

# 도로조명방식에 따른 운전자 시선 및 감성 특성 연구

(Study of Characteristics on Sight and Sensivities of Driver Depend on Road Lighting Methods)

김원식\* · 황인태 · 이미애 · 김 훈

(Won-Sick Kim · In-Tae Hwang · Mi-Ae Lee · Hoon Kim)

## 요 약

도로조명시설의 설치 형태에 따른 운전자의 시선변화와 신체변화를 연구하였다. 야간 운전시 도로 조명 등기구의 설치위치에 따른 운전자의 시선, 감성, 행동의 변화와 이의 상관관계를 조사하여 조명 조건이 운전자에게 어떠한 영향을 주는지 비교 측정하였다. 특히 라인형태의 낮은 조명이 운전자 시선의 영향여부를 중점적으로 분석하였다.

## Abstract

We studied drivers sight and physical status change by setup type of road lighting system. Influences on drivers emotional and motional change of lighting condition was investigated and function of road lighting setup position at night was analysed. Specially we analyzed influences of line type low hight lighting have influence on driver sight.

Key Words : Road Lighting, Driver Emotion, Driver Motion, Low Hight Lighting

## 1. 서 론

도로조명시설은 도로교통의 안전성 증대를 통하여 주·야간의 도로 이용자가 안전하고 불안감 없이 통행하고 도로 이용 효율의 향상을 도모하는데 설치 목적이 있다.

도로의 조명 방식은 등주조명 방식을 원칙으로 하나 도로의 구조, 교통 상황 등에 따라 하이마스트 조

명방식, 구조물 설치조명 방식, 커티너리조명방식 등으로 구분할 수 있다. 최근에는 난간이나 방호벽에 설치하는 도로조명 방식이 관심을 끌고 있으며, 이러한 새로운 방식이 운전자의 시선 및 행동에 영향을 주는지 측정하여 그 결과를 분석하였다.

## 2. 낮은 조명 설치 현황

### 2.1 국외 사례

일본에서는 약 10여 년 전부터 동식물에 대한 광해의 방지, 낮과 밤의 경관적인 해결책으로 라인조명(고란등)이 사용되어져 오고 있으며, 우리의 유사

\* 주저자 : 벽산엔지니어링(주) 도로사업부 부장

Tel : 031-701-5544, Fax : 031-708-8863

E-mail : wonsigee@hanmail.net

접수일자 : 2008년 7월 4일

1차심사 : 2008년 7월 7일

심사완료 : 2008년 7월 30일

한 교통여건을 가지고 있는 프랑스에서도 그르노블 대교 등의 고가차로에 낮은 조명을 사용하고 있다. 그림 1은 일본과 프랑스에서 사용되고 있는 라인조명 설치 사례로 특히 일본의 우카이대교의 도로조명은 운전자뿐만 아니라 보행자의 안전까지 고려하여 설치된 사례이다[1].

해외의 최초 라인 조명은 공항과 같이 유도등과 도로조명등의 혼선을 우려하여 라인형태의 낮은 조명을 도입되었으며 최근에는 경관, 광해, 시선유도 기능과 설치 및 유지 보수의 용이성을 고려하여 교량, 생태 보존지역, 자동차 전용도로에까지 설치되고 있다.



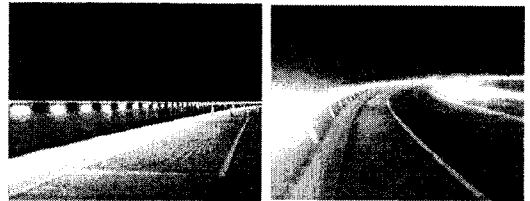
그림 1. 국외 라인조명적용사례  
Fig. 1. Examples of line lighting application oversea

## 2.2 국내 사례

국내에서 적용되고 있는 라인조명은 약 3~4년 전부터 개발되어 설계에 지속적으로 반영되어 왔으며, 여러 가지 실험을 통하여 제품의 기술적인 검토가 진행되고 있다. 특히, 도로 조명 개발은 여느 조명시설과 달리 도로안전을 위한 엄격한 기준 하에서 기능면에서의 면밀한 검토가 이루어져 하는 어려움이 있기 때문에 국내뿐 아니라 해외에서도 도로용 조명 개발에는 많은 시간과 기술력이 요구된다.

그림 2는 국내에서 적용된 사례로 형광등과 광파

이프를 광원으로 한 낮은 도로 조명의 설치 사례이다.



(a) 2007년 보청교에 설치된 도로조명 일반 형광등 라인조명 (b) 2004년 킨텍스IC에 설치된 도로조명 광파이프형 라인조명

그림 2. 국내 적용사례  
Fig. 2. Examples of line lighting application domestic

## 3. 선행연구 및 연구방법

### 3.1 선행연구

김주영(2006) 등은 운전자가 운전 중 받아들이는 정보의 80[%] 이상이 시·지각 정보일 정도로 운전자의 시·지각 활동의 변화는 매우 중요한 요소이며, 이를 근거로 터널구간에서의 운전자 반응과 차량주행특성에 대해 연구하였다[2]. 김홍상(2002) 등도 역시 원활한 운전성과 안전운전에 필요한 운전중의 외부 정보는 90[%] 이상을 운전자의 시각과 그 활동에 의존하기 때문에 운전자의 시각활동 특성을 파악하여, 교통안전 증진을 위한 운전자 시각행태를 분석하였다[3]. 김종일(2006)은 교통사고의 주원인을 운전자의 과실로 보고, 이를 해결하기 위한 방법으로 운전자의 상태를 파악하기 위한 비전 시스템을 이용하여, 운전자의 움직임 특히 머리 분석을 하여 운전자의 신체적 상태를 추정하였다[4]. 전용욱(2002)은 운전자의 생체신호를 측정하여 주파수 대역별 뇌파 분석, 자율신경계의 반응, 긴장-이완 상태 등 외부 자극에 대한 생리 변화를 관찰하고, SD법(Semantic Differential Method)을 이용한 감성형용사 평가를 통하여 platoon 내의 속도 및 간격을 평가하여 운전자의 수용성과 적합성에 대한 인가 공학적 평가를 하였다[5].

따라서 본 연구에서는 선행연구에서 사용된 시각,

## 도로조명방식에 따른 운전자 시선 및 감성 특성 연구

행동, 감성을 측정항목으로 선정하여 다양한 조명 조건에서의 운전자 특성을 파악하고, 인지 항목을 추가하여 실험 후의 설문 분석을 통하여 이를 검증하였다.

### 3.2 연구방법

본 연구를 위하여 다양한 형태의 도로 조명이 설치된 청원-상주간 고속도로를 시험 구간으로 선정하여 운전자의 행동 및 신체변화 측정을 위한 안구운동 및 머리움직임, 심박, GSR 측정장비를 구축하고 구간별 비교 분석을 위하여 GPS를 기반으로 한 위치분석을 수행토록 하였다[6]. 실험을 위한 피시험자 선정시 남녀별 운전면허 소지 비율을 고려하고 교통사고 통계상 사고 비율이 가장 높은 위험군인 운전경력 10년 이상인 대상을 선별하여 무조명 → 라인조명 → 무조명 → 폴조명 → 터널조명 → 폴조명 구간을 개별적으로 주행한 후 시선, 행동, 감성분석을 위한 생체 신호 측정과 설문조사를 수행 하였다[7].

또한 각각의 데이터를 정리하여 유의미 검증을 수행하였으며 상관도 분석을 통하여 행동 변화와 감성 변화 등의 관계를 비교, 분석하였다.

## 4. 현장시험

### 4.1 실험구간

실험구간은 폴 형태의 가로등 및 라인 조명이 설치된 도로를 대상으로 하여 조사한 결과 청원-상주간 고속도로를 최종 실험구간으로 설정하였으며 구간 주요 현황은 다음과 같다.

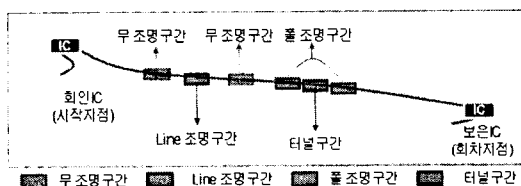


그림 3. 실험 대상 지점  
Fig. 3. Testing ground

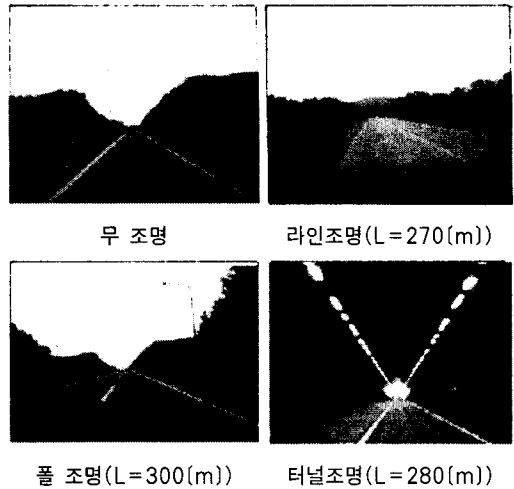


그림 4. 설치된 조명 종류  
Fig. 4. Types of installed lighting system(Day)

### 4.2 피시험자 선정

운전자의 안구운동, 머리움직임, 심박수 및 GSR 등 신체적 변화의 원활한 측정을 위하여 정신질환 및 자율신경계 이상이 있는 사람, 박동기를 착용하거나 안경 착용자, 렌즈 착용시 교정시력 1.0 미만인 사람 등은 제외하였다.

피시험자 선정시 운전경력 10년 이상인 사람을 대상으로 하여 10명을 선정하였고, 1995년 이후 운전면허 소지 비율을 조사하여, 남녀비율은 7 : 3으로 구성하였다. 또한 피시험자의 평균연령은 33세, 평균 운전경력은 12년, 평균 시력은 0.9였다.

### 4.3 실험장비

실험에 사용된 차량은 중형의 승용차로 모든 피시험자는 동일한 차량에 탑승하여 운전함으로써 차량의 종류에 따른 주행 시 시야확보와 주행속도에 관한 영향을 배제할 수 있도록 하였다. 시선 추적장치 (Arrington Research ViewPoint60 Eye Tracker)는 안구의 움직임을 포착하는 적외선 카메라와 외부의 시야 영상을 기록하는 외장형 소형 카메라를 활용하여 시선의 방향 변화를 측정한다. 이때 피험자들의 안구 움직임과 눈 깜빡임 등 시선에 관련된 기록과

시선화면이 저장되며, 시선의 좌우, 상하 위치와 주시선의 넓이, 시선산재도, 동공크기의 변화가 측정된다. 심장 박동수 측정기는 주행 중 단위 시간 당 심장이 몇 회씩 뛰는지를 분석하여 각 구간에서의 신체 상태를 알아보기 위한 장비로 특정 구간에서의 심박수 변화 파악이 가능하며, 운전자의 흥분도와 긴장도를 측정한다. 피부전위측정앰프(Galvanic Skin Response)는 신체긴장과 흥분정도 측정을 위해 왼손 약지와 새끼손가락에 착용하고 주행 중 얻어진 데이터 값으로 피부전도도의 변화를 파악한다. 머리 움직임 추적(6-DOF Inertia Head-Tracking system) 장치는 머리의 움직임을 6방향으로 나누어 측정하는 장치로 시선 추적장치와 함께 시선 분석에 사용된다. 마지막으로 GPS-USB module은 피험자의 위치 및 속도를 측정하여 주행속도 변화 및 조사 구간 구분의 기준으로 사용하였으나 GPS의 통신특성상 음영지역이나 터널내에서의 Data는 사용하지 않았다.



그림 5. 실험 측정 장비 구성  
Fig. 5. Testing equipment

#### 4.4 실험순서

실험은 2008년 2월 11일부터 12일 양일간 이루어졌다. 실험의 순서는 준비, 주행, 설문작성 3단계로 구성하였으며 준비단계에서 모든 피시험자에게 실험의 진행 사항과 주행구간에 대한 상세한 설명을 하며 시선추적 및 생체변화 측정 장비의 Calibration 과정을 거친다.

또한 실험전 운전자의 기초 감정과 긴장도에 관한 사전 설문을 작성하고 피시험자가 착용한 장비의 부적응을 최소화 하기 위하여 실험 전 실험구간을 왕복 1회하는 예비주행시험을 거쳐 본 시험을 수행하였다.

마지막으로 실험주행 완료 후 주행상황과 조명에 관한 설문을 통하여 조명시설물별 재인보고와 선호도 조사를 수행하였다.

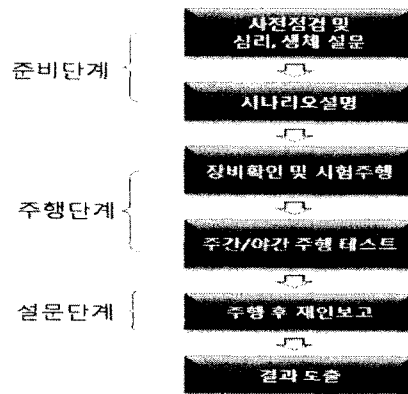


그림 6. 실험 순서  
Fig. 6. Testing order

#### 4.5 실험시나리오

실험구간은 라인조명, 폴조명, 터널조명, 무조명 구간으로 구분하여 예비 주행 시험을 포함하여 주간



그림 7. 조명조건에 따른 운전자의 시선, 감정 변화 실험 주행 시나리오(야간)  
Fig. 7. Driving experiment scenario (Night)

## 도로조명방식에 따른 운전자 시선 및 감성 특성 연구

2회, 야간 1회씩 왕복 주행하여 운전자의 생체 및 시 환경 변화를 측정하였다.

운행속도는 실험구간내 교통여건과 외부로부터의 운전자 영향을 최소화 하기 위하여 90[km/h]로 제한하였고, 주행차로인 2차로 주행을 원칙으로 하였다.

## 5. 실험분석

### 5.1 분석프로세스

주간 및 야간상황과 야간조명시설물별 운전자의 시선변화 및 행태, 신체적, 심리적 변화를 측정하여 조명환경의 변화가 운전자에게 어떠한 영향을 주는 지 그림 8과 같은 과정으로 비교분석하였다.

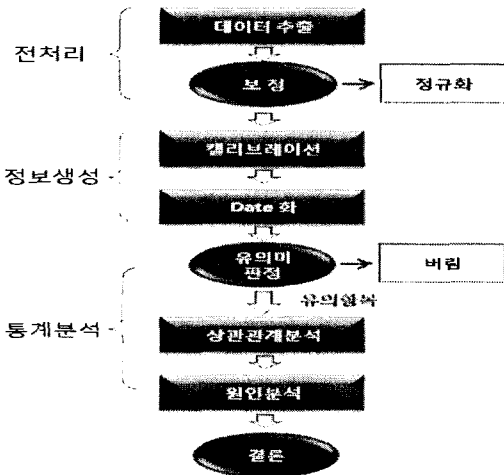


그림 8. 분석절차  
Fig. 8. Analysis system

### 5.2 분석내용

#### 5.2.1 시선분석

시선분석은 시선중첩분석과 동공크기 산정으로 구분하여 수행하였다. 시선중첩분석은 특정 구간에서의 시야 전경 및 시선의 위치를 중첩시켜 주시선의 위치와 주시선의 분포를 알아내는 것으로, 본 실험에서는 각 피험자에 대해 각 조명시설물 설치 구간별로 시야와 시선을 중첩하여 표현하였다. 구간

길이의 제한은 보청교에 설치된 형광등 광원의 라인 조명의 설치길이를 고려하여 약 300[m] 미만으로 결정하였다.

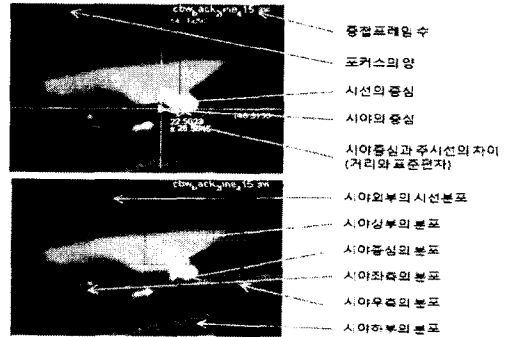


그림 9. 시선중첩 분석  
Fig. 9. Analysis of sight repetition

동공의 크기는 조명상태, 눈감박임, 일시적 흥분/흥미 등 다양한 요소에 의해 변화하며, 본 실험에서는 동공크기변화, 동공비율 등을 통해 각 구간별로 설치된 조명의 눈부심 여부를 판단하는 기준으로 선정하였다. 동공의 크기는 눈영상(eye camera)에서 이미지 프로세싱 방식을 통해 추출한 동공의 크기를 영상의 장축(long axis)에 대한 비율로 표현하며, 아래 그림과 같이 수치가 급격히 내려간 곳에서 눈을 깜박였다고 해석하였다.

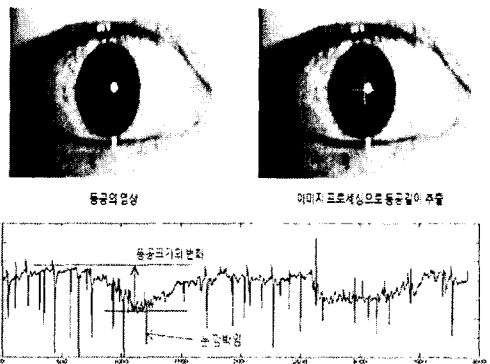


그림 10. 동공이미지로부터 동공크기 및 깜박임의 산출  
Fig. 10. Pupil Size and Blink from Pupil Image

#### 5.2.2 감성분석

감성분석은 피부전도도 분석과 눈감박임 분석으

로 구분하여 수행하였다.

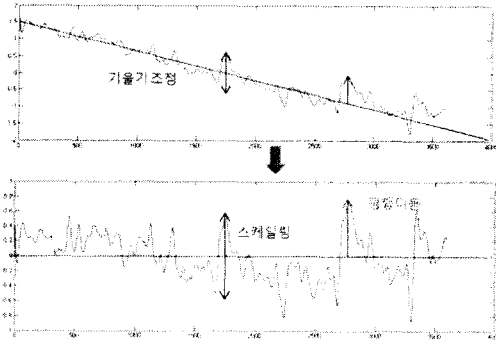


그림 11. GSR 신호의 정규화 과정  
Fig. 11. Normalization process of GSR sign

피부전도반응(GSR: Galvanic Skin Response)은 교감신경의 흥분/안정에 따라 변화하는 피부저항의 변화를 측정하는 것으로, 반응이 신속하며 직접적이므로 거짓말탐지를 비롯한 다방면에 응용되고 있다. 본 실험에서는 30[Hz]로 수집된 GSR 전위값([mV])을 정규화 및 보정을 통해 각 구간마다 구해진 평균값을 사용하였다. GSR은 특성상, 각 피험자의 전극부착상태, 외부환경(기온, 습도, 기압), 신체상태

(긴장, 피로, 식후/전)등에 따라 기준값(base line)과 변동폭이 달라지므로 이에 대한 정규화를 실시하였다[8].

눈깜박임 분석은 조명상태, GSR 등과의 상관관계 분석을 수행하고 Pupil daintier, Pupil Aspect Ratio의 방법 등으로 판정한다[9].

### 5.2.3 설문조사

설문조사는 실험전 피시험자의 정서, 긴장 여부 검사와 운전편의성, 주행환경에 대한 운전자의 재인 검사, 운전습관 등을 조사하였다.

운전편의성 검사는 운전자 피로도 관련 설문항목의 단순합, 운전자 긴장 관련 설문항목의 단순합, 운전자 만족도[눈부심, 순간 눈부심, 차선구분, 운전속도, 운전영향, 인지도]로 조작적 정의를 하였으며, 동일 가중치를 부여하였다. 운전시 주행환경의 편의성은 [시선확보여부, 속도유지여부, 운전도움 여부]로 조작적 정의를 하였고, 각 항목에 대하여 1:1:2의 비율로 가중치를 부여하였다. 운전시 주행환경에 관한 운전자 인지 조사의 각 항목은 7점 척도로 실험 구간을 나누어 질문하였고, 각 구간은 터널구간 조명구간(풀조명/라인조명), 무 조명구간으로 이루어

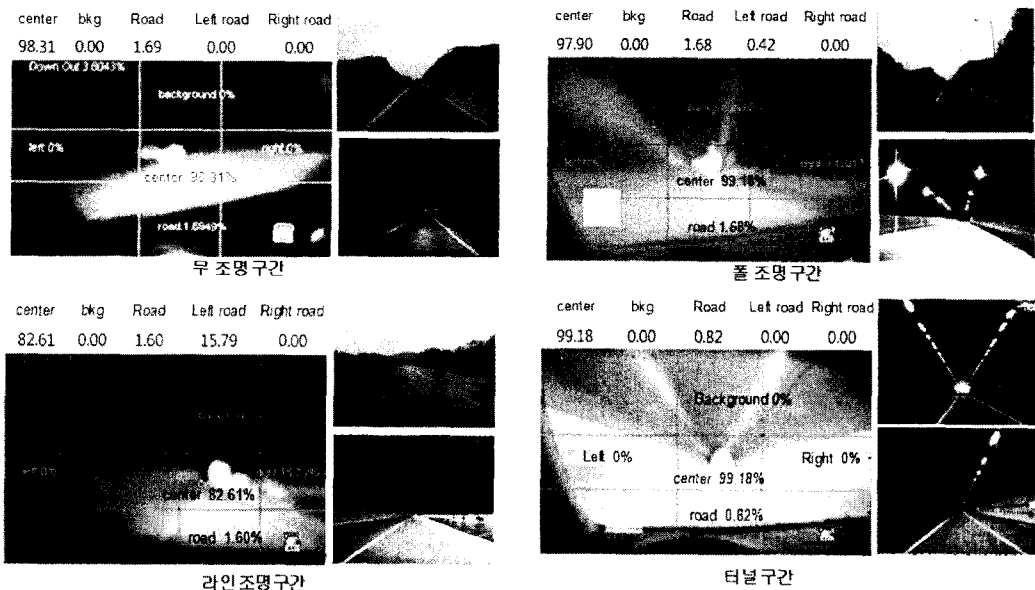


그림 12. 조명시설별 시선산재  
Fig. 12. Gaze Direction Ratio for each light sections

## 도로조명방식에 따른 운전자 시선 및 감성 특성 연구

지며, 구간별 만족도와 편의성에 대하여 설문하였다.

시험운전시 주행환경에 관한 운전자 재인 검사의 각 항목은 7점 척도로 이루어지고, 실험 주행시 평소와 다른 환경으로 인해 운전이 영향을 받았는지의 여부를 직접적으로 설문하여 이를 운전 용이성과 관련하여 조작적 정의를 하였다. 설문상세 기준평가내용은 사전에 제시된 실험운전에 대한 정보의 양이 충분하였는지 여부, 운전환경변화가 시선과 주행에 영향을 미쳤는지 여부, 운전환경에 대해서 피험자가 기억하는 바를 설문을 통해 알아 본 후 재인은 사진, 그림 제시 후 표시하거나 설문문항으로 기록하였다.

### 5.3 분석결과

#### 5.3.1 조명시설물별 시선산재도

조명시설물별 시선산재도를 보면 먼저 무 조명 구간과 터널구간에서는 중앙에 집중되는 경향을 띄는데, 무 조명구간에서는 선행차량을, 터널구간에서는 터널출구부로 시선이 집중되는 것을 알 수 있었다. 폴 조명 구간에서는 시선이 상하로 산재하였는데 이는 폴 조명의 높은 설치 높이 때문으로 해석되며, 라인조명에서의 우측 편재는 새로운 형태의 낮은 도로 조명에 대한 호기심 때문에 시선이 우측으로 분산된 것으로 해석된다.

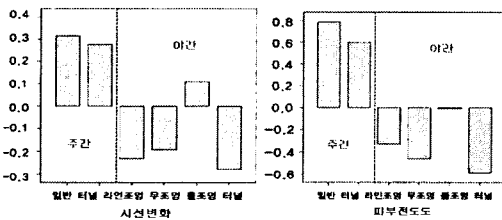


그림 13. 조명시설별 시선산재도와 피부전도도  
Fig. 13. Gaze Direction Ratio-GSR for each light sections

또한 시선변화에 따라 피부전도도가 정비례하는 강한 상관관계를 보였는데, 이로서 운전자의 시선변화와 감성이 조명 조건에 따라 다르게 반응한다는 것을 알 수 있었다.

각 조사 항목에 대한 유의미점정 결과는 다음과 같으며, 집단은 주간 일반구간 및 터널구간, 야간 가

로등구간, 야간 터널구간, 야간 무조명구간, 야간 라인조명구간의 총 6개 구간을 말한다.

표 1. 시선산재도 변화  
Table 1. Gaze Direction Ratio

구분	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률	
시선	집단간	4.946	5	0.989	0.989	0.428
	집단내	114.054	114	1.000		

표 2. 피부전도도  
Table 2. GSR

구분	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률	
시선	집단간	16.454	5	3.291	4.177	0.003
	집단내	42.546	54	0.788		

#### 5.3.2 조명시설물별 눈부심 정도

주행중 운전자의 안전과 직결되는 도로조명의 시각적 자극의 눈부심 정도는 각각의 도로조명시설구간에서의 눈 깜박임 횟수와 동공비율로 평가하였다. 눈 깜박임이 가장 많은 구간은 폴 조명구간으로 나타났다으며, 이는 점조명인 폴조명이 갖는 조명환경의 빈번한 변화와 이로 인한 주시점의 변화로 나타나는 현상으로 추정되며 연도변에 라인형태로 설치된 라인조명 구간에서는 눈깜박임이 가장 적어 대비되었다.

동공비율은 라인조명구간에서 가장 높게 측정되었으며 이는 등기구의 설치 높이(H=1.25[m])와 새로운 조명방식에 의한 호기심이 원인으로 추정된다. 다만 다른 조명과 라인조명과 수치의 차이가 크지 않고 유의확률도 낮아 결론 도출에는 다소 어려움이 있다.

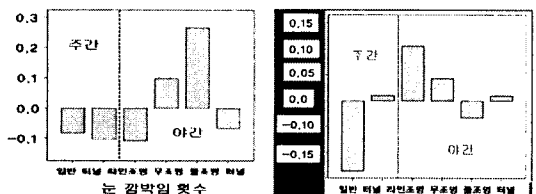


그림 14. 조명시설별 눈 깜박임 횟수와 동공크기변화  
Fig. 14. Blink-Pupil Size Change for each light sections

표 3. 눈깜박임 횟수  
Table 3. Blink number

구 분	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률	
시선	집단간	2.314	5	0.463	0.452	0.811
	집단내	116.686	114	1.024		

표 4. 동공비율  
Table 4. Pupil Ratio

구 분	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률	
시선	집단간	0.660	5	0.132	0.127	0.986
	집단내	118.340	114	1.038		

5.3.3 설문조사 결과

조명 시설별 편의성과 눈부심에 대한 설문조사 결과 편의성 측면에서는 라인조명이 가장 높은 점수를 받았으며, 뒤를 이어 터널, 폴 조명의 순서였으며, 무조명에 대한 편의성이 가장 낮게 평가 되었다. 또한 조명의 눈부심 정도에서는 무조명구간을 제외하고, 폴조명, 터널조명, 라인조명의 순으로 높게 평가 되어 동공비율과 시선산재도 측정결과 내용과도 일치 하였다.

이는 교량 난간 상단(H=1.25[m])에 설치된 등기구(기구높이 0.2[m])가 운전자 눈높이(H=1.0[m])보다 높아 생기는 것으로 기구의 배광방식의 개선이나 등기구 설치높이의 조정이 필요한 것으로 판단된다.

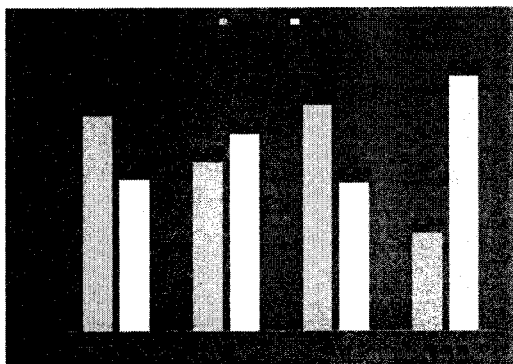


그림 15. 조명시설별 주행만족도  
Fig. 15. Driving Satisfaction for each Lighting Sections

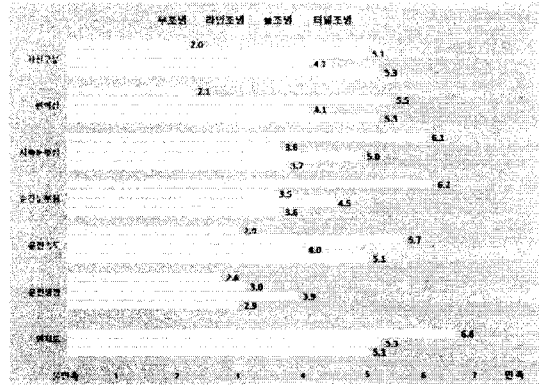


그림 16. 조명시설별 세부만족도  
Fig. 16. Detail Satisfaction in Lighting Sections

조명 시설물별 주행 만족도를 설문 조사한 결과 라인조명의 경우 차선 구분과 편의성, 운전속도, 인지도 측면에서 가장 높은 선호도를 보였으며 눈부심에 관한 항목에서는 가장 낮은 선호도를 보였다. 이는 운전자에게 라인조명이 갖는 위치 변화에 따른 각성과 실제 눈부심이 반영된 것으로 보여지나 전반적으로 평균 점수 이상으로 설문조사되었다. 라인 조명에 대한 만족도를 별도 설문 조사한 결과는 전체적으로 고른 만족도를 보였으나, '밝기의 적절성' 항목에서는 상대적으로 낮은 점수를 받았다. 또한 약천후시에 도움 정도를 예상하는 항목에서는 상대적으로 높은 기대감을 표시하였는데 이는 응답자들이 아직 라인조명의 밝기에 익숙하지는 않으나, 폴조명과 비교하여 낮게 설치된 등기구의 높이 특성과 밝기로 인해 약천후시에 도움을 기대하는 것으로 추정된다.

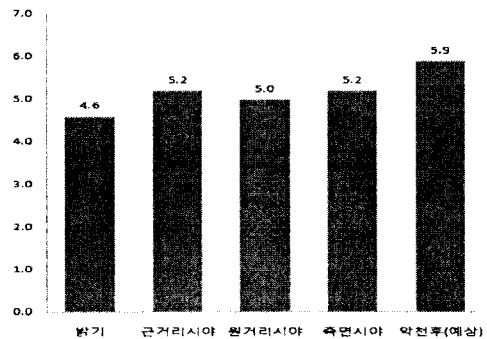


그림 17. 라인조명에 대한 주행 만족도  
Fig. 17. Driving Satisfaction for line lighting



## 6. 결 론

본 연구는 조명 조건에 따른 주행중 운전자의 시선과 감성에 대한 변화를 분석하여 각 조건별 조명 시설물이 운전자에 어떠한 영향을 주는지 조사하여 주행중 운전자에게 안전한 여건을 조성해 주기 위함이었으며, 결론은 다음과 같다.

1. 라인조명 구간에서 운전자들은 폴 조명에 비하여 안정된 정서를 느끼며 행동하고 균제도 역시 폴조명 구간에 비해 우수한 것으로 분석되었다.
2. 폴조명 구간에서 운전자의 시선은 상하로 산재되는 경향을 보였으며 라인조명 구간에서는 우편향적인 산재 경향을 보였다.
3. 운전자의 감성은 시선이 집중될수록, 조명이 안정될수록, 머리를 덜 움직일수록 안정되는 것으로 조사되었다.
4. 편의성 평가는 라인조명이 가장 높은 점수를 얻었으며 폴조명의 경우 가장 낮은 점수를 얻는 것으로 조사되었다.
5. 라인조명의 눈부심 평가에서 폴조명 < 터널조명 < 라인조명 순으로 눈부심이 크다는 설문결과를 얻었으며, 배광방식이나 설치 위치에 대한 보완이 이루어져야 할 것이다.

## References

- (1) 이미애, 고영준, 김훈, 황인태(2008), "도로용 라인조명 개발 방향에 관한 연구", 한국조명학회지.
- (2) 김주영, 홍승표, 이정윤(2006), "터널구간에서의 운전자 반응과 차량주행특성에 관한 고찰 II" 도로교통, 106호, 30-41.
- (3) 김홍상, 금기정, 김명수, 박영신(2002), "교통안전 증진을 위한 국도 곡선부에서의 운전자 시각행태 분석", 대한교통학회지 20권 3호, 7-16.

- (4) 김종일, "실시간능동비전을 이용한 운전자 신체적 상태 추정", 국민대학교, 석사논문, 2006.
- (5) 전용욱(2002), "AHS에서 platoon의 속도와 거리 변화에 따른 운전자의 생체신호와 감성평가", 아주대학교 석사논문.
- (6) 박재민, 임기용, 이상도(2000), "조명환경에 따른 시각감성변화의 인간공학적 평가", 대한설비관리 학회지, 5권 3호.
- (7) 박재범 외(2000), "운전자 생체신호 D/B구축 및 신호해석 S/W개발", 한국도로공사 도로연구소.
- (8) 전효정 외(2002), "자동차 시뮬레이터에서의 급출발 및 급제동에 따른 운전자 감성평가", 한국감성과학회지, 5권.
- (9) 황민철 외(2004), "자율신경계 반응에 의한 감성평가 연구, 감성과학 7권.

## ◇ 저자소개 ◇

### 김원식 (金元植)

1969년 12월 29일생. 1995년 단국대학교 토목공학과 졸업. 현재 벽산엔지니어링(주) 도로사업부 부장.

### 황인태 (黃仁太)

1960년 12월 14일생. 1986년 영남대학교 토목공학과 졸업. 2004년 중앙대학교 건설대학원 교통공학과 졸업(석사). 현재 벽산엔지니어링(주) 부사장.

### 이미애 (李美愛)

1963년 7월 13일생. 1963년 이화여자대학교 산업미술대학원 제품디자인 졸업(석사). 현재 (주)아이라이트 조명연구 소장. 국립서울산업대학교 조형대학 공업디자인과 겸임교수. 서울특별시 디자인위원회 위원. 본 학회 편수위원.

### 김 훈 (金 勳)

1958년 8월 6일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 2월 서울대 공대 전기공학과 졸업(석사). 1988년 서울대 공대 전기공학과 졸업(박사). 1993년 호주 국립대학 방문교수. 현재 강원대 공대 전기전자공학부 교수. 본 학회 부회장.