

낮은 도로조명 방식의 기구디자인 개발연구

(A Study of the Development of Lighting Equipment on Low Height Road Lighting)

이미애* · 황인태 · 김 훈

(Mi-Ae Lee · In-Tae Hwang · Hoon Kim)

요 약

본 연구는 도로의 조명 방식을 기존의 높은 폴 조명 방식에서 낮은 위치의 조명방식으로 새롭게 접근하여 도로의 내·외부 경관의 시 환경을 쾌적하게 하고, 장애 광(눈부심·후사 광)의 요소를 제거하는 환경 친화적인 조명 방식을 제시하고자 하였다. 도로경관이 중요하게 되고 있는 현 추세를 고려하여 경관적인 요소로서의 역할을 위한 미려한 디자인을 중심으로의 연구내용을 제시하였다. 이를 위하여 국내외 낮은 조명의 이용실태를 조사하고, 개선사항을 찾고자 하였으며, 보다 효율을 높일 수 있는 방안을 모색하였다. 또한 낮은 조명의 설치가 이루어지게 되는 도로의 주요 시설물에 대한 자료 및 현장조사를 통하여, 조명기구의 설치 표준을 제시하였고, 국내 실정에 적합한 낮은 조명의 개발방향과 조명기구 디자인의 방향을 제시하였다.

Abstract

This study is intended to propose the environment friendly lighting which can be excluded the element of obtrusive light(glare, spill light) and to make the sight environment of the external and internal road more comfortable as newly approaching the lower positioned lighting from the current high pole lighting. Taking account of the current situation of putting the stress on the road sight scene. It is proposed the study focused on the aesthetic design for playing a role of scenery. For this, it is searched used situation of the low light at interior of the country and abroad and tried to find the improvement. Also it is tried find out how to raise the effectiveness. And throughout the site inspection and the data searching about the road facility of a road to be installed the low height lighting, it is suggested the standard of the lighting installation and the direction for the future on the light design and development of the low height lighting which is suitable for the domestic situation.

Key Words : Road Lighting, Low Height Road Lighting, Line Lighting, Lighting Equipment

* 주저자 : (주)아이라이트 조명연구소 소장
Tel : 02-511-4835, Fax : 02-511-9840
E-mail : ilight2000@korea.com
접수일자 : 2009년 4월 9일
1차심사 : 2009년 4월 24일
심사완료 : 2009년 5월 4일

1. 서 론

그동안 도로조명은 운전자의 도로 주행 안전을 위한 목적만으로 사용되어 왔지만 근래에 들어 도시에서의 가로등은 도로의 주행 안전 목적 이외에 도시

낮은 도로조명 방식의 기구디자인 개발연구

경관에서의 랜드마크가 될 수 있는 매우 중요한 디자인적 요소로 자리 잡게 되었다. 그렇지만 지역의 상징물로서의 목적이 강조된 나머지 가로등 본연의 기능이 간과된 채 디자인되어 도시경관의 시각적 혼란을 가중시키는 사례를 많이 볼 수 있다. 이러한 측면에서 도로조명의 기능을 갖추면서도 시 경관을 해치지 않는 낮은 도로조명 방식이 새로운 조명시스템으로 주목받고 있다. 기존의 높은 폴의 조명 방식에서 낮은 위치의 조명방식으로 새롭게 접근함으로써 도로의 내·외부 경관의 시환경을 쾌적하게 하며, 경관조명 효과가 가능하고 장해광(눈부심·후사광) 요소가 제거된, 광해가 없는 환경 친화적인 조명기구가 될 수 있을 것으로 기대한다.

2. 낮은 도로조명 방식

도로조명이란 도로 운전자가 안전주행을 위한 목적으로 설치되는 도로 안전시설물이다. 낮은 도로조명방식은 기존의 높은 폴 형 가로등과는 다른 유형의 도로용 조명으로, 도로의 난간 측에 설치되어 낮은 위치에서 도로노면만을 비추는 조명방식이다. 따라서 기존의 높은 폴의 수직부재에서 벗어나 시경관이 쾌적하고, 조명도 차선측 방향으로 균제도가 좋다. 높은 폴 형의 일반 가로등과는 달리 도로 이외의 곳을 조명(후사광)이 비추지 않으므로 광침해가 없다는 장점을 가지고 있다.

2.1 경관적인 측면

지금까지의 도로조명은 높은 위치에서 넓은 면적을 비추주는 폴 형 가로등이 일반적인 형태였다. 에너지 절약과 함께 하나의 조명으로 넓은 면적을 비출 수 있어 경제적인 측면에서 유리한 점이 있으나 이러한 높은 폴 형 방식에도 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, 높은 위치에서 조명을 함으로써 운전자의 시야 안에서 눈부심을 만들어 내어 심할 때에는 순간적인 시각 불능현상까지 만들어내어 시각적 불편함을 만들어 낸다. 둘째, 일정간격으로 거리를 두고 설치되는 가로등이 만들어내는 노면의 얼룩으로 도로노면의 장애물을 인식하는

것이 어렵고, 도시의 중심부에 집합된 가로등은 주·야간 모두 복잡한 시환경을 만들어낸다. 인터체인지나 입체교차로에 설치된 가로등의 경우에는 더욱 더 시각적 혼란을 가중시키고 있다. 본 연구에서 진행되는 낮은 도로조명 방식은 라인형으로 시선유도 효과 또한 뛰어나 도로선형인식이 용이하므로 도로의 진출입부의 확인이 용이하고, 고령자 등 시각약자를 위해서도 좋은 도로조명 방식이라고 보아진다. 이와 같은 장점 때문에 현재 일본 및 유럽의 해외 여러 국가에서 새로운 차세대 조명 방식으로 각광을 받고 있으며, 국내에서는 국가연구과제로 개발되고 있다.

2.2 환경적인 측면

기존의 높은 폴 형 방식의 조명은 도로의 노면을 비추기 위한 목적의 불빛이 도로이외의 장소로 비추어져, 주택내부로 침입해오는 불빛은 생활의 불편함을 만들어 내기도 한다. 또한 농작물이 인접한 지역에서는 원하지 않는 곳까지 빛이 비춰져서 농작물의 생육에 영향을 주기도 한다. 그림 1은 가로등과 낮은 조명의 후사광의 영향에 대해 살펴볼 수 있는 자료로써 동일한 위치에서 가로등과 낮은 조명의 후사광의 영향을 촬영하였다. 낮은 조명의 경우 노면에만 빛을 제공하며 후사광의 영향이 없어 주변 환경에 영향이 거의 없는 것을 촬영한 사진과 휘도분포도에 나타난 휘도수치로 확인할 수 있다.

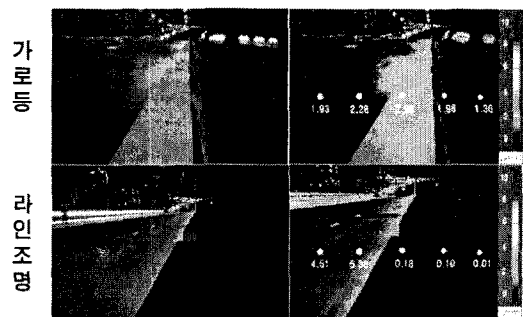


그림 1. 후사광의 영향 송도2교 시범설치현장
Fig. 1. Effect of spill light in Song-do 2 Br

2.3 국·내외 설치사례

국내에서 적용되고 있는 낮은 도로조명은 약 3~4년전부터 개발되어 설계에 지속적으로 반영되어 오고 있다. 국내에 적용된 사례는 광파이프를 이용한 경우와 일반형광등을 사용한 예이며, 여러 가지 실험을 통하여 개발제품의 기술적인 검토가 진행중에 있다.

일본에서의 낮은 도로조명을 설치하는 목적은 주로 생태계에 미치는 영향을 차단하기 위한 친환경성에 기인한 것이다. 시인성을 확보하기 위한 구간에서도 적재적소에 사용하고 있기는 하지만 개별적인 조명기기의 성능은 천양지차이다. 눈부심을 최소화하기 위하여 루버를 설치하였으며, 설치금액은 가로등의 약 4배에 해당되는 고비용의 조명으로 시설되고 있었다. 그러나 조명기구의 효율이 매우 낮게 설계되어 좁은 도로에서만 사용이 가능해 보였다. 기구 외형은 형태적인 존재감 없이 기존 시설물과의 일체화를 유도하였으며, 디자인적인 특성을 강조하고자 하는 노력은 보이지 않았다. 이를 바탕으로 앞으로 진행할 연구방향은 낮은 도로 조명을 설치함에 있어서 가장 중요하게 고려해야 할 문제는 광해와

글레어가 없고, 에너지 효율과 균제도가 향상된 조명시스템을 개발해야 하며, 기존의 형광등이나 광파이프를 이용한 제품이 아닌 첨단기술을 접목한 LED를 이용한 개발이므로, 첨단기술을 반영하는 도로시설물과의 조화를 이루면서 미래지향적인 디자인을 전개하여 쾌적한 시환경 조성이 가능하도록 계획해야 한다는 결론을 얻을 수 있었다[1-2].

2.4 시물레이션에 의한 검토

Light Scape 프로그램을 이용하여 조도시물레이션을 행하였다. 시물레이션에 적용한 도로의 형상은 갓길 2[m]를 포함하고, 한 차선이 3.5[m]씩 2차선으로 이루어진 총 차선 폭 9[m]의 도로이다. 조명기구는 바닥으로부터 0.9[m]높이에 설치되고 기구간의 간격은 1[m]로 배치하였다. 결과로 나온 시물레이션 조도값은 표 1과 같으며, 그림 3에서 확인할 수 있다.

표 1. 시물레이션 결과 조도값
Table 1. Result of illuminance levels

	전체차선	1차선	2차선
평균조도([lx])	25.07	20.88	29.27
최대조도([lx])	35.21	30.57	35.21
최소조도([lx])	13.42	19.42	16.0
종합균제도(Uo)	0.53	0.64	0.54

도로 가장자리의 낮은 위치에 설치되어 노면을 조상함으로 상향광이 존재 할 경우 운전자에게 눈부심을 유발할 가능성이 있다. 운전자 눈높이 선상에 향하는 빛이 어느 정도인지 알아보기 위하여 도로 중앙에 설치되는 분리대에 도달하는 빛의 조도를 시물레이션을 통해 검토 하였다. 중앙분리대 위치에 높이 3[m]의 벽을 세워 운전자 시야로 향하는 상향광의 정도를 알아보았으며, 보통 1.2[m] 높이 이상에 위치한 운전자시야로 향하는 조도값은 25[lx]이며 이 결과를 통해 운전자의 시야에 미치는 것을 확인 하였다. 현재 진행된 결과로는 노면의 조도를 달성하는 것은 용이하지만 상향광의 일부를 제어하는 것을 검토하고 있으며, 보완설계를 진행중이다.



그림 2. 국내외설치사례조사
Fig. 2. Inverstigation of Installation case

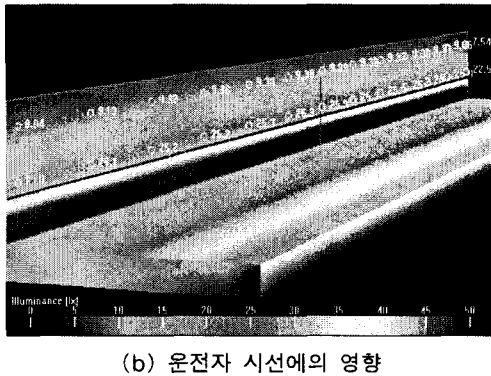
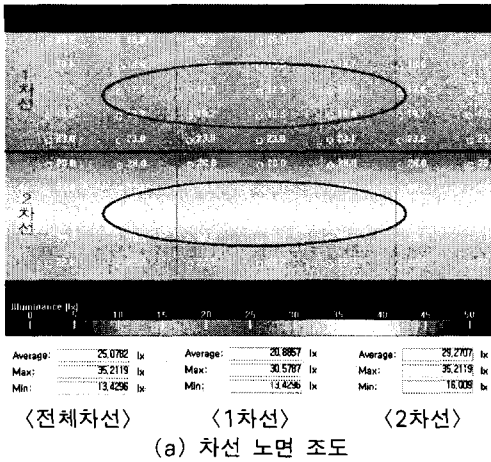


그림 3. 시뮬레이션 결과
Fig. 3. Result of Simulation

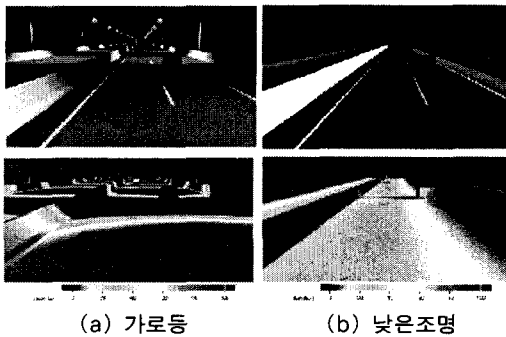


그림 4. 장애물인식
Fig. 4. Obstacle recognition

회도대비가 클수록 운전자의 눈에 잘 보이는 것이며, 또한 장애물이 놓인 장소에 따라 회도대비가 변하지 않아야 안전성이 보장되는 것이므로, 이러한

점으로 미루어 가로등은 장애물이 놓인 장소에 따라 운전자의 안전성에 위험을 줄 정도로 장애물 파악이 어려워지는 경우가 있는 것으로 볼 수 있으며, 장애물 인식은 낮은 도로조명방식이 유리하다고 볼 수 있다.

3. 낮은 도로조명방식의 기구디자인

3.1 기구의 스펙 결정

본 연구에서 개발하고자 하는 기구는 광원을 LED를 이용한 방식으로서 LED의 성능을 좌우하는 주요 요인 중 하나인 발열 문제에 대한 사항은 기구 외함 디자인 계획 시 고려해야 할 요인 중 하나이다. 보통 LED에서 입력 전력 대비 광 출력은 약 15~20[%]가 되고, 나머지는 거의 열로 변환된다[3]. 이렇게 발생된 열은 조명효율을 떨어뜨리고, 수명을 단축할 뿐만 아니라 광도 및 색도를 크게 변화시켜 조명성능의 안정도를 크게 저하시키는 요인이 된다. 따라서 소자의 LED칩의 접합부위에서 발생하는 열을 어떻게 잘 방출시켜 열 저항을 최소화 하도록 할 것인가에 대한 사항이 중요한 요소이며, 반영사항을 다음과 같이 정하였다.

- (1) LED 발원체의 발열문제 및 컨트롤러 사이즈를 고려한 외함 디자인을 전개한다.
- (2) 리시버 회로 한 개당 5개의 LED가 연결되므로 1개의 메인 기구에 4개의 LED모듈이 부착되도록 한다.
- (3) 기구 외함 자체가 LED 발열문제를 최대한 해결할 수 있도록 방열기능을 고려한 디자인을 계획하며, 시설물에 취부 시에도 기존 시설물의 재질을 고려하여 방열방안을 검토한다.
- (4) LED 4[W]를 기준으로 렌즈개발이 이루어지며, 이에 따른 조도 확인 및 설치간격 조정을 검토한다.

3.2 도로시설물 조사

낮은 조명은 도로 시설물에 의존하여 설치되므로 설치되는 도로의 유형과 시설물에 대한 파악이 선행

되어야 한다. 고속도로의 경우는 표준화된 시설물이 적용되지만 그 이외의 지방자치단체에서 만드는 광역권 도로의 경우 그 기관 자체의 기준을 가지고 시설하는 경우가 많으므로 도로별 시설물 조사가 필요하다. 최근 몇 년간 신설된 고속도로, 지방도(등급별), 광역도시권역의 자동차 전용도로를 중심으로 교량, 지하차도, 터널, 인터체이지 등의 설치된 시설물의 유형과 종류를 조사하였다.

조사의 목적은 낮은 도로조명을 적용하기 적합한 도로시설물 형태를 조사 분석하여 낮은 도로조명의 적용성을 다양하게 제안하며, 각 시설물에 적용되는 제품을 디자인하기 위함이다.

조사결과 도로의 유형이나 도로의 환경에 따라 시설물의 변화(형태, 높낮이, 설치조건)가 다양하게 나타나며, 이러한 도로환경에 낮은 조명이 동일한 위치와 모습을 유지하기는 매우 어려운 것으로 예상된다.

낮은 조명을 반영할 시에는 해당 도로의 환경과 시설물에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 환경에 따른 다양한 시설물들의 표준단면을 통하여, 가장 효과적인 설치 높이 안에서 표준화 작업을 실시한 후 주변 환경과 시설물을 고려한 디자인을 전개해 나간다.

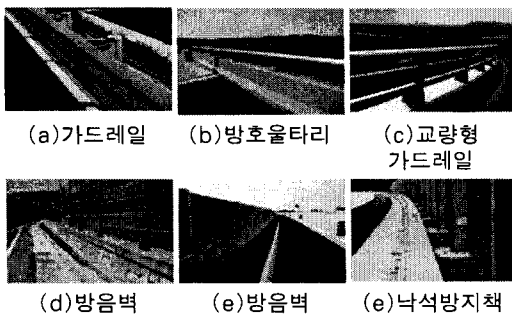


그림 5. 도로시설물 조사
Fig. 5. Inverstigation of Road facility 3.3 기구 설치 표준 정립

낮은 도로조명방식을 연구하고 있는 도로설계, 전기통신, 광학개발, 조명설계, 기구디자인 등 각 전문분야로 구성된 기관에서의 검토결과를 바탕으로 기구설치의 기본적인 설치 제안사항을 제시하였다.

- (1) 운전자의 야간시인성 검증(도로설계사)
도로의 구조 및 시설기준에 관한 규칙에 의하면 운전자의 시거 산정시의 높이는 1.0[m]로 규정하고 있으며, 시환경 분석결과 눈부심의 영향을 고려한 등기구의 높이를 1.0[m]이하로 낮추어야 한다.
- (2) 렌즈설계(렌즈설계사)
렌즈설계 시 운전자의 눈높이를 피하면서 가장 효과적으로 조도를 확보할 수 있는 높이를 0.9[m]로 설정한다.
- (3) 조명기구 설치표준 정립(도로시설물설계사)
주도로에 설치된 시설물의 형태는 다양하며 도로의 길어깨 측에 설치된 시설물별 표준화 작업이 필요하다.
- (4) 조명기구개발(제품디자인설계사)
국내·외 유사도로의 실태를 방문 조사한 결과 라인조명을 설치할 시 운전자의 눈부심을 최소화 하기 위한 조치가 이루어지고 있었으며, 시설물의 형태와 높낮이, 설치조건이 매우 다양하므로 기본적인 렌즈설계 높이 0.9[m]를 기본으로 설치 가능한 위치에서의 최적의 높이를 설정하여야 한다.

각 분야의 검토사항을 바탕으로 도로 시설물을 크게 방호울타리, 가드레일, 방음벽의 형태로 구분하고 라인조명기구 타입별로 설치표준을 정립하였다.

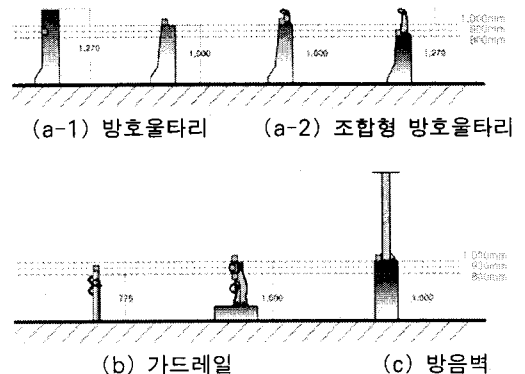


그림 6. 시설물 타입별 표준도
Fig. 6. Standard planing of road facility

3.4 기구디자인

도로에 적용할만한 여러 가지 디자인에 대한 아이디어 스케치, 모델링을 통하여 구상하였고, 실제 도로상에 적용될 수 있을만한 몇 가지 디자인을 바탕으로 조금 더 세부적으로 각종 시설물별로 적용하여 최종 디자인을 정하여 소프트 목업을 진행하였다.

- (1) LED소자와 렌즈 즉 광학부 만이 기구에 들어가 기구 한 개로 형성되는 디자인안의 경우, 기구 생산·가공 시에 기구 원가 상승에 적지 않은 영향이 있다.
- (2) LED의 회로 및 전원부, 신호선 및 전기선이 외부에 노출되어 이를 보호하기 위한 별도의 기구가 제작되지 않기 위해서는 전원부와 회로부 또한 광학부와 함께 기구 내에 들어가게 하는 것이 바람직하다.
- (3) 여러 가지 종류의 모델의 렌더링을 통하여 기구가 점 형식의 배열로 자리하는 것 보다는 기존의 도로 시설물과 함께 긴 선으로 이어가는 것이 낮은 조명에 적합하다.
- (4) 기존 도로시설물(가드레일 및 방호벽, 방음벽)의 최소 단위는 2[m]이며, 기구1개에 5개의 LED유닛이 묶이는 2[m]길이의 다음과 같은 디자인을 진행하였다.

4가지 타입의 디자인에 대한 각 시설물별 취부 환경을 예상하기 위하여 렌더링 작업을 시행하였다.

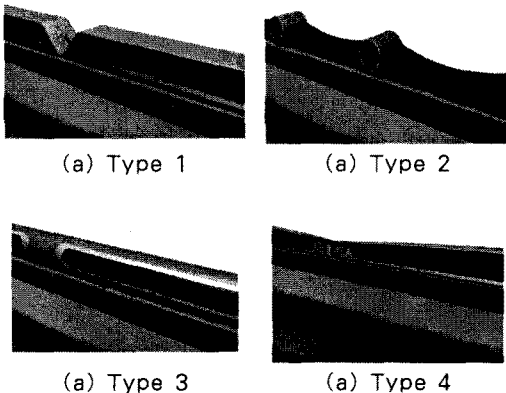


그림 7. 기구디자인
Fig. 7. Lighting equipment design

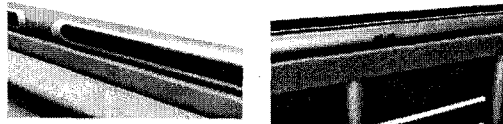
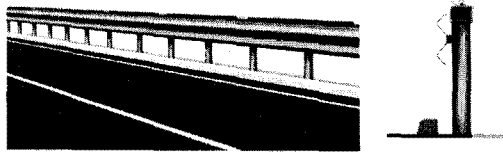
- (1) Type 1의 디자인은 단순하게 사각형으로 진행하지 않고 모서리 부분에 약간의 곡선을 주었으나 다소 투박해 보일 수 있다.
- (2) Type 2의 경우 컨셉은 한옥의 기와를 연상하게 하는 유선형 물결 무늬로서 기구의 아래쪽에는 방열에 신경을 써서 최대한 기구의 표면적이 넓게 되도록 한다.
- (3) Type 3의 경우 기본적으로 원통형 교량형 가드레일을 기본시설물로 지정하여 진행하였고, 기존시설물에 매입하는 형태이므로 군더더기가 없고, 시설물과 일체화가 될 수 있는 방안을 계획하였다.
- (4) Type 4의 디자인 안은 기구의 상단에 약간의 R값을 주어 기존 사각형을 착안하게 되면 시설물과 구분이 잘 되지 않을 수 있는 점을 유선모양을 주어 존재감을 부여하는 컨셉의 디자인이다.

이 네 가지 디자인 중 type 3번과 4번의 기구에 대한 소프트 목업을 제작하였다. 그림 5는 type 3디자인안의 시설물에 취부 될 경우의 예상 렌더링 이미지이다.

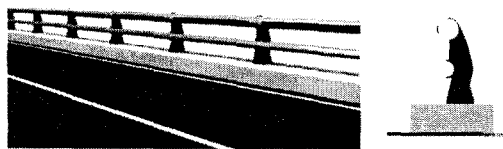
4. 결 론

낮은 조명 방식은 환경 친화적이고 새로운 형태의 도로 공간의 경관연출로 쾌적한 도로 환경을 도모할 수 있으며, 야간에 시선유도효과가 탁월하여 고령화 사회에 대비하는 차세대 도로조명환경을 조성할 것으로 기대한다. 기존의 시스템에 비해 설치 수량이 많아 초기설치비가 많이 들지만 차세대 성장동력으로 LED조명이 선정되었고, 이와 관련한 KS나 에너지 절약 제품으로서의 규격제정이 이루어지고 있는 현 시점에서 저탄소 녹색성장의 정부시책에 부응할 수 있는 대표적인 조명시스템이 될 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 낮은 조명 설치 시스템의 기본적인 구상 및 스펙을 결정하기 위해 기초가 되는 내용으로서 도로의 유형 및 도로 시설물의 유형에 대한 조사, 설치 방안 검토, 시설물에 따른 디자인 제안을 수행하였다. 추후로는 여러 가지 디자인 중 선



(a) 가드레일 취부형



(b) 교량형 가드레일 취부형



(c) 방호벽 취부형

그림 8. 시설물별 라인조명 디자인
Fig. 8. Lighting equipment design which follows in the facility

별된 기구의 형태를 시험제작하여 기구 외함의 크기나 비례 등의 형태미를 파악하고, 도로시설물에 취부하는 방안에 대한 상세한 설계가 추진되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국가교통 핵심기술개발 사업-도로시인성 향상 및 안전운전 확보 기술개발(과제번호 : 06교통핵심 C01)의 지원으로 수행되었으며, 관계부처에 감사드립니다.

References

- (1) 이미애, 고영준, 김훈, 황인태(2008), "도로용 라인조명 개발 방향에 관한 연구", 한국디자인학회지.
- (2) 김형권, 한종성, 황인태, 이미애, 김훈 (2008), "조도/휘도 분포측정을 통한 도로조명 실태조사", 조명전기설비학회 2008.
- (3) 정봉만, 정학근 (2006), "LED조명기술 현황과 전망", 조명전기설비학회 2006.2.

◇ 저자소개 ◇

이미애 (李美愛)

1963년 7월 13일생. 1993년 이화여자대학교 산업미술대학원 제품디자인 졸업(석사). 현재 (주)아이라이트 조명연구소 소장. 국립서울산업대학교 조형대학 공업디자인과 겸임교수. 서울특별시 디자인위원회 위원. 본 학회 평의원.

황인태 (黃人太)

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

김 훈 (金 燾)

1958년 8월 6일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 3월 서울대 공대 전기공학과 졸업(석사). '988년 서울대 공대 전기공학과 졸업(박사). 1993년 호주 국립대학 방문교수. 현재 강원대 공대 전기전자공학부 교수. 본 학회 부회장.