

조경용 투수성 블록 포장의 열환경 특성

한승호* · 류남형** · 강진형*

*(주)한설그린 부설 조경생태디자인연구소 · **진주산업대학교 조경학과

Thermal Environment Characteristics of Permeable Block Pavements for Landscape Construction

Han, Seung-Ho* · Ryu, Nam-Hyong** · Kang, Jin-Hyoung*

*Institute of Landscape Ecological Design, HANDSEL GREEN Co., Ltd.

**Dept. of Landscape Architecture, Jinju National University

ABSTRACT

This study aims to measure and to analyze the thermal environment characteristics of the various permeable pavement materials such as grass pavement (GREEN BLOCK PARK), stone and grass pavement (GREEN BLOCK STEP), stone pavement (GREEN BLOCK MOSAIC) and wood pavement (WOOD BLOCK) under the summer outdoor environment. The thermal environment characteristics measured in the study includes the changes of surface temperature during the day, changes of the temperature on each pavement layer, and long and short wave radiation of each pavement surface. The experimental condition is based on the data on the hottest temperature (August 5, 2005, 34.0°C) of the year. Some of main findings are:

1) The heat environment was worse on the wood pavements than on the stone pavement. This is mainly due to the low albedo of the wood pavements (0.37) while the albedo value of stone pavements is 0.41. Small heat capacity of the wood pavements also contributes to this difference.

2) The heat environment was worse on the stone pavements than on the turf pavements. This was mainly due to the evapotranspiration of the plant growth layer of the turf pavements.

3) The peak surface temperature was the highest on the wood pavements (56.1°C). The peak surface temperatures on the stone pavements, the stone-grass pavements and the grass pavements were 43.1°C, 40.1°C and 37.9°C, respectively.

4) To improve the thermal environments in the urban area, it is recommended to raise the albedo of the pavements by brightening the surface color of the pavement materials. Further studies on the pavement

materials and the construction methods which can enhance the continuous evapotranspiration from the pavements surface are needed.

Key Words: Surface Temperature, Albedo, Long and Short Wave Radiation

1. 서론

도시화와 더불어 지표면의 대부분은 아스콘이나 시멘트 콘크리트에 의해 포장이 됨으로써 도시 전체의 열환경을 악화시키고 있다. 도시 전체의 열 환경 문제로 대표되는 도시 열섬 현상은 도로 포장에 의한 증발량의 감소, 포장 도로나 콘크리트 구조물의 증가에 의한 도시 전체의 열용량의 증대 이외에도, 석유·전기 에너지의 대량 소비에 따른 배출열의 증대, 나지 면적의 감소, 소하천의 복개에 의한 증발산량의 감소 등 여러 가지 원인에 의해 발생하고 있다. 더욱이 포장화에 의한 영향은 국소적인 열환경에 직접적으로 작용을 하여, 생활환경을 악화시키고 있다. 구체적인 예를 들면 한 여름 낮의 아스팔트 포장의 표면온도가 50℃ 이상이 되고, 노면으로부터의 반사가 보행자에게 큰 불편감을 주며, 이것에 인접한 건물의 실내 환경에도 악영향을 미친다. 또한 아스팔트 및 콘크리트 포장은 낮에 대량의 열을 축열하기 때문에, 야간이 되더라도 기온보다 지표면 온도가 높아서, 대기를 계속 가열한다. 이것은 실내 환경에 영향을 미치는 것뿐만이 아니고, 냉방 부하의 증가를 가져와, 광역적으로는 열대야의 발생을 조장하는 요인이 되고 있다(伊藤 등, 1996). 옥외 콘크리트 상에서의 인체의 열수지 해석 결과 지면으로부터의 장파 복사가 가장 큰 부하를 주며, 이는 포장 표면온도가 이용자들에게 불편감을 주는 요인이 된다는 것을 의미한다(神田와 土屋, 1995; 田中, 1998).

1990년대 이후 포장의 열환경에 대한 관심이 높아졌고, 이를 계기로 열환경에 미치는 각종 포장의 영향을 밝히기 위해, 실제 도시 내의 포장 도로나 모델 포장의 관측치를 사용하여 투수성 포장을 포함한 각종 포장의 열특성에 대해서 조사한 결과를 발표하였다(淺技 등, 1991; 成田과 關根, 1991; Asaeda *et al.*, 1996; 福田 등, 1997; Asaeda and Ca, 2000). 포장의 고온화 억제

대책으로서는 색채를 바꾸어 알베도를 높이거나, 포장이나 골재에 열전도성이나 비열을 높이며, 포장에 투수성이나 보수성을 가지게 하여 잠열을 높이고, 가로수 등의 그늘에 의한 입사량을 줄이는 방법 등이 있다. 최대 지표면 온도에 영향을 주는 것은 포장의 알베도, 열용량, 열전도를 순이며 각각이 기준상태의 5배로 되었을 때, 최대 포장 표면 온도는 각각 22%, 9%, 4% 증가한다는 것도 밝혀졌다(木内와 小林, 1999). 아스팔트 콘크리트 포장 표면의 최대 온도는 알베도 값 0.1이 증가하면 -3.7℃ 감소하며, 알베도 값을 0.1에서 0.3으로 높이면 기온이 약 0.6℃ 감소하고, 아스팔트 결합재를 살포한 후 굳기 전에 직경이 약 6mm 가량의 자갈을 뿌리고 전압을 함으로써 알베도 값을 자갈 알베도 값의 2/3까지 높일 수 있는 방안도 제시되었다(Pomerantz *et al.*, 2000). 그리고 최근에는 포장의 열환경 개선을 목적으로 한 주로 포장체의 잠열을 높이는 포장 재료 및 공법에 대한 다양한 연구 결과도 보고되었다(伊藤 등, 1996; 福田 등, 1999a; 1999b; 赤川과 小宮, 2000; 越川 등, 2001). 하지만, 대부분의 투·보수성 포장 재료 및 공법에 대한 연구는 주로 투수성 아스콘 포장에 국한되어 있으며, 투수성 블록 포장을 대상으로 한 열환경 연구는 희소하다.

따라서 본 연구는 도시의 열환경을 악화시키는 원인의 하나인 불투수성 포장의 대안으로서 주목을 받고 있는 투수성 잔디 블록 포장, 보수층을 가진 석재+잔디블록 포장, 석재 블록 포장, 목재 블록 포장의 열특성을 파악함으로써, 도시 열환경 개선에 기여할 수 있는 투·보수성 포장재료 및 포장공법의 개발을 위한 기초 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 우선 투수성 포장의 열물성, 열환경 개선에 대한 문헌을 조사 분석하고, 조사분석 결과를 바탕으로 옥외 실험을 위한 투수성 포장 공시체를 구축하며, 구축된 포장 공시체의 여름철 열환경을 관측한다. 관측된 자료를 근거

로 투수성 블록 포장의 포장 표면의 장파 복사 및 단파 복사와 온도의 일변화를 분석 및 고찰한다. 본 연구의 결과는 경제성, 시공성, 강도, 내구성, 보행성이라는 기능성에만 치중해 왔던 포장에 보행자의 쾌적성, 환경의 보전이라는 기능을 부가시키는데 기여할 것이며, 특히 도시의 열환경을 개선시킬 수 있는 투·보수성 포장 재료 및 공법의 개발을 위한 유용한 근거 자료로 이용될 수 있을 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 시험 포장체의 구성재료

투수성 포장 재료에는 투수성 아스팔트 콘크리트, 투수성 시멘트 콘크리트, 잔디 블록, 목재 블록, 석재 블록 등과 같이 여러 가지 종류가 있으나, 본 연구에서는 친환경적 포장 재료인 투수성 잔디 블록, 보수층을 가진 석재 블록(잔디줄눈), 석재 블록, 목재 블록을 대상으로 열환경을 측정하였다.

2. 시험 포장체의 구성

투수성 포장의 열특성에 관한 기초적 자료를 얻기 위해, 투수성 잔디 블록 포장(이하 잔디 블록이라 한다), 보수층을 가진 투수성 석재 블록(잔디줄눈) 포장(이하 석재 잔디라 한다), 투수성 사교석 포장(이하 석재 블록이라 한다), 투수성 목재 블록 포장(이하 목재 블록이라 한다)을 평면치수 100×100cm으로 제작하여 옥외 시험 포장을 구축하였다. 평면치수를 100×100cm로 설정한 것은 기존의 연구에서 300×300cm의 공시체 표면온도가 90×90cm의 경우보다 주간에 1℃, 야간에 2℃ 정도 높을 뿐이며, 공시체 주위의 열이나 수분의 영향을 무시할 수 있다는데 근거를 두었다(福田 등, 1997).

포장 시험체의 단면은 각각 그림 1~4와 같다. 주변으로부터의 전열의 영향을 피하기 위해, 방부 목재로 사각형 외부 박스(내부 규격 1200×1200×800mm 또는 650mm)를 제작하고 저면 및 측면에 두께 100mm의 발포 스티로폼으로 단열한 후 합석으로 내부 박스(내부 규격 1000×1000×700mm 또는 550mm)를 만들어 넣었다.

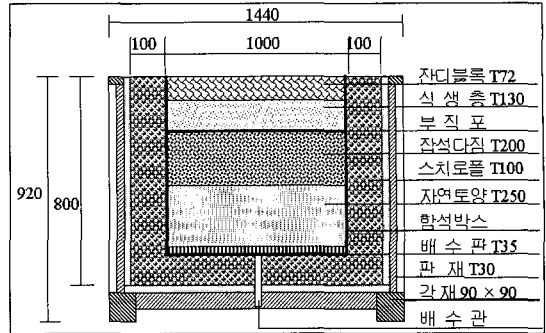


그림 1. 잔디 블록 포장의 대형 시험체 단면도

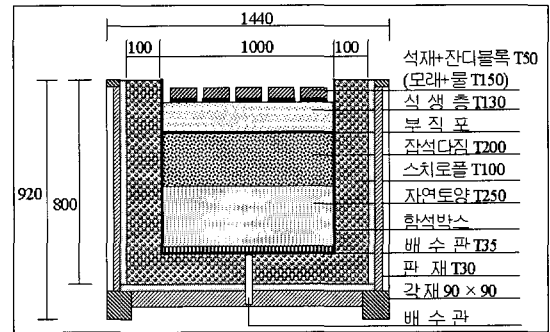


그림 2. 석재 잔디 포장의 대형 시험체 단면도

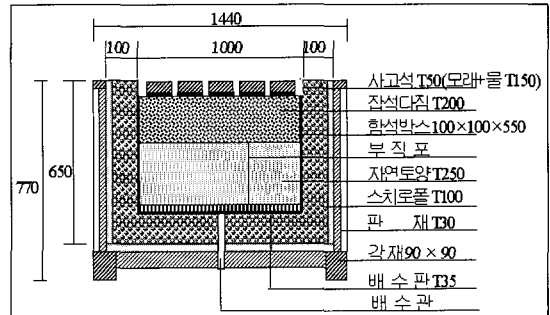


그림 3. 석재 블록 포장의 대형 시험체 단면도

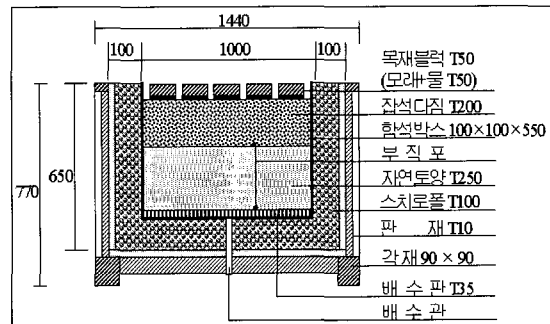


그림 4. 목재 블록 포장의 대형 시험체 단면도

합석 박스 바닥면에는 원활한 배수를 위해 배수구(Φ 30mm)를 낸 후 배수판을 깔았으며, 시험체 내의 토양 입자가 배수판을 메우는 것을 방지하기 위해 부직포를 깔았다. 부직포 위에 토양(T250mm)을 채우고, 토양층 위에 부직포를 깔고 잡석을 T200mm를 깔았다. 그리고 잔디 블럭과 석재 잔디는 토양(식생층)을 T130mm 간 후, 잔디 블럭 T72mm 및 석재 잔디 T50mm의 포장재를 포설하였으며, 석재 블럭과 목재 블럭은 잡석 위에 T50mm의 포장재를 포설하였다(成田과 關根, 1991). 포장 시험체 상호간의 영향을 최소화하기 위해, 포장 공시체간의 거리를 1m가 되게 배치하였다.

3. 포장체의 열환경 측정

1) 포장체 표면의 입사 및 반사 일사량과 대기 및 포장체 장파복사량

입사 및 반사 일사량과 대기 및 포장체 장파 복사량은 포장 시험체의 거의 중앙의 상방 30cm 높이에 설치한 순복사계(Net-radiometer, Kipp & Zonen CNR1)와 일사계(Delta-T CM3, Kipp & Zonen-CM6B) 그리고 지구복사계(Kipp & Zonen CG1)로 5분 간격으로 측정을 하였으며, 측정치는 데이터 로거(Campbell Scientific CR10X/Multiplex)에 입력하였다(福田 등, 1999a; 1999b).

2) 포장체의 온도

각 시험체의 온도는 직경 0.3mm의 T형 열전대(NiCr-Ni)를 사용하여, 깊이 방향으로 5점 또는 4점, 즉 포장체 표면, 포장체 저면, 식생층 중간점, 잡석층 중간점, 토양 중간점에서 측정하였다. 포장재료별 온도 측정지점은 다음 표 1과 같다. 측정된 온도는 5분 간격으로 샘플링하여 1시간 평균값을 데이터 로거(Delta-T Devices DL2e와 Campbell Scientific CR10X)에 저장하였다.

3). 기상조건

각 시험체로부터 약 3m 떨어진 장소에 전도증가우량계(정밀도 ±1%, Met One Instruments Model 370)를 사용하여 강수량을, 증발계(Met One Instruments Model 550501)을 통해 증발량을 측정하였다. 또한 2.0m의 높이에서 온습도계 및 화살날개식 풍향풍속계(Met One Instruments Model 083C)를 통해 온습도와 풍속을 각각 측정하였다. 온습도계의 습도 정밀도는 10~90% 범위에서 ±3%, 온도 정밀도 ±0.1°C이며 화살날개식 풍향 풍속계의 풍향 정밀도는 ±4°이고 풍속 정밀도는 10m/s 이하인 경우는 ±0.1m/s, 10m/s 이상인 경우는 ±1.1%의 정밀도를 가지고 있다. 측정치의 시간 평균값은 데이터 로거(Met One Instruments AUTO-MET)에 입력하였다.

4) 측정장소

주변 건물로부터의 일사 조건의 영향이 적고 개방적인 장소인 전주산업대학교 제3공학관 신관 4층 건물의 옥상(약 50×25m)을 실험장소로 선정하였다. 연속 측정은 2005년 7월 22일부터 8월 30일까지 진행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 복사량

1) 기상의 경시적 변화

2005년 8월 4~5일 기상의 경시적 변화를 그림 5에 나타내었다. 습도는 8월 4일 59~94%, 8월 5일 59~95%를 나타냈으며, 야간에는 90% 이상을 나타냈다. 기온은 8월 4일 24.0~32.7°C, 8월 5일 22.1~34.0°C를 나타냈다. 풍속은 8월 4일 0.00~0.41m/s, 8월 5일 0.00~0.23m/s를 나타냈으며, 양일의 야간 풍속은 0.00m/s에 가까웠다. 전천일사는 8월 4일의 1시간 평균 최고 919W/m², 8월 5일의 1시간 평균 최고 928W/m²를 나타냈다. 장파 복사는 8월 4일의 1시간 평균이 383~445W/m², 8월 5일의 1시간 평균이 최고 381~431W/m²

표 1. 포장재료별 온도 측정지점

구 분	잔디블럭	석재잔디	석재블럭	목재블럭
깊이(cm)	0, 7.2, 13.7, 30.2, 52.7	0, 5, 11.5, 28, 50.5	0, 5, 15, 37.5	0, 5, 15, 37.5

를 나타냈다.

2) 포장 재료별 전천/반사일사량

2005년 8월 5일의 전천 일사량과 포장 재료별 반사 일사량을 다음 그림 6에 나타내었다. 전천 일사량은 오전 12시에 최고치 928Wm^{-2} 를 나타냈으며, 최대 반사일사량은 석재 블럭이 377Wm^{-2} 로서 가장 큰 값을 나타내었다. 다음으로 목재 블럭 339Wm^{-2} , 석재 잔디 315Wm^{-2}

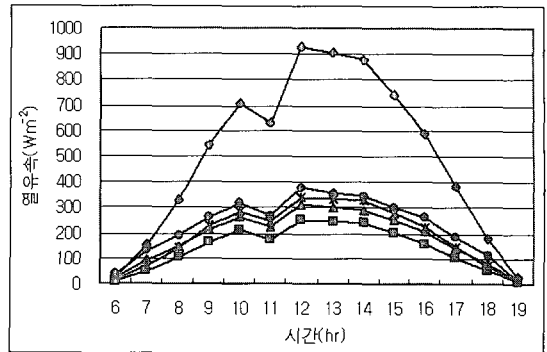


그림 6. 전천일사량과 포장 재료별 반사일사량(2005년 8월 5일)

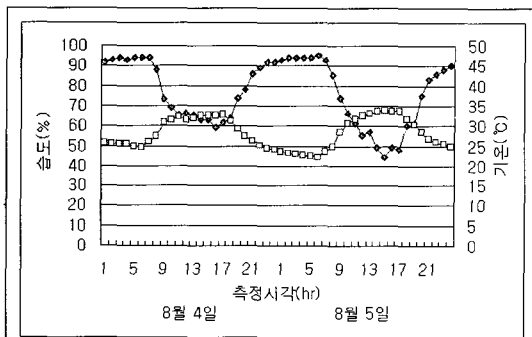
범례: \blacktriangle 전천일사 \square 잔디블럭 \blacktriangle 석재잔디 \blacktriangle 석재블럭 \blacktriangle 목재블럭

순으로 나타났고, 잔디 블럭이 252Wm^{-2} 로서 가장 낮게 나타났다.

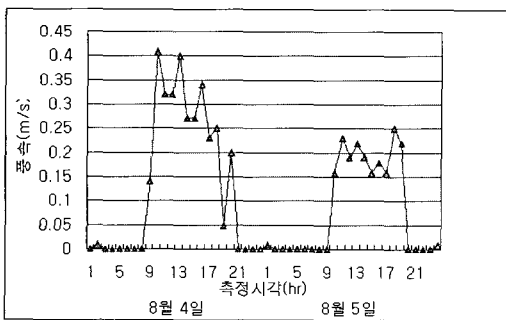
포장 재료별 알베도를 다음의 표 2에 나타내었다. 알베도는 태양 고도가 낮은 아침, 저녁과 같이 일사하는 일사가 작을 때는 지표면이 거울같이 반사하여 높은 알베도를 나타내는 등 일중에도 변화한다. 오전 11시부터 오후 3시 사이의 포장재 표면의 알베도는 석재 블럭 (0.39~0.42)이 가장 큰 값으로 나타났고, 목재 블럭 (0.37~0.39), 석재 잔디(0.33~0.35), 잔디 블럭(0.20~0.21)의 순으로 나타났다. 석재 블럭의 알베도 값이 가장 크게 나타났던 것은 포장면의 색상이 밝고 표면이 매끈하기 때문이라 판단된다.

3) 포장 재료별 장파복사량

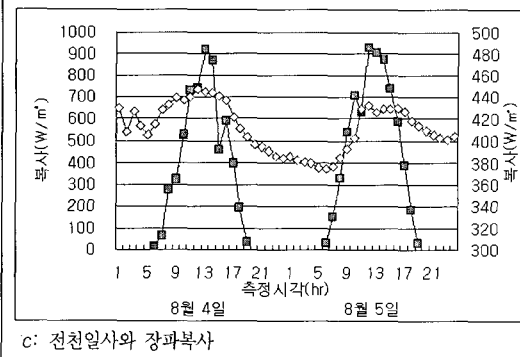
2005년 8월 5일의 대기 장파 복사량과 포장 재료별 장파 복사량을 다음의 그림 7에 나타내었다. 각 포장의



a: 기온과 습도



b: 풍속



c: 전천일사와 장파복사

그림 5. 기상 및 복사량의 경시변화

범례: \square 기온(°C) \diamond 습도(%) \blacktriangle 풍속(m/s)
 \square 전천일사(W/m²) \diamond 장파복사(W/m²)

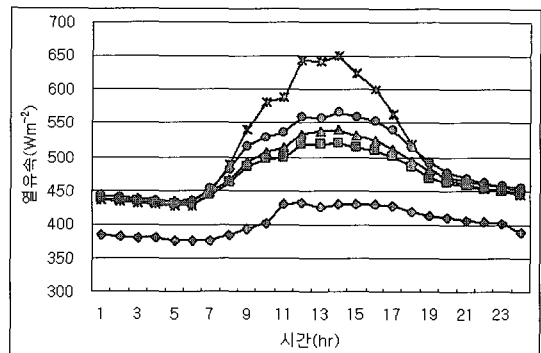


그림 7. 포장 재료별 장파복사량(2005년 8월 5일)

범례: \diamond 대기복사 \square 잔디블럭 \blacktriangle 석재잔디 \blacktriangle 석재블럭 \blacktriangle 목재블럭

표 2. 포장 재료별 알베도(2005년 8월 5일)

구 분	시각													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
잔디블럭	0.39	0.33	0.31	0.31	0.30	0.28	0.27	0.27	0.27	0.28	0.27	0.27	0.30	0.41
석재잔디	0.85	0.58	0.44	0.40	0.37	0.35	0.34	0.33	0.33	0.34	0.36	0.38	0.46	0.50
석재블럭	1.31	0.83	0.58	0.49	0.45	0.42	0.41	0.39	0.39	0.41	0.44	0.49	0.63	0.59
목재블럭	0.59	0.47	0.44	0.42	0.40	0.39	0.37	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38	0.40	0.56

열방사량은 오후 2시에 최고 값으로 나타났으며, 목재 블럭 651Wm⁻²이 석재 블럭 565Wm⁻²보다 큰 값으로 나타났고, 다음으로 석재 잔디 540Wm⁻², 잔디블럭 521 Wm⁻²의 순으로 나타났다. 이는 목재블럭의 알베도값 이 낮고, 열용량이 작아서 포장 표면온도가 높기 때문 이며, 잔디블럭은 잔디를 포함한 식생층의 증발산효과 때문인 것으로 판단된다.

2. 포장 재료별 온도 변화

1) 표면온도의 일변화

2005년 7월 31일~8월 9일 동안의 열전대로 측정된 포장 표면 최고온도의 변화를 다음 그림 8에 나타내었다. 8월 1~3일 내린 비로 포장 표면온도가 급격히 저하하였으나, 강우로 인한 석재 블럭 및 목재 블럭의 온도 저하 효과는 하루 이상 지속되지 않았다. 이는 토양 표면에서 일어나는 증발의 경과 일수에 따른 변동은 각기 다른 두 개의 건조단계로 나타나며, 1단계는 표면에 적정 수분이 공급되어, 증발은 표면에서의 유용 에너지에 의해 좌우되고, 2단계는 토양 표층이 어느 정도 건조된 후 증발은 아래로부터의 수증기 공급에 의해 좌우되며, 1단계보다 적은 증발이 일어나고, 1단계는 1일 단위(order of day) 이하로 지속된다는 기존의 연구결과 (Porte-Agel et al., 2000)로 볼 때, 투수콘의 1단계 증발은 하루 이상 지속되지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 기간 중 기온이 비교적 높았던 8월 5일(최고기온 34.0℃)에 있어서 포장 표면의 일 최고온도는 목재 블럭이 56.1℃로 가장 높았고, 다음으로 석재 블럭이 43.1℃이었으며, 석재 잔디와 잔디 블럭은 각각 40.1℃와 37.9℃로 낮게 나타났다. 목재 블럭이 석재 블럭보다 최고 13.0

℃ 높은 표면온도를 나타냈던 것은 알베도(석재 블럭 0.37~0.40, 목재 블럭 0.27~0.30)의 차이 때문이라 판단된다. 그리고 석재 잔디가 석재 블럭보다 표면 최고 온도가 3.0℃ 낮았던 것은 석재 잔디의 잔디 피복 줄눈에서의 증발 효과인 것으로 판단된다. 또한 같은 시기는 아니지만 2002년 8월 2일(최고기온 35.3℃)에 측정된 포장 표면의 일 최고온도인 수밀콘 45.5℃, 나지 45.3℃ (류남형과 유병립, 2005)와 비교해 보았을 때 목재 블럭은 상대적으로 매우 높은 표면온도를 나타내었고, 잔디 블럭은 상대적으로 매우 낮은 표면온도를 나타내었다. 이는 목재 블럭의 열용량이 작기 때문이며, 잔디 블럭의 식생층에서의 증발산 효과 때문인 것으로 판단된다.

기간 중 강우 후 기온이 가장 높았던 8월 5일(최고기온 34.0℃)에 있어서 포장 표면온도의 경시적 변화를 다음 그림 9에 나타내었다. 표면의 일 최고온도는 오후 2시경에 나타났으며, 일 최저온도는 오전 5시경에 나타

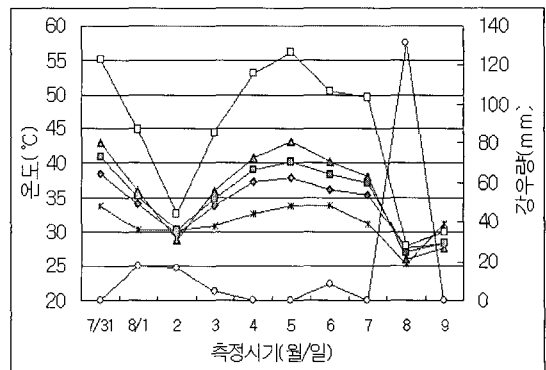


그림 8. 포장표면 일 최고온도의 변화(2005년 7월 31일~8월 9일)

법례: —○— 잔디블럭 —□— 석재/잔디 —▲— 석재블럭
 —○— 목재블럭 —*— 기온 —○— 강우량(mm)

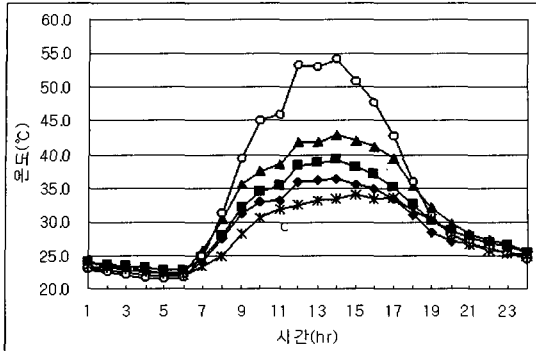


그림 9. 포장 표면온도의 일중 변화(2005년 8월 5일)

범례: ◀ 잔디블럭 ▶ 석재잔디 ▲ 석재블럭 ○ 목재블럭 → 기온

났다. 포장 표면온도의 일교차는 목재 블럭이 32.8°C로 가장 높게 나타났고, 다음으로 석재 블럭 20.4°C, 석재 잔디 16.4°C, 잔디 블럭 14.5°C 순으로 낮게 나타났다. 일 평균 포장 표면온도도 목재 블럭이 34.1°C로 가장 높게 나타났고, 다음으로 석재 블럭 31.7°C, 석재 잔디 30.0°C, 잔디 블럭 28.6°C 순으로 낮게 나타났다. 목재 블럭은 낮은 알베도 때문에 상대적으로 높은 최고온도를 나타내었으며, 상대적으로 낮은 최저온도를 나타내었던 것은 낮은 열용량 때문인 것으로 판단된다.

2) 포장체의 층별 온도변화

2005년 8월 5일 오전 1시부터 오후 12시 사이에 노상, 여과층, 기층, 표층에 있어서 포장 표면의 최고 및 최저 온도를 나타내는 시간에 있어서의 포장 재료에 따른 깊이 방향의 온도 변화를 다음 그림 10에 나타내었다. 온도 경사의 부호를 포장체 내의 열류 방향이 지층에서 포장 표면으로 향할 때를 마이너스, 역으로 향할 때를 플러스로 전제하고, 각 포장체에 대한 깊이 방향의 온도 변화를 검토하였다.

포장 표면 온도가 가장 낮은 일출 직후 아침 5시에 있어서 각종 포장의 온도기울기를 비교하면, 표층은 목재 블럭(-0.4°C/cm), 석재 블럭(-0.34°C/cm), 석재 잔디(-0.25°C/cm), 잔디 블럭(-0.24°C/cm)의 순으로 가파르게 나타났다. 온도 기울기가 가파르다는 것은 가파른 만큼 대기로의 열방사가 활발하게 일어나고 있다고 볼 수 있으며, 이는 전날에 가열된 포장이 다음 날 오전 6시까지도 즉 야간 내내 대기를 가열하고 있었다는 것을 의미한다.

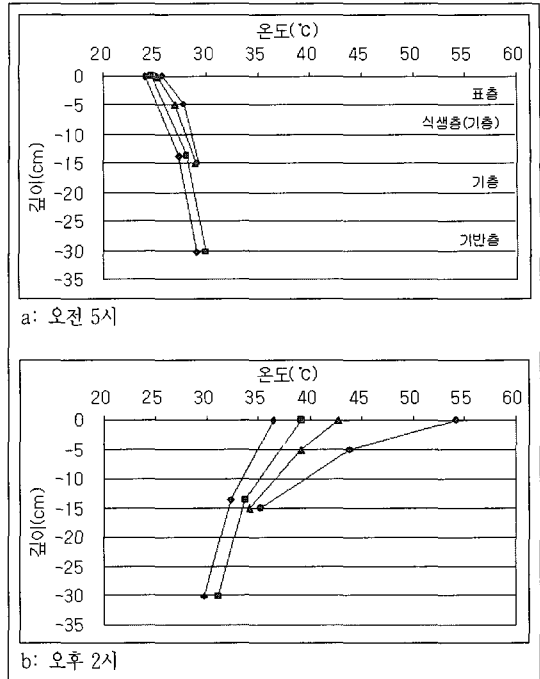


그림 10. 포장 표면온도의 최저 및 최고 시 층별 온도 분포 (2005년 8월 5일)

범례: ◀ 잔디블럭 ▶ 석재잔디 ▲ 석재블럭 ○ 목재블럭

포장 표면 온도가 가장 높은 오후 2시의 각종 포장의 온도 기울기를 비교하면, 표층은 목재 블럭(2.07°C/cm), 석재 블럭(0.72°C/cm), 석재 잔디(0.40°C/cm), 잔디 블럭(0.30°C/cm)의 순으로 가파르게 나타났다. 온도 기울기가 가파르다는 것은 그만큼 지중으로의 열전도가 활발하게 일어나고 있다고 볼 수 있다.

IV. 결론

본 연구는 여름철 투·보수성 블럭 포장의 열환경을 파악하기 위해 옥외에 투·보수성 포장 공시체를 구축하고 열환경의 변화를 관측하였다. 관측된 자료 중 강우 후 기온이 가장 높았던 2005년 8월 5일(최고기온 34.0°C)의 자료를 근거로 투·보수성 블럭의 포장 표면의 장·단파 복사, 표면온도의 일변화, 포장체의 층별 온도 변화를 분석 및 고찰한 결과는 다음과 같다.

1) 공시 포장의 열특성을 분석한 결과 목재 블럭이 석재 블럭보다 더 극한적인 열환경을 나타냈다. 이는 목재 블럭 포장면의 알베도(0.37)가 석재 블럭 포장의

알베도(0.41)보다 낮고, 목재 블럭의 열용량이 낮은 것이 주된 원인으로 판명되었다.

2) 공사 포장의 열특성을 분석한 결과 석재 블럭이 잔디 블럭보다 더 극한적인 열환경을 나타냈다. 이는 잔디 블럭 식생층에서의 증발산 효과 때문인 것으로 판단된다.

3) 포장표면의 최고온도는 목재 블럭(56.1℃)이 가장 높았으며, 다음으로 석재 블럭(43.1℃), 석재 잔디(40.1℃), 잔디 블럭(37.9℃)의 순으로 나타났다.

4) 포장에 의한 도시 열환경의 악화를 완화하기 위해서는 포장 표면색을 밝게 하여 알베도를 높이고, 포장체에서 지속적인 증발이 일어날 수 있는 재료나 공법에 대한 방안을 강구하여야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서 도출된 계량적인 수치는 상대적인 비교 치로서의 의미는 가지지만, 여러 가지 오차 요인을 내포하고 있어서, 정량적인 데이터로 활용하기에는 많은 한계를 가지고 있다. 따라서 열환경에 대한 정량적인 분석을 위해서는 세부 항목별로 실험의 정밀도를 높인 후속 실험이 필요하다.

인용문헌

1. 류남형, 유병림(2005) 투·보수성 시멘트 콘크리트 포장의 열환경 특성(I), 한국조경학회지 32(6): 84-94.
2. 木内 豪, 小林裕明(1999) 快適な都市環境創造のための舗装の高温化抑制策に関する検討. 土木學會論文集 622(VII-11): 23-33.
3. 福田萬代, 深澤邦彦, 荒木美民, 藤野毅, 淺枝隆(1997) 夏季自然狀態での各種舗装の熱環境緩和特性に関する實驗的研究. 土木學會論文集 571(V-36): 149-158.
4. 福田萬代, 越川喜孝, 辻井 豪, 淺枝隆, 藤野毅(1999a) 夏季に

給・散水した保水性舗装の熱環境緩和特性に関する實驗的研究. 土木學會論文集 613(V-42): 225-236.

5. 福田萬代, 淺枝隆, 藤野毅(1999b) 冬季自然狀態における保水性舗装の熱環境緩和特性に関する實驗的研究. 土木學會論文集 634(V-45): 243-254.
6. 西岡 眞捻, 鍋島美奈子, 三木信博, 津郷俊二(2002) 保水性舗装材料の熱的性能に関する實驗. 日本建築學會大會學術講演梗概集 pp. 565-566.
7. 成田健一, 關根 毅(1991) アスファルト舗装面の表面溫度と熱收支の解析. 地理學評論 64(A-2): 125-137.
8. 神田 學, 土屋信夫(1995) 微氣象に基づいた屋外における人體の熱環境解釋. 土木學會論文集 509(II-30): 53-44.
9. 越川喜孝, 辻井 豪, 吉田健二(2001) 透水性を有する保水性舗装材に関する検討. 土木學會第56回年次學術講演會 V-088: 176-177.
10. 伊藤幸廣, 松浦誠司, 辻 正哲(1996) 地表面溫度低減機能を有するインターロッキングブロック舗装に関する研究. 土木學會論文集 544(V-32): 11-20.
11. 赤川宏幸, 小宮英孝(2000) 表面を連續的に濕潤できる舗装體に関する實驗的研究. 日本建築學會計劃系論文集 530: 79-85.
12. 田中孝典(1998) 歩行環境に影響を及ぼす歩行者系道路舗装材の熱特性について. 土木學會論文集 587(VII-6): 49-58.
13. 淺枝 隆, ヴ タン カ, 北原正代(1991) 道路舗装の熱環境に及ぼす影響. 環境システム研究 19: 89-93.
14. Asaeda, T., V. T. Ca. and A. Wakio(1996) Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere. Atmospheric Environment 30(3): 413-427.
15. Asaeda, T. and V. T. Ca(2000) Characteristics of permeable pavement during hot summer weather and impact on the thermal environment. Building and Environment 35: 363-375.
16. Pomerantz, M., B. Pon, H. Akbari, and S. C. Chang(2000) The Effect of Pavement's Temperatures on Air Temperature in Large Cities. Berkeley CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.
17. Porte-Agel, F., M. B. Parlange, A. T. Cahill, and A. Gruber(2000) Mixture of time scales in evaporation: desorption and self-similarity of energy fluxes. Agronomy Journal 92: 832-836.

원 고 접 수: 2006년 4월 7일
최종수정본 접수: 2006년 6월 12일
3인익명 심사필