

# Cool Asphalt Pavement(열섬완화 아스팔트 포장) 기술



김인수 | 정회원 · 도로교통연구원 도로연구팀 전임연구원  
 한의석 | 정회원 · (주)동일기술공사 기술연구소 선임연구원  
 이광호 | 정회원 · 도로교통연구원 도로연구팀 연구위원

## 1. 개요

국가의 산업발전기를 지나오며 도심부의 도로 및 주변환경은 대부분 포장재료로 도포되었다. 그로인해 자연 상태의 태양에너지 순환이 원활히 이루어지지 못해왔고, 더욱이 많은 인공열이 추가적으로 발생됨에 따라 일부 대도시에서는 국지적인 열섬(Heat Island: 온도가 대기오염이나 인공열 등의 영향으로 주변지역보다 높게 나타나는 현상)현상이 빈번히 발생되어 왔다. 따라서 이러한 환경변화와 배출된 인공열 누적 등으로 인해 쾌적한 대기환경을 보장받을 수 없게 되었으며, 그러한 도심부 환경을 개선코자 여러 방안이 모색되어 왔다. 그 일환으로 여름철 도시 도로포장의 온도를 저하시켜 대기온도 상승을 억제할 수 있는 획기적 개념의 포장공법에 대한 연구의 필요성이 대두되었다.

## 2. 열섬저감 포장기술

앞에서도 언급했듯이 일반적으로 대도시지는 열용량이 큰 콘크리트와 아스팔트 구조물로 뒤덮여져 있기 때

문에 녹지가 많은 인근 다른 교외지역에 비해 태양열로 쉽게 기온이 상승되며, 또한 공장, 주택, 자동차 등에서 발생하는 많은 인공열로 인해 주변의 다른 지역보다 2~5℃ 가량 높은 온도를 형성하게 된다(그림 1). 이때 기온이 같은 지점을 등온선으로 연결시켜보면 높아진 도시내 기온 분포도가 섬의 등고선 형태를 띠고 있기 때문에 특별히 열섬이란 이름이 붙여진 것이다.

이러한 열섬현상의 주요한 원인 중 하나는 도로포장에서 방출되는 복사열이며, 이것을 저감시키고자 하는 것이 Cool Asphalt Pavement의 개념이라 할 수 있다. 특히 다음과 같이 보수성 포장과 차열성 포장의 연구가 선행되었으며, 보다 진보적인 포장 시스템이 점차 연구되고 있는 실정이다.

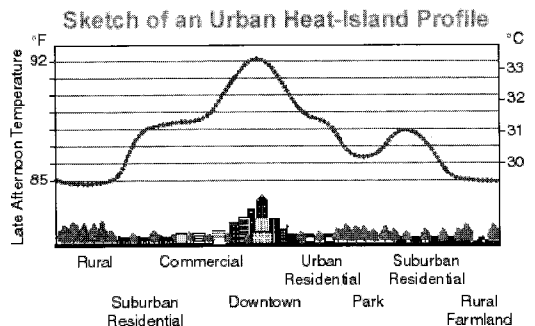


그림 1. 열섬현상이 발생한 도시의 온도 분포(예)

### 2.1 보수성 포장

배수성 아스팔트 포장체 내의 보수제에 포함되어진 수분이 증발할 때 발생하는 기화열을 이용하여 노면온도를 저감시키는 포장으로, 한번의 강우 후 며칠동안 수분을 유지할 수 있으며 그 동안에는 수분이 증발할 때 소비하는 기화열에 의해 포장온도의 상승을 억제할 수 있다.

모식도	
특징	<p>① 장점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 포장체의 큰 공극에 강성재료인 시멘트 페이스트를 사용하여 반강성을 가짐으로써 내유동성을 개선하여 소성변형을 방지</li> <li>○ 보수성 재료를 사용하여 하절기 고온하에서 포장체의 방사열에 의한 주행 및 보행의 문제점을 개선</li> </ul> <p>② 단점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공극률이 크기 때문에 골재의 부착을 고려하여 아스팔트 바인더를 개질하여 사용하여야 하고 보수성을 갖기 위한 보수층을 시공 및 물 공급시설을 시공하므로 시공비용이 많이 듦</li> <li>○ 공극률 개립도의 아스팔트 혼합물을 이용하므로 재료의 선택 배합 및 시공에 신중을 기해야 함</li> <li>○ 공용 개시후 외부의 먼지 또는 토사 등이 침투하여 공극을 막으면 그 기능이 저하되므로 정기적으로 기능을 회복시키는 유지관리나 주변의 토사가 유입되지 않도록 조치를 취해야 함</li> </ul>

### 2.2 차열성 포장

반사성능이 우수한 특수한 도료에 의해 배수성 아스팔트 포장의 표면을 코팅하여 포장면의 고온화를 막는 기술로, 여름철 맑은 하루 중에 60℃가 넘는 아스팔트 노면의 온도를 15℃ 이상 낮출 수 있다.

모식도	
특징	<p>① 장점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 열섬현상의 경감에 공헌할 뿐만 아니라 인공 피복면으로부터 복사열을 줄이고 보행자 등의 더위를 완화하여 여름철 열 문제의 해소에 공헌</li> </ul> <p>② 단점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공극률 개립도의 아스팔트 혼합물을 이용하므로 재료의 선택 배합 및 시공에 신중을 기해야 함</li> <li>○ 빛을 반사하는 차열층을 시공하므로 시공비용이 많이 듦</li> <li>○ 차열층이 교통하중에 의해 떨어져 나가는 경우가 발생하므로 시공 시 주의를 요해야 함</li> </ul>

## 3. 국외 기술동향

대부분의 국가에서 도심의 열환경 개선에 대한 연구의 필요성에 대해서는 공감하나, 포장부분으로 종합적이고 체계적인 프로그램으로 계획하여 연구하는 국가는 일본과 유럽 일부국가이다. 그러나 향후 여러 국가에서 보다 많은 연구가 진행될 것으로 사료되며, 다음은 일본을 중심으로 파악된 기술 동향이다.

### 3.1 일본 관동지방정비국

일본에서 포장되는 열섬저감포장(보수성포장)의 90% 이상이 관동지방정비국에서 시행되었으며, 일본내 보수성포장 시공면적(2005년 기준)은 15만m<sup>2</sup>이며, 차열성포장(2005년 기준)은 5만m<sup>2</sup>로 모두 관동지방정비국에서 시공하였다. 지난 2000년부터 열섬 현상의 억제에 국가적인 역량을 집중한 “환경포

장 도쿄 프로젝트”를 실시하여 실용화를 목표로 지속적인 연구를 추진하고 있다. 본 프로젝트를 통하여 보수성포장과 차열성포장의 기술공모와 현장실험을 2년이상 실시하여 최적 성능이 확인된 공법을 적용(그림 2)하였다. 세부적인 기술에 있어서도 보수성포장에 지속적인 수분공극을 위한 살수 시스템도 풍력을 이용하여 전력소모를 감소시키는 방법(그림 3)을 택하였으며, 살수되는 물도 우수를 이용하여 친환경적 이용이 될 수 있도록 하였다.



그림 2. 관동지방정비국 연구소



그림 3. 보수성포장(일본 국회의사당)

### 3.2 일본 긴키지방정비국 및 동경도청

긴키지방정비국에서는 본격적으로 보수성포장에 대한 시험시공을 실시하고 그 추적조사도 실시하고 있다. 아울러 보수성 포장의 품질기준도 공모기술을 통하여 확정된 상태이다.

동경도청에서는 2000년도 독자적인 보수성포장 시험시공을 실시하였으나, 시공 후 나타난 분진의 발생, 미끄럼저항성의 감소 등으로 인하여 성능 발현을 확인하지 못하고 타 포장으로 재포장하였다. 이 시험시공의 실패의 원인은 시멘트 밀크의 과다주입이 그 원인으로 파악되고 있다.

### 3.3 타이세이로텍

일본 타이세이로텍은 여름철 도로포장의 노면온도를 장기간 낮게 유지할 수 있는 보수성포장 『자동 급수형 쿨로드(Cool Road)』를 개발하였다. 개발한 쿨로드는 도로포장의 내부에 설치한 다기능 센서가 자동으로 급수하기 때문에 비가 내리지 않아도 최소수량으로 노면의 온도를 낮출 수 있는 특징을 갖고 있다.

지하 저수조에 모은 빗물을 펌프에 의해서 보수성 포장 내부에 설치한 관수 튜브에 자동적으로 급수하여 보수성 블록에 흡수시켜, 보수성 포장의 약점인 강우 후 수시간이내 증발해 건조하여, 노면 온도 상승을 억제하는 효과가 지속되지 않았던 문제를 개선하였다. 특히 이 시스템은 물을 빨아올리는 보수성 블록아래에 특수한 침투 급수층을 마련하는 것으로, 포장의 구석구석까지 물을 침투시키고 지하 저수조로부터 관수 튜브에 물을 공급하는 펌프에 솔러 전원에 의한 태양 에너지를 이용(그림 4, 5)하였다.



그림 4. 미타키역 남쪽 출입구초목의 소광장

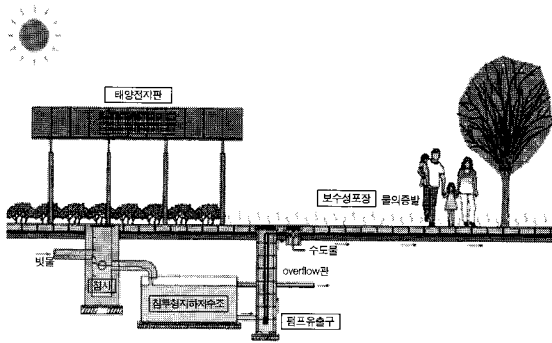


그림 5. 자동급수형 보수성 블록 포장 단면도

#### 4. 국내 연구동향

현재 국내에도 다양한 특수포장이 개발되어 시공되고 있으며, 이들 특수포장 중에서 친환경 포장으로 널리 알려진 배수성 포장이 소음저감효과와 주행쾌적성 향상을 목적으로 최근 시공실적이 증대되고 있다. 또한 가용성 개립도아스팔트 혼합물의 포장체 공극에 강성을 갖는 시멘트 페이스트를 표층에 침투시켜 반강성을 갖는 포장방법을 일부 업체에서 실시하였으나, 차량이 주행함에 따라 시멘트페이스트의 분진이 발생하는 문제점 및 시공조건, 환경조건에 따라 균열이 다수 발생하는 문제점을 안고 있다. 아울러 열섬저감 효과를 갖는 보수성 및 차열성 포장에 관한 국내 연구가 거의 전무한 실정이었으나, 최근 “장수명·친환경 도로포장사업단”에서 체계적인 연구를 추진하고 있는 중이다.

##### 4.1 흡수 및 반사재의 성능시험

보수성 및 차열성 포장에 적용되는 보수성 재료의 배합 및 흡수성능, 차열성 재료의 명도에 따른 온도승온효과를 파악하기 위해 실시하였다.

##### 4.2 차열성 포장재의 열 특성 평가실험

차열성 포장재의 열적 특성 평가를 위해 가로 세

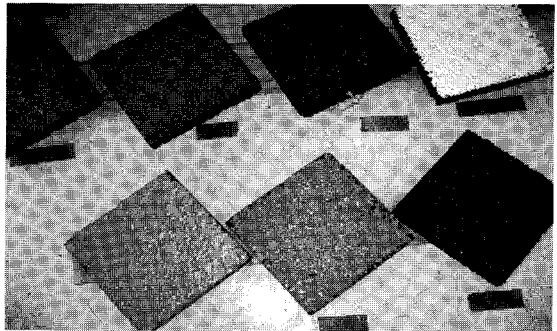
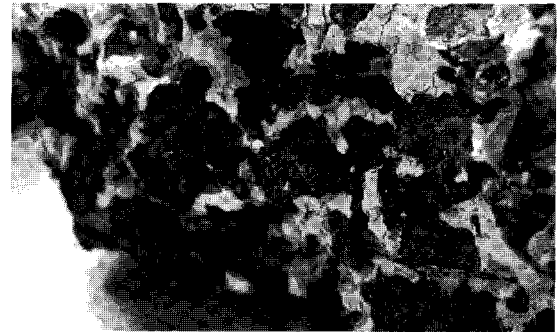
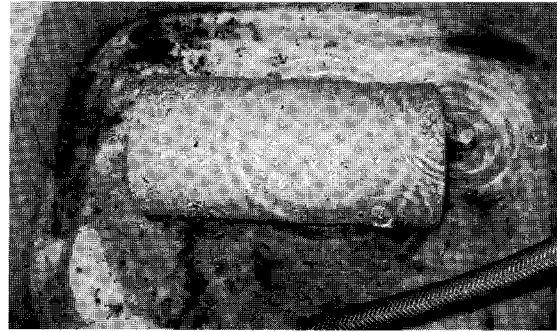


그림 6. 흡수재 및 반사재료의 성능 실험 장면

로 각각 30cm, 두께 5cm인 차열성 포장재를 건조 토양 위에 놓고 2시간에 걸쳐서 약 600W/m<sup>2</sup>의 광선을 쬐며 주면서 표면 2.5cm, 깊이 5cm에서 10분

간격으로 온도를 측정하였다. 비교를 위해서 일반 아스팔트도 같은 조건으로 온도변화를 측정하였다. 그리고 냉각특성을 비교하기 위하여 2시간 후에 전등을 소등한 채로 2시간에 걸쳐서 온도변화를 관측하였다.

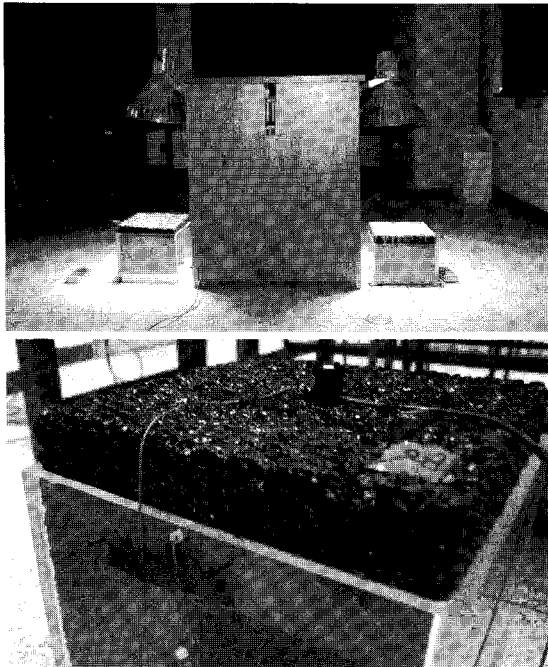
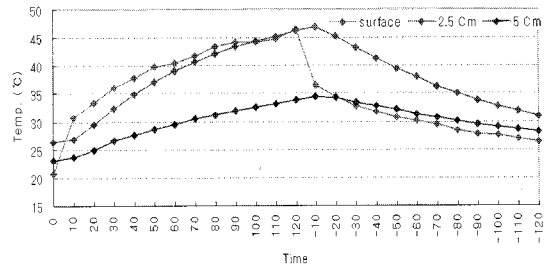


그림 7. 온도측정 실험 장면

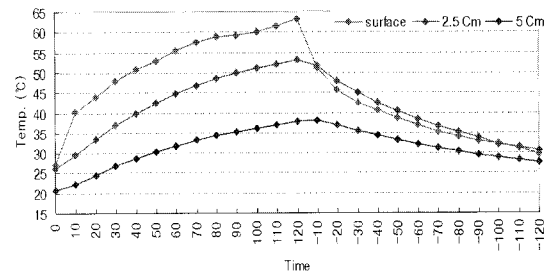
표면온도는 실험 개시 후 10분 만에 약 10℃ 상승하였고 그 이후에도 계속 상승하였는데 2시간 후에는 약 45℃에 이르렀다. 그리고 소등 후 2시간 후에는 약 25℃까지 냉각되었다. 반면에 일반 아스팔트는 가열 2시간 후에 표면온도가 약 65℃에 이르러 차열성 포장재에 비하여 20℃나 높게 나타났다. 그리고 소등 2시간 후에는 30℃를 나타내어 차열성 소재에 비하여 5℃ 정도 높게 나타났다.

### 4.3 실외시험시공 사이트 구축

열섬저감 포장 연구를 위해 실외 시험시공을 실시하였다. 이 부지는 일조조건이 매우 양호하며 건물이 인접하고 있어, 열섬저감 포장의 시공 후 인접건

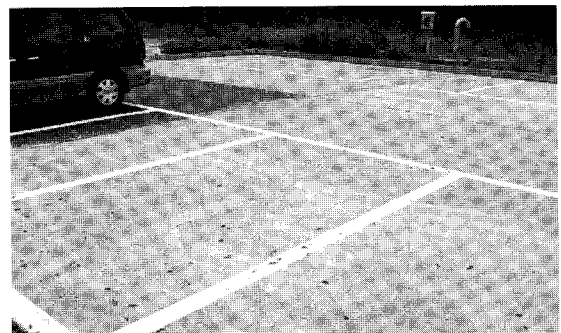


차열포장의 온도변화 특성

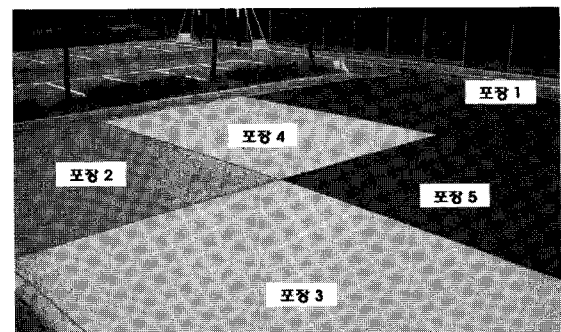


일반 포장의 온도변화 특성

그림 8. 차열포장과 일반포장의 온도 변화 비교



보수성 시험포장 전경



차열성 시험포장 전경

그림 9. 실외 시험장 전경

물에 미치는 열영향의 측정에도 매우 유리한 입지조건을 갖추고 있다. 온도효과를 측정하기 위하여 깊이별 온도센서를 매설하였으며, 기상자료 수집을 위해 기상관측기를 설치하여 온·습도 및 풍향 및 풍속을 측정하였다.

## 5. 맺음말

최근 들어 지구온난화와 도시열섬현상 등 복합적인 원인으로 급격히 도시의 온도가 상승하는 현상이 발생되고 있는 추세이다. 따라서 개별 가정에서의 실천뿐만 아니라 여름철 도시온도를 저감할 수 있는 종합적인 정책이 필요한 실정이다. 아울러 토목도로분야에서도 인간의 편의와 에너지 순환을 통한 환경개선을 고려하여, 각각 소기의 목적을 충족시킬 수 있는 기술개발이 매우 절실한 실정이다. 따라서 본 Cool Asphalt Pavement는 보다 지속적인 연구를 통해 효과적인 열환경 개선에 많은 기여를 이뤄내야 할 것이며, 그러기 위해서는 향후 보다 체계적이고, 효과적인 연구가 집중되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 우에다, 니시오가, 나베시마, 나카오, "고반사성 포장의 반사율과 표면온도저감효과", 일본건축학회 발표논문
2. 후쿠다(2004), "보수성 포장의 열환경 완화 특성에 관한 실험적 연구", 사이타마대학 박사논문, 1999
3. "국토교통성이 보수성포장 등에 대한 보조제도 창설을 요구" 鋪裝, 39-10호, p26, 2004
4. "환경포장 도교 프로젝트 필드 실험", 국토교통성(관동지방정비국), 2005
5. "대규모 주택단지내의 인공구조물에 의한 승온화효과에 관한 연구", 한국환경과학회지, 2003.12(7)
6. Fujino et al. "Characteristics of water sustainable ceramic roof tiles and its effects on the environmental thermal conditions", Select. papers from Conf. ICB-ICUC'99, pp59~64(2000)
7. Oke, T.R., "Canyon geometry and the urban heat island: comparison of scale model and field observation", International Journal of Climatology, 1, 1981
8. Asai, T. 東京大學出版會. Local Meteorology, 東京, p233.(in Japanese), 1996
9. Landsberg, H.E. academic press. the urban climate, p304, 1981

## 회비 납입 안내

회원 여러분께서 납부하시는 회비는 학회 운영의 소중한 재원으로 쓰이고 있습니다. 회원 제위께서는 체납된 회비를 납부하시어 원활한 학회운영에 협조하여 주시기 바랍니다.

- 회비납부는 한국씨티은행 : 102-53510-243
- 찬조금은 한국씨티은행 : 102-53512-294  
(예금주(사)/한국도로학회)

• 지로번호 : 6970529

〈학회사무국〉