

버스전용차로를 분리시설로 활용한 Express Lane 구축에 관한 연구: 경부고속도로 판교-한남 구간을 중심으로

김민경¹ · 김주현^{1*} · 신언교²

¹ 안양대학교 도시정보공학과, ² 한국해외기술공사 교통부

A Study on Construction of Express Lane Applied by Bus Only Lane as Separation Facility: Focused on Pangyo-Hannam Section of Gyeongbu Expressway

KIM, Min Kyoung¹ · KIM, Ju Hyun^{1*} · SHIN, Eon Kyo²

¹ Department of Urban Information Engineering, Anyang University, Gyeonggi 430-714, Korea

² Transportation Department, Korea Consultants International, Gyeonggi 431-060, Korea

Abstract

Because of short length between interchanges, traffic congestion has been caused by a lot of short trip traffic in the urban section of interregional expressway. Also, in case of expressway with Bus Only Lane, bus causes dangerous situation by conflicting between vehicles and buses in order to access from Bus Only Lane to IC. Therefore, this study aims to propose Express Lane applied by Bus Only Lane as a new lane operation in order to efficiently operate and to analyze the effectiveness on constructing Express Lane to the Pangyo-Hannam section in Gyeongbu Expressway. The study analyzes effectiveness by scenario using the micro traffic simulation tool, VISSIM 5.4. For this, the indicators which evaluate construction effect of Express Lane, are used by average delay time, average speed and total travel time. The results of the study showed the best effectiveness when Express Lane installed one, and it represented an ideal traffic condition when long distance trip traffic of the whole traffic is 25% in the study section. Therefore, the construction of Express Lane using Bus Only Lane achieves positive effectiveness on safety and expense aspect as well as uncongested flow.

고속도로의 도시부 구간에서는 IC간 구간의 길이가 짧아 단거리 통행 차량의 많은 이용으로 지·정체 현상의 원인이 되고 있다. 그리고 중앙버스전용차로가 시행되고 있는 고속도로는 버스가 버스전용차로에 진출입을 하면서 일반차로 차량 흐름에 방해를 주며 차량 간의 상충으로 위험한 상황을 초래하기도 한다. 이에 본 연구의 목적은 고속도로의 도시부 구간에서 효율적으로 운영하기 위한 새로운 차로운영 방안으로 버스전용차로를 활용한 Express Lane을 제안하고, 경부고속도로의 판교-한남구간을 대상으로 구축한 Express Lane에 대한 효과를 분석하는 것이다. 본 연구에서는 VISSIM 5.4를 활용하여 시나리오 설정에 따른 효과 분석을 실시하였다. 효과를 평가하기 위한 지표로 평균지체시간, 통행속도, 총 통행시간 등을 사용하였다. 분석 결과, 대상구간에서는 Express Lane의 수를 1개 설치할 경우에 가장 좋은 효과를 나타나고, 전체교통량 중 장거리 교통량이 25%를 차지할 때 가장 이상적인 교통상황이 구현되는 것으로 판단된다. 따라서 버스전용차로를 활용한 Express Lane 구축은 도로의 소통을 원활하게 할 뿐만 아니라 안전적, 비용적 측면에서도 긍정적인 효과를 나타내므로 의미있는 연구라고 판단된다.

Key Words

Bus Only Lane, Express Lane, Lane Change, Long Distance Trip, Traffic Separation
버스전용차로, Express 차로, 차로변경, 장거리 통행, 교통류 분리

* : Corresponding Author
jhkim@anyang.ac.kr, Phone: +82-31-467-0840, Fax: +82-31-469-6646

Received 21 February 2013, Accepted 19 June 2013

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

고속도로는 이동성이 높은 도로로써 본래 기능은 장거리 교통을 고속으로 주행하도록 유지하기 위함이지만 현재 도시부 고속도로는 장거리 통행 차량과 단거리 통행 차량이 혼재하여 심각한 지·정체 현상을 겪고 있다. IC간 구간의 길이가 짧아서 접근성이 유리한 도시부 고속도로는 단거리 통행을 목적으로 하는 차량이 많이 이용한다. 이는 고속도로의 용량을 감소시킬 뿐만 아니라 IC에 진출입을 하기 위한 차량과 본선을 통과하기 위한 차량 간의 상충으로 교통 혼잡의 원인이 되고 있다.

고속도로의 혼잡은 통행비용 및 연료비용의 증가, 환경오염 및 교통사고의 발생 등 복합적인 문제를 야기시킨다. 이에 고속도로의 통행 수요를 억제하기 위하여 버스전용차로제를 도입하기도 하였다. 고속도로에서 버스전용차로제의 운영은 승용차 통행을 억제시키고 버스의 서비스 수준을 높여 버스를 이용하는 이용자들에게는 긍정적인 영향을 미쳤지만, IC의 합·분류부에서 문제를 발생시켰다. 버스전용차로로 진출입하기 위한 버스의 급격한 차로변경은 버스과 일반차량 간의 상충을 발생시켜 높은 사고 위험률과 지·정체 현상의 주원인이 되었다.

이와 같이 도시부 고속도로의 운영은 여러 가지 원인에 의해 소통과 안전에 영향을 끼치고 있다. 이를 해결하기 위해서는 추가적인 도로의 신설 및 확장을 계획할 수 있지만, 토지의 부족뿐만 아니라 비용과 환경적인 측면에서 바라볼 때 도시부 고속도로를 효과적으로 이용할 수 있도록 새로운 운영방법을 강구할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 도시부 고속도로를 효율적으로 운영하기 위한 새로운 차로운영 방안으로 버스전용차로를 활용한 Express Lane을 제안하고자 한다. 또한 경부고속도로의 판교-한남 구간을 대상으로 버스전용차로를 분리시설로 활용한 Express Lane 구축 및 운영방안에 대하여 제시하고 그 도입효과를 분석하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 The Korea Transport Institute (2008)에서 수행한 “유료다인승차로제 타당성조사” 연구에서 사용한 경부고속도로 판교IC-한남대교 남단 구간에서의 OD자료를 데이터로 이용하였고, 연구방법은

다음과 같다.

본 연구는 판교IC-한남대교 남단 구간(서울방면)에서 버스전용차로를 활용한 Express Lane에 설치에 따른 효과를 분석하기 위해서 기존연구와 관련문헌을 고찰하고 대상구간의 기하구조, 차로운영, 교통류, 통행량의 특성을 파악한 후 버스전용차로를 활용한 Express Lane의 구축을 제안하도록 한다. 그리고 VISSIM 프로그램을 이용하여 Express Lane의 설치 전과 후의 평균지체시간, 평균속도, 총 통행시간의 변화를 비교분석하여 Express Lane 도입에 따른 효과를 분석한다. 또한 전체교통량 중 장거리 교통량이 차지하는 비율에 따른 변화를 비교분석하여 교통량 변화에 따른 영향을 분석한다.

II. 기존 이론 및 관련연구 고찰

1. Express Lane에 관한 이론

1) Express Lane의 개념

Expressway and Transportation Research Institute (2010)에서 발간한 ‘도시부와 지방부 교통특성을 감안한 고속도로 운영전략 개발’에 의하면 Express Lane은 Local-Express 차로에서 나온 개념으로 Local-Express 차로란 한 방향으로 2개의 차로로 도로가 설치된 차로로 안쪽 도로를 Express Lane이라 하고 바깥쪽 도로로는 Local Lane(일반차로)이라 한다. 바깥쪽에 위치한 Local Lane은 IC와 연결되어 있어 진출입을 목적으로 하는 차량들이 이동이 가능한 반면, Express Lane은 본선을 통과하기 위한 것으로 IC로 접근을 제한하는 형태를 가진다.

2) Express Lane의 장단점

Express Lane 운영의 장점은 장·단거리 교통의 분리로 인한 도로 이용의 효율이 높아지고 용량 증대 효과가 있다. 진출입 차량의 방해로 인해 생기는 장거리 통행 차량의 지체의 해소는 속도의 증가로 고속도로의 기능을 향상시키게 한다. Express Lane을 구축하기 위해서는 물리적 분리시설을 설치해야 한다는 단점이 있다. 물리적 분리시설을 설치하기 위해서는 여유 도로 폭이 필요하며 시설을 설치하기 위한 비용이 발생하게 된다. 그리고 도로 폭을 조절하여 Express Lane이 신설차로로 마련이 되지 않을 경우, 기존의 차로로 Express Lane을 마련해야하

기 때문에 일반차로의 감소로 인한 용량초과 현상이 발생하게 되는 우려가 있다. 또한 Express Lane을 운영함으로써 차로분리운영에 따른 정보제공의 어려움, 오류 진입에 따른 문제, 장·단거리 교통량 비율 변화에 따른 탄력적 차로배치 방안 등 교통운영상의 어려움도 존재한다.

3) Express Lane의 운영 사례

Express Lane이 운영되고 있는 해외사례를 살펴보면, 대부분 HOT(High Occupancy Toll)의 운영을 위한 차로 구분을 목적으로 Express Lane을 이용하고 있다. 대표적인 사례로 미국 샌디에고 I-15 Express Lane을 예로 들었다. 이는 약 13km 구간에 2개의 차로를 Express Lane으로 운영되고 이 차로를 이용하는 차량에 대해서는 요금을 부과하고 있다. 그리고 콘크리트 분리대 설치로 Express Lane과 일반차로와 구분되어 운영되고 있다.

국내에서는 Express Lane이 운영되고 있는 사례는 없고, 제2중부고속도로가 Express Lane의 개념으로



Figure 1. Operation of express lane in I-15

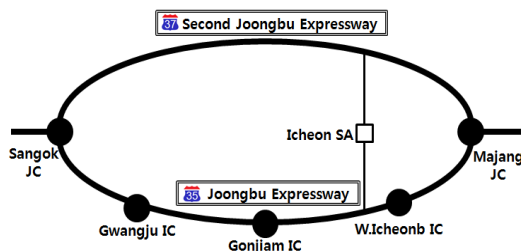


Figure 2. Operating lane of Joongbu expressway and second Joongbu expressway

운영되고 있다. 산곡분기점부터 마장분기점 사이까지 제2중부고속도로는 IC가 존재하지 않는 반면, 중부고속도로는 IC로 진출입이 가능함으로 중부고속도로는 Local Lane (일반차로)의 역할을 하고 제2중부고속도로는 Express Lane으로써의 역할을 하고 있다.

2. 교통류 분리로 인한 고속도로 교통특성 변화

도시부 고속도로에서 장거리 교통류와 단거리 교통류의 혼재는 교통 혼잡의 원인이 되고 있다. 이에 장거리와 단거리 교통류를 분리시키는 것은 고속도로의 교통특성에 변화를 일으킨다.

도시부 고속도로에서는 잦은 합류부와 분류부, 엇갈림구간이 많이 존재한다. 이 구간에서는 차로변경이 자주 일어나게 되고 이때 발생하는 지체현상의 충격과는 본선 뒤쪽 차량에도 영향을 끼쳐 또다시 차로변경이 나타나게 한다. 이에 장·단거리 교통류를 분리하는 것은 단거리 통행 차량으로 인해 방해받고 있는 장거리 통행 차량에게 우선권을 제공하여, 장·단거리 교통류의 혼재로 인해 발생되었던 차로변경 수를 감소시키며 도로의 용량을 증대시키는 장점을 가져온다. 또한 장거리 교통류와 단거리 교통류 간의 상충을 해소시킴으로써 고속도로의 사고 위험도를 감소시키는 결과를 가져온다.

3. 관련연구 고찰

Choi (2007)는 도시부 간선도로에서 고급간선차로(Express Lane)을 운영하기 위한 설계기준을 제시하고 제시한 고급간선차로의 도입을 남부순환도로를 대상으로 적용하여 효과분석을 시행하였다. 대도시 간선도로의 교통류가 장거리와 단거리 교통류가 혼합되어 지·정체 현상을 더욱 가중시킴으로 이를 완화하는 방안으로 고급간선차로를 도입을 제안하였다. 효과분석을 위한 평가지표로 평균통행속도로 설정하여 교통류 분석 프로그램인 VISSIM을 이용하여 사업 전후를 비교한 결과, 일반차로와 고급간선차로 모두 평균통행속도가 증가함을 보여 고급간선차로 도입의 타당성을 입증하였다.

Kim and Lee (2010)는 고속도로의 지·정체 현상을 완화시키기 위하여 Express 차로를 제안하였다. Express 차로는 고속도로 차로를 장거리 통행자를 위한 Express 차로와 단거리 통행자를 위한 일반차로로 구분하여 운영하는 차로운영방안으로 이 연구에서는 시선 유도봉이나

펜스형 분리대를 이용하여 Express 차로와 일반차로의 물리적 구분을 하였다. 이를 서울외곽순환고속도로의 계양-장수 구간을 대상으로 효과 평가를 위한 시나리오는 3개로 Up/Down Ramp 설치 유무에 따라 전체 4차로에서 Express Lane을 2차로 설치하였을 때의 영향을 VISSIM 프로그램을 활용하여 분석하였다. 그 결과, Express 차로를 실시할 경우 장거리 교통류와 Down 램프 부근의 속도는 개선되지만 하부도로의 속도가 저하되었고, 단거리 통행의 경우 운영 악화 현상이 나타났다. 이에 고속도로의 하부도로의 교통량을 예측하고, 하부도로를 개선함을 전제로 하고 Express 차로를 시행한다면 효과가 있는 것으로 분석되었다.

Chung (2009b)은 경부고속도로의 판교-한남 구간은 평일시간에도 버스전용차로제가 시행됨으로 일반차로의 운영 서비스가 악화되고 있다. 이를 위한 개선안으로 HOT 차로제의 운영을 제안하였고 HOT 차로의 도입을 위한 타당성을 분석하였다. 이를 분석하기 위해 HOT 차로 도입에 대한 도로 이용자의 찬반과 적정요금 수준을 평가를 위한 설문조사를 시행했으며, 이를 통해 일반차로와 HOT 차로 간의 속도 차이에 의한 적정 요금수준을 설정하였다. 그리고 TransModeler 프로그램을 통해 분석한 결과, 비첨두시간에 전체 통행량의 약 8%가 증가함으로 HOT 차로 도입의 긍정적인 효과를 나타내었다.

Kim (2007)은 교통수요관리의 정책으로 HOT 차로를 제안하였고 해외사례를 통해 국내활용방안을 모색하였다. 경부고속도로의 기흥IC-수원IC 구간과 서울외곽고속도로의 학의JC-판교JC 구간을 대상구간으로 선정하고 대상구간의 1차로에 HOT 차로를 설치하였다. IC에서 HOT 차로로 접근하기까지 최소차로변경구간과 두 교통류 간의 발생하는 엇갈림구간에 대한 처리방안을 제시하고 VISSIM 프로그램을 이용하여 효과분석을 실시하였다. 분석결과, 차선변경율의 따라 일반차로에서의 밀도는 감소하고 속도는 증가하며 시간당 통과교통량은 감소하는 것으로 분석되었다.

4. 본 연구의 차별성

장거리 통행 차량에게 우선권을 제공하는 Express Lane의 구축은 장거리와 단거리 교통류를 분리시켜 두 교통류의 상충으로 문제되었던 지·정체 현상을 완화시켜 주는 역할을 한다. 기존 Express Lane 관련 연구를 검토해보면 버스전용차로가 없는 구간을 대상으로 연구가

되어졌거나, Express Lane 구축시 물리적 분리시설을 반드시 설치하였다. 본 연구는 Express Lane을 구축함에 있어 버스전용차로와 함께 운영을 하며 버스전용차로를 Express Lane과 일반차로의 분리구간으로 이용한다. 따라서 본 연구에서는 Express Lane의 구축으로 장거리 통행 차량에게 고속성을 제공하고 버스가 버스전용차로의 진·출입으로 인한 무리한 차선 변경으로 위협했던 상황을 버스전용차로의 이동으로 인해 안전성 확보를 가능하도록 하여 물리적 분리시설을 설치하지 않고 버스전용차로를 활용하는 Express Lane의 구축과 운영방안을 제시하고 그 효과를 평가하고자 한다.

III. 버스전용차로를 활용한 Express Lane 구축방안

1. 대상구간의 현황 및 종합분석

1) 기하구조 현황

본 연구에서 대상으로 하는 경부고속도로 중 판교-한남 구간(서울방면)은 수도권에 위치하고 있어 약 16km 구간 동안에 총 6개의 IC가 위치하고 있다. 판교IC, 양재IC, 서초IC, 반포IC, 잠원IC, 한남IC 등 비교적 많은 IC가 존재하고 있는 구간이다. 이와 같이 잦은 IC로 인해 단거리 통행을 목적으로 하는 차량이 많이 이용하게 되는 기하구조를 지녔다. Table 1은 각 구간별 길이와 차로수 현황을 나타내고 있다.

Table 1. Distance and the number of lanes by section

Section	Distance	The Number of Lanes
Pangyo IC - Pangyo JCT	1.1km	5
Pangyo JCT - Yangjae IC	8.0km	5
Yangjae IC - Seocho IC	2.8km	5
Seocho IC - Banpo IC	2.3km	4
Banpo IC - Hannam IC	2.1km	4
SUM	16.3km	-

2) 차로운영 현황

경부고속도로는 한남대교 남단-오산IC 구간에서 7-21시 동안에 중앙버스전용차로제를 운영하고 있다.

Table 2는 Lee (2009)의 현황조사를 참고하여 양재-오산 구간에서 버스전용차로의 시행에 따른 평균속도의 변

Table 2. Average speed of before and after the operation of bus only lane(Yangjae-Osan) (Unit : km/h)

Division	Before	After	Difference
Bus Lane	73.4	95.6	+22.2
General Lane	73.4	58.9	-14.5

화를 나타낸 표이다. 이를 통해 버스전용차로의 운영은 버스전용차로의 평균속도는 73.4km/h→95.6km/h로 증가하지만 일반차로의 속도는 73.4km/h→58.9km/h로 감소되었다. 이는 일반차로의 차로 수 감소에 따른 용량감소와 버스가 버스전용차로로 진출입을 하기 위한 차로변경으로 일반차로를 이용하는 차량의 흐름에 지장을 주게 된다.

3) 교통류 현황

대상구간에서는 버스전용차로를 제외한 일반차로는 반복정체가 상습적으로 일어나는 구간이 많이 존재한다. Table 3은 2010년 10월에 해당하는 서울특별시 및 한국도로공사 교통정보시스템 자료를 분석하여 나타낸 경부고속도로 일반차로의 교통류 현황이다. 평일에는 양재IC-서초IC(2.8km) 구간이, 주말에는 양재IC-반포IC(5.1km) 구간이 상습적으로 정체현상이 일어나고 있으며, 이 구간의 평균속도는 30km/h 이하이다. 이는 정체시간은 평일에는 출퇴근 차량으로 인해 7시부터 정

Table 3. Traffic flow situation of general lane in Gyeongbu expressway(Pangyo-Hannam)

Division	Weekday Average	Weekend Average
Congested Section	Yangjae - Seocho	Yangjae - Banpo
Level of Service	F	F
Average Speed	30km/h↓	30km/h↓
Time Zone	7:00-21:00	9:00-21:00

Table 4. O/D value of Seoul way(1 hour observation)

(unit : vehicle/hour)

Outflow Inflow	Pangyo IC	Pangyo JCT -west	Pangyo JCT -east	Yangjae IC -west	Yangjae IC -east	Seocho IC -west	Seocho IC -east	Banpo IC -west	Banpo IC -east	Hannam IC	SUM
Seoul TG	735	887	1,053	228	654	773	403	462	261	3,143	8,599
Pangyo IC		221	47	7	14	53	14	12	24	787	1,179
Pangyo JCT											-
Yangjae IC-west						16	42	33	67	604	762
Yangjae IC-east						333	62	190	50	1,378	2,013
Seocho IC											-
Banpo IC											-
SUM	735	1,108	1,100	235	668	1,175	521	697	402	5,912	12,553

체가 발생하지만, 주말에는 출퇴근 차량보다 여행 차량이 많기 때문에 9시부터 정체가 발생되며, 정체 구간의 길이는 평일보다 2.3km 길게 나타난다.

4) 통행량 현황

경부고속도로 중 판교IC-한남대교 남단 구간에서의 서울방향으로 IC간 1시간 관측 O/D 자료는 The Korea Transport Institute (2008)에서 수행한 “유료 다인승차로제 타당성조사 연구” 자료에서 참고하였다. Table 4는 서울방향으로 IC간 O/D 값을 나타낸 표이다.

Table 4를 통해 서울방향의 통행량을 분석한 결과, 전체 교통량 12,553대 중 서울요금소로부터 진입한 차량은 8,599대로 본 연구의 대상구간에 68.5%의 비율을 차지하였다. 그리고 서울요금소로 진입한 차량 중에서 한남IC까지 통과하는 교통량은 3,143대(36.55%), 서울외곽순환고속도로를 이용하기 위해 판교JCT로 진출하는 교통량은 1,940대(22.57%) 순으로 나타났다. Table 4에서는 도시부 고속도로의 특징을 그대로 나타내고 있다. 양재IC를 통해서 진입하는 차량 2,775대 중에 양재IC-서초IC 구간만 이용하는 차량이 453대나 존재한다. 이는 양재IC와 서초IC 간의 구간 길이가 2.8km임에도 불구하고 경부고속도로를 이용하는 차량 때문에 정체가 나타나는 원인이 된다. 또한 서초IC로 1,696대의 차량이 진출되고 있어 지·정체 현상이 발생되는 것을 예측할 수 있다.

5) 현황에 대한 종합분석

경부고속도로 중 판교IC-한남대교 남단까지의 구간은 도시부에 위치한 고속도로 구간으로 총 6개의 IC가 위

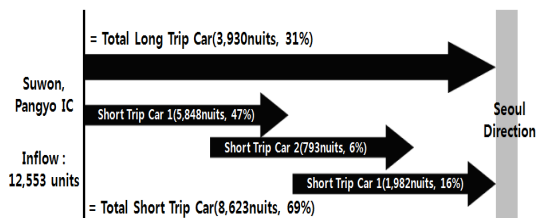


Figure 3. Status of long trip and short trip(Seoul way)

치하고 있다. 일반적으로 고속도로라 함은 장거리 통행을 목적으로 하는 차량이 고속으로 이동하는 도로이다. 그렇지만 본 연구의 대상구간은 짧은 구간에 많은 IC가 존재하고 있어 단거리 통행을 목적으로 이용하는 차량이 많다. 이로 인해 현재 경부고속도로 판교-한남대교 남단 구간은 장·단거리 통행 차량이 동시에 공존하게 되어 장거리 통행 차량은 단거리 통행 차량들로 방해 받고 있어 고속도로의 기능을 잃게 된지 오래이다. 또한 중앙버스전용차로제가 시행되고 있어 IC구간에서는 차량의 진출입으로 지·정체 현상이 더욱 악화되고 있다. 특히 버스는 버스전용차로로 진출입 하는데 많은 차로 변경이 필요하기 때문에 일반 차로를 이용하는 차량의 흐름에 지장을 주게 된다. 또한 버스의 급격한 차로 변경은 차량간의 상충을 일으키기 때문에 사고 위험성도 매우 크다.

Table 3에서 대상구간 중에서 양재IC-반포IC 구간은 상습정체 현상이 일어나고 있음을 알 수 있다. 이 구간은 고속도로의 기능이 저하되어 버스전용차로를 제외한 일반차로로 진행시 차량이 고속주행하지 못한다. 따라서 이 구간에 장거리 통행 차량에게 통행 우선권을 제공하는 Express Lane을 설치하는 것이 효과적일 것이다.

Table 4를 통해 차량통행 특성을 분석하여 장거리 통행은 서울요금소-한남IC 이동하는 차량과 판교IC-한남IC까지 이동하는 차량으로 정의하였고, 이를 제외한 나머지 통행을 단거리 통행으로 정의하였다. 구체적으로 단거리 통행은 서울요금소이나 판교IC에서 진입하였지만 한남IC까지 이동하지 않는 통행(단거리 통행1), 판교IC와 한남IC 사이에 있는 IC에서 진출입이 이루어진 통행(단거리 통행2), 판교IC 이후에 위치한 IC에서 진입해서 한남IC까지 이동한 통행(단거리 통행3)을 말한다. 이를 기준으로 장거리 통행량은 3,930대(3,143대 + 787대)로 대상구간에 유입한 총 통행량(12,553대) 중 약 31%를 차지하였으며 단거리 통행은 각각 47%, 6%, 16%를 차지하였다. 이는 Figure 3과 같다.

2. Express Lane 구축 및 운영방안

1) Express Lane 통행 차량의 정의

Express Lane 운영을 위해서는 Express Lane으로 통행이 가능한 차량을 정의해야 한다. Express Lane은 장거리 통행 차량을 위한 전용도로이므로, 앞에서 정의한 바와 같이 차량의 경로가 서울요금소-한남IC, 판교IC-한남IC으로 이동하는 장거리 통행 차량만 Express Lane을 통행할 수 있다. 그리고 Express Lane을 이용할 수 있는 차종은 장거리 통행 차량 중 승용차로 한정시키도록 한다. 이는 Express Lane은 가장 안쪽 차로에 설치됨으로 HGV(대형트럭)의 통행은 안전운행상 위험할 수가 있기 때문에 Express Lane 통행을 금지시킨다. 또한 버스는 버스전용차로가 여전히 운영됨으로 버스도 Express Lane으로의 통행을 금지시킨다. Table 5는 Express Lane을 이용할 수 있는 차량과 이용하지 못하는 차량을 정리한 표이다.

Table 5. Vehicle available and NOT available express lane

Vehicle available Express Lane	Vehicle NOT available Express Lane
- Car(Long Trip)	- Car(Short Trip) - Bus(Use Bus Only Lane) - HGV(For Safety)

2) Express Lane 차로 배치

현재 대상구간에서의 차로 배치는 Figure 4와 같이 도

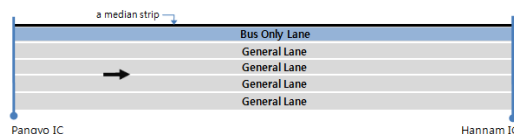


Figure 4. Current operation of lane

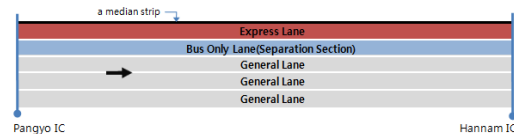


Figure 5. Layout of express lane utilized by bus only lane

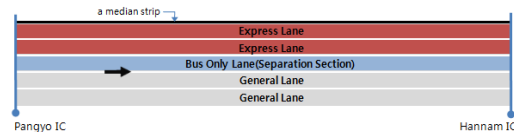


Figure 6. Layout of express lane utilized by bus only lane

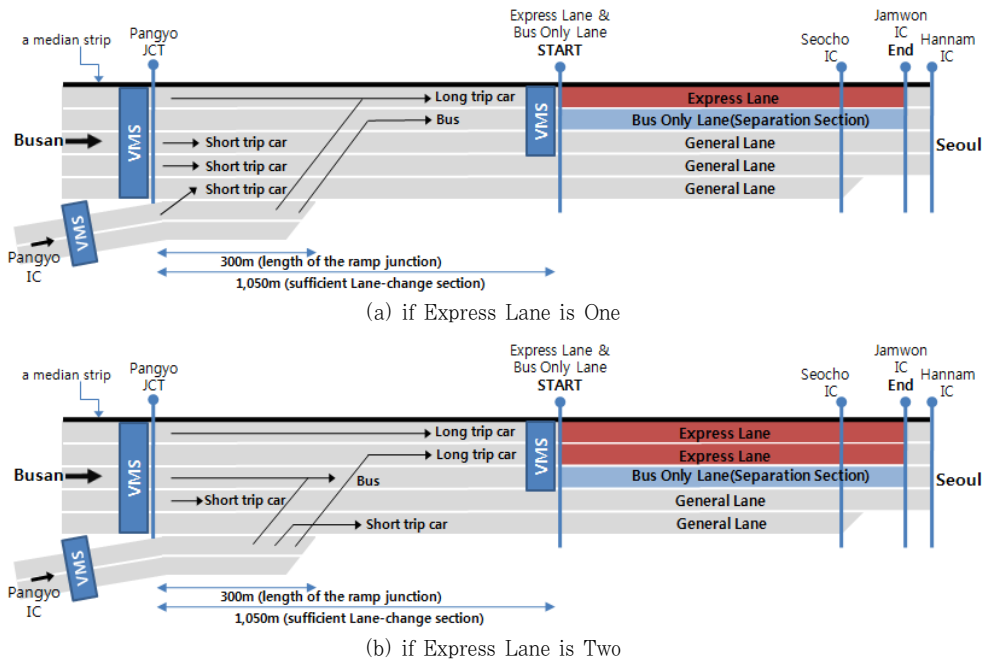


Figure 7. Layout of express lane and bus only lane

로 중앙(1차로)에는 버스전용차로가 설치되어 있다. 그러나 본 연구에서는 Express Lane을 버스전용차로 안쪽 차로(도로 중앙)에 설치한다. Figure 5는 Express Lane을 1개 설치할 경우에 차로 배치 방법이며 1차로는 Express Lane이 2차로는 버스전용차로가 나머지 차로는 일반차로로 운영이 된다. Figure 6은 Express Lane을 2개 설치할 경우의 차로 배치 방법이다.

기존 연구에서는 Express Lane 운영시 Express Lane과 일반차로의 구분을 물리적으로 분리시켰으나 본 연구에는 물리적인 분리시설을 사용하지 않고 버스전용차로를 분리구간으로 활용하여 Express Lane과 일반차로를 분리하였다. 이는 물리적 분리시설을 설치하지 않아 비용적인 면에서 절약할 수 있으며 또한 분리공간을 마련하기 위한 도로확장 공사, 도로다이얼트 정책 등을 실시하지 않아도 된다. 또한 버스전용차로가 1차로에서 2차로 또는 3차로로 이동하게 되면서 버스는 IC구간에서 버스전용차로로 진·출입하는데 훨씬 수월해지게 된다.

3) Express Lane 운영시간 설정

버스전용차로를 분리시설로 활용한 Express Lane은 버스전용차로와 함께 운영되어지기 때문에 Express Lane의 운영시간은 기존의 버스전용차로의 운영시간과

동일하게 하는 것이 타당하다고 판단된다. 그러므로 기존의 버스전용차로의 운영시간과 동일한 07:00-21:00을 Express Lane의 운영시간으로 설정한다.

4) Express Lane 시종점 구간 설정

본 연구에서 정의한 장거리 통행 차량이란 서울영업소-한남IC, 판교IC-한남IC를 이동하는 차량으로 Express Lane의 시종점은 적어도 판교IC-한남IC 구간 안에 있어야 한다. 현재 버스전용차로가 경부고속도로(서울방면)에서 잠원IC까지 운영되고 있고 여기서부터는 소통이 양호하므로 Express Lane의 종점은 현재 버스전용차로의 종점(잠원IC)과 동일하게 설정하였다.

고속도로에서 전용차로를 설치할 경우, 전용차로를 진입하기 위한 교통류와 일반차로로 운행하는 교통류 간의 엇갈림으로 교통 혼잡 현상이 일어나게 된다. 이를 최소화하기 위해서는 Express Lane이 시작되는 지점을 신중히 결정해야 한다. 본 연구에서는 장거리 통행 차량이 Express Lane이 시작되는 지점까지 안전하게 진입할 수 있도록 충분한 거리를 확보하고자 한다. 특히 판교IC로 진입한 차량은 바깥차로에서 중앙차로까지 차로변경을 하기 때문에 차로변경 구간의 설정은 매우 중요하다. 이에 충분한 차로변경 구간의 길이를 산정하기 위하

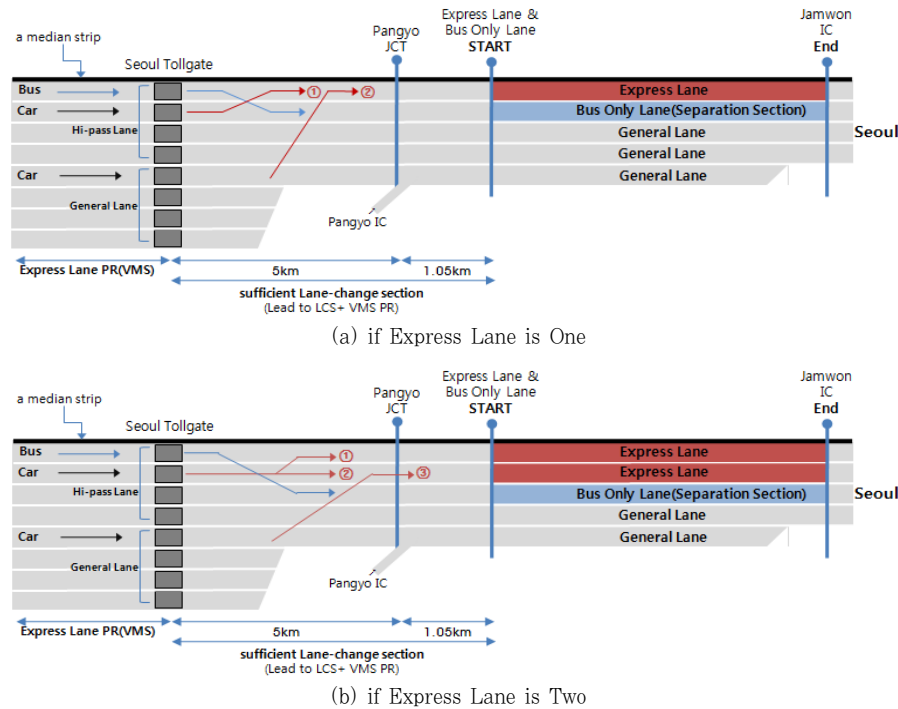


Figure 8. Plan lane induction in Seoul tollgate

여 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2012)」를 참고하였다. 그 내용은 인터체인지 엇갈림 구간의 처리방안으로 전용차로로 진입 또는 진출하기 위해 차로를 변경하는 경우 1개 차로를 변경하는데 소요되는 최소거리는 150m이다. 그리고 전용차로로 출입하기 전에는 최소한 400m 정도의 유도차로 표시가 필요하다. 이를 적용할 경우, 판교IC로 진입한 차량이 본선에 위치한 Express Lane으로 진입하기 위해서는 본 구간이 5개 차로이기 때문에 최소한 750m(5차로×150m)가 필요하다. 이를 통해 산출되어진 최소한의 차로 변경구간의 길이 750m와 현재 연결로 접속부의 길이 300m를 합하여 Express Lane과 버스전용차로의 시점까지 충분한 차로변경 구간의 길이를 1,050m로 산정하였다.

Figure 7의 (a), (b)는 Express Lane이 1개 설치할 경우와 2개 설치할 경우에 각각의 교통류의 이동방향과 Express Lane 및 버스전용차로의 시종점 구간의 배치를 계획한 그림이다.

5) Express Lane 진입 유도 계획

Express Lane을 이용할 수 있는 차량의 경로는 두

가지가 있다. 첫 번째는 판교IC로 진입하여 Express Lane을 이용하는 경로이다. 판교IC로 진입한 장거리 이동 차량이 Express Lane을 이용하도록 하기 위해서는 VMS, 안내표지, 안내노선 등 정보를 제공해야 한다. VMS와 안내표지는 판교JCT의 시작 전, 판교IC의 진입 전, Express Lane의 시작구간 전 등에 설치하여 Express Lane에 대한 충분한 정보를 제공하도록 해야 하며, 안내노선을 통해 안전한 Express Lane 진입을 유도한다. 판교IC-한남IC을 이동하는 장거리 차량의 Express Lane 진입 예상 경로는 Figure 7의 (a), (b)에 제시하였다.

두 번째는 서울요금소를 지나쳐서 Express Lane을 이용하는 경로이다. 서울요금소를 통과 한 후, VMS, 안내표지, 안내노선, LCS 등을 운영하여 차량이 안전하게 Express Lane과 버스전용차로의 진입할 수 있도록 유도한다. Express Lane을 이용하려는 차량(승용차)이 서울요금소를 지날 때, 하이패스 차로와 일반차로로 진입하는 경로로 구분된다. 따라서 Figure 8의 (a), (b)와 같이 Express Lane을 이용하기 위한 차량의 예상 경로가 다양해진다. 특히 이 구간에서는 1차로를 이용했던 버스전용차로를 2차로 또는 3차로로 이동해야 하기

때문에 많은 차량의 차로변경이 발생될 것이다. 현재 서울요금소에서 판교IC까지의 구간길이가 약 5km정도가 되는데 이는 전용차로를 이용하기 위한 차량들이 차로변경을 하는데 충분한 거리가 될 수 있다고 판단된다. 그래서 서울요금소를 지나 판교IC가 있기까지 약 5km 구간을 차로변경 구간으로 운영할 계획이다.

Figure 8의 (a), (b)는 Express Lane의 설치 개수가 1개와 2개일 경우에 버스전용차로를 이용하기 위한 버스와 Express Lane을 이용하기 위한 승용차가 각각 전용도로로 진입하기 위해서 발생하는 예상 차로변경을 나타낸 그림이다.

IV. 버스전용차로를 활용한 Express Lane 효과 분석

1. 분석 개요

본 연구에서 제안한 버스전용차로를 활용한 Express Lane을 분석하기 위해서는 현실에 가깝게 표현하여 정밀하게 분석할 수 있는 미시적 시뮬레이션이 필요하다. 이에 실제 고속도로 기하구조의 표현이 가능하며 버스전용차로와 Express Lane과 같은 전용차로를 구현할 수 있으며, 다양한 교통수단에 대한 교통류 표현이 가능한 VISSIM (ver. 5.40)을 시뮬레이션 툴로 선정하였다. 분석을 위한 평가지표로 평균지체시간, 평균속도, 총 통행시간을 설정하였다.

2. 시뮬레이션 자료 구축

시뮬레이션 구축을 위한 입력 데이터 초기 설정값은 다음과 같다. 본 연구의 대상구간으로 설정한 경부고속도로 중 판교-한남(서울방향) 구간의 위성사진을 캡처한 이미지를 결합하여 약 17km의 네트워크를 구축하였다. 차로폭은 모두 3.5m로 동일하게 적용하였고, 차로수는 판교-서초구간은 5차로, 서초-한남구간은 4차로로 적용하였다. 차량 유형은 승용차(장거리 통행, 단거리 통행), 버스, HGV로 총 4가지로 구성하였고, 승용차의 유형은 장거리 통행과 단거리 통행으로 2가지이다. 본 연구에서의 장거리 통행은 서울요금소-한남, 판교IC-한남을 이동 경로로 이용하는 승용차를 말하며, 나머지 경로를 이용

하는 승용차는 단거리 통행에 속한다. 차량 구성비는 승용차(75%), 버스(9%), HGV(16%)¹⁾로 설정하였으며, 속도는 승용차는 88-130km/h, 버스와 HGV는 85-120km/h로 설정하였다. Figure 9는 차종에 따른 주행 속도별 누적분포도이다. 교통량은 Table 4에 의해 총 교통량 12,553대 중에서 장거리 승용차는 2,948대(23.5%)로 고정하였고, 이는 장거리 통행량 3,930대 중 버스와 HGV의 비율을 제외한 장거리 승용차의 통행량이다. 나머지 차량은 차량 유형별 구성비에 따라 버스는 1,130대, HGV는 2,008대, 단거리 교통(승용차)은 6,467대로 설정하였다. 차종별 IC 진출입 통행량은 Table 4를 참고하여 방향별 비율에 의거하여 설정하였다.

본 연구는 Express Lane의 도입 전후를 비교 평가를 하는 연구로 Random Seed 값은 기본적으로 제시된 값을 모든 시나리오마다 동일하게 적용하여 상대적 비교 평가를 하는 것을 주안점으로 두었다. 그리고 시뮬레이션 시간은 총 4600초 중 네트워크에 차량이 정상적으로 채워지기까지 걸리는 시간으로 1000초로 두었다. 이에 실제 지표에 영향을 주는 시간은 1001초부터 4600초로써 시뮬레이션 분석 시간은 3600초(1시간)이다.

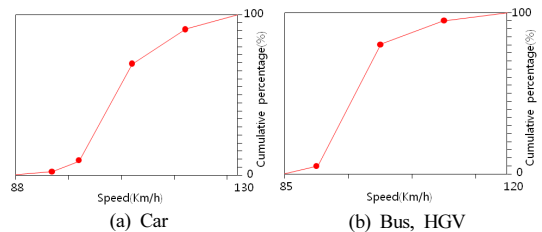


Figure 9. The percentage ogive by running speed

Table 6. Scenario of according to lane the number of express lanes(Scenario I)

The Number of Express Lanes	Plan Operating Lane
None (present state)	<ul style="list-style-type: none"> • Lane 1 : Bus Only Lane • Lane 2-5 : General Lane
One Lane	<ul style="list-style-type: none"> • Lane 1 : Express Lane • Lane 2 : Bus Only Lane • Lane 3-5 : General Lane
Two Lanes	<ul style="list-style-type: none"> • Lane 1, 2 : Express Lane • Lane 3 : Bus Only Lane • Lane 4, 5 : General Lane

1) 2011년 경부선(판교-양재 구간) 일교통량 조사 자료

Table 7. Scenario of according to ratio of long trip traffic(Scenario II)
(Unit : Vehicle/hour)

Scenario	Long Trip(Car)		Short Trip(Car)		Etc.
	Rate	Volume	Rate	Volume	
II-1	15%	1,883	60%	7,532	Total Volume : 12,553 Bus: 1,130 HGV: 2,008
II-2	20%	2,511	55%	6,904	
II-3	25%	3,138	50%	6,277	
II-4	30%	3,766	45%	5,649	
II-5	35%	4,394	40%	5,021	

3. 시나리오 설정

1) Express Lane 차로 수에 따른 시나리오(시나리오 I)

Express Lane 차로 수에 따른 시나리오(시나리오 I)는 Express Lane 차로 수에 따른 효과분석과 대상 구간에서의 최적의 Express Lane의 차로 수를 선정하기 위하여 설정한 시나리오이다. Express Lane의 차로 수는 0개, 1개, 2개로 설정하였으며, Express Lane의 차로 수가 0개인 경우는 현실을 적용한 것으로 Express Lane의 설치 전·후를 비교분석하였다. 시나리오 I의 설정은 초기 입력데이터와 동일하되 차로운영 계획은 Table 6과 같다.

2) 장거리 교통량 변화에 따른 시나리오(시나리오 II)

장거리 교통량 변화에 따른 시나리오(시나리오 II)는 Express Lane의 차로 수에 따른 시나리오(시나리오 I)를 통해 얻어진 최적의 Express Lane이 대상구간에서의 장거리 교통량의 변화에 따른 영향을 분석하기 위하여 설정한 시나리오이다. 전체교통량 중 장거리 교통량이 차지하는 비율을 변수로 설정하여 장거리 교통량이 각각 15%, 20%, 25%, 30%, 35%를 차지하는 5가지 시나리오를 설정하였다. 시나리오 별로 장거리 통행 차

량과 단거리 통행 차량의 교통량이 비율에 따라 변화하며, IC 진출입 교통량도 마찬가지로 변화한다. 전체교통량, 버스, HGV의 교통량은 시나리오 I과 동일하다. Table 7은 시나리오II의 설정을 정리한 표이다.

4. 시뮬레이션 결과 분석

1) Express Lane 차로 수에 따른 분석(시나리오 I)

본 연구에서는 Express Lane 차로 수에 따른 운영 효과를 분석하기 위하여 평가지표로 평균지체시간, 평균 속도, 총 통행시간을 설정하여 나온 결과 값은 Table 8과 같다. 전체 차량, 단거리 통행 차량, 버스는 Express Lane이 1개 차로일 경우에 가장 적은 지체시간을 나타내지만 장거리 통행 차량은 Express Lane이 2개 차로일 경우에 가장 적은 지체시간을 나타내지만, 평균지체시간의 차이는 크지 않다. 평균속도와 총 통행시간에 따른 분석결과도 평균지체시간과 같은 결과를 나타낸다. 장거리 통행 차량은 Express Lane이 2개 차로일 경우

Table 8. Result of scenario I

Division	Vehicle Type	The Number of Express Lanes		
		None (present)	One Lane	Two Lanes
Average Delay Time (sec)	All Vehicle	408.9	104.8	523.5
	Car(Long Trip)	595.7	122.3	102.3
	Car(Short Trip)	365.8	99.1	722.0
	Bus	160.8	85.9	278.8
Average Speed (km/h)	All Vehicle	41.1	74.9	33.6
	Car(Long Trip)	43.6	84.6	87.1
	Car(Short Trip)	37.3	69.5	19.5
	Bus	63.7	76.4	49.5
Total Travel Time (hour)	All Vehicle	2239.8	1368.3	2350.6
	Car(Long Trip)	846.2	482.3	432.5
	Car(Short Trip)	946.5	570.9	1325.7
	Bus	131.8	119.5	148.3

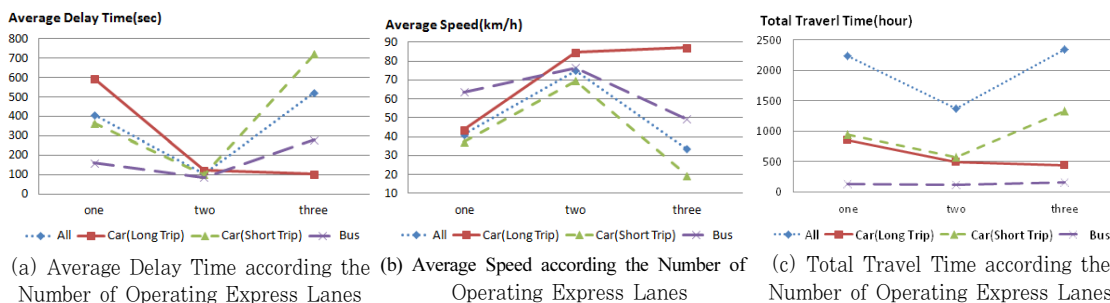


Figure 10. Change according to the number of operating express lane(Scenario I)

에 평가지표 값이 가장 긍정적으로 나타내고, 장거리 통행 차량을 제외한 나머지 차량에서는 오히려 부정적인 결과를 나타낸다. 이는 Express Lane이 2개 차로일 경우에는 일반차로의 차로 수가 줄어들기 때문이다.

Express Lane을 설치한 후, 평균지체시간의 변화는 전체 차량, 장거리 통행 차량, 단거리 통행 차량, 버스 등 모든 차량 타입에서 감소를 보이며, 그 중 가장 크게 감소한 차량의 타입은 장거리 통행 차량으로 595.7초→122.3초로 473.4초가 감소되고, 가장 적게 감소한 차량 타입은 버스로 160.8초→85.9초로 74.9초가 감소했다. 평균속도와 총 통행시간의 변화도 모든 차량 타입에서 Express Lane을 설치한 후일 경우에 긍정적인 효과를 나타냈다. 평균속도에서도 가장 크게 증가한 차량의 타입은 장거리 통행 차량으로 43.6km/h→84.6km/h로 평균속도가 2배나 증가했으며, 버스는 63.7km/h→76.4km/h(+12.7km/h)로 가장 적게 증가했다. 그리고 Express Lane의 시행 전의 장거리와 단거리 차량의 속도의 차이가 나는 원인은 단거리 특성상 진출입 구간에 위빙이 일어나지만, 장거리 교통은 그 영향을 받지 않기 때문에 속도의 차이가 생기게 된 것으로 판단된다. 총 통행시간에서도 마찬가지로 장거리 통행 차량이 846.2시→482.3시로 43%의 비율로 가장 크게 감소하고, 버스가 131.8시→119.5시로 9%의 비율로 가장 적게 감소했다.

시나리오 I의 분석 결과, Express Lane의 차로 수에 따라 장거리 통행 차량은 영향을 받는 변화폭은 크지만, 버스는 영향이 거의 미미함을 보인다. 또한 Express Lane이 없는 현재 상태보다 Express Lane이 1개 차로일 경우에 긍정적인 효과를 나타냄을 알 수 있다. Figure 10의 (a)-(c)는 시나리오 I의 결과를 나타낸 그래프이다.

Table 9. Evaluation for proper express lane selection criteria(compared with present)

Vehicle Type	One Lane			Two Lanes		
	AD	AS	TT	AD	AS	TT
All	○	○	○	×	×	×
Car(Long Trip)	○	○	○	○	○	○
Car(Short Trip)	○	○	○	×	×	×
Bus	○	○	○	×	×	×
Evaluation	Optimal			NOT Optimal		

○ : improved than present condition

× : NOT improved than present condition

*AD : average delay time, AS : average speed, TT : total travel time

2) 최적의 Express Lane 차로 수 선정

Express Lane의 차로 수에 따른 시나리오(시나리오 I)의 결과 값을 통해 적절한 Express Lane의 도입을 타당하게 하기 위해서 최적의 Express Lane의 차로 수를 선정 기준을 설정해야 한다. 이에 본 연구에서는 4가지 차량 타입에 대해서 각각 선정 기준을 설정하도록 한다. 첫 번째, 장거리 통행 차량은 평가지표에 대한 결과 값이 개선되어야 한다. 두 번째, 단거리 통행 차량은 결과 값이 개선되거나 또는 약간 악화가 되어도 괜찮다. 셋째, 버스는 결과 값이 개선되어야 한다. 넷째, 전체 차량에 대해서는 결과 값이 개선되어야 한다. Table 8을 통해서 현황과 Express Lane이 1개 차로, 2개 차로를 각각 비교하여 선정 기준에 따라서 평가한 표가 Table 9이다.

적정 Express Lane을 도입하기 위한 분석 평가표는 차량 타입에 따른 평가지표의 결과 값이 개선이 된 경우에는 ○을, 악화가 된 경우에는 ×로 표시한다. 이에 현황 상태와 Express Lane이 1개 또는 2개 차로일 경우를 평가지표에 대해서 각각 비교한 결과, Express Lane이 1개 차로일 경우에는 4가지 차량 타입에 대해서 AD(평균지체시간), AS(평균속도), TT(총 통행시간)이 모두 개선이 되었다. 반면, Express Lane이 2개 차로일 경우에는 장거리 통행 차량은 AD(평균지체시간), AS(평균속도), TT(총 통행시간)가 Express Lane이 1개일 경우에 비해 크게 개선되었지만, 나머지 차량 타입들은 모두 악화되었다. Express Lane을 2개 차로로 운영할 경우는 장거리 통행 차량은 더욱 좋아지지만 전체적으로 효율성이 떨어지기 때문에 적합하지가 않다. 따라서 적정 Express Lane 차로 수 선정 평가를 통해서 본 연구의 대상구간에서는 Express Lane이 1개 차로를 운영하는 최적의 Express Lane을 운영할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 10은 Express Lane을 설치하기 전과 1개 차로에 설치한 경우의 차로변경 수를 비교하였다. 전체 네트워크에서 발생하는 차로변경 수는 각각 66,868번, 51,210번으로 Express Lane의 구축은 차로변경 수를 감소시키며 이는 사고 위험도를 감소시켜 교통안전 향상에 영향을 끼친다.

Table 10. Comparison of the number of lane change

Express Lane	None(present state)	One Lane
The Number of Lane Change	66,868	51,210

Table 11. Result of scenario II(express lane is one)

Division	Vehicle Type	Ratio of Long Trip Traffic				
		II-1 (15%)	II-2 (20%)	II-3 (25%)	II-4 (30%)	II-5 (35%)
Average Delay Time (sec)	All Vehicle	146.4	98.7	99.5	162.5	165.5
	Car(Long Trip)	104.5	115.3	126.9	328.5	346.3
	Car(Short Trip)	160.0	93.3	89.8	82.9	85.1
	Bus	103.6	86.6	80.2	109.1	95.6
Average Speed (km/h)	All Vehicle	65.4	74.9	75.9	66.0	65.7
	Car(Long Trip)	87.2	85.5	83.6	60.1	59.6
	Car(Short Trip)	58.5	70.6	71.6	72.9	72.5
	Bus	73.0	76.0	77.4	72.2	74.1
Total Travel Time (hour)	All Vehicle	1332.9	1214.3	1325.0	1556.9	1553.8
	Car(Long Trip)	280.6	358.6	490.2	773.6	783.1
	Car(Short Trip)	730.4	564.4	536.2	475.3	422.6
	Bus	117.6	110.1	115.2	123.8	145.9

3) 장거리 교통량 변화에 따른 영향 분석(시나리오 II)

Table 11은 시나리오 I을 통해 얻어진 최적의 Express Lane(1개 차로)을 운영할 경우, 장거리 교통량의 변화에 따른 결과 값이다.

전체교통량 중 장거리 교통량이 차지하는 비율이 증가할수록 전체 차량, 단거리 통행 차량, 버스의 평균지체시간은 감소하다가 장거리 교통량이 25%를 차지했을 때를 기점으로 다시 증가한다. 그러나 장거리 통행 차량의 평균지체시간은 이와 반대로 변화한다. 장거리 교통량의 비율이 증가함에 따라 대상구간에서 차지하는 장거리 통행 차량이 많아지고 반대로 단거리 통행 차량이 적게 된다. 그러므로 장거리 통행 차량의 평균지체시간도 점점 증가하는 추세를 보이며, 특히 장거리 교통량이 25%를 차지하면서 급격히 증가한다.

평균속도의 변화는 평균지체시간과 반비례적 관계를 가진다. 전체교통량 중 장거리 교통량이 차지하는 비율

이 증가할수록 전체 차량, 단거리 통행 차량, 버스는 증가하다가 장거리 교통량이 25%를 차지했을 때를 기점으로 전체 차량과, 버스는 감소하기 시작하고, 단거리 통행 차량은 30%까지 증가하다가 감소하기 시작한다. 그러나 장거리 통행 차량은 전체교통량 중 장거리 교통량의 비율이 증가함에 따라 점점 감소하는 추세를 보이며, 특히 장거리 교통량의 비율이 25%를 지나서는 급격히 감소한다.

총 통행시간의 변화는 장거리 교통량이 증가할수록 전체 차량과 버스는 감소하다가 20%를 기점으로 증가 추세를 나타낸다. 교통량이 5%씩 증가하는 장거리 통행 차량과 5%씩 감소하는 단거리 통행 차량에 대한 총 통행시간은 차량 수의 증가에 따라 증가함을 나타낸다.

총 3가지 평가지표를 통해 경부고속도로 판교-한남대교 구간에서 전체 교통량 중 장거리 교통량의 비율이 25%를 차지할 때까지는 교통 상황이 정상적으로 구현될 것이라고 판단된다. 또한 전체교통량 중 장거리 교통량이 25%를 차지할 경우에 가장 이상적인 교통상황이 구현될 것이라고 판단된다. Figure 12의 (a)-(c)는 시나리오 II의 결과를 그래프로 표현한 것이다. Table 11

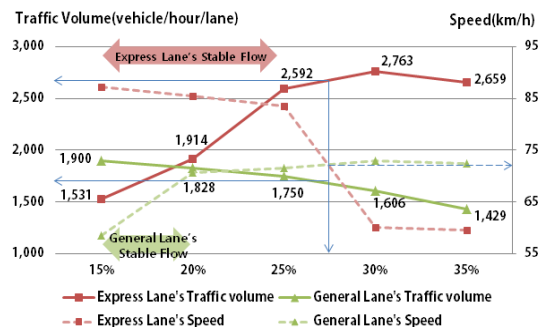


Figure 11. Speed difference and traffic volume according to the ratio of long trip traffic

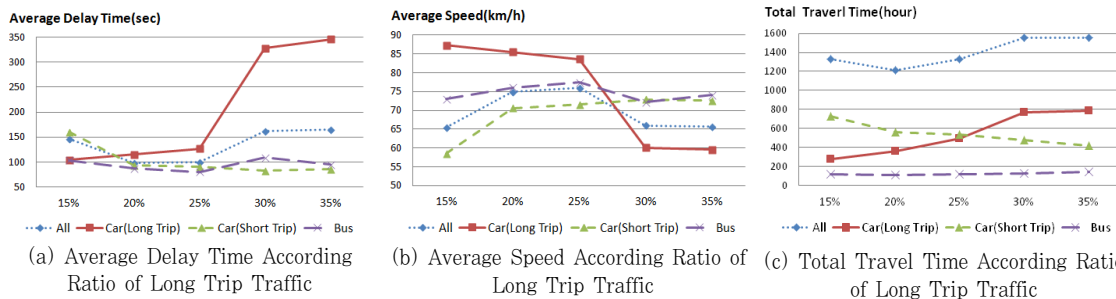


Figure 12. Change according to the ratio of long trip traffic(Scenario II)

과 Figure 12를 보면 각각의 평가지표마다 장거리 교통량이 25%를 차지할 때를 기점으로 결과 값이 급격하게 변화하며, 장거리 교통량이 차지하는 비율이 30%일 때와 35%일 때의 결과 값의 차이가 크지 않다. 이는 장거리 교통량이 차지하는 비율이 25%를 넘으면 Express Lane에서 용량 초과 현상이 나타나는 것으로 파악된다.

Figure 11은 장거리 교통량의 비율에 따른 Express Lane과 일반차로의 속도의 차이와 교통량의 변화를 나타낸 그래프이다. 장거리 교통량의 비율이 25-30%일 때 Express Lane과 일반차로가 약 72km/h로 같은 속도인 점이 생긴다. 이때 각각의 처리 교통량은 Express Lane은 약 2,600(대/시/차로), 일반차로는 약 1,700(대/시/차로)을 가진다. Express Lane과 일반차로의 평균속도가 동일할 때, 처리 교통량의 차이가 생기는 원인은 상충이 일어나지 않는 Express Lane의 용량이 잦은 상충이 일어나는 일반차로의 용량보다 크기 때문이다. Figure 11을 통해서 두 차로간의 용량 차이가 900(대/시/차로)로 나타났다. Express Lane은 승용차만 이용하지만, 일반차로는 중차량 혼입율이 높고, 차로변경으로 상충이 발생하고 있기 때문에 차로간의 용량 차이가 크게 나온 것으로 판단된다.

Figure 11에서 Express Lane의 통행속도는 25%를 기준으로 급격히 떨어지고 있으며, 일반차로는 20%를 기준으로 급격히 증가하고 있다. 이는 Express Lane이 장거리 교통량이 25%일 때까지 안정 교통류라고 판단된다. 또한 장거리 교통량이 증가함에도 불구하고 30%일 때보다 35%일 때가 처리 교통량이 감소함을 보이는 이유는 너무 혼잡한 상태로 지나가는 차량이 적어지게 된 상황으로 판단된다. 또한 일반차로는 점점 단거리 교통량이 감소함에도 불구하고 통행속도의 증가가 크지 않다는 점은 장거리 교통량이 20%일 때까지 안정 교통류라고 판단된다.

V. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

그동안 고속도로의 효율적인 운영을 위하여 다양한 연구가 진행되어 왔다. 본 연구는 도시부 고속도로의 효율적인 운영을 위하여 경부고속도로 중 판교-한남 구간을 대상으로 버스전용차로를 활용한 Express Lane 운영방안을 제시하고 구축효과에 대해서 VISSIM 프로그

램을 이용하여 분석하였다.

시나리오 I에서의 Express Lane 설치 수에 따른 결과는 Express Lane을 1개 차로 설치할 경우에 가장 좋은 효과를 가져왔다. 시나리오 II에서는 장거리 교통량의 변화에 따른 영향 분석을 통해서 전체 교통량 중 장거리 교통량이 25%를 차지할 경우에 현재 대상구간에서 Express Lane의 설치함에 있어 가장 좋은 효과를 나타낸다. 그리고 장거리 교통량이 25% 이상을 차지할 경우, Express Lane의 용량 초과 현상이 나타나는 것으로 추측된다.

본 연구에서 Express Lane의 설치로 인해 장거리 교통류와 단거리 교통류를 분리됨으로써 두 교통류의 상충으로 인해 발생된 지·정체 현상을 완화시키는 효과를 가져왔다. 그리고 두 교통류의 분리는 고속도로에서의 차로변경 수를 감소시킴으로 용량을 증대시킨다. 그리고 버스전용차로의 이동으로 Express Lane과 일반차로와의 분리구간으로 사용할 수 있게 되어 별도로 물리적 분리시설을 설치하지 않아도 되는 장점이 있다. 또한 버스는 버스전용차로로 진출입하는 것이 예전보다 수월해진다. 이는 버스의 급격한 차로변경으로 발생하는 사고의 위험을 버스전용차로가 1차로에 위치했을 때보다 감소시킬 수 있다.

본 연구에서는 도시부 고속도로를 효율적으로 운영하기 위한 새로운 차로운영 방법으로 버스전용차로를 활용한 Express Lane을 제시하였다. 이를 경부고속도로 판교-한남 구간을 대상으로 구축할 경우, 도로의 소통을 원활하게 할 뿐만 아니라 안전적 측면, 비용적 측면에서도 긍정적인 효과를 나타내기 때문에 효율적인 도시부 고속도로를 운영함에 있어 의미있는 연구라고 할 수 있다.

2. 연구의 한계 및 향후 연구

본 연구가 현실적인 상황을 반영하고 체계적인 연구가 되기 위해서는 다음과 같은 향후 연구가 필요하다고 사료된다.

첫째, O/D 교통량 자료를 구축하는데 있어 대규모의 시간과 비용이 들기 때문에 최신 데이터의 수집의 어려움이 있었다. 이에 시뮬레이션의 결과 값이 현재를 반영하지 못하는 한계점을 지니고 있다. 또한 대상구간의 범위가 광범위하여 실제 통행시간이나, 속도에 대한 데이터 수집이 어려웠다. 이에 Express Lane의 시행 전후 결과를 비교하기 위한 정산과정을 실시하지 못하였다.

그러므로 향후 연구에서는 시뮬레이션의 결과 값과 현황 데이터를 비교하는 정산과정을 반영시킬 필요가 있다.

둘째, 대상구간 중 판교IC 진입로가 2009년 12월 이후로 개량이 되었다. 본 연구에서는 VISSIM의 네트워크 구축함에 있어 기하구조는 개량 후인 현재 상태를 적용하였고, 교통량은 기하구조의 개량 전인 2008년 데이터를 사용하였다. 이에 네트워크 설정이 일관되지 않으므로 향후에는 최근 교통량 자료를 사용한 연구가 필요하다.

셋째, 분리시설이 없는 Express Lane으로 무단 침입하는 위반차량이 발생하므로 이를 최소화하기 위한 단속 방안과 안전성을 제고할 수 있는 방안에 대해서 향후 연구가 필요하다. 또한 Express Lane을 1개 차로 운영할 경우에 차로 내 돌발상황 발생시 처리방안, 제설차량 진입시 차로 운영방안 등에 대해서 향후 연구가 필요하다.

넷째, 향후 연구과제에서는 Express Lane을 이용하는 차량의 증가함에 따라 VMS를 활용하여 Express Lane을 이용하는 차량의 수요를 조절할 수 있는 구체적인 방안이 필요하다. 또는 HOT의 개념을 참고하여 요금 부과 정도에 따른 Express Lane의 수요 조절을 하는 새로운 차로 운영방안에 대한 연구가 필요하다.

REFERENCES

- Choi J. S. (2007), A Study on The Application of The Express Lane in The Urban Arterials, Doctor's thesis, The University of Seoul.
- Choi K. J., Kim J. H., Oh S. H. (2009), Effectiveness Analysis of HOT Lane and Application Scheme for Korean Environment, Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol.29, Korean Society of Civil Engineers, pp.25-32.
- Chung Y. S. (2009a), Effectiveness and Equity Introduced Status of HOT(High Occupancy Toll) Lane, Monthly Traffic, Serial Number 131, The Korea Transport Institute, pp.62-69.
- Chung Y. S. (2009b), Analysis on HOT Lane Operation -Experience in the Pankyo-Hannam Section Kyungbu Expressway-, Traffic Research, Vol.16, No.2, The Korea Transport Institute, pp.67-78.
- Expressway and Transportation Research Institute (2010), Development of highway Operation Strategy based on Urban and Rural Traffic Characteristics, Research Report, pp.30-61, pp.131-139.
- Fitwpatrick K., Nowlin R. L. (1995), One-Sides Weaving Analysis on One-Way Frontage Roads, Report No.FHWA/TX-96/1393-1, Texas Transportation Institute, Texas A&M University.
- Jung J. H., Moon J. P. (2001), The Traffic Flow Characteristics of the Frontage Weaving Segments, Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol.21, No.1, Korean Society of Civil Engineers, pp.33-42.
- Kim H. B. (2010), A Study on Application of Median Bus Lane System, Master's Degree thesis, Dankook University.
- Kim H. S. (2009), A Study on Time and Space Variation of Traffic Flow Characteristics on a Merge Influence Section in Uninterrupted Facility, Doctor's thesis, Hanyang University.
- Kim J. H. (2007), Effectiveness Analysis of HOT Lane Operation and Application Scheme for Korean Environment, Master's thesis, Ajou University.
- Kim K. O., Lee J. H. (2010), A Study on th Operation Effect of Freeway Express Lane -Focus on Gyeyang Jangsu Segments in a Beltway Around Seoul-, Traffic Research, Vol.17, No.2, The Korea Transport Institute, pp.21-32.
- Kim Y. C., Kim S. K. (2009), Analysis of Lane-Changing Distribution Within Merging and Weaving Sections of Freeways, J. Korean Soc. Transp., Vol.27, No.4, Korean Society of Transportation, pp.115-126.
- Lee J. K. (2009), A Study on the Bus Only Lane Flexible Operation of the Highway Using the Travel Time Index, Master's thesis, Myongji University.
- Lee K. J. (2011), A Development of the Dynamic Pricing Model for HOT(High Occupancy Tolling) Lanes, Master's thesis, Korea University.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2012), 「Rule on Standards of Road Structure and Facilities」 Explanation -Partial Amendment-.

Park S. H. (2008), A Study on the Introduction of Exclusive Truck Lane and Truckway : Focusd on Incheon Metropiltan City, Master's thesis, Inha University.

Poole R. W. Jr., Orski K. C. (2000), HOT Lanes: A Better Way to Attack Urban Highway Congestion, Regulation Vol.23, No.1, pp.15-20.

Presidential Council on National Competitiveness (2011), A Study on Improvement Plan for a Flexible Operating of Bus Only Lane in Gyeongbu Expressway, Materials of Presentation.

State of California Department of Transportation (2000), Continuation Study to Evaluate the Impacts of the SR 91 Value-Priced Express Lanes, Final Report.

Sullivan E., Burriss M. (2006), Benefit-Cost Anyalsis of Variable Pricing Projects: SR-91 Express Lanes,

Journal of Transportation Engineering, pp.191-198.

The Korea Transport Institute (2008), Study on HOT Lane Feasibility(Summary Report).

- ☞ 주 작 성 자 : 김민경
- ☞ 교 신 저 자 : 김주현
- ☞ 논문투고일 : 2013. 2. 21
- ☞ 논문심사일 : 2013. 4. 24 (1차)
2013. 5. 29 (2차)
2013. 6. 19 (3차)
- ☞ 심사판정일 : 2013. 6. 19
- ☞ 반론접수기한 : 2013. 12. 31
- ☞ 3인 익명 심사필
- ☞ 1인 abstract 교정필