

차열성 포장의 표면온도저감효과에 관한 연구

A Study on the Surface Temperature Reduction of Thermal Insulation Asphalt Pavement

김인수* · 한의석** · 박대근*** · 조성환****

Kim, In Soo · Han, Eui Seok · Park, Dae Geun · Cho, Seong Hwan

1. 서론

최근 산업화와 도시화가 급속히 진행되면서 주거·상업·공공시설 등이 늘어나 녹지 면적이 줄어들고, 각종 인공열과 대기오염 물질로 인해 도시 상공의 기온이 주변 지역보다 높아지는 현상이 발생되기 시작했는데, 이러한 현상을 바로 열섬(Heat Island)현상이라 부른다. 특히 대도시의 도심부에서는 도로 및 주변환경이 불투수성 재료로 도포되어 있어서 자연상태의 태양에너지 순환이 원활히 이루어지지 못함으로써 국지적인 열섬현상이 빈번히 발생되어왔으며 도심지를 비롯한 인구 밀집지역에서는 밤에도 기온이 떨어지지 않는 열대야가 지속되어 거주민의 생활환경에 막대한 지장을 초래하고 있다. 이런 현상을 일상적인 것으로 받아들이기에는 현재의 열섬현상의 강도와 발생빈도가 매우 크게 증가하고 있으며, 그 영향으로 노약자 및 어린이들에게는 건강상의 중요한 위협이 되고 있는 것으로 최근 조사되었다. 특히, 해당 조사에서는 대도시 서울의 10년간의 흡서기 사망자수를 조사하고 일정 온도 이상에서 사망자수가 급격히 증가하는 현상을 밝혀내었다. 이를 토대로 조사한 바에 의하면 약 2000명 이상의 사망자가 발생한 것으로 추정하였으며, 이는 같은 기간 동안 태풍 및 홍수 등의 다른 자연재해 사망자 수보다도 높은 수치를 나타내었다고 주장하였다.

이러한 흡서기 도심부 환경을 개선코자 환경부문의 여러 방안이 모색되고 있으며, 그 일환으로 여름철 도심지 포장의 온도를 저하시켜 대기온도 상승을 억제할 수 있는 획기적 개념의 포장공법에 대한 연구의 필요성이 크게 대두되었다.

이에 본 연구에서는 여름철 포장체의 방사열에 의한 열섬현상을 개선함으로써 주행 및 보행의 쾌적감을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 포장체내의 복사열을 저감시켜 도심지 열대야 지속시간을 단축시키며, 내유동성 향상 및 소음저감 등과 같은 다양한 기능을 갖춘 도로포장 재료를 개발코자 한다. 이 중 본 논문에서는 현장 시험시공을 통해 기존의 아스팔트 포장과 배수성 아스팔트 포장의 표면에 반사능능이 우수한 특수도료를 코팅한 차열성 포장과의 표면온도 차이를 측정하고, 그 결과를 분석하여 여름철 포장체내 복사열 저감을 통한 열섬현상 완화 방안을 마련코자 하였다.

2. 현장 시험시공 및 계측

본 연구의 현장 시험시공 부지는 도로교통기술원내 건물과 인접한 주차장 부지로서 일조조건이 매우 양호하며 건물이 인접하고 있어 열섬저감 포장의 시공 후 인접건물에 미치는 열영향의 측정에도 매우 유리한 입지조건을 갖추고 있다.

본 시험시공은 기존 포장표면(18m×13m) 8cm를 절삭 후 텍코팅을 실시하고 배수를 위하여 구배를 두었으며 기존 포장의 배수시설을 일부 변경하여 시공하였다. 기초포장으로 배수성 아스팔트를 시공하여 4cm씩

* 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 전임연구원 · 공학석사 031-371-3438 (E-mail : vyaay004@hanmail.net)

** 정회원 · 동일기술공사 부설기술연구소 연구원 · 공학석사 02-3400-5612 (E-mail : han_hanul@hotmail.com)

*** 정회원 · 한국도로교통협회 기술국 선임연구원 · 공학석사 02-552-5878 (E-mail : romance94@krtk.co.kr)

**** 정회원 · 동일기술공사 부설기술연구소 연구원 · 공학석사 02-3400-5614 (E-mail : kapimax@lycos.co.kr)

2차에 걸쳐 포설·다짐하였고, 배수성 아스팔트 포장의 노면에 수분과 유분, 먼지 등을 제거한 뒤 차열재료의 도포로 인한 미끄럼 저항성 감소현상에 대처하기 위한 재료를 살포하고 고반사성 차열도료를 도포하였다. 또한 차열포장을 재료별로 시공하여 각각 명도(색채, 색차 시험 포함)시험을 실시하였으며 향후 주변건물에 반사된 태양광선의 영향을 측정하기 위한 자료로 활용할 예정이다.

온도효과를 측정하기 위하여 깊이별 온도센서를 매설하였으며 기상 자료 수집을 위해 기상관측기를 설치하여 온·습도 및 풍향 및 풍속을 측정하였다.

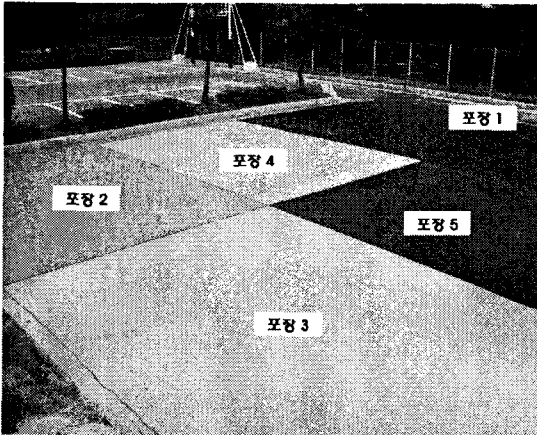


그림 1. 시험포장 전경

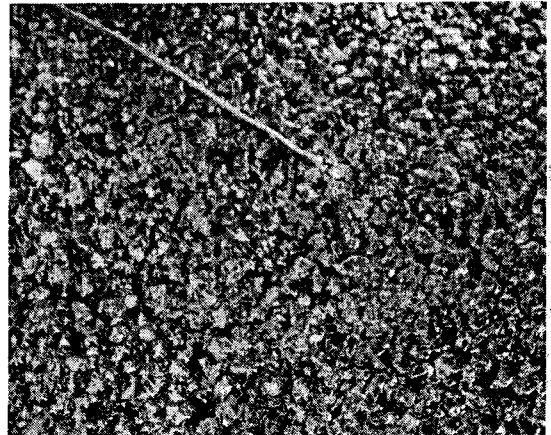


그림 2. 온도계측기 매설

3. 배수성 포장 시공

본 연구에서 배수성 포장은 차열도료가 도포되는 기초포장인 동시에 도포 후에도 배수능력이 유지되어야 하는 기초포장으로 반복적인 실내시험을 통한 배합설계와 함께 핫빈 시험생산을 통한 확인시험을 거쳐 혼합물의 최적 입도와 아스팔트 함량을 결정하였다.

1차 배합설계에서는 흐름손실율, 칸타브로손실율, 안정도, 흐름값 등은 모두 만족하였으나 섬유첨가제의 사용으로 인하여 피복두께가 증가하였고 이는 공극율의 감소로 나타났다. 공극율 20%이상으로 설계가 되면 바인더 함량이 4.0%로 결정되어야 하나 혼합물의 접착성능 저하가 우려되어 고려하지 않았고 섬유첨가제의 사용량을 줄여서 재설계하였다.

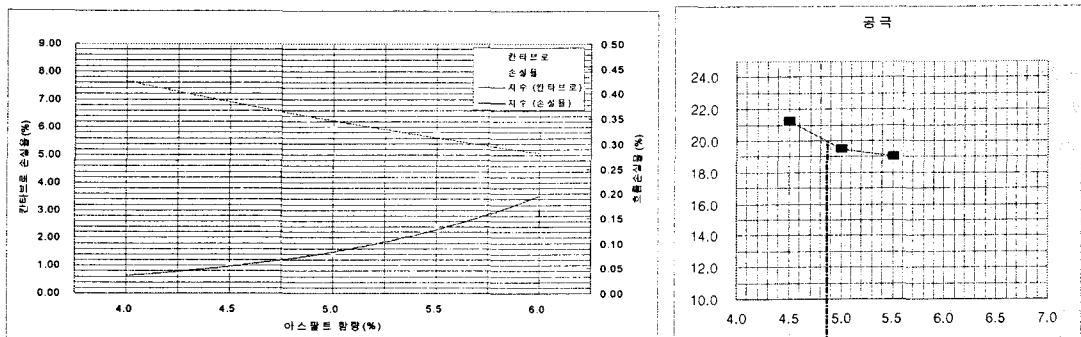


그림 3. 칸타브로 손실율 및 흐름손실율 시험 결과



2차 배합설계에서는 표 1에서와 같이 호름 및 칸타브로 손실율을 모두 만족하였고, 아스팔트 함량 4.8%에서 공극율 20%로 나타나 최적아스팔트 함량을 섬유침가제 0.3% 사용과 아스팔트 함량 4.8%에서 결정하였다. 또한, 결정된 최적아스팔트 함량으로 6개의 공시체를 제작하여 확인, 검증하였다.

표 1. 배수성 혼합물 시험결과

항목	아스팔트함량 (%)	공극율 (%)	안정도 (kN)	잔류안정도 (%)	칸타브로손실율 (%)	호름손실율 (%)
기준		20 <	5.0 <	75 <	20 >	
측정치	4.8	20.2	8.3	88.4	5.09	0.1

표 1의 품질시험결과를 토대로 핫빈 시험생산을 수행하였으며, 아스팔트 함량 비율을 4.3%, 4.8%, 5.3%로 선정후 시험 생산하여 재시험을 실시하였다. 이때 연속 공극율은 16.8%를 나타내었다.

4. 일사량과 표면온도 저감 효과

그림 4는 일사량과 표면온도간의 관계를 나타낸 것으로 차열도료를 도포한 특수포장의 경우 종류별로 일사량에 따른 표면온도 상승효과를 나타내고 있는 것을 볼 수 있다. 기상자료는 2006년 9월 13일부터 9월 14일까지의 측정자료를 사용하였으며 그림 4에서 오른쪽의 수직축은 일사량을 나타내는 것으로 단위는 0.01*MJ이며 해당 기상대 자료를 이용하였다.

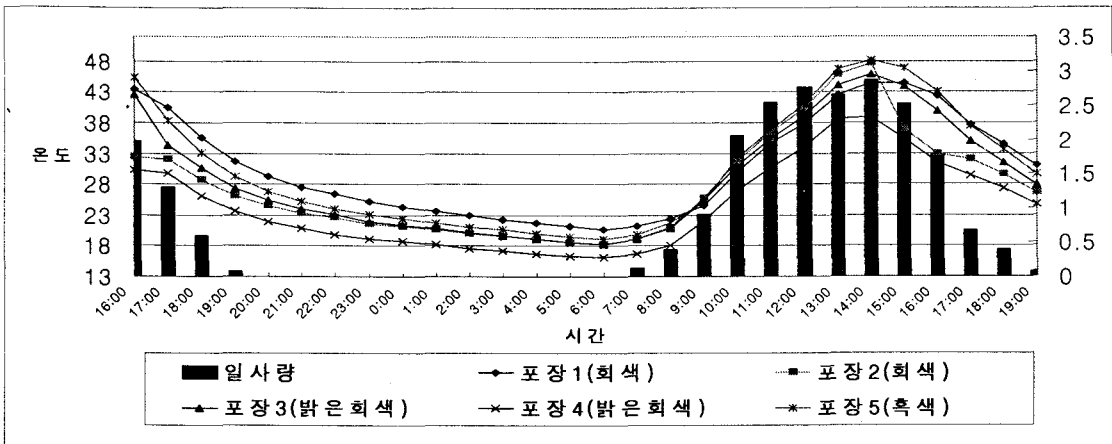


그림 4. 일사량과 표면온도의 관계

그림 4에서 포장 1은 차열재료가 처리되지 않은 무처리 형식이며 포장 2부터 포장 5는 차열재료로 처리된 포장형식을 나타내고 있다. 그림 4에서 온도저감 효과는 포장 4가 가장 큰 것으로 나타났다. 특히, 차열재료를 도포한 포장형식들은 모두 18시부터 무처리된 포장 1과 비교하여 표면온도가 낮아지는 현상을 나타내고 있으며 이런 경향은 새벽까지 5℃정도 온도감소 효과를 유지하고 있다.

5. 기타 포장 성능

미끄럼 저항 지수는 BPT를 사용하여 측정하였으며 측정결과는 표 2과 같다.



표 2. 미끄럼 저항 지수(BPN)

포장 및 도료종류	포장온도(℃)	BPN	비 고
포장 2(회색)	44	65	-
포장 4(밝은회색)	42	39	미끄럼방지제 미살포 지점 포함
배수성 포장	47	54	-

BPN은 표 2와 같이 모든 구간에서 약 40이상을 나타내고 있으나, 일부 불균일하게 미끄럼방지제가 살포된 구간에는 BPN이 낮게 나타나는 현상이 있었다. 또한 차열도로 도포로 인한 배수성능 감소를 확인하기 위하여 BPN시험과 마찬가지로 간이 현장 투수시험을 포장 2와 포장 4에 실시하였으며 시험 결과 차열재료를 도포한 포장의 투수량은 크게 감소하지 않는 것으로 나타났다.

6. 결 론

본 연구에서 현장 시험시공을 통해 기존의 아스팔트 포장과 배수성 아스팔트 포장의 표면에 반사성능이 우수한 특수도료를 코팅한 차열성 포장과의 표면온도 차이를 측정·분석한 결과는 다음과 같다.

- (1) 차열재료의 성능확인 및 효과를 측정된 결과 일사량에 따른 뚜렷한 폭의 온도저감효과가 나타나는 재료 및 시공방법을 확인하였고, 차열 재료 무처리 포장과 비교하여 최대 약 12℃이상의 온도저감효과가 측정되었다. 또한, 일사량이 급격히 떨어지는 오후 4~5시부터 새벽까지 이 감소효과가 최저 5℃까지 지속되어 도심지 및 주거지의 열대야 영향 감소에 효과가 있을 것으로 판단된다.
- (2) 미끄럼저항성능은 배수성 포장에 비하여 일부 미끄럼방지제 불균일 살포구간에서 감소되는 부분이 있는 것으로 조사되었으나 40정도와 60 이상의 BPN을 나타내었다.
- (3) 현장투수시험을 실시하여 도로 도포 전후의 투수성능을 조사하였으나 투수성능은 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다.
- (4) 본 연구를 통하여 배수성 포장의 경우 목표 공극율을 얻기 위해서는 골재의 입형 개선과 함께 특수 고점도 개질 바인더의 개발이 필요한 것으로 나타났다.

차열성 포장은 아스팔트 포장의 표면에 차열도료를 처리하여 표면온도 저하 효과가 기대되며 향후에는 일사 반사에 따른 인체에의 영향과 포장의 내구성에 대한 추가 조사를 실시할 예정이다. 이와 별도로 본 연구진은 단순히 포장 표면온도저감효과 뿐만 아니라 추후에 시뮬레이션과 체감조사 등을 통해 차열성 포장이 도시 온난화에 미치는 영향, 인체에 미치는 영향 등의 검증도 실시할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 “장수명·친환경 도로포장 재료 및 설계 시공기술 개발(CTRM)”의 1세세부 과제 일환으로 작성되었습니다.

참고 문헌

1. 우에다, 니시오까, 나베시마, 나카오 (2004), “고반사성 포장의 반사율과 표면온도저감효과”, 일본건축학회 발표 논문
2. 노성열 (2005), “저소음 아스팔트 포장의 설계 및 시공”, 구미서관, pp.3-23
3. 서울특별시 (2005), “서울 2005 도시생태현황도”, 도면 해설집