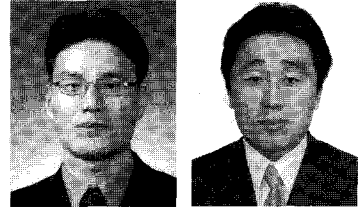


# 아스팔트 포장의 수분피해 보강 및 보수 기술



서창원 | 정회원 · 인성산업 기술본부 과장  
이홍재 | 정회원 · 인성산업 기술본부 대리

## 1. 서론

도로포장은 시공 후 교통하중, 기상조건 그리고 포장의 노후화에 의해 공용성이 점차 저하된다. 현재는 늘어나는 교통량과 중 차량 하중에 의해 조기 파손되어 이용자에게 최상의 서비스를 제공하지 못하는 도로포장이 발생하고 있다. 파손된 도로를 방치하면 교통 흐름에 지장을 초래하거나, 주변 포장체까지 강도가 저하된다.

아스팔트 포장의 주요 파손현상은 파임, 박리, 포트홀, 코루게이션 등이 발생한다. 파손의 원인으로서는 적절한 배합설계를 하지 못해서, 생산 시 플랜트에서 발생하는 변수에 대한 대처능력 부족 그리고 현장에서의 관리 부족 등 복합적인 원인에 의해서 파손의 원인을 제공하고 있다.

본 기사에서는 아스팔트 포장의 수분에 의해 발생하는 박리, 포트홀 등을 줄이기 위한 대처방안을 제안하고자 한다. 첫번째, 혼합물이 수분에 의한 피해를 줄이기 위하여 다양한 박리방지제를 첨가한 시험 결과를 소개하였다. 두번째, 현장에서 아스팔트 혼합물의 포설 전 실시하는 텍코팅의 벗겨짐 현상을 줄일 수 있는 대안을 기술하였다. 마지막으로, 공용

중인 아스팔트 포장에서 발생하는 포트홀 응급보수에 사용되고 있는 보수재에 대한 성능비교를 실시하였다.

## 2. 박리방지제를 사용한 혼합물에 수분피해 절감

박리는 아스팔트 포장체나 혼합물 속의 골재 표면과 아스팔트 사이에 존재하는 습기로 인하여 결합력이 약화되는 것이다. 박리현상을 방지하기 위하여 박리방지제(Anti-stripping Agent)를 아스팔트 혼합물에 혼합하여 사용하고 있다.

박리방지제로서는 다음의 표 1과 같이 석회 첨가제와 액상 박리방지제가 사용된다. 석회 첨가제는 아스팔트 바인더와 혼합하기 전에 골재에 첨가시켜 골재 표면에 전하를 변화시키고, 액상 박리방지제는 아스팔트와 혼합하였을 때 표면장력을 줄임으로써 골재의 부착력을 증진 시킨다.

본 기사에서는 “도로포장 장수명화를 위한 설계 시공 기술 고도화(아스팔트 포장의 포트홀 방지를 위한 재료 및 시공기술 개발, 2005)”에서 수행한 액

상 박리방지제 7종과 소석회 1종으로 박리저항성 평가를 위한 실내 시험 결과를 소개하겠다.

표 1. 박리방지제의 종류 및 특성(아스팔트 포장연구회, 1998)

종류	특 성
석회 첨가제 (소석회)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 칼슘 이온을 포함한 표면 이온을 제공함으로써 골재 표면의 특성을 개질시킴</li> <li>• 골재와 아스팔트 사이의 계면에서 아스팔트의 경화를 촉진시킴</li> <li>• Filler의 일부로서 골재 중량의 1~3% 미만 사용</li> </ul>
액상 박리방지제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아스팔트에 첨가하여 표면활성 촉진제 역할</li> <li>• 계면 장력을 감소시킴으로써 골재와 아스팔트 사이에 좋은 부착력 제공</li> <li>• 아스팔트 함량의 0.5% 내외 첨가(종류에 따라 약간의 차이가 있음)</li> </ul>

### 2.1 동적 수침 시험(Dynamic Emulsion Test)

동적 수침 시험은 궁극적으로 골재와 아스팔트 바인더 사이의 수동적인 점착력 정도를 결정하기 위하여 설계되었다. 그림 1은 육안 조사를 통해 골재 종류별 박리방지제에 따른 박리 저항성을 비교 평가한 결과이다. 박리방지제를 첨가하지 않은 시료의 피복률이 가장 낮은 것으로 나타났다. 또한 골재의 종류에 따라 많은 피복률의 차이가 나타났다. 여기서 육안 조사는 극히 주관적이며 실제로 피복률을 판단하

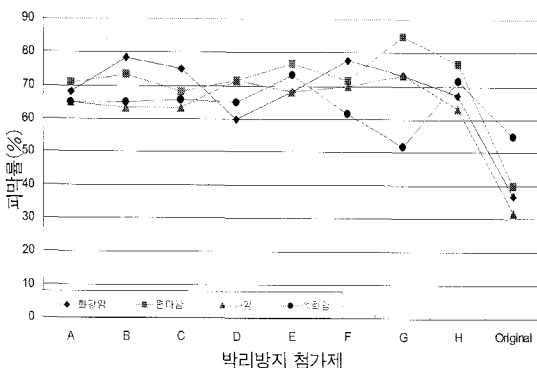


그림 1. 골재종류 및 박리방지 첨가제에 따른 피막률

는데 있어서 부정확한 결과를 나타내기도 한다. 그래프에서 A~G: 액상 박리방지제, H: 석회 첨가제를 나타낸다. 그림 2는 박리방지 첨가제의 첨가 비율로 평가한 결과이다. 박리방지제의 첨가량은 매우 중요한 변수 중 하나이다.

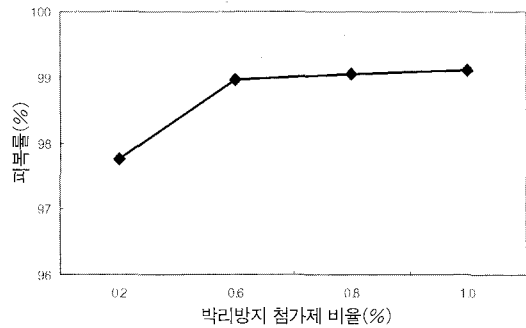


그림 2. 박리방지 첨가제 첨가비율에 따른 피복률

### 2.2 수정 Lottman 시험 결과

이 시험 방법은 포화된 공시체에 1회 동결-융해를 거쳐 아스팔트 혼합물이 수분에 의한 박리 저항성을 평가하는 시험방법이다.

그림 3 및 그림 4는 각 아스팔트 혼합물에 박리방지 첨가제를 종류별로 첨가하여 제작하고 상온(25℃)에서의 간접인장강도와 동결-융해를 거친 후 간접인장강도를 시험한 결과를 나타낸다. 박리방지 첨가제를 첨가한 공시체는 골재와 아스팔트 바인더와의 부착력 및 점착력이 증가되므로 상온에서의 간접인장강도는 일반 아스팔트 혼합물보다 높게 나타난다. 그러나, 1회 동결-융해를 거친 후 박리방지 첨가제를 첨가하지 않은 혼합물과 첨가한 혼합물의 간접인장강도를 비교하여 보면 D, E사의 박리방지 첨가제를 첨가한 혼합물을 제외하고는 낮은 간접인장강도를 나타낸다. 이것은 박리방지 첨가제가 골재와 아스팔트 바인더와의 결합을 증가시키지만, 수분에 의한 손상을 직접적으로 보완하거나 보강할 수 있는 것은 아니라고 사료된다.

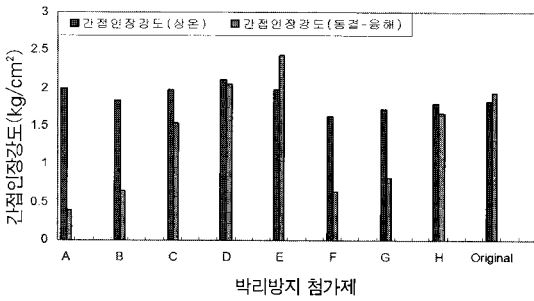


그림 3. 각 박리방지 첨가제의 간접인장강도

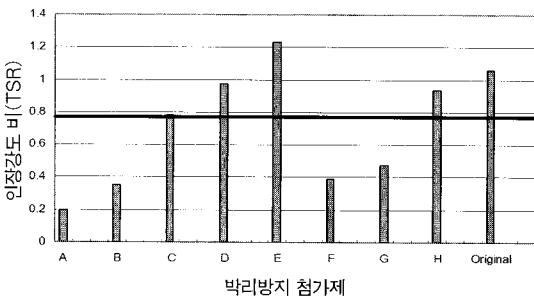


그림 4. 각 박리방지 첨가제의 인장강도 비

### 2.3 MVT(Mix Verification Test)

표 2는 박리방지 첨가제에 따른 아스팔트 혼합물의 박리에 대한 저항성을 평가하기 위한 MVT 시험 결과이다. 박리방지 첨가제의 성능 및 특성에 따라 박리에 대한 저항성이 우수한 것으로 나타났다.

표 2. 박리방지제의 종류 및 특성(아스팔트 포장연구회, 1998)

박리방지 첨가제 종류	TD(mm)	SD(mm)	SD/TD(%)
A	3.558	1.995	56.1
B	5.313	2.937	55.3
C	4.597	1.537	33.4
D	2.296	1.257	54.7
E	1.879	0.803	42.7
F	3.758	1.633	43.4
G	4.224	2.064	48.9
H	3.371	1.837	54.5
일반	4.745	2.289	48.2

\* TD : Total Deformation (Rutting+Stripping)  
SD : Stripping Deformation

### 2.4 박리 저항성 평가 시험 결론

- 박리에 대한 저항성은 박리방지 첨가제의 성능뿐만 아니라 골재의 특성, 종류 및 입형에 따라 변화의 폭이 다양하다.
- 박리방지제의 첨가 비율이 매우 중요한 변수지만, 0.6%이상 첨가하였을 경우에는 피막물의 손실이 적은 것을 알 수 있다. 그러므로 박리방지 첨가제의 첨가 비율의 적절한 양을 결정하는 것이 중요하다고 사료된다.
- 아스팔트 바인더와 잔골재의 부착력 및 점착력에 많은 영향을 미칠 수 있는 고온 소성입자 및 Dust의 상대비율을 결정하는데 사용되는 모래 당량 시험 결과에 따르면 아스팔트 바인더와 골재의 사이에 얇은 먼지 막의 형성이 아스팔트 바인더가 골재에 코팅되는 것을 방해하여 박리에 대한 저항성을 저하시키는 결과를 나타냈다.
- 수분에 의한 손상을 억제하기 위하여 박리방지 첨가제를 첨가하여도 박리 저항성을 크게 향상시키지는 않았다. 골재와 아스팔트 바인더의 점착력을 증가시킬 뿐, 근본적인 문제 해결 방안을 모색해야 할 것이다.

### 3. 수분 침투방지를 위한 텍코팅면의 확보 시공기술

일반적인 아스팔트 포장의 유지보수 포장방법은 Overlay 및 절삭 Overlay로 구분할 수 있다. 도심지 및 주요간선도로의 포장방법은 절삭 Overlay이다. 텍코팅(유화아스팔트)의 역할은 기존 아스팔트 콘크리트층과 포설하게 될 아스팔트 콘크리트의 접착을 위하여 살포하게 되어 있다. 텍코팅이 불량하게 되면 하부층과 상부층이 접착되지 않아 포장체에 파임 및 포트홀과 같은 파손이 발생한다. 현장에서 텍코팅에 파손을 줄일수 있는 방법에 대해서 기술하였다.

### 3.1 텍코팅의 양생시간 확보

그림 5에서와 같이 텍코팅을 실시하고 충분한 양생시간을 거치지 않으면 1차적으로 아스팔트 피니셔에 의해 텍코팅 표면에 파손이 발생한다. 2차적으로 덤프트럭 진입에 의해 텍코팅 표면의 파손이 발생한다. 피니셔의 Track과 덤프트럭의 타이어에 의해 파손된 텍코팅면은 층과 층의 접착할 수 있는 기능을 전혀 수행할 수 없는 상황이 된다. 파손된 텍코팅 표면은 시공완료 후 공용 시에 차량 하중을 직접적으로 받는 부분에 위치하는 경우가 대부분이다.

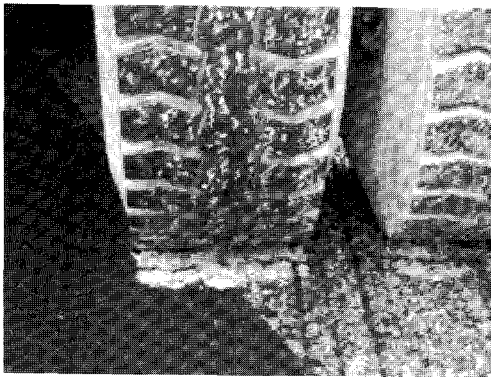


그림 5. 텍코팅면의 벗겨짐

상기와 같은 텍코팅의 파손을 없애기 위하여 시공시 다음과 같은 사항을 지켜야 한다.

- (특히 질삭 재포장시) 기존면을 깨끗이 청소
- 유화아스팔트의 충분한 양생시간 확보
- (상기 두 가지가 어려울시) 동시포설 방법 사용

기존 포장면의 청결도는 시공시 텍코팅의 정상적인 기능을 수행하기 위해 필요한 사항이다. 실질적으로 유화아스팔트가 양생이 되어 기존면과의 접착이 이루어져야 하지만, 기존면 청소가 불량 시에는 이물질과의 접착이 이루어져 덤프트럭 진입 시 기존면에서 이물질이 분리가 되면서 결국에는 텍코팅면에 파손이 발생한다.

다음 그림들은 양생시간에 따른 텍코팅면의 파손 정도를 관찰한 시험 사진이다. 일반유화아스팔트

(RSC-4)의 양생은 현장 조건에 따라 각기 다름으로 정확한 양생시간을 측정하기는 어렵다. 본 시험 시 대기온도 31.0℃, 노면온도 35.5℃, 화창했으며, 바람이 많이 부는 기후였다. 일반유화아스팔트(RSC-4)의 Breaking Time은 포설 후 10분이었으며, 양생시간은 Breaking 후 20분 이었다. 총 양생시간이 30분 정도로 빠른 양생을 보인 것은 2009년 8월 20일로 한 여름에 실시하여 양생을 위한 조건들이 좋았던 것으로 사료된다.

그림 6과 같이 완전양생을 실시한 텍코팅면에 트럭 타이어가 통과 후 일반유화아스팔트(RSC-4)의 파손은 거의 발생하지 않았다.

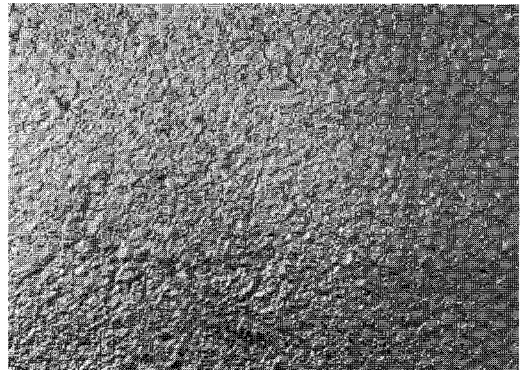


그림 6. 텍코팅 완전 양생후 파손정도

그러나 그림 7과 그림 8과 같이 양생 전에 타이어가 지나간 곳은 파손이 발생하였다. 특히 포설 후 즉시 타이어가 지나간 시험체의 일반유화아스팔트(RSC-4)는 모두 타이어에 묻어남을 알 수 있었다.

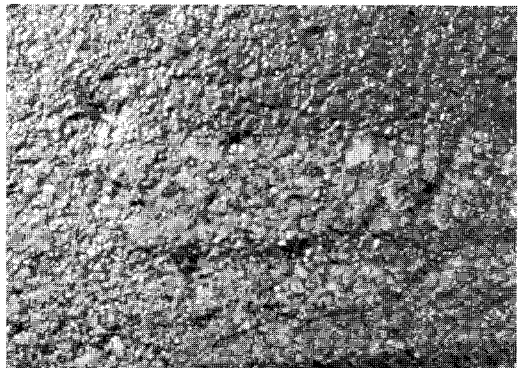


그림 7. Breaking Time 전 파손 정도

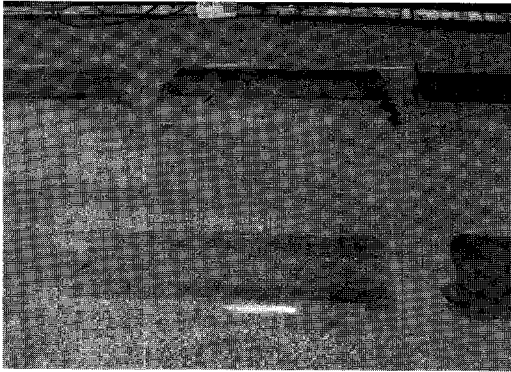


그림 8. 트럭바퀴에 묻어난 유화아스팔트

현장시험으로 비교할 수 있듯이 양생시간에 따른 일반유화아스팔트(RSC-4)의 파손 정도의 차이는 크다고 할 수 있다. 따라서 각 현장에서 현장 조건에 적합한 일반유화아스팔트(RSC-4)의 양생시간을 산정하여야 할 것으로 판단된다.

### 3.2 동시포설 장비 사용으로 텍코팅면 확보

상기의 두 가지 방법이 원활히 이루어지기 힘든 현장(교통량이 많은 도심지 또는 야간현장)에서는 동시포설공법을 사용할 것을 추천한다. 동시포설공

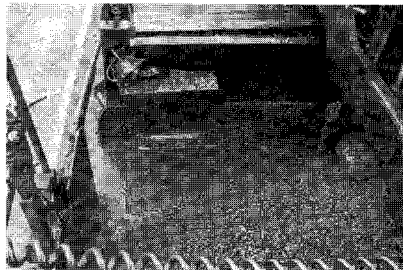
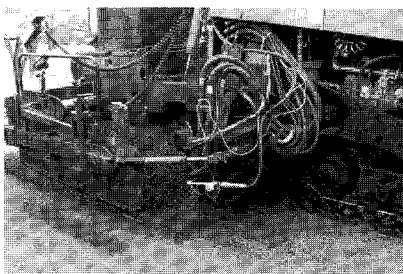


그림 9. 동시포설 공법

상: 텍코팅 분사 장면, 하: 일반유화아스팔트와 혼합물 포설 장면

법은 그림 9와 같이 유화아스팔트 포설과 아스팔트 혼합물을 동시에 시공하는 공법으로 피니셔의 Track과 덤프트럭의 타이어가 텍코팅면을 지나가지 않아 근본적으로 텍코팅면의 파손이 발생하지 않는다. 텍코팅면 파손 방지를 통한 기존포장면과 신포장체와의 완벽한 접착을 유지할 뿐만 아니라, 텍코팅 살포량도 획기적으로 증가시킬 수 있다. 증가된 유화아스팔트는 기존포장체 위에 방수층과 같은 아스팔트 Membrane을 형성시켜 기존 포장층 아래로 침투되는 수분을 막을 수 있다. 이는 도로의 수명을 더욱 연장시킬 수 있다.

## 4. Pot Hole의 응급보수법

도로이용자가 도로 주행 시 도로에 발생된 Pot Hole을 발견 시 그 크기에 관계없이 당황하고 회피 운전을 하는 것은 당연한 일이다. 도로관리자들은 도로이용자에 대한 서비스수준을 높이고자 응급보수 팀을 유지하고 있다.

Pot Hole 발생 시기는 우기철, 해빙기에 많이 발생한다. Pot Hole의 발생 매카니즘인 수분에 의한 아스팔트 혼합물의 손상이 직간접적인 원인임을 반증하고 있다. 그러나 도로관리자에게는 Pot Hole의 발생지역에 우수가 유입되는 우기시기에는 효과적인 보수가 어렵다. 그래서 비가 멈춘 후 커트백아스팔트로 제작된 제품으로 보수를 실시하고 있다. 그러나 파손(Pot Hole)부위에 우수가 유입되거나, 습윤 상태라도 시공할 수 있는 수경화성 Patching Material이 개발되어, 국내·외 Patching Material 제품 4종과 비교 실험을 실시하였다.

그림 10은 KS F 2369 도로 보수용 상온 역청 혼합물에 규정된 방법에 의한 실험이다. KS에 따르면 마살공시체(양면 50회 다짐)를 제작하여 상온에서 16~19시간 방치 후 시험 마살안정도를 측정하여 250N을 적합한 품질로 규정하고 있다. 단, 수경화성 Patching Material은 Pot Hole내의 우수를 모

사하기 위하여 수침시킨 상태에서 양생을 시행하였다. 시험 결과 250N을 넘는 제품은 수정화성 Patching Material뿐이었으며, 외국제품이 국내제품보다 뛰어나지 못했다.

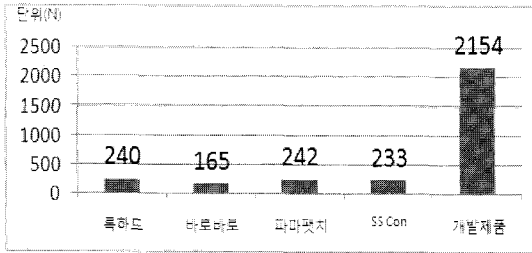


그림 10. 각 제품에 따른 양생후 마찰안정도

그림 11은 수정화성 Patching Material의 양생 시간에 따른 마찰안정도를 나타냈다. 1시간 양생 후 1,325N을 나타냈으며, 2시간 이내에 모든 강도가 발휘됨을 알 수 있었다. 또한 수침 잔류안정도도 KS 기준인 75%를 상회하는 것으로 나타났다.

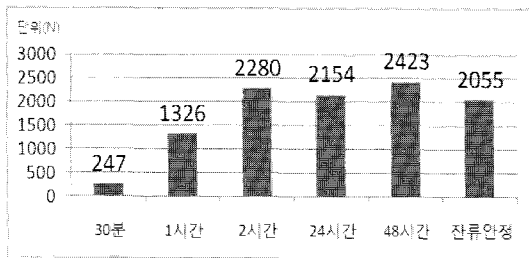


그림 12. 수정화제품의 양생시간에 따른 마찰안정도

수경화성 Patching Material의 개발은 2003년부터 시작되었으며, 2005년부터 서울 양평동 선유로, 신공항 하이웨이 등에 현장 시험시공이 시행되었다.

수경화성 Patching Material의 사용은 우수 및

습윤상태의 현장에도 즉각적이고 효과적으로 실행할 수 있어 도로관리자뿐만 아니라 도로이용자들에게도 안전한 도로를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 기사에서는 혼합물 배합, 시공, 시공 후 수분피해를 줄이기 위한 대책방안으로 나누어 보았다. 혼합물 내에 박리방지제를 첨가하는 것이 어느 정도 효과는 있으나, 완벽한 해결방안은 되지 못하였다. 그러나 지속적인 기술개발을 통하여 어느 정도의 가시적인 효과가 나타날 수 있을 것으로 사료된다.

시공 시 발생할 수 있는 택코팅면의 파손을 철저한 현장 관리로 완벽하게 보호해야 한다. 만약 이루어지지 못할 경우, 동시포설장비를 사용하여 근본적인 해결방안의 검토가 필요하다.

우기 시 및 해빙기에 자주 발생하는 파손은 Pot Hole이다. 파손부위에 우수가 유입시 수정화성 Patching Material로 보수하여도 파손 부위에 Pot Hole이 잘 발생하지 않았다. 향후 도로관리자는 응급보수시 수정화성 Patching Material을 적용함으로써 도로이용자들의 안전을 증진시킬 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

건설교통부, 도로포장 장수명화를 위한 설계 시공 기술 고도화, 2005

한국도로포장학회, 아스팔트 포장공학 원론, 1999