

# 도로전광표지 시인성 평가시스템 구축

Deployment of Evaluation System for Visibility of Variable Message Sign

## 장 진 환

(한국건설기술연구원, 연구원)

## 백 남 철

(한국건설기술연구원, 선임연구원)

## 강 원 의

(한국건설기술연구원, 수석연구원)

Key Word : 도로전광표지(VMS), ATIS, 시인성, 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성

## 목 차

- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| I. 연구의 배경 및 목적      | IV. 평가시스템 구성   |
| II. 문헌 고찰           | 1. 평가시스템 장비 구성 |
| III. 평가항목 및 방법      | 2. 측정장비별 사양    |
| 1. 평가항목 설정          | V. 결론 및 향후과제   |
| 2. 평가방법 및 평가항목별 기준값 | 참고 문헌          |

## I. 연구의 배경 및 목적

현재 많은 도로관리기관에서 지능형 교통체계(ITS, Intelligent Transportation Systems)의 한 분야인 첨단여행자 교통정보시스템(ATIS, Advanced Traveler Information Systems)을 구축·운영 중이거나 구축을 계획하고 있다. ATIS는 교통체계의 효율성 및 안전성을 향상시키기 위해 현재 교통체계의 상황에 대한 정보를 도로이용자에게 제공하는 시스템으로써, 이는 도로이용자에게 출발시간, 경로, 통행수단 등을 결정하는데 도움을 준다.[3] ATIS에서 도로이용자에게 교통정보를 제공하는 수단으로써는 도로전광표지, 인터넷, ARS 등이 있는데, 이중 도로전광표지는 도로상에 설치되어 해당 도로를 이용하는 모든 이용자에게 정보를 제공하는 장비로써, 교통정보제공 수단의 핵심이라고 할 수 있다.

도로전광표지는 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」 제 38조에 의하여 설치하는 교통관리시설로, 전방의 도로·교통 상황이나 교통사고 등에 관한 정보를 도로이용자에게 실시간으로 제공함으로써 원활한 교통소통과 안전을 도모하고 교통사고를 방지하기 위한 도로 부속시설을 말한다.[1] 이러한 도로전광표지는 주로 LED, 전구, 광섬유 등의 발광형이나 반사형 소자로 구성됨으로 인해 시인성(visibility)<sup>1)</sup>이 성능수

준을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 그러나 기존에는 이러한 도로전광표지의 시인성에 관한 구체적이고 객관적인 평가방법 및 평가시설의 부재로 인해 현재 ATIS를 위해 설치된 많은 도로전광표지에서 역광(back light)시 글씨가 보이지 않거나 야간에 휘도를 너무 밝게 하여 글자 퍼짐 현상으로 인해 시인성 저하 현상이 발생하고 있다.

본 연구는 이러한 도로전광표지의 시인성 문제를 해결하여 좀 더 효과적인 교통정보 제공을 위해 도로전광표지 시인성 평가에 관한 국내·외 관련 규격 및 지침을 고찰한 후, 객관적이고 합리적인 평가항목·방법 및 물리적인 평가시스템을 구축하였다. 도로전광표지에 대한 국내 지침으로는 「도로 안전시설 설치 및 관리지침(도로전광표지 편)」이 있고, 외국 규격으로는 유럽의 prEN 12966-1 「Vertical Road Traffic Signs-Part 1 : Variable Message Signs」과 미국의 NEMA(National Electrical Manufacturers Association) Standards Publication TS 4-2004인 「Hardware Standards for Dynamic Message Signs(DMS), with NTCIP Requirements」 등이 있다. 평가항목으로는 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성 등으로 설정했고, 평가시스템은 고니오미터, 태양 시뮬레이터, 휘도계, 센서, 랙 시스템(전원공급장치, 구동장치, 포토미터), 제어용 컴퓨터 등으로 구성되었다.

1) 표지나 대상물의 존재 또는 모양의 보기 쉬운 정도, 도로안전시설 설치 및 관리지침(도로전광표지편), 건설교통부, 1999.

## II. 문헌 고찰

도로전광표지 평가에 관한 국내 문헌으로는 1999년에 제정된 「도로안전시설 설치 및 관리지침(도로전광표지 편)」이 있는데 이는 LED 도로전광표지의 설계와 설치, 운영 및 유지관리를 위한 기준을 제시하고 있다. 상기 지침에서 도로전광표지의 시인성 확보를 위한 평가항목으로 색상, 휘도, 휘도비를 제시하고 있고, 각각의 평가 기준값은 <표 1>~<표 3>과 같다.

<표 1> 도로전광표지 색도 좌표 기준

색상	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
적색	0.730	0.270	0.627	0.283	0.569	0.341	0.655	0.345
주황	0.610	0.390	0.535	0.375	0.470	0.440	0.547	0.452
황색	0.522	0.477	0.470	0.440	0.427	0.483	0.465	0.534
녹색	0.405	0.585	0.372	0.493	0.209	0.383	0.013	0.486

<표 2> 도로전광표지 휘도 기준

조도(lux)	휘도(cd/m <sup>2</sup> )
10미만	200~500
10~1,000	501~2,000
1,000이상	4,000이상

<표 3> 도로전광표지 휘도비 기준

조도(lux)	휘도비
40,000	3~50
4,000	3~50
400	3~50
40	0.5~25
4	0.5~25
안개시	0.5~25

유럽의 표준 규격인 CEN(Comité Européen de Normalisation)에서는 영국의 BSI사에서 2002년에 만들어낸 prEN 12966-1 「Vertical Road Traffic Signs-Part 1 : Variable Message Signs」을 도로전광표지에 대한 표준으로 채택하기 위해 심의 중에 있다. prEN 12966-1은 도로전광표지에 대한 시인성(visual performance) 및 물리적 성능(physical performance)에 대한 평가항목 및 방법을 규정하고 있다. 시인성에 대한 평가항목으로는 색상(color), 휘도(luminance), 휘도비(luminance ratio), 빔폭(beam width), 균일성(uniformity), 시각적 명멸현상(visual flicker) 등이 있고, 물리적 성능에 대한 평가항목으로는 내환경(environmental requirements), 구조(structure performance), 전기(electrical requirements), 전자기적 호환성(electromagnetic compatibility) 등이 있다. 이 중 시인성에 대한 평가등급 및 평가등급에 대한 설명은 <표 4>와 같다.

<표 4> pr-EN 12966-1에서 평가 등급

	평가등급	설명
색상	C1, C2	C2는 더욱 색도가 선명함
휘도	L1, L2, L3	L3는 더욱 밝게 발광
휘도비	R1, R2	R2는 더 좋은 휘도비
빔폭	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	B7은 가장 넓은 빔폭

미국에서는 2004년 전미 전기제조사 협회인 NEMA에서 만들어낸 NEMA Standards Publication TS 4-2004 「Hardware Standards for Dynamic Message Signs(DMS), with NTCIP Requirements」가 있는데 여기에서는 DMS(Dynamic Message Sign)에 대한 다양한 표준들을 제시하고 있다. DMS란 표출메시지를 변경할 수 있는 모든 표지를 말하는 것으로서, 여기에는 VMS(Variable Message Sign)<sup>2)</sup>, CMS(Changeable Message Sign)<sup>3)</sup>, BOS(Blank-Out Sign)<sup>4)</sup> 등이 포함된다.[6] 미국에서는 TS 4-2004 이전에도 DMS 표준에 관한 많은 연구가 있었지만,[6,7,8,9] 대부분 통신방식에 대한 표준으로 물리적 성능이나 시인성에 관한 표준은 없었다. 그러나 TS 4-2004에서는 DMS에 관한 물리적 성능 및 판독성(legibility)<sup>5)</sup>에 대한 지침을 제공하고 있다. 물리적 성능을 위한 평가항목으로는 내환경 및 전기, 전자, 전파에 관한 다양한 항목이 있고, 판독성에 대한 평가항목으로는 대비(contrast ratio), 시야각(cone of vision), 휘도(luminance), 색도(chromaticity), 표출문자(display character) 등이 있다. 발광형 소자를 사용하는 DMS의 판독성을 위한 평가항목별 기준값은 <표 5>~<표 8>와 같다.

<표 5> 휘도 기준값

조도(lux) (오차±10%)	황색		녹색		적색	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
40000	7440	37200	3720	18600	3100	15500
4000	1320	6600	660	3300	550	2750
400	360	1800	180	900	150	750
40	150	750	75	375	63	313
≤4	45	225	23	113	19	94

<표 6> 최소 대비 기준값

황색	녹색	적색
6	3	2.5

- 2) 다양한 표출메시지의 생성과 다운로드가 가능한 DMS, NTCIP 1203, 2003.
- 3) 기 설정된 2개 이상의 메시지의 표출이 가능한 DMS로써, 메모리의 다운로드 기능이 없음, NTCIP 1203, 2003.
- 4) 기 설정된 두 개까지의 메시지만 표출 가능한 DMS, NTCIP 1203, 2003.
- 5) 표지나 대상물의 문자나 기호를 읽을 수 있는 정도, 도로안전시설 설치 및 관리지침(도로전광표지편), 건설교통부, 1999.

<표 7> 시야각 분류

분류	시야각	
	수평각	수직각
a	±5 0	0 -5
b	±7 0	0 -5
c	±10 0	0 -5
d	±10 0	0 -10
e	±15 0	0 -10
f	±30 0	0 -20

<표 8> 색도 기준값

색상	모서리 점	1	2	3	4
적색	X	0.660	0.680	0.710	0.690
	Y	0.320	0.320	0.290	0.290
황색	X	0.536	0.547	0.613	0.593
	Y	0.445	0.452	0.387	0.387
녹색	X	0.009	0.284	0.209	0.028
	Y	0.720	0.520	0.400	0.400

### III. 평가항목 및 방법

#### 1. 평가항목 설정

도로전광표지의 시인성 평가를 위한 우리나라와 유럽, 미국의 평가항목을 정리하면 <표 9>와 같다. <표 9>에서와 같이 우리나라의 경우 도로전광표지의 시인성 평가항목이 휘도, 대비, 색상 등으로 단순한 반면, 유럽이나 미국의 경우 빔폭(시야각), 균일성 등을 추가해 보다 효과적으로 평가하고 있다. 빔폭은 대부분의 도로전광표지가 LED(Light Emitting Diode)로 만들어짐으로 인해 LED의 지향각 특성 때문에 운전자의 시각에 따라 시인성의 변화를 측정하기 위함이고, 균일성은 도로전광표지 모든 소자가 동등한 수준의 광학 성능을 발휘하는가를 시험하기 위한 항목이다. 기본적으로 모든 평가항목에서 광학 측정요소는 휘도와 색도이다. 이는 도로전광표지 평가항목에 대한 국내 기존연구[2]에 의해서도 휘도와 색도가 시인성 평가항목으로 적합함성 증명되었다. 균일성 측정시에는 광도를 측정하게 되는데 이는 균일성 측정의 대상이 개별소자(individual element)이기 때문이다.

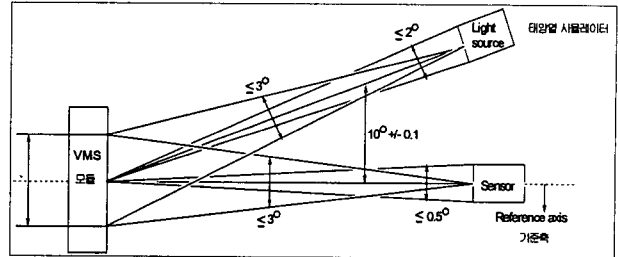
<표 9> 도로전광표지 시인성 평가항목 비교

	우리나라	유럽	미국
평가 항목	휘도, 대비, 색상	휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성	휘도, 대비, 시야각, 색상, 균일성, 표출문자

#### 2. 평가방법 및 평가항목별 기준값

##### 1) 평가방법

휘도, 휘도비 평가에 사용되는 모든 장비는 아래 <그림 1>에서의 조건을 만족해야 한다. <그림 1>에서와 같이 휘도계 측정구경과 측정 대상물에서 태양 시뮬레이터의 빛 발산각은 3°보다 작아야 하고, 태양 시뮬레이터와 휘도계의 대물렌즈 지름은 각각 2°, 0.5°보다 작아야 한다.



<그림 1> 휘도, 휘도비 측정을 위한 장비 배치도

이외에도 도로전광표지의 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성 평가에 대한 일반적인 조건은 다음과 같다.

- 테스트는 20℃ ±3℃의 조건에서 이루어져야 한다.
- 전기적, 광학적 안정화를 위해 모든 발광체는 평가 전에 충분히 작동시켜야 한다. 일반적으로 광원이 안정적이기 위해서는 광 방출량(light output)이 15분 동안 ±2%이상 변하지 않아야 한다.
- 모든 평가는 VMS 표출 색상별로 각각 측정한다.
- 태양광 시뮬레이터는 주간 태양 광에 가까운 분광 성분(spectral content)을 가져야 하고 상관 색온도(correlated colour temperature)는 5000K~6500K이어야 한다.
- 태양 시뮬레이터는 광 감쇄기(optical attenuation device)와 결합하여 측정영역 내의 조도를 균일(±10%) 하게 할 수 있어야 한다.
- 조도는 기준축에서 수직인 기준점(reference centre)<sup>6)</sup>에서 측정해야 한다.

##### 2) 평가항목별 기준값

본 연구에서는 도로전광표지 시인성 평가를 위해 우리나라와 유럽, 미국의 도로전광표지 평가에 관한 현황을 고찰한 후 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성을 시인성 성능평가 항목으로 설정했고, 각각의 항목에 대한 평가등급 및 등급별 평가 기준값은 <표 10>~<표 17>과 같다. 균일성의 경우 도로전광표지를 구성하는 소자의 광도(luminance intensity)값 상·하위 12% 및 4% 비가 각각 3:1, 5:1 이하이면 합격이고 이상이면 불합격으로 처리한다.

6) 도로전광표지 측정영역의 중심점

<표 10> 평가항목별 평가등급

	평가등급	설명
휘도	L1, L2, L3	L3는 더욱 밝게 발광
휘도비	R1, R2	R2는 더 좋은 휘도비
빔폭	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	B7은 가장 넓은 빔폭
색상	C1, C2	C2는 더욱 색도가 선명함
균일성	합격/불합격	-

<표 11> 황색에 대한 휘도 기준값

외부조도 (lux)	휘도(cd/m <sup>2</sup> )			
	최소값			최대값
	L3	L2	L1	L1,L2,L3
40,000	7440	3720	1860	37200
4,000	1320	660	330	6600
400	360	180	90	2000
40	150	120	60	2000
<=4	45	36	18	500

<표 12> 녹색에 대한 휘도 기준값

외부조도 (lux)	휘도(cd/m <sup>2</sup> )			
	최소값			최대값
	L3	L2	L1	L1,L2,L3
40,000	3720	1860	930	18,600
4,000	660	330	165	4000
400	180	90	45	2000
40	75	60	30	2000
<=4	23	18	9.0	500

<표 13> 적색에 대한 휘도 기준값

외부조도 (lux)	휘도(cd/m <sup>2</sup> )			
	최소값			최대값
	L3	L2	L1	L1,L2,L3
40,000	3100	1550	775	15500
4,000	550	275	138	4000
400	150	75	38	2000
40	63	50	25	2000
<=4	19	15	7.5	500

<표 14> 빔폭 기준값

빔폭 등급	시험 각(도)	
	수평	수직
B1	±5 0	0 -5
B2	±7.5 0	0 -5
B3	±10 0	0 -5
B4	±10 0	0 -10
B5	±15 0	0 -5
B6	±15 0	0 -10
B7	±30 0	0 -20

<표 15> 휘도비 기준값

색상	최소 휘도비	
	R2	R1
황색	6	3
녹색	3	1.5
적색	2.5	1.25

<표 16> C1에 해당하는 기준 색 좌표

색	모서리 점 =>	색 좌표 값				
		1	2	3	4	5
황색	x	0.470	0.547	0.613	0.535	-
	y	0.440	0.452	0.387	0.375	-
녹색	x	0.405	0.372	0.209	0.028	-
	y	0.585	0.493	0.383	0.400	-
적색	x	0.569	0.655	0.730	0.721	0.627
	y	0.341	0.345	0.270	0.259	0.283

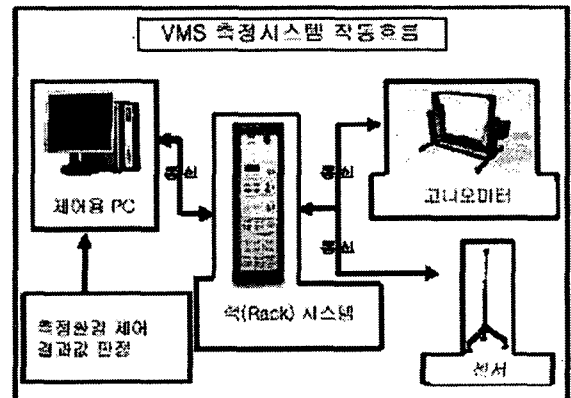
<표 17> C2에 해당하는 기준 색 좌표

색	모서리 점 =>	색 좌표 값				
		1	2	3	4	5
황색	x	0.536	0.547	0.613	0.593	-
	y	0.444	0.452	0.387	0.387	-
녹색	x	0.009	0.284	0.209	0.028	-
	y	0.720	0.520	0.400	0.400	-
적색	x	0.660	0.680	0.710	0.690	-
	y	0.320	0.320	0.290	0.290	-

## IV. 평가시스템 구성

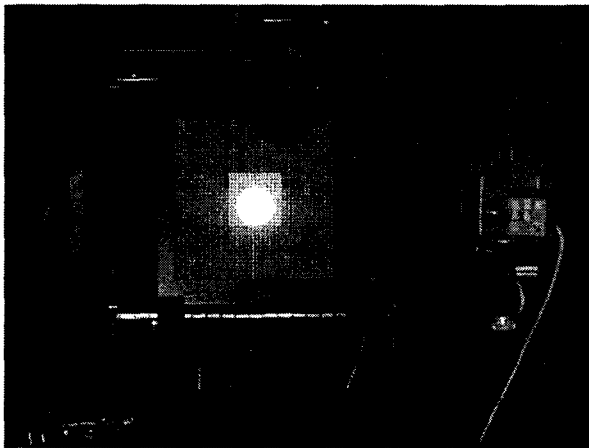
### 1. 평가시스템의 장비 구성

본 연구에서는 도로전광표지 시인성 평가를 위한 평가시스템을 고니오미터, 태양 시뮬레이터, 휘도계, 감지기, 랙 시스템, 제어용 컴퓨터 등으로 구성하였다. 각각의 장비에 대한 도로전광표지 평가시스템의 작동흐름은 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 도로전광표지 평가시스템 작동흐름

<그림 2>에서와 같이 제어용 컴퓨터(좌측 상단)와 랙 시스템(가운데)에 의해 제어되는 고니오미터(우측 상단)를 통해 고정된 도로전광표지(모듈)를 휘도계나 광도계(우측 하단)를 통해 측정하고 측정된 값은 통신선(RS232)으로 연결된 제어용 컴퓨터에 전송됨으로써 평가가 진행된다. <그림 3>은 고니오미터에 부착된 도로전광표지의 휘도를 태양 시뮬레이터, 휘도계(CS1000)를 이용하여 측정하는 장면을 나타낸 것이다.



<그림 3> 휘도 측정 장면

## 2. 측정장비별 사양

### 1) 고니오미터(goniometer)

도로전광표지 시인성 평가를 위해서는 정확한 광축에서 측정을 해야한다. 이를 위해서 도로전광표지를 받쳐주는 역할과 정확한 각도로 이동시킬 수 있는 장비가 필요한데, 고니오미터는 구동시스템으로부터 명령을 받아서 X, Y축으로 샘플을 이동시키는 장비이다. 상하좌우 ±90도 각도까지 0.01도의 정밀도(7)로 움직이며, 한국형 도로전광표지의 크기를 고려하여 prEN 규정에는 1.2m \* 1.2 \* 0.5 크기이나[3], 1.3m \* 1.3m \* 0.6 크기로 설계했다.

### 2) 태양 시뮬레이터(solar simulator)

태양 시뮬레이터는 암실로 만들어진 실험실에서 실제 도로상에서 태양에 의해 도로전광표지에 발생하는 조도 및 입사각을 동일하게 구현하는 조명 장치이다. 평가대상 도로전광표지와 태양 시뮬레이터 각도는 빛의 팬텀(phantom)현상이 발생하는 도로전광표지 기준축(8)에서 +10에 설치했다. 태양 시뮬레이터는 5,000K~6500K의 색 온도로 전압을 조절하면서 4lux~40,000lux까지 조도 가변이 가능하도록 설계·제작했다.

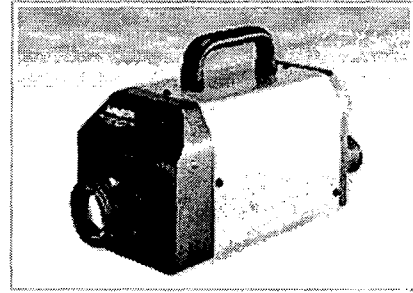
### 3) 휘도계(luminance meter)

본 평가시스템에서 <그림 1>의 휘도계 조건을 만족시키

7) 측정의 세밀한 정도, Sensor Technologies and Data Requirements for ITS, Artech House, 2001.

8) 기준점(reference centre)에서 도로전광표지 정면으로 수직인 축, prEN 12966-1, 2002.

는 휘도계로서 CS1000을 사용했다. <그림 4>에서 보듯이 CS1000은 분광분석기의 일종으로 휘도 및 색도의 측정이 가능한 장비이다. CS1000의 구체적인 사양은 다음과 같다.



<그림 4> CS1000

- 램프(lamp) 등의 조명 광원 및 CRT, LCD 등의 휘도, 색도 측정한다.
- 측정 범위는 380nm~780nm이다.
- 측정각(빛 발산각)은 1°이다.
- 휘도 표시 범위 : 0.01cd/m<sup>2</sup>~8,000,000 cd/m<sup>2</sup>이다.

### 4) 감지기(sensor)

감지기는 도로전광표지로부터 받아들이는 빛을 전류값으로 전환하는 장비로써, 본 평가시스템에 사용된 감지기는 실리콘 포토셀 방식으로써, 표면 빛 감응 부분의 직경은 30mm(prEN 규정의 빔 각도를 수용하기 위함)이고, 비시각도 필터를 포함(육안으로 가장 정확히 받을 수 있는 영역의 스펙트럼을 받기 위한 필터)한다.

### 5) 랙 시스템(전원공급장치, 구동장치, 포토미터)

랙 시스템(rack systems)은 전원을 공급하는 전원공급장치, 고니오미터를 구동시키는 구동장치 그리고 센서로부터 받은 전류를 광도로 전환시켜 주는 포토미터(photometer)로 구성된다. 전원공급장치는 랙 시스템 전체에 전원을 공급하는 스위치로써, 구동장치와 포토미터에 전원을 공급하는 역할을 하고, 구동장치는 제어 컴퓨터와 통신을 통해 고니오미터를 상하좌우 0.01°의 정밀도로 구동시키고, 평가 대상 도로전광표지에 AC 전원을 공급한다. 포토미터는 센서로부터 받아들이는 전류값을 광도값으로 전환하는 장비로써, 이는 100mA~10mA의 넓은 측정 범위를 가진다.

## V. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 ATIS에서 대표적인 교통정보제공장치인 도로전광표지의 시인성을 향상시키기 위한 평가항목, 항목별 기준값 및 평가시스템을 구축했다. 도로전광표지 평가에 관한 기존의 우리나라, 유럽 및 미국의 지침을 참고하여 평가항목으로는 휘도, 휘도비, 빔폭, 색상, 균일성 등으로 설정했고, 이러한 평가항목을 평가하기 위한 평가시스

템은 고니오미터, 태양 시뮬레이터, 휘도계, 감지기, 랙 시스템으로 구성했다. 본 평가시스템 구축으로 향후 설치될 도로전광표지의 객관적이고 효과적인 평가가 가능함으로 인해 도로이용자들에게 보다 효과적인 교통정보제공이 가능할 것으로 보인다.

본 평가시스템으로 인해 도로전광표지 성능인자중 시인성에 대한 평가는 가능하다. 그러나 실제 현장에 설치되는 도로전광표지 특성상 도로전광표지의 내구성 및 전기·전자적 안정성 등에 대한 물리적 성능 또한 중요한 성능인자가 된다. 따라서 향후에는 이러한 도로전광표지의 물리적 특성에 대한 평가항목 및 평가시스템의 구축이 필요할 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

1. 건설교통부, 도로안전시설 설치 및 관리지침(도로전광표지 편), 1999.
2. 류승기, 백남철, 도로전광표지 시스템의 시인성 영향 요소, 한국 ITS 학회 논문집, 2003.
3. PIARC Committee on Intelligent Transport(Edited by Kan Chen and John C. Miles), ITS Handbook 2000, Artech House, 1999.
4. BSI, pr-EN 12966-1, Vertical Road Traffic Signs, 2002.
5. NEMA, Hardware Standards for Dynamic Message Signs(DMS), with NTCIP Requirements, 2004.
6. NTCIP, NTCIP 1203, v02.20 c, Object Definitions for Dynamic Message Signs, Version 02, 2003.
7. NTCIP, NTCIP 1203, v02.27, Object Definitions for Dynamic Message Signs, Version 02, 2004.
8. FHWA, Meeting Summary and Conclusions Standards Testing Stakeholders Workshop, 2002.
9. FHWA, ITS Standards Advisory, Dynamic Message Signs(DMS), 2003.
10. Lawrence A. Klein, Sensor Technologies and Data Requirements for ITS, Artech House, 2001.