

## 도로표지판의 결로 방지 대안별 효과 분석

### An Alternative Effectiveness Analysis on Anti-Dew Road Sign

<p>박 재 홍 Park, Jae-Hong          윤 덕 근 Yun, Duk-Geun          성 정 곤 Sung, Jung-Gon          강 원 의 Kang, Weon-Eui</p>	<p>정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 연구원 (E-mail : jhpark@kict.re.kr)          정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원 (E-mail : dkyun@kict.re.kr)          정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 연구위원 (E-mail : jgsung@kict.re.kr)          정회원 · 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 연구위원 (E-mail : yikang@kict.re.kr)</p>
--	--

#### ABSTRACT

Road signs are important facilities in terms of providing information to driver, they are helpful for driver's judgment as deliver it's own information. However if there is occurrence dew on the road sign because of the change of temperature and humidity, it can be cause of accidents. Therefore it is necessary to develop anti-dew or dew resistance technology. In this research the anti-dew technologies such as insulation road sign and anti-dew film were compared with normal road sign, and the effectiveness analysis was conducted for each alternatives. The quantity of dew on the road sign was check using ANOVA and Tukey HSD and the relation between the retro-reflectivity and quantity of dew on the sign was check using Pearson correlation coefficient. As a result, the sample of anti-dew film attached road sign showed lesser quantity of dew compared with normal road sign. After 90 seconds, the difference of dew quantity for anti-dew film and insulation road sign showed statistically significant result. The relation of between quantity of dew and retro-reflectivity was inverse correlation. As a result, when analyzed the quantity of dew and retro-reflectivity a point of view anti-dew effectiveness, the anti-dew film and insulation road sign showed meaningful result.

#### KEYWORDS

*dew, insulation material, anti-dew film, retro-reflectivity, ANOVA test*

#### 요지

도로표지는 운전자에게 정보제공의 역할을 하는 도로시설물로서 주행경로에 대한 운전자의 판단을 도와준다. 그러나, 주·야간의 온도, 습도 변화로 인한 도로표지판에 결로발생 시, 정보전달의 결함이 발생하여 교통사고 가능성을 높이는 원인으로 작용한다. 따라서, 도로표지판의 결로발생을 예방하기 위한 기술이 필요하다. 본 연구에서는 도로표지판의 결로발생을 예방하는 대안의 효과를 비교하기 위해 단열소재가 삽입된 시편, 결로방지필름이 부착된 시편을 선정하고 결로방지처리가 되지 않은 일반시편과 비교하였다. 분산분석과 사후검정(Tukey HSD)을 통해 각 시편에 발생한 측정시간에 따른 결로량을 비교 했으며, 결로량과 재귀반사도의 관계를 Pearson의 상관분석으로써 검증하였다. 분석결과, 결로방지필름이 부착된 시편에서 결로량이 적게 나타났으며, 결로발생 90초 후에는 결로방지필름의 부착 시편과 단열소재가 삽입된 시편에서 나타나는 결로량은 결로방지처리가 되지 않은 시편에서 발생한 결로량과의 통계적인 차이가 존재하였다. 또한, 상관분석결과로써 결로량과 재귀반사도는 반비례하는 것으로 나타났다. 따라서, 도로표지판에 발생된 결로량과 재귀반사 변화율에 대하여, 결로방지필름의 부착과 단열소재의 삽입은 결로방지에 효과가 존재하는 것으로 판단된다.

#### 핵심용어

*결로, 단열소재, 결로방지필름, 재귀반사, 분산분석*

## 1. 서론

도로표지는 도로를 주행하는 운전자에게 유·출입 경로안내 및 교통시설정보를 제공하는 도로시설물이다. 도로표지는 주의표지, 규제표지, 지시표지, 보조표지로 구분되며, 표지내용을 운전자에게 전달함으로써, 운전자의 판단을 도와준다.

도로표지는 기상 및 도로·환경조건에 영향을 받지 않고 운전자에게 정보를 제공해야 하지만, 주·야간의 온도차 또는 대기 중에 습도차가 발생 시에는 대기 중의 이슬이 도로표지판에 맺힘으로써 결로가 발생한다. 도로표지판에 결로현상이 발생하면, 자동차 전조등에서 나오는 빛이 운전자에게 돌아오지 않는 재귀반사불능현상이 나타난다. 따라서, 도로표지판에 제시된 정보가 운전자에게 정상적으로 전달되지 않으므로, 운전자의 경로선택에 대한 판단착오를 초래하여 엇갈림구간 등에서 사고발생 가능성을 높이게 된다.

도로표지판에 발생하는 결로 사례에 대한 객관적 자료는 미비하지만, 고속도로의 경우 서해안선 23지점, 서울외곽순환선 12지점, 중앙선 10지점 등 전국적으로 87지점에서 도로표지판 결로현상이 발생하는 것으로 보고되었다. 또한, 국내 사고자료 분석에서도 도로표지판에 발생한 결로에 의한 사고는 주요 원인으로써 구분하지 않는다. 그러나, 도로에 설치된 교통시설의 기능결함이 발생하는 경우에는 교통사고발생의 직·간접적인 원인으로 작용하므로, 도로표지판의 결로발생을 예방하는 대책의 제시는 매우 중요하다.

도로표지판에 발생하는 결로의 예방책으로써 내부·외부 조명식을 사용하거나 열선을 사용하는 방법 또는 결로방지필름을 부착하여 도로표지판에 발생하는 물방울(결로)을 제거하는 방법이 대표적이다. 본 연구에서는 도로표지판의 기존방법과 차별되게 결로발생을 예방하는 대안의 효과를 비교하기 위해 단열소재가 삽입된 시편, 결로방지필름이 부착된 시편을 개발하였고, 결로 방지처리가 되지 않은 일반시편과 비교하였다.

KS A 0006, KS F 2295에 제시된 실험환경을 고려하여 각 시편에 결로를 발생시켰으며, '도로표지판 결로방지기술 성능실험'을 실시하였다. '도로표지판 결로방지기술 성능실험'은 시편에 발생한 결로량 및 재귀반사도를 측정하여 결로방지 대안에 대한 효과를 검증하는 것을 의미한다. 분산분석을 통해 시간변화에 따른 결로량을 비교분석하고 Tukey HSD 사후분석으로써 동일집단 여부를 판단하였다. 또한, 결로량과 재귀반사도의 관계를 Pearson 상관계수를 이용하여 평가하였다.

본 연구의 1장에서는 도로표지판의 결로방지에 대한 필요성을 나타내었으며, 2장에서는 결로에 대한 국내·외 연구를 고찰하였다. 3장에서는 결로발생 실험에 대한 내용, 4장에서는 결로방지 대안에 따른 분석결과를 제시하였다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결과 및 향후 연구과제를 제시하였다.

## 2. 기존문헌 고찰

본 장에서는 도로표지판의 결로방지를 위해 국내·외에서 시행된 기존연구를 검토하였다.

강일경, 김태희(2010)는 송풍에 의한 창호의 결로방지 성능실험을 실시하였다. KS F 2295의 성능시험방법에 의거하였으며, 현장의 실내온도는 22.9℃(설계기준:25℃), 상대습도 41.9%(설계기준:55%)로 설정하였다. 실험결과, 6~8m/s의 바람이 부는 경우 5~10℃의 온도가 하강 효과가 나타나므로, 송풍은 결로방지에 효과가 있다는 결론을 제시하였다. 이장희, 조정애(2004)는 결로방지를 위해 외부조명시설의 광원에 대하여 비교·분석하였다. 할로젠 램프, 형광 램프, 고압 나트륨 램프, 무전극 램프를 광원으로 선택하였다. 비교·분석 결과, 표지판의 판독성을 높이는 효과적인 방법은 외부 조명방식을 사용하여 높이는 것으로 효과적으로 제시하였으며, 특히, 무전극램프를 광원으로 사용하는 경우에 에너지 절감 및 유지보수의 편의성을 장점으로 제시하였다. 이찬영 등(2010)은 결로방지필름의 품질기준 정립을 위해 결로방지필름의 친수성 정도가 결로방지 성능에 미치는 영향에 대하여 실험하였다. 친수성이 다른 3종류의 결로방지필름에 결로를 발생시켜, 시간에 따른 휘도변화를 측정된 결과, 물방울의 접촉각이 25℃를 초과하면 결로방지 효과가 감소하는 것으로 제시하였다.

Kindron(2005)은 이슬과 결로발생 시, 이슬과 결로가 발생하는 각도와 접촉각의 영향에 대한 실험을 위해 30°, 45°, 60°, 75°(이상 실험군), 90°(대조군)를 가진 5쌍의 나무상자를 이용하여 결로량을 측정하였다. 결로발생 실험결과, 각도가 낮아질수록 결로량이 높게 나타났다. 대조군(90°)과 비교시, 99.8%(Standard Error : ±11.9), 78.2%(Standard Error : ±17.9), 42.0%(Standard Error : ±18.3), 33.8%(Standard Error : ±10.8), 25.6%(Standard Error : ±9.7)의 응결량을 나타낸다는 결론을 제시하였다. Kindron(2010)은 표면의 거칠기와 생성위치에 따른 결로량을 측정하

기 위해 4종류의 재질과, 각기 다른 위치에서 결로량을 측정하였다. CPM(Cloth Plate Method)를 이용하여 결로량을 측정했으며, 거칠기가 적은 면에서 결로가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 시편의 높이와 크기에 비례하여 결로량이 증가한다는 결론을 제시하였다. Jensen 등(1993)은 9500cd의 광원과 비디오카메라를 이용하여 결로를 5분마다 1초 간격으로 기록하였다. 결로방지필름 유·무를 구분하여 4개의 표지판(60cm×60cm, 2mm 알루미늄판)에서 38일 동안 관측하였다. 결로발생에 대한 관측결과, 결로방지필름이 부착된 표지에서는 부착되지 않은 표지보다 결로발생건수가 낮게 나타났으며, 풍속, 상대습도, 구름의 양은 결로발생에 영향을 미치는 요소로써 제시하였다. Waard 등(2005)은 결로발생이 도로표지 반사도에 미치는 영향을 실험하였다. 105명의 피실험자에게 영상을 제시하여 결과를 관측했으며, 피실험자의 연령, 표지의 정보량, 자극품질, 영상의 표출시간을 독립변수로 설정하고 피실험자의 응답율을 종속변수로써 설정하였다. 응답율은 영상에서 제시된 표지의 내용과 피실험자가 제시한 답변의 일치여부를 의미하며, 실험결과 결로에 의해 도로표지가 오염된 경우의 이미지에 대한 응답율이 결로가 발생하지 않은 이미지보다 높게 나타났다. 특히, 저연령층(20세 이하)과 고연령층(50세 이상)의 응답율이 높게 나타나는 결과를 나타냈다. Kindron(2000)은 이슬과 안개 발생에 영향을 미치는 기후조건과 서식지를 구분하여 이슬, 안개량을 측정하였다. 이스라엘에서 1987~1989년 가을에 측정했으며, 송풍이 잘되는 산꼭대기, 햇볕과 그늘이 존재하는 산 밑자락, 송풍이 없는 지역으로 선정하였다. 이슬과 결로량에 대한 측정결과, 산꼭대기와 햇볕과 그늘이 존재하는 산 밑자락에서는 송풍이 없는 지역보다 안개량이 높게 나타났으며, 안개량의 차이는 통계적으로 유의하다는 결과를 제시하였다. Xu 등(2002)은 Metalloscope를 이용하여 이슬 형성과정을 관측하기 위해 시편의 냉각을 통해 시간에 따른 이슬의 사진을 관측하였다. 특히, 시편의 표면에 따른 이슬형성을 관측하기 위해, 표면이 깨끗한 시편, 먼지가 존재하는 시편, 염분이 존재하는 시편으로 구분하였다. 관측결과, 먼지와 염분이 존재하는 시편에서는 표면이 깨끗한 시편보다 이슬형성이 쉽게 된다는 결과를 제시하였다.

결로량과 반사도에 대한 기존문헌 검토결과, 도로표지판에 발생하는 결로를 예방하는 각 대안별 비교·분석에 관한 연구는 미비한 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 도로표지판에 발생하는 결로방지 대안별로 결

로량 및 재귀반사도를 측정 후, 비교·분석을 통해 효과를 검증하는 연구를 실시하였다.

### 3. 결로발생 실험

#### 3.1. 결로(結露)

결로는 대기 중에 포함되어 있는 수분이 대기의 온도 변화에 의해 물체 표면에서 물방울로 맺히는 현상이다. 결로와 유사하게 발생하는 기상현상으로는 안개(대기 중의 수증기가 지표 가까이에서 작은 물방울이 떠있는 현상), 이슬(지표면 가까이에서 있는 풀이나 지물에 공기 중의 수증기가 응결하여 붙어있는 현상)이 존재한다. 도로시설물과 관련하여 연구된 국내자료는 미비하므로, 기상청 3년간(2008~2010)의 안개발생일수의 분석을 통해 도로시설물에 발생할 수 있는 결로발생시기를 검토하였다. 안개발생일수 분석결과, 6~11월의 안개 발생건수가 높게 나타났으며, 국외의 결로측정에 관한 기존문헌과 국내의 안개발생일수 등을 고려 시 일교차가 심한 계절에 도로시설물에 결로발생이 높을 것으로 판단된다.

#### 3.2. 실내 결로발생 실험 절차

실제 외부환경에서 결로가 발생하는 시간은 늦은 야간에 불규칙적으로 발생한다. 따라서, 결로발생의 현장 평가에는 어려움이 존재한다. 이에 본 연구에서는 이와 같은 결로발생환경을 실내에서 재현하기 위해 결로 발생 및 분석 실험 방법을 마련하였다. 도로표지판의 결로 발생 및 분석을 위한 실험절차를 그림 1에 제시하였다.

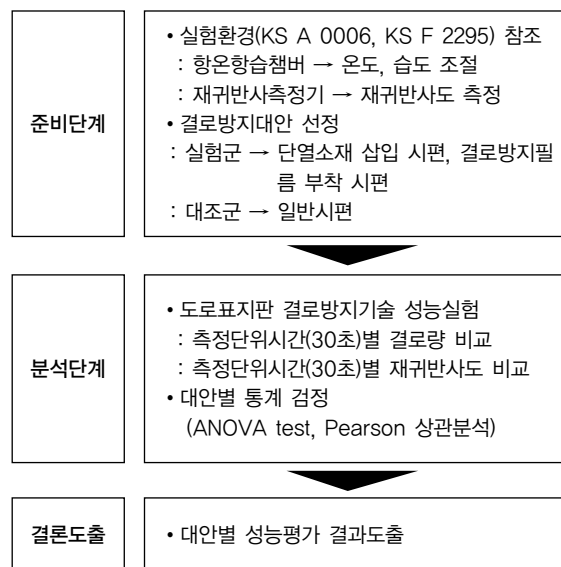


그림 1. 실험절차

준비단계에서는 결로발생을 위한 실험환경을 선정하였다. 도로표지판에 결로를 발생시키기 위한 온·습도 조건은 KS 규격(KS A 0006, KS F 2295)에 기준하여 설정하였다. 단, KS A 0006(시험장소의 표준상태), KS F 2295(창호의 결로방지 성능시험 방법)의 경우, 실내와 실외공기차이로 인해 실내(건축물 등)에서 결로가 발생하는 경우에 적용이 가능하다. 그러나, 도로표지에 발생하는 결로는, 외부조건에서 낮과 밤의 온도차, 시간에 의한 온도차에 의해 결로가 발생하므로 온·습도 조건을 각각 5℃, 80%로 선정하였다. 0℃ 이하에서는 수증기가 승화되어 항온항습챔버내에 존재하지 않으므로, 습도의 조절이 가능한 5℃로 선정하였다. 또한, 상대습도가 100% 이상인 경우에는 수증기가 대기 중에 머물지 못하고 물로 변하기 때문에, 대기 중에 수증기를 최대한 포함할 수 있는 상태로 설정하였다. 도로표지판의 냉각 후, 표준상태 온도인 25℃로 급작스럽게 변화시켜서, 결로를 발생시키고 무게를 측정하였다.

온·습도 조절을 위해 사용되는 항온항습챔버를 그림 2(a)에 제시했으며, 도로표지판의 재귀반사 측정장비를 그림 2(b)에 나타내었다. 재귀반사 측정기의 경우, ‘도

로표지판관련규정집’에 제시된 관측각 0.2도, 0.5도에 대한 동시측정이 가능하며, 결로량 측정을 위한 저울(0.01g 단위)을 그림 2(c)에 제시하였다. 또한, 실제 도로표지판에 사용되는 알루미늄판을 그림 2(d)와 같이 시편으로 제작(300mm×300mm)하여 사용하였다.

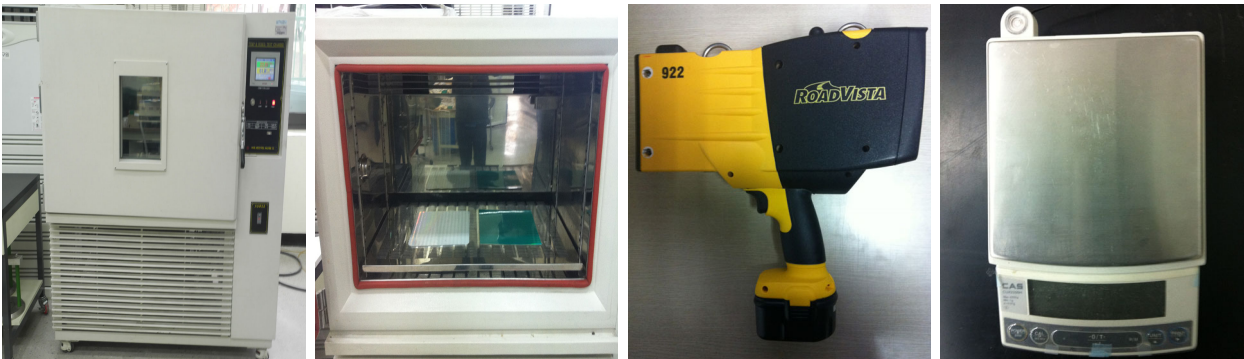
도로표지판은 차량의 전조등에서 나오는 빛을 반사하여 운전자에게 정보를 제공하므로, 도로표지판 반사지의 재귀반사도는 지침에 제시된 값 이상을 유지해야 한다. 표 1에는 ‘도로표지판관련규정집’에 제시된 초고휘도 반사지의 반사계수를 제시했으며, 본 연구에서 사용한 흰색반사지의 초고휘도 재귀반사도 측정 결과로는 나타났다.

표 1. 초고휘도 반사지의 반사계수

관측각	입사각	흰색	노랑	빨강	주황	녹색	청색	갈색
0.2°	-4°	700	525	105	265	70	42	21
0.2°	30°	325	245	49	120	33	20	10
0.5°	-4°	250	190	38	94	25	15	7.5
0.5°	30°	115	86	17	43	12	7	3.5

cd/lx·m<sup>2</sup>

주 : 재귀반사시트에 대한 한국산업규격 KS A 3507



(a) 항온항습 챔버

(b) 재귀반사 측정기

(c) 정밀저울



(d) 알루미늄 시편



(e) 반사지 재귀반사 측정

그림 2. 실험장비

도로표지판의 결로발생을 예방하는 대안의 효과를 분석하기 위해 알루미늄 시편과 반사지 사이에 단열소재를 삽입한 시편과 결로방지기능을 가지고 있는 특수필름을 반사지에 부착한 시편을 실험군으로 제작하였다. 또한, 알루미늄판 또는 반사지에 결로방지처리가 되지 않은 일반시편을 대조군으로 선택하여 비교·분석 하였다. 분석단계에서는 ‘도로표지판 결로방지기술 성능실험’을 실시하였다. ‘도로표지판 결로방지기술 성능실험’은 시편에 발생한 결로량과 재귀반사도를 측정하여 결로방지 대안에 따른 효과를 검증하는 것을 의미한다. 결로방지 대안에 따른 효과분석방법은 각 집단의 평균에 대한 통계적 차이를 검증하는 분산분석을 사용하였다. 분산분석은 독립변수 값에 따른 종속변수 값의 차이 유무를 확인함으로써 독립변수의 종속변수에 대한 영향 여부에 대한 분석이 가능하다. 따라서, 독립변수를 단열소재 삽입시편, 결로방지필름 부착시편, 일반시편, 종속변수를 측정시간에 따른 결로량으로 선정함으로써 결로방지 대안에 따른 비교·분석이 가능하다. 또한, 결로량과 재귀반사도의 관계를 Pearson 상관분석을 사용하여 검증하였다.

#### 4. 도시표지판 결로방지기술 성능실험 결과

##### 4.1. 결로량

단열소재 삽입시편, 결로방지필름 부착시편, 일반시편에서 측정된 평균 결로량을 표 2에 제시하고, 결로발생 후 시간에 따른 평균 결로량을 그림 3에 제시하였다. 결로방지필름이 부착된 시편에서 발생한 결로량은 0.98g으로 가장 적게 나타났으며, 일반시편에서 발생한 결로량이 1.37g으로 가장 높게 나타났다.

결로방지 대안별로 시편에 존재하는 측정단위시간에 따른 결로량의 통계적 차이를 통계적으로 검증하기 위하여 분산분석을 실시하였다. 또한, Tukey HSD를 이용하여 사후검정을 통해 각 집단의 동질성에 대하여 추가적으로 분석하였다. 단열소재 삽입시편, 결로방지필

표 2. 각 대안별 기술통계량

구 분	평균		표준오차
	최대 결로량(g)	표준오차	
단열소재 삽입시편	1.13	0.09	0.21
결로방지필름 부착시편	0.98	0.15	0.37
일반시편	1.37	0.11	0.28

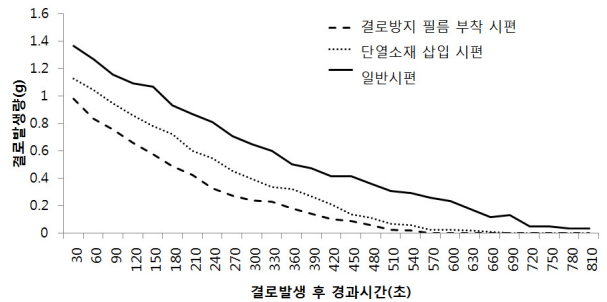


그림 3. 평균 결로량

름 부착시편, 일반시편에서 발생한 결로량의 측정시간에 따른 차이는 없다는 귀무가설에 대하여, 결로발생 90초 후부터 귀무가설을 기각( $p < 0.05$ )하는 것으로 나타났다. 즉, 결로발생 후 60초까지는 단열소재 삽입시편, 결로방지필름 부착시편, 일반시편에 존재하는 결로량에 대한 통계적인 차이가 존재하지 않지만, 결로발생 90초 후에는 결로방지 대안에 따른 결로량 차이가 존재하는 것으로 나타났다.

특히, Tukey 사후검정결과, 단열소재 삽입시편과 결로방지필름 부착시편은 결로발생 후 180초를 제외하고는 동일집단으로 구분되는 결과를 도출하였다. 따라서, 도로표지판에 단열소재의 삽입 또는 결로방지필름을 부착하는 결로방지 기술은 결로발생 예방에 긍정적인 영향력을 가지는 것으로 판단된다. 표 3에는 분산분석결과 통계적으로 차이 유·무에 따른 사후검정 사례를 제시했으며, 표 4에는 결로발생 후 경과시간에 대한 분산분석 및 사후검정 결과에 대한 요약표를 제시하였다.

표 3. Tukey HSD 사후검정 사례

구 분	결로발생 30초 후		결로발생 420초 후		
	집단 1	집단 2	집단 1	집단 2	
Tukey HSD	결로방지필름 부착시편	0.98	-	0.10	-
	단열소재 삽입시편	1.13	-	0.21	-
	일반시편	1.37	-	-	0.42
	유의확률	0.09	-	0.03	1.00

표 4. 분산분석 및 사후검정 요약표

구분 시간(초)	분산분석		Tukey HSD 사후검정	
	F	유의확률	집단 1	집단 2
30	2.66	0.10	-	-
60	3.60	0.05	-	-
90	3.99	0.04	필름, 단열	일반
120	4.27	0.03	필름, 단열	일반
150	6.41	0.01	필름, 단열	일반
180	6.59	0.01	필름	단열, 일반
210	5.77	0.01	필름, 단열	일반
240	8.65	0.00	필름, 단열	일반
270	7.31	0.01	필름, 단열	일반
300	8.56	0.00	필름, 단열	일반
330	6.79	0.01	필름, 단열	일반
360	6.56	0.01	필름, 단열	일반
390	8.55	0.01	필름, 단열	일반
420	10.59	0.00	필름, 단열	일반
450	12.23	0.00	필름, 단열	일반
480	16.10	0.00	필름, 단열	일반
510	18.77	0.00	필름, 단열	일반

\* 510초 이후에는 자료수 부족으로 인한 분석 중단  
 \* 단열 : 단열소재 삽입시편, 필름 : 결로방지필름 부착시편,  
 일반 : 일반시편

표 5. 각 대안별 재귀반사도(cd/lx·m²)

구분 시간(초)	단열소재 삽입시편		결로방지필름 부착시편		일반시편	
	0.2°	0.5°	0.2°	0.5°	0.2°	0.5°
30	58.0	39.3	285.0	197.5	47.2	30.9
60	66.2	45.1	359.0	235.0	51.2	33.3
90	76.8	51.4	396.5	253.0	55.5	35.9
120	105.3	69.8	443.5	272.5	60.8	39.3
150	122.9	84.9	468.0	283.0	66.0	42.3
180	180.8	116.3	473.5	285.5	70.7	44.7
210	266.2	160.7	565.5	327.5	75.0	47.5
240	328.0	193.0	603.0	342.0	79.9	50.7
270	397.6	231.0	-	-	83.8	53.5
300	510.4	288.2	-	-	94.7	60.4
330	576.4	318.8	-	-	109.7	69.2
360	589.6	323.0	-	-	145.6	89.6
390	-	-	-	-	216.8	130.3
420	-	-	-	-	285.4	164.8
450	-	-	-	-	357.0	217.2
480	-	-	-	-	434.0	250.8
510	-	-	-	-	514.8	299.3
540	-	-	-	-	590.3	318.3

표 6. Pearson 상관분석표

	단열소재 삽입시편		결로방지필름 부착시편		일반시편	
	0.2°	0.5°	0.2°	0.5°	0.2°	0.5°
Pearson 계수 (유의확률)	-0.96 (0.00)	-0.97 (0.00)	-0.98 (0.00)	-0.99 (0.00)	-0.81 (0.00)	-0.83 (0.00)

## 4.2. 재귀반사도

‘도로표지관련규정집’에는 도로표지판의 반사성능은 최초 반사성능의 80%를 유지해야 하는 것으로 제시되어 있다. 연구에서 사용한 결로발생 전 반사지의 재귀반사도는 730cd/lx·m²(관측각 0.2°), 378cd/lx·m²(관측각 0.5°)로 나타나므로, 최초 성능의 80%에 도달하는 584cd/lx·m²(관측각 0.2°), 302cd/lx·m²(관측각 0.5°)를 동시에 만족하는 시점까지의 평균 재귀반사도를 표 5에 제시하였다. 결로방지필름이 부착된 시편이 최초 재귀반사도의 80%에 도달하는 시간이 가장 짧게 나타났으며, 일반시편의 도달시간이 가장 오래 걸리는 것으로 나타났다.

각 대안별로 발생한 결로량과 재귀반사도를 이용하여 Pearson 상관분석한 결과를 표 6에 제시하였다. Pearson 상관분석 결과, 각 대안별 상관계수가 -1에 가까운 값(-0.8이하)으로 나타났으며, 유의확률 0.05에서 통계적으로 의미를 가지는 것으로 나타났다. 음의 상관관계의 도출은 결로량이 많아질수록 재귀반사도가 낮아지는 것으로 해석이 가능하므로, 일정수준 이상의 재귀반사도를 유지하기 위해서는 도로표지판에 발생한 결로의 소거가 필요하다.

## 5. 결과 및 향후연구

도로표지는 도로를 주행하는 운전자에게 경로안내, 교통정보를 제공하는 중요한 도로시설물로서, 표지내용을 전달함으로써 운전자의 판단을 도와준다. 그러나, 주야간의 온도, 습도변화로 인해 도로표지판에 결로가 발생하게 되면, 운전자의 판단착오 등을 유발하여 교통사고발생 가능성을 높일 수 있다. 따라서, 도로표지판의 결로발생예방을 위한 기술이 필요하며, 본 연구에서는 도로표지판의 결로발생을 예방하는 대안의 효과를 비교하기 위해 단열소재가 삽입된 시편, 결로방지필름이 부착된 시편을 선정하고 결로방지처리가 되지 않은 일반시편과 비교하였다.

향온습챔버에서 발생한 결로에 대하여 분산분석과 Tukey HSD 사후검정을 통해 시간변화에 따른 결로량

을 비교·분석했으며, 결로량과 재귀반사도의 관계를 Pearson의 상관계수를 사용하여 평가하였다. 분석결과, 결로방지필름이 부착된 시편, 단열소재가 삽입된 시편, 일반시편에서 각각 0.89g, 1.13g, 1.37g의 결로가 발생했으며, 결로발생 90초 후에는 결로방지필름 부착시편과 단열소재 삽입시편에 존재하는 결로량은 일반시편에서 나타난 결로량과 통계적으로 차이가 존재하는 것으로 분석되었다. 또한, Pearson 상관계수결과, 단열소재 삽입시편의 상관계수는  $-0.96(p=0.00)$ ,  $-0.97(p=0.00)$ , 결로방지필름 부착시편  $-0.98(p=0.00)$ ,  $-0.99(p=0.00)$ , 일반시편은  $-0.81(p=0.00)$ ,  $-0.83(p=0.00)$ 로 나타났다. 따라서, 결로량과 재귀반사도로써 도로표지판의 결로를 예방하기 위한 대안별 효과를 분석 했을때, 도로표지판에 단열소재 삽입과 결로방지필름 부착은 결로방지에 효과가 존재하는 것으로 판단된다.

본 연구의 추가적인 발전을 위해서는 다음과 같은 향후 연구가 필요하다. 첫째, 도로표지판에 발생하는 결로방지 효과분석을 항온항습챔버에서 발생한 결로를 이용하여 분석하였다. 그러나, 실제 현장의 결로발생 시 영향을 미치는 기후조건 등 실험실과 상이하다. 따라서, 현장에서 조사된 결로측정결과를 이용한 분석이 필요하며, 본 연구에서 도출된 결과 및 결과물을 현장에 적용하기 위한 내후성실험 등의 추가실험이 수반되어야 한다. 둘째, 도로표지판의 결로방지 대안을 단열소재 삽입시편과 결로방지필름 부착시편만을 이용하여 평가하였다. 그러나, 결로방지 대안기술에는 발열소재 사용, 송풍기술 적용 등이 존재하므로 다양한 도로표지판 결로방지기술에 대한 비교·분석을 통한 연구가 필요하다. 마지막으로 도로표지판의 결로를 예방하는 기술들의 평가를 각 시편에서 발생한 결로량과 재귀반사도로써 결로성능을 사용하였다. 추가적인 연구에는 온·습도 조건과 같은 결로발생에 영향을 미치는 요소에 대한 추가적인 변수를 설정하여 결로량과 재귀반사도에 관한 모형식으로 발전시킬 수 있는 연구가 필요하다.

## 감사의 글

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

## 참고 문헌

- 강일경, 김태희, 『외부풍속 변화에 따른 창호의 결로성능에 대한 실험연구』, *한국건축친환경설비학회 논문집*, 4권 1호, pp19-25, 2010
- 국토해양부, 『도로표지판 관련 규정집』, 2010
- 국토해양부, 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설』, 2009
- 국토해양부, 『도로안전시설 설치 및 관리지침』, 2008
- 이장희, 조경애, 『무전극램프 시스템을 적용한 고속도로 안내 표지 조명시설의 적용 검토』, *한국조명·전기설비학회 2004춘계학술대회 논문집*, 2004, pp.184-188
- 이찬영, 강희만, 장태순, 이현석, 『도로표지 결로방지필름의 품질기준 정립을 위한 재료 특성 연구』, *한국도로학회 학술대회논문집*, 2010, pp.489-192
- 이학식, 임지훈, 『SPSS 16.0 매뉴얼』, 법문사, 2009
- Dick de Waard, Karel Brookhuis, and Jolieke Mesken, 『Evaluation of legibility of not properly reflecting signs』, *International Journal of Industrial Ergonomics* 35, 2005, pp.645-651
- Giora J. Kidron, 『Analysis of dew precipitation in three habitats within a small arid drainage basin, Negev Highlands, Israel』, *Atmospheric research* 55, 2000, pp.257-270
- Giora J. Kidron, 『Angle and aspect dependent dew and fog precipitation in the Negev desert』, *Journal of Hydrology* 301, 2005
- Giora J. Kidron, 『The effect of substrate properties, size, position, sheltering and shading on dew: An experimental approach in the Negev Desert』, *Atmospheric Research* 98, 2010, pp.378-386
- J. J. Jensen, K. Sorensen and H. Pederson, 『Dew on Road Signs, Test of anti dew film in the period 11. May-17. June 93』, *The information Service of Light & Optics*, 1993
- Naixin Xu, Lingyuan Zhao, Cuihong Ding, Chengdian Zhang, Runshen Li, Qingdong Zhong, 『Laboratory Observation of Dew Formation at an Early Stage of Atmospheric Corrosion of Metals』, *Corrosion Science* 44, 2002, pp.163-170
- (접수일 : 2012. 3. 6 / 심사일 : 2012. 3. 8 / 심사완료일 : 2012. 3. 30)