

시선유도시설의 성능 비교 연구

A Comparative Study on Performance of Delineation Systems

전우훈* · 조혜진**

Jeon, Woo Hoon · Cho, Hye Jin

1. 서론

1970년대 이후부터 시작된 급격한 경제성장으로 인해 국민소득이 높아지면서 자동차 수요도 폭발적으로 증가하였다. 70년도의 국내 총 자동차등록대수는 12만 8천여대였으나 2003년에는 무려 1,450만대를 초과하고 있으며, 자동차 보유추세를 외국과 비교해 보면 70년을 100으로 할 때 미국과 영국의 경우 2002년에 각각 203이었고 일본은 2003년에 329였으나 우리나라는 2003년에 11,396으로 나타나 거의 110배 이상 증가한 것으로 나타났다. 이러한 자동차 보유대수의 증가는 사회적인 비용(교통사고, 대기오염, 교통혼잡 등)을 유발하고 있으며 특히 교통사고는 인명과 밀접한 관계가 있어 심각한 검토가 요구되고 있다. 교통사고를 줄이기 위한 노력은 교통안전 기본계획을 위시하여 많은 정책이 시행되고 있고 실제로 교통사고 사망자수가 2000년을 기점으로 감소하고 있는 추세이다. 그러나 야간의 교통사고는 주간과 비교할 때 오히려 증가하고 있는데 주야별 교통사고를 보면 1990년에 35.5%이었던 야간 사고가 2000년에는 39.0%, 2003년에는 40.7%로 주간에 비해 증가하고 있다. 야간 교통사고는 과속 등 많은 요인으로 인해 발생하지만 시설 측면에서는 도로조명과 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 적정한 도로조명이 이루어질 때 야간 교통사고는 감소하나 과도한 설치 및 운영 비용으로 인해 특히 지방부 이하의 도로에서는 설치가 용이하지 않다. 따라서 이를 대신하여 도로의 선형정보를 제공하는 시선유도시설이 보편적으로 이용되고 있으며 저렴한 비용과 간단한 설치로 인해 대부분의 도로에서 폭넓게 이용되고 있다. 그러나 현 「도로안전시설 설치 및 관리 지침」에 제시되어 있는 시선유도시설의 설치방법이 각 시설별로 규정되어 있어 많은 구간에서 각 시설이 중복되어 설치되어 운전자에게 혼란을 주고 있다. 그러므로 본 연구에서는 시선유도시설 중 세 가지 시설(시선유도표지, 갈매기표지, 표지병)에 대해 인지거리와 측방위치를 측정하여 직선부와 곡선부에서의 각 시설별 특성을 분석하고 요구되는 시설을 제시하고자 하였다.

2. 평가 방법

본 연구에서는 시선유도시설의 성능을 비교하기 위해 1)시설의 설치 지점과 운전자가 시설을 인지한 위치까지의 거리를 나타내는 인지거리와 2)운전자가 주행시에 도로의 가장자리를 따라 어느 정도의 여유폭을 가지고 주행하는 가를 나타내는 측방위치를 현장에서 측정하고 분석하였다.

2.1 인지거리 측정

시선유도시설의 성능은 일반적으로 시설에 부착되어 있는 반사체의 반사성능이 주로 사용되나 실제 도로구간에서는 자동차의 매연, 먼지, 흙탕물 등에 의해 반사체가 오염되거나 훼손되어 최초의 반사성능을 가지기는 대단히 어렵다. 또한 반사성능이 우수하다 하더라도 설치간격 및 위치 등의 설치방법에 의해 실제 운전자가 인지하게 되는 시선유도시설의 성능은 크게 달라지게 된다. 인지거리는 시설이 설치된 지점으로부터 운전자가 시

* 정회원 · 한국건설기술연구원 · 연구원 · 공학석사 · E-mail:cwphoon@kict.re.kr - 발표자
** 정회원 · 한국건설기술연구원 · 수석연구원 · 공학박사 · E-mail:hjcho@kict.re.kr

설을 인지하게 되는 지점까지의 거리로서, 국외에서는 Zwahlen(1995) 등이 새로운 시선유도 관련 시설의 평가 방법에 널리 쓰이고 있다. 본 연구에서의 대상시설은 지침에 규정되어 있는 시선유도시설 중 시선유도표지와 갈매기표지, 표지병에 대해 인지거리를 측정하였다. 이를 통해 지금까지는 반사체의 반사성능만으로 시설의 성능을 제시하였으나 실제 주행 중에 운전자가 시설을 인지하는 거리를 분석함으로써 현장에서 적절한 성능을 보이는지의 여부를 판단하고 각 시설별 특성을 분석하고자 하였다.

2.2 측방위치 측정

측방위치에 의한 평가방법은 운전자가 직선부와 곡선부에서 도로의 가장자리를 따라 어느 정도의 여유폭을 가지고 주행하는가를 측정하여 안전성을 평가하는 방법으로서, 인지거리 측정방법과 함께 시선유도시설의 적정성을 평가하는데 가장 일반적으로 사용되는 방법이다. 따라서 본 연구에서는 시선유도시설의 효과평가 방법으로 측방위치에 의한 평가방법을 선택하였다. 측방위치가 직선부와 곡선부에서 어떤 행태가 안전성이 높은 것인지에 대한 판단은 다소 어렵다. 따라서 본 연구에서는 야간 주행실험에 앞서 주간 주행실험을 시행하였으며, 주간 측방위치를 일반적인 도로구간의 측방위치로 가정하였고 이를 기준으로 시설의 효과를 평가하였다.

3. 현장 실험

3.1 실험 개요

현장 실험은 인지거리와 측방위치의 측정을 위해 GPS가 장착된 차량을 이용하였다. 실험에 사용된 구간 연장은 총 1,236m이며, 측방위치의 측정을 위해 시점과 종점을 포함하여 14개 지점의 위치정보를 수집하였다. 본 실험을 시행하기 위해 필요한 실험구간 조건은 다음과 같이 설정하였다. ① 피실험자가 적절한 속도(최대 80kph)를 유지할 수 있어야 함. ② 기하구조의 특성을 분석하기 위해 직선부와 곡선부가 연결되어야 함. ③ 본 실험을 위해 설치되는 시료 외에는 유사한 시설이 설치되어 있지 않아야 함. ④ 피실험자의 안전을 위해 다른 차량의 간섭이 없어야 함. 이러한 조건을 만족시키기 위해 도로안전시설이 설치되지 않은 개통직전의 일반국도 구간 중 일반국도 47호선 신설공사구간(경기도 포천시 일동면 기산리~도평리)을 선정하였으며, 기하구조 형태는 직선구간 - 곡선구간(R=500m) - 직선구간으로 구성되어 있다.

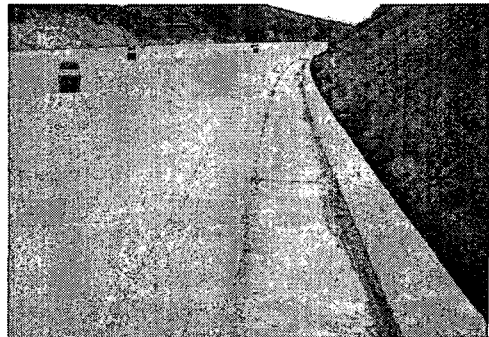
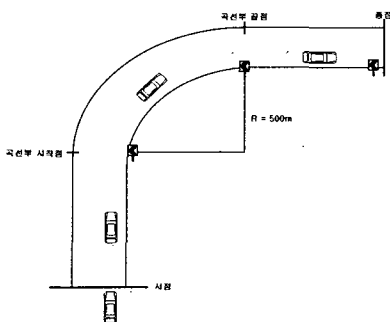


그림 1. 실험 대상구간 개요도 및 전경

실험대상 시설은 시선유도시설 중에서 도로의 선형을 유도하는 시선유도표지, 갈매기표지, 표지병을 본 실험의 대상시설로 선정하였다. 각 시료는 「도로안전시설 설치 및 관리지침」에 규정되어 있는 반사성능에 적합하도록 제작하였으며 야간 실험시에 설치위치 및 높이 등도 지침의 규정에 맞게 설치하였다. 피실험자는 양안시력 0.7 이상이고 운전경력 2년 이상을 기준으로 선정하였다. 실험에 참여한 피실험자는 총 10명이며 남녀 운전면허 소지비율과 근접하게 하기 위해 남자 6명 여자 4명으로 선정하였다. 실험장비는 운전자가 시선유도시설



을 인지하는 위치와 차량의 측방위치를 조사하기 위해 GPS가 탑재된 도로영상 수집차량을 이용하였다. GPS의 데이터에 대한 오차를 줄이기 위해 기준점에서 측정된 데이터에 포함된 오차와 기준점으로부터 떨어진 위치에서 실측한 데이터에 동일한 오차를 적용하여 보정하는 방식인 DGPS(Differential Global Positioning System)을 적용하였다.

3.2 실험방법

측방위치의 측정목적은 야간에 운전자가 시선유도시설이 설치되지 않았을 때와 설치되었을 때의 측방위치를 측정하여 일반적인 주행과 어떤 차이점을 보이는 지를 분석하여 시선유도시설의 효과를 평가하고자 함이다. 평가를 위한 측방위치의 기준을 마련하기 위해 피실험자들은 주간에 GPS 차량으로 실험구간을 평소 주행행태로 주행하였다. 야간실험은 시선유도시설이 설치되지 않은 상태에서 주행실험과 각 시선유도시설이 설치된 상태에서의 주행실험으로 구분되어 시행되었다. 인지거리를 위한 시료의 설치는 시점에서부터 620m 떨어진 곡선부 시작점에 시료1을 설치하였고 곡선부가 거의 끝나는 지점인 824m 지점에 시료 2를 설치하였으며, 종점 바로 직전 지점에 시료 3을 설치하였다. 인지거리 측정은 개별 시설별로 피실험자의 실험을 시행하였고, 피실험자는 시료가 인지되면 지점을 GPS 좌표로 저장하여 시료에서 인지지점까지의 인지거리를 계산하였다.

4. 실험결과 분석

4.1 시설별 인지거리 분석

시선유도표지의 인지거리 실험은 피실험자를 달리하여 직선부와 곡선부를 포함하여 총 9회, 갈매기표지는 12회, 표지병은 21회를 시행하였다. 실험현장의 특성과 각 시설의 설치기준 등이 상이하여 시설별로 실험횟수가 다르게 시행되었다. 각 시설별로 인지거리는 그림 2와 같이 갈매기표지가 가장 길고 표지병이 가장 짧은 것으로 나타났다. 이를 다시 기하구조 형태로 구분해서 살펴보면 그림 3과 같다. 기하구조 형태는 직선부, 곡선부, 직선부로 구성되어 있으며 선형의 변환점인 곡선부가 그림 5에서 보여지듯이 시선유도표지의 경우 4~6지점이 해당 되고 갈매기표지의 경우 5~8지점, 표지병의 경우 8~14지점이 해당된다.

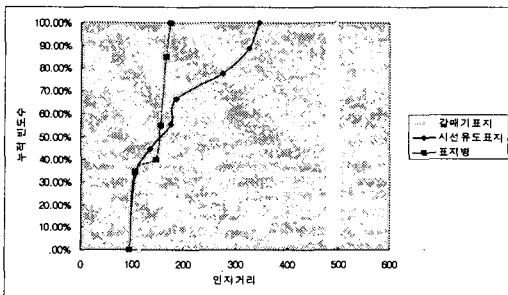


그림 2. 시설별 인지거리의 누적분포

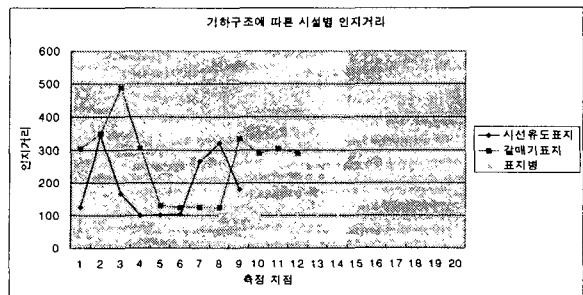


그림 3. 지점에 따른 시설별 인지거리

분석 결과 3가지 시설 모두 초반 직선부에서 긴 인지거리를 나타내다가 곡선부에서 짧아지고 다시 후반 직선부에서 길어지는 형태를 이루고 있는 것으로 나타났다. 이는 직선부의 경우 먼 거리에서도 시설이 인지되지만 곡선부의 경우에는 시거가 제약되는 선형의 특성으로 인해 시료에 근접할 때 인지가 가능하기 때문인 것으로 판단된다. 시설별로 인지거리를 분석해 보면 직선부와 곡선부가 거의 동일한 형태를 보이고 있는데, 갈매기표지가 가장 길고 시선유도표지, 표지병 순으로 인지거리가 나타나고 있다. 특히 표지병의 경우에는 시선유도표지, 표지병과 달리 인지거리에 큰 변화없이 일정한 수준을 나타내고 있다. 전체적인 인지거리의 수준은 직선부의 경우 반사체의 크기에 영향을 받은 것으로 보이며 곡선부는 거의 유사한 인지거리 수준을 나타내고 있다. 기하구조별로 시설의 인지거리를 비교하기 위해 표 1과 같이 평균 인지거리를 산출하였다.



표 1. 기하구조별 시설의 평균 인지거리(단위 : m)

기하구조	시설		
	시선유도표지	갈매기표지	표지병
직선부	233.0	-	158.86
곡선부	102.12	125.24	97.95

직선부에서 시선유도표지의 평균 인지거리는 233m로서 표지병의 128.86m보다 긴 것으로 나타났다. 직선부에서 시선유도표지의 최대 설치간격은 40m이고 표지병은 지방도로에서 13m 임을 감안할 때 시선유도표지와 표지병의 인지거리는 직선부에서 충분한 것으로 나타났다. 곡선부의 경우도 R=500m인 경우 시선유도표지의 설치간격은 22.5m이고 갈매기표지는 35m, 표지병은 6.5m임을 감안할 때 충분한 인지거리를 확보하는 것으로 나타났다. 따라서 직선부와 곡선부에서 각 시선유도시설의 인지거리는 충분한 것으로 나타났다. 또한 곡선부에서는 갈매기표지가, 직선부에서는 표지병보다 시선유도표지가 인지거리 측면에서 우수한 것으로 나타났다.

4.2 시설별 측방위치 분석

주간과 비교하여 야간에 각 시설이 설치되었을 경우에 시설별로 얼마만큼의 효과를 보이는지를 파악하기 위해 시설별로 야간에서의 측방위치를 비교하였다. 표 2는 시점에서부터 종점까지 각 시설별 측방위치를 보여주고 있으며, 이를 누적 빈도수로 도식화하면 그림 4와 같다.

표 2. 시설별 측방위치(단위 : m)

구분	시점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	종점	평균
표지병	1.89	2.15	2.57	2.96	2.80	2.69	2.70	2.35	2.24	2.34	2.43	2.58	2.92	3.69	2.64
시선유도표지	2.27	2.22	2.71	3.16	3.02	2.91	2.58	2.49	2.39	2.4	2.40	2.43	2.83	3.62	2.73
갈매기표지	2.26	2.38	2.77	3.07	3.03	2.88	2.60	2.35	2.38	2.41	2.44	2.83	2.98	3.74	2.77
주간	1.83	1.95	2.55	2.73	2.70	2.47	2.38	2.10	1.90	1.93	1.97	2.07	2.08	2.68	2.28

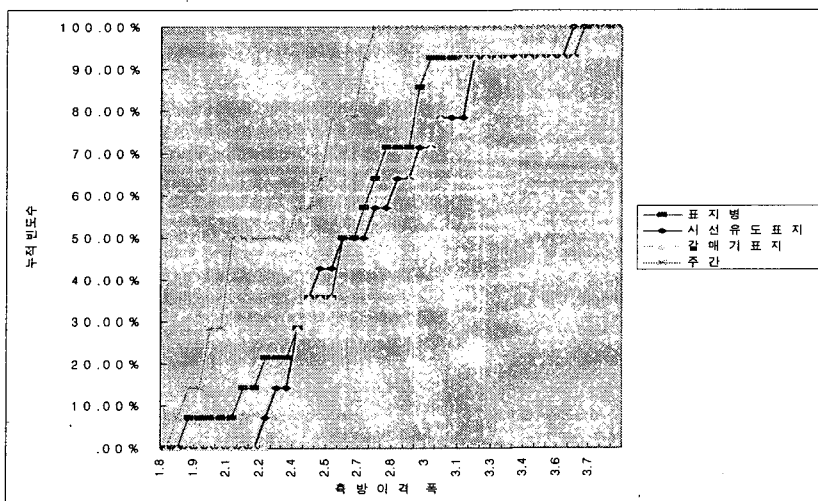


그림 4. 시설별 측방위치에 따른 누적 분포



분석 결과, 각 시설별로 조금씩 차이를 보이기 는 하나 측방위치에서는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 각 시설별 평균 측방위치에서도 최대 0.13m의 차이를 보일 뿐 시설별로 운전자의 주행에 큰 영향을 미치지 는 않았다. 이는 여러 개의 시설이 설치되는 실제 현장에 비해 다소 넓은 간격으로 설치된 점과 시설 자체는 운전자에게 영향을 끼치지만 시설간에는 큰 차이가 없는 것으로 보인다. 따라서 각 시설별 측방위치의 분석에서는 뚜렷한 차이를 발견하지 못하였다.

4.3 시설별 효과분석 결과

기하구조 측면에서 시선유도시설의 효과 비교를 위해 인지거리와 측방위치에 대한 비교를 시행하였다. 분석 결과 인지거리에서는 직선부에서 표지병보다 시선유도표지의 인지거리가 더 크며 곡선부에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 갈매기표지는 곡선부에서 가장 큰 인지거리를 나타냈다. 반면 측방위치에 대한 분석에서는 시설별로 큰 차이를 보이지 않았다.

실험결과에 따르면 직선부에서는 시선유도표지가, 곡선부에서는 갈매기표지가 각각 우수한 시설로 판단되었다. 반면 표지병은 인지거리와 측방위치에서 뚜렷한 성능을 보이지 못하였다.

표지병은 미국 MUTCD와 국내 「도로안전시설 설치 및 관리지침」에도 규정되었듯이 노면 표시의 대체용으로 사용되는 시설이며, 설치장소에 급곡선부, 터널, 차선의 감소, 불리 또는 합류구간 등 선형 유도 또는 도로환경 변화에 대한 운전자의 인식을 높일 필요가 있는 구간에 설치되어야 한다. 그러나 국내 다수 도로구간에서는 긴 직선구간에도 표지병의 설치가 일반적이거나, 표지병은 설치위치의 특성상 차량의 타이어와 빈번한 마찰이 발생하여 시설의 유지 및 보수가 어려워 시설성능을 유지하기가 어렵다.

본 실험분석결과에서도 표지병은 직선구간에서 시선유도표지보다 인지거리는 짧으며 선형유도의 척도인 측방위치 분석결과에서도 시선유도표지보다 유효한 성능을 보이지 않는 것으로 나타났다. 따라서 곡선부에서는 갈매기표지의 설치를 권장하며, 일반적인 직선구간에서 선형유도가 필요한 경우에는 시선유도표지를 우선적으로 사용하고 표지병은 추가적인 시선유도가 필요한 구간 또는 곡선부에서 시선유도표지와 갈매기표지의 보조시설로 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

5. 결론

본 논문에서는 시선유도시설 중에서 기하구조에 따라 어떤 시설의 설치가 필요한지에 대해서 검증하였다. 이를 위해서 문헌연구와 현장실험을 시행하였으며 기하구조에 따른 시설의 설치방안을 분석한 결과 직선부에서는 시선유도표지, 곡선부에서는 갈매기표지의 설치가 권장되었다. 표지병의 경우에는 추가적인 시선유도의 필요가 있는 구간에서 시선유도표지와 갈매기표지를 보완하는 시설로 사용하는 것이 바람직하다고 판단하였다.

본 연구는 거의 모든 도로구간에서 설치되어 운영되고 있는 시선유도시설에 대해 국내에서 처음으로 효과 및 적정성을 평가하였다. 또한 시선유도시설간에 중복설치로 인해 안전시설이 과다하게 설치되고 있는 문제점을 해결하기 위해 기하구조에 따라 각 우선설치 시설을 제시하였다. 본 연구의 의의는 시선유도시설의 기하구조에 따른 시설의 우선순위 결정방법을 제시한 것이다. 이러한 방법은 추후에 계속 개발되어질 시선유도시설에 대한 효과 측정 및 적정성을 측정하는 하나의 방안으로 사용이 가능하다.

이후에는 각 시설별 설치간격의 변화에 따른 운전자 영향과 기상상태에 따른 도로조건의 변화 등의 다양한 상황에 따른 실험을 통해 시선유도시설의 올바른 설치방법을 도출하고 이를 지침에 지속적으로 반영하여 운전자의 소중한 인명과 재산을 보호할 수 있도록 해야 할 것이다.



참고문헌

1. 건설교통부(2002) 도로안전시설 설치 및 관리지침 - 시선유도시설 편
2. 도로교통안전관리공단(2004) 2004년판 교통사고 통계분석
3. FHWA(1994) Roadway Delineation Practices Handbook
4. Cletus R. Mercier(1995) Evaluation of Proposed Minimum Retroreflectivity Requirements for Traffic Signs, In TRR 1495, National Research Council, Washington, D.C., pp.57-67.
5. Helmut T. Zwahlen(1995) Effects of Lateral Separation Between Double Center-Stripe Pavement Marking on Visibility Under Nighttime Driving Conditions, In TRR 1495, National Research Council, Washington, D.C., pp.87-98.
6. Frank D. Shepard(1990) Improving Work Zone Delineation on Limited Access Highways, In TRR 1254, National Research Council, Washington, D.C., pp.36-43.