ITS 도로시설의 인간공학 연구

Human Factors of ITS facilities on Highway

노관섭* · 고승영** · 이종학*** · 박준식**** · 장경욱*****
Noh, Kwan Sub · Kho, Seung-Young · Lee, Jong Hak · Park, Junsik · Chang, Kyunguk

1. 개 요

지능형 교통시스템(Intelligent Transport System)은 사람, 도로, 자동차라는 기존의 교통체계 3대 요소를 IT 기술을 통해 가장 효율적으로 연결하여 좀 더 편리하고 안전한 교통환경을 도로이용자에게 제공하는 것이다.

ITS 도로시설물과 관련된 규정에는 도로부속시설에 정보제공장치라는 항목을 포함하고 있지만 명확한 규정이 없어 ITS 도로시설물을 설치, 운영 및 관리하는데 미흡함이 있다. 특히, 도로이용자의 삶과 직결되는 안전성 및 인간중심의 도로설계를 위해서는 인간공학을 고려한 적용 기준을 정립하는 것이 매우 중요하다.

인간공학과 관련한 도로설계 요소의 정립을 위해서 우선 기본이 되는 도로이용자의 인간공학적 고려요소(지각 반응, 시각 특성, 행동 특성 등)를 정립하고, 이들에 대한 도로설계 기본요소의 정립방안을 마련하는 것이 필요하다. 특히 기술의 발달과 더불어 교통운영 전반에 걸쳐 지능형교통시스템(ITS)이 확대 구축·운영되고 있는데 도로설계에 있어서도 인간공학적 측면과 안전성 관점에서 이러한 ITS 시스템에서의 도로시설 구축은 필수적이라 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 이용자 측면과 안전 관점에서의 적합한 ITS시스템 구축의 토대를 마련하고자, 우리실정에 맞고 보다 안전한 도로설계 및 ITS 시설구축을 위한 인간공학적 기준 정립의 상세연구 마스터플랜을 작성하여 향후 연구를 추진할 수 있도록 하였다.

그림 1. 국도 ITS 시설물 관리 시스템 모식도

* 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 · 수석연구원 · 공학박사(E-mail: ksno@kict.re.kr)
** 비회원 · 서울대학교 · 교수 · 공학박사(E-mail: sykho@snu.ac.kr)
*** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 · 연구원 · 공학석사(E-mail: jonghak@kict.re.kr)
**** 비회원 · 서울대학교 · 연구원 · 공학박사수료(E-mail: forejs@paran.com)
***** 비회원 · 서울대학교 · 연구원 · 공학박사과정(E-mail: nacku@hotmail.com)

2. ITS 도로시설과 인간공학 특성

2.1.1 ITS 도로시설

1) 정보수집 시설

ITS 정보수집 장비는 차량검지기(VDS)와 동영상 정보수집 장치(CCTV)가 있으며 차량검지기는 도로상의 교통량, 속도, 점유율, 차량길이 등 교통자료를 교통센터에 실시간 전송하는 설비로 루프식, 영상식, 자석식 차량검지기가 있다.

2) 정보제공 시설

가. 가변정보 제공시설

가변정보표지(Variable Message Sign ; VMS)라 함은 운전자에게 전방의 도로 및 교통 상황이나 교통사고, 공사 정보를 제공함으로써 도로 이용자의 안전을 높이고 교통류 분산을 통하여 교통 혼잡을 완화하기 위하여 도로에 설치하는 시설이다.

나. 차로이용 제어신호

차로이용 제어신호(Lane-use Control Signal ; LCS)는 가변차로 제어에 가장 일반적으로 사용되지만, Toll booth, 가변 대중교통 차로제어, 주차관리 등의 가변차로가 적용되지 않는 고속도로에서도 사용이 가능하다. 또한 시간대 통행제한, 터널과 교량, 일시적 차로제어 등 다양하게 적용된다.

다. 램프제어

램프제어시스템(Ramp Metering System ; RMS)은 최적상태의 고속도로 운영을 유지하고 운영의 와해를 막기 위해 교통 신호등, 표지판 그리고 고속도로에서 차량 유출·입시 차량의 수를 조절하기 위한 게이트 등 통제장비를 이용해 고속도로의 수요와 용량을 조절하는 것을 말한다.

3) 교통운영 및 관리시설

가. 과적차량 단속기

과적차량 단속기(Weight-in-Motion ; WIM)는 높은 속도에서 트럭의 중량과 트럭 축의 구조를 검지하여 과적 단속을 하는 것이 1차적인 목표이며, 2차적으로 도로 설계와 유지관리에 유용한 정보를 제공한다.

나. 전자 지불 시스템

전자 지불 시스템(Electronic Toll Collection ; ETC)은 요금 징수소에서의 교통류의 연속적인 흐름을 도모하기 위한 기술로써, 운전자들의 통행시간과 대기 행렬로 인한 지체 감소 효과를 나타낸다.

2.2 인간공학적 요소 검토

1) 시각 특성

운전자에 있어 시각적 요소는 가장 중요한 요소이다. 운전 중 주의에 대한 정보를 인지하는데 사용되는 감각기관으로 90%이상의 정보를 시각을 통해 얻는다. ITS 시설물뿐만 아니라 일반 도로시설물의 시인성과 판독성에 직접적인 영향을 미치는 요인으로 인간공학적 요소의 핵심이라 할 수 있다.

2) 인지-반응

도로를 주행하는 운전자들은 시각 및 청각으로 연속적인 교통상황에 대한 정보를 인지하고 분석하여 적절한 반응을 나타내게 된다. 인지-반응은 인지 시간과 반응 시간으로 구성된다.

3) 청각

시각과 함께 정보를 인지하는 감각 기관으로 소리를 통하여 주변의 정보를 획득한다. 청각이라는 요소는 인간공학적 요소에서 중요한 부분을 담당하지만 운전이라는 행동을 함에 있어 큰 영향은 없다고 볼 수 있다.

4) 운전자 행동 특성

운전자의 특성은 공격성, 모방성, 기대심리, 주행특성으로 나눌 수 있다. 운전자의 행동특성은 교통류에 직접적인 영향을 미치는 매우 중요한 요인들로써 공격성향을 가진 운전자는 그만큼 사고 발생 확률이 매우 높다. 또한 운전자는 전방의 교통상황을 인지하지 못하는 경우가 많아 선행차량의 행태를 따라하게 되며 감가속 행태와 차로변경 행태로 직결된다.

5) 보행자 특성

보행자는 도로 교통상에 중요한 요소의 하나로 ITS 시설물을 설치하고 운영하는데 보행자에 대한 고려가 충분히 반영되어야 하지만 국내에 이러한 요소가 반영되지는 않았다.

2.3 ITS 시설물 관련 인간공학적 요소 도출

1) 운전자 시지각 특성

시각 능력을 향상시키는 요소로서 배경과의 대비(표지면과 배경) 기준, 문자의 크기와 문자체 기준, 문자획도, 간격변수(자간, 단어간, 줄간) 기준, 주변 조도의 영향에 대한 기준, 문자와 표지면의 대비 기준 등이다.

2) 운전자 인지-반응 시간

빠른 시간내에 정보를 인지하기 위한 정보 표출의 양(단어수, 문장수)에 대한 연구를 통하여 ITS 도로 시설물의 메지시 표출 운영전략을 수립하고, 정보 표출량에 따른 인지-반응 시간을 규명하여 시설물 설치 위치를 결정해야 한다.

3) 정보에 대한 인지율(메시지 내용)

운전자의 정보 요구조건에 대한 분석을 통하여 정보 표출의 우선순위를 결정하고, 정보 표출 방식(문자식+Pictogram형식, 문자식 형식, 도형식+문자식)을 포괄하는 가능한 조명기술과 운전자의 인지율을 높이는 메시지 내용을 정립하여 운영전략을 도출해야 한다.

4) 운전자 시야 집중 빈도 분석

운전 중 운전자의 망막의 이동 상태를 분석하여 ITS 시설물 설치형태 및 높이를 결정하고 적절한 설치 형식을 결정할 수 있다.

5) 운전자 행동 특성

운전자의 행동 특성(공격성, 모방성, 주행특성)에 따라 운전중 감가속 행태와 차로변경 행태가 달라진다. 따라서 운전자의 행동 특성 분석을 통해 ITS 시설물의 설치 위치를 결정해야 한다.

6) 운전자 심리적 행태 분석

운전자의 심리적 특성(기대심리)을 반영하여 ITS 시설물 설치 간격 설정과 설치 위치를 결정해야 한다.

3. 국내외 관련 연구 현황

도로 가변정보 안내시설(VMS)에 관련한 국내의 연구는 외국에 비하여 상당히 부족한 현실이다. 본장에서는 ITS시설물중 도로 가변정보 안내시설에 관한 연구와 지침서 그리고 인간공학적 특성요소와 관련하여 국

내외 관련 자료들을 수집 검토하였다.

3.1 국내 현황

1) 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침(건설교통부, 2000)

도로교통정보 안내시설은 규칙 제38조에 의거 교통의 원활한 소통과 안전을 도모하고 교통사고를 방지하지 위하여 필요하다고 인정되는 경우에 설치하는 교통 관리시설로 도로부속물로 규정하고 있지만 ITS 도로시설물 전반적인 시설물에 대한 정의는 없다.

2) 도로안전시설 설치 및 관리 지침 - 도로전광표지편(건설교통부, 1999)

'도로 가변정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정 연구(건설교통부, 1999)'의 결과로 도로전광표지의 설계와 설치, 운영 및 유지관리를 위한 기준을 제시하고 있다. 동 연구에서는 '도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙' 제38조에 의하여 설치하는 교통관리시설로써 도로교통정보 안내시설에 관한 연구를 수행한 것으로, 인간공학적 측면에서 인간의 주시특성과 정보량에 대한 운전자의 인지-반응특성과 운전자 행태변화를 구체적으로 고려하지 못한 한계가 있다.

3) 도로표지 제작·설치 및 관리 지침(건설부, 2003)

도로표지의 제작·설치에 있어서 도로법의 도로표지규칙에 근거하여 도로표지에 관련된 세부시행지침을 정한 것으로, 도로표지를 합리적으로 계획, 설계, 시공 및 유지관리를 위한 지침을 제공한다.
통일된 도로표지 제작을 위하여 도로표지 종류별 규격 지침을 마련하였으며, 한글에 대한 지각도 연구와 판독거리 실험을 통하여 도로표지의 문자 규격을 정의하였다.

3.2 국외 현황

선진국의 경우 정보통신의 발달로 실시간 정보 확보가 되어가고 있어 다양한 ITS 도로시설물 중 특히 VMS에 대한 의존도가 높아짐에 따라, 인간의 시각능력을 극대화하고 정보의 전달력을 높이고자 하는 많은 연구들이 수행되고 있다.

1) Guidelines on the Use of Changeable Message Signs (FHWA-TS-91-002,1991)

본 지침에서는 CMS(Changeable Message Signs)의 형태와 특성, 특히 매트릭스 LED 방식의 CMS의 인지성(visibility)과 판독성(legibility)을 결정하는 척도와 그 설계 값을 제안하고 있다. 또한 CMS의 신뢰성 향상을 위한 유지관리 방안과 적절한 CMS를 선정하는 절차도 제시하고 있다.

2) Commission Internationale de L'Éclairage(CIE) 자료(Technical Report : Variable Message Sings, CIE 111-94, 1994)

VMS에 대한 운전 측면과 표지적 측면에 대한 고려 사항과 매트릭스 VMS의 설계와 관련된 요인, 그리고 특히 발광형 매트릭스 VMS와 반사형 매트릭스 VMS의 설계 치에 대하여 표준안을 제시하고 있다.

3) Changeable Message Sign(CMS) Visibility(FHWA, 1996)

CMS의 시인성에 영향을 미치는 요소를 평가하기 위해 여러 측면에서 실험을 수행한 결과가 수록되어 있으며, 서비스 중인 CMS에 대한 현황과 자료 조사를 통해 CMS 구현 기술별 평가 대상을 선정하여 현장 실험을 수행하였다.

4) Managing Travel for Planned Special Events-Chapter 6. Traffic Management Plan(FHWA)

정보 제공 매체 즉 VMS, Highway advisory radio, Telephone information systems 에 대한 특성을 정하고 있으며 메시지 표출 방식과 정보제공의 방법에 대해 정의하고 있다.

4. 연구개발 내용

ITS의 적극적인 도입과 사회적인 관심으로 인해 적극적(positive)인 도로이용자 유도 기법이 요구되며 이에 따라 ITS 도로시설물에 대한 인간공학적인 요소의 도입이 뒷받침되어야 한다. 따라서 도로 이용자가 시설에 적응하는 구조가 아닌 도로 이용자의 요구에 부합하는 ITS 도로시설물의 설치 및 운영에 관한 인간공학적 요소들을 토대로 표1과 같이 연구개발 내용을 정할 수 있다.

표 1. ITS 도로시설물의 설치 및 운영에 관한 인간공학적 요소에 대한 연구개발 내용

ITS시설물 \ 인간공학적 요소		운전자 반응특성	시인성과 판독성	설치위치와 높이	시설물 설치형식	메시지 표출방식	운전자 행동특성
정보수집시설	차량검지기(VDS)						
	영상검지기(CCTV)			√			
	적외선검지기(Infrared)			√	√		√
	주행차량 자동인식시스템(AVI)			√	√		√
정보제공시설	가변정보안내시설(VMS)	√	√	√	√	√	
	차로제어장치(LCS)	√	√	√	√	√	
교통운영 관리시설	과적차량단속기(WIM)			√	√		√
	전자지불 시스템(ETC)			√			√

1) 영상검지기(CCTV)

- 설치위치와 높이 : 가능한 운전자의 시야에서 벗어나야 하며 시설설치의 목적을 최대한 달성할 수 있어야 한다.

2) 적외선 검지기(Infrared) 및 주행차량 자동인식 시스템(AVI)

- 설치 위치와 높이 : 차량을 인식하기 위해 위치와 높이가 과속차량 단속기와 위치와 높이가 같은 특징을 가진다.
- 시설물 설치 형식 : 차량 검지를 목적으로 하기 때문에 차로별로 설치되는 것이 특징이며 따라서 문형식이 대부분을 이루고 있다.
- 운전자 행동특성 : 본래의 목적은 차량의 검지인데, 과속차량 단속기와 그 설치 형식과 위치가 비슷하여 운전자의 행태에 상당한 영향을 미친다.

3) 가변정보 안내시설(VMS) 및 차로제어장치(LCS)

- 운전자 반응특성 : 운전자가 사물을 인식하고 반응하는데 걸리는 시간으로 규정된다.
- 시인성과 판독성 향상 : 실제 시인성 척도를 정의하는 데에는 배경과의 대비(표지면과 배경), 표지판의 크기가 되며, 판독성에 영향을 미치는 요인은 문자의 크기와 문자체, 문자휘도, 간격변수(자간, 단어간, 줄간), 주변조도 그리고 대비(문자와 표지면)라 할 수 있다.
- 설치위치와 높이 : 운전자의 시야 집중 빈도와 눈높이 등을 고려하여 설치 높이를 결정한다.
- 시설물 설치 형식 : 내민식, 문형식, 단주식 등 설치에 제약요소들을 고려하여 다양한 형식을 적용하고 있으며, 문형식을 가장 추천하고 있다.
- 메시지 표출 방식 : 표지를 읽을 때에는 텍스트 형태, 그림 형태 혹은 혼합 형태, 단어의 수, 문장구조, 정보순서, 운전자가 지금 하고 있는 행위, 판독 목표 등이 영향을 미친다.

4) 과적차량 단속기(WIM)

- 과적차량 단속기의 설치 위치와 높이 : 번호판과 차량을 인식하기 위해 위치와 높이가 과속차량 단속기와 위치와 높이가 같은 특징을 가진다.

- 시설물 설치 형식 : 과적차량 단속의 특성상 차로별로 설치되는 것이 일반적이며 따라서 문형식이 대부분을 이루고 있다.
- 운전자 행동특성 : 본래의 목적은 대형트럭 등의 과적 가능성이 존재하는 차량이 대상이 되지만 승용차 등 소형 차량의 운전자에게도 과속차량 단속기와 그 설치 형식과 위치가 비슷하여 운전자의 행태에 상당한 영향을 미친다. '과적차량 단속기'라고 명시하더라도 운전자에게는 특별한 의미를 갖지 못한다.

5) 전자지불 시스템(ETC)

- 전자지불 시스템의 설치 위치와 높이 : 차량 고유의 차내시설을 설치하여 Toll Booth에 설치된 단말기와의 통신을 통하여 차량을 인지하고 요금을 부과하는 시설물로 시스템의 기술적인 요소가 이를 좌우한다.
- 운전자 행동특성 : 전자지불 시스템을 통과하는 동안의 일정 속도 유지와 감속 및 가속의 행태가 이루어진다.

5. 연구개발 수립

본 연구를 토대로 도출한 ITS 도로시설물의 인간공학적 요소의 주요기술은 다음과 같이 6개 영역으로 구분할 수 있다. 각각의 주요 기술별 상세 내용은 다음과 같다.

5.1 세부과제별 요소기술 정립

1) 운전자 반응 특성

- 운전자의 인지시간과 반응 시간 정립

2) 시인성과 판독성

- 배경과의 대비(표지면과 배경) 기준 정립, 문자의 크기와 문자체 기준 정립, 문자휘도 기준 정립, 간격변수(자간, 단어간, 줄간) 기준 정립, 주변 조도의 영향에 대한 기준 정립, 문자와 표지면의 대비 기준 정립

3) 설치 위치와 높이

- 차로변경 행태에 관한 기준 정립, 운전자의 시야 집중 빈도 산정 및 기준 정립, 운전자의 눈높이 규정, 지형에 따른 설치 위치와 높이 정립

4) 시설물 설치 형식

- 각 설치 형식에 대한 규정 정립, 형식에는 문형식, 내민식(편지식), 부착식, 단주식, 직립식 등을 대상으로 함.

5) 메시지 표출 방식

- 정보 표출 방식 정립 : 문자식+Pictogram형식, 문자식 형식, 도형식+ 문자식 형식에 따른 정보 인지율 규정, 정보 표출량(줄수, 단어수)에 따른 운전자의 인지 시간 규정, 문장 구조에 관한 규정 정립, 정보 표출의 순서에 관한 규정 정립, 운전자의 현재 행동에 따른 정보 인지 시간 규정, 판독 목표물에 따른 정보 인지 시간 규정

6) 운전자 행동 특성

- 단속 시설물에 대한 운전자의 심리적 행태 규정, 유사 시설물(AVI, WIM)에 대한 심리적 행태 규정

5.2 기술지도(TRM)

세부과제별 요소기술에서 도출한 연차별 기술지도는 다음과 같다.

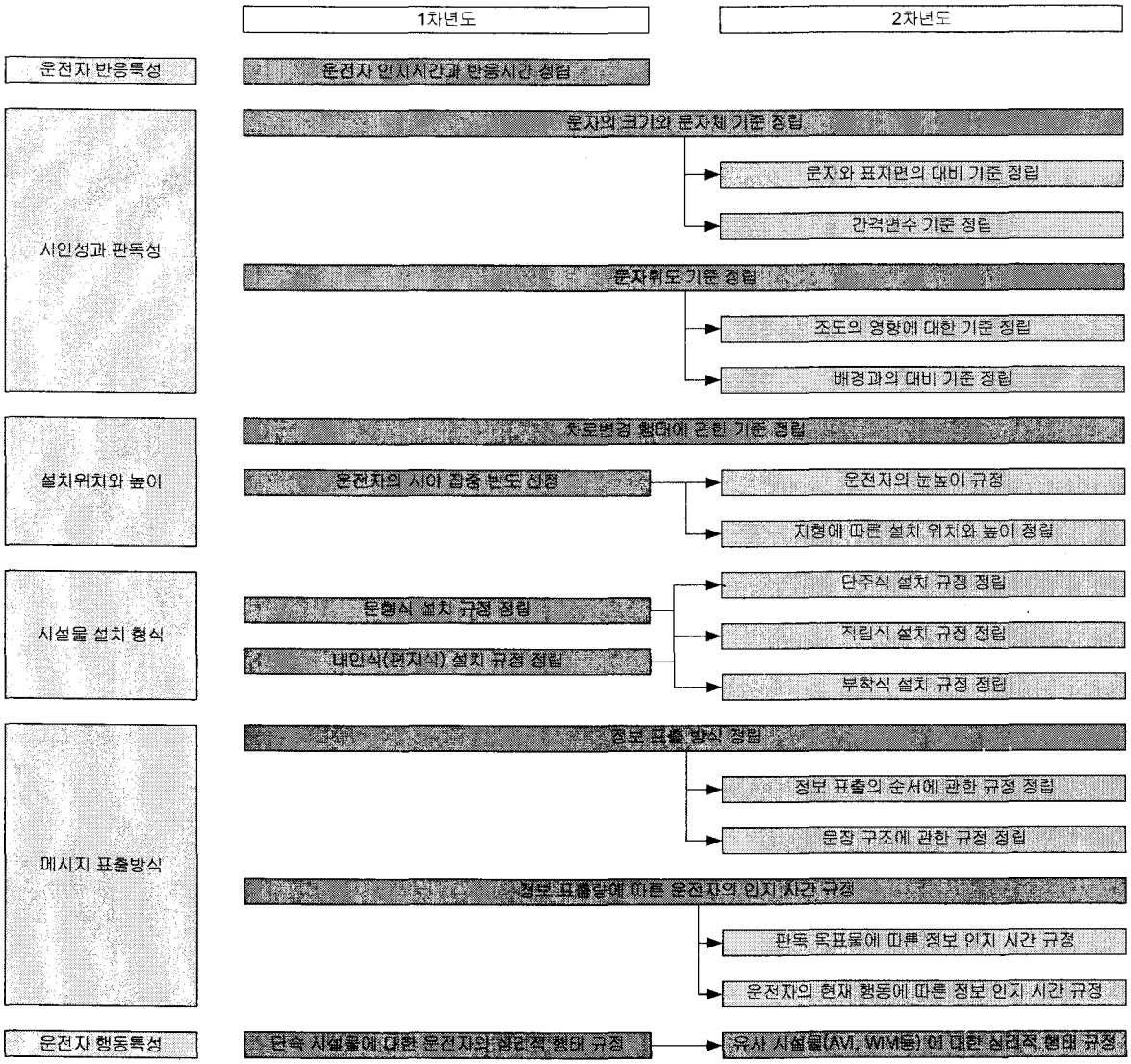

그림 2. 기술지도(TRM) 작성

6. 결 론

ITS 도로시설물과 관련된 법과 국내 연구개발 현황을 검토한 결과 ITS 도로시설물과 관련한 명확한 규정이 없어 ITS 도로시설물을 설치, 운영 및 관리하는데 미흡함이 있다.

현재 ITS에 대한 사회적 인식이 변하면서 그에 따른 수요 증가 및 그 중요성도 높아지고 있기 때문에 ITS 도로시설물에 대한 구체적인 지침 개정이 필요하다. 이를 위해서는 ITS 시설물의 주요 목적인 정보제공에 있어서 운전자로 하여금 정보 인지율을 향상시키고 시설물 전체의 신뢰도를 높일 수 있는 여러 선행 연

구가 필수적이다.

이를 위해 본 연구에서는 ITS 도로시설물 설계 및 설치 운영 시 고려해야 하는 요소를 결정하는데 있어서 인간공학적 요소를 도출하였다. ITS 도로시설물의 설치 및 운영에 관한 인간공학적 요소들을 토대로 각각 세부과제별로 요소기술을 정립하였으며, 각 세부과제는 7개 과제로서 2차년도에 걸쳐서 추진되는 것으로 계획하였다.

향후 이러한 기술들은 설치 위치와 높이, 설치 형식을 결정하게 된다. 그리고 운전자 행동 특성 분석을 통해 설치위치를 결정하여 이용자의 심리적 행태 분석을 통해 안전성을 높이는 결과가 되며, 전체적인 ITS 도로시설물이 이용자에게 안전하고 편리하게 제공될 것으로 본다.

또한 인간공학적 특성을 고려한 일관성 있는 시설의 설치 및 관리 지침 등을 제시함으로써 ITS 사업 시행 등에 따라 요구되는 정보 서비스 기술 수요에 적극적으로 부응할 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

이 연구는 친환경·지능형 도로설계 기술개발 연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵심기술연구사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000.
2. 건설교통부, 도로안전시설 설치 및 관리 지침 - 도로전광표지편, 1999.
3. 한국건설기술연구원, 도로 가변정보 안내시설 설치 및 관리 지침 제정 연구, 건설교통부, 1999.
4. 건설부, 도로표지 제작·설치 및 관리 지침, 2003.
5. 한국건설기술연구원, 인간공학적 도로안전성 분석시스템 개발, 2003.
6. 교통개발연구원, 인적 요인이 도로설계에 미치는 영향(제1단계) -교차로 구간에서의 운전자 행태 분석을 중심으로, 2001.
7. FHWA, Guidelines on the Use of Changeable Message Signs, 1991.
8. FHWA, Changeable Message Sign Visibility(CMS), 1996.
9. FHWA, Freeway Management and Operations Handbook, Chapter 8, 2003.