

## 결로 발생 도로표지가 운전자에게 미치는 영향에 관한 연구

### Study of the Influence of Condensation on Road Signs to Drivers

박재홍 Park, Jae Hong  
윤덕근 Yun, Duk Geun  
성정곤 Sung, Jung Gon  
강원의 Kang, Weon Eui

한국건설기술연구원 도로교통연구실 연구원 (E-mail: jhpark@kict.re.kr)  
정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 수석연구원 · 교신저자 (E-mail: dkyun@kict.re.kr)  
정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 연구위원 (E-mail: jgsung@kict.re.kr)  
정회원 · 한국건설기술연구원 도로교통연구실 연구위원 (E-mail: yikang@kict.re.kr)

#### ABSTRACT

**PURPOSES:** This research is to analyze the influence in terms of misreading rate and legibility time for drivers when condensation occurs on the road signs.

**METHODS:** In this research, the dew occurred road signs provided to drivers to measure legibility time and misreading rate to compare with normal road sign. In order to identify the difference of legibility time between normal road sign and dew occurred road sign, the T-test and ANOVA test were used. And the vision system was used to recognize the region of dew occurrence on the road sign, then the brightness of dew occurrence region on the road sign was changed to check the misreading rate of drivers according to the change rate of brightness.

**RESULTS:** The legibility times were measured 2.65s for normal road sign and 4.08s for dew occurrence road sign and misreading rates were measured 2.8% for normal road sign, 21.7% for dew occurrence road sign.

#### Keywords

condensation, road sign, retro-reflectivity, misreading rate, legibility time

Corresponding Author : Yun, Duk Geun, Senior Researcher  
Highway & Transportation Research Division, Korea Institute of  
Construction Technology, 283, Goyangdae-Re, Ilsanseo-Gu, Goyang-Si,  
Gyeonggi-Do, 411-712, Korea  
Tel : +82.31.910.0159 Fax : +82.31.910.0746  
E-mail : dkyun@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ijhe.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (Print)  
ISSN 2287-3678 (Online)

## 1. 서론

도로표지는 운전자에게 목적지 또는 경로선택을 할 수 있도록 안내기능을 제공한다. 최근에는 차량에 네비게이션 시스템이 장착되어 정보제공의 보조수단으로써 역할을 수행하지만, 공공 인프라는 본래 기능을 가지고 있어야하므로, 현장의 주된 정보제공 수단은 도로표지판이 수행한다. ‘도로표지판관련규정집’(국토교통부, 2010)에는 ‘글자, 기호 및 바탕은 밤에도 잘 읽을 수 있

도록 반사되어야 할 것’으로 도로표지의 설치 및 기능에 관하여 명시되어 있으며, 특히, 주·야 및 기상조건 등에 관계없이 정보제공 기능이 수행되어야 한다. 그러나, 습도가 높은 야간에는 도로표지판에 결로가 발생하여 도로표지판의 주요 지명이 검게 보이며, 이는 운전자의 시야를 분산시켜 교통사고 발생 가능성을 높이는 원인으로 작용한다.

도로표지판에 결로가 발생하게 되면 재귀반사기능의

문제로 인해 난반사가 발생한하므로, 도로표지판이 정보제공의 수단으로써의 역할을 하지 못하게 되는 원인이 된다. 재귀반사현상은 차량의 전조등에서 나오는 빛이 도로표지판에 비춰졌을 때, 도로표지판의 반사지가 그 빛을 그대로 되돌려 보내는 현상을 의미한다. 재귀반사불능현상은 교통사고 발생의 원인이므로 작용할 수 있으므로, 결로를 예방하기 위한 대책과 운전자에게 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 결로에 의한 재귀반사불능현상이 발생한 도로표지판의 실제 사진을 수집하고, 이에 대하여 82명의 피실험자가 도로표지판의 지명 또는 글자를 인식하는데 소요되는 판독시간 및 오독율을 분석하였다.

분석방법으로 T-test와 ANOVA test를 이용하여, 결로에 의한 재귀반사불능현상에 따른 판독시간을 비교·분석하였다. 또한, 결로 발생영역과 재귀반사불능현상이 나타난 영역에 따른 명암의 객관적 수치화를 위하여, 영상인식을 통해 재귀반사불능현상이 나타난 영역을 기준으로 명암을 구분하고 오독율에 대한 결과를 도출하였다.

본 연구의 구성은 피실험자의 판독시간과 오독율 등의 시인성에 관련한 기존연구를 2장에서 제시하고, 3장에서는 연구를 위한 실험 구성 및 연구방법론을 제시하였다. 4장에서는 연구방법에 따른 분석결과를 제시했으며, 5장에서는 결론 및 향후 연구과제를 제시하였다.

## 2. 기존문헌 고찰

본 장에서는 도로표지판의 결로 발생에 관한 연구, 운전자의 판독시간과 오독률에 관한 국내·외의 연구내용을 고찰하였다.

금기정 등(2005)은 VMS의 표출방식별 운전자 인지반응에 대한 유의미한 차이를 규명하기 위하여, 3D-Simulator를 개발하여 판독시간을 측정하였다. 측정변수들에 대한 표출방식 간 유의성 검증을 위하여, 현저성(교차분석), 판독성, 이해성(ANOVA test)을 검토했으며, 종합적인 결과로서 플래쉬 방식의 성능이 우수한 것으로 제시하였다. 김태형 등(2007)은 VMS 메시지에 대한 판독시간모형을 개발하기 위하여, Driving Simulator를 이용하였다. Driving Simulator에 다양한 정보량의 메시지를 표출하여, 이에 대한 판독시간을 측정하였으며, 도로선형과 주행속도는 판독시간에 크게 영향을 주지 않고, 정보단위가 판독시간에 직접적인 영향을 미친다는 결론을 제시하였다. 노관섭 등(2008)은 고령운전자가 도로표지판의 내용에 대한 반응 여부와

연령대별 차이를 분석하는 연구를 수행하였다. 안구는 동분석기와 가상 도로주행시뮬레이터를 사용하여 속도 변화, 판독속요시간, 오독율 항목을 분석하였다. 분석결과, 연령이 증가할수록 판독소요시간이 0.106초씩 증가하였으며, 5% 미만의 오독율을 발생시키기 위해서는 4개 이하의 도로지명이 적정하다는 결론을 제시하였다. 박우근 등(2009)은 주의, 규제, 지시표지 등을 대상으로 도로환경의 복잡도, 안전표지의 형태, 및 내용 등을 변화시켜 영향관계를 연구하였다. 실험결과, 도로환경 복잡도의 증가는 안전표지에 대한 시인율을 감소시켰으며, 안전표지의 형태에 따라 시인율과 판독율의 변화를 확인하였다. 이기영 등(2006)은 도로표지의 글자 여백율에 따른 이용자의 가독소요시간 차이를 증명하기 위해 각기 다른 여백율을 가진 6개의 표지를 이용하여 실험하였다. 실험결과에 기초하여 오독율에 영향을 미치는 요인을 찾는 모형을 개발하였으며, 가독성 향상을 위해서는 표지판 규격과 내부글자 크기와의 조합이 중요하다는 사실을 규명하였다. 임희철 등(2009)은 도로표지판 인식방법으로써, 도로표지판 인식 시 발생하는 왜곡에 대하여 사영변환을 적용하여 기하교정하고, 문자를 인식하는 방법에 대한 연구를 진행하였다. 도로표지판의 청색, 녹색 부분에 대한 기하교정 결과 82.92%를 검출하는 결과를 도출하였으며, 기하교정의 효율성을 제시하였다. 현문국 등(2012)은 교통류속도 등의 교통상황 및 인적요소를 고려한 도로전광표지 판독소요시간 및 거리측정을 113명의 피실험자군을 대상으로 수행하였다. 분석방법은 회귀분석을 사용하였으며, 메시지 판독소요시간 측정모형을 도출하였다.

Cai 등(2013)은 피실험자에게 보여주는 알파벳 E의 각도를 달리하여 각도마다 피실험자의 가독성을 측정하였다. 독립변수로는 알파벳의 각도, 주변 조명의 유·무 등을 선택하였다. 또한, 가독성을 측정하는 방정식을 개발하여 가독이 가능한 각도의 범위와 가독성이 최적인 각도를 산출하였다. Jensen 등(1993)은 비디오 카메라의 관측각을 1/3°로 설정하고, 5분마다 1초 간격으로 결로를 관측하였으며, 풍속, 상대습도, 구름의 양을 결로 발생 영향요인으로 제시하였다. Lee 등(2008)은 전자책의 가독성을 글자의 크기, 광원의 종류, 빛의 밝기를 독립변수로 하여 실험하였으며, 글을 읽는 탐색속도는 광원의 종류가 아닌 빛의 밝기에 영향을 받는다는 결론을 도출하였다. 또한, 글자의 크기는 글자를 정확하게 읽는 것과 연관성이 있다는 결론을 도출하였다. Mace 등(1994)은 가시성 측정 실험에서 반사율, 글자의 크기, 폭, 높이, 확폭, 글씨체, 운전자 나이를 변수로 하여 제

자리에서 측정하는 정적 실험과 움직이면서 측정하는 동적 실험을 하였다. 운전자의 나이가 가장 큰 영향을 미쳤으며 반사율, 글자의 높이도 중요한 영향을 미친 반면 확폭, 자간, 글씨체는 큰 영향을 미치지 않는다는 결론을 제시하였다. Mayeur (2010) 등은 도로 주행 중 운전자의 목표물 가시성을 확인하기 위하여 34명의 피실험자에게 16단계로 가시성 단계를 분류한 목표물을 보여 주어 피실험자가 목표물을 확인하였을 때 버튼을 누르는 방식으로 실험을 하였다. 운전자는 승객보다 늦은 반응을 보였으며 목표물의 밝기가 높을수록 반응이 빠르다는 결론을 제시하였다.

Waard 등(2005)은 결로 발생이 도로표지판의 반사도에 영향을 미치는 연구를 수행하기 위하여 105명의 피실험자를 대상으로 실험하였다. 독립변수를 피실험자의 연령, 표지 정보량, 자극품질, 영상 표출시간으로 설정하고, 피실험자의 오독율을 종속변수로 선정하여 분석하였다. 실험결과, 도로표지판에 결로가 발생한 표지에 대한 오독율은 결로가 발생하지 않은 도로표지의 오독율보다 높게 나타났다. 특히, 20세 이하와 50세 이상의 오독율이 높게 나타나는 것으로 제시하였다. 또한, 기존연구에는 5월~10월에 이슬이 많이 발생하며, 그 이유로 해당기간의 일교차가 커지기 때문이라고 제시하였다. 특히, 9월 중순에서 10월 말까지는 낮의 길이가 밤보다 더 길어지기 때문에 도로표지에 의한 영향이 더욱 많아지는 것으로 제시하였다.

결로 발생과 운전자의 판독시간, 오독율에 대한 기존 문헌을 검토한 결과, 결로 발생에 따른 관측 및 측정에 관한 연구와 운전자가 도로표지판에 명시된 글자 및 기호 인식에 관한 연구가 고찰되었다. 그러나, 결로에 의해 재귀반사불능현상이 발생한 실제 도로표지판 사진을 이용하여 피실험자의 판독시간을 측정하고, 재귀반사불능현상에 의한 명암을 객관적인 수치에 따라 구분하고 오독율을 분석하는 연구는 미비하므로, 본 연구에서는 이에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

### 3. 실험방법론

#### 3.1. 실험개요

온도, 습도의 변화는 결로 발생의 주요한 원인이지만, 실제 도로에 설치된 도로표지 주위환경의 온도, 습도를 임의로 변화시켜 결로를 발생시키는 실험환경 구성에는 한계가 존재한다. 따라서, 운전자가 주행 중에 경험할 수 있는 결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타난 도로

표지판의 실제 사진을 수집하여 실험하였다. 자료 수집 기간 3년(2011~2013) 중, 일교차가 심한 계절과 안개 발생빈도가 높은 지역(서해안 등)에 설치된 도로표지를 대상으로 수집하였다. 또한, 도로표지판의 검은 부분이 결로에 의한 재귀반사불능현상에 의해 나타난 것으로 판단되는 도로표지만을 선정하여 사진을 촬영하였으며, 모니터를 통해 피실험자에게 제시하는 방법으로 실험환경을 구성하였다. 약 100m 앞에서 주행하여 도로표지를 통과하는 화면 구성을 위해 Fig. 1과 같이 표지판의 크기를 변화시켰으며, 이에 따라 피실험자가 주행상태를 느낄 수 있도록 구성하였다.

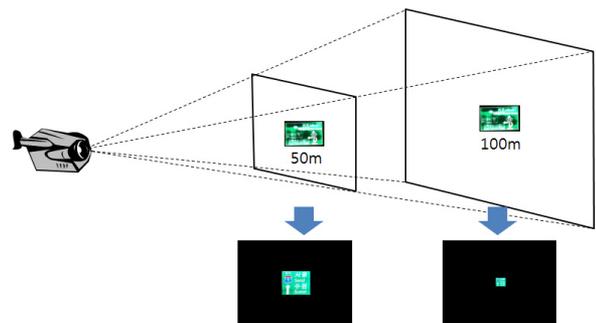


Fig. 1 Experimental Environment

실제 도로를 주행한 경험이 있는 운전자를 대표하는 모집단으로 피실험자를 구성하기 위하여 주·야 운전경험, 연령대, 성별의 비율을 고려하여 전체 82명을 선정하였다. 피실험자의 성별 구성은 남자 37명(45.1%), 여자 45명(54.9%)이며, 연령별 구성은 20대(26명), 30대(26명), 40대(15명), 50대(9명), 60대(6명)이며, Fig. 2에는 연구에 참여한 피실험자의 구성을 제시하였다.

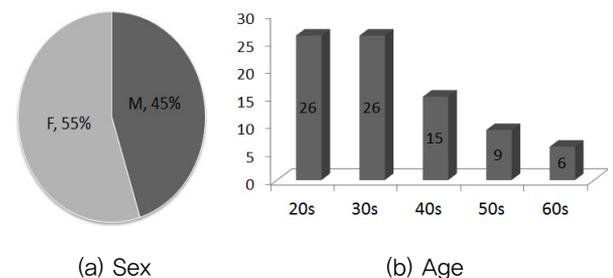


Fig. 2 Composition of Volunteer

#### 3.2. 실험내용

결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타난 도로표지를 대상으로 본 연구에서 정의하고 측정할 피실험자의 판독시간, 오독율 및 분석방법은 다음과 같다.

### 3.2.1. 판독시간

판독시간은 피실험자가 모니터에 나타나는 도로표지판을 바라보고, 도로표지판에 제시된 지명에 대한 인지 및 이해에 소요되는 시간을 판독시간으로 정의하였다.

판독시간의 측정방법은 모니터를 통해 나타나는 도로표지판의 지명을 피실험자가 이해하는 순간, 피실험자가 타이머를 직접 클릭하여 시간측정에서 발생할 수 있는 오차를 최소화하였다. 또한, 도로표지판에 명시된 지명 중에서 최상단(직진, 이동) 또는 최좌측(회전, 주행경로 변경)에 있는 지명을 판독하게 하였으며, 지명에 대한 정보는 사전에 제공하지 않았다.

Fig. 3에는 실험에 사용된 ‘대조군’과 ‘실험군’ 사례를 제시하였으며, 피실험자에게 각각 3회 제시하여 판독시간의 평균을 측정하였다. 결로에 의한 재귀반사불능현상이 발생하지 않은 도로표지판을 ‘대조군’으로 선정했으며, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타난 도로표지판 중에서 ‘대조군’과 정보량과 글자 수가 동일한 도로표지판을 ‘실험군 1 (Fig. 2(b))’, 정보량은 같지만 글자 수가 대조군보다 많은 도로표지판을 ‘실험군 2 (Fig. 2(c))’로 선정하였다. 정보량은 독립적으로 의미를 가지는 정보의 최소단위로써(김태형 등, 2007) 운전자가 한번에 인식가능한 단위이다. 예로써, Fig. 2(b)에 제시된 ‘대산’은 1개의 정보단위, 2개의 글자 수로 구성되었으며, Fig. 2(c)에 제시된 ‘매산리’는 1개의 정보단위, 3개의 글자 수로 구분된다.



Fig. 3 Examples of Road Signs

평균에 대한 분석방법은 동일한 모집단을 대상으로 외부 자극에 의한 변화를 비교하는 대응표본 T-test로 수행하였으며, 피실험자의 연령대에 따른 판독시간은 각각의 모집단에 대하여 평균을 비교하는 ANOVA test를 이용하였다. 또한, ANOVA test에 의한 결과가 유의할 경우 개별평균들에 대한 추가분석으로 Duncan의 사후분석을 사용하여 개별평균들의 유의한 차이를

분석하고 결과를 제시하였다.

### 3.2.2. 오독율

오독율은 피실험자에게 결로가 발생하지 않은 도로표지판 3개(시나리오 1~시나리오 3)와 결로에 의해 재귀반사불능현상이 발생한 도로표지판 5개(시나리오 4~시나리오 8)를 대상으로 수행하였다. 동일한 도로표지의 지명을 사용하는 경우 피실험자의 지각-인지에 의한 오독이 아닌 반복에 의한 결과로 나타날 수 있으므로 다양한 지명을 사용하여 시나리오를 구성하였다. 특히, 시나리오 4~시나리오 8은 영상인식을 통해 측정된 명암의 강도에 따라 구분하였으며, 지명의 판독여부를 성공, 실패로 구분하여 오독율을 산출하였다. 기존연구에서는 정보단위에 따른 판독시간을 0.5~1초로 제시하고 있으며, 본 연구에서는 1단위의 정보단위를 실험화면으로 구성하였으므로 판독시간을 1초로 선정하였다.

재귀반사불능영역이 나타난 부분의 명암의 강도는 NI社의 Vision Assistant를 사용하여 측정하였다. Fig. 4와 같이 측정하고자 하는 영역을 ROI(Region of Interest)로 선정하고, 칼라로 촬영된 도로표지판 색상을 흑백으로 전환시켰으며, 결로에 의해 재귀반사불능현상이 나타난 영역을 충족시키는 값을 재귀반사불능현상의 강도로 선택하였다.



Fig. 4 Procedure for Identification of Dew Occurrence Region

## 4. 분석결과

### 4.1. 판독시간

결로가 발생하지 않은 도로표지판과 결로에 의해 재귀반사불능현상이 나타난 도로표지판을 대상으로 판독시간을 측정하고, 이에 대한 대응표본 T-test 결과를 Table 1에 제시하였다. 결로가 발생하지 않은 도로표지판에 대한 피실험자의 판독시간은 2.65초, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 발생한 도로표지판은 4.08초, 유의확률이 0.00으로 나타남으로써, 결로 발생 시 나타나는 재귀반사불능현상은 피실험자의 판독시간에 영향을

미치는 것으로 분석되었다.

Table 1. T-test Result (1)

	Avg.	N	S.D	p-value
Control Group	2.65	82	1.07	0.00
Experiment Group-1	4.08	82	0.80	

또한, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 발생한 도로 표지판 중에서 정보단위가 동일하지만 글자 수 차이가 존재하는 도로표지판에 대한 판독시간 변화를 통계적으로 검증하기 위하여, 글자 수가 2개인 도로표지판(Exp-1)과 3개 이상인 도로표지판(Exp-2)으로 구분하여 판독시간을 비교하였다. 도로표지판 지명의 글자 수가 2개인 평균 판독시간은 4.08초, 도로표지판 지명의 글자 수가 3개 이상의 평균 판독시간은 4.12초로 0.04초 증가한 것으로 나타났다. 그러나 유의확률이 0.37로 나타남으로써, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 발생한 도로표지판 지명의 글자 수에 따른 판독시간의 차이는 통계적으로는 차이가 발생하지 않는 것으로 분석되었다.

Table 2. T-test Result (2)

	Avg.	N	S.D	p-value
Experiment Group-1	4.08	82	0.80	0.37
Experiment Group-2	4.12	82	0.94	

연령에 따른 도로표지판의 판독시간 변화를 ANOVA test로 분석하였으며, Table 3에 결과를 제시하였다. 결로가 발생하지 않은 도로표지판에 대한 판독시간 분석결과, 연령대에 대한 판독시간 차이가 발생하는 것으로 분석되었다(p-value : 0.01). 또한, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 발생한 도로표지판 중에서, 도로표지판에 제시된 지명의 글자 수가 2개인(Exp-1) 경우, 판독시간에 대한 연령대별 차이가 나타나지 않았지만(p-value : 0.40), 도로표지판에 제시된 글자 수가 3개 이상(Exp-2)에서는 연령대별 차이가 발생하는 것(p-value : 0.02)으로 분석되었다.

각각의 모집단의 평균이 어느 모집단의 평균과 차이가 있는지를 분석하기 위해 Duncan의 사후검정을 실시하였으며, 결과를 Table 4와 Table 5에 제시하였다. 결로가 발생하지 않은 도로표지판은 20대, 30대, 40대 그룹과 50대, 60대 이상의 그룹으로 2개의 그룹이 형성

되었으며, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타나고 도로표지판에 제시된 지명의 글자 수가 3개 이상인 표지판(Exp-2)에서도 20대, 30대, 40대 그룹과 50대, 60대 이상의 2개의 그룹으로 구분되었다. 따라서, 도로 표지판에 결로에 의한 재귀반사불능현상이 발생하면, 판독시간이 증가하며, 특히, 동일한 정보량에서도 글자 수가 증가하는 경우에는 판독시간에 대한 차이가 연령별로 나타난다는 결론의 도출이 가능하다.

Table 3. ANOVA Test Result

		Sum of squares	d.f.	Mean square	F	Sig
Con.	Between	17.07	4	4.27	3.51	0.01
	Within	93.55	78	1.22	-	-
	Total	110.62	82	-	-	-
Exp-1	Between	2.60	4	0.65	1.023	0.40
	Within	48.27	78	0.64	-	-
	Total	50.87	82	-	-	-
Exp-2	Between	11.21	4	2.80	3.02	0.02
	Within	71.40	78	0.93	-	-
	Total	82.61	82	-	-	-

Table 4. Duncan Result (Con)

	N	Group 1	Group 2
20s	26	2.46	-
30s	26	2.50	-
40s	15	2.53	-
60s	6	-	3.63
50s	9	-	3.69
P-value		0.88	0.89

Table 5. Duncan Result (Exp-2)

	N	Group 1	Group 2
40s	15	3.88	-
20s	26	3.94	-
30s	26	4.11	-
60s	6	-	4.9
50s	9	-	4.9
P-value		0.59	0.05

## 4.2. 오독율

본 연구에서는 결로 발생에 따른 피실험자의 오독율을 분석하였다. 결로가 발생하지 않은 도로표지판의 평균 오독율은 2.8%, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 발

생한 도로표지판의 평균 오독율은 21.7%로 나타났다. 특히, 결로 발생영역에 대한 객관적 수치화를 위하여 결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타난 영역을 명암으로 구분하여, 이에 대한 결과를 도출하였다. Fig. 5에는 시나리오별 도로표지판 사진, 사진의 색 변환 결과 사례를 제시하였으며, 본 연구에서 정의한 시나리오에 따른 피실험자의 오독율을 Table 6에 제시하였다.

명암을 결정하는 수치가 증가할수록 피실험자의 오독율이 높아지는 결과가 나타났다. 즉, 결로에 의한 재귀반사불능현상으로 인하여 도로표지판이 검게 보일수록 오독율이 높은 것으로 나타났다. 또한, Fig. 5(b), Fig. 5(c)와 같이 결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타난 전체면적에는 차이가 발생하여도, 지명, 기호가 표시된 부분의 재귀반사불량에 의한 검은 부분의 세기가 강하면 오독율이 높다는 결론의 도출이 가능하다.

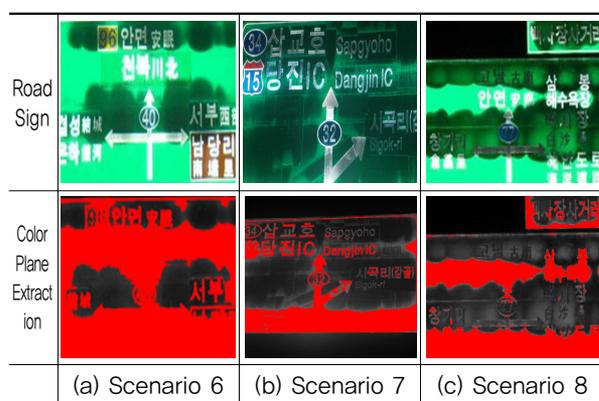


Fig. 5 Result of Brightness Change for Road Sign

Table 6. Misreading Rate Result

Scenario		Brightness (Intensity)	Misreading Rate(%)
# 1	Not Occurrence	-	2.5
# 2		-	3.7
# 3		-	2.5
# 4	Dew Occurrence	77	19.8
# 5		76	14.8
# 6		70	11.1
# 7		100	32.1
# 8		109	32.1

## 5. 결론 및 향후 연구과제

도로표지는 운전자에게 목적지 또는 경로선택을 할 수 있도록 정보를 제공한다. 그러나, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 야간에 도로표지판에 발생하면 도로표

지판의 정보가 운전자에게 정확히 전달되지 않을 수 있다. 따라서, 운전자의 시야를 분산시켜 교통사고 발생 가능성을 높이는 원인으로 작용할 수 있으며, 이에 본 연구에서는 실제 결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타난 도로표지판을 대상으로, 피실험자가 도로표지판을 인식하는데 소요되는 판독시간과 오독율을 분석하였다. 82명의 피실험을 대상으로 도로표지판의 지명에 대한 판독시간을 분석한 결과, 결로가 발생하지 않은 도로표지판의 판독시간은 2.65초, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타난 판독시간은 4.08초로 나타났다. 또한, 연령별로 구분하여 판독시간을 분석한 결과에서도 통계적인 차이가 존재하는 것으로 나타났다.

도로표지판의 지명에 대한 오독율의 경우에는 결로가 발생하지 않은 도로표지판에 대한 평균 오독율은 2.8%, 결로에 의한 재귀반사불능현상이 발생한 도로표지판은 21.7%로 나타났다. 특히, 지명, 기호가 표시된 부분의 재귀반사불능현상에 의해 표지판이 검게 나타날수록 오독율이 높다는 결론을 도출하였다.

본 연구에서는 도로표지판의 결로 발생 유·무에 따른 판독시간과 오독율을 분석했으나, 향후 연구에는 다음의 추가적인 연구가 필요하다.

첫째, 본 연구에서는 실제 주행상황이 아닌 결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타난 도로표지판 사진을 이용하여 피실험자의 판독시간과 오독율을 분석하였다. 그러나, 피실험자가 실제 주행 시에는 차량의 주행속도, 도로표지 주변의 도로환경, 가로등 빛에 의한 조명, 자극품질 등의 영향을 받을 수 있다. 이러한 요소에 대한 한계는 본 연구에서 존재하므로, 연구에서 제시한 결론과 상이한 결과가 나타나므로, 이에 대한 추가 연구를 통해 본 연구의 결과와 비교·분석할 필요성이 있다.

둘째, 본 연구에서는 결로 발생영역에 대한 객관적 수치로서 명암을 결정하는 밝기의 수치를 적용하였다. 그러나, 지명, 기호 등의 특정부위에 결로에 의한 재귀반사불능현상이 나타난 표지와 그 외 부위에 집중 발생하여 나타날 수 있는 결과에 대한 고려가 되지 못하고 있으므로 추가적으로 자료를 수집하여 추가분석을 통해 결과를 보완할 필요성이 있다.

셋째, 결로 발생에 의해 재귀반사불능현상이 나타난 도로표지판을 대상으로 한정된 정보량과 글자 수를 기준으로 대조군을 선정하고 분석하였는데, 다양한 정보량 등에 대한 추가적인 분석이 필요하다.

본 연구에서 도출된 결과는 일반적인 내용이지만 이를 실험 및 분석을 통해 객관적으로 설명했다는 점에 연

구의 시사점이 있으며, 향후, 결로에 의해 나타나는 도로표지판의 재귀반사불능현상에 따른 문제점을 예방하는 연구에 기초자료로써 활용될 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(11-기술혁신-A01)에 의해 수행되었습니다.

#### References

- AASHTO, 2009, "Manual on Uniform Traffic Control Devices, 2009 Edition", Federal Highway Administration
- Cai, Hongyi, Green, Paul A., and Kim, Jong-Jin, 2013, "Estimating the legibility of a single letter E viewed at different display angles", *Applied Ergonomics* 44, pp.575~587
- Gum, K. J., Son, Y. T., Bae, D.M., and Son, S. N., 2005, "A Study on Significance Testing of Driver's Visual Behavior due to the VMS Message Display Forms on the Road", *International journal of highway engineering*, Vol.7, No.4, pp.151~162
- Hyun, M. G., Kim, S. J., Kim, B. J., and Kim, W. K., 2012, "An Estimation for VMS Message Reading Time Considering Traffic Condition and Human Factor", *Intelligent Transport Systems*, Vol.11, No.1, pp.13~27
- Jensen, J. J., Sorensen, K., and Pederson, H., 1993, "Dew on Road Signs, Test of anti dew film in the period 11. May-17. June 93", The information Service of Light & Optics
- Kim, T. H., Kim, S. M., Oh, C., and Kim, J. W., 2007, "A Model for VMS Message Reading Time Using Driving Simulator", *Intelligent Transport Systems*, Vol.6, No.3, pp.24~32
- Lee, K. Y., Yoo, T. H., Lee, G. S., and Oh, Y. T., 2006, "An Experimental Study on Optimal Space Rate of Letters within Road Sign", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.24, No.6, pp.21~32
- Lee, Der-Song, S., Kong-King, J., Shie-Chang, and S., I-Hsuan, 2008, "Effect of character size and lighting on legibility of electronic papers", *Displays* 29, pp.10~17
- Lim, Heechul, Deb, Kaushik, and Jo, Kang-Hyun, 2009, "Geometrical Reorientation of Distorted Road Sign using Projection Transformation for Road Sign Recognition", *Institute of Control, Robotics and System*, Vol.15, No.11, pp.1088~1095
- Ministry of Construction and Transportation, 2010, *Regulation on the Installation and Guideline of Road Sign*
- Ministry of Construction and Transportation, 2009, *Regulation on the Installation of the Road and Facilities*
- No, G. S., Lee, J. H. and Kim, J. M., 2008, "Older Drivers' Characteristics and Optimal Number of Guide Names on Road Signs", *Korean Society of Civil Engineers*, Vol.28, No.2-D, pp.235~242
- Newell-Hart L., 2003, "Dew Formation and its Effects on Traffic Signs", 3M
- Park, Woo-Keun, Kim, Hyeon-Jeong, and Park, Jin-Kyung, 2009, "A Study on the Visibility and Legibility of Traffic Safety Signs"-to the Complexity of Road Environments, Shape and Contents of Traffic Safety Signs, *Journal of Digital Interaction Design*, Vol.8, No.1, pp.97~112
- (접수일 : 2013. 7. 16 / 심사일 : 2013. 7. 23 / 심사완료일 : 2013. 8. 29)