

# 도시부 도로 녹지의 보도온도 저감효과 분석

조혜진 · 임지현  
한국건설기술연구원

## I. 서론

우리나라는 인구의 증가와 산업화 및 도시개발이 이루어지면서 콘크리트, 아스팔트 등에 의한 불투수 지표면이 증가하였다. 도시의 불투수 면적의 대부분을 차지하는 것은 도로이다. 도로의 증가는 도시형 홍수의 증가, 하천수의 감소, 지하수의 고갈 등의 물순환 체계를 왜곡시키고, 열섬현상, 열대야, 교통소음, 대기오염 등의 환경문제를 발생시켰다. 불투수층면적의 증가는 자연증발산을 막고 우수유출량을 증가시켜 도시 온도 상승에 영향을 미치게 한다. 최근 이러한 문제점에 대한 개선책으로 도시부에 조경공간을 확보하는 노력이 국내에서 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 아직 국내에서 도시의 온도 상승에 도시부 도로가 온도에 미치는 영향에 대해서는 심층만 있을 뿐 구체적인 연구가 존재하지 않았고, 녹지로 대체가 가능한 일반적으로 도로주변의 식수대나 증분대 등 녹지는 온도완화 측면보다는 경관적인 측면에서 시설을 설치하였다.

최근 관련 연구에 의하면 녹지공간이 도시의 온도 저감에 미치는 영향이 크기 때문에 도로주변의 녹지 또한 온도저감에 긍정적인 영향을 미치리라는 기대가 된다.

하지만 녹지공간의 온도저감효과에 관한 연구는 현재 많이 수행되었으나, 도시도로 주변의 녹지공간이 온도저감에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡하였기 때문에 본 연구에서는 도시부 도로주변의 식수대, 증분분리대 등 녹지공간으로 대체할 수 있는 도로시설물이 보행자의 체감온도 및 보도의 표면온도저감에 미치는 영향에 대해서 분석하고자 한다.

이를 위해서 본 연구는 서울시의 도로와 주변 녹지특성을 조사한 결과를 바탕으로 실험구를 구축하여 보도의 보행자 체감온도 및 보도의 표면온도저감을 분석하고자 한다.

## II. 기존문헌고찰

기존문헌고찰은 도로주변의 토지이용, 녹지와 온도분포와의 관계를 측정하기 위한 방법론을 중심으로 기술하였다.

윤용환(2001)의 연구방법은 녹지내외의 기온저감효과와 풍속의 차이와의 관련성을 밝히기 위해 조사대상지에 풍속계, 최고최저온도계(Six's thermometer), 써미스터 온습도계, 바이메

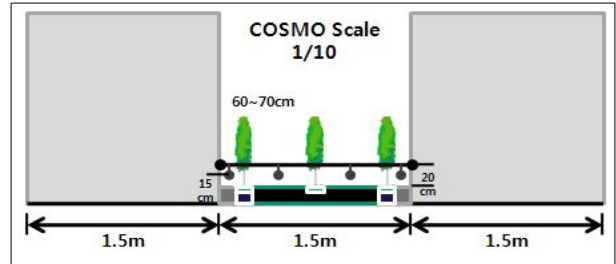


그림 1. 실험구 구축의 개요도

탈 자기온습도계를 설치하였다. 측정시간은 1일 2회, 4시, 14시 전·후에 이동하며 녹지내·외의 기온·상대습도·풍향·풍속과의 상관관계를 도출하였다.

김수봉과 김해동(2002)의 연구방법은 가로수가 도시기온 저하에 미치는 효과를 정량적으로 평가하기 위해 플라타너스를 대상으로 미기상학적 관측을 수행하였다. 평균적인 수목 주변에 관측센스 자료 측정장치인 자동기상관측망(AWS: Automatic Wweather Station)에 노트북을 연결하여 매분 간격으로 자동으로 관측하여 저장하게 하였다. 관측항목은 지중온도, 지표면온도, 기온, 식피층 기온, 일사량, 순복사량, 풍속으로 식피층 내외의 온도에 미치는 영향을 분석하였다.

정근주(2010)의 연구는 여름철 주간에 실제 보행을 통해 피험자의 피부온도를 측정하였다. 이를 위해 여름철 가로수밀도가 90% 이상인 보도와 가로수가 전혀 없어 일사에 완전히 노출된 거리를 구분하여 피험자를 보통의 속도로 걷게 하고 평균피부온도를 측정하였다. GPS시스템을 사용하여 보행속도를 조절하고, 피험자의 주관적온영반응, 주위 온열환경을 측정하였다. 분석결과, 온도는 여름철 옥외를 보행하는 인체의 열쾌적성은 습구흑구 온도에 민감하게 영향을 받고, 평균피부온도는 옥외 열쾌적성을 평가하는데 한가지 양호한 지표가 될 수 있음을 도출하였다.

국내 관련연구를 검토한 결과, 온도 측정방법중 AWS, 온도계 등을 사용하는 소규모 지역측정으로 실험방법을 설정하였다. 본 연구에서는 흑구온도, 표면온도, 기온센서와 풍속계를 실험구에 설치한 후 데이터를 컴퓨터로 전송한 후 저장되는 소규모 지역측정방법이 적합하다고 고려하여 실험구를 설계하였다.

## III. 실험설계



그림 2. 실험지 전경 및 측정장비

도시부 도로 열섬현상 측정을 위한 실험지 구축을 위해 일본의 큐슈대학교와 연계하여 일본공업대학교 COSMO에 도시부 도로 온도측정을 위해 실제 도시부 도로를 그림 1과 같이 1/10 규모로 재현한 실험구를 구축하였다.

### 1. 실험지의 개요

실험구는 가로×세로 1.5m의 규모로 콘크리트 구조물이 설치되어 있어 도시 건물을 모사하였고, 구조물과 구조물 사이의 틈을 도로로 모사하였다. 도시부 도로 열섬현상을 위한 시뮬레이션 실험지 구축을 위해 국내 도시부 도로의 구성요소를 조사하였다.

조사한 결과, 도시부 도로의 구성은 크게 주변토지이용(건물), 보도, 식수대, 차도, 중앙분리대로 구분되었다. 조사결과로 도출된 변수에 따른 온도저감효과를 측정하기 위해 변수를 다음과 같이 설계하였다. 식수대는 식수대의 밀도(고밀도: 4그루, 저밀도: 2그루로 설정함)와 잔디의 유·무에 따른, 중앙분리대는 식생중분대의 유·무에 따른 보도 온도분포에 미치는 영향을 분석하기 위해 구분하여 설치하였다.

실험구의 설계에 사용한 변수는 차도(아스팔트 블록), 보도(콘크리트 블록), 도로의 녹지시설(식수대 없음, 저밀도 식수대, 저밀도 식수대 + 잔디, 고밀도 식수대), 중앙분리대(고밀도 식수대 + 잔디의 유무)이다. 또한, 주변의 토지이용은 4방향 모두 건물로 둘러쌓이도록 하였고, 차도와 보도는 실제 도로에 설치된 것과 유사한 재료인 아스팔트 블록과 콘크리트 블록을 사용하였다.

표 1의 변수를 모두 고려하여 반영한 결과 총 8개의 실험구를 도출하였다. 조사장비는 데이터 로고를 설치하여 흑구온도,

표 1. 변수의 내용과 실험지 구축

구분	내용	실험지 구축
식수대	식수대의 밀도	환경시설대의 종단선형에 식수대의 밀도를 저(2그루)/고(4그루)로 구분하여 식수함
	잔디의 유·무	식수와 식수간의 사이에 잔디의 유/무를 구분하여 식수함
중앙분리대	식생 중분대의 유·무	중앙분리대에 아스팔트 블록과 식생(잔디+식수4그루)을 구분하여 설치함
차도	아스팔트 포장	아스팔트 재질로 만든 블록을 설치함
보도	콘크리트 포장	콘크리트 재질로 만든 블록을 설치함

기온, 표면온도, 풍속센서를 통해 컴퓨터로 자동전송되어 데이터로 저장하였다. 또한, 열화상카메라(Infra Thermal Imager) TH7800를 사용하여 시간대별로 조사지점 전체의 표면온도를 조사하였다.

### 2. 실험지의 구성

변수의 구분에 따라 설계된 실험구는 그림 3, 4와 같다. 변수가 모두 반영되었으며, 한 실험구당 동서남북 4방향 모두 설치하였고, 방향별로 모두 온도측정을 실시하였다. 측정지점은 실험구 1지점은 전체 9m<sup>2</sup>이며 총 32~36지점을 측정하였고, 측정시간은 2010년 8월 초~ 9월 초로 24시간 연속으로 측정하였다.

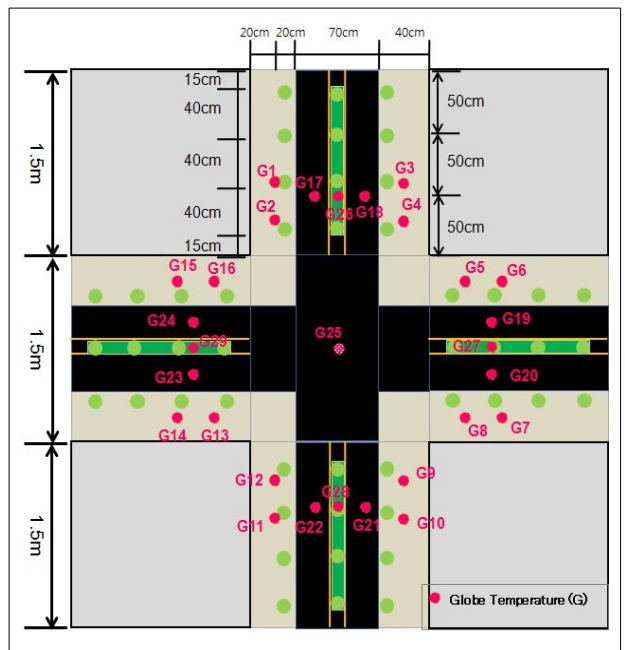


그림 3. 실험지의 구성 및 체감온도측정지점



그림 4. 실험지 구축 사례

## IV. 자료 수집 및 분석

### 1. 자료 수집

서울시의 도로구성을 재현한 실험구를 구축하여 보도의 체감온도는 흑구온도센서로, 표면온도는 열화상카메라를 통해 측정하여 수집하였다.

### 2. 자료 분석

분석 방법은 열화상사진 분석 프로그램인 Thermal Wizard를 통해 차도, 보도, 식수대, 중앙분리대, 주변토지이용에 따른 표면온도를 측정하였고, 통계분석프로그램을 통해 다중선행회귀분석을 실시하여 식생면적에 따른 보도의 온도를 분석하였다. 도시부 도로 녹지의 보도온도 저감효과에 미치는 영향을 나타내기 위하여 식수대 유형, 중분대 유형에 따른 체감온도 및 표면온도저감 효과를 분석하였다.

분석 결과에 근거하여 보도의 온도에 차도 및 보도측의 식생면적과 식수대의 밀도가 보도온도저감에 미치는 영향을 예측하기 위하여 다중회귀 모형을 통해 예측모형을 개발하였다.

#### 1) 식생면적과 체감온도관계

식생면적이 보행자의 체감온도에 미치는 영향은 차도의 식생면적, 보도의 식생면적이 넓어질수록, 식수대의 설치밀도가 높을수록 체감온도는 감소하였다. 보도를 통행하는 보행자의

표 2. 식생면적과 체감온도관계

모형	비표준화 계수		t	유의 확률
	B	표준오차		
상수	44.37947	0.28521	155.601612	0.00000
차도식생면적 (m <sup>2</sup> )	-2.23509	0.60596	-3.688511	0.02105
보도식생면적 (m <sup>2</sup> )	-0.05380	0.26276	-2.04753	0.03478
식수대밀도	-0.20432	0.32644	-1.25890	0.05653
수정된 R <sup>2</sup>	0.635			

체감온도는 차도측의 식생중앙분리대와 식수대가 많을수록 오후의 그늘효과로 인해 체감온도가 크게 떨어지는 것으로 나타났다.

$$Y = -2.235X_1 - 0.054X_2 - 0.204X_3 + 44.379$$

$$Y = \text{여름철 도시부 오후}(PM1:00 - 3:00) \text{ 보도체감온도}(^{\circ}C)$$

$$X_1 = \text{차도식생면적}(m^2 < 9)$$

$$X_2 = \text{보도식생면적}(m^2 < 9)$$

$$X_3 = \text{식수대의 밀도}(저밀도 = 0, 고밀도 = 1)$$

#### 2) 식생면적과 표면온도관계

식생면적이 보도의 표면온도에 미치는 영향은 차도의 식생면적, 보도의 식생면적이 넓어질수록, 식수대의 설치밀도가 높을수록 표면온도는 감소하였다. 보도의 표면온도는 보도의 식생면적이 증가하고, 식수대의 밀도가 클수록 떨어졌으며, 차도의 식생중앙분리대는 상대적으로 감소폭은 적었으나 감소효과는 유효하게 나타났다.

$$Y = -0.899X_1 - 1871X_2 - 1.613X_3 + 40.145$$

$$Y = \text{여름철 도시부 오후}(PM1:00 - 3:00) \text{ 보도표면온도}(^{\circ}C)$$

$$X_1 = \text{차도식생면적}(m^2 < 9)$$

$$X_2 = \text{보도식생면적}(m^2 < 9)$$

$$X_3 = \text{식수대의 밀도}(저밀도 = 0, 고밀도 = 1)$$

표 3. 식생면적과 표면온도관계

모형	비표준화 계수		t	유의 확률
	B	표준오차		
상수	40.14474	0.58196	68.982	0.00000
차도식생면적 (m <sup>2</sup> )	-0.89912	1.23643	-1.72719	0.09507
보도식생면적 (m <sup>2</sup> )	-1.87135	0.53615	-3.49	0.02512
식수대밀도	-1.61315	0.66608	-2.42186	0.07262
수정된 R <sup>2</sup>	0.638			

## V. 결론 및 향후 연구

본 연구는 도시부 도로의 보도내 식수대, 차도내 중앙분리대, 도로 주변 토지이용과 같은 녹지가 보도의 체감온도 및 표면온도저감에 미치는 영향에 대해서 분석하였다. 실시간으로 체감온도와 표면온도를 측정하여 체감온도와 표면온도를 도출하여 녹지의 온도저감효과를 분석하여 도시부 도로 중 보도의 9월의 온도저감예측모형을 도출하였다. 보도 체감온도 및 표면온도 분포에 미치는 영향 분석결과, 차도 및 보도의 식생면적과 식수대의 식수대 밀도는 온도저감에 유효하게 나타났다.

본 연구의 의의는 도시의 열섬현상 및 열대야현상과 같은 도시 고온화에 가장 큰 영향을 미치는 도시의 불투수층 중 가장

높은 점유율을 나타내는 도로 중 보도의 체감온도 및 표면온도 분포를 분석하는데 초점을 둔 것이다. 향후 연구로 도시부 도로에서 가장 많은 인공열을 배출하는 차량과 도로온도 분포와의 관계 분석과 기상요소와 온도, 보행자의 체감온도 등과의 분석이 필요하겠다. 그리고 이러한 연구 결과는 도로표면온도저감에 기여할 도로설계의 방안을 마련하는 데 기여할 것으로 판단된다.

### 인용문헌

1. 김수봉, 김해동(2002) 도시의 수목이 기온의 조절에 미치는 영향.
2. 윤용한(2001) 녹지에 의한 열섬현상의 저감효과에 관한 연구: 풍속과의 관련성에 대해서, 국토계획 36(2): 187-196.
3. 조용현, 신수영(2002) 도시립의 여름 대기온도 저감효과.