

인간공학적인 시선유도시설 설치기준에 관한 연구

Criteria of Installing Delineators Considering Human Factors

박 제 진*
(Je-Jin Park)

박 태 훈**
(Tae-Hoon Park)

하 태 준***
(Tae-Jun Ha)

요 약

야간 교통사고는 도로 조명이 적절하지 못할 때 증가되는 경향이 있고, 차량이 도로 밖으로 이탈하는 사고는 시선유도시설의 부재로 인한 대표적인 사고의 유형이라 할 수 있다. 곡선부의 교통사고와 인적피해를 줄이기 위해 운전자의 안전운행을 유도하고 교통소통 증진과 도로상의 안전을 도모하는 도로안전시설의 설치가 시급한 실정이다. 이에 교통량이 상대적으로 적은 지방부 도로에 대한 도로조명 설치와 같은 과도한 지출을 줄이고 오히려 비용 절감효과는 물론 시설물 설치가 용이한 시선유도시설(Delineators)의 설치기준이 요구되어진다. 곡선부에서 운전자의 시선을 유도하기 위한 시설은 시선유도표지(Delineator), 갈매기표지(Chevron Alignment Sign), 표지병(Raised Pavement Marker)이 널리 사용되고 있다.

본 연구에서는 곡선부의 선형 변화에 대한 정보를 가장 효율적으로 전달하는 시설물인 갈매기표지와 차량의 차로이탈 및 차로침범 예방시설물인 표지병을 대상으로 설치기준에 대해 검토하고 운전자의 시각행태 및 차로침범을 고려하여 안전하고 효율적인 설치기준을 제시하였다.

Abstract

Traffic accidents at night occur more than any other time because of improper road light facility and delineators. Therefore, cost-effective criteria of installing delineators are needed instead of expensive road light facility, especially, on rural road including light volume of traffic.

This paper presents the criteria of installing 'Chevron Alignment Sign' considering driver's visual behavior characteristics and 'Raised Pavement Marker' considering critical encroachment angle of both straight section and curve one in order to reduce both the number of accidents on curve sections and the number of road encroachment accidents, respectively.

The characteristics of visual behaviors can be expressed by visual angle involving curve radius and intersection angle. The estimated installing angles are 1° ~ 2.5° by radii, which is based on changes in sensitivity across visual field by exogenous attention. Also, the raised pavement marker is installed every 2m, 3m, and 4m considering critical encroachment angles by radii.

Key words : Human factors, delineators, visual behavior characteristics, visibility, encroachment angle

* 주저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원

** 공저자 : 전남대학교 토목공학과 박사수료

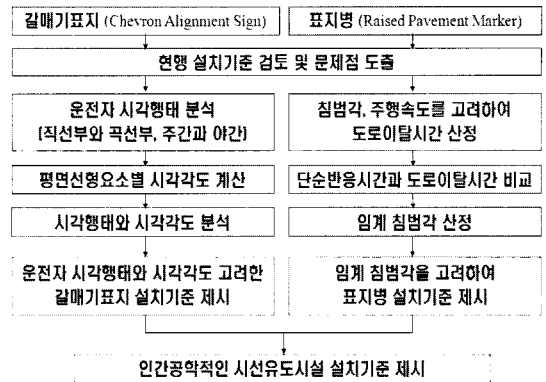
*** 공저자 : 전남대학교 토목공학과 부교수

† 논문접수일 : 2008년 3월 7일

1. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

도로선형별 교통사고 발생현황을 살펴보면 전체 교통사고의 4.2%(사망자의 11.4%, 부상자의 4.7%)가 곡선부에서 발생하였으며 곡선부의 치사율이 8.4%를 차지할 정도로 매우 높은 실정이다. 이외에도 교통사고를 시간대별로 비교해 볼 때 야간 교통사고가 심각한 수준에 이르고 있다. 교통사고의 원인은 인적요인·차량요인·도로환경요인으로 구분할 수 있으며, 곡선부 사고는 주로 운전자의 기계조작 미흡의 인적요인과 선형 정보를 제대로 전달하지 못하는 도로환경요인의 복합적인 작용으로 발생함을 알 수 있다. 특히 도로선형이 양호하지 못한 곡선부의 도로환경과 선형변화에 따른 운전자의 심리적 부담감은 곡선부 교통사고에 직접적인 영향을 주는 주요 요인이 된다. 또한 야간 교통사고는 도로조명이 적절하지 못할 때 증가되는 경향이 있고, 차량이 도로 밖으로 이탈하는 사고는 시선유도시설의 부재로 인한 대표적인 사고의 유형이라 할 수 있다. 곡선부의 교통사고와 인적피해를 줄이기 위해 운전자의 안전운행을 유도하고 교통소통 증진과 도로상의 안전을 도모하는 도로안전시설의 설치가 시급한 실정이다. 이에 선형불량 등 곡선부의 위험요소를 보완하기 위한 시선유도시설(Delineators)의 설치기준이 요구되어진다. 곡선부에서 운전자의 시선을 유도하기 위한 시설은 시선유도표지(Delineator), 갈매기표지(Chevron Alignment Sign), 표지병(Raised Pavement Marker)이 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 상대적으로 넓은 반사면을 가지고 있기 때문에 곡선부의 선형 변화에 대한 정보를 가장 효율적으로 전달하는 시설물인 갈매기표지와 차량의 차로이탈 및 차로침범 예방시설물인 표지병을 대상으로 설치기준에 대해 검토하고 운전자의 시각행태 및 차로침범을 고려하여 안전하고 효율적인 설치기준을 제시하고자 한다.



<그림 1> 연구수행 흐름도
<Fig. 1> Flow Chart

2. 연구의 내용 및 방법

갈매기표지의 경우 편도 2차로 도로를 기본으로 하였으며 설치위치는 ‘우로 굽은 도로’는 중앙분리대, ‘좌로 굽은 도로’는 우측 도로변으로 제한하였고, 곡선부의 시거는 양호한 것으로 가정하였다. 또한 차로폭(3.5m)과 차로수(편도 2차로)를 고려하여 차량의 위치, 즉 운전자의 위치는 1차로와 2차로의 중앙에 위치한 차선으로 하였으며 ‘좌로 굽은 도로’의 경우 갈매기표지는 중앙분리대로부터 9m(차로폭3.5m×2+길이깨2m) 바깥쪽에 설치함을 원칙으로 하였다.

표지병은 지방부의 중앙선이 분리되지 않은 양방향 2차로 도로를 기본으로 하였으며 직선부와 곡선부의 중앙선에 설치하도록 하였다. 본 연구에서는 차량의 중앙선 침범 및 도로이탈을 고려하여 표지병의 설치간격에 관한 기준을 정립하고자 한다.

<그림 1>은 전반적인 연구수행 흐름도이다.

II. 기존 연구문헌 고찰

1. 시선유도시설 설치기준

1) 갈매기표지

갈매기표지의 설치위치는 차도 시설한계의 바깥쪽 가장 가까운 곳에 설치한다. 일반적으로 길이깨 가장자리로부터 0~2m 되는 곳에 지형에 맞게 설

<표 1> 갈매기표지의 설치간격(m)

<Table 1> Installation Interval of Chevron Alignment Sign

곡선반경	설치간격	곡선반경	설치간격
50 이하	8	246~320	25
51~80	12	321~405	30
81~125	15	406~500	35
126~180	20	501~650	38
181~245	22	651~900	45

치한다. 도로에 너무 근접하여 설치한 경우에는 차량 등에 의한 손상이 생길 우려가 있으므로 이를 신중히 검토하여 설치한다 [1]. 갈매기표지의 설치간격은 도로의 곡선반경에 따라 식 (1)에 의해 결정된다.

$$S = 1.65 \sqrt{(R - 15)} \quad (1)$$

S : 설치간격(단위, m)

R : 곡선반경(단위, m)

2) 표지병

표지병의 설치간격은 <표 2>와 같다. 다만, 기하구조상 시계에 장애가 있을 때에는 연속적으로 4개 이상이 보일 수 있도록 설치한다[1].

현행 직선부의 표지병은 노면표시 설치기준에서 차선의 점선길이에 준하여 설치하도록 간격을 정하고 있다. 따라서 표지병 설치간격을 S라고 할 때, 직선구간에서의 각 도로별 표지병 설치간격은 다음과 같다[2].

- 시가지도로(8m) 1S=점선길이(3m)+빈공간(5m)
- 지방도로(13m) 1S=점선길이(5m)+빈공간(8m)
- 자동차전용도로(20m) 1S=점선길이(10m)+빈공간(10m)

<표 2> 표지병 최소 설치간격

<Table 2> Minimum installation interval of Raised Pavement Marker

구분	설치간격	비고	
직선부	시가지도로	1S(8m)	· 공학적 판단 가능
	지방도로	1S(13m)	· 공학적 판단 가능
	전용도로	1S(20m)	· 공학적 판단 가능
	편도1차로	S/2	· 도로구분별로 적용
곡선부	S/4 ~ S/2	· 반경의 크기에 따라 공학적 판단 설치	

2. 시선유도시설 설치기준의 문제점

1) 갈매기표지

현재의 갈매기표지 설치기준은 곡선반경의 크기가 같으면 교각의 크기에 상관없이 일정한 길이로 곡선장에 설치하도록 하고 있으나 갈매기표지는 상대적으로 넓은 반사면을 가지고 있기 때문에 동일 간격으로 설치하는 것은 비경제적이고, 갈매기표지의 간격이 작은 곳이나 곡선 시점부는 갈매기표지가 운전자의 눈에 증점적으로 밀집되어 보여 차량이 '벽 효과(Wall Effects)'로 인해 중앙선 쪽으로 이동하여 주행함을 밝혀냈다[3].

지금까지의 갈매기표지 설치기준은 운전자의 시각행태보다는 도로 선형의 설계요소를 주된 관심사로 고려하였으나 곡선부의 교통사고는 도로 선형뿐만 아니라 운전자에 의한 인적요인도 매우 중요하게 작용하므로 운전자 시각행태를 고려한 설치기준 또한 마련되어야 한다. 이와 같은 문제점을 해소하고 갈매기표지의 시인성과 기능을 향상시킬 수 있는 새로운 갈매기표지 설치기준이 필요하다고 제시하고 있다[4].

2) 표지병

직선부에서의 표지병 설치간격은 차선의 길이에 준하여 설치하도록 하고 있으며, 곡선부에서는 표지병의 시선유도 기능을 유지하기 위해 직선부와 같은 간격으로 보이도록 하여 그 연속성을 상실하지 않도록 해야 한다. 곡선부에서 직선부와 같은 간격으로 설치할 경우 작은 평면 곡선반경에서는 시각적으로 더 넓어 보이기 때문에 간격을 줄여줄 필요가 있고 도로의 곡선반경에 따라 S/4 ~ S/2의 범위에서 공학적 판단에 의거하여 설치해야 한다. 그러나 표지병의 설치기준은 정량화되어 있지 않고 설계자의 주관에 의해 설치하도록 하는 문제점이 있다. 이를 보완하기 위하여 표지병의 다양한 기능을 고려하여 정량화된 설치기준이 필요하다고 제시하고 있다[2].

3. 운전자 시인성 관련 연구

1) 노관섭(1997) [2]

교각이 7°를 넘는 평면곡선부에서는 갈매기표지가 시선유도표지에 비해 우수한 시선 유도 효과가 있으므로 교각이 7°가 넘는 곡선부에서는 갈매기표지 설치가 필요하다고 제시하고 있다.

2) 노관섭 등(1996) [5]

시인성(Visibility)이란 어떤 물체를 보고 명확하게 인식할 수 있는 정도를 나타내는 척도로서 물체 표면의 반사성능과 색상, 기후조건, 주위환경의 복잡도, 시설물을 바라보는 운전자의 심리적인 상태, 의지시각에 따라 차이가 있으며 도로교통에 필요한 시각정보를 나타내는 도로안전시설은 운전자가 시인성을 확보하여 표지의 내용을 신속하고 용이하게 이해할 수 있도록 설치해야 한다.

3) FHWA(1996) [6]

일반적으로 갈매기표지는 적어도 150m 전방에서 운전자가 볼 수 있는 기능을 가져야 하며, 운전자의 시야에 2개 이상의 표지가 들어와야 한다고 규정하고 있으나 현행 갈매기표지 설치기준의 곡선 시점부는 운전자 시각을 고려하였을 때 과도하게 밀집되어 오히려 혼란을 초래하는 것으로 보고하고 있다.

4) 정상철 등(1997) [7]

시각각도가 커지면 광안성이 감소하고 시선을 중심으로 3° 이내가 광안성이 우수하다. 또한 운전자의 시선을 중심으로 2.5° 이내에 자극을 주었을 때 운전자의 반응시간과 시인성이 높게 나타났다.

4. 차로침범 및 도로이탈 관련 연구

1) 경찰청(2000) [2]

표지병의 설치목적은 야간 또는 우천시에 운전자의 시선을 명확히 유도하여 교통안전 및 원활한 소통을 도모한다. 표지병의 기능은 노면표시의 재료 중 하나로서 중앙선, 노상장애물 표시 등을 보완하여 그 의미를 전달한다. 또한 설치예정 구간의 도로교통 여건 및 관련 시선유도시설과 관계성을 고

려하고 도로이탈 사고가 많은 지점에는 사전분석을 통해 길가장자리에 설치여부를 결정해야 한다.

2) 하태준 등(2003) [8]

표지병은 노면표시의 기능을 보완할 필요가 있는 곳에 설치토록 하나, 이에 대한 명확한 기준은 없다. 표지병은 청각, 촉각적으로 중앙선 침범을 경고하는 추가적인 기능도 수행해야 한다. 직선·곡선, 설계속도·곡선반경에 따른 표지병 설치간격에 대한 세부적인 연구가 필요하다고 제시하고 있다.

Ⅲ. 시선유도시설 설치방법 및 기준제시

운전자 행태의 주요 요소인 시인거리는 운전자의 의사결정시거(Decision Sight Distance)에 의해 결정되며, 본 연구에서는 시인거리를 정지시거로 계산된 값, 즉 설계속도가 80km/hr일 때 정지시거는 140m이므로 안전율을 고려하여 시인거리를 150m로 산정하였다. 곡선시점 150m 전방에서 운전자의 시각에 감지되도록 곡선부의 갈매기표지를 설치하고 운전자가 곡선부에 진입하는 순간 시각행태가 회전하는 방향으로 집중되므로 곡선부 진입 후에는 갈매기표지의 시인성이 직선부에서 보다 더욱 높아지는 것을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 차량 운전자가 직선부 도로를 주행하다 전방의 곡선부를 발견하고 곡선부의 선형요소를 미리 감지할 수 있도록, 운전자의 주시특성과 곡선부의 시각각도를 고려하여 갈매기표지 설치기준을 마련하였다.

1. 시선유도시설 설치방법

1) 갈매기표지 설치방법

가. 운전자 주시영역 특징

주간에 곡선 진입 전의 직선부 주시영역을 1.0으로 하였을 때, 야간 직선부는 0.5(주간 직선부의 50% 수준)로 나타났으며, 야간 곡선부는 0.2(주간 직선부의 20% 수준)로 나타났다. 이러한 결과가 도출된 배경으로, 야간 직선부의 경우는 조명시설의 미

<표 3> 운전자 주시영역 비교

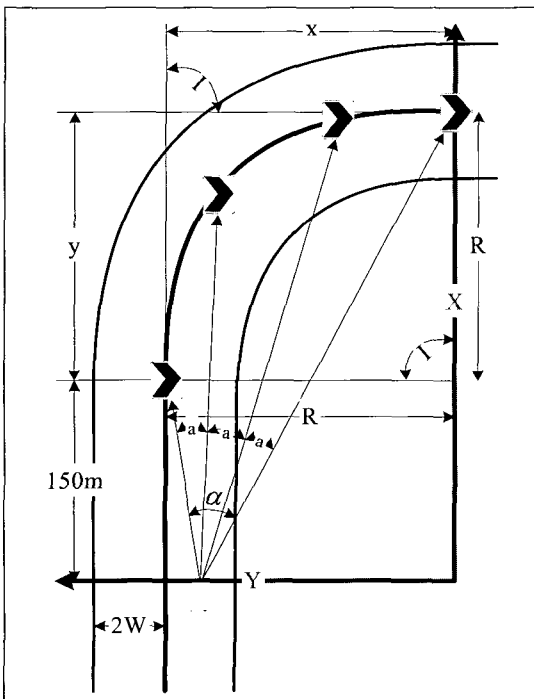
<Table 3> Driver 's vision range

주시영역		주시영역	평균 주시영역	비교
조건				
주간	곡선진입전 직선부	-15°~20°	30°	1.0
	곡선진입전 직선부	-5°~10°	15°	0.5
야간	곡선부후 진입	3°~10°	6°	0.2

비로 전조등 범위만 주시 가능하였기 때문이고, 야간 곡선부의 경우는 주시영역이 매우 좁고 동공의 활동성 또한 매우 낮기 때문인 것으로 판단된다[9].

나. 평면선형요소를 고려한 곡선부의 시각각도

평면선형요소를 고려한 좌·우로 굽은 도로 각각의 81개 곡선에 대한 곡선시점-운전자-곡선종점의 각도(α : <그림 2> 참조)를 계산한 결과 좌로 굽은 도로와 우로 굽은 도로의 평면선형요소별 차이는 0.1°이내로 거의 없는 것으로 나타났으며 <표 4>와 같이 곡선반경이 900m이고 교각이 90°인 곡선의



<그림 2> 곡선부 갈매기표지 설치
<Fig. 2> Installation of Chevron Alignment Sign

<표 4> 곡선시점-운전자-곡선종점의 각도(α)

<Table 4> Angle of beginning point of curve - driver's eye - ending point of curve

교각(°)	반경(m)								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
10	0.7	1.2	1.6	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.2
20	2.0	2.9	3.4	3.7	4.0	4.1	4.3	4.4	4.5
30	4.2	6.7	8.3	9.5	10.4	11.0	11.6	12.0	12.4
40	6.6	10.2	12.6	13.8	14.9	15.7	16.3	16.8	17.2
50	9.1	13.2	15.5	17.0	18.1	18.8	19.4	19.9	20.2
60	12.5	18.0	21.0	22.9	24.3	25.2	26.0	26.5	27.0
70	15.7	22.1	25.5	27.6	29.0	30.1	30.8	31.5	31.9
80	19.8	27.9	32.2	34.7	36.4	37.7	38.6	39.3	40.0
90	22.5	30.7	34.7	37.1	38.7	39.8	40.7	41.3	41.8

경우 α 는 약 42°로 나타났다.

또한 운전자의 광안성은 물체의 밝기, 주변과의 대비, 조명 정도, 그리고 물체와 운전자간의 상대속도 등에 의해 영향을 받게 되며 시각각도(Visual angle)가 커지게 되면 광안성이 감소하고, 물체를 가장 분명히 볼 수 있는 곳은 시선의 중심선을 기준으로 양방향 3° 이내로 나타났다.

중심선으로부터 양방향 약 10°까지는 물체를 비교적 양호하게 볼 수 있다. 이러한 관점에서 볼 때 교통관제시설은 운전자의 시선 중심선을 기준으로 하여 양방향 10°이내에 설치되어야 하며 인지-반응시간이 충분히 확보되는 지점에 설치하여야 한다.

“점진적 감소 모형”에서는 돌발적 자극 출현에 의해 발생하는 외인성 주의에 의한 시각 민감도 변화가 시각의 중앙점을 중심으로 일정 각도의 위치에 자극을 주었을 때 중앙점으로부터 멀어질수록 주의 효과가 감소하는 형태를 보이고 있다[10].

“외인성 주의 유도에 의한 시야의 시각 민감도 변화 실험”에서는 운전자의 시선을 중심으로 2.5°이내에 자극을 주었을 경우 운전자의 반응시간과 시인성이 높게 나타나는 것으로 제시하고 있다. 즉 갈매기표지의 설치각도는 운전자 시선을 중심으로 좌우 5°이내에서 인지할 수 있도록 해야 한다[7].

다. 갈매기표지 설치방법

<그림 2>의 우로 굽은 도로를 기준으로 하여, 평면곡선식과 갈매기표지 설치기준 각도와 곡선부의

갈매기표지 설치갯수를 고려하여 설치위치를 좌표식으로 나타낸 결과 식 (2), (3)과 같다. 단, 운전자의 위치는 곡선부 진입 150m 전방이고 편도 2차로 도로를 기준으로 1차로와 2차로의 중앙에 위치한 차선으로 하였다. 아래 식을 이용하여 갈매기표지의 설치위치에 대한 좌표값을 얻을 수 있다.

$$(x - 150)^2 + y^2 = R^2 \tag{2}$$

$$y = [3.5/150 - \tan(n-1)\alpha]x + (150 - 3.5) \tag{3}$$

n : n 번째 갈매기표지

α : 표지-운전자-표지 각도(갈매기표지 설치기준)

R : 곡선반경

2) 표지병 설치방법

<표 5>의 기준자동차를 이용하여 <그림 3>의 지방부 2차로 직선부와 <그림 4>의 지방부 2차로 곡선부의 도로이탈 과정을 살펴보았다. 침범각(Encroachment Angle)에 따라 도로중심선에 도달하기까지 주행거리와 도달시간은 <표 6>과 <표 7>의 결과를 얻을 수 있다. 주행속도는 지방부 2차로 도로의 설계속도인 60km/hr를 고려하였다. 그리고 주행중 돌발 상황시 운전자 회피 행동 분석에 관한 연구에서의 돌발조건에 대한 단순반응시간을 1.18sec를 이용하여 설치기준을 산정하였다[11].

가. 직선부

직선부 침범차량 좌측 앞바퀴 좌측궤적(LL : Left Line)의 좌표값을 구한 결과 다음 식 (4), (5)에 의해서 $x_1 = 24.71$ 이다.

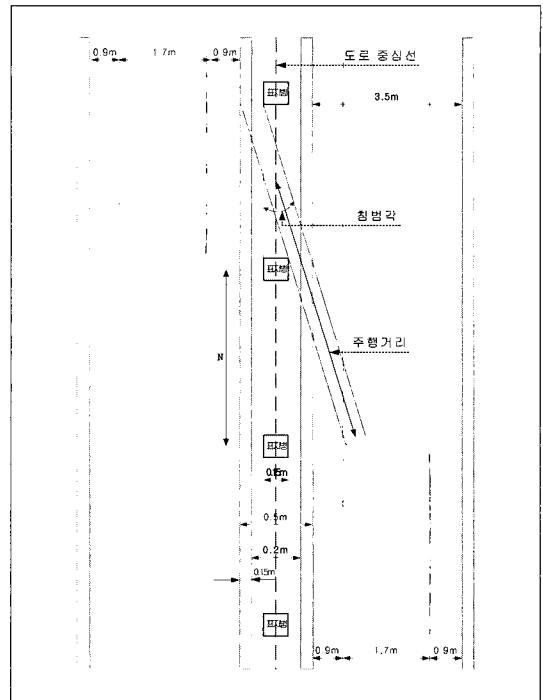
$$y = \tan 3.3^\circ x \tag{4}$$

$$y = 1.15 - 0.075 \tag{5}$$

<표 5> 기준자동차의 제원(m)

<Table 5> Element of standard passenger car

폭	길이	타이어 폭	타이어 직경
1.7	4.7	0.2	0.6



<그림 3> 침범차량의 직선부 도로이탈 과정
<Fig. 3> Road encroachment on tangent section

식 (4)는 직선부 침범차량 좌측 앞바퀴 좌측궤적을 <그림 3>의 좌표로 표현한 식이며, 3.3° 는 직선부의 임계침범각이다. 식 (5)는 표지병의 우측선을 <그림 3>의 좌표로 표현한 식이다.

직선부 우측궤적(RL : Right Line)의 좌표값 또한 식 (6), (7)에 의해서 구한 결과 $x_2 = 18.64$ 이다.

$$y = \tan 3.3^\circ x - 0.2 \tag{6}$$

$$y = 1.15 + 0.075 \tag{7}$$

식 (6)는 직선부 침범차량 좌측 앞바퀴 우측궤적을 <그림 3>의 좌표로 표현한 식이며, 3.3° 는 직선부의 임계침범각이다. 식 (5)는 표지병의 좌측선을 <그림 3>의 좌표로 표현한 식이다. 즉, 직선부 표지병 설치간격(S)은 식 (8)과 같다.

$$S = x_1 - x_2 + 0.075 = 24.71 - 18.64 + 0.075 = 6.14m \tag{8}$$

나. 곡선부

곡선부 침범차량 좌측 앞바퀴 좌측궤적(LL:Left Line)의 좌표값은 식 (9), (10)에 의해서 x_1, y_1 으로 계산된다.

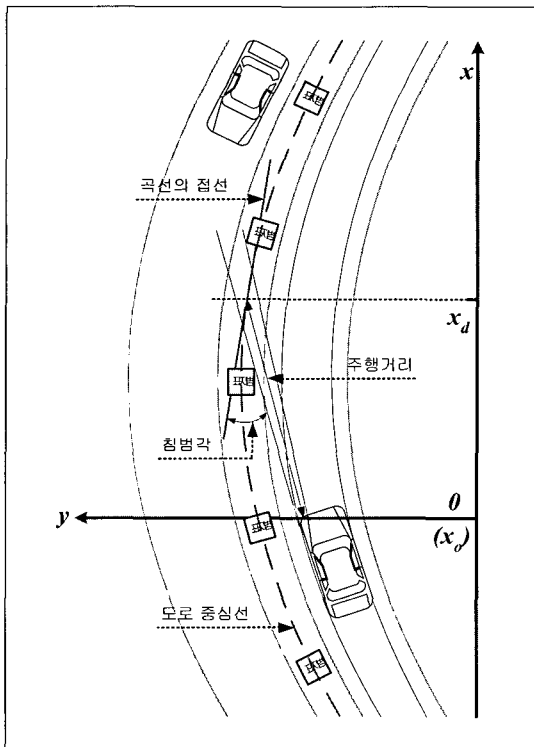
$$y = \tan\theta x + R - 1.15 \quad (9)$$

$$x^2 + y^2 = R^2 \quad (10)$$

식 (9)는 곡선부 침범차량 좌측 앞바퀴 좌측궤적을 <그림 4>의 좌표로 표현한 식이며, θ 는 곡선부의 임계침범각, R 은 곡선반경이다. 식 (10)은 원곡선을 <그림 4>의 좌표로 표현한 식이다. 곡선부 우측궤적(RL:Right Line)의 좌표값 또한 다음 식 (11), (12)에 의해서 x_2, y_2 로 계산된다.

$$y = \tan\theta x + R - 1.15 - 0.2 \quad (11)$$

$$x^2 + y^2 = R^2 \quad (12)$$



<그림 4> 침범차량의 곡선부 도로이탈 과정
<Fig. 4> Road encroachment on curve section

식 (11)은 곡선부 침범차량 좌측 앞바퀴 우측궤적을 <그림 4>의 좌표로 표현한 식이며, θ 는 곡선부의 임계침범각, R 은 곡선반경이다. 식 (12)는 원곡선을 <그림 4>의 좌표로 표현한 식이다.

곡선부 표지병 설치간격은 평면선형요소별 임계침범각, 표지병 폭을 고려하여 x_1, y_1, x_2, y_2 의 좌표값 계산치를 이용하여 산정한다.

차로의 중앙에 위치한 차량이 임의의 침범각으로 주행하다 도로중심선을 이탈하기 시작하고 그 주행시간동안 반응하지 못할 경우, 도로중심선을 이탈하여 대향차로의 차량과 충돌하게 되므로 차량이 단순반응시간 1.18sec 이하의 시간에 도로중심선에 도달하는 침범각은 충돌각으로 간주해야 한다. 표지병은 사고발생을 방지하기 위한 시설물로서 운전자가 단순반응시간 안에 반응할 수 있도록 임계침범각을 고려하여 설치간격을 결정하여야 한다.

직선부의 경우 3.3°일 때 중앙선 도달시간이 1.20sec로 단순반응시간 1.18sec 이상의 값이므로 3.3°를 임계침범각으로 결정하였다. 곡선부의 경우 곡선반경에 따라 300m 이하의 경우 1.0°, 300m에서 600m까지는 2.1°, 600m 초과에서는 2.6°를 임계 침범각으로 결정하였다. 또한 곡선부 중 좌로 굽은 도로는 차량의 주행방향에 의해서 우로 굽은 도로보다 중앙선 침범확률이 매우 적으므로 본 연구에서는 우로 굽은 도로를 기준으로 표지병 설치간격을 제시하였다.

2. 시선유도시설 설치기준 제시

1) 갈매기표지 설치기준 제시

운전자의 시각을 고려한 갈매기표지의 설치각도 (갈매기표지-운전자-갈매기표지 : α)를 산출한 결과는 곡선부 주야간 주시영역, 평면선형별 시각각도, 운전자의 광안성 및 시인성을 증진시키는 범위를 고려하여 <표 8>과 같이 산정하였다. 곡선반경과 교각이 커짐에 따라 곡선의 출현에 대한 인지성과 갈매기 표지의 시인성은 높아지며 교각이 30°에 이르렀을 때의 α 는 10°내외로 한국도로공사의 교통관제시설의 설치 권장영역에 준하며, 교각이 60°를 넘어서면 α 의 변화 폭이 감소함을 알 수 있다. 또한

곡선반경이 300m까지는 α 가 급격한 변화를 보이며, 600m까지는 비교적 완만한 변화를 보이고 600m 이상에서는 거의 일정한 것으로 나타났다. 갈매기표지의 시인성은 $1^\circ \sim 2.5^\circ$ 에서 우수한 시인성을 보이는 것으로 나타났고, 최대 설치간격이 운전자 시각각도를 기준으로 2.5° 로 야간의 운전자 평균주시영역인 6° 에 2개 이상이 설치되므로 운전자의 갈매기표지 시인성도 우수한 것으로 나타나 갈매기표지 설치기준은 안전하고 효율적이라 할 수 있다.

더불어 운전자의 시인거리인 곡선 진입 전 150m 지점에 좌로 굽은 도로 표지(교통안전표지 106)와 우로 굽은 도로 표지(교통안전표지 106-1)를 설치하고 곡선 시점 전방 50m지점에 갈매기 표지를 추가로 설치한다.

2) 표지병 설치기준 제시

가. 직선부

지방부 2차로 도로의 기하구조, 주행속도, 그리고 단순반응시간을 고려하여 임계 침범각 3.3° 를 결정하였다. 3.3° 의 침범각으로 도로를 이탈하는 차량의 좌측 앞바퀴에 표지병이 영향을 미칠 수 있는 거리는 6.1m로 나타났다. 즉 지방부 2차로 도로 직선부의 표지병 설치간격은 6.0m(S) 이하로 하여야 한다.

나. 곡선부

지방부 2차로 도로 곡선부의 곡선반경별 임계 침범각을 고려하여 침범차량의 좌측 앞바퀴에 영향을 미칠 수 있도록 식 (9), (10), (11), (12)를 이용하여 계산한 결과 곡선부 표지병 설치간격은 <표 9>와 같이 나타났다.

곡선반경별로 임계침범각은 1.0° , 2.1° , 2.6° 로 선정되었고, 임계 침범각을 기준으로 곡선반경 300m

<표 8> 갈매기표지 설치각도 기준
<Table 8> Criterion of installing Chevron Alignment Sign(angle)

곡선반경(m) 교각($^\circ$)	$R \leq 300$	$300 < R \leq 600$	$600 < R$
$I \leq 30^\circ$	1°	1°	1°
$30^\circ < I \leq 60^\circ$	1.5°	1.75°	2°
$60^\circ < I$	2°	2.25°	2.5°

<표 9> 곡선부의 침범각을 고려한 표지병 설치간격
<Table 9> Installation interval of the Raised Pavement Marker on curve section

곡선반경(m)	임계침범각($^\circ$)	설치간격(m)
100	1.0	2.21
200		3.05
300		3.59
400	2.1	3.78
500		4.11
600		4.39
700	2.6	4.32
800		4.48
900		4.62

<표 10> 표지병 설치기준
<Table 10> Criterion of installing Raised Pavement Marker

기하구조조건		설치간격(m)	비고
직 선		6.0	S
곡 선	$R \leq 300$	2.0	S/3
	$300 < R \leq 600$	3.0	S/2
	$600 < R$	4.0	2S/3

이하에서는 2m, 300m에서 600m까지는 3m, 600m 초과 곡선반경에서는 4m의 설치기준을 마련하였다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

갈매기표지 기준 산정시 운전자의 시각각도와 시각행태를 고려하여 곡선 시점부의 갈매기표지 밀집현상을 해소하였고 $1.0^\circ \sim 2.5^\circ$ 의 설치각도를 제시하여 운전자의 반응시간과 시인성이 우수한 $2.5^\circ \sim 3.0^\circ$ 보다 적으므로 광안성, 시인성, 반응시간은 우수하고 야간 평균주시영역인 6° 에 2개 이상 설치가 가능하므로 시인성이 우수하다. 또한 평면선형요소를 고려하여 설계시 갈매기표지 설치의 용이성을 증진시킬 수 있다고 판단된다. 표지병에 있어서는 도로의 종류와 기하구조를 반영할 수 있는 구체적인 설치기준을 마련하는 계기가 되었다. 또한 운전자가 직선부와 곡선부에서 차로의 침범이나 도로의 이탈을 감지하고 이에 반응할 수 있도록 설치기준을 정립하였다.

2. 향후 연구과제

향후 갈매기표지에 있어서 도로의 종류별로 차로수와 차로폭을 고려한 설치기준에 대한 연구가 필요하다. 그리고 현행 갈매기표지 설치기준과 본 연구의 새로운 설치기준에 대한 운전자 시인성 및 반응도에 대한 비교/평가를 수행하여 갈매기표지 설치기준의 적정성 및 안전성을 고려한 설치기준을 선택해야 한다. 표지병에 있어서는 지방부 2차로 도로만을 기준으로 하였으므로 추후 연구에서는 다차로 도로 등 도로의 종류에 따른 설치기준 연구가 필요하다. 또한 차량의 침범과 동시에 야간, 우천시 시선 유도를 위한 설치기준을 제시하여 노면표지의 기능을 수행할 수 있는 기준 제시가 요구된다.

또한 기후조건 등 도로환경요인에 따라 운전자에게 시선유도시설 간격이 다르게 인지될 수 있으므로, 도로의 환경 특성을 고려한 시선유도시설 설치기준의 정립이 요구된다.

현재의 시선유도시설은 차량의 전조등에 의한 반사식 표지가 대부분이다. 그러나 설치각도나 위치에 따라 적절한 기능을 발휘하지 못하는 경우가 발생한다. 따라서 향후에는 내부조명식 표지를 설치할 경우 운전자에게 시인성을 높일 수 있으므로 이에 대한 개발이 요구된다.

곡선부에서 과속으로 접근하는 차량을 통제하기 위해 전자·통신체계와의 연계를 통한 곡선부 과속 접근 경고용 감응형 안전시스템 개발이 요구되며, 안개 및 우천시를 대비하여 곡선부 동적 시선유도 시스템을 개발하여 시선유도시설의 내부조명의 밝기를 제어하여 곡선부를 알릴 수 있도록 전자·통신분야와의 접목을 통한 신개념의 시선유도시설의 개발이 요구된다.

참고문헌

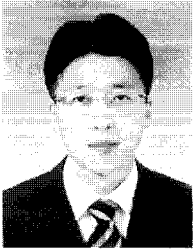
- [1] 건설교통부, 도로안전시설 설치 및 관리지침, 시선유도시설 편, 2002.
- [2] 경찰청, 교통안전시설실무편람, 2000.
- [3] 노관섭, 도로의 시선유도시설 형태에 따른 운전자의 시인성 분석 연구, 서울시립대학교 박사학위논문, 1997. 2.
- [4] 권혁찬, 시인성을 고려한 교통안전표지의 설치 관리 방안, 충북대학교 석사학위논문, 1998. 8.
- [5] 노관섭, 김용석, 최재성, “갈매기표지의 개선을 위한 현장시험평가 연구,” *대한교통학회지*, 제 14권, 제3호, pp. 143~154, 1996. 9.
- [6] FHWA, *Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD)*, 2000.
- [7] 정상철, 현주석, 정찬섭, “외인성 주의 유도에 의한 시야의 시각 민감도 변화,” *한국인지과학회지*, 제 8권, 제4호, pp. 63~75, 1997. 12.
- [8] 하태준, 박제진, “지방부 2차로 도로의 중앙선 침범 예방시설물 설치기준 개발에 관한 연구,” *대한교통학회지*, 제20권, 제7호, pp. 59~67, 2002. 12.
- [9] 김홍상, 금기정, 김명수, 박영진, “교통안전 증진을 위한 국도 곡선부에서의 운전자 시각행태 분석,” *대한교통학회지*, 제20권, 제3호, pp. 7~16, 2002. 6.
- [10] 윤서현, 이은경, 이근희, 금기정, “고속도로 IC 램프 유출구간에서의 운전자 시각 행태 특성 연구,” *대한토목학회 논문지*, 제21권, 제3-D호, pp. 255~263, 2001. 5.
- [11] 박원규, 주행중 돌발 상황시 운전자 회피 행동 분석, 목원대학교 석사학위논문, 2002. 6.

저자소개



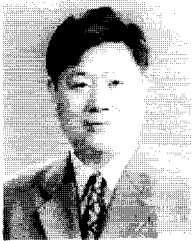
박 제 진 (Park, Je-Jin)

1996년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (공학사)
1999년 2월 : 전남대학교 토목공학과 도로/교통공학 전공 (공학석사)
2003년 2월 : 전남대학교 토목공학과 도로/교통공학 전공 (공학박사)
2003년 3월 ~ 2006년 1월 : 전남대학교 공업기술연구소 선임연구원
2006년 2월 ~ 2006년 10월 : 국토연구원 교통연구실 책임연구원
2006년 11월 ~ 현재 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원



박 태 훈 (Park, Tae-Hoon)

2003년 2월 : 전남대학교 토목공학과 (공학사)
2003년 3월 ~ 2004년 8월 : 전남대학교 토목공학과 도로/교통공학 전공 (공학석사)
2004년 9월 ~ 2006년 2월 : 전남대학교 토목공학과 도로/교통공학 전공 (박사수료)
2004년 9월 ~ 현재 : 전남대학교 공업기술연구소 연구원



하 태 준 (Ha, Tae-Jun)

1984년 2월 : 동국대학교 토목공학과 (공학사)
1990년 2월 : Ohio State Univ. 토목공학과 (공학석사)
1994년 4월 : Univ. of Wisconsin-Madison 토목공학과 (공학박사)
1999년 2월 ~ 현재 : 전남대학교 토목공학과 부교수