

고속도로 영업소 하이패스 차로배치 및 운영에 관한 연구

이수범 · 임준범* · 주성갑
서울시립대학교 교통공학과

A Study on the Method of Highway Hi-pass Lane Arrangement and Operation

LEE, Soo Beom · LIM, Joon Beom* · JOO, Sung Kab

Department of Transportation Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract

Currently average daily traffic using Hi-pass has increased over 3 times that of 2008 and more than half of highway traffic now uses High-pass. At this juncture, reassessment on the overall operation of Hi-pass is required to improve the safety aspect of toll booths and the flow of traffic. Although existing Hi-pass operation manual presents the methods of alignment, they do not reflect actual forms of vehicles and do not properly take the safety of toll booth and flow of the traffic into consideration. In order to compensate these problems, this study classifies highway tollbooths into two categories of mainline type and interchange type, and establishes the standard of lane alignment by traffic conflict analysis based on the types divided according to geometric structure or environment around the tollbooths. In addition, traffic flows around the tollbooths were reflected with the stage to arrange Hi-pass lanes according to the volume of traffic on the lanes for Hi-pass.

현재 하이패스 일평균교통량은 2008년 대비 3배 이상 증가하였고, 고속도로 이용차량의 50%이상이 하이패스를 이용하고 있다. 이 시점에서 영업소의 안전 측면과 교통소통 측면을 향상시키기 위하여 전반적인 하이패스 운영에 관한 재검토가 필요하다. 기존 하이패스 운영실무 편람은 하이패스 차로배치에 대한 방법을 제시하고 있으나 실제 고속도로 영업소의 차량행태를 반영하지 못하고 있으며, 구체적인 기준이 정립되지 않아 영업소의 안전성과 교통소통을 제대로 고려하지 못하고 있다. 본 연구는 이를 보완하기 위하여 고속도로 영업소를 본선형 영업소와 IC형 영업소로 구분하고, 영업소 주변 기하구조 또는 환경에 따라 유형을 나누어 상충분석함으로써 하이패스 차로배치 기준을 정립하였다. 또한 하이패스 차로별 통과교통량에 따라 하이패스 차로를 배치하는 단계를 마련하여 영업소 교통소통 측면도 반영하였다.

Keywords

conflict analysis, highway tollbooth, hi-pass lane arrangement, hi-pass traffic volume
상충분석, 고속도로 영업소, 하이패스 차로배치, 하이패스 교통량

* : Corresponding Author
t_safety@hanmail.net, Phone: +82-2-6490-5662, Fax: +82-2-6490-2819

Received 5 August 2013, Accepted 13 November 2013

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

하이패스는 1997년 12월 국토해양부의 고속도로 기능제고를 위한 회의에서 도입이 결정되어 2005년부터 운영하고 있다. 2007년 하이패스가 전국에 보급됨에 따라 하이패스 이용률은 매년 약 10%씩 증가하고 있으며 2011년에는 50.7%를 기록하였다.

이처럼 하이패스 이용률이 매년 증가하고 있는데 반해 명확한 하이패스 차로배치 기준이 존재하지 않아 2010년 고속도로 영업소 사망자 6명 중 2명이 하이패스 차로에서 발생하였고, 운영상 미흡으로 지체체가 발생하여 영업소가 늘어나고 있다.

이에 한국도로공사는 하이패스 운영실무 편람(2011)을 통해 하이패스 차로배치에 대한 방법을 제시하였으며, 그 내용은 다음과 같다. 첫 번째로 합류구간 표준거리가 확보된 경우 진입좌측, 합류구간 표준거리가 미확보된 경우 중 영입소가 4차로미만일때 진입좌측, 4-9차로일 때 중앙, 9차로 초과일 때 진입좌측+중앙으로 제시하고 있다. 두 번째로 유입부 또는 유출부 중 한곳에 합류구간이 있으면서, 안전거리가 미확보된 경우에 중분대로부터 몇차로가 이격되어야 하는지를 영업소로 유입(또는 유출)되는 전체교통량과 유입IC(또는 유출IC)에서 유입(또는 유출)되는 교통량의 비율로 산정하였다.

이상 기존의 편람에서 제시하고 있는 하이패스 차로배치 기준은 다음과 같은 한계점을 보완해야 할 필요가 있다고 판단된다.

첫째, 고속도로 본선을 주행하던 차량의 주행행태에 상관없이 연결로를 통한 진입진출 차량의 차로변경 가능 여부만 하이패스 차로위치 기준으로 사용하고 있다. 둘째, 영업소 우측 하이패스 차로는 전혀 고려하지 않고 있어 과적단속대상차량까지 하이패스가 보급될 경우 연계가 어렵다. 셋째, 영업소와 연결로까지의 거리, 광장부 진입속도, 통과교통량 등 특성이 전혀 다른 본선형 영업소와 IC형 영업소를 구분하지 않고, 영업소 차로수만으로 배치기준을 달리하고 있다. 넷째, 하이패스 차로위치 산정식은 대부분의 진출입 연결로가 고속도로 우측에 존재하는데 반해 진출입 교통량이 많을수록 하이패스 차로를 영업소 좌측에 설치하도록 산출되었다.

따라서 본 연구는 고속도로 영업소에서의 원활한 소통과 이용차량들의 안전성을 확보할 수 있도록 보다 과

학적이고 구체적인 하이패스 차로배치 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구범위 및 방법

고속도로의 영업소는 먼저 교통량, 징수방법, 편익, 주변지역에 대한 영향을 고려한 영업체계를 설정한 다음 교통량, 평균서비스시간, 서비스기준을 고려하여 하이패스 이용교통량과 하이패스 차로별 용량에 의해 차로수를 산정하고, 산정된 차로수를 영업소에 배치하는 단계에 의해 운영된다. 여기서 하이패스 차로배치 단계는 영업소내 소통에 영향을 미치고, 영업소의 안전성과 가장 밀접한 관련을 가지므로 본 연구에서는 하이패스 차로배치 단계에 대한 검토와 연구를 수행하였다. 또한 본 연구는 과적단속대상차량까지 보급되지 않은 현 보급단계(1·2·6중 보급)에서의 하이패스 차로배치 기준을 정립한 후, 대형화물차까지 전체차종 보급시 하이패스 차로와 축중차로의 연계방안에 대해 연구를 수행하였다.

영업소의 소통을 원활하게 하고, 안전을 확보하기 위한 하이패스 차로배치에 관한 연구 흐름도는 Figure 1과 같다.

첫 번째 단계로 연구의 수행계획을 수립하고 전체적인 방향을 설정하였다. 이를 위해 기존 하이패스 기준 지침의 현황 및 문제점을 분석하고, 하이패스 차로배치 및 안전성과 관련하여 국내·외 수행된 연구를 검토하였다. 두 번째 단계에서는 문헌고찰을 통한 시사점을 도출하여 하이패스 차로배치 방법론을 정립하였다. 세 번째 단계에서는 설정한 하이패스 차로배치 방법을 수행하기 위해

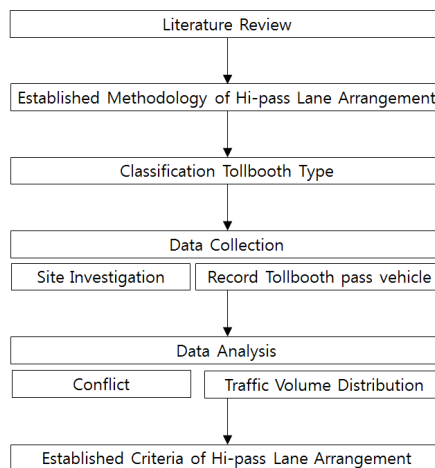


Figure 1. Research flow

본선형과 IC형 영업소를 각각에 대하여 유형을 구분하였다. 다음으로 네 번째 단계에서는 영업소의 주행행태를 분석하기 위한 데이터를 수집하였다. 데이터는 국내 영업소를 대상으로 현장조사를 실시하고, 영업소 이용차량의 영업소 통과기록을 수집하였다. 다섯 번째 단계에서는 수집된 자료를 바탕으로 영업소 이용차량간 상충과 영업소에서의 교통량 분포를 분석하였다. 마지막으로 여섯 번째 단계에서는 분석된 결과를 통해 영업소 유형별 하이패스 차로배치 기준을 정립하였다.

II. 문헌고찰

FHWA(2008)는 고속도로 영업소에서의 안전개선 전략에 대한 연구를 수행하였으며, 영업소 이용차량의 차로변경과 합류과정에서 나타나는 위험요소의 감소를 위한 하이패스 차로배치 연구를 중점적으로 수행하였다. 그 결과 하이패스 차로배치는 고속도로 연결로 존재유무에 따라 달라지며, 고속주행차로인 영업소 좌측차로에 하이패스 차로를 설치해야 하며, 진출입 연결로가 영업소 근처에 존재한다면 하이패스 차로를 영업소 좌측과 우측에 설치해야 한다고 제시하였다.

Shitama T.(2008)는 시뮬레이션을 통한 평균통행시간 및 Near-miss 분석으로 하이패스 설치차로가 어떠한 유형일 때 소통과 안전측면에서 바람직한지를 제시하였다. 우선 데이터를 수집하기 위해 Narashino 영업소를 비디오 촬영하였으며, 컴퓨터가 영상 이미지를 추적하는 기술을 이용하여 개별차량의 속도 및 가속도, 영업소 통과시간, Near-miss 수 등의 데이터를 출력하였다. 또한 같은 영업소를 대상으로 시뮬레이션 상에 하이패스 차로가 3개인 경우, 하이패스 차로가 4개일 때 영업소 좌측에 2개차로, 우측에 2개차로를 설치한 경우, 영업소 좌측에 3개차로, 우측에 1개차로를 설치한 경우 세가지의 평균통행시간 및 Near-miss 수를 분석하여 가장 바람직한 유형을 도출하였다. 그 결과 하이패스 차로를 영업소 좌측에 3개차로, 우측에 1개차로 설치한 유형이 평균통행시간이 작고, Near-miss도 적게 발생하여 가장 바람직한 것으로 나타났다.

Wong S. C.(2006)은 ETC 차로 안내표시와 젠트리 안내간판 설치등이 톨프라자에서 교통흐름과 안전에 영향을 주는지 분석하였는데, 설치전후를 비교한 결과 설치후 차로변경율은 23%감소하고, 상충횟수는 44%감소, 충돌횟수는 38% 감소하는 것으로 제시하였다.

Polus A.(1997)은 톨프라자 차로의 적절한 구성이 LOS 뿐만 아니라 운영비용과 처리용량에 중요한 영향을 주기 때문에 균형적인 설계가 필요하다고 제시하였다. ETC 차로수와 일반차로수 등을 사전계획단계에서 결정하고, 시뮬레이션을 이용하여 미세조정하는 절차를 통해 최종적인 차로수 구성을 결정하였다. 또한 톨프라자 계획을 위해 통과차로와 관련한 톨프라자 편심률과 각 게이트의 대기길이가 같은 교통류와 기하구조의 조합을 고려해야 하며, 이를 위한 주요파라미터로 중차량 비율, 차로별 서비스시간 분포, 처리교통용량을 제시하였다.

Hadi M.(2007)은 교통밀도와 교통량 대 용량비(V/C)를 합하여 이를 토대로 톨프라자 운영을 위한 서비스수준에 대한 기준을 제시하였다.

Bae Y. S.(2011)은 톨프라자에서 ETC 차로의 경우 일괄적으로 차량도착률에 따라 처리용량을 기준으로 차로수를 산정하는 것보다 지불방법, 영업소 형태, 차로의 종류, 교통량 및 차중구성비, ETC 이용률이 함께 고려되어야 한다고 제시하였다. 그리하여 ETC 차로의 용량은 이상적 상황에서 1,476대/시/차로를 처리할 수 있는 것을 이론적으로 증명하였으며, ETC차로의 시간당 통과교통량을 분석한 결과 침두시 서비스수준 D에 해당하는 최대 1,100-1,200대/h를 한 차로에서 처리하는 것으로 분석하였다.

Yoo B. S.(2010)은 고속도로 영업소 진출부의 차량속도와 상충발생을 조사하여 상대속도 및 상충으로 인한 차량 감속시간 등을 분석한 결과 상대속도가 클수록 상충으로 인한 차량 급감속이 발생한다는 문제점을 제시하였고, 차로 운영형태에 따라 상충 및 상대속도가 다름을 확인하였다. 이러한 관찰을 통해 하이패스차량과 일반차량간 상대속도에 의한 사고위험성이 하이패스차량간 합류보다 사고위험이 높다고 제시하였다.

III. 영업소 유형분류 및 상충분석 방법

1. 영업소 유형 분류

본 연구에서는 영업소를 크게 본선형과 IC형으로 구분하였다. 본선형 영업소는 고속도로 본선상에 위치하여 영업소의 규모가 크고, 통과 교통량이 많으며 주행속도가 높은 반면 IC형 영업소는 IC상에 위치하여 영업소의 규모가 비교적 작고, 통과 교통량도 적으며 주행속도가 낮은 특성을 보인다. 따라서 본선형 영업소와 IC형 영업

소는 기하구조나 주행특성이 다르기 때문에 하이패스 차로 배치 기준이 다르게 적용되어야 한다고 판단되어 각각에 대한 하이패스 차로배치 방안에 대한 연구를 수행하였다.

본선형 영업소와 IC형 영업소만으로 영업소를 구분하여 같은 기준을 적용하는데에는 무리가 있으므로 영업소 주변 기하구조에 따라 유형을 분류하여 상충분석을 통한 하이패스 차로위치를 산정하였다.

본선형 영업소의 유형은 진출입 존재여부에 따라 진출입 연결로가 모두 존재하지 않는 경우, 진입 연결로만 존재하는 경우, 진출 연결로만 존재하는 경우, 진출입 연결로 모두 존재하는 경우 네가지 유형으로 구분하였다. 여기서 진출입 연결로가 존재하더라도 영업소와 멀리 이격되어 있으면 연결로가 광장부에 미치는 영향이 적어 연결로가 존재하지 않는 것으로 가정하여 유형을 구분하였다. 연결로가 영업소와 멀리 이격되었는지에 대한 판단은 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침」(Korean Society of Civil Engineers, 2008)에서 제시하는 차로변경거리와 교차지점확인거리를 합산한 값인 합·분류구간 표준거리를 기준으로 하였으며, 그 산정식은 식(1)과 같다.

$$L = (\alpha \times V \times N) + \left(\frac{1}{3.6} \times V \times t \right) \quad (1)$$

여기서 L 은 합·분류구간 표준거리, α 는 변경 차로수에 따른 상수, V 는 주행속도, N 은 차로변경 수, t 는 인지반응시간과 속도조절시간이다. 영업소 통과 후 진출 연결로로 진출하는 차량은 영업소 진입하는 차량에 비해 주행속도가 낮기 때문에 분류구간 표준거리는 V 를 설계속도의 85%로 적용하였다. α 는 차로를 여러번 변경하는데 필요한 거리가 1차로 변경할 때 필요한 거리의 정확한 배수로 늘어나지 않는 것을 보정하기 위해 곱해주는 상수로 1개차로 변경시 0.57, 2개차로 변경시 0.99, 3개차로 변경시 1.12, 4개차로 변경시 1.19를 적용하였다. t 는 인지반응시간 2초와 속도조절시간 1초를 합하여 3초를 적용하였다. 합·분류구간 표준거리가 광장부와 진출입 연결로 사이에 Table 1의 거리가 확보되었다면 광장부가 아닌 본선에서 차로변경이 가능하여 진출입 연결로가 존재하지 않는다고 판단하였고, 본선 설계속도에 따라 수식을 계산한 결과값은 Table 1과 같다.

IC형 영업소는 영업소의 유형이 다양하기 때문에 모든 조건을 다 고려하는데 한계가 있어 영업소 통과 전후로 두 방향의 연결로가 분류하고 합류하는 일반적인 형

Table 1. Standard distance of merging and diverging sections

Item	lane changes				Design Speed
	1	2	3	4	
Standard distance of merging section(m)	170	335	505	670	120km/h
	155	310	460	615	110km/h
	140	280	420	560	100km/h
Standard distance of diverging section(m)	145	290	430	575	120km/h
	130	265	395	530	110km/h
	120	240	360	480	100km/h

태에 대하여 상충분석을 수행하고, 광장부에 연결로가 접속한 영업소, 교차로가 인접한 영업소는 특정유형으로 분류하여 주행행태를 관측하였다. 광장부에 연결로가 접속한 경우 연결로를 통해 진출입하는 차량이 하이패스를 이용할수 있도록 영업소 우측에 하이패스 차로를 설치해야하고, 영업소가 교차로에 인접한 경우 교차로 대기행렬을 고려해야 하는 등 특성이 다른 두 경우를 특정유형으로 분류하였다.

2. 상충분석 방법

상충분석은 본선형 영업소와 IC형 영업소 각각에 대하여 하이패스 차로가 영업소의 좌측, 중앙, 우측 중 어느 위치 또는 어떠한 조합일 때 가장 안전한가를 알아보기 위해 수행하였다. 상충분석은 본선형 영업소 8개 영업소, IC형 영업소 11개 영업소를 대상으로 캐노피상에서 주행차량을 비디오 촬영 후 프레임을 0.1초 단위로 추출하여 개별차량을 추적하는 방법으로 상충을 계수하였다. 그 후 유형별로 상충수/차량수를 비교하여 가장 안전한 하이패스 차로위치를 산정하였다.

여기서 상충은 둘 또는 그 이상의 도로이용자들이 현 상태를 유지할 때, 충돌의 위험을 갖는 공간과 시간의 범위로 접근하는 관찰가능한 상황을 말한다.(Perkins S. R., 1969) 이 상충은 기존문헌에서 차간간격이 1.2초 이내로 가까워진 경우(Lee K. Y., 2006), 1.3초(Doh T. W., 1999), 1.0초(Wabayashi H., 2002)로 정의되고 있다. 그러나 본 논문에서는 고속도로의 실제차량의 후행차간간격을 측정하여 사고와 유사한 순위를 따졌을 때 가장 높게 나타난 Lee K. Y.(2006)의 차간간격 1.2초 이내를 상충으로 간주하여 조사하였다.

상충분석을 위한 현장조사 및 비디오 촬영은 비침두시에 실시하였다. 비침두시에 조사가 이루어진 것은 상

충계수를 수작업으로 하다보니 첨두시의 많은 교통량의 상충을 정확히 계수하기에는 한계가 있으며, 교통량이 많으면 차량속도가 낮고, 차로변경을 할 확률도 낮아 오히려 상충이 적게 발생하기 때문이다.

상충분석을 하기 위한 영업소의 유형 분류는 본선형 영업소는 진출입 연결로 존재 유무에 따라 네가지로 구분하였고, 본선형 영업소 유형별 조사 영업소는 Table 2와 같다.

IC형 영업소는 주변 기하구조 및 특성에 따라 일반적인 형태와 특정유형 2가지로 총 세가지 유형으로 구분하였으며, 유형별 조사 영업소는 Table 3과 같다.

조사한 영업소를 대상으로 하이패스 차로가 좌측, 좌측과 중앙, 좌측과 우측에 배치되었을 때 상충수/차량수를 비교하여 어느 배치일 때가 가장 안전한지를 분석하였으며, 실제로 존재하지 않는 영업소 유형에 대해서는 Simulation Tool(VISSIM)을 통해 상충을 계수하고 그 결과를 분석하였다.

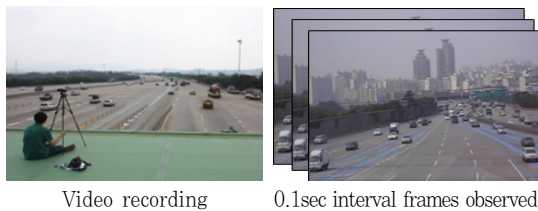


Figure 2. Method of conflict analysis

Table 2. Mainline type toll plazas for field study

Type	Toll plaza(direction)
Neither entry nor exit ramps	Cheonggye, Gunja
Entry ramps only	Guri(for Guri), Seongnam(for Songpa)
Exit ramps only	Guri(for Hanam), Seongnam(for Pangyo), Siheung(for Anhyun)
Both entry and exit ramps	Seo-Seoul(for Ansan)

Table 3. IC type toll plazas for field study

Type	Toll plaza(direction)
Standard type	Dong-Suwon, Buk-Suwon, Gonjam, Icheon, Giheungdongtan, Yongin, Seo-Ansan
Ramps connected in toll plaza	Pangyo, Topyeong
Intersection adjacent toll plaza	Suwon, Osan

IV. 상충분석 결과 및 하이패스 차로위치

1. 본선형 영업소

진출입 연결로가 모두 존재하지 않는 경우는 좌측과 중앙에 하이패스 차로가 설치된 영업소(청계 영업소)와 좌측에만 하이패스 차로가 설치된 영업소(군자 영업소)의 상충율(상충수/차량수)을 비교하였다. 그 결과 좌측과 중앙에 하이패스 차로가 설치된 경우 중앙 하이패스 차로의 상충율은 0.238-0.324로 나타났으며, 좌측만 설치한 영업소는 모든 하이패스 차로에서 상충율이 0.063-0.261로 낮게 나타났다(Table 4 참조).

진입 연결로만 존재하는 경우 좌측과 우측에 하이패스 차로가 설치된 영업소가 존재하지 않아 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 시뮬레이션 분석은 VISSIM을 이용하여 같은 영업소(구리 영업소 상행)를 대상으로 좌측과 중앙, 좌측과 우측에 하이패스 차로가 설치된 두 경우를 구현하였다. 구축된 맵을 통해 좌측과 중앙에 설치된 경우의 중앙 하이패스 차로와 좌측과 우측에 설치된 경우의 우측 하이패스 차로의 상충율을 비교하였다. 그 결과 중앙에 설치된 하이패스 차로를 이용하는 차량의 상충율은 평균 0.391로 높게 나타났으며, 우측에 설치한 하이패스 차로를 이용하는 차량의 상충율은 평균 0.218로 낮게 나타났다(Table 5 참조).

진출 연결로만 존재하는 경우는 좌측과 중앙에 하이패스 차로가 설치된 영업소(성남, 구리, 시흥 영업소 하행)와 좌측과 우측에 하이패스 차로가 설치된 영업소(서안산 영업소 출구)의 상충율을 비교하였다. 진출 연결로만 존재하는 본선형 영업소는 좌측과 우측에 하이패스 차로가 설치된 영업소는 존재하지 않아 IC형 영업소 중 기하구

Table 4. Result of conflict analysis for neither entry nor exit ramps

Toll gate	Main line use lane	Passing Toll booth	# of vehicle	# of conflict	conflict/vehicle
Cheonggye	3	8	34	11	0.324
	4	8	202	48	0.238
Gunja	3	3	23	6	0.261
	1	3	35	7	0.200
	2	1	12	2	0.167
	2	2	45	6	0.133
	1	2	114	12	0.105
	1	1	232	15	0.065
	2	3	143	9	0.063

Table 5. Result of conflict analysis for entry ramps only

Toll gate	Main line use lane	Passing Toll booth	# of vehicle	# of conflict	conflict/vehicle
Guri (Middle)	5	7	22	14	0.636
	3	8	10	6	0.600
	2	7	21	10	0.476
	4	7	25	10	0.400
	4	8	70	24	0.343
	3	7	49	13	0.265
Guri (Right)	3	14	24	14	0.583
	3	13	35	15	0.429
	5	14	18	3	0.167
	5	13	26	4	0.154
	4	14	57	7	0.123
	4	13	83	10	0.120

Table 6. Result of conflict analysis for exit ramps only

Toll gate	Main line use lane	Passing Toll booth	# of vehicle	# of conflict	conflict/vehicle
Guri, Seongnam, Siheung	5	middle	22	11	0.500
	4	middle	103	48	0.466
	1	middle	12	5	0.417
	2	middle	375	122	0.325
	3	middle	451	86	0.191
Seo-Ansan	1	9	14	4	0.286
	2	9	23	5	0.217
	3	9	155	14	0.090

Table 7. Result of conflict analysis for both entry and exit ramps

Toll gate	Main line use lane	Passing Toll booth	# of vehicle	# of conflict	conflict/vehicle	
Seo-Seoul (for Ansan)	1	5	9	7	0.778	
	4	7	170	80	0.471	
	4	6	35	15	0.429	
	4	5	5	2	0.400	
	5	5	14	5	0.357	
	5	7	32	11	0.344	
	2	7	12	4	0.333	
	5	6	27	9	0.333	
	Middle Hi-pass lane (5,6,7)	3	6	105	30	0.286
		3	7	280	45	0.161
2		5	50	6	0.120	
2		6	38	4	0.105	
1		2	97	10	0.103	
3		5	50	5	0.100	
	2	2	108	8	0.074	
	1	1	511	28	0.055	

조와 영업소의 규모, 교통량 등이 본선형 영업소와 유사한 서안산 영업소를 통해 상충분석을 수행하였다. 그 결과 중앙에 설치된 하이패스 차로를 이용하는 경우 상충율은 0.191-0.500으로 나타났으며, 우측 하이패스 차로는 0.090-0.286으로 비교적 더 낮게 나타났다. 따라서 진출 연결로만 존재하는 영업소의 하이패스 차로는 좌측과 우측에 설치하는 것이 더 좋다고 판단된다(Table 6 참조).

진출입 연결로가 모두 존재하는 경우는 좌측과 우측에 하이패스 차로가 배치된 영업소가 존재하지 않아 좌측과 중앙에 하이패스 차로가 존재하는 영업소(서서울 영업소 안산방향)를 대상으로 중앙 하이패스 차로의 상충율이 허용가능한 범위내에 있는지를 판단하고, 주행행태를 분석하였다. 그 결과 중앙 하이패스차로의 상충율은 0.270으로 높게 나타났으며, 영업소 내에서도 중앙 하이패스 차로가 위험한 것으로 나타났다. 주행행태를 분석한 결과는 본선에서 1,2,3차로를 주행하던 차량들이 좌측 하이패스 차로를 이용하지 않고, 중앙 하이패스 차로를 이용하면서 본선에서 4, 5차로를 주행하던 차량과 진출입 차량이 중앙 하이패스 차로를 이용하는데 어려움이 따르는 것으로 나타났다. 또한 중앙 하이패스 차로 양쪽으로 일반 TCS차로가 존재하여 하이패스 이용차량과 TCS이용차량 사이의 엇갈림 상충이 중앙 하이패스 차로 양쪽에서 발생하였다. 반면 영업소 좌측과 우측에 하이패스 차로를 설치하면 본선 1, 2, 3차로를 주행하던 차량과 본선 4, 5차로를 주행하던 차량, 진출입차량이 혼합되지 않은 교통류로 영업소를 통과하게 된다. 또한 좌측과 우측에 하이패스 차로를 설치하면 하이패스 차로와 TCS차로의 경계가 하이패스 차로 한쪽에서만 존재하여 하이패스 이용차량과 TCS 이용차량 간의 엇갈림 상충이 감소하므로 좌측과 우측에 하이패스 차로를 설치하는 것이 더 바람직하다고 판단된다(Table 7 참조).

상충분석 결과 진출입 연결로가 모두 존재하지 않는 경우 좌측에만 하이패스 차로를 설치하는 것이 좋고, 나머지 경우는 모두 좌측과 우측에 하이패스 차로를 설치하는 것이 좋은 것으로 나타났다. 이를 정리하면 Table 8과 같다.

Table 8. Hi-pass lanes Arrangement for Mainline type toll plaza

Type	Arrangement
Neither entry nor exit ramps	Left
Entry ramps only	Left + Right
Exit ramps only	Left + Right
both entry and exit ramps	Left + Right

2. IC형 영업소

광장부에 연결로가 접속한 영업소는 연결로와 영업소가 매우 가깝게 존재하기 때문에 연결로를 이용하는 진출입 차량은 영업소 중앙에 하이패스 차로를 설치하여도 하이패스 이용이 불가능하다. 따라서 이러한 경우에는 연결로를 이용하는 차량이 하이패스를 이용할 수 있도록 영업소 우측에 하이패스 차로를 설치해야 한다. 실제 국내에 존재하는 영업소 중에서는 판교 영업소와 토평 영업소가 이에 해당된다. 판교 영업소는 영업소가 고가도로 상에 존재하여 고가도로로 올라가는 연결로가 영업소와 매우 가깝게 존재하므로 연결로를 통해 진입하는 차량을 위해 영업소 우측에 하이패스 차로를 설치하였으며, 토평 영업소는 영업소 규모자체가 작아 연결로가 영업소와 가깝게 존재하므로 영업소 우측에 하이패스 차로를 설치하였다.

교차로가 인접한 영업소는 국내에서 조사가능한 수원 영업소와 오산 영업소 모두 하이패스 차로가 좌측과 중앙에 배치되어 있으므로 중앙 하이패스 차로에서 발생한 상충이 허용가능한 범위내에 있는지를 검토하였다. 상충 분석 결과 수원 영업소의 중앙 하이패스 차로의 상충율은 0.065-0.110으로 매우 낮게 나타났으며, 오산 영업소의 중앙 하이패스 차로의 상충율도 0.071로 낮은 수치를 보여 중앙 하이패스 차로 운영에 문제가 없다고 판단된다(Table 9 참조).

영업소 통과 전후로 두 방향의 연결로가 존재하는 일반적인 형태의 상충분석은 동수원 영업소와 서안산 영업소를 대상으로 수행하였다. IC형 영업소는 교통량이 많지 않아 상충이 적게 발생하므로 모든 조사 영업소를 고려할 시 정확한 분석이 되지 않을 우려가 있어 두 영업소를 대상으로 분석하였다. 동수원 영업소는 좌측과 중앙에 하이패스 차로가 설치되어 있으며, 서안산 영업소는 좌측과 우측에 하이패스 차로가 설치되어 있으므로 동수원 영업소의 중앙 하이패스 차로와 서안산 영업소의 우측 하이패스 차로의 상충율을 비교하였다. 그 결과 서안산 영업소의 우측 하이패스 차로의 상충율은 0.286, 0.217, 0.090으로 나타났고, 동수원 영업소의 중앙 하이패스 차로는 0.222, 0.200, 0.023으로 나타나 좌측과 중앙에 하이패스 차로를 설치할 때 더 안전한 것으로 나타났다.

분석 결과 광장부에 연결로가 접속한 경우 좌측과 우측에 하이패스 차로를 설치해야 하며, 교차로가 인접한 영업소와 일반적인 형태의 영업소 모두 좌측과 중앙에

Table 9. Result of conflict analysis for intersection adjacent toll plaza

Toll gate	Passing tollbooth	# of vehicle	# of conflict	conflict/vehicle
Suwon	5	80	8	0.110
	4	85	7	0.082
	6	92	6	0.065
Osan	4	126	9	0.071

Table 10. Result of conflict analysis for standard type

Toll gate	Main line use lane	Passing Toll booth	# of vehicle	# of conflict	conflict/vehicle
Seo-Ansan	1	9	14	4	0.286
	2	9	23	5	0.217
	3	9	155	14	0.090
Dong-Suwon	1	7	54	12	0.222
	2	7	10	2	0.200
	3	7	88	2	0.023

Table 11. Hi-pass lanes Arrangement for IC type toll plaza

Type	Arrangement
Standard Type	Left + Middle
Ramps connected in toll plaza	Left + Right
Intersection adjacent toll plaza	Left + Middle

하이패스 차로를 설치할 때 더 안전한 것으로 분석되었다. 이를 정리하면 Table 11과 같다.

3. 상충분석에 따른 하이패스 차로위치 예외사항

본 연구는 상충분석에 의해 본선형 영업소와 IC형 영업소 각각에 대하여 하이패스 차로위치를 산정하였다. 여기서 상충분석은 영업소를 주변 기하구조에 따라 분류하여 유형별로 분석하였다. 하지만 Table 12와 같은 특정유형의 영업소는 주변 기하구조 뿐만 아니라 영업소 자체의 특성을 같이 고려해야 하므로 따로 분류하여 적합한 하이패스 차로위치를 산정하였다.

광장부 접속설치율이 1:10 이상인 영업소는 영업소 광장부에서 차로수가 증가함에 따라 도로폭이 커질 때 도로가 벌어지는 테이퍼 각이 설계 기준인 1:10보다 더 큰 경우를 말한다. 이러한 경우는 1970년 개통된 서울 영업소와 같이 건립당시 광장부 설계에 관한 연구가 많이 수행되지 않아 접속설치율에 관한 기준이 제대로 정립되지 않았거나, 개통 후 교통량 증가로 인해 광장부를 확장하면서 광장부 테이퍼 각이 커질 때 발생한다.

Table 12. Hi-pass lane arrangement for specific type

Type	Arrangement
More than flared rate of toll plaza 1:10	Left+Middle
Less than three tollbooth	Left

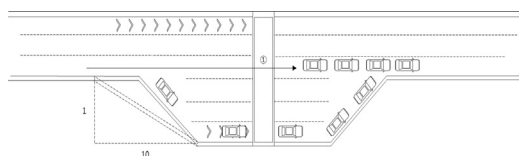


Figure 3. More than flared rate of toll plaza 1:10

Figure 3과 같이 광장부 접속설치율이 1:10 이상이 되면 영업소 우측에 하이패스 차로 설치 시 운전자는 먼 거리를 돌아가는 느낌을 받게 되고, 그로 인해 하이패스 차로 이용률이 떨어지게 된다. 또한 우측 하이패스 차로를 이용하는 운전자는 많은 차선변경을 필요로 하는 듯한 느낌을 받게 되고 Figure 3에서 ① 주행경로로 영업소를 통과한 TCS 차량이 차선변경을 적게 하는 것처럼 보인다. 이러한 경우 영업소 통과 후 차량들이 본선으로 합류하는 과정에서 속도가 높은 하이패스 이용차량이 통행우선권을 갖지 못하고 TCS를 이용한 차량에게 통행우선권이 주어진다. 따라서 광장부 접속설치율이 1:10이상이 되면 하이패스 차로는 좌측과 중앙에 배치하는 것이 바람직하다고 판단된다.

영업소의 차로수가 3차로 이하인 소규모 영업소는 대부분 영업소 이용교통량이 적은 지방지역의 IC형 영업소가 해당된다. 이러한 경우 영업소를 통과하는 차량이 적어 소통이 대체로 원활하고 차량 간 상충이 발생할 확률이 적다. 따라서 하이패스 차로는 1차로로 운영되며 하이패스 차로가 어느 위치에 존재하여도 최대 두차로만 변경하면 이용할 수 있기 때문에 하이패스 차로위치가 영업소 안전에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 3차로 이하의 소규모 영업소는 기존 3차로 이하의 영업소가 대부분이 좌측에 하이패스 차로를 설치·운영하고 있고, 운전자의 하이패스 차로는 영업소 좌측에 있다는 기대심리에 어긋나지 않도록 영업소 좌측에 배치하는 것이 바람직하다.

V. 영업소 교통량 분포 및 하이패스 차로분배

1. 영업소 교통량 분포

상충분석을 통해 결정된 하이패스 차로의 위치에 하이패스 차로를 몇 차로씩 분배할지 산정하기 위해 영업

소에서의 교통량 분포를 조사하였다. 예를 들어, 하이패스 차로수가 5개 차로이고, 하이패스 차로위치를 영업소 좌측과 우측으로 결정하였다면 5개 차로를 좌측과 우측에 몇 개 차로씩 분배할지를 영업소 교통량 분포에 의해 산정한다.

영업소 교통량 분포를 조사는 진출입 연결로가 모두 존재하지 않으며, 축중차로를 제외하고, 좌측과 우측에 하이패스 차로가 배치되어 있는 청계 영업소와 서울 영업소를 대상으로 일통과차량 기록을 분석하였다. 그 결과 영업소 이용차량의 85%가 좌측 하이패스 차로를 15%가 우측 하이패스 차로를 이용하는 것으로 나타났다. 이 관측 교통량을 바탕으로 본선 교통량의 교통량 분포는 좌측:우측=85:15로 하였으며, 진출입 교통량은 우측 하이패스 차로를 이용한다고 가정하였다. 따라서 좌측 하이패스 차로의 교통량은 본선 교통량의 85%로 산정하고, 우측 하이패스 차로의 교통량은 본선 교통량의 15%와 진출입 교통량의 합으로 산정한다.

IC형 영업소의 경우 85 : 15의 기본 분배율을 바탕으로 Figure 2에서 ①번 연결로 교통량의 85%는 좌측 하이패스 차로를 이용하고 15%는 중앙 하이패스 차로를 이용한다고 가정하였다. 반대로 ②번 연결로 교통량의 85%는 중앙 하이패스 차로를 이용하고 15%는 좌측 하이패스 차로를 이용한다고 가정하였다. 따라서 좌측 하이패스 차로의 교통량은 ①번 연결로 교통량의 85%와 ②번 연결로 교통량의 15%의 합으로 산정하고, 우측 하이패스 교통량은 ①번 연결로 교통량의 15%와 ②번 연결로 교

Table 13. Result for calculation of traffic volume in toll plaza

Type	Hi-pass lane	traffic volume
Mainline	Left	Mainline traffic volume×0.85
	Right	Mainline traffic volume×0.15+entry or exit traffic volume
IC	Left	① traffic volume×0.85+ ② traffic volume×0.15
	Middle	① traffic volume×0.15+ ② traffic volume×0.85

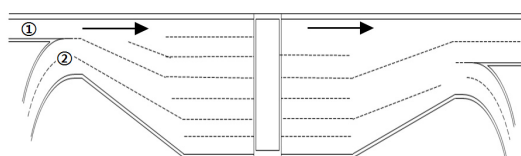


Figure 4. Traffic volume distribution in IC type toll gate

통량의 85%의 합으로 산정한다.

본선형과 IC형 영업소의 영업소 교통량 분포를 산정한 결과를 정리하면 Table 13과 같다.

2. 차로별 통과교통량 및 하이패스 차로 분배

영업소의 하이패스 차로수는 영업소 이용교통량에 따라 설계 서비스 수준을 만족하도록 산정하기 때문에 특정차로에 교통량이 치우치지 않으면 영업소 소통에 문제가 발생하지 않는다. 예를 들어 5개의 하이패스 차로가 좌측과 우측에 배치되어 있는 영업소에서 좌측 하이패스 차로를 이용하는 교통량이 전체 하이패스 이용교통량의 80% 정도의 수준일 때, 좌측에 하이패스 차로를 1개, 우측에 하이패스 차로를 4개를 설치한다면 5개의 하이패스 차로가 설계 서비스 수준을 만족하도록 산정된 차로수라도 좌측 하이패스 차로에서 지정체가 발생하게 된다. 반면 우측 하이패스 차로는 이용교통량에 비해 많이 설치된 차로가 비게 되고 이는 영업소의 효율성을 떨어뜨린다. 따라서 영업소 좌측과 우측의 교통량 분포와 하이패스 차로별 통과교통량에 따라 하이패스 차로분배를 할 때 영업소는 소통측면에서 효율적이며, 최적화가 된다.

여기서 주의해야 할점은 하이패스 차로별 통과교통량은 영업소에서 가장 좌측인 1차로가 가장 크고, 우측으로 배치될수록 감소하는 경향을 보인다는 것이다. 이는 본선에서부터 좌측 차로일수록 고속차로이며 교통량이 많고, 본선에 하이패스 차로 표시는 1차로에만 되어있는 등의 이유로 운전자는 좌측 하이패스 차로를 이용하는 경향을 보이기 때문이다. 이러한 특성을 반영하기 위해 차로별 통과교통량이 1차로에 비해 어느 정도의 수준인지 조사하였다.

조사는 하루동안 영업소를 통과한 차량의 기록을 통해 실시하였다. 하이패스 차로를 통과시 기록되는 통과시간을 이용하여 차로별로 이용차량의 차두간격을 조사하였고, 가장 짧게 나타난 차두간격을 통해 하이패스 차로별 통과교통량을 추정하였다. 그 결과 하이패스 1차로의 차두간격은 2.2-2.3초로 한 시간에 최대 1,600대 정도 수용할 수 있는 것으로 나타났다. 하이패스 2차로는 차두간격 3.3-3.4초로 한 시간에 1,072대 정도 수용할 수 있으며, 하이패스 3차로 이상은 차두간격 4초로 한 시간에 896대 정도 수용할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서, 하이패스 2차로의 통과교통량은 1차로의 67%, 하이패스 3차로 이상부터는 1차로의 56%정도에 미치는 수준이라고

Table 14. Hi-pass lanes arrangement by traffic volume

# of Hi-pass lane	Traffic volume rate using right (middle) lanes(%)	Arrangement	
		Left	Right (Middle)
3	Less than 40	2	1
	More than 40	1	2
4	Less than 30	3	1
	Between 30 and 51	2	2
	More than 51	1	3
5	Less than 25	4	1
	Between 25 and 42	3	2
	Between 42 and 60	2	3
	More than 60	1	4
6	Less than 36	4	2
	Between 36 and 60	3	3
	More than 60	2	4




판단된다. 이를 통해 앞서 산정한 영업소 교통량 분포에 따라 차로별 통과교통량이 한 쪽으로 치우치지 않도록 차로 분배 기준을 정립하였고, 본선형은 우측, IC형은 중앙 하이패스 교통량 비율에 따라 Table 14와 같이 정리하였다.

VI. 전체 차종 하이패스 보급시 연계방안

현재 4.5톤 이상 대형 화물차량은 과적 및 적재불량 단속을 필요로 하여 하이패스를 적용하지 못하고 있으나 한국도로공사는 2013년 이후를 목표로 전체 차종 하이패스 보급을 계획하고 있다. 따라서 전체 차종 보급 시 대형화물 차량의 하이패스 처리 방안에 대해 연구를 수행하였다. 전체 차종 보급시 연계방안은 기존의 하이패스 차로에 과적단속 시스템을 설치하는 방안과 기존 축중차로에 하이패스 시스템을 설치하는 두가지 방안을 고려할 수 있다. 기존 하이패스 차로에 과적단속 시스템을 설치하는 경우 과적단속 시스템 설치비용은 차로당 8,000만원에 달하고, 현재 하이패스 차로폭은 3.5-4.0m인데 반해 최소 4.2m로 확폭을 해야하므로 경제적으로 효율적이지 못하다. 따라서 기존 축중차로에 하이패스 시스템을 설치하는 것이 더 바람직하다고 판단되며 영업소를 Table 15와 같이 세가지로 구분하여 연계방안을 정리하였다.

본선형 폐쇄식 입구 또는 개방식 영업소는 축중차로가 존재하므로 우측에 위치한 하이패스 1개 차로를 축중차로로 이설한 후 일반차량과 대형 화물차량의 공용차로로 운영하는 것이 경제적으로 효율적이다. 기존 영업소

Table 15. Tollbooth classification at Hi-pass supply for all models

Mainline closed entry/opened type	IC closed entry type	Closed exit type
		
Axle load : 2-6	Axle load : 1-2	No Axle load
Low TCS V/C	High TCS V/C	-
3·4·5 overload control	3·4·5 overload control	-

의 하이패스차로가 좌측에만 존재하는 경우 영업소 우측에 존재하는 축중차로에 하이패스 차로를 새로 설치하여 운영한다. 대형 화물차량의 하이패스 이용률 증가에 따른 축중차로의 하이패스 차로 증설은 기존 하이패스 운영 실무편람(2011)에서 제시하고 있는 서비스수준 C(V/C 0.6)을 기준으로 한다.

IC형 폐쇄식 입구의 경우 영업소의 차로수가 적어 하이패스 차로를 증설하면 TCS¹⁾이용 차량이 영업소를 통과하는데 어려움이 따르므로 TCS 차로수에 따라 기준을 달리한다.

TCS차로가 없이 하이패스 1개차로와 축중차로 1개차로로 운영되는 영업소의 경우 축중차로에 하이패스차로를 증설하면 TCS차량이 영업소를 통과하는데 혼란을 가져오므로 기존 하이패스 차로를 화물차량과 공용으로 사용하는 것이 가장 효율적이다. 하이패스 1개차로, TCS1개차로, 축중차로 1개차로로 운영되고 있는 영업소는 기존의 축중차로에 하이패스 차로를 증설하면 TCS 차량이 영업소를 통과하는데 영향을 받지 않으며 경제적으로 가장 효율적이다. 하이패스 1개차로, TCS 2개차로, 축중차로 1개차로로 운영되는 영업소는 TCS 1개차로를 화물 하이패스 차로로 운영하는 방법과 기존 축중차로에 하이패스 차로를 설치하는 방법 두가지를 고려할 수 있다. 속도차가 큰 하이패스 차량과 TCS차량은 교통류를 분리하여 처리하는 것이 안전측면에서 가장 바람직하기 때문에 TCS 1개차로를 화물 하이패스 차로를 운영하는 것이 좋지만 그러한 경우 TCS차로가 줄어들어 과부하가 발생할 수 있다. 따라서 TCS 1개차로를 화물 하이패스 차로로 운영하여도 TCS차로의 V/C가 차로증설 기준인 0.6 이하일 때만 TCS 1개차로를 화물 하이패스 차로로 운영하도록 한다. TCS차로가 3개차로 이

상이면 TCS 1개차로를 화물 하이패스 차로로 운영하여도 차로 감소에 따른 영향이 적기 때문에 TCS 1개차로를 화물 하이패스 차로로 운영하여 하이패스 이용화물차량과 TCS이용 화물차량을 분리시키도록 한다.

폐쇄식 출구 영업소는 화물차량의 과적단속을 하지 않고, 축중차로가 존재하지 않으므로 기존에 설치된 하이패스 차로를 화물차량과 공용으로 사용하도록 하는 것이 가장 효율적이다. 하지만 고속도로 1차로는 고속으로 주행하는 차량의 추월차로로 운영되고 있으며, 도로교통법 상에서 화물차량은 본선에서 우측차로로 주행하도록 명시하고 있기 때문에 영업소 좌측 하이패스 차로는 화물차량이 이용하지 않도록 하는 것이 영업소 안전과 소통측면에서 효율적이다.

Ⅶ. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

하이패스는 2005년에 처음 도입되었고, 2007년 전국으로 확대되어 매년 하이패스 이용률과 교통량이 증가하고 있다. 이러한 시점에서 현재 하이패스 차로배치 기준인 하이패스 운영실무 편람은 실제 고속도로 영업소의 차량행태를 반영하지 못하고 있으며, 구체적인 기준이 정립되지 않아 이를 보완할 수 있는 하이패스 차로배치 기준이 필요하다고 판단된다. 이에 본 연구는 고속도로 하이패스 운영에 관한 검토를 통해 고속도로 영업소의 안전성 확보는 물론, 보다 구체적이고 객관적인 하이패스 차로배치 방법론을 제시하고자 영업소를 본선형과 IC형으로 구분하여 연구를 수행하였다.

본선형 영업소는 광장부와 연결로 사이의 이격거리가 합·분류구간 표준거리를 확보하고 있는지의 여부에 따라 유형을 구분하고, 좌측, 좌측과 중앙, 좌측과 우측일 때의 상충분석을 통해 가장 안전한 하이패스 차로위치를 산정하였다. IC형은 광장부에 연결로가 접속한 영업소, 교차로가 인접한 영업소, 영업소 통과 전후로 두 방향의 연결로가 존재하는 일반적인 형태의 영업소로 유형을 구분하여 주행행태를 관측하고, 상충분석을 통해 안전한 하이패스 차로위치를 산정하였다. 그 결과, 본선형 영업소는 연결로가 존재하지 않는다면 영업소 좌측, 연결로가 존재한다면 영업소 좌측과 우측에 하이패스 차로를 배치하는 것

1) TCS란 Toll Collection System의 약자로 수동형 요금부과시스템이다.

이 안전한 것으로 나타났고, IC형 영업소는 광장부에 연결로가 접속한 영업소는 영업소 좌측과 우측, 교차로가 인접한 영업소와 일반적인 형태의 영업소는 좌측과 중앙에 하이패스 차로를 배치하는 것이 안전한 것으로 나타났다.

또한 연결로 존재 유무 및 위치에 따른 영업소 유형은 모든 영업소를 대표할 수 없기 때문에 몇가지 특정유형에 대해서도 하이패스 차로위치를 산정하였다. 광장부 접속설치율이 설계기준인 1:10이상인 영업소는 좌측과 중앙에 하이패스 차로를 설치하여 운영하는 것이 효율적이며, 3차로 이하의 소규모 영업소는 좌측 한차로만 하이패스차로를 설치하는 것이 바람직하다고 판단된다.

상층분석을 통해 정해진 하이패스 차로위치에 하이패스 차로를 몇 차로씩 분배해야할지 결정하기 위하여 영업소에서의 교통량 분포를 하루 동안의 영업소 이용차량 통과기록을 통해 살펴보았다. 청계영업소와 서울영업소의 데이터를 통해 연결로가 존재하지 않을 때 영업소 이용차량의 85%는 좌측 하이패스 차로를 15%는 우측 하이패스 차로를 이용한다는 결과를 얻었다. 따라서 좌측 하이패스 차로는 본선 교통량의 85% 교통량으로 산정하고, 우측 하이패스 차로는 본선 교통량의 15%와 진출입 교통량의 합으로 산정한다. IC형 영업소 또한 본선형 영업소의 분배율을 바탕으로 영업소 진입 방향을 기준으로 좌측 연결로 진입차량의 85%는 좌측 하이패스 차로 15% 중앙 하이패스 차로를 이용한다고 가정하였고, 우측 연결로 진입차량의 85%는 중앙 하이패스 차로, 15%는 좌측 하이패스 차로를 이용한다고 가정하였다.

또한 산정한 영업소 교통량 분포를 고려한 차로분배 방안을 제시하기 위해 영업소 이용차량 통과기록을 통해 차로별 차두간격을 조사하여 차로별 용량을 산정하였다. 그 결과 하이패스 2차로의 용량은 1차로 용량의 67%, 하이패스 3차로 이상은 1차로 용량의 56% 정도인 것으로 나타났다. 이에 본 연구는 영업소 교통량 분포와 차로별 용량을 고려하여 어느 한차로에 교통량이 치우치지 않도록 하는 하이패스 차로분배 방안을 본선형 영업소는 우측 하이패스 교통량 비율, IC형 영업소는 중앙 하이패스 교통량 비율에 따라 제시하였다.

전체 차종 하이패스 보급시 연계방안은 기존 축중차로에 하이패스 시스템을 설치하는 것이 경제적으로 효율적이며, 기존의 하이패스 차로를 공용으로 사용하고

V/C 0.6 이상 시 한 개 차로를 증설하는 것이 효율적이다. IC형 폐쇄식 입구 영업소는 TCS차량의 영업소에서 소통측면을 고려하여 TCS차로수에 따른 하이패스 차로 연계방안을 제시하였다.

2. 향후 연구과제

본 연구는 고속도로 영업소의 안전성 제고와 원활한 소통을 위해 상층분석과 교통량 분포에 의한 하이패스 차로 배치 방법론을 제시하였지만, 사용된 데이터는 특정일에 촬영한 비디오와 특정일에 수집된 이용차량 통과기록을 사용하여 조사일과 데이터 수집일이 다른 자료로 더 많은 연구를 할 필요가 있다고 판단된다. 현실적으로 모든 영업소를 조사할 순 없지만, 영업소 유형에 따른 운전자들이 느끼는 안전성에 대한 정성적 분석이 추가된다면 더욱 설득력을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 또한 실제로 영업소가 존재하지 않는 경우 수행한 시뮬레이션 분석은 현실과 모든 조건을 똑같이 구현하는데는 한계가 있다. 따라서 향후에 좀 더 다양한 영업소와 조사일, 조사시간에 의한 연구를 수행하여 보완이 이루어진다면 본 연구가 더욱 의미가 있을 것으로 판단된다. 현재 운영하고 있는 단 차로 톨링²⁾에 대한 하이패스 차로배치 기준을 정립하였으므로 향후에는 다차로 톨링³⁾으로 영업소를 운영할 시 차로배치 기준에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

또한 본 논문에선 대형화물차까지 전체차종으로 하이패스 이용이 확대되었을 때 연계방안을 객관적, 과학적 조사에 의한 것이라기 보다는 서술식으로 풀어내었으나, 객관적, 과학적 조사에 따른 결론을 도출할 필요가 있다. 특히, 대형차량들이 축중차로 단속을 피해 좌측 하이패스 차로를 이용할 경우 등에 대한 대비 등이 구체적으로 제시되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Bae Y. S. (2010), Development of Optimal Toll Plaza Design and Operation Standards based on ETCS Utilization, Ajou University, Doctorate Thesis.
- Diaz C. E. D., Mappala A. U., Sigua R. G. , Madrigal J. J., Palmiano H. S. (2005), Proceedings of the

2) 현재 일반적으로 사용하는 각 차로별 통과차량의 요금부과방식으로 광장부가 필요하다.

3) 과속단속카메라와 같이 문형식으로 설치된 요금징수 시스템을 이용하여 여러차로의 통과차량의 요금을 부과할 수 있는 방식으로 광장부가 따로 필요하지 않다.

- Eastern Asisa Society for Transportation Studies, 5, 1496-1509.
- Doh T. W., Ha T. J., Kim H. S. (1999), Development and Evaluation of Traffic Conflict Measurement at a Signalized Intersection, KSCE Journal of Civil Engineering, 19(3-1), Korean Society of Civil Engineers, 9-15
- FHWA (2008), Strategies for Improving Safety at Toll Collection Facilities.
- Hadi M., Sinha P., Wang A. (2007), Modeling Reductions in Freeway Capacity due to Incidents in Microscopic Simulation Models, TRR Journal, No. 1999, Transportation Research Board of the National Academies, 62-68
- Korea Expressway Corporation (2011), Hi-pass Operation Manual.
- Korean Society of Civil Engineers (2008), Rules About the Road Structure and Facilities Standards.
- Lee K. Y. (2006), Development of Safety Evaluation Criteria at Weaving Areas by Traffic Conflicts and Accidents, Hanyang Universtiy, Doctorate Thesis.
- Perkins S. R. (1969), GMR Traffic Conflict Technique-Procedure Manual, General Motors Research Publication GMR-895.
- Polus A., Peshetnik I. (1997), A New Concept and a Manual for Toll Plaza Planning, Can. J. Civ. Eng., 24(4), 1997 NRC Canada, 532-538
- Shitma T., Horiguchi R., Akahane H., Xing J. (2009), Traffic Simualtion for Expressway Toll Plaza Based on Successive Vehicle Tracking Data, Transport Simulation: Beyond Traditional Approaches, Ch.11.
- Wakabayashi H., Renge K. (2007), Traffic Conflict Analysis Using Vehicle Tracking System with Digital VCR and New Conflict Indicator under High Speed and Congested Traffic Evironment, 11th World Conference on Transport Research.
- Wong S. C., Sze N. N., Hung W. T., Loo B. P. Y., Lo H. K. (2006), The Effects of a Traffic Guidance Scheme for Auto-toll Lanes on Traffic Safety at Toll Plazas, Safety Science 44, 753-770.
- Yoo B. S., Lee S. B., Park W. Y., Park J. T. (2010), Safety Improvement of Installation of "Hi-pass" System at Expressway Toll Gate, J. Korean Soc. Transp., 28(4), Korean Society of Transportation, 7-18.
- 알림 : 본 논문은 대한교통학회 제68회 학술발표회(2013. 02.23)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.
- ✉ 주 작 성 자 : 이수범
 ✉ 교 신 저 자 : 임준범
 ✉ 논문투고일 : 2013. 8. 5
 ✉ 논문심사일 : 2013. 9. 16 (1차)
 2013. 11. 8 (2차)
 2013. 11. 13 (3차)
 ✉ 심사판정일 : 2013. 11. 13
 ✉ 반론접수기한 : 2014. 4. 30
 ✉ 3인 익명 심사필
 ✉ 1인 abstract 교정필