

에너지 절감을 위한 VMS LED 모듈 최적화 연구

The Study on the optimized LED module of VMS for saving energy

김영록 Kim, Young Rok | 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 선임연구원 (E-mail : busbay@kict.re.kr)
이석기 Lee, Suk Ki | 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원 (E-mail : oksk@kict.re.kr)

ABSTRACT

Variable message signs(VMS) in use are being displaying with the LED device as the luminous source, and it is a recent trend to be changed from the Lamp type to the Surface-Mount Devices(SMD) type. The LED device leads to get VMS display brightly and clearly, leading to have visibility and legibility better than the existing VMS. However, the lights which display off the road, the unnecessary energy, might have negative effect on ecosystem. This study developed the way of getting the lights be displayed only to drivers without the unnecessary energy and estimated the energy efficiency of the development by the optical testing. As a result, this study showed that the energy consumption of the developed display device appeared to decrease by about 36.1% compared to the existing device. Also the upward and downward angle of the lights changed from an angle of 24° to 0° and from an angle of -24° to -11°, respectively. Therefore, it anticipates that the developed device would benefit highway safety due to an improvement in visibility and legibility compared to the existing VMS and the energy consumption would be less lower than the existing VMS.

KEYWORDS

variable message signs, energy saving, SMD(Surface Mount Devices), VEL(Vms Eco Lens), lighting angle, luminance

요지

도로전광표지(Variable Message Signs, VMS)의 발광 소자는 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)를 광원으로 하고 있으며 램프 타입에서 칩 형태인 SMD(Surface-Mount Devices) 타입으로 변화하고 있는 추세이다. 이러한 LED 소자의 기술적 진보는 도로이용자에게 보다 밝고 선명한 광원으로 정보를 제공해 주기 때문에 과거보다 운전자의 시인성 및 판독성에 유리하다. 하지만 도로 이용자에게만 표출되어야 할 빛이 도로 이외의 영역(좌·우 및 상향)까지 비추어짐으로써 에너지가 낭비되는 결과로 이어지며, 간접적으로 생태계에까지 악영향을 초래할 수 있는 가능성이 높다. 따라서 본 연구에서는 도로 이외의 영역에 까지 비치는 도로전광표지의 빛을 가능한 도로 이용자에게만 표출할 수 있도록 광학 테스트를 통해 광원 표출 분포 및 에너지 효율성을 측정하여 최적의 조사각을 제시하여 에너지 절감 및 빛 공해 최소화(이른바 환경친화적 LED)를 궁극적인 목표로 설정하였다. 본 연구에서는 상·하향 24° 표출되었던 기존 도로전광표지의 LED 조사각을 운전자가 필요로 하는 판독 최소거리를 만족하는 조건에서 상향 0°, 하향 11° 최적화하였고, 광학테스트를 통해 기존 도로전광표지 전력소모량 대비 약 36.1%가 절감되는 것으로 도출되었다. 궁극적으로 본 연구결과가 실제 현장에 설치된다면 현재 사용되고 있는 도로전광표지보다 표출 정보의 판독성이 향상되어 운전자의 정보 판독 거리를 늘려 안전운전에 도움을 줄 수 있으며 소비 전력을 줄여 국가 예산을 절감할 수 있을 것으로 기대한다.

핵심용어

도로전광표지, 에너지 세이빙, SMD(Surface Mount Devices), VEL(Vms Eco Lens), 조사각, 휘도

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

도로전광표지(Variable Message Signs, VMS)는 전방의 도로교통 상황이나 교통사고 등에 관한 정보를

도로 이용자에게 실시간으로 제공함으로써 원활한 교통소통과 안전을 도모하고 교통사고를 방지하기 위한 도로 부속시설이다. 따라서 VMS는 교통정보 제공을 통하여 이용자의 안전성이 확보되어야 하며, 체계적이고 효율적인 도로·교통 상황 관리 및 시스템 요구 조건들이 충족되어야 한다. 발광 소자는 대부분이 발광 다이오드(Light Emitting Diode, 이하 LED)를 광원으로 하고 있으며 LED 소자 중에서도 현재, 램프 타입에서 칩 형태인 SMD 타입으로 변화하고 있는 추세이다. 이러한 LED 소자의 기술적 진보는 도로이용자에게 보다 밝고 선명한 광원으로 정보를 제공해 주기 때문에 과거보다 시인성 및 판독성에 유리한 상황이다. 하지만 도로 이용자에게만 표출되어야 할 빛이 도로 이외의 영역(좌·우 및 상향)까지 비추어짐으로써 에너지가 낭비되는 결과로 이어지며, 간접적으로 생태계에까지 악영향을 초래할 수 있는 가능성이 높다.

따라서 본 연구에서는 도로 이외의 영역에까지 비치는 도로전광표지의 빛을 가능한 도로 이용자에게만 표출할 수 있도록 광학 테스트를 통해 광원 표출 분포 및 에너지 효율성을 측정하여 최적의 조사각¹⁾을 제시하여 에너지 절감 및 빛 공해 최소화(이른 바 환경친화적 LED)를 궁극적인 목표로 설정하였다. 본 연구에서 제시하는 이론적 근거를 바탕으로 한 테스트 결과가 실제 현장에 설치된다면 현재 사용되고 있는 도로전광표지의 소비 전력을 절감할 수 있고, 야간 빛 공해에 따른 도로 주변의 생태계 피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

1.2. LED 모듈 기술동향 및 환경친화적 에너지 절감 개념

본 연구의 궁극적 목표는 도로전광표지의 표출부 구조 및 광학 개선을 통하여 에너지 절감 및 빛 공해 방지에 있다. 물론 도로전광표지의 궁극적인 목적인 도로 이용자에게 필요한 정보를 정확하고 명확히 표출하기 위한 요구 조건을 만족하는 범위 내에서 즉, 기존 대비 시인성 및 판독성이 동일하다는 전제를 둔다.

본 연구에서는 우선 도로전광표지 발광 소자 특성 및 빛 공해 피해 및 개념을 정립하였으며 일반적으로 VMS에 사용되는 발광소자의 배광²⁾ 특성 및 소비 전력을 분석하고 면적균등의 법칙을 이용하여 도로 외부로 표출

1) 조사각(照射角)이란, 광원으로부터 빛이 방사되는 각도로 배광각이라고도 함

2) 배광(配光)이란, 광원으로부터 빛이 방사되는 것을 말하며 조사라고도 함

되는 빛을 도로 내부로 표출할 수 있는 방법을 구상·설계하여 배광 특성을 측정하였다. 배광 구조는 실제 이용자가 필요로 하는 최소판독거리를 고려하였으며 마지막으로 불필요하게 낭비되는 빛(에너지)을 효율적으로 사 용함에 따라 절약되는 전력 소비량을 비교·분석하였다.

2. 선행연구 고찰

2.1. 도로전광표지 발광 소자

도로전광표지 발광 소자는 일반적으로 램프 타입을 사용해 오다가 최근 칩 형태인 이른 바, SMD(Surface Mount Devices) 타입을 사용하는 추세이다. 램프 타입은 발광부와 렌즈가 일체형이기 때문에 LED 색상별 수명차이 및 오류 발생 빈도가 높은 반면 SMD 타입은 발광부와 렌즈가 분리된 복합형의 형태를 가진다.

표 1은 램프 타입과 SMD 타입의 구성, 장단점 및 주요 적용 분야를 나타낸 것으로 제조상 안정성이 확보된 SMD 타입은 제품 수명 및 신뢰성 부분에서 램프 타입에 비해 우수하여 일선 시장에서는 램프 타입보다 SMD 타입의 LED 모듈에 대한 수요가 지속적인 증가 일로에 있다.

표 1. 램프 타입과 SMD 타입 발광 소자 특성

구 분	램프(LAMP) 타입	SMD(CHIP) 타입
구 성	발광부와 렌즈 일체형	발광부와 렌즈 분리 복합형
장단점	<ul style="list-style-type: none"> - LED 색상별 수명차이 및 고장발생 빈도 높음 · 제조상 발열문제, 수명영향 - 점차 국내생산 및 활용분야 축소 · 가격이 다소 높음 - 저가형 공급 및 품질관리 한계 · 저가의 외산, 저품질 사용, 램프 제조사에 의존 	<ul style="list-style-type: none"> - 칩 발광부에 별도의 광학 렌즈 부착 - 제조상 안정적 수명, 신뢰성 우수 · 발열 문제해소 및 고품질 생산 - 지속적 신기술 개발, 시장확대로 가격인하 및 품질향상 · 조명, 산 등 다양한 분야 사용 · LED개발, 사용의 주도적 방식
적용 상태	<ul style="list-style-type: none"> - 도로전광표지 - 신호등, 광고 전광표지 	<ul style="list-style-type: none"> - 가로등, 조명, 자동차, TV, 핸드폰 등 - 옥외 전광판 등 적용개발 추세
검토 의견	<ul style="list-style-type: none"> - 도로전광표지 고장감소, 품질향상, 경제성, 유지관리 용이성 등을 위해 신기술 방식 활용 추진 필요 · 칩방식 LED 가격이 다소 저렴하나 도로전광표지는 추가 개발비 필요 · 급속한 기술개발, 시장 확대로 추후 가격인하, 품질향상 유리 예상 - 신기술 방식 시범 설치를 통한 적용성 도출 및 확대방안 마련필요 · 도로전광표지(VMS) 및 LED 모듈 관련업체의 개발 활성화 유도 	

표 2. 도로전광표지 LED 모듈 변천사

1 세대 / Pixel	2 세대 / 실리콘	3 세대 / Copper	4 세대 / Lens	5 세대 / Prism Lens
				
부피가 크고 무거움	케이스부피/무게 경량	케이스부피/무게 경량	케이스부피/무게 경량	
접촉불량 많음	표출면 불균일(LDM)	표출면 불균일(LDM)	표출면 균일(LDM)	
16×16 DOT 표출	32×32 DOT 표출	32×32 DOT 표출	32×32 DOT 표출	
점	점	점	밝기의 균일화	
소비전력량 큼	소비전력 小	소비전력 小	소비전력 小	
긴 제작시간	긴 제작시간	긴 제작시간	제작시간 단축(모듈생산)	
배선 복잡	열 발생이 많음	열 발생이 적음(방열판)	열 발생이 적음/수리 용이	
램프 불량 많음	램프 불량 많음	램프 불량 많음	Chip LED사용 : 안정적	
		수리가 용이	조립 소요시간 단축	

표 2는 옥외용 LED 모듈의 변천사를 정리한 것으로 에너지 절약, 경량화, 영구성 등의 현재 VMS의 요구사항을 그대로 반영하는 형태로 발전하고 있음을 알 수 있다. 최근 주로 사용하고 있는 LED는 4세대인 칩 형태의 렌즈가 부착된 SMD이다.

2.2. 빛 공해 피해 및 개념(조명이 환경에 미치는 영향)

조명은 인간 생활을 영위하는 데 있어서 태양만큼이나 없어서는 안되는 중요한 요소로, 특히, 인간의 야간 활동에 있어 보다 자유로운 활동을 영위할 수 있는 토대가 된다. 이 같은 배경으로 도로 분야를 보면, 야간 주행시 조명은 필수 불가결하다. 그러나, 도로상 조명(가로등, 도로전광표지 등)은 필요한 도로 구역만을 비추는 것이 아니라 주변부에게까지 영향을 미쳐 동식물 생태계에 적지 않은 악영향을 미치고 있는데, 인공광에 의한 동식물 생태계의 악영향에 대한 연구 내용은 표 3과 같다³⁾.

표 3을 정리해 보면, 인공광은 동물의 이동 및 생활환경 등에 영향을 미치게 되며 궁극적으로 동식물의 생식 및 생육을 방해하는 요인이 된다. 그에 대한 대책으로는 빛 억제, 누출광 억제 등의 대책이 필요한데, 이를 위해서는 도로상 강한 인공광 중의 하나인 도로전광표지의 빛 표출을 운전자에게만 집중시킬 수 있는 최적의 조사각이 되도록 설계할 필요가 있다.

3) 環境省 光害對策ガイドライン, P.6을 “빛공해 관리 방안 마련을 위한 실태 조사최종보고서(환경부) P.12”에서 인용

표 3. 인공광이 생물에 미치는 영향과 대책

빛 감수광과 생물활동과의 관계	빛에 대한 반응	영향을 받는 분류군	문제발생 사례	대책
(반응 빠름) 1. 동물의 이동에 영향을 준다	광 원으로 향하게 반응한다.	곤충류, 어류	·해충의 유실 ·희소종의 유실	·생식지 방항으로 빛 억제 ·유인특성이 작은 파장 사용
	이동 방향을 결정하는데 작용한다.	곤충류, 조류, 양서류, 파충류	·바다거북이의 산란 장애 ·반딧불이 소실	·누출광 억제 ·유인특성이 작은 파장 사용
(반응 느림) 2. 동식물의 생식·육성에 영향을 준다	생식활동이 조도의 영향을 받는다.	곤충류, 조류, 가축, 가금	·야행성 조류 손실 ·가축·가금류의 생리불순 ·식물연쇄 혼란	·점등계절·시간의 충분한 배려
	생육이 조도의 영향을 받는다.	야생식물, 녹화수, 농작물	·벼, 시금치 육성장애 ·귀중종(희귀종) 소실 ·가로수의 변형	·점등계절·시간의 충분한 배려

일본 환경성(1998년)에서도 옥외조명의 실태조사를 실시, 빛공해⁴⁾ 대책의 일환으로 조명기구로부터 상향으로 누출되는 빛을 억제하는 것만으로도 야간 옥외조명에 사용되는 전력량의 약 18%, 일본 국내 연간전력소비량의 약 0.2%가 절감된다고 보고한 바 있다⁵⁾.

4) 옥외 조명기구에서 방출되는 빛 중 조명 범위를 벗어나 새어나온 빛으로 인하여 발생하는 각종 악영향을 ‘빛 공해(light pollution)’라고 함. 옥외조명이 주변 환경에 미치는 영향으로는 거주자, 운전자, 보행자에게 불편감을 주거나 동식물에게 미치는 악영향, 밤하늘의 밝기에 미치는 영향 등이 있음.

5) “빛공해 관리 방안 마련을 위한 실태 조사 최종보고서(환경부) P.12” 수정 인용

발광 소자의 특성상 도로전광표지에서 표출되는 빛은 그림 1과 같이 상향 30°, 하향 30° 배광된다. 도로전광표지는 도로 이용자가 필요로 하는 정보를 전달하는 시설물이기 때문에 상향으로 표출되는 빛은 불필요하다. 더불어 좌·우로 표출되는 빛도 이와 같은 개념이며 이러한 불필요한 빛의 표출은 에너지 낭비뿐 아니라 동식물 생태계를 교란시킬 수 있는 가능성이 높다.

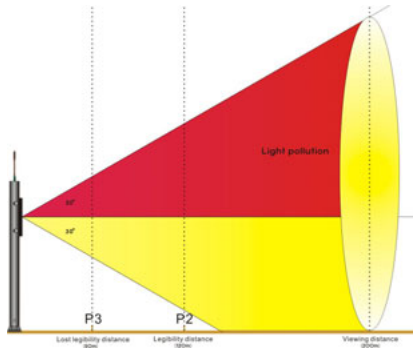


그림 1. 빛 공해 개념도

LED에서 표출되는 빛의 특성을 살펴보면, 면적 균등의 법칙⁶⁾에 의하여 동종의 LED 소자에서 빛의 분포는 같고, 모양(각도)에 따라 광도만 변한다는 개념으로 발산하는 빛을 모아 필요로 하는 도로에만 투영하는 개념이다(그림 2 참조).

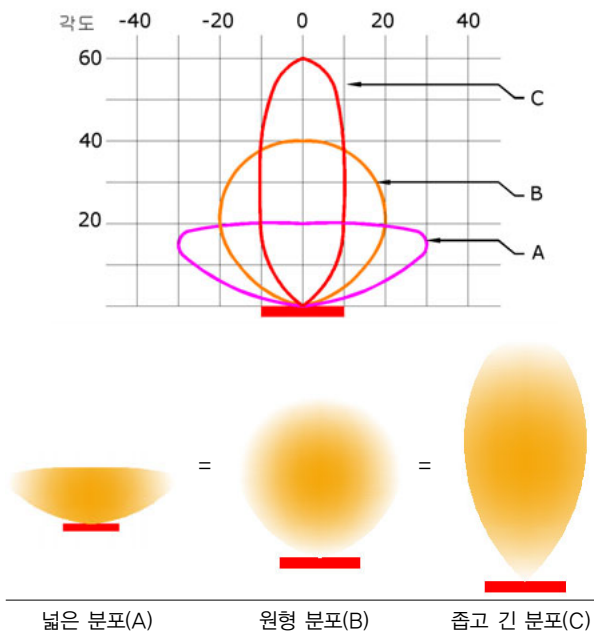


그림 2. 면적 균등의 법칙

6) 동종의 LED 램프에서 빛의 분포는 같고, 모양(각도)에 따라 광도(일정한 방향에서 물체 전체의 밝기를 나타내는 양으로 단위는 칸델라, Cd)만 변함.

2.3. 표출 문자 배열 및 소자 위상 단차 개념

Full Color를 제외한 도로전광표지의 색상 표출은 적색, 녹색, 황색이며 황색 표출시에는 적색과 녹색 램프를 점등시켜 색상을 조합하는 형태로 그림 3과 같이 소자의 위상차 때문에 다른 색상(적색, 녹색)에 비하여 표출 문자(글자)의 형상이 불명확하고, 황색 점등시 적색과 녹색을 모두 점등하기 때문에 다른 색상에 비해 두 배의 밝기가 되어 휘도 차에 따른 착시 현상이 발생할 수 있다.

이러한 배열은 도로 이용자가 정보 판독시간 및 이해하는데 시간을 지체하며 도로 선형 및 전망 상황을 주시해야 하는 시간을 빼앗겨 안전 운행을 저해할 소지가 있다.

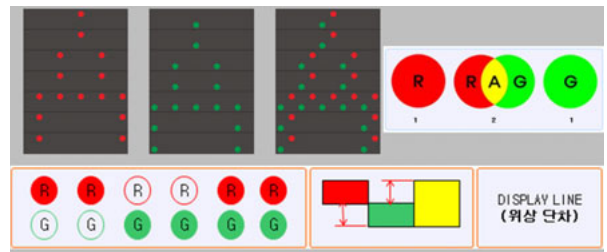


그림 3. 황색 표출(적색+녹색)시 표출문자 배열 및 위상 단차

이 같은 이유로, 본 연구에서는 발광 소자의 광학적 특성을 고려하여 위상차를 없애는 개념으로 황색 단독 소자를 이용하였다. 황색 단독 소자는 소자간의 위상 단차⁷⁾ 및 휘도 차이가 없어 도로 이용자에게 보다 편안한 정보 표출이 가능하다(그림 4 참조).

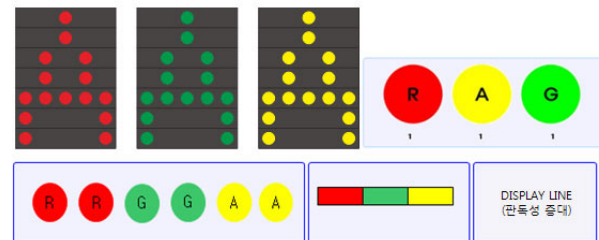


그림 4. 황색 단독 소자 사용시 표출 문자 배열

2.4. 에너지 절감 개념

기존 도로전광표지는 상·하향으로 배광되는 구조이며 불필요하게 수평면에서 상향으로 배광된다. 이에 본 연구에서는 이러한 불필요한 빛을 하향으로 낮추어 도로 이용자에게만 비출 수 있는 방법을 제시하였다. 결과적으로 대기중으로 소산되는 빛을 하향으로 비추어 기존

7) 어떤 사물이 다른 사물과의 관계 속에서 가지는 위치나 상태의 차이

대비 약 50%의 전력으로도 기존과 같은 휘도를 도로 이용자에게 표출할 수 있다.

그림 5는 lighting pulse를 나타낸 것으로 반도체 소자를 표출시키기 위하여 점등 또는 소등하는 시간의 비를 나타낸다. 기존에 사용하던 램프타입의 경우에 전체 점등의 경우가 100%라고 가정할 경우, 칩 타입의 경우는 약 30%의 소등 간격이 있어서 램프타입 대비 약 70%의 소비전력만 필요하다.

램프타입보다는 칩 형태의 LED가 좀 더 경제적인 것을 알 수 있다. 또한 본 연구에서 개발한 VEL(VMS ECO LENS, 친환경 도로전광표지 렌즈) 적용시에는 기존 램프 타입 대비 약 50%의 소비전력 절감이 기대된다.

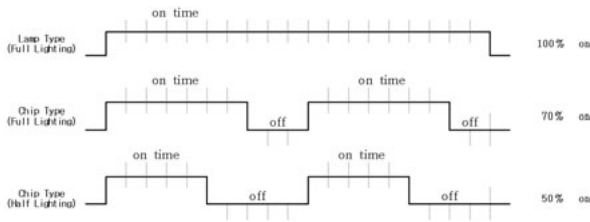


그림 5. 소자 및 발광 방식별 점등 및 소등 시간

3. 배광 특성 및 에너지 세이빙 검증

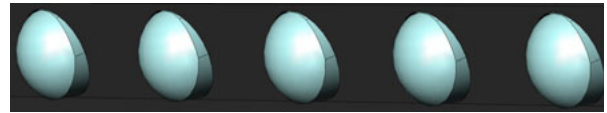
3.1. 배광 특성

전장에서 언급한 바와 같이 도로전광표지의 발광소자는 일정한 방향성을 가지고 있어 이를 인위적으로 필요한 곳에 투영하기 위해서는 광원 자체에 각도를 부여하거나 광원을 굴절시킬 수 있는 렌즈가 필요하다. 본 연구에서는 배광 렌즈의 특성을 이용하여 광원이 필요한 곳에만 비출 수 있도록 렌즈를 설계하였다.

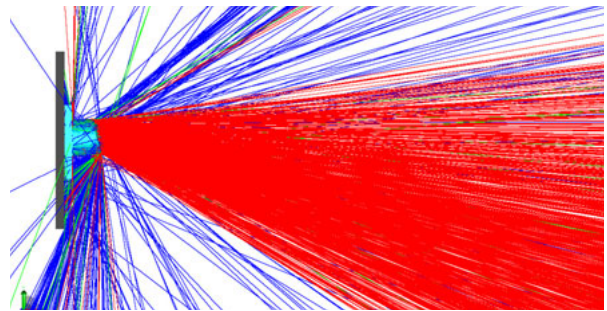
그림 6은 VEL⁸⁾의 형태와 시뮬레이션 형상을 나타낸 것으로 기존 SMD 타입의 배광 각도를 렌즈를 이용하여 발산하는 빛을 모아주고 하향으로 뿌려주는 역할을 한다.

표 4는 광학테스트를 통해 나타난 램프 타입, SMD+볼록렌즈 조합⁹⁾, SMD+VEL 조합의 배광 특성 결과이다. 측정 시, 암실 환경은 온도 21℃, 습도 48%이며 측정 거리는 5m이며 Neolight1000 측정 장비를 이용하였다. 램프 타입 LED 소자는 상·하, 좌·우로 약 30°로 배광되며, 중심 광도 0° 배광되며 휘도는 7,800cd/m²로

측정되었다. SMD+볼록렌즈 타입은 상·하, 좌·우 24° 배광되며, 0°에서 휘도는 12,000cd/m²였다. 이에 비하여 Chip+VEL 조합의 배광 각도는 상향 0°, 하향 -11°, 좌·우 4° 배광 특성을 보였으며 중심 광도는 -5°로 배광되며 휘도는 109,000cd/m²로 나타났다. 이러한 배광 각도 및 휘도는 불필요한 상향 및 좌·우 광해를 줄여 주고 모아주는 VEL의 광학적 특성 때문이다.



VEL 형상 예



시뮬레이션 배광 예

그림 6. VEL 형태와 시뮬레이션 형상

표 4. 램프 형태별 배광각도 및 광도분포 (30×30cm, 16×16dot=256, 황색 기준)

구분	위상	각도(도)	휘도(cd/m ²)	비고
램프 타입	수직	상향	30	7,500
		중심	0	7,800
		하향	-30	7,500
	수평	좌	30	7,500
	우	-30	7,500	
SMD + 볼록렌즈 타입	수직	상향	24	10,000
		중심	0	12,000
		하향	-24	10,000
	수평	좌	24	16,000
	우	24	16,000	
SMD+VEL 타입	수직	상향	0	55,000
		최대	-5	109,000
		하향	-11	53,000
	수평	좌	4	50,000
	우	4	50,000	

3.2. 운전자 시인 및 판독 거리

단위 모듈(30×30cm, 16×16dot=256) 기준으로 기존 램프타입의 최대 휘도는 0도에서 7,800cd/m²,

8) VMS Eco Lens, 친환경 도로전광표지 렌즈

9) 일반적으로 한국도로공사에서 사용하고 있는 형태임.

SMD+볼록 렌즈 타입은 0°에서 12,000cd/m²의 결과 값을 얻은 반면에 SMD+VEL 조합에서는 하향 5°에서 109,000cd/m²의 값을 얻었다. 산술적으로 본다면, SMD+볼록 렌즈 조합으로 사용하는 종래 방식(한국도로공사 표준시방) 대비 약 6배가 밝으며 그 기준에 만족하는 범위로 휘도 값을 조정하면 약 17%의 전력으로도 운영상에 문제가 없다. 이와 같은 결과는 상향으로 비추던 광원을 프리즘 원리의 렌즈를 사용하여 하향 배광시키고 광원이 좁게 배광 되도록 설계하였기 때문이다.

현재 도로전광표지 기준¹⁰⁾에서 제한속도 80km/h에서 인지거리는 324m, 최소판독거리는 280m이며 표지 중심으로부터 운전자까지 비추지는 각도(1도)에서의 휘도 값은 SMD+볼록렌즈 타입의 경우 약 13,679cd/m², 본 연구에서 개발하는 SMD+VEL 조합의 경우 63,261cd/m²로써 기존 대비 약 4.6배 밝은 효과를 가져와 운전자의 시인 및 판독성이 향상될 것으로 기대된다. 반대로 이와 같이 높은 휘도는 운전자에게 너무 밝은 광원을 표출하여 도로전광표지 표출 메시지의 빛 번짐 현상을 야기시킬 수 있다. 따라서 현재 일반적으로 사용되고 있는 기준에 만족하는 휘도 값을 설정한다면 소비 전력이 절감될 수 있다. 반대로 최소의 전력만으로도 기존과 같은 표출 성능을 낼 수 있다는 의미로 해석 가능하다.

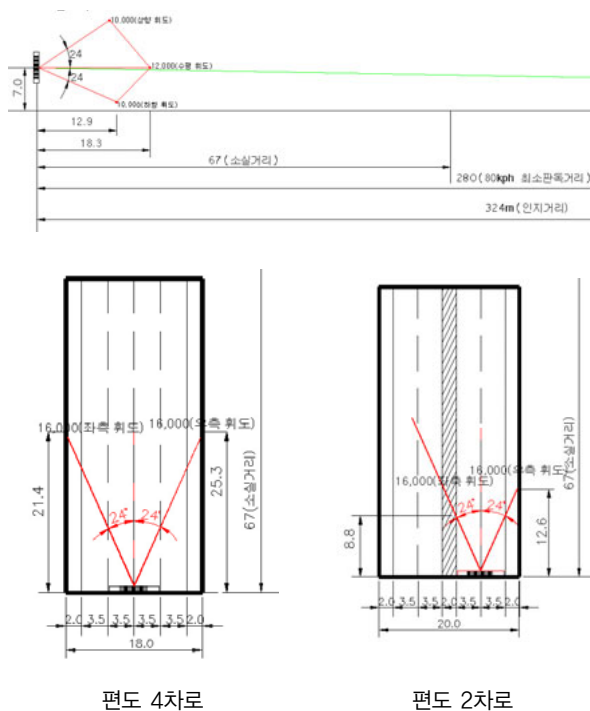


그림 7. SMD+볼록렌즈 조합의 배광 형태(m, cd/m²)

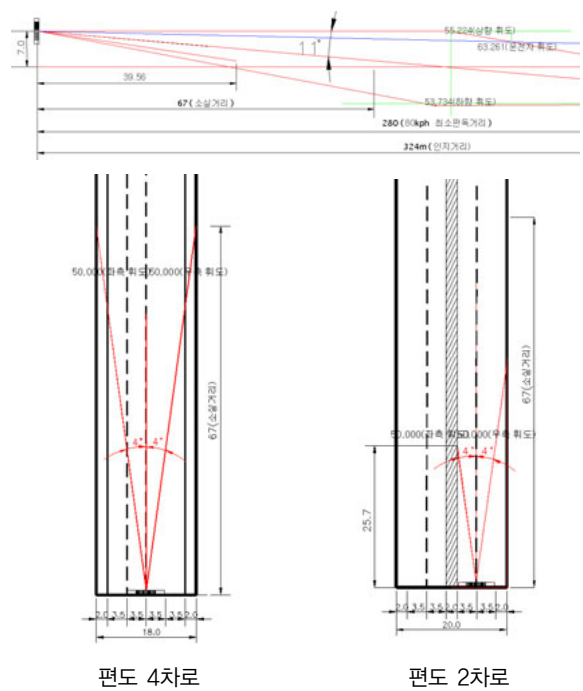


그림 8. SMD+VEL 조합의 배광 형태(m, cd/m²)

3.3. 에너지 세이빙

기존 도로전광표지는 일반적으로 2개의 LED 소자를 이용하여 적색(R), 녹색(G), 황색(Y)을 표출하고, 황색 표출은 적색과 녹색 LED 소자를 동시에 점등하여 색상을 조합하는 방식이다. 만약 적색, 백색, 황색의 표출 비율이 같다면 황색 단독 소자 사용시에는 기존 대비 약 25%의 에너지를 절약할 수 있다(표 5 참조).

표 5. 칩 조합 형태에 따른 에너지 절약 효과

칩 조합형태	R+G			R+G+Y			비 고
	R	W	Y	R	W	Y	
점등시 칩 개수	1	1	1+1	1	1	1	
소비 전력	4			3			(4-3)/4×100(%)=25%

기존 2-Chip(R, G) 형태의 램프 타입이나 SMD 타입의 경우 연간 전기료(2단 10월 기준)는 약 83만 원이 발생하는 반면에 단순히 3-Chip(R, G, Y)을 사용할 경우 약 8.2만 원을 절약할 수 있다(9.8% 전력 절감). 또한 본 연구에서 개발한 SMD+VEL 조합을 사용할 경우, 2-Chip(R, G) 사용시 약 35% 소비 전력 절감 효과가 있으며 3-Chip(R, G, Y) 사용시 약 29%의 소비 전력 절감 효과가 있다.

결과적으로 3-Chip(R, G, Y)과 SMD+VEL 타입을 적용할 경우 기존 대비 연간 약 30만 원(36.1%)을 절감할 수 있다(표 6 참조).

10) 도로안전시설 설치 및 관리지침(도로전광표지 편)

표 6. 도로전광표지별 전력 소모량(2단 10월 기준, 원)

소비 전력 타입	월사용 용량	기본사용료 (①)		전력량요금(원/kwh)			전력량요금 평균(원 /kwh)(②)		요금합 계(③)	전력산업 기반기금(④)	부가 가치세 (⑤)	월사용료 (⑥)	1년 사용료	비고	
		KWH	원/KW	7~8월	3~6, 9~10	11~2월	(①+②)	(③×0.037원)	10%	③+④+⑤	12				
2-Chip (R, G)	램프 타입	318	5,280	36,960	94	62	70	75.3	23,945	60,905	2,253	6,091	69,249	830,993	
	SMD 타입	318	5,280	36,960	94	62	70	75.3	23,945	60,905	2,253	6,091	69,249	830,993	
	SMD+VEL	35	5,280	36,960	94	62	70	75.3	2,634	39,594	1,465	3,959	45,018	540,220	35% 절감
3-Chip (R, G, Y)	램프 타입	239	5,280	36,960	94	62	70	75.3	17,959	54,919	2,032	5,492	62,443	749,316	
	SMD 타입	239	5,280	36,960	94	62	70	75.3	17,959	54,919	2,032	5,492	62,443	749,316	
	SMD+VEL	26	5,280	36,960	94	62	70	75.3	1,975	38,935	1,441	3,894	44,270	531,236	29% 절감

전국 2000여 개소(2단 10월 가정)에 대하여 기존에는 연간 약 16.66억 원의 전기료가 발생하지만 본 연구의 개발 결과 적용시에는 약 10.62억 원이 발생하여 연간 약 6.04억 원이 절감되어 10년 운영시 약 60억 원의 전기료를 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론 및 향후 연구과제

도로전광표지와 같은 공공의 인프라는 그 설치 목적에 충실해야하고 도로 이용자의 기대에 부응하는 기술적 근거가 있어야 한다. 본 연구에서는 도로전광표지로부터 표출되는 광원 중 불필요한 광원을 도로상에만 비쳐질 수 있도록 배광 설계를 통한 VEL(VMS Eco Lens)을 개발하였다. 이를 통하여 도로전광표지의 표출 광원을 효율적으로 이용하여 기존 별브나 SMD타입에 비하여 약 36.1%의 에너지를 절감할 수 있다. 물론 이론적 기초를 근간으로 이루어질 광학적 결과였지만 향후 가상현실 주행시뮬레이터 등을 활용하여 다양한 조건의 VMS LED 모듈의 효과를 검증하는 절차가 필요하다. 이는 현장 적용을 위해 선순위 과정으로 필요하다고 판단되며, 현장 적용 후 도로 이용자 평가(시인성 및 관독성) 및 소비 전력 분석을 통한 면밀한 검증 절차가 진행되어야 할 것이다. 이러한 결과는 공공분야에서의 에너지 절감뿐만 아니라 동식물의 생태 교란 및 야간 빛 공해¹¹⁾를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

우리나라는 이미 고령 사회로 접어들었고 고령 운전자

의 시각적 능력 저하는 사회적 문제를 발생할 여지가 있다. 도로전광표지 뿐만 아니라 도로 표지 등 도로 공간에서 운전자에게 시각적으로 전달하는 문자(글자)에 대하여 나이에 따른 조절능(accommodation power)의 변화를 고려한 크기, 두께, 정보량 등에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 도로전광표지가 설치되는 도로의 설계속도(제한속도)별 최소판독거리에 최대 휘도값이 분포하도록 배광 각도를 조정할 필요성이 있다.

‘탄소 크레디트¹²⁾’는 21세기 히트 상품으로 세계 금융 자본 브로커들의 관심 아래 활발히 거래되고 있다. 즉, 탄소 배출이 돈과 관련되며 더 크기는 지구의 건강과 관련된 중요한 이슈가 되었다. 이와 같은 이슈를 도로에서 국한시켜 생각해보면 대규모 시설 투자를 통해 도로에서 발생하는 탄소(CO, CO₂)의 포집 및 정화도 중요하고 저감 관련 부가 장치 및 시스템도 중요하다. 하지만 이보다 더 중요하고 고민해야 할 것은 원천적으로 탄소를 덜 배출할 수 있는 즉, 에너지를 효율적으로 사용할 수 있는 방법이나 기술의 적용이 우선되어야 할 것이다.

12) 이산화탄소로 환산되는 기타 온실 가스(GHG : green house gas)의 톤당 할당량 또는 상쇄분을 의미함(월드위치연구소 저, 생태사회연구소 역)

참고 문헌

임천석 외 3인(2007), *현대광공학(기하 광학과 렌즈 설계를 중심으로)*
 환경부(2009), *빛공해 관리방안 마련을 위한 실태조사 최종 보고서*
 국토해양부(2009), *국도 ITS 업무 효율성 극대화 방안 연구*
 월드위치연구소 저, 생태사회연구소 역(2008), *탄소경제의*

11) 옥외 조명기구에서 방출되는 빛 중 조명 범위를 벗어나 새어나온 빛으로 인하여 발생하는 각종 악영향을 ‘빛 공해(light pollution)’라고 함. 옥외조명이 주변 환경에 미치는 영향으로는 거주자, 운전자, 보행자에게 불편감을 주거나 동식물에게 미치는 악영향, 밤하늘의 밝기에 미치는 영향 등이 있음.

혁명(2008 지구 환경 보고서)
한국교통연구원(2008), 가변전광표지(VMS) 설치 및 운영 방
안 연구
한국건설기술연구원(2007), 송도국제도시 도로표지판 실시설
계 및 제작설치(시범사업)용역
국토해양부(2010), 도로표지관련 규정집
Illumination Engineering Society(2001), *Lighting Handbook-
reference & Application*
William B(1989), *The Optical Design of Reflector*, TLA Lighting
Consultants, Inc. Third Edition

Gudmundur F. Ulfarsson(2005), The Effect of variable message and
speed limit signs on mean speeds and speed deviations, *Int. J.
Vehicle Information and Communication Systems*, Vol. 1, Nos.
1/2

접 수 일 : 2011. 11. 16

심 사 일 : 2011. 11. 18

심사완료일 : 2011. 11. 24