

# 각종 도로조명 방식에 따른 선형유도 성능 평가 시험법 개발

(Development of Test Method for Performance Appraisal of Optical Guidance for Various Road Lighting System)

석대일\* · 이미애 · 김 훈

(Dae-Il Seok\* · Mi-Ae Lee\*\* · Hoon Kim\*)

\*강원대학교 \*\* (주)아이라이트

## 요 약

도로조명에서 선형유도는 교통과 관련하여 매우 중요한 질적인 요소이며 도로 주행 시 운전자에게 전방의 도로 형태를 미리 인지할 수 있도록 도와준다. 본 논문에서는 개발 중에 있는 낮은 조명 방식과 가로등 조명 방식에서 선형유도 성능을 평가할 수 있는 시험법을 고안하였다. 이후 20대와 60대의 피험자를 선발하여 평가 시험을 실시할 예정이다.

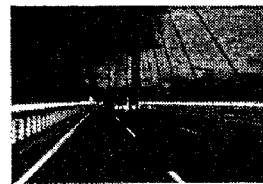
## 1. 서 론

선형유도, 또는 시선유도는 도로 사용자에게 연속된 도로에서 도로의 진행 방향과 차량 속도에 따른 안전거리까지의 운행할 차량의 상황을 분명하고 즉각적으로 인식할 수 있는 모든 방법의 복합체로 정의하고 있다.[1] 운전자가 도로를 안전하게 주행하기 위해서는 전방 도로의 선형 변화와 분합류의 상태를 미리 인지할 필요가 있다. 도로에 설치된 구획선 또는 시선유도 표지와 함께 적절히 설치된 도로조명 시설은 야간뿐만 아니라 주간에도 우수한 시선유도성을 갖는다. 반면, 조명기구가 부적절하게 배치된다면 도로의 선형 인지와 관련하여 운전자에게 착각을 일으키기도 한다.

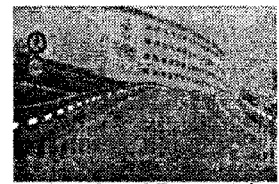
본 논문에서는 현재 개발하고 있는 도로 난간의 낮은 높이에 연속으로 설치되는 LED 도로조명기구에 의한 조명 방식과 기존의 가로등 조명 방식에서 선형유도 성능을 비교 평가하기 위한 시험법을 고안하였고, 실내 시험실을 구성하였다. 이후 20대와 60대의 피험자를 선발하여 평가 시험을 실시할 예정이다.

## 2. 이론적 고찰

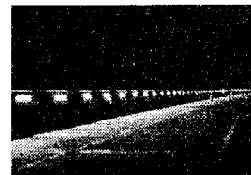
일본에서는 약 10여 년 전부터 농작물 침해, 낮과 밤의 경관적인 해결책으로 고관등을 사용하고 있다. 프랑스의 Thom에서도 낮은 위치에 설치되는 조명기구를 개발하여 여러 지역에 설치, 운용 중에 있다. 국내에서는 현재 LED를 이용한 라인 형태의 조명기구가 개발 중이며, 형광램프를 이용한 조명기구와 광파이프를 이용한 조명기구가 설치되어 있다.



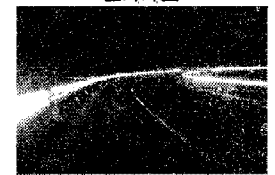
(a) 일본 효고현 히카시고베 대교



(b) 프랑스 샤를 드골공항 고가차도



(c) 보청교에 설치된 형광램프 기구



(d) 킨텍스IC에 설치된 광파이프 도로조명

그림 1. 국내외 설치 사례

도로조명에서 조명기구에 의한 선형유도는 교통과 관련하여 매우 중요한 질적인 요소로 받아들여지고 있다. 선형유도 성능을 증진시키기 위해 추천되는 조명배치 방식이나 부가적인 시설물 등에 대한 설치 권고는 제안되고 있지만, 성능 평가에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 시험법 고안을 위해서 관련 연구들을 찾아 보았다.

조명기구는 우선적으로 정렬을 통하여 선형유도를 도울 수 있다. 도로의 전망된 상에 나타나는 뚜렷한 모든 선들은 '도로의 방향으로 생각될 수 있으며, 따라서 도로의 모습에서 광원의 열에 의하여 나타나는 선들은 "조명배치 정렬"로 간주할 수 있다. 양호한 선형유도를 위한 첫째 조건은 도로의 진행과 조명배치 정렬이 잘 어울리는 것이다.[1]

J.B.de Boer는 선형유도 측면에서 안전 속도에 의해 결정되는 거리에 걸쳐서 도로나 차선의 형태를 명확히, 즉각적으로 파악할 수 있어야 한다고 하였다.[2]

운전자는 굴곡진 도로를 주행할 때 두 가지 관점인

“near-point”와 “far-point”를 이용한다. “near-point”는 곡선부가 근접해 있을 때 진행 차선을 유지하기 위해 근거리를 바라보는 것이고, “far-point”는 곡선부가 멀리 있을 때 미리 예측하여 다음 행동을 취하기 위해서 먼 지점을 바라보는 것이다.[3]

### 3. 시험실 구성

#### 3.1 시험실 설계

시험실은 플리커 평가를 수행하였던 실내 시험실의 구조를 일부 변경하였다. 그림 2는 시험실의 구성도를 보여준다.

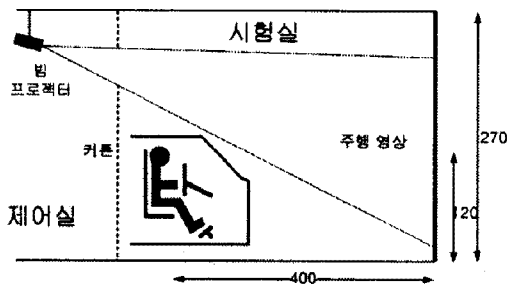


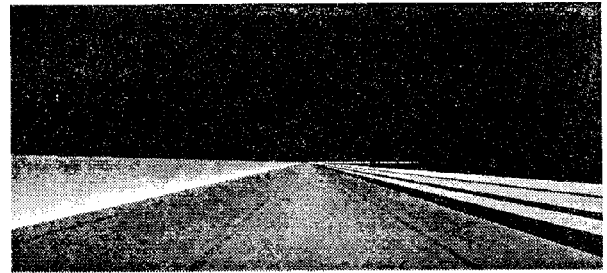
그림 2. 시험실 구성도

모의 차량에 탑승한 피험자는 실제 주행하는 것처럼 느끼도록 주행 영상을 제작하여 빔프로젝터로 보여준다. 영상을 보여주는 전면 벽에는 백색의 스크린을 설치하였다. 선행되었던 시인성 평가나 플리커 평가에서처럼 장애물을 인지하는 것이 아니기 때문에 노면의 휘도나 대비 등이 중요하지 않으며, 따라서 영상이나 스크린에 의한 휘도 변화를 크게 감안하지 않아도 된다. 단지 조명기구의 설치 방식과 조명 방식에 의한 시선유도 성능을 평가하기 때문에 스크린은 백색으로 결정하였다.

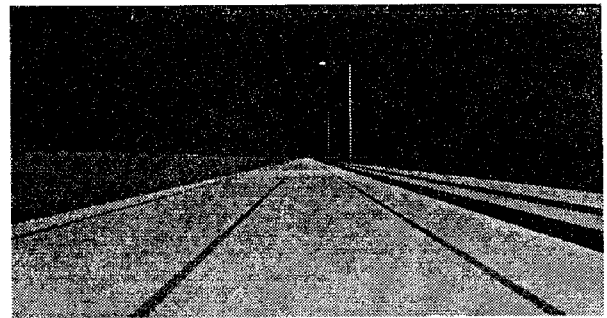
#### 3.2 주행 영상 제작

평가에 적용하기 위한 주행 영상을 제작하였다. 영상은 실제 주행하는 듯한 느낌이 들도록 동영상으로 제작하였으며, 단순한 형태의 도로 형상을 모델링하고 시뮬레이션 프로그램인 Lightscape에서 가로등과 개발한 조명기구의 IES 파일을 불러들여 렌더링을 한 후, 동영상 변환 프로그램을 이용하여 최종적인 주행 영상을 제작하였다. 조명 방식에 의한 시선유도 성능을 평가하기 위한 것이므로 시선유도에 영향을 줄 수 있는 도로의 시설물이나 주변 지형물 등은 영상에서 배제하였다. 직선 도로와 곡선 도로로 구성되어 있으며, 가로등 조명 방식과 난간에 설치되는 조명 방식에 대한 주행 영상은 각각 24가지이다. 주행 속도는 60km/h로 가정하였으며, 모든 주행 영상에서 직선로 구간은 거리가 동일하다. 곡선 도로 구간은 각 영상마다 곡선 반경이 다르고, 굽

은 방향이 다르다. 그림 3은 모델링을 거쳐 렌더링을 한 도로의 영상이다.



(a) 난간에 설치되는 조명 방식



(b) 가로등 조명 방식

그림 3. 제작된 테스트 영상

#### 3.3 도로와 조명기구 제원

테스트 영상에 반영된 도로는 조명 방식만 다르고 가로등의 경우와 난간에 설치되는 조명의 경우 모두 동일한 도로 형상을 갖는다. 표 1은 테스트 영상에 적용된 도로의 제원을 보여준다.

표 1. 도로 제원

차선 폭	3.5 m
차선 수	2 차선
갓길	진행방향 우측 : 2 m 진행방향 좌측 : 1 m
총 도로 폭	10 m
가드레일 높이	0.8 m
중분대 높이	1.5 m
도로 길이	약 1.5 km

일반적인 고속도로를 모의하였으며, 직선 도로 한 개 구간과 곡선 도로 한 개 구간을 포함하고 있다.

곡선부 도로의 반경은 50m~300m 범위에서 50m 간격으로 선정하였다. 굽어진 방향은 좌측과 우측이며, 굽은 정도는 피험자가 구두로 응답하기 용이하도록 시침 방향과 동일하게 설정하였다. 그림 4는 도로의 굽은 방향과 굽은 정도를 보여주는 것이다.

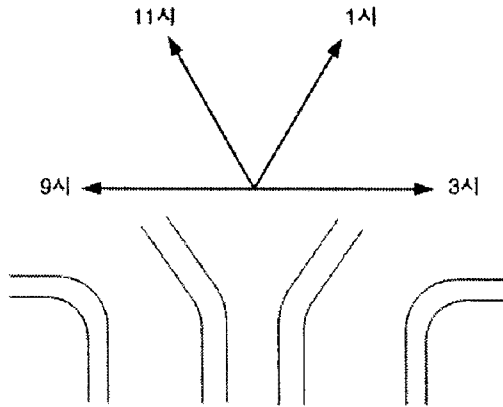


그림 4. 곡선 도로의 굽은 방향과 굽은 정도

시뮬레이션에 적용한 조명기구의 IES 파일은 가로등의 경우 노면 휘도  $2\text{cd/m}^2$ , 균제도 0.5의 성능을 내 주는 기구의 IES 파일을 이용하였고, 난간에 설치되는 조명기구의 IES 파일은 현재 개발 중인 기구의 IES 파일을 이용하였다. 영상에 적용된 조명기구의 설치 제원은 표 2에 나와 있다.

표 2. 조명기구 설치 제원

	가로등	난간에 설치된 조명
설치 높이	12m	0.9m
설치 간격	40m	0.5m
배치 방식	한측 배열(오른쪽)	한측 배열(오른쪽)
오버행	2.5m	0

### 3.4 측정 시스템 구성

다양한 주행 영상을 제공하고, 피험자가 곡선부 도로를 인지하는 순간의 반응 시간을 측정할 수 있어야 한다. 그림 5는 측정 시스템에 대한 블록도이다.

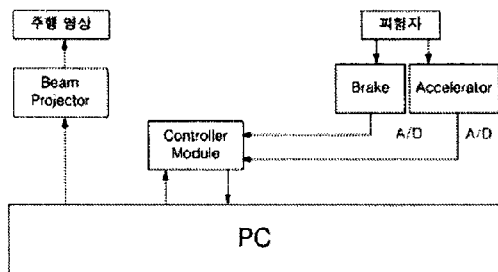


그림 5. 측정 시스템 구성 블록도

피험자에게 시험 조건에 해당하는 주행 영상을 보여 준다. 모든 영상의 직선 도로 구간은 거리가 동일하다. 직선로를 주행하다가 전방에 곡선 도로를 인지하는 즉시 피험자는 제동 페달을 밟는다. 페달을 밟는 순간의 시간은 controller에 의해 PC에 저장된다.

## 4. 평가 방법과 절차

### 4.1 생리적 평가

평가를 수행하는 피험자는 20대 남성 20명과 60대 남성 10명을 선발할 계획이다. 피험자들은 운전면허증을 소지해야 하며, 운전 경력 2년 이상이고, 교정 시력이 1.0 이상이어야 한다.

피험자는 2인 1조로 구성되며, 각 피험자는 가로등 조명 상황과 낮은 위치에 설치된 조명 상황의 두 가지 시험을 수행한다. 피험자에게 시험 조건은 랜덤으로 제공된다. 피험자는 차량에 탑승하고 시험 시작과 동시에 가속 페달을 밟는다. 동시에 주행 영상이 실행되고, 직선 도로를 주행하다가 전방의 곡선 도로를 인지하는 즉시 피험자는 제동 페달을 밟는다. 동시에 구두로 곡선 도로의 굽은 방향과 굽은 정도를 응답한다. 제동 페달을 밟는 순간의 시간 데이터는 PC에 저장되며, 반응 시간과 구두 응답의 결과로써 생리적 평가를 수행한다. 반응 시간은 안전거리 밖에서 곡선 도로를 인지했는지 여부를 판단하며, 구두 응답은 곡선 도로의 형태를 정확히 파악했는지 여부를 판단하는 데 이용된다.

### 4.2 심리적 평가

피험자가 전방의 곡선 도로를 인지함에 있어서 어떤 조명 방식이 더 용이하고, 선형유도 성능이 뛰어난 지 평가하기 위해서 생리적 평가와 함께 심리적 평가를 수행한다. 피험자의 주관적인 심리 반응을 “없음”과 “매우 높음” 사이를 단계적으로 세분화하여 평가하도록 하기 위해 리커드 척도(Likert Scaling) 평가법을 이용한다.

피험자는 각 시험이 종료하고 나면 다음 피험자와 교대를 하고 평가지를 작성한다. 평가지는 2가지이며, 하나는 피험자가 평소 운전을 할 때 시선의 변화나 습관을 알아보기 위한 항목으로 구성된 평가지와 또 다른 하나는 리커드식 척도법을 이용하여 평가하는 것으로 각각의 문항에 대해 “없음(0점)”, “낮음(1점)”, “조금 낮음(2점)”, “조금 높음(3점)”, “높음(4점)”, “매우 높음(5점)”의 단계를 부여하여 평가하는 것으로 구분된다.

표 3. 심리 평가지

문항	없음 (0 점)	낮음 (1 점)	조금 낮음 (2 점)	조금 높음 (3 점)	높음 (4 점)	매우 높음 (5 점)
1. 곡선 도로를 인식하는 것이 용이한 수준은?						
2. 곡선 도로 진입 시 안전하다고 느낀 정도는?						

주관적인 판단에 의한 평가이므로 생리적 평가와 함

께 심도 있는 분석이 요구된다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 현재 개발하고 있는 도로 난간의 낮은 높이에 연속으로 설치되는 LED 도로조명기구에 의한 조명 방식과 기존의 가로등 조명 방식의 차이로 인한 선형유도 성능을 비교 평가하기 위한 시험법을 고안하였다. 평가를 수행할 수 있는 실내 시험실을 구성하였고, 시험을 위한 주행 영상을 제작하였다.

모의 주행 상황을 기반으로 반응 시간과 인지 여부의 정확도를 판별할 수 있는 생리적 평가 방법과 피험자의 주관적인 느낌을 토대로 심리적인 평가를 할 수 있는 방법을 고안하였다.

이 후 20대와 60대의 피험자를 선발하여 평가 시험을 실시할 예정이다.

본 연구는 국가교통핵심기술개발사업의 일환인 “다기능 라인조명시스템 기술 개발(3차년도)”의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] “옵티컬 가이드스(Optical guidance)”, 이진우, 한국조명전기설비학회지, 특집:도로와 터널조명
- [2] “Public Lighting”, J.B. de Boer, 1967, Philips Technical Library, p.86
- [3] “A two-point visual control model of steering”, Perception, 2004, volume 33, p.1233~1248