

하이패스 차로의

시선유도봉 적정 설치거리에 관한 연구

A Study on the Proper Distance of Tubular Markers for Hi-Pass

최윤혁*

(Yoon-Hyuk Choi)

최기주**

(Keechoo Choi)

요 약

우리나라에서는 2000년부터 고속도로의 지정체 해소를 위해 하이패스가 도입되어 운영중이나 이에 대한 적절한 기준이 제시되지 못한 바, 하이패스의 대표적인 안전시설물인 시선유도봉의 적절한 설치기준에 대해 알아보았다. 시선유도봉은 교통사고 발생의 위험이 높은 곳으로서, 운전자의 주의가 현저히 요구되는 장소에 노면표시를 보조하여 동일 및 반대 방향 교통류를 공간적으로 분리하고 위험구간을 예고하는 목적으로 설치된다. 본 논문에서 제시한 시선유도봉 설치 주요 고려사항은 크게 2가지로, 첫째는 일반 차량과 하이패스 차량의 상대속도차이로 사고가 발생하지 않는 것과, 둘째는 하이패스를 통과한 차량이 유출램프에서 원활하게 유출할 수 있도록 차로변경 소요거리를 고려하는 것이다. 이와 같은 고려사항을 중심으로 적절한 시선유도봉 설치거리를 제시하였으며, 아울러 우선 고려사항을 제시하였다. 향후 이를 기준으로 하이패스 구축영업소에 시선유도봉이 설치될 경우, 보다 안전하고 원활한 하이패스 운영이 가능할 것으로 판단된다.

Abstract

Although Hi-pass have been operated for alleviating traffic congestion and enhancing mobility in expressways since 2000, there is not any standard for safe operation. For that reason, we investigated about tubular markers, which is a typical facility for safety in Hi-pass. Tubular Markers are installed for separating same or opposite traffic flows spatially, supporting the marks at a place which has not only high possibility of accidents but distinguished carefulness of drivers. In this paper, it is noted two considerations; one is prevention of accident from the speed gap of autos and Hi-pass vehicles; the other is guarantee of necessary distance that Hi-pass vehicles could be changes the lanes for off-ramp. Focusing those considerations, it is proposed not only proper distance of tubular markers, but also fundamental basic subjects. We anticipate that the results of this study would be useful reference in more safe and efficient tollgate operation of Hi-pass

Key Words : Hi-pass, tubular markers, safety, channelizing devices

* 주저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구팀 연구원

** 공저자 : 아주대학교 환경건설교통시스템공학부 교수

† 논문접수일 : 2007년 4월 5 일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경

2004년도 전국의 교통혼잡비용은 23조 1,160억원에 달해 2003년에 비해 1.5% 증가하였으며, 이는 GDP 대비 2.97%에 이르는 것으로 집계되었다. 이 중 고속도로의 교통혼잡비용은 2조 591억원, 지방도는 1조 6053억원으로 2003년에 비해 각각 2.3%, 6.8% 증가한 것으로 나타났다. 이러한 비용규모는 경부고속도로를 매년 2.5개, 인천국제공항을 2.9개, 행정중심복합도시를 2.7개 각각 건설할 수 있을 정도의 천문학적 비용이다.¹⁾

2006년 6월 31일 마감한 전국의 자동차등록대수는 1,566만 2,593대로, 2005년도 한 해 동안 46만 3,000대가 증가(3.1%)한데 이어, 급년 1~6월중 26만 5,878대가 증가한 것으로, 2005년 1~6월 21만 3,324대에 비해 25% 증가한 것으로 몇 년간 다소 주춤하던 자동차등록대수의 증가세가 회복되는 것으로 나타났다. 건설교통부에 따르면 이와 같은 증가세는 2002년도를 기점으로 급격히 낮아지다가 2005년을 기점으로 다시 증가세로 올라가는 것으로 내수가 회복되고, 자동차제작사의 잇따른 신차 발표 효과가 반영된 것으로 보이며, 자동차 1대당 인구수 3.16명, 1세대당 자동차 보유대수 0.86대로 나타났다. [1]

이렇듯 천문학적인 교통혼잡비용, 자동차 보유대수의 지속적인 증가, 그리고 고속도로 이용자의 꾸준한 증가는 영업소에서의 지정체 해소 및 요금지불수단의 다양화, 실시간 교통정보 제공 등 고속도로에서 보다 편리하고 다양한 서비스를 받기 위한 요구로 이어지고 있다.

이에 한국도로공사에서는 고객요구에 발맞춰 자동요금징수시스템인 하이패스 시범사업을 2000년 6월 서울외곽순환고속도로 등 수도권 개방식 영업소

에 구축한 이래, 2006년 1월 현재 판교 등 10개 영업소에 운영중이며, 폐쇄식 영업소까지 하이패스의 전국 확대를 계획하고 있다.

그러나, 하이패스 및 전자지불시스템의 전국 확대에 앞서 영업소 지정체 해소를 위한 하이패스의 효율적 구축 및 운영계획의 수립과 함께 하이패스 이용자와 비이용자의 안전한 영업소 이용을 도모하기 위한 교통안전대책 마련이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 보다 안전한 하이패스 운영을 위해 시선유도봉을 중심으로 효과적인 안전시설 설치기준을 마련하고자 한다.

2) 연구 목적

영업소에서의 요금징수에 따른 고속도로에서의 지정체 발생을 막기 위해 도입된 하이패스(Hi-Pass, 이하 하이패스)는 ITS(지능형교통체계, Intelligent Transport Systems, 이하 ITS)의 주요 부분인 ETCS(자동요금징수체계, Electronic Toll Collection System, 이하 ETCS)로 한국도로공사의 독자적인 브랜드이다.

한국도로공사는 2000년부터 하이패스를 도입한 이래로 영업소에서의 시간당 차로별 처리용량이 약 4배정도 증가²⁾하여 영업소로 인한 정체현상을 크게 줄이는 것으로 판단하여, 2007년 1월부터는 서울, 수원, 부산, 광주 등 전국의 고속도로 10개 주요 영업소로 확대 구축하고, 2007년 12월말까지는 총 989억의 사업비를 들여 전국의 고속도로 241개소 523개 차로에 하이패스를 설치할 계획이다.

그러나, 하이패스의 지속적인 도입 및 운영에도 불구하고 안전시설물에 대한 적절한 기준이 정립되어 있지 않은 바, 본 논문에서는 하이패스 이용차량과 일반 차량을 분리하여 안전한 주행을 도모하는 시선유도봉의 적정 설치거리를 알아보하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

본 연구에서는 도로의 안전시설물인 시선유도봉

1) 평택~음성간 고속도로 건설비 약 220억원/km, 인천국제공항 건설비 약 7조9천억, 행정중심복합도시 건설비 약 8조5천억을 기준으로 함

2) 하이패스 1개 차로가 일반차로 대비 최대 377%의 교통량을 처리하는 것으로 나타났다(청계영업소의 경우 일반차로 405대/h vs. 하이패스 1,527대/h임)

의 일반적인 설치기준을 알아보고, 이를 하이패스 구축 영업소에 적용할 경우, 적절한 설치기준이 어떠한지 여부를 정의하고, 아울러 본선 영업소와 IC 영업소의 적절한 설치거리기준을 정립하고자 한다.

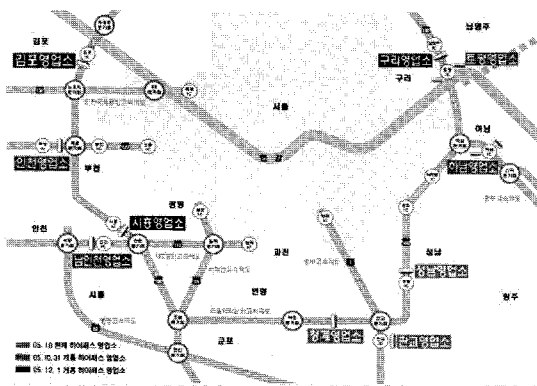
II. 현황 분석

1. 하이패스

하이패스란 달리는 차 안에서 무선통신을 이용하여 통행료를 지불하는 최첨단 전자요금징수시스템으로, '06년 12월 현재 이용가능한 영업소는 성남, 판교, 청계, 인천, 남인천, 하남, 토평, 김포, 시흥, 구리 등이다.

한국도로공사에서는 '00년 6월 30일부터 수동RF 방식의 하이패스를 운영하였으나, 정보통신부 기술기준과 상이하여 '03년 9월에 철거하였고, '04년 2월 적외선방식의 시스템 설치 및 운영을 개시하여 '06년 1월 차량단말기 18,000대를 보급운영, 이용율 8.6%(판교 13.6%, 청계 7.1%, 성남 6.3%)를 보이고 있다.³⁾

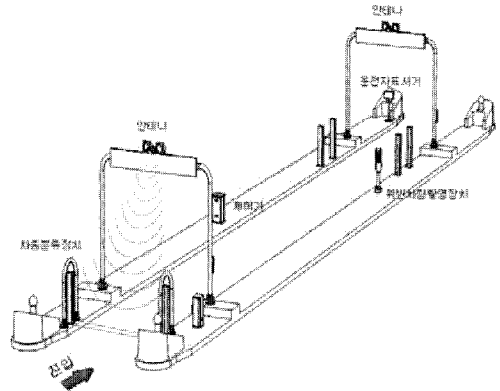
하이패스 시설물은 <그림 2>와 같이 안테나,



<그림 1> 하이패스 설치 영업소 위치도 (2006.12)

<Fig. 1> Hi-Pass Tollgate in Korea (2006.12)

- 3) 하이패스 이용률 : 2005년 6.2% → 2006년 5월 13.3%
 단말기 보급률 : 2005년 62천대 → 2006년 5월 146천대



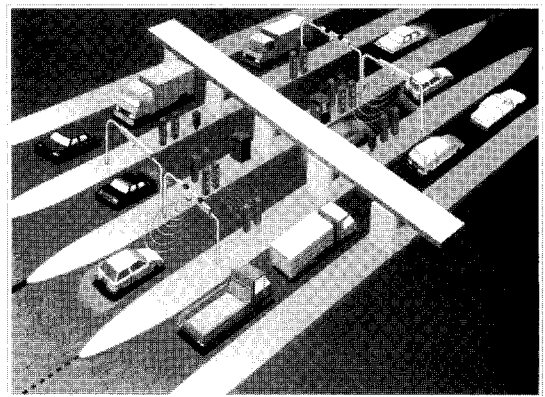
<그림 2> 하이패스 시설물

<Fig. 2> Facilities of Hi-Pass

차종분류장치, 제어기, 운전자 표시기, 위반차량 촬영장치로 구분된다.

하이패스를 통한 통행료의 수납은 하이패스 플러스카드(전자카드)를 삽입한 OBU(On Board Unit) 장착차량이 영업소에 들어오면, 영업소 안테나와 OBU간의 무선통신으로 정보를 교환하여, 하이패스 플러스카드에서 자동으로 통행료를 수납하는 방식으로 이루어진다.

초기 적외선(IR)방식에서 IR+RF 통합형시스템으로의 전환을 추진, 수도권 개방식 영업소 통합형 하이패스 구축을 목표로 하고 있다.



<그림 3> 하이패스 요금징수방식

<Fig. 3> Diagram of Hi-Pass

이를 통한 기대효과는 영업소의 無현금, 無정차, 無인 등 3無를 실현하여, 영업소 지·정체를 완화하고, 환경오염(CO₂) 감소로 인한 쾌적한 주행환경 조성(약 20%절감), 인건비·관리비 절감, 영업소 차로 증설 비용 절감 등이다. 이를 위해 2005년까지 수도권 개방식영업소의 개통을 추진하였으며, '07년말까지 전국 영업소에 구축을 완료하여 서비스를 제공할 예정이며, 민자고속도로 ETCS 및 타 ITS 서비스와 연계할 계획중에 있다.

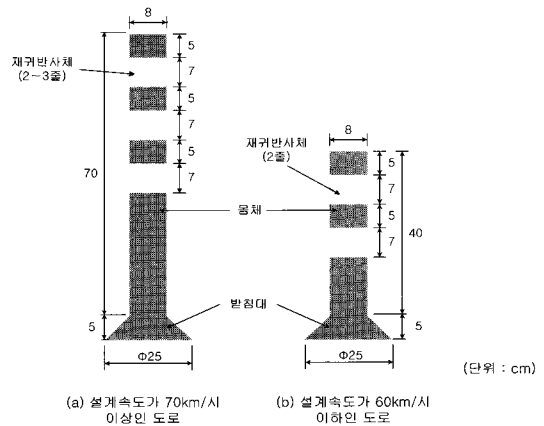
2. 시선유도봉

도로의 안전시설이란 도로 교통의 안전하고 원활한 소통을 확보하며, 도로의 미비한 구조 상태를 보완하여 도로이용자의 안전을 도모하기 위해 설치하는 시설물로, 이 중 시선유도시설은 「도로법 제3조」, 「도로법 시행령 제1조의 3」의 도로부속물로서 운전자의 시선을 유도하기 위한 시설이다 [2].

시선유도시설은 도로 끝 및 도로선형을 명시하여 주간 및 야간에 운전자의 시선을 유도하기 위하여 설치하는 시설로, 시선유도표지, 갈매기표지, 표지병 등이 있다.

시선유도시설과 더불어 시인성 향상을 위해 설치되는 시인성 증진 안전시설은 도로 상에 위치해 있는 각종 구조물로부터 차량을 안전하게 유도할 목적으로 설치하는 시설물로 장애물 표적표지, 구조물 도색 및 빗금표지, 시선유도봉이 있다.

이중에서도 시선유도봉은 교통사고 발생의 위험이 높은 곳으로서, 운전자의 주의가 현저히 요구되는 장소에 노면표시를 보조하여 동일 및 반대방향 교통류를 공간적으로 분리하고 위험구간 예고 목적으로 시선을 유도하는 시설을 말한다. 그 주요 기능은 운전자에게 위험 요소에 관한 정보 제공, 구조물과의 충돌을 미연에 방지하고 차량을 안전하게 유도, 안전한 주행환경 조성 등이다 [2].



<그림 4> 시선유도봉의 형상
<Fig. 4> Tubular Markers

시선유도봉의 형상은 <그림 4>와 같이 두 가지로 구분할 수 있는데, 설계속도가 70km/시 이상인 도로에는 (a)를 설치하고, 설계속도가 60km/시 이하인 도로에는 (b)를 설치한다. (a)의 경우 높이는 70cm, (b)의 경우 40cm 정도로 한다.

시선유도봉의 설치시 차선과의 이격거리가 도로 횡단상으로 최소 50cm 이상을 띄워 차선 밖 측대가 유지되도록 설치하며, 표지병과 중복하여 설치하지 않는 것을 원칙으로 한다. 부득이하게 표지병이 설치된 구간에 시선유도봉을 설치하고자 한다면, 표지병 기능이 상실되지 않도록 서로 일정 간격을 유지하게 띄어서 설치한다.

시선유도봉은 차량의 주행속도 및 설치목적에 따라 2~10m 범위 내에서 적절한 간격을 유지할 수 있도록 설치한다. 설치 장소별 설치 간격은 다음과 같으나, 설치 및 유지관리, 경관 등을 고려하여 적정 기능을 확보되는 범위에서 최소로 설치한다. [3, 4]

- 중앙분리대용 방호울타리가 시작되는 지점 : 2~5m
- 교각 및 교대 주위 : 2~3m
- 충돌위험시설 전방의 예고구간 및 여유구간 : 5~10m
- 지하차도, 고가도로, 터널 및 유출로 전방등 차선이 분리되는 안전지대나 충돌 위험 시설물

4) 요금소 처리능력 약 4배 상승 : (개방식 영업소를 기준으로) 현금(450대/h), 전자카드(600대/h), 하이패스(1,800대/h)

앞 : 3~5m

- 공사구간에서의 임시 차선 대용 : 2~3m
- 진행방향을 혼동하여 중앙선을 넘어 역 주행할 우려가 있는 구간 : 3~5m

충돌위험시설 전방의 예고구간은 50~100m로 하고, 구간에 시선유도봉을 5~10m 간격으로 설치되고, 고속구간에서는 간격을 넓혀 긴 구간에, 저속구간에서는 간격을 좁혀 짧은 구간에 걸쳐 설치한다.

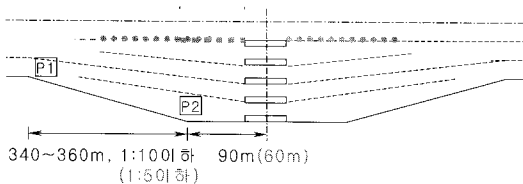
III. 시선유도봉 설치 필요성 및 고려사항

1. 설치 필요성 검토

영업소에 하이패스가 설치되는 경우, 고속차량과 저속차량을 물리적으로 구분하고, 운전자의 시인성을 높이기 위한 안전시설물로 시선유도봉의 설치가 반드시 필요하다.

다만 유입부와 유출부의 설치 목적이 각각 다르다. 먼저 유입부의 경우, 일반 차량이 하이패스 차로에 끼어들지 않도록 하이패스 차로와 일반 차로를 구분하기 위해 시선유도봉이 필요하다면, 유출부는 하이패스를 통해 고속으로 주행하는 차량과 일반 TCS를 이용하여 정지하였다가 출발하는 차량과의 속도차이로 인한 사고발생을 막기 위해 적절한 거리의 시선유도봉의 설치가 필요하다.

즉, 유입부의 경우는 차로 구분 및 시인성 확보 측면이 강하고, 유출부의 경우 고속으로 주행하는 차량과 저속으로 주행하는 차량의 속도차이를 줄이기 위한 안전측면이 강하다.



<그림 5> 고속도로 영업소 도면
<Fig. 5> Tollgates in Expressways

2. 설치 고려사항

시선유도봉은 하이패스 차로와 일반 차로를 구분하는 것과 동시에 시선유도를 통해 하이패스 차로이용의 안내를 보조하는 역할을 감당하며, 또한 하이패스 전용차로와 함께 영업소 전방에 설치되어 하이패스 차로의 시인성 확보 및 교통류 분리기능을 수행한다.

시선유도봉의 경우 특히, 유출부에서 적정한 거리만큼 설치되는 것이 중요한데, 이는 일반 차량은 영업소를 정지하고 통과하는데 반해 하이패스 차량은 정지하지 않고 통과하여 두 교통류간의 상대속도차이가 발생하여 사고발생의 위험이 있기 때문이다.

따라서 유출부에 설치되는 시선유도봉의 적정 설치거리는 하이패스 차량과 일반 차량의 속도차이가 발생하지 않는 지점까지 설치하여 상대속도차이에 의한 사고발생의 위험을 줄일 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

한편 유출부의 경우 시선유도봉 설치거리에 주의해야하는데, 이는 시선유도봉을 하이패스 차량과 일반 차량의 속도차이가 발생하지 않는 지점까지 설치하는 것도 중요하나, 이와 동시에 유출램프까지의 적절한 차로변경 거리가 보장되어야하기 때문이다.

즉, 유출부 시선유도봉의 설치 거리는 하이패스 차량과 일반 차량의 속도차이가 발생하지 않는 지점과 유출램프까지의 차로변경이 보장되는 지점이 동시에 고려되어야 하며, 본 논문에서는 이를 중심으로 적절한 시선유도봉 설치거리 기준을 제시하고자 한다.

IV. 시선유도봉 적정 설치거리

전술한 것과 같이 시선유도봉이 하이패스 차로의 시인성 확보 및 교통류 분리를 통해 사고예방의 기능을 수행하기 위해서는 적절한 지점까지 설치되는 것이 중요하다.

이를 위해 중요하게 고려되어야 할 것은 크게 2

가지로, 첫째는 일반 차량과 하이패스 차량의 속도 차이가 발생하지 않는 지점까지 시선유도봉을 설치하여 저속인 일반 차량이 고속으로 주행하는 하이패스 차로에 끼어들어 속도차로 인한 사고가 발생하는 것을 방지하는 것이다.

또한 이와 동시에 하이패스를 통과한 차량이 유출램프에서 원활하게 유출할 수 있어야 하므로, 안전한 유출을 위한 차로변경 소요거리를 고려해야만 한다.

1. 하이패스 차량과 일반차량의 속도를 고려한 시선유도봉 적정 설치거리 검토

1) 시선유도봉 최대 설치거리

하이패스 차량과 일반 차량의 속도가 동일한 지점은 두 교통류간 상대속도차가 전혀 발생하지 않는 지점으로, 이 지점에서 두 교통류간의 차로변경이 이루어질 경우-(단, 기타 다른 사고위험요소를 배제할 경우)-상대속도차로 인한 사고발생의 위험이 없다. 따라서, 이 지점이 하이패스 차량과 일반 차량의 상대속도차로 인한 사고발생을 막고 원활한 합류를 위한 시선유도봉 최대 설치거리이다.

시선유도봉 최대 설치거리는 일반 차량의 최대 가속도를 이용하여 영업소에 정지한 차량이 하이패스 차량의 주행속도와 동일한 속도를 갖는 지점까지 걸리는 거리이며, 이는 승용차의 속도별 가속도를 통해 구할 수 있다.

$$a = \frac{(F - R) \times g}{W}$$

여기에서,

a : 가속도 (m/sec²)

F : 엔진의 구동력(kg)

R : 저항(kg)

g : 중력 가속도(9.8 m/sec²)

W : 차량 무게(kg)

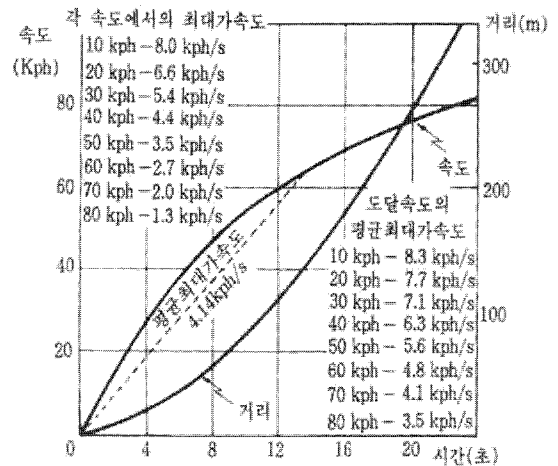
일반적으로 승용차의 정상적인 가속도는 대략 3.2 ~ 5.4 kph/sec (0.89~1.47m/sec²)의 범위에 있으며, 최대가속능력(a)은 추진력(F-R)과 차량의 무게(W)의 비에 따라 달라진다 [5, 6].

즉, 통상 정지한 상태에서 출발하여 65kph의 속도에 도달하기까지 걸리는 시간은 최소 14 ~ 16초를 운전자가 허용할 수 있는 기준으로 하고 있으며 이에 해당하는 평균 최대가속도는 4.4~5.0 kph/sec이다.

<표 1> 속도변화에 따른 가속도 및 감속도
<Table 1> Acceleration and deceleration by speed

속도변화 (kph)	가속도 (kph/sec)	감속도 (kph/sec)
0~30	5.5	7.5
30~40	2.0	6.7
40~50	1.4	5.0
50~60	1.0	5.0
60~70	0.8	5.0
70~80	0.8	5.0

속도에 따른 최대 가속도가 일정하지 않은 것은 속도가 증가할수록 공기저항과 엔진압축에 의한 저항이 커지기 때문이며, 따라서 고속에서의 최대가속도는 저속에서보다 적다. [5]



<그림 6> 최대 가속도변화에 따른 속도, 거리와의 관계

<Fig. 6> Acceleration and deceleration by speed

<그림 6>은 우리나라의 보통 중형승용차(1500cc)의 최대 가속상태에서의 도달시간과 속도, 주행거리 및 각 속도에서의 최대가속도, 평균 최대가속도를 나타내고 있다.

위 <그림 6>에 의하면 정지한 차량이 60km/h에 도달하기까지는 약 17초가 걸리며, 이 때 주행거리는 약 200m이다. 30km/h에 도달하기까지는 약 11초가 걸리며, 이 때 주행거리는 약 100m이다. 중형승용차(1500cc)를 기준으로 최대 가속도 변화에 따른 통행속도 및 이 때 소요되는 거리를 정리하면 <표 2>와 같다.

따라서, <표 2>를 중심으로 하이패스 차량과 일반 차량의 속도가 동일한 시선유도봉 최대 설치거리를 구할 경우, 하이패스를 통과한 차량의 주행속도를 (고속도로의 제한속도인) 100km/h로 가정하면, 약 400m가 바람직할 것으로 보인다.

그러나, 이와 같은 값은 일반 차량이 하이패스를 통과한 차량과 동일한 속도를 갖는 지점까지 시선유도봉을 설치한다는 가정하에 계산된 거리이나, 광장부의 여건상 이와 같은 긴 거리에 시선유도봉을 설치하기에 현실적으로 어려울 수도 있다.

또한 일반 차량의 속도를 하이패스 차량과 동일하게 맞추는 것도 좋지만, 두 교통류간의 사고위험을 막는 적절한 임계수준까지 시선유도봉을 설치하는 것이 오히려 현실적으로 더 바람직할 수도 있다.

<표 2> 중형승용차의 통행속도 및 소요 주행거리
<Table 2> Travel length by travel speed

통행속도	소요 주행거리	비고
100km/h	약 400m	시선유도봉 최대 설치거리
80km/h	약 290m	
60km/h	약 200m	
50km/h	약 170m	
30km/h	약 100m	

2) 시선유도봉 적정 설치거리

시선유도봉 적정 설치거리는 일반 차량의 속도가 어느 정도에 이르렀을 때, 하이패스 차로와의 합류를 허용할 것인가의 문제로, 두 교통류간의 상대속도차로 인한 사고발생을 막기 위한 임계거리이다.

두 교통류간의 상대속도차로 인한 사고발생의 위험에 관한 연구들(정준화 2001, 하태준, 2002)은 주로 연속되는 두 지점사이의 속도차에 관한 연구로 곡선부 구간에 대한 주행 차량의 속도분포 특성을 바탕으로 사고위험도 및 안전성을 판별하는데 집중되었다 [7, 8].

직선부에서 두 교통류간의 상대속도차로 인한 사고위험도 및 안전성 평가에 대한 기존의 연구가 없었던 바, 본 연구에서는 하이패스 차로에 일반 차량이 끼어들 경우 하이패스 차량이 일반 차량의 속도만큼 감속하기 위해 필요한 거리를 시선유도봉 적정 설치거리로 이용하고자 한다.

즉, 하이패스 차량의 주행속도를 100km/h로 가정하여 일반 차량이 갑자기 끼어들 경우, 하이패스 차량이 일반 차량의 속도와 같아지는데 필요한 정지거리를 구하여 이 만큼 시선유도봉을 설치하면 상대속도차로 인한 사고의 위험이 없어질 수 있으며, 이 거리가 시선유도봉의 적정 설치거리라는 것이다.

$$S = \frac{(v_2)^2 - (v_1)^2}{d} = \frac{(V_2)^2 - (V_1)^2}{50.8}$$

여기에서,

S : 브레이크를 밟으면서 주행한 감속거리(m)

v2 : 하이패스 차량 평균주행속도(m/sec)

v1 : 일반 차량 평균주행속도(m/sec)

d : 감속도 (1.96 m/sec²)

V2 : 하이패스 차량 평균주행속도(km/h)

V1 : 일반 차량 평균주행속도(km/h)

<표 3> 일반차량의 주행속도에 따른 하이패스 차량의 적정 감속 소요거리(m)

<Table 3> Deceleration distance of Hi-Pass by speed

하이패스 차량 주행속도(V2)	일반차량 주행속도(V1)	감속거리 계산값(S')	감속거리 적용값(S)
100km/h	90km/h	37.4m	40m
100km/h	80km/h	70.9m	75m
100km/h	70km/h	100.4m	105m
100km/h	60km/h	126.0m	130m
100km/h	50km/h	147.6m	150m
100km/h	40km/h	165.4m	170m
100km/h	30km/h	179.1m	185m
100km/h	20km/h	189.0m	195m
100km/h	10km/h	194.9m	200m

따라서, 하이패스 차량의 주행속도를 100km/h로 가정하고 일반 차량의 주행속도별로 감속거리를 계산한 결과는 <표 3>과 같다. 5)

다만 <표 3>의 일반 차량의 주행속도에 따른 하이패스 차량의 적정 감속 소요거리를 통해 시선유도봉의 적정 설치거리를 적용할 경우, 일반 차량의 주행속도별로 다양한 값을 적용할 수 있으나, 안전을 고려하여 약 200m가 바람직할 것으로 보인다.

특히 200m는 정지한 차량이 60km/h에 도달할 수 있는 거리로, TCS에서 정지한 차량이 일반 차량의 고속도로 최저 제한속도인 60km/h에 이를 수 있는 안전거리이므로, 시선유도봉 설치거리로 적절할 것으로 판단된다.

다만, TCS를 통과한 차량이 최저 제한속도 이상에서 하이패스 차량과 합류할 수 있도록 약 200m까지는 시선유도봉을 설치하고, 그 이후는 실선처리를 통해 일반 차량의 무리한 차로변경을 막는 것이 바람직할 것으로 보인다.

2. 하이패스 차량의 유출을 위한 적정 차로변경 소요거리 검토

영업소를 통과한 이후 바로 유출부가 존재할 경우⁶⁾, 하이패스 차량이 안전하게 유출차로에 도착할 수 있도록 적절한 차로변경 거리가 필요하다. 왜냐하면, 영업소 광장부에 하이패스 차로가 설치될 경우, 그 지점과 설치 차로수는 영업소 기하구조, 유출교통량, 통과교통량, 화물차 비율, 하이패스 장착을 및 향후 확대 비율 등에 따라 각각 다를 수 있지만, 어떠한 상황이라도 하이패스 차량이 원활하게 통행할 수 있어야 하기 때문이다.

따라서, 하이패스 차량이 안전하게 유출할 수 있는 거리보다 시선유도봉이 더 길게 설치되어서는 안되며, 고속도로 영업소를 통과한 하이패스 차량의 유출부까지의 안전한 차로변경을 위해 “하이패스 차량의 적절한 유출에 소요되는 거리”가 “유출부 시선유도봉 설치거리”보다 우선적으로 고려되어야 한다.

자동차가 무리 없이 한 차로를 변경하기 위해서는 횡방향 1m당 약 1초를 필요로 한다. [5, 9, 10] 이를 한 차로로 환산하면 약 3~4초가 되며, 특히 차로폭이 3.6m인 고속도로를 가정하면 약 3.6초가 소요된다. 이를 바탕으로 하이패스 차량의 안전한 유출을 위한 적정 차로변경에 소요되는 거리를 구하면 다음과 같다.

$$L = \frac{1}{3.6} \times v \times t \times N$$

여기에서,

L : 차로변경 소요거리(m)

v : 주행속도(km/h)

t : 주행시간(초) : 차로폭이 3.6m일 경우 3.6초

N : 변경 차로수

5) 단, 본 연구에서는 안전을 위한 감속 소요거리를 적용하기 위해 최대 감속도가 아닌 평균 감속도(0.2g)를 일정하게 적용하였으며, 여기에서 g는 중력가속도인 9.8m/sec²을 뜻함

6) IC 영업소의 경우가 대부분에 해당하며, 본선 영업소도 일부 해당함

<표 4> 주행속도별 변경차로수별 차로변경 소요거리
 <Table. 4> Proper distance of Hi-Pass by speed and Number of changing lanes

주행속도 차로수	30km/h	50km/h	60km/h	80km/h	100km/h
1	30m	50m	60m	80m	100m
2	60m	100m	120m	160m	200m
3	90m	150m	180m	240m	300m

단) 차로폭 3.6m를 가정

예를 들어, 편도 3차로인 본선 영업소 1차로에 하이패스가 설치되었고, 유출부 후방 360m에 유출램프가 있고 가정하자. 이 경우, 하이패스 통과속도를 100km/h로 가정하여 시선유도봉의 적정 설치길이는 200m이다.

한편 하이패스 차량이 원활하게 유출하기 위해 필요한 거리를 <표 4>로 구해보면, 변경차로수가 2이고, 주행속도가 100km/h일 때의 200m이다.

그러나, 시선유도봉 설치 끝지점에서 유출램프까지의 거리는 160m(360-200)로 40m 가량이 부족하게 되며, 이 경우 차로변경 소요거리를 우선적으로 고려해야 된다. 따라서 시선유도봉의 적정 설치길이는 200m에서 40m가 줄어든 160m가 적절하다.

이와 같이, 영업소 광장부의 현장여건상 시선유도봉을 적정한 거리만큼 설치할 수 없을 경우, 물리적으로 교통류를 분리시키는 시선유도봉을 기본적으로 설치하되, 이와 더불어 실선을 이용하여 차로변경을 막을 수도 있다.

즉 위의 예처럼 시선유도봉을 200m 설치하여야 하나, 하이패스 차량의 유출을 위해 160m밖에 시선유도봉을 설치할 수 없을 경우, 나머지 40m에는 실선을 처리하여 일반 차량의 하이패스 차로로의 변경을 금지할 수 있다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 고속도로의 지정체 해소를 위해 하이패스가 도입된 결과, 실제로 영업소에서의 지정체 억제효과 발생에 따른 하이패스의 전국 확대를 앞둔 상황에서, 하이패스의 대표적인 안전시설물인 시선유도봉의 적절한 설치기준에 대해 알아보았다.

시선유도봉은 대표적인 시인성 증진 안전시설로 교통사고 발생의 위험이 높은 곳으로서, 운전자의 주의가 현저히 요구되는 장소에 노면표시를 보조하여 동일 및 반대방향 교통류를 공간적으로 분리하고 위험구간을 예고하는 목적으로 설치된다.

영업소에 하이패스가 설치되는 경우, 고속차량과 저속차량을 물리적으로 구분하고, 운전자의 시인성을 높이기 위한 안전시설물로 시선유도봉의 설치가 반드시 필요하여 설치중이나, 이에 대한 설치기준이 제시되지 못한 바, 본 논문에서는 시선유도봉의 설치 고려사항을 중심으로 적절한 기준을 제시하였다.

본 논문에서 제시한 시선유도봉 설치의 주요 고려사항은 크게 2가지로, 첫째는 일반 차량과 하이패스 차량의 속도차이로 사고가 발생하지 않는 것과, 둘째는 하이패스를 통과한 차량이 유출램프에서 원활하게 유출할 수 있어야 하므로, 안전한 유출을 위한 차로변경 소요길이를 고려하는 것이다.

이와 같은 고려사항을 중심으로 적정한 시선유도봉 설치길이를 제시하였으며, 아울러 우선 고려사항을 제시하였다. 향후 이와 같은 기준으로 하이패스 구축영업소에 시선유도봉이 설치될 경우, 보다 안전하고 원활한 하이패스 운영이 가능할 것으로 판단된다.

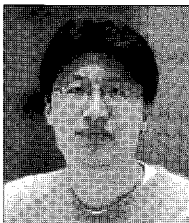
다만 본 논문에서 적용한 차로변경 소요거리는 일반적인 본선 영업소를 대상으로 한 기준으로, 영업소의 교통량 및 혼잡상황, 지체도, 영업소의 위치(곡선부 등) 등의 다양한 조건을 고려하지 못하였다.

또한 본 논문에서는 대표적인 하이패스 안전시설물로서 시선유도봉의 설치기준을 검토하였으나, 이외의 다른 안전시설물의 적절한 설치기준에 대한 검토가 반드시 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 조한선, 2004년 교통혼잡비용 산출과 추이분석, 한국교통연구원, 2005.
- [2] 건설교통부, 도로안전시설 설치 및 관리지침(시선유도시설편), 2002.
- [3] 한국도로공사, 도로설계실무편람(인터체인지 및 부대시설), 2001. 12.
- [4] Federal Highway Administration, *Manual on Uniform Traffic Control Device(2003 Edition)*, 2003.
- [5] 도철웅, 교통공학원론, 청문각, 2004.
- [6] 원제무, 최재성, 교통공학, 박영사, 1999.
- [7] 하태준, 이석, “지방부 2차로 안전성 평가에 관한 연구,” 대한교통학회지, 제20권, 제1호, pp. 121-130, 2002. 2.
- [8] 정준화, 주행속도를 이용한 도로의 평면선형 안전성 평가모형 개발, 서울대학교 학위논문, 2001.
- [9] 건설교통부, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000. 12.
- [10] 한국도로공사, 도로설계요령, 2001. 12.

저자소개



최 윤 혁 (Choi, Yoon-Hyuk)

2001년 8월 : 아주대학교 환경도시공학부 졸업 (교통공학사)
 2003년 8월 : 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 졸업 (교통공학석사)
 2006년 12월 : 아주대학교 박사과정 수료 (교통공학전공)
 2003년 9월 ~ 2005년 6월 : 한국도로공사 도로교통기술원 위촉연구원
 2005년 6월 ~ 2006년 10월 : (사) ITS Korea 컨설팅사업팀 대리
 2006년 10월 ~ 현 재 : 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구팀 연구원



최 기 주 (Choi, Keechoo)

1984년 2월 : 서울대학교 공과대학 토목공학과 졸업 (도시공학사)
 1986년 2월 : 서울대학교 공과대학 대학원 토목공학과 졸업 (교통공학석사)
 1992년 12월 : University of Illinois (Urbana) 교통계획/정보체계 (박사)
 1992년 12월 ~ 1994년 9월 : 서울시정개발연구원 도시교통연구부 책임연구원
 2003년 9월 ~ 현 재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수
 2003년 9월 ~ 현 재 : 아주대학교 ITS대학원 부원장