리	48	72
한라타운네거리(동서타운방향)	54	72
화남주유소네거리(고산초교방향)	60	84
대구산업정보대학네거리(정보대학방향)	60	90
대구산업정보대학네거리(2군사령부방향)	60	84
동성학교네거리(들안길방향)	60	84
유천교네거리	66	96
신매네거리	66	90
화남주유소네거리(월드컵경기장 방향)	66	96
대구구치소앞 삼거리	66	96
경북아파트네거리	72	96
효신네거리(동부터미널방향)	72	96
월드컵삼거리	78	102
신매교네거리	84	114
반고개네거리	90	120
한라타운네거리(시지고교방향)	90	120
남문시장네거리	90	120
효신네거리(만촌 E마트 방향)	90	120
신남네거리	96	126
대봉교	96	126
청구네거리	96	126
동성학교네거리(대구은행본점방향)	96	126
청구삼거리	102	132
연호네거리(동촌방향)	114	144
범어주유소네거리	144	156

<표 7> 실제좌회전 Bay길이와의 비교·분석

대상교차로	실제길이(m)	85%		100%	
		계산길이(m)	과부족(m)	계산길이(m)	과부족(m)
월드컵삼거리	87	78	9	102	-15
연호네거리(월드컵로방향)	85	36	49	54	31
연호네거리(동촌방향)	80	114	-34	144	-64
반고개네거리	85	90	-5	120	-35
청구삼거리	47	102	-55	132	-85
신남네거리	92	96	-4	126	-34
대봉교	98	96	2	126	-28
청구네거리	130	96	34	126	4
유천교네거리	50	66	-16	96	-46
이천네거리(영남대학병원 방향)	83	30	53	48	35
이천네거리(희망교방향)	37	48	-11	66	-29
시지파크드림삼거리	34	48	-14	72	-38
신매교네거리	80	84	-4	114	-34
한라타운네거리(시지고교방향)	77	90	-13	120	-43
한라타운네거리(동서타운방향)	65	54	11	72	-7
경북아파트네거리	87	72	15	96	-9
신매네거리	85	66	19	90	-5
화남주유소네거리(월드컵경기장 방향)	70	66	4	96	-26
화남주유소네거리(고산초교방향)	85	60	25	84	1
남문시장네거리	47	90	-43	120	-73
대구산업정보대학네거리(정보대학 방향)	84	60	24	90	-6
대구산업정보대학네거리(2군사령부 방향)	81	60	21	84	-3
범어주유소네거리	70	144	-74	156	-86
동성학교네거리(대구은행본점방향)	96	96	0	126	-30
동성학교네거리(들안길방향)	85	60	25	84	1
효신네거리(동부터미널방향)	56	72	-16	96	-40
효신네거리(만촌 E마트 방향)	110	90	20	120	-10
대구구치소앞 삼거리	64	66	-2	96	-32
신천시장네거리	66	36	30	54	12

3. 실제 좌회전 Bay길이와의 비교·분석

포아송분포를 이용하여 분석한 결과를 통해 기존 좌회전 Bay의 길이와 비교·분석을 한 결과는 <표 7>과 같다.

대상교차로의 좌회전 Bay의 실제길이와 포아송분포를 이용하여 분석한 결과를 비교하면, 좌회전차량의 85%를 처리시키는 경우 여유길이 있는 교차로는 월드컵삼거리, 연호네거리(월드컵로방향), 대봉교, 청구네거리, 이천네거리(영남대학병원 방향), 한라타운네거리(동서타운방향), 경북아파트네거리, 신매네거리, 화남주유소네거리(월드컵경기장방향), 화남주유소네거리(고산초교방향), 대구산업정보대학네거리(정보대학방향), 대구산업정보대학네거리(2군사령부방향), 동성학교네거리(들안길방향), 효신네거리(만촌E마트방향), 신천시장네거리 총 15개소로 나타났다.

반면 좌회전 Bay의 길이가 부족한 교차로는 연호네거리(동촌방향), 반고개네거리, 청구삼거리,

신남네거리, 유천교네거리, 이천네거리(희망교방향), 시지파크드림삼거리, 신매교네거리, 한라타운네거리(시지고교방향), 남문시장네거리, 범어주유소네거리, 효신네거리(동부터미널방향), 대구구치소앞삼거리 총 13개소 교차로의 좌회전 Bay 길이가 부족한 것으로 나타났다. 특히 범어주유소네거리, 청구삼거리, 남문시장네거리의 좌회전 Bay의 길이가 74m, 55m, 43m 부족한 것으로 나타나 교차로의 직진교통에 많은 영향을 미칠 수 있다는 것을 알 수 있다.

좌회전차량의 100%를 처리시킬 수 있는 곳은 연호네거리(월드컵로방향), 청구네거리, 화남주유소네거리(고산초교방향), 동성학교네거리(들안길방향)이며, 그 외의 교차로의 경우 좌회전 Bay의 길이가 부족한 것으로 나타났다.

4. 좌회전 교통량에 따른 좌회전 Bay의 최적길이

1) 좌회전 Bay의 최적길이 산정

좌회전 Bay의 최적길이 산정을 위해 Peak시의 좌회전교통량을 기준으로 대상교차로를 분류하였다. 좌회전교통량이 151~200대/시, 201~250대/시인 교차로는 각각 6개소, 301~350대/시는 5개소로 분류되었다. 1시간 좌회전교통량에 의해 교차로를 분류하면 <표 8>과 같다.

<표 8> Peak시 좌회전교통량에 의한 교차로 분류

대상교차로	좌회전 교통량 (대/시)
이천네거리(영남대학병원 방향)	100대/시 미만
연호네거리(월드컵로방향)	
신천시장네거리	
이천네거리(회망교방향)	101~150대/시
시지파크드림삼거리	
한라타운네거리(동서타운방향)	1501~200대/시
대구산업정보대학네거리(2군사령부 방향)	
대구산업정보대학네거리(정보대학 방향)	
화남주유소네거리(고산초교방향)	
효신네거리(동부터미널방향)	
화남주유소네거리(월드컵경기장 방향)	
동성학교네거리(들안길방향)	
유천교네거리	201~250대/시
월드컵삼거리	
대구구치소앞 삼거리	
효신네거리(만촌 E마트 방향)	
반고개네거리	
경북아파트네거리	251~300대/시
한라타운네거리(시지교방향)	
신남네거리	
남문시장네거리	
청구네거리	301~350대/시
신매교네거리	
신매네거리	
동성학교네거리(대구은행본점방향)	
연호네거리(동촌방향)	351대~400대/시
대봉교	
청구삼거리	
범어주유소네거리	500대/시 이상

Peak시 좌회전교통량에 따른 좌회전 Bay의 최적길이를 산정한 결과를 살펴보면, 좌회전교통량이 100대/시 미만일 경우는, 좌회전 도착차량의 85%를 처리시키기 위한 좌회전 Bay의 길이는 34m, 100%를 처리시키기 위한 좌회전 Bay의 길이는 52m로 나타났고, 351대~400대/시의 경우, 좌회전 도착차량의 85%를 처리시키기 위한 좌회전 Bay의 길이는 114m, 100%를 처리시키기 위한 좌회전 Bay의 길이는 129m로 나타났다.

Peak시 좌회전교통량에 따른 좌회전 Bay의 최적길이를 산정한 결과는 <표 9>와 같다.

<표 9> Peak시 좌회전교통량에 따른 좌회전 Bay의 최적길이

좌회전교통량	85%(m)	100%(m)
100미만(대/시)	34	52
101~150(대/시)	48	69
151~200(대/시)	62	87
201~250(대/시)	75	103
251~300(대/시)	87	115
301~350(대/시)	91	120
351~400(대/시)	114	129
500이상(대/시)	144	156

2) 좌회전 Bay의 최적설계 방안

좌회전 Bay의 최적설계는 기하구조, 교통량, 신호현시, 손실시간, 평균차두간격 등 많은 요소들을 반영하여 설계하여야 한다. 그러나 이러한 요소들이 반영되지 않고, 설계되기 때문에 교차로의 교통혼잡, 교통사고의 위험이 커지고 있다. 도로구조상의 문제점을 개선하려면 기존 도로 체계상의 불합리한 점을 고쳐야 하겠지만, 더 중요한 것은 이러한 현상이 새롭게 건설되는 도로에서는 발생되지 않도록 설계방안을 모색해야 한다.

이를 위한 좌회전 Bay의 최적설계방안으로는 평균차두간격 최소화, 비보호좌회전의 활용, 교차로 신호운영, 신호시간 최적화 등이 있다.

(1) 평균차두간격의 최소화

좌회전 차량의 평균차두간격이 클수록, 좌회전 Bay의 용량이 줄어들기 때문에 좌회전 Bay의 최적설계에 있어서 좌회전 차량의 평균차두간격은 매우 중요한 요소가 된다. 그러나 기존 좌회전 Bay의 설계는 좌회전 차량의 평균차두간격을 고려하지 않고 있는 실정이다. 대구광역시에 설치된 대상교차로의 좌회전 Bay는 좌회전과 U-Turn이 공용으로 운용되고 있어 좌회전 차량과, U-Turn 차량의 평균차두간격을 정확하게 파악하여 이를 고려한 좌회전 Bay를 설계할 필요가 있다.

평균차두간격은 교차로의 기하구조와 진입로의 교통여건에 따라 차이가 있다. 즉, 진입로의 차로수가 많을수록, 진입로의 교통여건(불법주차, 노점상)이 양호할수록 평균차두간격이 작아

지는 것으로 나타났다. 따라서, 진입로의 기하구조나 교통여건이 향상되면 좌회전차량의 평균차두간격을 줄일 수가 있고, 그에 따른 좌회전 통행도 원활하게 할 수 있다.

(2) 비보호좌회전의 활용

외국의 경우 좌회전처리는 비보호 좌회전을 기본으로 한다. 그러나 교통량이 많은 경우 비보호로 처리할 수 있는 좌회전 교통량은 주기당 3대 내외이기 때문에 주기가 60초일 경우는 180대를 처리할 수 있지만 90초로 증가되면 120대로 제한된다. 좌회전교통량이 이 보다 클 경우 부분 동시신호로 주방향의 좌회전을 처리한 후 비보호 좌회전 기회를 주어 좌회전 Bay의 용량을 늘려준다.

교통량이 한 방향만을 볼 때 대개는 하루 중 일정시간에 집중되기 때문에 그 집중되는 방향에 이러한 기법을 씌으로써 얻는 것이 보통이다. 비보호 좌회전의 활용은 좌회전 교통량이 시간당 200대를 넘으면 교통량을 처리하지 못할 때가 발생하여 교차로 내에서의 지체가 발생될 수 있다.

따라서 대상교차로의 경우, 좌회전 교통량이 시간당 200대가 넘지 않는 이천네거리, 연호네거리(월드컵로방향), 신천시장네거리, 시지파크드림삼거리, 한라타운네거리(동서타운방향), 대구산업정보대학네거리, 화남주유소네거리, 효신네거리(동부터미널방향)의 교차로가 비보호좌회전을 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 좌회전 가변차로 시스템

좌회전 가변차로 시스템은 좌회전 교통량이 밀집되는 시간대에 추가적으로 좌회전 용량을 늘려줌으로 능동적으로 좌회전 교통류를 처리하는 방안이다. 또한, 시간대에 따른 좌회전 교통량의 변화와 불균형을 처리하는데 적합하다.

서울시 청담사거리에 좌회전 가변차로시스템을 적용시켜 시뮬레이션을 실시한 결과 신호시간만을 최적화 했을 때보다 평균지체가 12초/대 정도 감소한 것으로 나타났다. 또한 대기행렬 및 지체가 분산되어, 특정 이동류에서 발생하는 극심한 지체를 막을 수 있다. 이러한 지체 및 대기행렬의 분산은 운전자로 하여금 교차로 접근로에서 무리한 차로변경을 방지할 수 있어

추돌사고 감소 등의 안전에도 긍정적인 효과가 기대된다.

(4) 신호시간 최적화

신호교차로에서 교통흐름에 영향이 없을 정도의 좌회전 녹색시간을 부여하여 1주기 동안 좌회전 통과차량을 증가시켜 좌회전 Bay내의 용량을 증가시키는 방안이다. 제한된 1주기 동안에는 좌회전 녹색시간을 증가시킬 경우 다른 방향의 교통용량이 변화하게 된다. 따라서, 교차로 전체의 교통용량을 정확히 분석하여, 좌회전 녹색시간을 증가시킨다면 좌회전 Bay의 용량 또한 증가시킬 수 있을 것이다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구의 목적은 신호교차로의 혼잡을 완화시키기 위해 설치 운용되고 있는 좌회전 Bay를 대상으로 좌회전교통량을 이용한 좌회전 Bay의 적정길이를 산정하고, 기존 좌회전 Bay의 길이를 분석하고, 좌회전교통량에 따른 좌회전 Bay의 최적설계방안을 모색하고자 하였다.

이에 본 연구에서는 대구광역시외의 좌회전 Bay가 설치된 교차로를 대상으로 좌회전교통량, 신호현시, 기하구조, 차두시간 등의 조사한 자료를 이용하여 포아송분포를 이용한 좌회전 Bay의 적정길이를 산정하고, peak시의 좌회전 교통량에 따른 좌회전 Bay의 최적길이 산정을 통해, 좌회전 Bay의 최적설계방안을 제시하였다.

본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 교차로내에서의 좌회전 차량의 평균차두시간은 진입차로수에 따라서 1.47~2.28초로 다양함을 알 수 있었다. 진입로 차로수가 2차로인 경우에는 2.28초로서 가장 길게 나타났다.

2. 좌회전 차량의 도착분포가 포아송분포를 한다는 가정하에 신호교차로 좌회전 Bay의 길이를 산정한 결과, 좌회전 교통량의 85%를 처리하는 경우 여유길이가 있는 교차로는 조사대상 신호교차로 29개소 중 16개소(55.2%)이며, 좌회전 Bay의 길이가 부족한 교차로는 총 13개소(44.8%)로 나타났으며, 특히 범어주유소네거리에는 74m, 청구삼거리에는 55m, 남문시장네

거리에는 43m의 길이가 부족한 것으로 나타났으며, 좌회전 Bay의 길이가 부적합하게 설계되어 있음을 알 수 있었다.

3. 좌회전 Bay의 최적길이 산정을 위해 Peak시의 좌회전교통량을 기준으로 교차로를 분류하여 좌회전 Bay의 최적길이를 산정한 결과, Peak시 좌회전 도착차량의 85%와 100%를 처리할 수 있는 좌회전 Bay의 최적길이는 100대/시 미만은 각각 34m, 52m로 나타났으며, 101~150대/시는 48m, 69m, 151~200대는 62m, 87m, 201~250대/시는 75m, 103m, 251~300대/시는 87m, 115m, 301~350대/시는 91m, 120m, 351~400대/시는 114m, 129m, 500대/시 이상은 144m, 156m로 나타났다.

4. 좌회전 Bay의 최적설계방안으로 좌회전 차량의 평균차두시간의 최소화, 비보호좌회전의 활용, 신호시간 최적화로 분류할 수 있다. 좌회전 차량의 평균차두시간이 1.47~2.28초로 진입로 차로수에 따라 다르게 나타났다. 특히 2차로의 경우 좌회전 진입로의 불법주차로 인한 좌회전 차량의 평균차두시간이 2.28초로 큰 것으로 나타났다. 대상교차로의 진입로차로에 대한 좌회전차량의 평균차두시간을 최소화하여 좌회전교통처리의 서비스율을 높인다면 대기행렬의 길이가 줄어들게 되고, 원활한 좌회전통행을 할 수 있다. 비보호좌회전 활용의 경우, 좌회전 교통량이 시간당 200대가 넘지 않는 대상교차로에 적용 가능하다. 또한 신호시간 최적화의 경우 교차로 전체의 교통용량을 정확히 분석하여, 좌회전 녹색시간을 증가시키면 좌회전 Bay의 용량을 늘어나게 된다.

본 연구에서는 조사항목으로 좌회전교통량, 신호현시, 기하구조, 차두시간만을 고려하여 좌회전 Bay의 적정길이에 영향을 미치는 모든 요인을 대표할 수 없다는 한계가 있다. 좌회전·U-turn 공용차로인 경우에는 U-Turn 차량의 교통량, 평균차두간격 등 다양한 변수들을 조사하여 좌회전 Bay 설치 시 고려되어야 하고, 향후 현장 조사시 좌회전 Bay의 길이를 결정하는 요인들을 충분히 검토한 후 보다 상세한 분석이 필요할 것이다. 한편, 좌회전 Bay가 신호교차로의 문제를 해결하기 위한 최종적인 대안으로 생각하기보다는 혼잡문제, 교통사고 문제를 해결하기 위한 장기적인 안목의 일부분으로 인

식하여 교차로의 문제를 해결하기 위한 계획적 측면의 연구도 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 신부용(1992), 우리나라 도로효율과 좌회전 처리방안, 대한토목학회지, 대한토목학회, 제40권 제5호, p.86,
2. 김정래(2002), 신호교차로의 좌회전 Bay 용량산정에 관한 연구, 계명대학교 대학원박사학위 논문
3. 이동훈(2004), 보호/비보호 좌회전(PPLT) 설치기준에 관한 연구, 명지대학교 대학원, 석사학위논문
4. 건설교통부(2003), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 대한토목학회, P274~280,
5. 건설교통부(2001), 도로용량편람, 대한교통학회 p.223,
6. 윤동만(2001), 좌회전 대기차로 적정길이 산정에 관한 연구, 강릉대학교 석사학위 논문,
7. 이용재, 김석근, 신호 교차로의 중차량 용량 보정계수에 관한 연구, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제 19권, 제2호, pp.89~98.
8. 추준연, 이용재,(2004) 좌회전차로 용량보정계수 산출에 관한 연구, 대한토목학회 정기 학술대회.
9. 김동재(2003), 독립교차로의 좌회전가변차로 시스템 개발에 관한 연구, 명지대학교 대학원, 석사학위논문
10. Harmelink(1976), M.D "Volume Warrants for Letr Storage Lane at Unsignalized Grade Intersection." Highway Research Record 211, 1967
11. Saka, A. A.(1998) Effect of Dynamic Sight-Distance Problem on Unprotected Left-turn Movement Capacity, Journal of Transportation Engineering, Volume. 124, No3, pp.223~228, 1998