

하계 투수성 시멘트 콘크리트 포장의 열특성에 관한 연구

류남형* · 유병립**

*진주산업대학교 이공학부 조경학과 · **서울대학교 환경대학원 환경조경학과

I. 서론

투수성 포장의 토양은 다공질체로서 많은 양의 수분을 함유하고 있으며, 이 수분은 대기 중으로 서서히 방출되어 공중습도를 조절하고, 증발시 방출되는 기화열로 대기의 급격한 온도상승을 방지한다. 또한 이 토양수분은 기온이 강하하면 동결되면서 잠열을 발생시켜 기온의 급격한 하강을 방지하게 된다. 도시지역 내에서 냉각기 역할을 하는 수분은 그 대부분이 토양 내에 포함되어 있다.(삼손 중앙기술연구소, 2000)

이전부터 포장이 주위의 열환경에 미치는 것은 알았지만, 지금까지의 포장은 차도 포장 및 보행자계 도로 포장 공히 경제성, 시공성, 강도, 내구성, 주·보행성이라는 기능이 중시되어 시공되어 왔다. 그러나 최근에는 보행자계 도로포장에 있어서, 보행자의 쾌적성, 경관의 향상, 환경의 보전이라는 기능을 부가시킨 포장이 주목을 받고 있다. 그 중에서도 투수성 포장은 강우시의 보행성, 경관향상에 효과적이라는 것 이외에도, 노면으로부터는 증발이 일어나, 지표면 온도가 낮아지고, 열환경 개선 효과도 기대할 수 있다고 알려져 있다.(伊藤幸廣他, 1996)

淺技 등(淺技隆他, 1991), 鹽月 등(鹽月義隆他, 1988), 福田 등(福田他, 1997; 福田他, 1999), 赤川 등(赤川他, 2000), Asaeda 등(Asaeda T et al. 2000)은 열환경에 미치는 포장의 영향을 밝히기 위해, 실제 도시내의 포장도로나 모델 포장의 실측치를 사용하여 각종 포장의 열특성에 대해서 조사한 결과를 최근에 발표하고 있다.

본 연구는 포장온도의 상승제거기능을 가진 투수성 시멘트 콘크리트 포장을 대상으로 열특성을 밝혀, 열환경 개선효율을 제고할 수 있는 투수성 포장공법의 개발을 위한 기초자료를 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 투수성 포장이 옥외의 열환경에 미치는 효과를 명확히 하기 위해, 투수성 포장의 시험체를 제작하여 옥외실험을 하고, 포장표면 및 깊이방향 온도의 일변화 그리고 포장표면으로부터의 알베도, 열방사량, 증발량

을 분석한 후, 투수성 포장의 열특성을 해석한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 포장 공시체의 개요

포장의 열수지에 관한 기초적 데이터를 얻기 위해, 국내에서 시공되고 있는 투수성 시멘트 콘크리트 포장(이하 '투수콘 포장'이라고 한다)과 투수성 시멘트 블록 포장(이하 '투수블럭 포장'이라고 한다), 비교용으로 불투수성 콘크리트 포장(이하 '수밀콘 포장'이라고 한다)과 나지를 평면치수 1m×1m되도록 옥외시험포장을 구축하였다.

시험포장의 단면은 그림 1, 2와 같다.

시험 포장체 콘크리트의 재료의 특성 및 구성은 표 1, 표 2와 같다.

2. 측정항목

주변건물로부터의 영향이 적고 더욱이 개방적인 장소(진주산업대학교 제 4공학관 4층 건물의 옥상)를 실험 장소로 하여, 포장의 온도, 열전도량, 포장체 표면의 반사일사량 및 열방사량, 포장시험체의 증발량, 토양수분, 기상조건 등을 측정하였다.

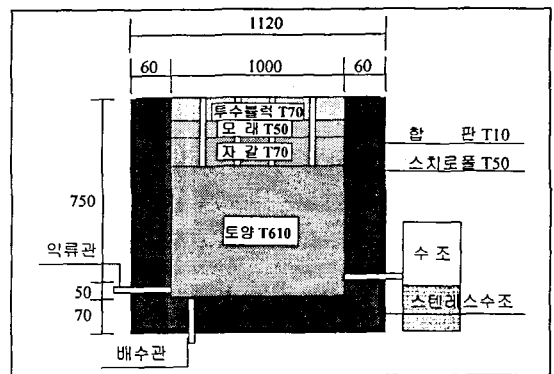


그림 1. 투수블럭포장 단면

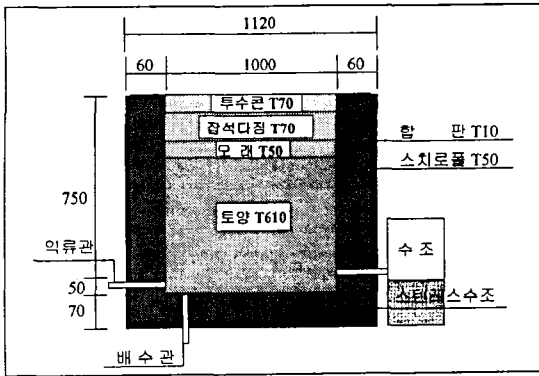


그림 2. 투수콘포장 단면

표 1. 투수콘 및 투수블럭의 배합 (m²당)

시멘트	자갈	물	실리카흙	AE제	감수분산제	비고
420kg	1680kg (4.75mm-9.52mm)	588kg	21kg	84g	1.26kg	시멘트 : 자갈 = 1:4(중량비) 물:시멘트비 35% AE제: 시멘트 중량의 0.02% 감수분산제: 시멘트 중량의 0.3%

표 2. 수밀콘의 재료배합 (m²당)

시멘트	자갈	물	실리카흙	AE제	감수분산제	비고
350kg	76.32kg	175kg	17.5kg	70g	1.05kg	AE제: 시멘트 중량의 0.02% 감수분산제: 시멘트 중량의 0.3%

III. 결과 및 고찰

1. 포장의 온도

1) 표면온도의 일변화

포장표면의 2일간에 있어서 일최고온도는 투수콘 포장이 45.9℃로 가장 높고, 수밀콘 포장이 40.8℃, 투수블럭 포장이 39.5℃로 비슷한 경향을 나타냈으며, 나지는 32.3℃로 가장 낮았다.

하지만 19시 이후에는 투수콘 포장과 수밀콘 포장이 비슷한 온도를 나타냈으며, 상대적으로 보면 투수콘 포장과 수밀콘 포장이 가장 높은 온도를 나타내고, 그 다음으로 투수블럭 포장, 나지의 순으로 낮은 온도를 나타냈다.

이는 투수성 포장이 수밀콘 포장보다 낮은 알베도 값 (투수콘 포장과 투수블럭 포장 0.20~0.21, 수밀콘 0.37~0.41)을 나타내어, 일중에는 높은 온도를 나타내었으며, 야간에는 비슷하거나 낮은 온도를 나타내었다고 판단된다.

2) 경시변화

8월 17~28일 동안의 열전대로 측정된 포장체 표면 최고온도의 경시변화를 분석하면, 8월 24일 밤과 8월 25일 새벽에 걸쳐 내린 비로 온도가 급격히 저하하였으며, 강우로 인한 투수콘 포장의 온도저하효과는 지속되지 않았다. 하지만 강우 후 투수블럭 포장은 수밀콘 포장보다 1.4~1.6℃ 낮은 값을 나타내었는데, 이는 강우효과로 인한 것으로 판단된다.

3) 포장의 깊이방향 온도변화

표면온도가 15시에 있어서 깊이 방향의 온도변화를 보면, 투수콘 포장의 온도구배가 가장 급하고, 다음으로 수밀콘 포장, 투수블럭 포장순으로 구배가 급했으며, 나지의 온도구배가 가장 완만했다. 동일 포장재료인 투수콘 포장과 투수블럭 포장이지만, 투수블럭 포장의 온도구배가 상대적으로 낮은 것은 줄눈을 메운 토양 때문인 것으로 판단된다.

일출직후인 아침 6시에 있어서 온도구배를 비교하면, 5℃/7cm 미만으로 마이너스 구배를 가지지만, 오전 9시에는 투수콘 포장과 투수블럭 포장은 포장표면온도가 상승하여 플러스 구배가 되며, 오전 10시가 되면 나지와 수밀콘 포장도 플러스 구배가 된다. 이는 투수콘 포장과 투수블럭 포장은 알베도(투수콘 포장과 투수블럭 포장 0.20~0.21, 수밀콘 포장 0.37~0.41)가 낮아서 상대적으로 빨리 가열되기 때문이다.

일몰 전후의 온도구배를 비교하면, 나지는 18시, 투수콘 포장과 투수블럭 포장은 19시, 수밀콘 포장은 20시가 되어야 온도구배가 마이너스 구배로 된다. 이는 수밀콘 포장보다 투수콘 포장과 투수블럭 포장이 빨리 냉각된다는 것을 의미하며, 이는 포장재료의 비열의 차이에 의한 것이며, 또한 공극율이 큰 포장은 포장보다 저온인 대기와의 사이에 공기의 교환이 있으며, 포장체 내의 표면근방에서의 온도를 저하시키고 있는 효과로 생각된다.

2. 포장의 직달일사량·반사일사량 및 열방사량
 직달일사량은 오전 12시에 최고 값($932W \cdot m^{-2}$)을 나타내며, 반사일사량은 수밀콘 포장($363W \cdot m^{-2}$)이 가장 큰 값을 나타내고 있으며, 다음으로 투수블럭 포장($198W \cdot m^{-2}$), 나지($197W \cdot m^{-2}$), 투수콘 포장($185W \cdot m^{-2}$) 순으로 나타났다.

오전 11시부터 오후 3시 사이의 포장체 표면의 알베도는 수밀콘 포장(0.37~0.41)이 가장 크고, 투수콘 포장, 투수블럭 포장(0.20~0.21)이 거의 같으며, 나지(0.17~0.21)가 가장 낮다.

각 포장의 열방사량은 오후 2시에 최고 값을 나타내며, 투수콘 포장($590W \cdot m^{-2}$)이 수밀콘($556W \cdot m^{-2}$) 포장보다 큰 값을 나타내고 있으며, 다음으로 투수블럭 포장($549W \cdot m^{-2}$), 나지($527W \cdot m^{-2}$)으로 나타나고 있다.

IV. 결론

투수성 시멘트 콘크리트 포장을 대상으로 하계 온도, 일사량, 방사량 등의 열특성을 측정하여 수밀콘 포장 및 나지와 비교 검토한 결과 아래와 같은 결론을 도출하였다.

1) 투수콘 포장의 표면 최고 온도는 수밀콘 포장의 표면 최고온도보다 높게 나타났으며, 이는 수밀콘 포장의 알베도 값이 높게 나타난데 기인하는 것으로 사료된다.

2) 강우로 인한 투수콘 포장의 온도저하효과는 2일 이상 지속되지 않았다.

3) 반사일사량은 수밀콘 포장이 가장 큰 값을 나타냈

고, 다음으로 투수블럭 포장, 나지, 투수콘 포장 순으로 나타났다.

4) 열방사량은 투수콘 포장이 가장 큰 값을 나타냈고, 다음으로 수밀콘 포장, 나지, 투수블럭 포장, 나지 순으로 나타났다.

인용문헌

1. (주)삼손 중앙기술연구소(2000) 人1地盤 綠化技術에 관한 가이드 북(I), pp. 8-9.
2. 伊藤幸廣他(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.
3. 淺技隆他(1991) 道路舗装熱環境の及ぼす影響. 環境システム研究 (19):89-93 .
4. 鹽月義隆他(1988) 地表面の溫度および熱收支の長期観測(その1). 日本建築學會大會學術講演梗概集(關東). pp. 461-462.
5. 福田他(1997) 夏季自然状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.
6. 福田他(1999) 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.
7. 福田他(1999) 冬季自然状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.
8. 赤川他(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.
9. Asaeda T et al.(2000) Characteristics of permeable pavement during hot summer weather and Impact on the thermal environment. Building and Environment. 35: 363-375.